

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

จิตวิทยาศาสตร์

ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์

คุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์

แนวทางการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับตัวชี้วัดและการพัฒนาตัวชี้วัด

ความหมายของตัวชี้วัด

ลักษณะสำคัญของตัวชี้วัด

คุณสมบัติของตัวชี้วัด

ประเภทของตัวชี้วัด

ประโยชน์ของตัวชี้วัด

การพัฒนาตัวชี้วัด

การตรวจสอบคุณภาพของตัวชี้วัด

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวชี้วัด

เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิตวิทยาาสตร์ (Scientific mind)

ความหมายของจิตวิทยาาสตร์ (Scientific mind)

กรมวิชาการ (2545, หน้า 143) คำว่า จิตวิทยาาสตร์ เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาจากคำว่า Scientific Mind ในภาษาอังกฤษ ซึ่งจิตวิทยาาสตร์ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่นอดทน รอบคอบ ความซื่อสัตย์ การมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็น มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัย และกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

วิสเซอ (Visser, 2000: Online) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์ (Scientific mind) ประกอบด้วย เจตคติ (attitude) และทักษะทางการคิด (cognitive) เกี่ยวกับการย้อนคิดเกี่ยวกับ ความคิดของตน (meta-cognitive) ที่มีลักษณะเป็นนิสัยของจิตใจในการวิพากษ์วิจารณ์ความรู้ของผู้รู้หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งแสดงถึงความมีจริยธรรมและสุนทรียศาสตร์ในระดับสูงของบุคคล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์ (scientific mind/scientific attitudes) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทนรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

ฮอนเดอร์ริช (Honderich, 1995) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์ (Scientific mind) หมายถึง การคิดที่อยู่บนพื้นฐานวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎีการมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ ดังนี้ วิทยาศาสตร์มีความสำคัญมากกว่าศิลปะในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโลกหรือเหตุการณ์ที่ต้องทำความเข้าใจ วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการทางปัญญาเพียงวิธีการเดียวที่ได้รับการยอมรับ ปัญหาทางปรัชญาเป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และควรจะถูกจัดการได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

“Scientific” หมายถึง สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ชั้นนำหรือ เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งในที่นี้หมายถึง ความรู้ที่ได้มาจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

“Mind” หมายถึง แหล่งของจิตสำนึก ความคิด ความรู้สึก ความโน้มเอียง หรือวิธีการคิดของบุคคล

“Scientific mind” หมายถึง จิตสำนึก ความคิด ความรู้สึก ความโน้มเอียง หรือวิธีการคิดของบุคคลที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ชี้นำ

UNESCO (2005) ได้กล่าวไว้ว่า จิตวิทยาศาสตร์มีส่วนประกอบที่สำคัญคือทัศนคติทั่วไปของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น ทัศนคติด้านศิลปะ ด้านบริหารธุรกิจ ด้านจิตใจ ด้านไหวพริบ ด้านศีลธรรมและจริยธรรม ซึ่งเป็นทัศนคติที่มีอยู่ในแต่ละคน

ดังนั้น จิตวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อการคิด การกระทำและการตัดสินใจที่จะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็นเป็นพฤติกรรม ซึ่ง นักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาต่าง ๆ เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลและทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

องค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind)

สไมลีย์ (Smily. n.d.: Online) ระบุองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) ประกอบด้วย

1. ความมีเหตุมีผล (rationality)
2. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)
3. ความมีใจกว้าง (Open-Mindedness)
4. การคิดพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ (Suspended Judgment)
5. ความไม่มีอคติ (Objectivity)
6. การคิดอย่างมีวิจรณญาณ (Critical Thinking)
7. ความมุ่งมั่น (Persistence)
8. การคิดค้นด้วยตนเอง (Inventiveness)
9. ความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น (Caring)
10. ความซื่อสัตย์ (Honesty)
11. ความถ่อมตน (Humility)

วิสเซอ (Visser, 2000: Online) ระบุองค์ประกอบของ จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) ประกอบด้วย

1. มีจิตวิญญาณของการสืบเสาะหาความรู้ (The spirit of inquiry)
2. มีจิตวิญญาณของการร่วมมือ (The spirit of collaboration)
3. การค้นหาเพื่อความดีงาม (ความประสานกลมกลืน, การประหยัด, ส่วนรวม)
(The quest for beauty (harmony, parsimony, wholeness))
4. ความปรารถนาที่จะเข้าใจและกระทำโดยใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง
(The desire to understand and do so profoundly)

5. มีจิตวิญญาณของการสร้างสรรค์ (The creative spirit)
6. การส่งเสริมให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์ (The urge to be critical)
7. มีจิตวิญญาณของความพยายาม ท่วมเท (The spirit of transcend)
8. มีจิตวิญญาณของการสร้างความรู้ต่อยอดจากความรู้เดิม
(The spirit of building on prior knowledge)
9. การแสวงหาความเป็นหนึ่งเดียว (The search for unity)
10. การสร้างเรื่องราวจากความรู้และความสามารถของมนุษย์
(The building of the story human knowledge and ability)
11. มีจิตวิญญาณของการสร้างความรู้ (The spirit of construction)

โรว์แลนด์ (Rowland. n.d: Online) ได้ระบุองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) ประกอบด้วย

1. เชื่อว่าความรู้สามารถพิสูจน์ได้ (Verifiable Knowlead)
2. การพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือ และข้อกำหนดของเหตุการณ์ เพื่อการตัดสินใจ (judgments of trustworthiness, and provision of evidence for making such judgments)
3. มีความคิดวิพากษ์วิจารณ์ มีจิตสำนึกที่จะไม่ลำเอียง (critical mindset; a conscious attempt to be unbiased or to become aware of and acknowledge one's biases)
4. ความสามารถในการปรับตัวและเปิดใจกว้าง (adaptability and openness of mind)
5. ความอยากรู้อยากเห็น (curiosity)
6. การรู้จักปฏิเสธความเชื่อที่ไม่มีการพิสูจน์ (the ability to recognize and an attitude to reject dogma)
7. เสาะแสวงหาความเข้าใจจากสาเหตุ (seeking to understand root causes, not just symptoms)
8. การมีส่วนร่วมในสังคมวิทยาศาสตร์ (participation in a scientific community)
9. ความเข้าใจและใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เช่น ใช้ภาษาและเครื่องมือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (an understanding and use of science, for example, the use of scientific tools and language)

รอย (Roy. n.d.: Online) ได้กล่าวถึงจิตวิทยาศาสตร์ใน 2 มิติ คือ มิติความคิด (thought) และจิตสำนึก (conscience)ของการแสวงหาความรู้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่สมบูรณ์ โดยสรุปเป็นองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) ได้ดังนี้

1. มีความสนใจในธรรมชาติ (interesting nature)
2. มีความอยากรู้อยากเห็น (inquisitive)
3. มีความคิดสร้างสรรค์ (creative)
4. มีการคิดอย่างอิสระด้วยหลักตรรกะ (Logical freethinking)
5. มีการคิดวิเคราะห์หรืออย่างวิพากษ์วิจารณ์ (critical analysis)
6. มีการคิดเข้าใจได้ด้วยตนเอง (Intuition)

สสวท. (2546, หน้า14 - 15) กล่าวไว้ว่า คุณลักษณะที่ขี้บงจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหวังจะได้รับการพัฒนา โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คุณลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

- 1.1 ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น
- 1.2 ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ
- 1.3 ความซื่อสัตย์
- 1.4 ความประหยัด
- 1.5 ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดของผู้อื่น
- 1.6 ความมีเหตุผล
- 1.7 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึที่ผู้เรียนมีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย คุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

- 2.1 พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 2.2 ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2.4 ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
- 2.5 เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
- 2.6 เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
- 2.7 ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2.8 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม

2.9 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึง

ผลดีและผลเสีย

เคอร์ติส, เวลล์ และวิลเลียม (วรวิทย์ ตันทนะเทวินทร์, 2534, หน้า 27 ; อ้างใน Curtis, Well and William, 1960) ได้รวบรวมลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ไม่มีความเชื่อเรื่องเกี่ยวกับโชคลาง ความลึกลับที่อธิบายไม่ได้
2. มีอุดมคติและความกระตือรือร้น อยากรู้เกี่ยวกับเหตุการณ์ทั่ว ๆ ไปที่เกิดขึ้น โดยชอบทดสอบความจริงที่เคยมีผู้คนคว่ำไว้แล้วมีการสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน
3. มีนิสัยรักความจริงและเชื่อเหตุการณ์ที่ตนได้ทดสอบแล้วคือ
4. มีนิสัยที่จะประมาณเหตุผลและมีความเชื่อมั่น เชื่อสัจต่อกฎหลักวิชาและเหตุผลเพียงพอในการกระทำ
5. ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เป็นผู้มีใจกว้าง และยินดีที่จะทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริงได้เสมอ

ชอนเดอร์ (วรวิทย์ ตันทนะเทวินทร์, 2534, หน้า 27 ; อ้างอิงมาจาก Saunders, 1955) ได้กล่าวถึงเจตคติทางวิทยาศาสตร์ว่ามีคุณลักษณะ ดังนี้

1. มีระเบียบวินัยในการดำเนินชีวิต
2. รู้จักสังเกต
3. ไม่ลำเอียงในการทดลอง
4. รู้จักสื่อข่าวสารที่ได้รับ
5. ระมัดระวังความผิดพลาดอันอาจเกิดขึ้นและรู้จักวิธีที่จะป้องกัน
6. มีจิตใจกว้างขวาง
7. มีความพร้อมที่จะหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ
8. มีความเต็มใจที่จะทดสอบความจริง
9. มีความรอบคอบในการสรุป เมื่อมีหลักฐานเพียงพอ
10. มีทักษะในการตั้งสมมติฐานจากข้อเท็จจริงอย่างเพียงพอ

วิกเตอร์ (สมจิต สวธนไพบุลย์ และคณะ, 2546, หน้า 89 ; อ้างใน Victor, 1980) ได้กล่าวถึงลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. พยายามหาหลักฐานต่าง ๆ ที่เชื่อถือได้

3. มีใจกว้าง
4. มีความหนักแน่น
5. ไม่ตัดสินใจด้วยอารมณ์
6. ไม่ลงข้อสรุปเมื่อยังมีหลักฐานไม่เพียงพอ
7. เคารพในความคิดเห็นของคนอื่น
8. ไม่เชื่อคำพูดที่ยังไม่มีข้อพิสูจน์
9. ไม่เชื่อโชคกลาง
10. ยึดถือความจริง
11. เต็มใจที่จะตอบข้อซักถามของคนอื่น

ไดเดอร์ริค (วรวิทย์ ตันทนะเทวินทร์, 2534, หน้า 28-29 ; อ้างใน Diederich, 1967) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ไม่ยอมเชื่ออะไรง่าย ๆ จะต้องถามเสียก่อนเมื่อมีความสงสัย
2. มีความเชื่ออยู่ในใจเสมอว่าจะต้องมีแนวทางการแก้ปัญหาได้
3. เชื่อในสิ่งที่สามารถพิสูจน์ยืนยันได้เท่านั้น
4. มีความเที่ยงตรงโดยปราศจากความคิดเห็นหรืออารมณ์ของตน
5. มีความพอใจที่จะยอมรับในสิ่งใหม่ ๆ ถ้าสิ่งใหม่นั้นมีค่าและเหตุผล
6. มีความตั้งใจที่จะเปลี่ยนแนวความคิดเห็นของตนเองอยู่เสมอ
7. มีความถ่อมตัวหรือยอมรับในข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
8. มีความซื่อสัตย์ต่อความจริง
9. มีเจตคติเชิงปรนัยหรือมีความเป็นปรนัยในการแปลความหมายข้อมูล
10. พอใจยอมรับวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
11. ไม่เชื่อโชคกลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์
12. แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ
13. ไม่ด่วนตัดสินใจในสิ่งใด ๆ หรือมีรอบคอบในการตัดสินใจ
14. สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสมมติฐานกับคำตอบของปัญหา
15. สามารถมองเห็นความสำคัญของสิ่งต่าง ๆ ตามลำดับความสำคัญ
16. มีข้อตกลงเบื้องต้นในการทำงานใด ๆ
17. มีความเชื่อในโครงสร้างทฤษฎี
18. ยอมรับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเท่านั้น

19. ยอมรับทฤษฎีความน่าจะเป็น

20. ยอมรับข้อสรุปที่มีเหตุผล

บรรทม เครือวัลย์ (2530, หน้า21-22) ได้นำคุณลักษณะของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของฮานีย์ ซึ่งมีลักษณะอยู่ทั้งหมด 8 ด้านมาวิเคราะห์รวมกับคุณลักษณะด้านการยอมรับข้อจำกัดของ ปัญญา สุขศรีงาม (2529, หน้า 15) ที่ได้ให้ความหมายของการยอมรับข้อจำกัดไว้ 4 ด้าน ไว้ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น (curiosity)
2. ความมีเหตุผล (rationality)
3. มีความรอบคอบในการตัดสินใจ (suspending judgement)
4. ความใจกว้าง (open-mindedness)
5. มีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (critical mindedness)
6. ความเป็นปรนัย (objectivity)
7. ความซื่อสัตย์ (honesty)
8. การยอมรับในข้อจำกัด (humility) หมายถึง การยอมรับข้อจำกัดต่าง ๆ

ในการ แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

8.1 ข้อจำกัดในเรื่องวิธีการศึกษาแบบอุปนัย ซึ่งอาศัยการสรุปจากข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าข้อมูลที่มีมากพอและถูกต้อง การสรุปก็ถูกต้องและเชื่อถือได้

8.2 ข้อจำกัดเกี่ยวกับกับการวัด โดยยอมรับว่าในการวัดในทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ

8.3 ข้อจำกัดเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมต่าง ๆ เช่น ด้านความสวยงาม ความดี ความยุติธรรม ฯลฯ ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาได้

8.4 ข้อจำกัดเกี่ยวกับสิ่งศึกษา ศึกษาเฉพาะในสิ่งที่สมมุติชื่อขึ้นมาโดยอาศัยการกำหนดสมบัติของสิ่งเหล่านั้น จึงไม่ใช่สิ่งที่เป็นจริงอย่างสมบูรณ์

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ(2545) ได้จำแนกองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ ที่คาดหวังว่าจะได้รับการพัฒนาขึ้นในตัวนักเรียนโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ มีดังนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้
2. ความซื่อสัตย์
3. ความอดทน มุ่งมั่น
4. การมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็น

5. ความคิดสร้างสรรค์
6. มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ
7. ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531, หน้า 257) ได้กล่าวถึงลักษณะเจตคติทางวิทยาศาสตร์ อาจจำแนกได้ 9 ข้อ ดังนี้

1. มีความอยากรู้อยากเห็น
2. ชอบสงสัยและชอบซักถาม
3. มีเหตุผล
4. มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น และเปลี่ยนความคิดเมื่อมี

หลักฐานอื่นดีกว่า

5. มีความซื่อสัตย์ ยึดความถูกต้องตามความเป็นจริง
6. มีความพยายามและอดทนในการหาคำตอบ
7. มีการพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจลงข้อสรุป
8. ไม่โอ้อวด
9. ไม่เชื่อสิ่งที่เห็นหรือธรรมชาติ

ธีระชัย ปุณณโชติ (2536, หน้า 61) ได้ระบุเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

1. มีความอยากรู้อยากเห็น สนใจใฝ่รู้สิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ
2. มีความสงสัย ไม่เชื่อสิ่งใดโดยง่าย
3. มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นที่แตกต่างไปจากตน
4. มีเหตุผลไม่มุงมาย
5. ไม่ด่วนสรุป หรือ ลงความเห็นในเรื่องใดโดยปราศจากข้อมูลหรือหลักฐาน

ที่เพียงพอ

6. มีใจเป็นกลาง ไม่ลำเอียงหรืออคติ
7. มีความปรารถนาที่จะทดลองตรวจสอบสิ่งที่พิสูจน์มาแล้ว ว่าเป็นจริงใน

สถานการณ์อื่น ๆ อีก

8. มีความเชื่ออยู่เสมอว่าจะต้องมีทางที่จะแก้ไขปัญหาได้
9. มีความซื่อสัตย์ เช่น การพิจารณาตัดสินโดยอาศัยข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา

และไม่นำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537, หน้า 25) ได้สรุปว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย
คุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความมีเหตุผล
3. ความเพียรพยายาม
4. ความซื่อสัตย์
5. ความมีระเบียบรอบคอบ
6. ความใจกว้าง
7. การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์
8. การยอมรับในข้อจำกัด
9. การยอมรับในสิ่งที่ค้นพบ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, หน้า 12-13) ได้สรุปคุณลักษณะของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความเพียรพยายาม
3. ความมีเหตุผล
4. ความซื่อสัตย์
5. ความมีระเบียบรอบคอบ
6. ความใจกว้าง

บิลเลห์ และซาคาไรเดส (อุษา คำประกอบ, 2530, หน้า 45-46 ; อ้างใน Billeh and zakhariades, 1975, pp. 155-156) ได้สรุปลักษณะของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วย 6 ประการ คือ

1. มีเหตุผล (rationality)
2. มีความอยากรู้อยากเห็น (curiosity)
3. มีใจกว้าง (open - mindedness)
4. ไม่เชื่อโชคลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ (aversion to superstition)
5. มีความซื่อสัตย์ (objectivity - intellectual honesty)
6. มีความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ (suspended judgement)

สมหวัง พิริยานุวัฒน์และจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, หน้า 259 ;อ้างใน สมหวัง พิริยานุวัฒน์และจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2524) ได้จำแนกเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. มีเหตุผล ชอบแสวงหาสาเหตุของสิ่งต่าง ๆ
2. ชอบสงสัย ชอบตรวจตรา และประเมินกรรมวิธี กลวิธีและประสบการณ์ต่าง ๆ
3. มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
4. ช่างสังเกต
5. มีความคิดเห็น และลงข้อสรุปบนรากฐานของข้อมูลที่เพียงพอและเชื่อถือได้
6. มีความอยากรู้อยากเห็น ไม่พอใจคำตอบที่ไม่สมเหตุผล

วรรณทิพา รอดแรงคำและพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2524, หน้า 8) ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ คือ

1. มีเหตุผล
2. อยากรู้อยากเห็น
3. มีใจกว้าง
4. ซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง
5. มีความเพียรพยายาม
6. มีความรอบคอบก่อนตัดสินใจ

อุษา คำประกอบ (2530, หน้า 48) ได้สรุปคุณลักษณะผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ คือ

1. ความมีเหตุผล
2. ความอยากรู้อยากเห็น
3. ความใจกว้าง
4. ความซื่อสัตย์ และใจเป็นกลาง
5. ความเพียรพยายาม
6. ความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

ตารางที่ 1 แสดงการสังเคราะห์องค์ประกอบจิตวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษา

องค์ประกอบ	สนใจไม่รู้	ความอยากรู้อยากเห็น	ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน	ความเปิดใจกว้าง	ความมีเหตุผล	ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ	ความซื่อสัตย์	ความรับผิดชอบ	การมีความคิดเชิง วิพากษ์วิจารณ์	การมีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	การยอมรับในข้อจำกัด
สไมล์ (Smily. n.d.: Online)		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
วิสเซอร์ (Visser, 2000: Online)	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓
โรว์แลนด์ (Rowland. n.d: Online)		✓				✓			✓	✓	✓
รอย (Roy. n.d.: Online)		✓						✓	✓	✓	
เคอร์ติส,เวลล์ และวิลเลียม (วรวิทย์ ตันทนะเทวินทร์, 2534, หน้า 27 ; อ้างใน Curtis, Well and William,1960)			✓		✓	✓	✓	✓			
ซอนเดอร์ (วรวิทย์ ตันทนะเทวินทร์, 2534, หน้า 27 ; อ้างใน Saunders, 1955)	✓			✓	✓	✓		✓			

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบ	สนใจไม่รู้	ความอยากรู้อยากเห็น	ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน	ความเปิดใจกว้าง	ความมีเหตุผล	ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ	ความซื่อสัตย์	ความรับผิดชอบ	การมีความคิดเชิง วิพากษ์วิจารณ์	การมีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	การยอมรับในข้อจำกัด
วิกเตอร์ (สมจิต สวธนไพบูลย์ และ คณะ, 2546, หน้า 89 ; อ้างใน Victor, 1980)		✓	✓	✓	✓	✓			✓		✓
ไดเดอร์ริค (วรวิทย์ ตันทนะเทวินทร์, 2534, หน้า 28-29 ; อ้างใน Diederich, 1967)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
บิลเลห์ และซาคาไรเดส (อุษา คำประกอบ, 2530, หน้า 45- 46 ; อ้างใน Billeh and zakhariades, 1975, pp. 155-156)		✓		✓	✓	✓	✓				

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบ	สนใจไม่รู้	ความอยากรู้อยากเห็น	ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน	ความเปิดใจกว้าง	ความมีเหตุผล	ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ	ความซื่อสัตย์	ความรับผิดชอบ	การมีความคิดเชิง วิพากษ์วิจารณ์	การมีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	การยอมรับในข้อจำกัด
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (2546, หน้า14 - 15)	✓		✓	✓	✓		✓			✓	
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (2551, หน้า99)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
บรรทม เครือวัลย์ (2530, หน้า21-22)		✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓
สุวัฒน์ นิยมคำ (2531, หน้า 257)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
ธีระชัย ปุรณโชติ (2536, หน้า 61)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537, หน้า 25)		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓
ภพ เลาน์ไพบูลย์ (2537, หน้า 12-13)		✓	✓	✓	✓	✓	✓				

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบ	สนใจไม่รู้	ความอยากรู้อยากเห็น	ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน	ความเปิดใจกว้าง	ความมีเหตุผล	ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ	ความซื่อสัตย์	ความรับผิดชอบ	การมีความคิดเชิง วิพากษ์วิจารณ์	การมีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	การยอมรับในข้อจำกัด
วรรณทิพา รอดแรงคำ (2524, หน้า 8)		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
อุษา คำประกอบ (2530, หน้า 48)		✓	✓	✓	✓	✓	✓				
จุลพงษ์ กลิ่นหอม (2549, หน้า 60)	✓		✓	✓	✓		✓			✓	
สมหวัง พียรานุกุศล (สุวัณณ์ นิยมคำ, 2531, หน้า 259 ; อ้างใน สมหวัง พิหรานุกุศลและจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2524)		✓		✓	✓			✓	✓		
เวียงงาม ปรีชาพานิชพัฒนา (2539, หน้า 111)		✓		✓	✓	✓			✓		✓
ปรีชาตี เบ็จวรรณ (2551, หน้า 144)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ทวิทชัย สุธาภา (2549, บทคัดย่อ)	✓			✓	✓	✓	✓				

คุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์

ความสนใจใฝ่รู้

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความสนใจใฝ่รู้ ไว้ดังนี้

ปราโมทย์ ธรรมสโรช (2535, หน้า 4) ได้ให้ความหมายของความสนใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่า หมายถึง ความโน้มเอียงที่เข้าร่วมหรือความตั้งใจของนักเรียนที่จะแสดงพฤติกรรมหรือทำกิจกรรมต่างๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในห้องเรียนและนอกห้องเรียนหรือในชีวิตประจำวันต่าง ๆ

สมชาย อุ่นอนันต์ (2539, หน้า 9) ให้ความหมายของความสนใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่า หมายถึง ความรู้สึกชอบ หรือความพอใจของบุคคลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน หรือในชีวิตประจำวัน

โกมล เรืองฤทธิ์กุล (2542, หน้า 8) ได้ให้ความหมายของความสนใจทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การแสดงออกถึงความเอาใจใส่ต่อเนื้อหาสาระ หรือปัญหาต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ ความสนใจทางวิทยาศาสตร์ วัดได้โดยการกำหนดหัวข้อที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ให้แล้วนักเรียนเลือกว่าสนใจเรื่องที่กำหนดให้เพียงใด

อรรรรณ พลายนะหาร (2545, หน้า 6) ให้ความหมายของความสนใจในวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความรู้สึกชอบและพอใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจมีเพียงชั่วขณะหรือถาวร

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของความสนใจใฝ่รู้ว่า หมายถึง ความรู้สึกพอใจ ชื่นชอบ เอาใจใส่ และสมัครใจเข้าร่วมกิจกรรมหรือแสวงหาความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมี ความซาบซึ้งและตระหนักในคุณค่าของธรรมชาติซึ่งเป็นแหล่งความรู้วิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดความสนใจใฝ่รู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความสนใจใฝ่รู้ ไว้ดังนี้

1. มีความใส่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ๆ อยู่เสมอ
2. มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่าง ๆ
3. ชอบทดลองค้นคว้า
4. ชอบสนทนา ชักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น

สูนันท์ สังข์อ่อง (2523, หน้า 341-343 อ้างอิงมาจาก BSCS, 1970) ได้กำหนดคุณลักษณะความสนใจใฝ่รู้ ไว้ดังนี้

1. แสดงออกถึงความพอใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ หรือความคิดใหม่ ๆ
2. แสดงถึงความพอใจที่จะได้ข้อมูลหรือความคิดใหม่ ๆ เพิ่มเติม
3. แสดงออกถึงความพอใจที่จะได้ข้อสรุปที่มีข้อมูลหรือหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้สนับสนุน
4. แสดงออกถึงความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญอยู่ในชีวิตประจำวัน
5. แสดงออกถึงความพอใจที่จะหาคำตอบในสิ่งที่ตนอยากรู้

ความอยากรู้อยากเห็น

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความอยากรู้อยากเห็นไว้ดังนี้

นาริรัตน์ พงษ์พิมาย (2537, หน้า 6) กล่าวว่าความอยากรู้อยากเห็น หมายถึงคุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลซึ่งสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมที่แสดงออกในลักษณะของการยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่นๆ ที่ต่างจากความคิดเห็นของตน และพร้อมที่จะทำความเข้าใจกับบุคคลที่มีความคิดเห็นแตกต่างจากตน

สมหวัง พิริยานูวัฒน์ และจันทร์เพ็ญ เอื้อพานิช (2524, หน้า 33) กล่าวถึงคุณลักษณะของผู้ที่มีความอยากรู้อยากเห็นว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้ที่มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในข้อหาต่างๆ และจะมีความยินดีมากที่ได้ค้นพบความรู้ใหม่

สายพิน ศรีสวรรณรัตน์ (2540, หน้า 5) กล่าวถึงความอยากรู้อยากเห็นว่าหมายถึงคุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่แสดงออกการให้ความสนใจ เมื่อมีสิ่งใหม่ๆ แปลกๆ มากกระตุ้นและแสดงความสนใจที่จะรู้จัก หรือทำความเข้าใจกับสิ่งเหล่านั้นมากขึ้น

ฮิลการ์ด (Hilgard, 1962, p. 132) ได้ให้ความหมายของความอยากรู้อยากเห็นว่าเป็นบุคลิกภาพที่แสดงถึงแรงจูงใจของบุคคลต่อสิ่งเร้าใหม่ๆ และยังจัดเป็นแรงขับ(Drive) ของบุคคลที่จะทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะสำรวจสิ่งต่างๆ อยู่เสมอ พฤติกรรมการสำรวจ(Exploratory behavior) นี้ น่าจะเป็นส่วนช่วยให้บุคคลมีความสามารถในการอ่านเพิ่มมากขึ้น

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของ ความอยากรู้อยากเห็น หมายถึง ความต้องการที่จะรู้หรือปรารถนาที่จะแสวงหาความรู้ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ตนสนใจหรือต้องการค้นพบสิ่งใหม่ ซึ่งผู้มีความอยากรู้อยากเห็น จะแสดงออกจากการถามคำถามหรือมีความสงสัยในสิ่งที่ตนเองสนใจอยากรู้ มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาข้อมูล

ตัวชี้วัดความอยากรู้อยากเห็น

บิลเลห์ และซาคาริแอดส์ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, หน้า 258 อ้างใน Billech and Zakhariades, 1975, pp.155 -156) ได้กำหนดคุณลักษณะความอยากรู้อยากเห็น ไว้ดังนี้

1. มีความต้องการที่จะเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ ด้วยความรู้ที่มีอยู่
2. มีความต้องการที่จะถามว่า“ทำไม” และ “อย่างไร” ต่อปรากฏการณ์ต่างๆ
3. มีความต้องการที่จะหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 4-6) ได้กำหนดคุณลักษณะความอยากรู้อยากเห็น ไว้ดังนี้

1. มีความพยายามที่จะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบาย ได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่เดิม
2. ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม
3. ช่างซัก ช่างถาม ช่างอ่าน เพื่อให้ได้คำตอบเป็นความรู้ที่สมบูรณ์แบบยิ่งยั้ง
4. ให้ความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญใน ชีวิตประจำวัน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 13-14) ได้กำหนดคุณลักษณะความอยากรู้อยากเห็น ไว้ดังนี้

1. มีความพยายามที่จะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบาย ได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่เดิม
2. ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม
3. ช่างซัก ช่างถาม ช่างอ่าน เพื่อให้ได้คำตอบเป็นความรู้ที่สมบูรณ์แบบยิ่งยั้ง
4. ให้ความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญใน ชีวิตประจำวัน

ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความเพียรพยายาม มุ่งมั่นและอดทนไว้ดังนี้

นำพร ไวร่อง (2537, หน้า 14) ให้ความหมายของความอดทนว่า หมายถึง ความสามารถของร่างกาย ความคิด จิตใจ ที่จะทนต่อการปฏิบัติกิจกรรมหรือหน้าที่อย่างใดที่สมเหตุสมผลให้ต่อเนื่องและบรรลุสำเร็จได้ ความอดทนนี้เป็นพลังอันหนึ่งที่จะผลักดันงานให้ไปสู่จุดหมายปลายทางที่แท้จริง

จรีรัตน์ นันทยทวิกุล (2538, หน้า 5) กล่าวถึงความอดทนว่าหมายถึง ความสามารถของร่างกาย ความคิดและจิตใจที่จะอดทนต่อการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้นานๆ จนทำให้สำเร็จได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงอุปสรรคใดๆ มีร่างกายแข็งแรง มีจิตใจเข้มแข็ง ควบคุมตนเองได้ดี เมื่อเกิดความเหนื่อยอ่อนและเกียจคร้าน

สายพิน ศรีสุวรรณรัตน์ (2540, หน้า 4) ให้ความหมายความอดทนว่าหมายถึง คุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่แสดงออกในลักษณะความสามารถทางร่างกาย ความคิด และจิตในที่จะทนต่อการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ให้สำเร็จได้โดยไม่ต้องห่วงกังวลต่ออุปสรรค และเมื่อเริ่มทำงานใดก็จะพยายามทำจนบรรลุความสำเร็จ และสามารถบังคับตนเองเมื่อเกิดความเหนื่อยอ่อนและเกียจคร้านได้

ธีรฤทธิ เอกะกุล (2541, หน้า 36) กล่าวถึงพฤติกรรมของผู้มีความอดทนไว้ว่า สามารถปฏิบัติงานที่ยากให้สำเร็จได้ ปฏิบัติงานโดยไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค และพยายามเอาชนะอุปสรรคปฏิบัติงานจนสำเร็จไม่ทิ้งขว้างกลางคัน

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน หมายถึง ความปรารถนาที่จะเข้าถึงความจริงที่ถูกต้อง มุ่งมั่น เพียรพยายาม และไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรคหรือความล้มเหลว มีความตั้งใจ แน่วแน่ต่อการแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง อดทนต่อการโจมตีคัดค้านและความผิดพลาดต่าง ๆ เพื่อรอคอยคำตอบของปัญหาที่ถูกต้องได้

ตัวชี้วัดความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน ไว้ดังนี้

1. ยอมรับผลการกระทำของตนเองไม่ว่าจะเป็นผลดีหรือผลเสีย
2. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
3. เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหยาต้อสวนรวม
4. ทำงานเต็มความสามารถ
5. ไม่ท้อถอยในการทำงานเมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว

6. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา
สุนันท์ สังข์อ่อง (2523, หน้า 341-343 อ้างใน BSCS, 1970) ได้กำหนดคุณลักษณะ
ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน ไว้ดังนี้

1. ตระหนักและยอมรับในขีดจำกัดของตนเอง
2. ตระหนักดีว่าทุกสิ่งทุกอย่างอาจเปลี่ยนแปลงได้ในวันข้างหน้า
3. ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ
4. ตระหนักถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ อันเป็นผลจากความเพียรพยายาม

ของมนุษย์

5. แสดงออกถึงความเชื่อว่าวิทยาศาสตร์นั้นมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมที่เราอยู่
6. ไม่คิดแปลงหรือแก้ไขข้อมูลที่ค้นพบ แม้ว่าข้อมูลนั้นจะไม่สนับสนุน สมมติฐาน

ของตนเอง

7. แสดงออกถึงความเข้าใจว่าการค้นคว้าวิจัยและทดลองทางวิทยาศาสตร์

ต้องใช้ความอดทน

8. ตระหนักถึงขีดจำกัดของความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
9. ตระหนักถึงความสำคัญของวิธีแสวงหาความรู้ กระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

10. แสดงความเชื่อว่าการค้นคว้าหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ นั้นควรจะได้ตระหนัก
และเข้าใจถึงความเชื่อเก่า ๆ ด้วย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 13-14) ได้กำหนดคุณลักษณะความเพียรพยายาม
มุ่งมั่น และอดทน ไว้ดังนี้

1. ทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายอย่างสมบูรณ์
2. ไม่ท้อถอย เมื่อการทดลองมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
3. มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย
(ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525, หน้า 216-217) ได้กำหนดคุณลักษณะความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน
ไว้ดังนี้

1. นำวิธีการหลายอย่างมาใช้ตรวจสอบปัญหา
2. ดำเนินการแก้ปัญหาจนถึงที่สุดหรือจนกว่าจะได้รับคำตอบ

3. ทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลองซ้ำแม้ข้อมูลดังกล่าวจะสอดคล้องหรือตรงกับการคาดคะเน

ความเปิดใจกว้าง

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความเปิดใจกว้าง ไว้ดังนี้

นภาพร สิ้นสวัสดิ์ (2535, หน้า112) กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความมีใจกว้างว่าเป็นผู้ไม่ห่วงความรู้ และรู้จักถ่ายทอดความรู้ สามารถรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่นในการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ไม่ยึดมั่นในความคิดเห็นของตน ยอมรับการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีเหตุผลที่เหมาะสมกว่า รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์ และจันทร์เพ็ญ เอื้อพานิช (2524, หน้า33) ให้ความหมายลักษณะของความใจกว้างว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีใจกว้างที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น โดยไม่ยึดมั่นในความคิดเห็นของตนเองฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลง ยอมรับพิจารณาข้อมูล หรือความคิดเห็นที่ยังสรุปไม่ได้ พร้อมจะหาข้อมูลเพิ่มเติม

นารินทร์ พงษ์พิมาย (2537, หน้า6) ให้ความหมายของความใจกว้างว่า หมายถึง คุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคล ซึ่งสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมที่แสดงออกในลักษณะของการยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่นที่ต่างจากความคิดเห็นของตน และพร้อมที่จะทำความเข้าใจบุคคลที่มีความคิดเห็นแตกต่างจากตน

ศิริภรณ์ เม่นมั่น (2543, หน้า8) ให้ความหมายของใจกว้างและยอมรับความคิดเห็นใหม่ๆ ว่า หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงถึงการเป็นผู้มีใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองเป็นใหญ่ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอาจมีเหตุผลดีกว่าของเราก็ได้

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของความเปิดใจกว้าง หมายถึง การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ และยินดีให้มีการพิสูจน์ข้อเท็จจริง ยินดีที่จะค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมตามเหตุผลข้อเท็จจริงโดยไม่ยึดมั่นในแนวความคิดของตน เต็มใจที่จะรับรู้ความคิดเห็นใหม่ๆ และเต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดเห็นแก่ผู้อื่น

ตัวชี้วัดความเปิดใจกว้าง

บิลเลห์ และซาคาริแอดส์ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, หน้า 258 อ้างใน Billech and Zakhariades, 1975, pp.155 -156) ได้กำหนดคุณลักษณะความเปิดใจกว้าง ไว้ดังนี้

1. เต็มใจที่จะทบทวน หรือเปลี่ยนความคิดเห็น และข้อสรุป

2. มีความปรารถนาที่จะรับรู้ความรู้ความคิดเห็นใหม่ ๆ
3. ยอมรับความคิดเห็นหรือวิธีการแปลก ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความเปิดใจกว้าง ไว้ดังนี้

1. รับฟังวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น
2. ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง
3. รับฟังความคิดเห็นที่ตนเองยังไม่เข้าใจพร้อมที่จะทำความเข้าใจ
4. ยอมรับพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อม

ที่จะหาข้อมูล

สุนันท์ สังข์อ่อง (2523, หน้า 341-343 อ้างใน BSCS, 1970) ได้กำหนดคุณลักษณะความเปิดใจกว้าง ไว้ดังนี้

1. แสดงความเต็มใจที่จะยอมรับฟังการวิพากษ์วิจารณ์จากผู้อื่น
2. ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม
3. ตระหนักและยอมรับในข้อจำกัดของความรู้ที่คนพบในปัจจุบัน
4. ตระหนักถึงคุณค่าของวิทยาศาสตร์ อันเป็นผลทำให้มีผลผลิตที่ใช้ใน

ปัจจุบันมากมาย

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525, หน้า 216-217) ได้กำหนดคุณลักษณะความเปิดใจกว้าง ไว้ดังนี้

1. พิจารณาและประเมินความคิดเห็นที่ผู้อื่นเสนอมา
2. ประเมินหลักฐานที่ขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตนตั้งขึ้น
3. พิจารณาแนวทางต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ เพื่อสำรวจปัญหา
4. พิจารณาทั้งทางด้านที่สนับสนุนและคัดค้านเพื่อประเมินสถานการณ์

ความมีเหตุผล

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความมีเหตุผล ไว้ดังนี้

ศุภลักษณ์ วัฒนวิวัฒน์ (2542, หน้า 24) ได้ให้ความหมายของความมีเหตุผลว่า หมายถึง การแสดงความคิดเห็น การตรวจสอบความถูกต้อง และการยอมรับคำอธิบาย อย่างมีเหตุผล โดยการแสวงหาข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนอย่างเพียงพอก่อนที่จะยอมรับหรือให้คำอธิบายใดๆ

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 4) ได้ให้ความหมายของควมมีเหตุผลว่า หมายถึง ยอมรับใน คำตอบหรือคำอธิบายที่ได้รับการศึกษาอย่างเป็นระบบและขั้นตอน มีข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับ แหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสวงหาหลักฐานหรือข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนหรือ คัดค้านคำอธิบาย มีหลักฐานเพียงพอก่อนที่จะสรุปเสมอ เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลและยินดีให้มีการ พิสูจน์ตามหาเหตุผลและข้อเท็จจริง

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 12 - 13) ได้ให้ความหมายของควมมีเหตุผลว่า หมายถึง ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลเพียงพออธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของ แนวคิดต่างๆ กับ แหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกต หรือการทดลองเพื่อสนับสนุนหรือ คัดค้านคำอธิบาย มีหลักฐานเพียงพอก่อนที่จะสรุปเสมอ เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผล ยินดีให้มีการ พิสูจน์ตามเหตุผล ข้อเท็จจริง

สุโขทัยธรรมาธิราช (2537, หน้า 26 - 27) ได้ให้ความหมายของควมมีเหตุผลว่า หมายถึง การยอมรับในคำอธิบาย เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพออธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล หาความสัมพันธ์ของเหตุผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของ แนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ หาหลักฐานจากการสังเกตและการทดลองเพื่อสนับสนุน คำอธิบาย มีหลักฐานและข้อมูลอย่างเพียงพอ ก่อนที่จะสรุปผลเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลและพร้อมที่ จะให้ผู้อื่นตรวจสอบผลงานของตน

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของควมมีเหตุผล หมายถึง การตระหนักรู้ เห็นความสำคัญและยึดมั่นในหลักเหตุผล บรรณาณาที่จะใช้ความคิดอย่างมี เหตุผล ยอมรับและต้องการคำอธิบายที่มีเหตุผล ไม่เชื่อเรื่องที่ขาดประจักษ์พยานที่น่าเชื่อถือ มีความ สงสัยและต้องการพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงในสิ่งต่างๆ

ตัวชี้วัดควมมีเหตุผล

บิลเลห์ และซาคารีแอดส์ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, หน้า 258 อ้างใน Billech and Zakhariades, 1975, pp.155 -156) ได้กำหนดคุณลักษณะควมมีเหตุผล ไว้ดังนี้

1. เชื่อในคุณค่าของเหตุผล
2. มีแนวโน้มที่จะทดสอบความเชื่อเก่า ๆ
3. แสวงหาสาเหตุจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
4. ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล

5. ทำทนายให้มีการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความมีเหตุผล ไว้ดังนี้

1. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนเพียงพอ
2. พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผลไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่สามารถมาอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้
3. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
4. ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
5. รวบรวมข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525, หน้า 216-217) ได้กำหนดคุณลักษณะความมีเหตุผล ไว้ดังนี้

1. ตรวจสอบความคิดของตนจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ
2. เสาะหาหลักฐานจากการสังเกตและ/หรือทดลองเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านคำอธิบาย

3. รวบรวมข้อมูลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อนที่จะลงข้อสรุป

4. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานสนับสนุนหนักแน่นพอ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 13-14) ได้กำหนดคุณลักษณะความมีเหตุผล ไว้ดังนี้

1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผล
2. ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. แสวงหาเหตุผลของเหตุการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น

4. ต้องการที่จะรู้ว่าปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเป็นอย่างไร และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ไว้ดังนี้

ศุภลักษณ์ วัฒนวิฑฐ (2542, หน้า 24) ได้ให้ความหมายของความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบว่า หมายถึง การจัดระบบการทำงานอย่างเป็นระบบ อีกทั้งมีความละเอียด

รอบคอบก่อนตัดสินใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หากมีข้อผิดพลาดก็สามารถที่จะตรวจสอบหาข้อผิดพลาดได้โดยง่าย

พินท์ ทองชุนนุม (2547, หน้า 4) ได้ให้ความหมายของความละเอียดรอบคอบและมีระเบียบว่า หมายถึง การวางแผนเป็นขั้นตอนต่างๆ ของการปฏิบัติงาน การบันทึกข้อมูล นำวิธีที่หลากหลายและเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับมาจัดกระทำต่อทุกขั้นตอน มีการวิเคราะห์ที่ไตร่ตรอง จุดดี จุดด้อยของวิธีที่จะนำมาใช้ และมีความละเอียดรอบคอบก่อนการตัดสินใจทุกครั้ง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 12 - 13) ได้ให้ความหมายของความละเอียดรอบคอบและมีระเบียบว่า หมายถึง การวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน นำวิธีการหลายๆ วิธีมาตรวจสอบผลการทดลอง ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ ละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน ทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย มีความละเอียดรอบคอบก่อนการตัดสินใจ

สุขุทัยธรรมมาธิราช (2537, หน้า 26 - 27) ได้ให้ความหมายของความละเอียดรอบคอบและมีระเบียบว่า หมายถึง ทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบรอบคอบ จัดระบบในการทำงาน ใช้วิธีการศึกษาหลายวิธีในการตรวจสอบผลการทดลอง ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์อย่างละเอียดถี่ถ้วนในการทำงานก่อนตัดสินใจ

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ หมายถึง ความสามารถในการใช้วิจารณญาณก่อนที่จะตัดสินใจใดๆ ไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดว่าเป็นจริงทันที ถ้ายังไม่มีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้ หลีกเลี่ยงการตัดสินใจและการสรุปที่รวดเร็วเกินไป พิจารณาจากหลักฐานและข้อมูลรอบด้านสังเกตอย่างละเอียดรอบคอบ และใช้วิธีการหลากหลายในการทดลองพิสูจน์

ตัวชี้วัดความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ

บิลเลห์ และซาคารีแอดส์ (สุวัฑม์ นิยมคำ, 2531, หน้า 258 อ้างใน Billech and Zakhariades, 1975, pp.155 -156) ได้กำหนดคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบไว้ดังนี้

1. ไม่เต็มใจที่จะสรุปก่อนที่จะมีหลักฐานเพียงพอ
2. ไม่เต็มใจที่จะยอมรับความจริงต่างๆ เมื่อไม่มีข้อสรุปสนับสนุนมาให้เห็นจริง
3. หลีกเลี่ยงการสรุปและการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า 137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ไว้ดังนี้

1. เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ

2. นำวิธีการหลาย ๆ วิธี มาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง
3. มีการไต่ถามหรือซักถาม ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์
4. มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
5. มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
6. ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนการทดลอง
7. ทำงานอย่างมีระเบียบและเรียบร้อย

คอสลอร์ และเนย์ (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2524, หน้า 31-34 อ้างใน Koslow and nay. N.d.)

ได้กำหนดคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ไว้ดังนี้

1. มองหาความไม่สอดคล้องกันระหว่างข้ออธิบายปลีกย่อยกับบทสรุป
2. สืบสวนหาข้อเท็จจริงจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้หลาย ๆ แหล่ง
3. ใช้หลักฐานข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือจากการปฏิบัติการมาสนับสนุนหรือคัดค้านข้ออธิบายต่าง ๆ
4. ใช้คำถามที่มีลักษณะเสาะหาข้อเท็จจริงและเหตุผล ประเภทที่เริ่มต้นด้วยอะไรที่ไหน ทำไม เมื่อไร และอย่างไร
5. มีความพอใจที่จะขอทบทวนความถูกต้องของข้ออธิบายที่หย่อนด้วย

หลักฐานหรือข้อสนับสนุน

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525, หน้า 216-217) ได้กำหนดคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ไว้ดังนี้

1. นำวิธีการหลายอย่างมาใช้ตรวจสอบปัญหา
2. ดำเนินการแก้ปัญหาจนถึงที่สุดหรือจนกว่าจะได้รับคำตอบ
3. ทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลองซ้ำแม้ข้อมูล

ดังกล่าวจะสอดคล้องหรือตรงกับการคาดคะเน

ความซื่อสัตย์

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความซื่อสัตย์ ไว้ดังนี้

สมหวัง พิพิธยานุวัฒน์ และจันทร์เพ็ญ เอื้อพานิช (2524, หน้า 33) กล่าวว่านักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีความซื่อสัตย์ บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงด้วยความละเอียดถูกต้องผู้อื่นสามารถตรวจสอบในภายหลังได้ เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลด้วยความเป็นจริง

นภาพร สีนสวัสดิ์ (2535, หน้า 112) ให้คุณลักษณะของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านความซื่อสัตย์ว่า ความซื่อสัตย์มีการแสดงออกโดยไม่บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริง ไม่เอาความคิดเห็นของตนไปเกี่ยวข้อง ไม่ลำเอียงในการตีความหมายผลที่ได้จากการทดลอง และไม่อ้างผลงานของผู้อื่นเป็นของตน

ศิริภรณ์ เม่นมัน (2543, หน้า 8) ให้ความหมายของความซื่อสัตย์ว่า หมายถึง คุณลักษณะนิสัยที่แสดงถึงการรายงานสิ่งที่สังเกตได้ตามความเป็นจริง ไม่เปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูล

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของความซื่อสัตย์ หมายถึง การนำเสนอข้อมูลตามความเป็นจริงด้วยการสังเกตและ บันทึกผลต่างๆ โดยปราศจากความลำเอียงหรืออคติ กล่าวหาญในการนำเสนอข้อมูลตามความจริง มีความมั่นคงหนักแน่นต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์ ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่น

ตัวชี้วัดความซื่อสัตย์

บิลเลห์ และซาคาริแอดส์ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, หน้า 258 อ้างใน Billech and Zakhariades, 1975, pp.155 -156) ได้กำหนดคุณลักษณะความซื่อสัตย์ ไว้ดังนี้

1. สังเกตและบันทึกผลต่าง ๆ โดยปราศจากความลำเอียงหรืออคติ
2. ไม่นำสภาพสังคมหรือเศรษฐกิจและการเมืองมาเกี่ยวข้องกับการตีความหมาย
3. ไม่ยอมให้ความชอบหรือความไม่ชอบส่วนตัวมีอิทธิพลเหนือการตัดสินใจใด ๆ

ในทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความซื่อสัตย์ ไว้ดังนี้

1. เสนอความจริงถึงแม้ผลที่แตกต่างจากผู้อื่น
2. เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง
3. บันทึกผลข้อมูลตามความจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง
4. ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง

คอสลอร์ และเนย์ (ถวัลย์พงษ์ เจริญทิพย์, 2524, หน้า 31-34 อ้างใน Koslow and nay. N.d.) ได้กำหนดคุณลักษณะความซื่อสัตย์ ไว้ดังนี้

1. รายงานการสังเกตหรือผลการทดลองอย่างตรงไปตรงมา
2. แสดงกิตติกรรมประกาศในผลงานของบุคคลอื่นที่นำมาใช้หรืออ้างอิง
3. พิจารณาข้อมูลที่มีอยู่หรือที่ได้มาในหลายแง่หลายมุมก่อนที่จะสรุปความ

หรือยุติ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525, หน้า 216-217) ได้กำหนดคุณลักษณะความซื่อสัตย์ ไว้ดังนี้

1. รายงานสิ่งที่สังเกตได้แม้ว่าสิ่งที่รายงานนั้นจะขัดต่อสมมติฐานของตน
2. เปิดเผยเจ้าของผลงานที่ตนนำมาใช้ต่อผู้อื่น
3. ไม่เปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูลที่ตนค้นพบ แม้ว่าข้อมูลนั้นจะไม่สนับสนุน

สมมติฐานของตน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 13-14) ได้กำหนดคุณลักษณะความซื่อสัตย์ ไว้ดังนี้

1. สังเกตและบันทึกผลต่างๆ โดยปราศจากความลำเอียงและอคติ
2. ไม่นำสภาพสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองมาเกี่ยวข้องกับการตีความหมายทางวิทยาศาสตร์
3. ไม่ยอมให้ความชอบ หรือไม่ชอบส่วนตัวมามีอิทธิพลเหนือการตัดสินใจใดๆ
4. มีความมั่นคง หนักแน่น ต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์
5. เป็นผู้ซื่อตรง อุดหนุน ยุติธรรมและละเอียดรอบคอบ

ความรับผิดชอบ

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความรับผิดชอบ ไว้ดังนี้

กรมวิชาการ (2528, หน้า 121) ได้ให้ความหมายของความรับผิดชอบว่า หมายถึง ความรู้สึกสำนึกในจิตใจว่าเมื่อพูดอะไรแล้วต้องยอมรับผลที่เกิดขึ้นทั้งผิดและชอบ มิใช่รับแต่ชอบ อย่างเดียวแล้วโยนความผิดให้ผู้อื่น และอีกความหมายหนึ่งหมายถึง เมื่อรู้หน้าที่ที่ตนจะต้องปฏิบัติแล้ว ก็มุ่งมั่นตั้งใจที่จะทำหน้าที่ด้วยความผูกพันด้วยความพากเพียร ด้วยความอดทน ด้วยความไม่ลำเอียง รอบคอบ เพื่อให้ประสบผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ทั้งต้องพยายามที่จะปรับปรุงการปฏิบัติหน้าที่ให้ดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2538, หน้า 5) ได้ให้ความหมายของความรับผิดชอบว่า หมายถึง การยอมรับผลการกระทำของตนเองและการสามารถควบคุมตนเองได้ของบุคคลใดบุคคลหนึ่ง ผู้ที่มีระดับความรับผิดชอบอยู่ในระดับสูงนั้น หมายถึง ผู้ที่มีคุณสมบัติสองประการนี้อยู่ในระดับสูง ส่วนผู้ที่มีความรับผิดชอบอยู่ในระดับต่ำจะเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติสองประการนี้ต่ำ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2539, หน้า 90) กล่าวว่าความรับผิดชอบ มักจะได้รับการนำไปใช้ผิดความหมายเสมอ คือมักจะใช้ในลักษณะของการจับผิดการกระทำของผู้อื่นเพื่อมาลงโทษ เช่นมักพูดว่า ใครรับผิดชอบเรื่องนี้ ซึ่งหมายความว่า ความรับผิดชอบ คือ ความสามารถในการตอบโต้เรื่องทุกอย่างที่ท้าทายทุกโอกาสที่ผ่านมาในชีวิตเรา

วิภากร มาพบสุข (2540, หน้า103) ได้ให้ความหมายของความรับผิดชอบว่า หมายถึง การกระทำหรือการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ที่ได้รับมอบหมายด้วยความเต็มใจ และมีการวางแผน อย่างดี ไม่ต้องให้ใครว่ากล่าวตักเตือน และพร้อมที่รับทั้งผลดีและไม่ดีในกิจกรรมที่ตน กระทำลงไป

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของ ความรับผิดชอบ หมายถึง ความมุ่งมั่นและตั้งใจที่จะปฏิบัติงานในหน้าที่ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความพากเพียร มีความละเอียดรอบคอบ เอาใจใส่ มีระเบียบวินัยในตนเอง ยอมรับผล การกระทำของตนด้วยความเต็มใจทั้งผลดีและผลเสีย

ตัวชี้วัดความรับผิดชอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า137-139) ได้กำหนดคุณลักษณะความรับผิดชอบ ไว้ดังนี้

1. ยอมรับผลการกระทำของตนเองไม่ว่าจะเป็นผลดีหรือผลเสีย
2. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
3. เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม
4. ทำงานเต็มความสามารถ
5. ไม่ทอดทิ้งในการทำงานเมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
6. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา

สุนันท์ สังข์อ่อน (2523, หน้า 341-343 อ้างใน BSCS, 1970) ได้กำหนดคุณลักษณะ ความรับผิดชอบ ไว้ดังนี้

1. ช่วยเหลือกลุ่มในการทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้
2. แสดงความเต็มใจที่จะกระทำกิจกรรมนอกเหนือจากที่กำหนดให้เรียนในชั้นเรียน
3. ต้องการข้อมูลยืนยันหรือสนับสนุนก่อนจะลงข้อสรุปใด ๆ
4. เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา
5. แสดงความพอใจที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น
6. แสดงความเต็มใจที่จะยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
7. ใช้เหตุผลประกอบการวิพากษ์วิจารณ์
8. ริเริ่มทำกิจกรรมเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่ม

การมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ไว้ดังนี้

พะยอม ตันมณี (2524, หน้า10) ได้ให้ความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ว่า หมายถึง ความสามารถในการตอบคำถามในลักษณะต่างๆ ได้แก่ การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การตีความข้อมูล การอนุมาน การสรุปความ การประเมินข้อโต้แย้ง

สุดา ธาราพิทักษ์ (2534, หน้า 52) ได้ให้ความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ว่า หมายถึง การพิจารณาทดสอบความคิดว่าบกพร่องผิดถูกอย่างไร เพื่อเลือกชุดความคิดให้ดีที่สุด เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุโขทัยธรรมมาธิราช (2537, หน้า26 - 27) ได้ให้ความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ว่า หมายถึง ความพยายามที่จะหาข้อมูลสนับสนุนหลักฐานหรือข้ออ้างอิงต่างๆ ก่อนตัดสินใจหรือลงข้อสรุปใดๆ หรือไม่ยอมรับความคิดเห็นด้านใดๆ โดยปราศจากข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ รู้จักแย้งและหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดเห็นของตน

อรพรรณ ลือบุญชัย (2538, หน้า28) ได้ให้ความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ว่าหมายถึง การคิดใคร่ครวญ ไตร่ตรองซึ่งเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ มีความยุ่งยากและสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ มีความชัดเจนมีเป้าหมายในการวิเคราะห์ความรู้ เพื่อตัดสินใจเชื่อ หรือปฏิบัติ

บียเออร์ (Beyer, 1985, หน้า298) ได้ให้ความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ว่าหมายถึง ความสามารถที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพราะการอาศัยความระมัดระวังการเข้าใจความหมายอย่างยัดมัน และการวิเคราะห์ข้อมูลหรือความเชื่ออย่างเป็นปรนัย (Objective) เพื่อการนำไปสู่การตัดสินใจที่เที่ยงตรงและคุณค่าของข้อมูล ความรู้หรือความเชื่อมันนั้นๆ

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ หมายถึง ความตั้งใจที่จะพิจารณาข้อมูลโดยไม่เห็นคล้อยตามในทันทีที่กล้าคิดแตกต่างหรือตั้งข้อสงสัยในความถูกต้องของข้อมูล พยายามหาข้อสนับสนุนหลักฐานหรือข้ออ้างอิง เพื่อประเมินและตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อถือ สามารถแยกแยะข้อคิดเห็นออกจากข้อเท็จจริง และตัดข้อมูลที่ไมเกี่ยวข้องหรือไม่สมเหตุสมผลออกไป ซึ่งจะนำมาสู่การแสวงหาคำตอบที่สมเหตุสมผลมากกว่าข้ออ้างเดิม

ตัวชี้วัดการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์

ฟราสเซอร์ และ เวส (Frasser and West, 1961, p. 222) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ไว้ดังนี้

1. ตื่นตัวที่จะมีความต้องการประเมินข้อมูล
2. เต็มใจในการทดสอบความคิดเห็น
3. พิจารณาที่จะพิจารณาข้อคิดเห็นทั้งหมด

ฟิลี (Fili, 1976, p. 5) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ไว้ดังนี้

1. แยกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่แฝงไว้ด้วยค่านิยม

2. พิจารณาความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
3. พิจารณาความถูกต้องตามข้อเท็จจริงของข้อความนั้น
4. แยกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อคิดเห็น หรือเหตุผลที่เกี่ยวข้อง

และไม่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์

5. ค้นหาสิ่งที่เป็นอคติ และข้อลำเอียง
6. ระบุถึงข้ออ้างหรือข้อสมมติฐานที่ไม่ได้รับการกล่าวไว้ก่อน
7. ระบุถึงข้อคิดเห็น หรือข้อโต้แย้งที่ยังคลุมเครือ
8. ตระหนักในสิ่งที่ไม่คงที่ตามหลักการของเหตุผลหรือการใช้เหตุผลผิดๆ
9. แยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อคิดเห็นที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้ และ

ที่พิสูจน์ไม่ได้

10. พิจารณาความมั่นคงหนักแน่นในข้อโต้แย้งและข้อคิดเห็น

เซาร์ ลาวัลย์ (2536, หน้า 66-67) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ไว้ดังนี้

1. มองหาความแตกต่างระหว่างความเชื่อกับความจริงและความคิดเห็น
2. ค้นหาแหล่งที่มาของข้อมูล
3. ค้นหาความจริงได้
4. ไม่ถือเอาบุคคลใดบุคคลหนึ่งมาเป็นแบบฉบับในการตัดสินใจว่าใครดีใครเลว
5. เข้ากับสิ่งที่ก่อกวน หรือผกผันกัน
6. เห็นความสำคัญของการตั้งสมมติฐาน
7. ไม่สรุปเกินความจริง

ไวกังนี้
เครก (Kreck, 1966, pp. 108-111) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์

1. ใช้คำที่มีลักษณะอธิบายเหตุการณ์
2. ค้นหาคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
3. ตระหนักว่าปรากฏการณ์บางอย่าง นักวิทยาศาสตร์อธิบายยังไม่ได้เหมาะสม
4. ไม่ยกเป็นเรื่องของธรรมชาติในการอธิบาย
5. ไม่เชื่อเรื่องวิญญาณ
6. ตระหนักว่าคำอธิบายของนักวิชาการใดๆ อาจถูกต้องในวันนี้ และอาจปรับปรุง

ใหม่ได้ถ้ามีหลักฐานใหม่ที่ดีกว่า

7. ยอมรับความคิดเมื่อมีหลักฐานใหม่ที่ดีกว่า
8. ไม่ใช้การเดาในการหาข้อเท็จจริง
9. ทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริง
10. หาหลักฐานเพิ่มเติมเมื่อหลักฐานไม่เพียงพอ
11. ละทิ้งความคิดที่ผิดๆ
12. เต็มใจที่จะรับการตรวจสอบ
13. เสาะแสวงหาแหล่งและความรู้ที่ถูกต้อง
14. พิสูจน์คำกล่าวของคนอื่น
15. ไม่ยอมอ้างความเชื่อเมื่อยังไม่มี การพิสูจน์
16. สอบถามเกี่ยวกับความเชื่อหรือความกลัวที่ไม่มีเหตุผล
17. ตั้งสมมติฐานในการแก้ปัญหา
18. เสนอวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน
19. ตระหนักในความสำคัญของความรู้ที่เชื่อถือได้
20. เชื่อมั่นในวิธีการทางวิทยาศาสตร์

การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ไวกังนี้
สายพิน ศรีสุวรรณรัตน์ (2540, หน้า 4) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า หมายถึง
คุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่แสดงออกในลักษณะการใช้วิธีใหม่ๆ ในการแก้ปัญหา การแสดงออก
ริเริ่มที่ไม่ซ้ำแบบใคร ชอบดัดแปลง ชอบแสวงหาความรู้ใหม่ๆ สามารถค้นคว้าและแสวงหาคำตอบ
ได้หลายวิธี

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542, หน้า 157) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของบุคคล อันเป็นผลมาจากการบ่มเพาะความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปแล้วใช้เป็นเชื้อและปรุงแต่งด้วยสมรรถวิสัยทางวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี จนเป็นผลให้บุคคลสามารถคิด สร้าง ผลงาน ที่มีคุณประโยชน์ต่อสังคมและมวลมนุษยชาติได้มากที่สุด

ยุวธิดา คำปวน (2545, หน้า 4) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดเกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างหลากหลาย ทิศทางแปลกใหม่ และมีคุณค่า

พิลท์ และซันด์ (Piltz and Sund, 1974, p.4) ได้กล่าวถึง ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเน้นถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนาการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้วยังเน้นถึงควมมีคุณค่าอีกด้วย ผลผลิตจึงเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าใครมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความรู้สึกพึงพอใจ นิยมชมชอบและเห็นคุณค่าในความคิดริเริ่มแปลกใหม่ หลากหลาย มีความต้องการคิดอย่างอิสระและใช้จินตนาการ ปรารถนาที่จะคิดเข้าใจได้อย่างลึกซึ้งด้วยตนเอง กล้าเสี่ยงไม่กลัวความผิดพลาด

ตัวชี้วัดการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ลูโก และเฮอริชชีร์ (Lugo and Herrshey, 1989 อ้างใน ผุสดี ภูอินทร์, 2526, หน้า 71) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

1. ชอบสิ่งแปลกใหม่
2. มีความมั่นใจในตนเอง
3. มีความเปิดกว้างที่จะเปิดรับสถานการณ์ใหม่
4. มีความอดทน
5. มีอารมณ์ขัน
6. ไม่ตึงเครียด

ไรซ์ (Rice, 1970, p.4) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

1. เป็นผู้มีความไวพริบ
2. มีความสามารถในการประยุกต์ มีการตอบสนองที่แสดงออกถึงความคิดริเริ่ม
3. มีอิสระในการคิดและการแสดงออก

4. สนใจที่จะรับประสบการณ์ต่างๆ และสังเคราะห์สิ่งที่พบเห็น
อารี รังสินันท์ (2526, หน้า 63) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ไว้ดังนี้

1. อยากรู้อยากเห็นมีความกระหายใคร่รู้เป็นนิจ
2. ชอบแสวงหา ชอบสำรวจ ศึกษาค้นคว้าและทดลอง
3. ชอบซักถามและถามด้วยคำถามแปลกๆ
4. ช่างสงสัย มองสิ่งต่างๆ ด้วยความสนใจอยากรู้อยากเห็นอยู่เสมอ
5. ช่างสังเกต มองเห็นลักษณะที่ผิดปกติผิดปกติหรือช่องว่างที่หายไป

อย่างง่ายและรวดเร็ว

6. ชอบแสดงออกมากกว่าเก็บกดถ้าสงสัยสิ่งใดจะถามหรือพยายามหาคำตอบ

โดยไม่รีรอ

7. มีอารมณ์ขันอยู่เสมอ มองสิ่งต่างๆ ในแง่มุมที่แปลก
8. สนุกสนานเมื่อใช้ความคิด
9. มีสมาธิในสิ่งที่ตนสนใจ
10. สนใจสิ่งต่างๆ อย่างกว้างขวาง
11. มีความเป็นตัวของตัวเอง

กระทรวงศึกษาธิการ (2534, หน้า 15) ได้กำหนดคุณลักษณะการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ไว้ดังนี้

1. เป็นตัวของตัวเอง มีความอิสระ ไม่ชอบตามใคร ไม่คล้อยตามความคิดเห็น
ของคนอื่นอย่างง่ายตาย กล้าคิด กล้าแสดงออก ชอบแบแสดงความคิดเห็น ชอบคลุกในสังคม
ถือตัวเองเป็นศูนย์กลาง

2. รักที่จะก้าวหน้า เต็มใจทำงานหนัก อุทิศเวลาให้งาน ความมานะบากบั่นที่
จะทำงานที่ซับซ้อนให้สำเร็จจนได้ เปิดรับประสบการณ์อย่างไม่หลีกเลี่ยง มีประสบการณ์
อย่างกว้างขวาง ความเต็มใจเสี่ยงอยากรู้อยากเห็น ตื่นตัวที่จะรับรู้ตลอดเวลา กระตือรือร้น
ขยันหมั่นเพียร มีแรงจูงใจสูง มีอัธมโนทัศน์สูง

3. ไวต่อปัญหา รับรู้เร็วและง่าย มองการณ์ไกล มีความสามารถในการคิดหลาย
แง่หลายมุม มีความสามารถในการแก้ปัญหา ใช้ความคิดอย่างคล่องแคล่ว
มีความยืดหยุ่นพร้อมที่จะเปลี่ยนวิธีเก่ามาสู่แนวใหม่ หรือวิธีการใหม่ ช่างสงสัย มีนิสัยที่ชอบคิด
หาคำตอบ

4. มีความสามารถในการใช้สมาธิ มีความสามารถในการพินิจพิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน
5. มีความคิดริเริ่ม ชอบคิด ชอบทำสิ่งที่ซับซ้อนและแปลกใหม่ ชอบความยุ่งยาก ซับซ้อนและสามารถใช้คำถามที่ต้องการจะรู้
6. ยอมรับในสิ่งที่ไม่แน่นอนและสิ่งที่เป็นข้อขัดแย้ง อดทนต่อสิ่งที่ยังไม่แน่ชัด ไม่ขาดคกัวต่อสิ่งที่ยังไม่ทราบ สิ่งทีลึกลับและน่าสงสัย กลับรู้สึกพึงพอใจ และตื่นเต้นที่จะเผชิญกับสิ่งเหล่านั้น
7. มีความอดทนต่อความไม่เป็นระเบียบหรือกฎเกณฑ์ไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอ และไม่ชอบถูกบังคับ
8. มีอารมณ์ขัน ชอบเดินเล่นไปเรื่อยๆ มีจินตนาการ

การยอมรับในข้อจำกัด

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการยอมรับในข้อจำกัด ไว้ดังนี้

สุโขทัยธรรมาริราช (2537, หน้า26 - 27) ได้ให้ความหมายของการยอมรับในข้อจำกัดว่า หมายถึง การยอมรับในข้อจำกัดของการแสวงหาความรู้ความจริงที่พบวันนี้ว่า อาจเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต และไม่ยอมรับข้อสรุปใดๆ อย่างไม่มีเหตุผล

บรรทม เครือวัลย์ (2530, หน้า21-22) ได้ให้ความหมายของการยอมรับในข้อจำกัดว่า หมายถึง การยอมรับข้อจำกัดต่าง ๆ ในการ แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แมคเคน และซีเกิล (Carrin McCain and Frwin M. Segal, 1969, p. 168 อ้างใน สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531, หน้า 58) ได้ให้ความหมายของการยอมรับในข้อจำกัดว่า หมายถึง ขอบเขตของวิทยาศาสตร์ทำให้ ไม่อาจตอบคำถามบางคำถามได้ เพราะการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องมีการทดสอบ พิสูจน์ให้เห็นจริงได้ เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ยังไม่สมบูรณ์ในปัจจุบัน ทำให้วิทยาศาสตร์ มีขอบเขต ไม่อาจทดสอบ วิเคราะห์ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้สมบูรณ์ทั้งหมด อีกทั้งความรู้วิทยาศาสตร์จะต้องผ่านเข้ามาทางประสาทสัมผัสเท่านั้น นักวิทยาศาสตร์จะสังเกตธรรมชาติและพิสูจน์ ทดสอบ แล้วจึงอธิบายความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่างๆอย่างมีเหตุผล สิ่งที่ไม่อาจสัมผัสได้ หรือพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ จึงอยู่นอกเหนือขอบเขตของวิทยาศาสตร์นั่นเอง

จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ที่กล่าวมาอาจสรุปความหมายของการยอมรับในข้อจำกัด หมายถึง การยอมรับข้อจำกัดต่าง ๆ ในการ แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อจำกัดในเรื่องวิธีการศึกษาแบบอุปนัย ข้อจำกัดเกี่ยวกับการวัด ข้อจำกัดเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมต่าง ๆ ข้อจำกัดเกี่ยวกับสิ่งศึกษา

ตัวชี้วัดการยอมรับในข้อจำกัด

บรรทม เครือวัลย์ (2530, หน้า21-22) ได้กำหนดคุณลักษณะการยอมรับในข้อจำกัดไว้ดังนี้

1. ข้อจำกัดในเรื่องวิธีการศึกษาแบบอุปนัย ซึ่งอาศัยการสรุปจากข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าข้อมูลที่มีมากพอและถูกต้อง การสรุปก็ถูกต้องและเชื่อถือได้
2. ข้อจำกัดเกี่ยวกับกับการวัด โดยยอมรับว่าในการวัดในทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ
3. ข้อจำกัดเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมต่าง ๆ เช่น ด้านความสวยงาม ความดี ความยุติธรรม ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาได้
4. ข้อจำกัดเกี่ยวกับสิ่งศึกษา ศึกษาเฉพาะในสิ่งที่สมมุติชื่อขึ้นมาโดยอาศัยการกำหนดสมบัติของสิ่งเหล่านั้น จึงไม่ใช่สิ่งที่เป็นจริงอย่างสมบูรณ์

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531, หน้า136) ได้กำหนดคุณลักษณะการยอมรับในข้อจำกัด ไว้ดังนี้

1. ความรู้วิทยาศาสตร์ จำกัดตัวเองอยู่ที่ปรัชญาวิทยาศาสตร์
2. ความรู้วิทยาศาสตร์ จำกัดตัวเองอยู่ที่วิธีการศึกษาค้นคว้า
3. ความรู้วิทยาศาสตร์ จำกัดตัวเองอยู่ที่เครื่องมือและเทคโนโลยีที่มีอยู่
4. ความไม่สมบูรณ์ของความรู้ จำกัดตัวเองอยู่ที่วิธีการสรุปรวมเป็นตัวความรู้
5. การศึกษาเรื่องจริยศาสตร์ สุนทรียศาสตร์ เทววิทยาและศาสนา อยู่นอกเหนือขอบเขตของวิทยาศาสตร์

ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสังเคราะห์ตัวชี้วัดคุณลักษณะจิตวิทยาศาสตร์ ในแต่ละองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ความสนใจใฝ่รู้ ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 7 ตัว

1. มีความต้องการที่จะเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่
2. มีความต้องการที่จะถามว่า“ทำไม” และ “อย่างไร” ต่อปรากฏการณ์ต่างๆ
3. แสดงออกถึงความพอใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ หรือความคิดใหม่ ๆ
4. แสดงถึงความพอใจที่จะได้ข้อมูลหรือความคิดใหม่ ๆ เพิ่มเติม
5. แสดงออกถึงความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็น

ปัญหาสำคัญอยู่ในชีวิตประจำวัน

6. มีความใส่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ ๆ อยู่เสมอ

7. แสดงออกถึงความพอใจที่จะหาคำตอบในสิ่งที่ตนอยากรู้

องค์ประกอบที่ 2 ความอยากรู้อยากเห็น ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 5 ตัว

1. มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องใหม่ ๆ
2. ชอบสืบเสาะ ทดลอง พิสูจน์ แนวคิดแปลกใหม่
3. ชอบสนทนา ชักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น
4. สนใจเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สำคัญกับชีวิตประจำวัน
5. มีความพยายามที่จะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบาย

ได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่เดิม

องค์ประกอบที่ 3 ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน ประกอบด้วยตัวชี้วัด

จำนวน 10 ตัว

1. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา
2. ตระหนักถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ อันเป็นผลจากความเพียรพยายาม

ของมนุษย์

3. แสดงออกถึงความเข้าใจว่าการค้นคว้าวิจัยและทดลองทางวิทยาศาสตร์

ต้องใช้ความอดทน

4. แสดงความเต็มใจที่จะกระทำกิจกรรมนอกเหนือจากที่กำหนดให้เรียน

ในชั้นเรียน

5. มีความเต็มใจที่ค้นหาคำตอบโดยการพิสูจน์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์แม้มี

ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ

6. มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้
7. ยอมรับผลการกระทำของตนเองไม่ว่าจะเป็นผลดีหรือผลเสีย
8. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
9. แสดงออกถึงความเชื่อว่าวิทยาศาสตร์นั้นมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมที่เราอยู่
10. มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้

องค์ประกอบที่ 4 ความเปิดใจกว้าง ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 8 ตัว

1. พิจารณาแนวทางต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อสำรวจปัญหา
2. ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม

3. ยอมรับความคิดเห็นหรือวิธีการที่แปลกใหม่

4. เต็มใจที่จะเปลี่ยนแนวคิดหรือแนวปฏิบัติเมื่อได้ข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ที่

เชื่อถือดีกว่าและถูกต้องกว่า

5. ไม่ยึดมั่นในความคิดของตน ยอมรับการเปลี่ยนแปลง

6. มีความปรารถนาที่จะรับรู้ความรู้ความคิดเห็นใหม่ ๆ

7. รับฟังวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น

8. ยอมรับพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่จะหาข้อมูล

องค์ประกอบที่ 5 ความมีเหตุผล ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 12 ตัว

1. เชื่อในคุณค่าของเหตุผล

2. แสวงหาสาเหตุจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

3. ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล

4. ทำทนายให้มีการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริง

5. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล

6. ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ

กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

7. รวบรวมข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ

8. ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์

ได้แต่พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่ของเหตุผล

9. หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

10. มีความเคารพในเหตุผลซึ่งกันและกัน

11. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานสนับสนุนหนักแน่นพอ

12. ต้องการที่จะรู้ว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ นั้นเป็นอย่างไร และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

องค์ประกอบที่ 6 ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ประกอบด้วยตัวชี้วัด

จำนวน 10 ตัว

1. หลีกเลียงการสรุปและการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว

2. เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ

3. นำวิธีการหลาย ๆ วิธี มาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง

4. มีการไต่สวน ไตร่ตรอง พิสูจน์วิเคราะห์ ก่อนในการตัดสินใจสรุปหรือ

เชื่อในสิ่งต่าง ๆ

5. มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
6. มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
7. ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนการทดลอง
8. ไม่เต็มใจที่จะสรุปก่อนที่จะมีหลักฐานเพียงพอ
9. มองหาความไม่สอดคล้องกันระหว่างข้ออธิบายปลีกย่อยกับบทสรุป
10. ดำเนินการแก้ปัญหาจนถึงที่สุดหรือจนกว่าจะได้รับคำตอบ

องค์ประกอบที่ 7 ความซื่อสัตย์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 10 ตัว

1. เสนอความจริงถึงแม้ผลที่ได้แตกต่างจากผู้อื่น
2. เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง
3. บันทึกผลข้อมูลตามความจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง
4. ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง
5. แสดงกิตติกรรมประกาศในผลงานของบุคคลอื่นที่นำมาใช้หรืออ้างอิง
6. รายงานสิ่งที่สังเกตได้แม้ว่าสิ่งที่รายงานนั้นจะขัดต่อสมมติฐานของตน
7. ไม่เอาอิทธิพลความเชื่อมาให้เหนื่อการตัดสินใจใด ๆ ในทางวิทยาศาสตร์
8. สังเกตและบันทึกผลต่าง ๆ โดยปราศจากความลำเอียงหรืออคติ
9. ไม่นำสภาพสังคมหรือเศรษฐกิจและการเมืองมาเกี่ยวข้องกับการตีความหมาย
10. มีความมั่นคง หนักแน่น ต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์

องค์ประกอบที่ 8 ความรับผิดชอบ ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 10 ตัว

1. ยอมรับผลการกระทำของตนเองไม่ว่าจะเป็นผลดีหรือผลเสีย
2. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
3. เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหยาต้อสวนรวม
4. ทำงานเต็มความสามารถ
5. ไม่ทำถอยในการทำงานเมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
6. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลายาวนาน
7. ช่วยเหลือกลุ่มในการทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้
8. แสดงความเต็มใจที่จะกระทำกิจกรรมนอกเหนือจากที่กำหนดให้เรียนในชั้นเรียน
9. ใช้เหตุผลประกอบการวิพากษ์วิจารณ์
10. ริเริ่มทำกิจกรรมเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่ม

องค์ประกอบที่ 9 การมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ประกอบด้วยตัวชี้วัดจำนวน 5 ตัว

1. มีความตั้งใจที่จะพิจารณาข้อมูลโดยไม่เห็นคล้อยตามในทันที
2. กล้าคิดแตกต่างหรือตั้งข้อสงสัยในความถูกต้องของข้อมูล
3. พยายามหาข้อสนับสนุน หลักฐานหรือข้ออ้างอิง เพื่อประเมินและตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อถือ
4. สามารถแยกแยะข้อคิดเห็นออก จากข้อเท็จจริง และตัดข้อมูลที่ไมเกี่ยวข้องหรือไม่สมเหตุสมผลออกไป
5. เห็นความสำคัญของการตั้งสมมติฐาน

องค์ประกอบที่ 10 การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 11 ตัว

1. ความรู้สึกพึงพอใจ นิยมชมชอบและเห็น คุณค่าในความคิดริเริ่มแปลกใหม่
2. มีความต้องการคิดอย่างอิสระและใช้จินตนาการ
3. กล้าเสี่ยงไม่กลัวความผิดหวัง
4. ช่างประดิษฐ์คิดค้นด้วยตัวเอง
5. ประารถนาที่จะคิดเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง
6. คิดอย่างยืดหยุ่น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่ตีกรอบ
7. มีความสามารถในการประยุกต์ มีการตอบสนองที่แสดงออกถึงความคิดริเริ่ม
8. มีความสามารถในการใช้สมาธิ มีความสามารถในการพินิจพิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน
9. สนใจสิ่งต่างๆ อย่างกว้างขวาง
10. สนุกสนานเมื่อใช้ความคิด
11. ชอบซักถามและถามด้วยคำถามแปลกๆ

องค์ประกอบที่ 11 การยอมรับในข้อจำกัด ประกอบด้วยตัวชี้วัด จำนวน 6 ตัว

1. ข้อจำกัดในเรื่องวิธีการศึกษาแบบอุปนัย ซึ่งอาศัยการสรุปจากข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าข้อมูลที่มีมากพอและถูกต้อง การสรุปก็ถูกต้องและเชื่อถือได้
2. ข้อจำกัดเกี่ยวกับกับการวัด โดยยอมรับว่าในการวัดในทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ
3. ข้อจำกัดเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมต่าง ๆ เช่น ด้านความสวยงาม ความดี ความยุติธรรม ฯลฯ ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาได้
4. ข้อจำกัดเกี่ยวกับสิ่งศึกษา ศึกษาเฉพาะในสิ่งที่สมมุติข้อขึ้นมาโดยอาศัย การกำหนดสมบัติของสิ่งเหล่านั้น จึงไม่ใช่สิ่งที่เป็นจริงอย่างสมบูรณ์

5. ความรู้วิทยาศาสตร์ จำกัดตัวเองอยู่ที่ปรัชญาวิทยาศาสตร์
6. ความรู้วิทยาศาสตร์ จำกัดตัวเองอยู่ที่วิธีการศึกษาค้นคว้า

แนวทางการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527, หน้า 25) กล่าวว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ส่วนมากจะเกิดขึ้นจากการที่เด็กได้เรียนรู้เรื่องราวของวิทยาศาสตร์ และเกิดการที่เขาได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน อย่างจริงจัง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี การดำเนินการเรียนหรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 57-58) ได้กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์
2. การมอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการทดลอง ควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกันกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของ ผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบ ต่องานที่มอบหมาย
3. การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์ เพื่อเป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถ สร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี เช่น ขณะเรียนเรื่องการลำเลียงโมเลกุลมีชีวิต ในหัวข้อที่ว่าทำไมจึงต้องมีการย่อยอาหาร
4. ในขณะที่การสอน ควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษา มาใช้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์หลายๆ ด้าน หรือฝึกประสาทสัมผัสหลายๆ ทาง ได้แก่ กิจกรรมที่มี การเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่เพื่อเร้าใจให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น การให้ความเอาใจใส่ ของครูเหล่านี้จะเป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้
5. ในการทำการสอนแต่ละครั้ง พยายามสอดแทรกลักษณะเจตคติแต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหาบทเรียน และวัยของนักเรียนให้มีการพัฒนาลักษณะเจตคตินั้นๆ ด้วย

จากข้อเสนอแนะในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน จะพบว่าครูผู้สอนควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นต้อง ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่มทั้ง การปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสมของเนื้อหาและวัย

ดังนั้นสรุปได้ว่า จิตวิทยาศาสตร์หรือจิตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ คือช่วยให้บุคคล เกิดการแสวงหาความรู้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด ช่วยให้เข้าใจและสามารถปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นคนมีความสนใจใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความอดทน มุ่งมั่น การมีใจกว้างยอมรับฟัง ความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

แนวคิดเกี่ยวกับตัวชี้วัดและการพัฒนาตัวชี้วัด

ความหมายและลักษณะสำคัญของตัวชี้วัด

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2530) ได้ให้ความหมายของตัวชี้วัดไว้ว่าตัวชี้วัดเป็นสิ่งแสดงสถานะหรือชี้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไปโดยอาศัยทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งตัวชี้วัดสามารถวินิจฉัย และช่วยชี้บทบาทหน้าที่ รวมทั้งปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานขององค์ประกอบต่าง ๆ ของการจัดการศึกษาในช่วงเวลาและระดับที่ต้องการวัดหรือตรวจสอบ

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ (2539, หน้า 3) ให้ความหมายของตัวชี้วัดว่า เป็นมาตรวัด (Measurement) ที่ใช้วัดอัตราหรือระดับของผลการปฏิบัติงานหรือการดำเนินงานของหน่วยงานซึ่งหน่วยงานนั้นอาจเป็นตัวบุคคล กลุ่มบุคคล องค์กรที่เป็นส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือธุรกิจเอกชน ไม่ว่าจะอยู่ในระดับใดและมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานหรือปฏิบัติงานเป็นอย่างไร

วรรณิ์ แกมเกตุ (2540, หน้า 13) ให้ความหมายของตัวชี้วัดว่า ตัวชี้วัดเป็นสารสนเทศหรือค่าที่สังเกตได้เชิงปริมาณหรือสารสนเทศเชิงคุณภาพ ซึ่งใช้บ่งบอกสถานะของสิ่งที่มุ่งหวัง ลักษณะรวมทั้งปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงานอย่างกว้าง ๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2541) ได้สรุปความหมายของตัวชี้วัดไว้ว่า ตัวชี้วัด หมายถึง ตัวแปรประกอบหรือองค์ประกอบที่มีค่าแสดงถึงลักษณะหรือปริมาณของสภาพที่ต้องการศึกษา ณ จุดเวลาหรือช่วงเวลานึง ค่าตัวชี้วัดแสดง/ระบุ/บ่งบอกถึงสภาพที่ต้องการศึกษาเป็นองค์รวมอย่างกว้าง ๆ แต่มีความชัดเจนเพียงพอที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อประเมินสภาพที่ต้องการศึกษา และใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างจุดเวลา/ ช่วงเวลาที่ต้องการเพื่อให้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของสภาพที่ต้องการศึกษาได้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545, หน้า 82) กล่าวว่าตัวชี้วัด หมายถึง ตัวประกอบ ตัวแปรหรือค่าที่สังเกตได้ ซึ่งใช้บ่งบอกสถานการณ์หรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงานหรือผลการดำเนินงาน

เดวิส(Davies,1972) ให้ความหมายของตัวชี้วัด หมายถึงข้อความที่บ่งบอกหรือเครื่องมือที่ใช้ในการติดตามการดำเนินงานหรือสถานะของระบบ

จอห์นสโตน (Johnstone, 1981) กล่าวว่า ตัวชี้วัดหมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกปริมาณเชิงสัมพันธ์หรือสถานะของสิ่งที่มุ่งวัดในเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นจะต้องบ่งบอกสถานะที่เจาะจงแต่จะบ่งบอกหรือสะท้อนให้เห็นถึงวิธีหรือทางที่จะบรรลุวัตถุประสงค์รวมทั้งบอกถึงการบรรลุถึงวัตถุประสงค์ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

พจนานุกรมฉบับเวบสเตอร์ (Webster,1983) ให้ความหมายของตัวชี้วัด คือสิ่งที่ชี้บอกหรือชี้ให้เห็นสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้ค่อนข้างแม่นยำได้บ้างไม่มากก็น้อย

ดังนั้น ตัวชี้วัด (Indicators) หมายถึง สารสนเทศหรือค่าที่สังเกตได้เชิงปริมาณหรือเป็นสารสนเทศเชิงคุณภาพซึ่งใช้บ่งบอกสถานะของสิ่งที่มุ่งวัด หรือสะท้อนลักษณะ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคของการดำเนินงานอย่างกว้าง ๆ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

ลักษณะสำคัญของตัวชี้วัด

จอห์นสโตน (Johnstone, 1981) กล่าวไว้ว่า ลักษณะที่สำคัญของตัวชี้วัดมี 5 ประการ ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2541)

1. ตัวชี้วัดเป็นสิ่งที่บ่งบอก/กำหนดเป็นปริมาณหรือสามารถทำให้เป็นปริมาณได้มิใช่เป็นการบรรยายข้อความ ในการตีความหมายค่าตัวเลขตัวชี้วัดแต่ละวันจะต้องนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่สร้างขึ้น จึงจะสามารถบอกได้ว่าค่าตัวเลขที่ได้สูงหรือต่ำมีความหมายว่าอย่างไร และในการกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายระดับตัวเลขของตัวชี้วัดที่สร้างขึ้นต้องมีความชัดเจน

2. ค่าของตัวชี้วัดเป็นค่าชั่วคราวไม่ถาวร มีการผันแปรตามเวลาและสถานที่ นั่นคือตัวชี้วัดบอกความหมายโดยมีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่ที่กำกับ กล่าวคือ ตัวชี้วัดจะบ่งบอกความหมายเฉพาะในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และเฉพาะเขตพื้นที่หรือบริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบที่ต้องการตรวจสอบ ตัวชี้วัดอาจจะมีช่วงเวลาเป็นเดือน หรือเป็นปี ก็ได้ ตัวชี้วัดในช่วง 3 เดือน หรือช่วง 5 ปี ของจังหวัด เขต ภูมิภาค หรือประเทศใด ๆ ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดทำตัวชี้วัดนั้น ๆ

3. ตัวชี้วัดเป็นสิ่งที่บ่งบอกสถานะของสิ่งที่มุ่งวัดในลักษณะกว้าง ๆ หรือให้ภาพเชิงสรุปโดยทั่วไป มากกว่าที่จะเป็นภาพที่เฉพาะเจาะจงในรายละเอียดส่วนย่อย

4. ตัวชี้วัดแตกต่างจากตัวแปร ถึงแม้ว่าตัวชี้วัดจะให้สารสนเทศแสดงคุณลักษณะเกี่ยวกับสิ่งหรือสภาพที่ศึกษาเหมือนตัวแปรซึ่งให้ค่าที่แสดงถึงปริมาณ/ลักษณะของสิ่ง หรือปรากฏการณ์ที่นักวิจัยสนใจศึกษา แต่ตัวชี้วัดก็ไม่เหมือนตัวแปร เพราะตัวแปรจะให้สารสนเทศของสิ่งหรือสภาพที่ต้องการศึกษาเฉพาะด้านเดียว ไม่สามารถสรุปภาพโดยรวมทุกด้านได้ แต่ตัวชี้วัดเป็นการรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอเป็นภาพรวมกว้าง ๆ ของสิ่งหรือสภาพที่ต้องการศึกษา โดยความหมายนี้ ตัวชี้วัดจึงเป็นตัวแปรประกอบ (Composite Variable) หรือองค์ประกอบ (Factor) ก็ได้และไม่จำเป็นต้องมีตัวเดียว ตัวชี้วัดมีหลายตัวได้

5. ตัวชี้วัดเป็นหน่วยพื้นฐาน (Basic Units) สำหรับการพัฒนาทฤษฎี การวิจัยเพื่อพัฒนาทฤษฎีใหม่มีการดำเนินงานที่สำคัญเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร 4 ขั้นตอน คือ การบรรยายภาพปรากฏการณ์ที่ศึกษา การนิยาม ปรากฏการณ์ที่ศึกษา การนิยามเชิงปฏิบัติการของปรากฏการณ์ที่ศึกษา และการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลและการสร้างตัวแปรปรากฏการณ์ที่ศึกษา

คุณสมบัติของตัวชี้วัด

คุณสมบัติที่ดีของตัวชี้วัด ประกอบด้วย (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2539, หน้า 4-7)

1. ความเป็นกลางของตัวชี้วัด (Neutrality) หมายถึง ความไม่ลำเอียง (Bias) ของตัวบ่งชี้ที่ผลของการประเมินอาจเกิดจากกิจกรรม โครงการ หรือแผนงานที่เป็นประเภทเดียวกันแต่จัดทำโดยหน่วยงานที่แตกต่างกัน

2. ความเป็นวัตถุวิสัยของตัวชี้วัด (Objectivity) หมายถึง การตัดสินใจเกี่ยวกับค่าของตัวชี้วัด มิให้เกิดการคิดเอาเองตามความรู้สึกของผู้ประเมินหรือที่เรียกตามจิตวิสัย แต่อยู่กับสถานะที่เป็นอยู่หรือเป็นรูปแบบของคุณสมบัติที่ผู้ประเมินจะประเมิน

3. ความไวต่อความแตกต่างของตัวชี้วัด (Sensitivity) หมายถึง ความสามารถของตัวชี้วัด ที่จะวัดความแตกต่างระหว่างหน่วยวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น ในการประเมินผลโครงการที่ให้ประชาชนร่วมประเมิน เช่นเรื่องอัตราพึงพอใจ แทนที่จะให้ระบุเพียงความเข้าใจหรือไม่พอใจ ซึ่งจะมีการผันแปรแคบมาก 1 เท่านั้น ควรจะให้กลุ่มที่มีความพอใจและไม่พอใจนั้นบอกว่ามี ความพอใจไม่พอใจมากน้อยเพียงใด

4. ค่าของมาตรวัดหรือตัวชี้วัดที่ได้ควรมีความหมาย หรือตีความหมายได้อย่างสะดวก (Meaningfulness and Interpretability) กล่าวคือ ค่าของมาตรวัดความสูงสุดและต่ำสุดง่ายแก่ความเข้าใจ

5. ความถูกต้องในเนื้อหาของตัวชี้วัด ที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินการปฏิบัติงาน (Content Validity) ไม่มีปัญหาสำหรับการประเมินสิ่งที่เป็นกายภาพ แต่เป็นปัญหาค่อนข้างมากในการประเมินสิ่งที่ไม่ใช่กายภาพ เช่น การประเมินผลโครงการเกี่ยวกับพึ่งพาตนเอง (Self Reliance) อะไรคือเนื้อหาของการพึ่งพาตนเอง

6. ความถูกต้องในการสร้างตัวชี้วัด (Construct Validity) เป็นประเด็นปัญหาทันทีที่ตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงานต้องประกอบด้วยตัวแปรหลายๆ ตัวด้วยกัน ในการสร้างตัวชี้วัดหรือการนำเอาตัวแปรหลายตัวเหล่านี้มารวมกัน วิธีการรวมตัวแปรหลายตัวเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะนำมาบวกกัน หารกัน หรือคูณกัน นั้นถูกต้องหรือไม่ และดีควมได้อย่างไร

ประเภทของตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดอาจมีหลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีและเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง นงลักษณ์ วิรัชชัย (2541, หน้า 6-10) ได้เสนอประเภทของตัวบ่งชี้ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดประเภทเป็น 7 แบบดังนี้

แบบที่ 1 การจัดแยกประเภทตามทฤษฎีระบบ ซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภท คือตัวชี้วัดด้านปัจจัย ตัวชี้วัดด้านกระบวนการ และตัวชี้วัดด้านผลผลิต

แบบที่ 2 การจัดแยกประเภทตามลักษณะนิยามของตัวชี้วัด แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตัวชี้วัดอัตรานัย และตัวชี้วัดแบบปรนัย

แบบที่ 3 การจัดแยกตามวิธีการสร้าง แบ่งเป็น 3 ประเภท คือตัวชี้วัดตัวแทน ตัวชี้วัดเดี่ยว และตัวชี้วัดรวม

แบบที่ 4 การจัดแยกประเภทตามลักษณะตัวแปรที่ใช้การสร้างตัวชี้วัด ซึ่งจัดแยกได้เป็น 4 ประเภท คือ ตัวชี้วัดนามบัญญัติ ตัวชี้วัดเรียงอันดับ ตัวชี้วัดอันตรายภาค และตัวชี้วัดอัตราส่วน โดยถ้าตัวชี้วัดสร้างจากตัวแปรระดับใด ตัวชี้วัดที่ได้ก็จะมีระดับการวัดตามตัวแปรนั้นด้วย

แบบที่ 5 การจัดแยกประเภทตามลักษณะค่าของตัวชี้วัด แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ตัวชี้วัดสมบูรณ์ และตัวชี้วัดสัมพัทธ์ หรือตัวชี้วัดอัตราส่วน

แบบที่ 6 การจัดแยกประเภทตามฐานการเปรียบเทียบในการแปลความหมาย แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ตัวชี้วัดอิงกลุ่ม ตัวชี้วัดอิงเกณฑ์ และตัวชี้วัดอิงตน

แบบที่ 7 การจัดแยกประเภทตามลักษณะค่าของตัวบ่งชี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ตัวชี้วัดแสดงความหมายและตัวชี้วัดทำนาย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ตัวชี้วัดที่จำแนกประเภทตามตัวแปรที่เข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างตัวชี้วัด ซึ่งเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้มี 3 ประการคือ

1. ตัวชี้วัดตัวแทน (Representative Indicators) เป็นตัวชี้วัดที่เป็นตัวแปรเดี่ยว ซึ่งนำไปใช้บ่งบอกสภาวะของสิ่งที่มุ่งศึกษา นิยมใช้กันมากในงานวิจัย งานบริหารและงานวางแผน

2. ตัวชี้วัดเดี่ยว (Disaggregate Indicators) เป็นตัวชี้วัดที่นำข้อมูลมาแยกเป็นส่วนๆ แทนที่จะใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งอธิบายคุณลักษณะหรือมโนทัศน์หนึ่ง ๆ ตัวชี้วัดประเภทนี้ ต้องอาศัยคำนิยามของแต่ละตัวแปรเพื่ออธิบายแต่ละส่วน หรือแต่ละองค์ประกอบของระบบ ซึ่งถ้า นำไปใช้อธิบายเพียงบางส่วนก็เกิดปัญหาความไม่ถูกต้อง ดังนั้นลักษณะของตัวชี้วัดประเภทนี้ จึงไม่ช่วยอธิบายคุณลักษณะหรือระบบที่ต้องการศึกษาได้ถูกต้อง

3. ตัวชี้วัดรวม(Composite Indicators) เป็นตัวชี้วัดเกิดจากการรวมตัวแปรที่ เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มุ่งศึกษาจำนวนหนึ่งเข้าด้วยกันด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อบ่งบอกสภาวะ ของสิ่งนั้นตัวบ่งชี้ประเภทนี้สามารถอธิบายสภาวะหรือคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษาได้ดีกว่า การใช้ตัวแปรเดี่ยว

ประโยชน์ของตัวชี้วัด

จอห์นสโตน(Johnstone,1981) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของตัวชี้วัดทางการศึกษาไว้ ดังนี้

1. เป็นข้อความกำหนดนโยบาย ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในการวางแผน คือ การขาด ความชัดเจนในการกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบาย มักจะระบุในลักษณะที่กว้างมากเกินไป การนำ ตัวชี้วัดมาใช้ในข้อความกำหนดนโยบาย ช่วยให้ทราบสิ่งที่ต้องการให้บรรลุผลตามนโยบายได้ชัดเจนขึ้น

2. ติดตามผลในระบบการศึกษา การใช้ตัวชี้วัดทางการศึกษาในการติดตามผล การเปลี่ยนแปลง ตรวจสอบว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นไปในทิศทางที่ประสงค์หรือไม่ ซึ่งจะต้องมีการวัด อย่างสม่ำเสมอ จึงจะสามารถใช้ในการพัฒนาการศึกษาได้

3. พัฒนาการวิจัยเกี่ยวกับระบบการศึกษา ตัวชี้วัดมีประโยชน์ต่อการพัฒนาการวิจัย โดยเฉพาะตัวชี้วัดรวมสามารถใช้เป็นตัวแทนคุณลักษณะของสิ่งที่ศึกษาในการนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อ ศึกษาวิจัยในแง่มุมต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ได้ถูกต้องและน่าเชื่อถือกว่าการใช้ตัวแปรเดี่ยวหรือตัวแปร ย่อยแต่ละตัวซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์เท่านั้น

4. จัดกลุ่มระบบการศึกษา ตัวชี้วัดช่วยทำให้การจัดแบ่งกลุ่มในระบบการศึกษา มีความตรงและเสถียร การจัดกลุ่มใช้ชี้ให้เห็นลักษณะที่เหมือนหรือต่างกันในการศึกษา ซึ่งใช้ในการ เปรียบเทียบการศึกษาระหว่างจังหวัด ภายในประเทศหรือระหว่างประเทศซึ่งดีกว่าการใช้ตัวแปรใด ตัวแปรหนึ่งหรือใช้ตัวแปรแต่ละชนิดหลายๆตัว การสร้างตัวชี้วัดจะช่วยลดความผิดพลาดลงได้

5. มีลักษณะเป็นกลาง ตัวชี้วัดที่ใช้มีลักษณะของความเป็นกลาง ทำให้สามารถช่วยในการตัดสินใจได้ โดยที่ตัวชี้วัดมิได้มีลักษณะเอนเอียงไปทางใดทางหนึ่ง

วิธีการพัฒนาตัวชี้วัด

วิธีการพัฒนาตัวชี้วัด มีอยู่หลายวิธีและในแต่ละวิธีการส่วนใหญ่จะเน้นการพิจารณาตัดสินใจ 4 ประเด็นหลัก (Johnstone, 1981)

1. การกำหนดนิยามของตัวชี้วัด
2. การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งศึกษา
3. การกำหนดวิธีรวมตัวแปร
4. การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร

ทั้งนี้การตัดสินใจในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาตัวชี้วัดควรได้รับการพิจารณาและตรวจสอบอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ตัวชี้วัดที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับมโนทัศน์ (Concept) ของสิ่งที่มุ่งศึกษา และวัตถุประสงค์ของการนำตัวชี้วัดไปใช้ประโยชน์ (วรรณิ แกมเกตุ, 2545, หน้า 30)

1. การกำหนดนิยามของตัวชี้วัด

สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่ การนิยามเชิงทฤษฎี การนิยามเชิงประจักษ์และการนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยมีหลักการของแต่ละวิธีพอสรุปได้ดังนี้

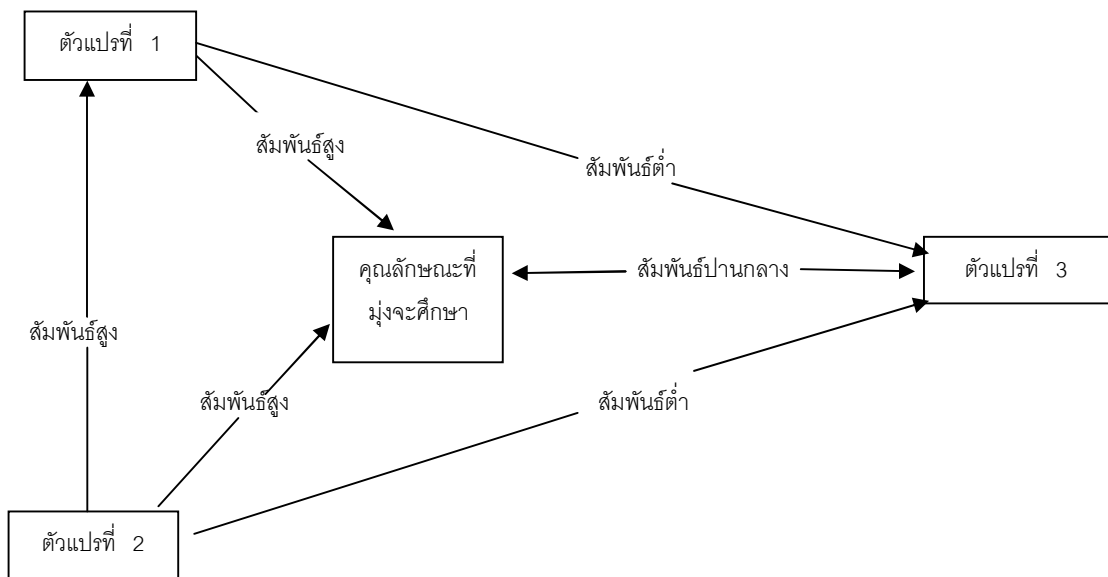
1.1 การพัฒนาตัวชี้วัดโดยอาศัยการนิยามเชิงทฤษฎี (The Theoretical Definition of an Indicators) เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้ โดยการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับภาวะหรือคุณลักษณะที่สนใจ และจัดลำดับหรือกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรเหล่านั้นโดยอาศัยหลักเหตุผลหรือพื้นฐานทางทฤษฎีเป็นหลัก เพื่อสังเคราะห์ตัวแปรขึ้นเป็นตัวชี้วัด

1.2 การพัฒนาตัวชี้วัดโดยอาศัยการนิยามเชิงประจักษ์ (The Empirical Definition of an Indicators) เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ที่นำมาวิเคราะห์แล้วจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของตัวแปรและกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรเหล่านั้น โดยใช้วิธีการทางสถิติเป็นหลัก เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การวิเคราะห์จำแนก (Discriminant Analysis) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล (Canonical Correlation Analysis) เป็นต้น

1.3 การพัฒนาตัวชี้วัดโดยอาศัยการนิยามเชิงปฏิบัติการ (The Pragmatic Definition of an Indicators) เป็นการพัฒนาตัวบ่งชี้โดยการเลือกตัวแปรจากตัวแปรที่มีอยู่จำนวนหนึ่งหรือตัวแปรที่มีอยู่จำนวนหนึ่งเข้าด้วยกัน ตามการพิจารณาตัดสินของผู้พัฒนา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเจตคติ (หรืออคติ) ส่วนตัวในการเลือกตัวแปรหนึ่งหรือคุณลักษณะหนึ่งๆ มากกว่าตัวแปรอื่นๆ วิธีการนี้ถือได้ว่าเป็นวิธีการที่มีจุดอ่อนมากกว่าวิธีการที่ 1 และ 2

2. การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มีงู่ศึกษา

การคัดเลือกตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งที่มีงู่ศึกษานั้น จะต้องนำตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมารวมกันสร้างเป็นตัวบ่งชี้ ด้วยการระบุคุณลักษณะของสิ่งที่มีงู่ศึกษาอย่างชัดเจน โดยอาศัยข้อเสนอทางทฤษฎี เอกสารต่างๆ หรือการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งควรหลีกเลี่ยงตัวแปรจำนวนมาก เพราะอาจจะทำให้มโนทัศน์ของสิ่งที่มีงู่ศึกษามีความซับซ้อน (Complex Concept) และยากในการแปลความหมาย หลังจากนั้นจึงพิจารณาคัดเลือกตัวแปรที่สามารถใช้วัดแต่ละคุณลักษณะที่มีงู่ศึกษา โดยเลือกตัวแปรให้ครอบคลุมแต่ละคุณลักษณะ ในขั้นนี้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรหลายตัวที่มีงู่วัดคุณลักษณะเดียวกันและตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดมาก เพื่อให้ตัวชี้วัดที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะของสิ่งที่มีงู่ศึกษามากที่สุด โดยทั่วไปถ้าตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมีความสัมพันธ์กันสูงจะไม่นิยมใช้ตัวแปรเหล่านั้นทั้งหมด เพราะผลที่ได้ อาจจะมีการคลาดเคลื่อน อีกทั้งยังไม่เป็นการประหยัดด้วย แต่จะคัดเลือกตัวแปรที่ไม่มีปัญหาด้านความคลาดเคลื่อนในการวัดไว้เพียงตัวเดียวและหาตัวแปรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ภายในตัว แต่มีแนวโน้มว่า สามารถอธิบายสภาพการณ์หรือคุณลักษณะที่มีงู่ศึกษาได้ในระดับสูง



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ภายในระหว่าง 3 ตัวแปร กับคุณลักษณะที่มีงู่ศึกษา

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่ 1 และตัวแปรที่ 2 มีแนวโน้มว่ามีความสัมพันธ์กันสูงกับคุณลักษณะที่มีงู่ศึกษา ในขณะที่ตัวแปรทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันเองหรือ ที่เรียกว่า ความสัมพันธ์ภายในอยู่ในระดับสูง เนื่องจากตัวแปรทั้งสองอาจจะวัดลักษณะที่คล้ายคลึงกันจึงไม่

ควรคัดเลือกตัวแปรทั้งคู่ไว้เพื่อสร้างตัวชี้วัด ส่วนตัวแปรที่ 3 มีความสัมพันธ์ภายในกับตัวแปรที่ 1 และตัวแปรที่ 2 ในระดับต่ำ แต่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะที่มุ่งศึกษาในระดับปานกลาง จากกรณีดังกล่าว ควรเลือกตัวแปรที่ 1 หรือตัวแปรที่ 2 ตัวใดตัวหนึ่งร่วมกับตัวแปรที่ 3

สรุปได้ว่า การคัดเลือกตัวแปรโดยอาศัยข้อเสนอทางทฤษฎี เอกสารต่างๆ หรือ การลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญนั้น การคัดเลือกตัวแปรควรให้ครอบคลุมแต่ละคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งศึกษา ซึ่งควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรจำนวนมาก ที่มุ่งวัดคุณลักษณะเดียวกันและตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดมาก เพราะอาจจะทำให้มิติของสิ่งที่มุ่งศึกษามีความซับซ้อน (Complex Concept) และยากในการแปลความหมาย

3. การกำหนดวิธีรวมตัวแปร

วิธีการรวมตัวแปรองค์ประกอบเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปมักจะใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ การรวมทางพีชคณิต (Additive) และการรวมแบบทวีคูณ (Multiplicative) ซึ่งการรวมทั้ง 2 วิธีนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นแตกต่างกัน ดังนี้ (Johnstone, 1981)

3.1 การรวมทางพีชคณิต (Additive) มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ความสำคัญของแต่ละตัวแปรสามารถชดเชยหรือทดแทนกันได้ กล่าวคือ ถ้าตัวแปร V_1 มีค่าต่ำก็สามารถชดเชยได้ด้วยค่าของ V_2 ที่สูง เป็นผลให้ค่าตัวชี้วัด (I) ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น กรณีที่ $1 V_1 = 20, V_2 = 20$ จะมีผลเท่ากับกรณีที่ 2 เมื่อ $V_1 = 5, V_2 = 35$ ดังนั้นที่สร้างขึ้นจากการรวมตัวแปรองค์ประกอบ V_1 และ V_2 เป็นดังสมการ

$$I = V_1 + V_2$$

เมื่อ $I =$ ตัวชี้วัด

$$V_1 = \text{ค่าของตัวแปรที่ } 1$$

$$V_2 = \text{ค่าของตัวแปรที่ } 2$$

การรวมตัวแปรองค์ประกอบด้วยวิธีการทางพีชคณิตนี้มักจะมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไปว่าในเรื่องที่มุ่งศึกษานั้นมีความแตกต่างกันกี่หน่วย

3.2 การรวมแบบทวีคูณ (Multiplicative) มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรหนึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของอีกตัวแปรหนึ่ง ไม่อาจชดเชยหรือทดแทนกันได้ กล่าวคือ ตัวชี้วัดที่พัฒนาขึ้นจะมีค่าสูงได้ก็ต่อเมื่อ ตัวแปรองค์ประกอบทุกตัวมีค่าสูงทั้งหมด และตัวแปรองค์ประกอบแต่ละตัวจะต้องเสริมซึ่งกันและกัน จึงจะส่งผลต่อค่าตัวชี้วัด เช่น ตัวชี้วัดในกรณีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 400 ซึ่งได้มาจาก 20×20 ส่วนกรณีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 175 ซึ่งได้มาจาก 5×35 แสดงว่าค่า V_1 ซึ่งมีค่าต่ำในกรณีที่ 2 ไม่สามารถชดเชยด้วยค่า V_2 ได้สมการการรวมแบบทวีคูณของตัวแปร V_1 และ V_2 เป็นดังนี้

$$I = V_1 \cdot V_2$$

การรวมตัวแปรองค์ประกอบด้วยวิธีการรวมแบบทวิคูณนี้ มักจะใช้เมื่อต้องการเปรียบเทียบระบบตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป ว่าระบบหนึ่งมีค่าดัชนีสูงกว่าอีกระบบหนึ่งอยู่ที่เท่าหรือคิดเป็นร้อยละเท่าไร

เมื่อสังเคราะห์ดัชนีด้วยการรวมตัวแปรองค์ประกอบมักจะนิยมเสนอค่าดัชนีนี้ด้วยค่ามัชฌิมเลขคณิตของตัวแปรองค์ประกอบ ดังสมการ

$$I = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n}$$

เมื่อ n คือจำนวนตัวแปร

ในกรณีที่ตัวแปรมีค่าน้ำหนักต่างกัน

$$I = \frac{W_1V_1 + W_2V_2 + W_3V_3 + \dots + W_nV_n}{n}$$

เมื่อ W คือค่าน้ำหนักรวมของตัวแปร n ตัว

เมื่อสังเคราะห์ดัชนีขึ้นด้วยการคูณตัวแปรองค์ประกอบเข้าด้วยกันก็มักจะแสดงดัชนีในรูปมัชฌิมเรขาคณิตของตัวแปรองค์ประกอบ ดังสมการ

$$I = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n)^{1/n}$$

ในกรณีที่ตัวแปรมีค่าน้ำหนักต่างกัน

$$I = (V_1^{W_1} + V_2^{W_2} + V_3^{W_3} + \dots + V_n^{W_n})^{1/n}$$

การคำนวณค่าต่างๆ ในการหามัชฌิมเรขาคณิตจะใช้วิธีการหาค่าLogarithm มาช่วยในการคิดคำนวณ

การสังเคราะห์ดัชนีขึ้น โดยอาศัยการคำนวณค่าของคะแนนมาตรฐานก่อนจึงนำเอาคะแนนมาตรฐานที่ได้มาถ่วงน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อสร้างเป็นดัชนีรวม ดังสมการ

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{SD}$$

เมื่อ Z = คือ คะแนนมาตรฐานของตัวแปร

X = คือ คะแนนของตัวแปรแต่ละตัว

\bar{X} = คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวแปร

SD = คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สมการของดัชนีที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นดังนี้

$$I = W_1Z_1 + W_2Z_2 + W_3Z_3 + \dots + W_nZ_n$$

เมื่อ $I =$ ดัชนีรวมของตัวแปร n ตัว

$W_n =$ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรที่ n เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

$Z_n =$ คะแนนมาตรฐานของตัวแปรที่ n เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

4. การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร

การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรสามารถทำได้ 2 วิธี คือกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรให้เท่ากัน (Equal Weight) และให้ต่างกัน (Differential Weight) สำหรับการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรให้ต่างกันนั้น อาจใช้วิธีการพิจารณาตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) วิธีวัดความสำคัญของตัวแปร โดยพิจารณาจากเวลา (Time Taken) หรือค่าใช้จ่าย (Cost) ของการกระทำกิจกรรมใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้นหรือวิธีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical Data) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติก็ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 วิธีการพิจารณาตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Judgment) เป็นการพิจารณาถึงความเห็นในหมู่ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่ต้องการศึกษานั้นๆ ซึ่งอาจจะเป็นนักวิจัยหรือนักวางแผนที่เกี่ยวข้องโดยให้สมาชิกแต่ละคนเสนอค่าน้ำหนักของตัวแปรแล้วจึงพิจารณาค่าเฉลี่ยหรือการอภิปรายลงความเห็น หรืออาจใช้แบบสอบถามเพื่อหาค่าร้อยละที่ผู้ตอบเห็นด้วยกับน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรที่ระบุ นอกจากนี้อาจใช้วิธีการที่เป็นระบบมากขึ้น เช่น การใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) เพื่อสำรวจหาฉันทมติจากผู้เชี่ยวชาญโดยไม่ต้องเผชิญหน้ากัน แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้หาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปรต่อไป

4.2 วิธีวัดความสำคัญของตัวแปร (Measure Effort required) โดยพิจารณาจากเวลา (Time Taken) หรือค่าใช้จ่าย (cost) ของการกระทำกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้น วิธีการนี้สมมุติว่า ถ้าเวลาหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการกระทำบางสิ่งบางอย่างสำหรับตัวแปรหนึ่งมากกว่าอีกตัวแปรหนึ่ง ตัวแปรนั้นควรจะมีย่าน้ำหนักความสำคัญมากกว่า (หรือน้อยกว่า) อีกตัวแปรหนึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของสิ่งที่ต้องการศึกษานั้นๆ

4.3 วิธีการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical Data) เป็นการใช่วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัวแปร โดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การวิเคราะห์จำแนก (Discriminant Analysis) หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล (Canonical Correlation Analysis) เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป วิธีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร ไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวว่าควรใช้วิธีการตัวใดจึงจะมีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการที่ต้องพิจารณาถึง เช่น ธรรมชาติของตัวแปรที่จะนำมาใช้พิจารณาตัวชี้วัด รวมทั้งธรรมชาติของตัวชี้วัด ที่จะพัฒนาขึ้น ตลอดจนการนำตัวชี้วัดที่พัฒนาขึ้นนั้นไปใช้ประโยชน์ต่อไปในทางปฏิบัติ มักใช้ทั้งหลักการเชิงทฤษฎี และการวิเคราะห์ข้อมูลควบคู่กันไป กล่าวคือ ในขั้นตอนการวางแผนรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาตัวชี้วัด ใช้หลักการเชิงทฤษฎีในการระบุคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งการศึกษาและคัดเลือกตัวแปรที่สามารถใช้วัดแต่ละคุณลักษณะ เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจึงอาศัยหลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร

การตรวจสอบคุณภาพของตัวชี้วัด

กระบวนการพัฒนาตัวชี้วัด สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งคือ การตรวจสอบคุณภาพของตัวชี้วัด ความเที่ยง ความตรง ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ ความเหมาะสม และ ความเชื่อถือได้ โดยทั่วไปประกอบด้วยหลักการกว้าง ๆ 2 อย่าง คือ การตรวจสอบคุณภาพภายใต้กรอบแนวคิดทางทฤษฎี และการตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ เป็นเพียงหลักฐานหรือข้อมูลทางประจักษ์ที่สนับสนุนคุณภาพของตัวชี้วัดอยู่ที่กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีของผู้ที่พัฒนาเป็นสำคัญ เพราะว่าถ้าหากกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีขาดคุณภาพแล้ว เทคนิควิธีการทางสถิติก็ไม่สามารถทำให้การพัฒนามีคุณภาพขึ้นมาได้จากหลักการพัฒนาดังกล่าว สามารถดำเนินการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของตัวชี้วัดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องตัวแปรและการคัดเลือกตัวแปร ผู้พัฒนาตัวชี้วัดจะต้องมีกรอบแนวคิดในเชิงทฤษฎีที่ชัดเจน และมีคุณภาพ มีนิยามเชิงปฏิบัติการที่ถูกต้องรัดกุม สอดคล้องกับเป้าหมายในการนำตัวชี้วัดไปใช้ประโยชน์ รวมไปถึงลักษณะ ประเภท ระดับการวัด กรอบแนวคิดในการเลือกตัวแปร และการสร้างโมเดล หรือการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งสิ่งเหล่านี้ ล้วนแต่จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีคุณภาพและได้ตัวชี้วัดที่มีความตรงภายในมากขึ้น โดยมีแหล่งอิทธิพลอย่างน้อย 3 แหล่งที่จะทำให้ความหมายตรงภายในลดลงหากการดำเนินการขาดการตรวจสอบหรือระมัดระวังได้แก่

- 1.1 ความครอบคลุมในการวัดตัวแปร การวัดตัวแปรเพียงบางส่วน ซึ่งไม่ครอบคลุมมิติต่างๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา อาจเกิดจากการนิยามเชิงปฏิบัติการไม่รัดกุมเพียงพอ หรือเครื่องมือวัดไม่สามารถวัดสิ่งที่นิยามไว้ได้

1.2 ความหมายของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของเวลาหรือระบบของแต่ละสังคม

1.3 ความเป็นตัวแทนของตัวแปร กล่าวคือ นิยามของตัวแปรที่ใช้ไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา

นอกจากนี้ยังมีประเด็นสำคัญที่ต้องตรวจสอบเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการวัดและให้ได้ข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้ เช่น ความสอดคล้องระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติที่กำหนดไว้กับการนิยามเชิงปฏิบัติการไปใช้ในการวัดตัวแปร กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือและคุณภาพของเครื่องมือ และกระบวนการจัดทำข้อมูล รวมไปถึงการพิจารณาความเป็นอิสระของมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่อาจจะมีตัวแปรบางตัวร่วมกันอยู่เพื่อให้ได้ตัวชี้วัดที่มีความหมายตรงมากขึ้น

2. การตรวจสอบคุณภาพในเรื่องการรวมตัวแปร เนื่องจากวิธีการในการรวมหรือสังเคราะห์ตัวแปรที่มีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีเงื่อนไขและความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน การศึกษาและพิจารณารายละเอียดเหล่านี้ เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ตัวชี้วัดที่ได้มีคุณภาพสอดคล้องกับเป้าหมายในการนำไปใช้มากขึ้น

3. การตรวจสอบคุณภาพ ในการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร แม้ว่าอาจจะไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัว แต่การเลือกวิธีที่เหมาะสมกับธรรมชาติของตัวแปรและเป้าหมายในการนำไปใช้ประโยชน์ เป็นประเด็นที่จะต้องพิจารณาตรวจสอบ

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวชี้วัด

ความตรงเชิงโครงสร้างเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือรวบรวมข้อมูล หรือแบบวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามทฤษฎีหรือแนวความคิดของเรื่องนั้นๆ คำว่า โครงสร้าง มีความหมายเชิงนามธรรมที่ใช้อธิบายตัวแปรที่ศึกษาและเขียนไว้ในรูปของข้อสันนิษฐานหรือสมมติฐานที่สามารถอธิบายและค้นหาข้อเท็จจริงมาสนับสนุนได้ สิ่งสำคัญของการพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้าง คือ การกำหนดโครงสร้าง ซึ่งจะต้องมีกรอบความคิด มีแนวทฤษฎีและข้อมูลเชิงประจักษ์สนับสนุน จะต้องกำหนดให้ละเอียด ชัดเจน และสามารถวัดได้ ฉะนั้นเมื่อสร้างเครื่องมือหรือแบบวัดขึ้นโดยให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกรอบความคิดหรือทฤษฎีตามโครงสร้างที่กำหนด เครื่องมือแบบนั้นก็จะมีความตรงเชิงโครงสร้าง

ในการพัฒนาตัวชี้วัด สิ่งที่ควรพิจารณา คือ การตรวจสอบว่าโมเดลตัวชี้วัดที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้างหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลตัวชี้วัดเป็นวิธีการนำเอาข้อมูลเชิงประจักษ์มาสนับสนุนสมมติฐานหรือโครงสร้างตามทฤษฎีที่ต้องการทดสอบโดยนิยามคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาตามแนวคิดเชิงทฤษฎีให้อยู่ในรูปของ

ตัวชี้วัด หรือพฤติกรรมที่สามารถวัดได้แล้วนำผลการวัดจากข้อมูลเชิงประจักษ์มาตรวจสอบว่าสอดคล้องตามลักษณะที่กำหนดไว้หรือไม่ วิธีการตรวจสอบความตรงเนื้อหาเชิงโครงสร้างอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542, หน้า 195)

1. การตรวจสอบเชิงเหตุผล เป็นการตรวจสอบของข้อคำถามว่าสอดคล้อง หรือตรงตามกรอบความคิด หรือทฤษฎีที่ใช้กำหนดเป็นโครงสร้างในการวัดหรือไม่

2. การตรวจสอบความสอดคล้องภายใน วิธีนี้เป็นการตรวจสอบว่าข้อคำถามทั้งหมดนั้นใช้วัดในทฤษฎีหรือโครงสร้างเดียวกันหรือไม่ การตรวจสอบทำได้ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมของแบบวัดทั้งหมด หรือจะใช้วิธีหาสหสัมพันธ์แบบ Biserial ระหว่างกลุ่มที่ได้คะแนนสูงกับคะแนนต่ำก็ได้ ข้อคำถามใดมีค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถือว่ามีความตรงเชิงโครงสร้าง

3. การตรวจสอบหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่มีโครงสร้างเหมือนกัน วิธีนี้จะทำด้วยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือคะแนนจากแบบวัดที่เรากับแบบวัดของคนอื่นที่วัดในทฤษฎีหรือโครงสร้างเดียวกัน ซึ่งสร้างและพิสูจน์ไว้ก่อนแล้วว่ามีตรงตามโครงสร้าง ถ้าแบบวัดของเรามีสหสัมพันธ์กับของขาสูง ก็แสดงว่า แบบวัดที่เราสร้างขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง

4. การตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) วิธีนี้เป็นวิธีการทางสถิติสำหรับตรวจหาคุณสมบัติทางจิตวิทยา ด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อเพื่อระบุลักษณะร่วมของข้อคำถามเหล่านั้นว่า ข้อคำถามทั้งหมดที่วัดนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบอะไรบ้าง ตรงตามทฤษฎีหรือข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่

5. การตรวจด้วยการเทียบกับกลุ่มที่รู้ (Known Group) วิธีการนี้เป็นการนำแบบวัดที่สร้างขึ้นไปใช้กับกลุ่มที่ทราบคุณลักษณะทางจิตวิทยา ตามที่ต้องการวัดแล้วภูกยใช้ 2 กลุ่มที่มีลักษณะตรงกันข้ามกัน แล้วนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน ถ้าพบว่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบวัดที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง

6. การตรวจสอบโดยใช้เมตริกซ์ลักษณะหลากหลาย-วิธีหลาย (Multitrait Multimethod Matrix = MTMM) เครื่องมือที่จะตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะต้องมีการวัดหลากหลายลักษณะและหลายวิธี โดยการตรวจสอบความตรงเชิงลู่เข้า (Convergent Validity) กับความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity)

สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้เลือกใช้วิเคราะห์องค์ประกอบในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้เพื่อระบุลักษณะร่วมของลักษณะของสิ่งที่ต้องการศึกษาว่าตัวชี้วัดที่วัดนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบอะไรบ้าง และนอกจากนี้การวิเคราะห์องค์ประกอบยังสามารถทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ หรือตรวจสอบว่ามีโครงสร้างตามนิยามทางทฤษฎีหรือไม่ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) และการวิเคราะห์เชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวชี้วัด

เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ชุดหนึ่งว่าเกิดจากตัวแปรแฝงหรือคุณลักษณะแฝงที่เป็นองค์ประกอบร่วมอย่างไร การวิเคราะห์องค์ประกอบทำได้ 2 แบบ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ ภายใต้ข้อสันนิษฐานว่าองค์ประกอบร่วมที่เชื่อว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้ ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ต้องมีสมมติฐานภายใต้กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีว่ามีองค์ประกอบใดบ้างที่ส่งผลต่ออิทธิพลตัวแปรสังเกตได้ เพื่อทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกำหนดโมเดลองค์ประกอบ

เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีจุดประสงค์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ดังนี้

1. เพื่อสำรวจระบุองค์ประกอบร่วมที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้
2. เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับแบบแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลภายใต้กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี
3. เพื่อสร้างตัวแปรใหม่

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนเหมือนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ คือ การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น (Extraction of the Initial Factor) การหมุนแกน (Rotation) ขั้นสุดท้ายเป็นการสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ (Component Variable or Factor Scale)

การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ต้องเตรียมข้อมูลเมทริกซ์สหสัมพันธ์หรือเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม เมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์องค์ประกอบมี 2 ประเภท คือ แบบอาร์ (R-Tape) และแบบคิว (Q-Tape) ซึ่งโดยปกติการวิเคราะห์ในงานวิจัยทั่วไปใช้ข้อมูลที่เป็นเมทริกซ์สหสัมพันธ์แบบอาร์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 128) คือเมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ โดยเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่เตรียมไว้ใน การวิเคราะห์องค์ประกอบนั้น ควรมีค่าสหสัมพันธ์แตกต่างจากศูนย์

ก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูลนักวิจัยต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลและระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล มีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

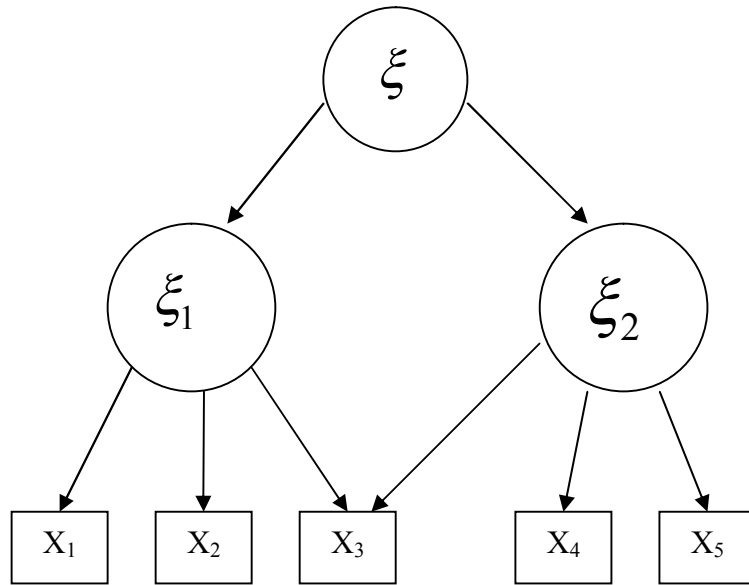
การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ที่สร้างขึ้นต้องมีทฤษฎีและหลักฐานการวิจัยเป็นเครื่องสนับสนุน

เมื่อได้โมเดล CFA แล้วจึงนำโมเดลมากำหนดข้อมูลจำเพาะเพื่อใส่เป็นข้อมูลให้โปรแกรมลิสเรลทำงาน ข้อมูลจำเพาะต้องมีกำหนดตามโมเดลดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 151-154)

1. จำนวนองค์ประกอบร่วม
2. ค่าของความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วม ระหว่างองค์ประกอบร่วมหรือค่าของสมาชิกในเมทริกซ์ PH ของโปรแกรมลิสเรล ถ้าต้องการองค์ประกอบที่เป็นอิสระต่อกัน ค่าความแปรปรวนระหว่างองค์ประกอบต้องเป็นศูนย์ ถ้าต้องการองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน (มีการหมุนแบบมุมแหลม) ต้องกำหนดค่าสมาชิกระหว่างองค์ประกอบคู่หนึ่งในเมทริกซ์ PH ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระให้โปรแกรมลิสเรลทำการประมาณค่า
3. เส้นทางการแสดงผลระหว่างองค์ประกอบร่วม ξ และตัวแปรสังเกตได้ X หรือค่าสมาชิกในเมทริกซ์ LX (เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ถดถอยของ X บน ξ) ของโปรแกรมลิสเรล โมเดล CFA มีการกำหนด ค่าตัวแปร X_1, X_2, X_3 ได้รับความอิทธิพลจากตัวประกอบร่วม ξ บน X_1, X_2, X_3 ต้อง

กำหนดเป็นพารามิเตอร์อิสระ ส่วนตัวแปร X_4, X_5 ไม่ได้รับอิทธิพลจากตัวประกอบร่วม ξ จะมีค่าพารามิเตอร์กำหนดเป็นศูนย์ หรือเรียกว่า พารามิเตอร์คงที่



ภาพที่ 2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง

4. ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้ X หรือค่าเมทริกซ์ TD ของโปรแกรมลิสเรล ซึ่งเทคนิค CFA ยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนคู่หนึ่งเป็นพารามิเตอร์อิสระ

การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลCFAจะช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าให้น้อยลง ทำให้โปรแกรมลิสเรลสามารถแก้สมการหาค่าตัวไม่ทราบค่าได้เป็นค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ต้องการได้

การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลCFA

การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลมีความสำคัญต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลลิสเรล ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์จะทำได้ต่อเมื่อโมเดลระบุความเป็นได้ค่าเดียวพอดี สำหรับการวิเคราะห์CFAการกำหนดเงื่อนไขบังคับขึ้นอยู่กับความแตกต่างกันตามโมเดล ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขบังคับ(Constraints) ในการวิเคราะห์ด้วยCFAทำได้สองแบบคือ(นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า153-154)

1. การตั้งเงื่อนไขให้พารามิเตอร์เป็นพารามิเตอร์กำหนด
2. การตั้งเงื่อนไขให้เป็นพารามิเตอร์เท่ากัน

เงื่อนไขบังคับทำให้จำนวนพารามิเตอร์อิสระลดลงเพราะโมเดลมีโอกาสระบุได้พอดีมากขึ้น

ในการตรวจสอบว่าโมเดลCFAระบุได้ค่าเดียวหรือไม่ สามารถตรวจสอบตามเงื่อนไข ดังนี้คือ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า153-154)

1. เงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดี โมเดลอิสระจะเป็นโมเดลระบุได้พอดีต้องมีเงื่อนไขจำเป็นที่เรียกว่า กฎที(T-Rule) ซึ่งมีความหมายว่า จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง เขียนแทนด้วย

$$t \leq (NX) (NX+1)/2$$

เมื่อ t เป็นจำนวนพารามิเตอร์ไม่ทราบค่า

NX เป็นจำนวนตัวแปรสังเกตได้

สำหรับเงื่อนไขกำหนดในการตรวจสอบระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลCFAนั้น คิม และมุลเลอร์(Kim & Mueller, 1978, pp.49-50) ได้เสนอไว้ 2 แบบซึ่งให้ผลเหมือนกันคือ

1.1 การตรวจจากค่าลำดับชั้น(Rank) ของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่เป็นข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์CFAเงื่อนไขจำเป็นคือค่าลำดับชั้นของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ซึ่งมีค่าการร่วมเป็นสมาชิกในแนวทแยงต้องเท่ากับจำนวนองค์ประกอบ

1.2 การตรวจนับค่าองศาอิสระ(Degree of Freedom) ในการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลCFA กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยเงื่อนไขจำเป็นคือ องศาอิสระที่คำนวณจากสูตร $(NX-NK)^2-(NX+NK)/2$ ต้องมีค่าเป็นบวก สูตรนี้คำนวณจากเงื่อนไขบังคับที่ต้องมี ซึ่งเงื่อนไขบังคับนี้เท่ากับจำนวนค่าสหสัมพันธ์ลบด้วยจำนวนพารามิเตอร์อิสระ ถ้าองค์ประกอบเป็นอิสระต่อกัน เมทริกซ์สหสัมพันธ์PH จะมีค่าสหสัมพันธ์นอกแนวทแยงเป็นศูนย์ และในแนวทแยงเป็นหนึ่งทั้งหมด จำนวนพารามิเตอร์อิสระลดลงเท่ากับ $(NK) (NK-1)/2$ จากจำนวนพารามิเตอร์อิสระในเมทริกซ์LX ซึ่งมีจำนวน $(NK) (NK)$ ดังนั้นจำนวนเงื่อนไขบังคับที่ต้องการจึงเท่ากับผลต่างระหว่างจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์สหสัมพันธ์ $[(NK)(NX+1/2)]$ กับจำนวนพารามิเตอร์อิสระ $[(NK-NX)-(NK)(NK-1)/2]$ แสดงดังสูตรข้างต้น

การตรวจสอบการระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวตามเงื่อนไขจำเป็นโดยการนับค่าองศาอิสระทำได้ง่ายกว่า

2. เงื่อนไขพอเพียงของการระบุได้พอดี เงื่อนไขพอเพียงของการระบุความเป็นไปได้ ค่าเดียวสำหรับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ได้แก่ กฎสามตัวบ่งชี้(Three Indicator Rule) ของโบลเลน(Bollen, 1989, p.247) ประกอบด้วย

2.1 สมาชิกในเมทริกซ์LX ต้องมีค่าไม่เท่ากับศูนย์อย่างน้อยหนึ่งตัวในแต่ละแถว

2.2 องค์ประกอบในแต่ละองค์ประกอบจะต้องมีตัวบ่งชี้หรือตัวแปรสังเกตได้ อย่างน้อยสามตัว

2.3 เมทริกซ์TDต้องเป็นเมทริกซ์แนวทแยง

3. เงื่อนไขจำเป็นและพอเพียงของการระบุได้พอดี เงื่อนไขนี้เป็นการแสดงการแก้สมการว่า โครงสร้างพารามิเตอร์แต่ละค่าจะได้จากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วม ของประชากร การตรวจสอบเงื่อนไขนี้ทำได้ยาก อย่างไรก็ตาม โจเรสกอกและ ซอร์บอม(Joreskog&Sorbom, 1989, p.22 อ้างใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า47) ได้พัฒนาโปรแกรมลิสเรลให้คำนวณเมทริกซ์ สารสนเทศ(Information Matrix) สำหรับพารามิเตอร์ถ้าเมทริกซ์สารสนเทศเป็นบวกแน่นอน(Positive Definite) แสดงว่าโมเดลระบุได้พอดี กรณีสารสนเทศไม่เป็นบวกแน่นอน(Non-Positive Definite) โปรแกรม ลิสเรลจะรายงานให้ผู้ตรวจสอบหรือปรับพารามิเตอร์กำหนดเงื่อนไขบังคับเพิ่มขึ้นเพื่อให้โมเดลระบุ ได้พอดี

การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล(Parameter Estimation From The Model)

จุดมุ่งหมายของการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือการหาค่าพารามิเตอร์ที่จะทำให้ เมทริกซ์ S และSigma (\sum) มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งในที่นี้ S แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างและsigma แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมที่สร้างจากพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐาน ถ้าหากเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าโมเดลที่เป็นสมมติฐานมีความกลมกลืนกับโมเดล ที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538, หน้า39-41)

การกำหนดเงื่อนไขให้เมทริกซ์ S และ sigma มีค่าใกล้เคียงกันนั้นใช้วิธีการสร้างฟังก์ชัน ความกลมกลืน(Fit or Fitting Function) เป็นตัวเกณฑ์ในการตรวจสอบและหากจะทำได้ ค่าประมาณที่มีความคงเส้นคงวา(Consistency) ลักษณะของฟังก์ชันต้องมีลักษณะรวม 4 ประการดังนี้

1. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องเป็นสเกลลาร์(Sealar) หรือเป็นเลขจำนวน

2. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

3. ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 เมื่อเมทริกซ์Sigma(\sum) และ S มีค่าเท่ากัน

4. ฟังก์ชันความกลมกลืนเป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง(Continuous Function)

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมลิสม์มีทั้งสิ้น 7 วิธีในจำนวนนี้เป็น การประมาณค่าฟังก์ชันความกลมกลืน 5 แบบ ผลจากการประเมินค่าที่ได้มีคุณสมบัติแตกต่างกัน มีรายละเอียดการประมาณค่าฟังก์ชันความกลมกลืนทั้ง 5 แบบ ดังนี้

1. วิธีการกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก(Unweighted Least Squares=ULS) เมื่อดูฟังก์ชันความกลมกลืนในวิธี ULS จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares=OLS) ในวิธี OLS การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้เงื่อนไขให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ค่าน้อยที่สุดโดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนคือผลต่างระหว่างความแปรปรวนที่คำนวณได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับค่าความแปรปรวนที่พยากรณ์จากค่าประมาณของพารามิเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี ULS มีคุณสมบัติที่มีค่าประมาณที่มีความคงเส้นคงวา (Consistency) แต่ไม่มีประสิทธิภาพ(Efficiency) กล่าวคือความแปรปรวนของค่าประมาณที่ได้จะไม่ใช่ว่าค่าน้อยสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีอื่น ข้อดีอีกประการหนึ่งคือค่าพารามิเตอร์ที่ได้ขาดคุณสมบัติของความเป็นอิสระจากมาตราวัด(Scale Free) คือเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยวัด หากโมเดลลิสม์มีตัวแปรที่มีหน่วยการวัดต่างกันจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์ วิธีแก้คือต้องใช้เมทริกซ์สหพันธ์แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมหรือใช้คะแนนมาตรฐาน ข้อเด่นของวิธีการนี้คือความง่ายและความสะดวกในวิธีการประมาณค่าและเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงแตกต่างไปจากการแจกแจงแบบปกติพหุนาม(Multivariate Normal Distribution)(เนงลักษณ์, 2538)

2. วิธีการกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป(Generalized Least Squares=GLS)ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนของตัวแปรตามไม่เท่ากันทุกค่าของตัวแปรต้น(Heteroscedasticity) หรือมีความสัมพันธ์กันระหว่างความคลาดเคลื่อน(Autocorrelation) จะต้องใช้วิธีการประมาณค่าแบบ GLS ซึ่งเป็นการถ่วงน้ำหนักค่าสังเกตเพื่อปรับแก้ความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี GLS จะมีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากมาตราวัดหรือไม่มีหน่วย

3. วิธีความควรจะเป็นสูงสุด(Maximum Likelihood=ML) เป็นวิธีที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลลิสม์ที่แพร่หลายมากที่สุดค่าที่ได้จะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิธี GLS คือมีความคงเส้นคงวามีประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากมาตราวัด การแจกแจงของกลุ่มค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี ML เป็นแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าประมาณขึ้นอยู่กับขนาดของค่าพารามิเตอร์

4. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Square=WLS) นับเป็นวิธีประมาณค่าที่ครอบคลุมวิธีที่กล่าวมาทั้งหมด ลักษณะการประมาณค่าจะไม่ใช้เมทริกซ์เต็มรูปแบบ แต่จะใช้เฉพาะสมาชิกในแนวทแยงและได้แนวทแยงโดยถ่วงน้ำหนักด้วยอินเวอร์สของเมทริกซ์ W มีตัวแปรสังเกตมากเกินไปก็ทำให้คอมพิวเตอร์ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นและวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับเมทริกซ์ที่มีการตัดข้อมูลสูญหาย (Missing) แบบตัดเฉพาะคู่ที่ขาด (Pairwise) ส่วนคุณสมบัติของพารามิเตอร์เหมือน ML

5. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักบนแนวทแยง (Diagonally Weighted Least Squares =DWLS) การประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้พัฒนามาจากวิธี WLS โดยพยายามลดเวลาคอมพิวเตอร์ในการกฎคำนวณคือ แทนที่จะคำนวณจากสมาชิกในเมทริกซ์ก็คำนวณเฉพาะสมาชิกในแนวทแยงเมทริกซ์ ผลที่ได้ทำให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ไม่มีประสิทธิภาพแต่จะมีประโยชน์เพราะค่าประมาณที่ได้จะอยู่ระหว่างค่าที่ได้จากวิธี ULS และ W

6. วิธีตัวแปรที่ใช้เป็นเครื่องมือ (Instrumental Variable:IV) การประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้เป็นการประมาณตั้งต้นสำหรับการประเมินค่าพารามิเตอร์วิธีอื่นๆ หลักการ คือ การกำหนดตัวแปรอ้างอิง (Reference Variable) สำหรับตัวแปรแฝงในโมเดล โปรแกรมลิสเรลจะกำหนดให้โดยอัตโนมัติ จากค่าตัวแปรสังเกตได้ที่กำหนดให้พารามิเตอร์ในเมทริกซ์ LX และ LY มีค่าเป็น 1 จากนั้นโปรแกรมลิสเรลจะนำตัวแปรอ้างอิงและตัวแปรสังเกตได้มาคำนวณหาค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่าประมาณที่คำนวณได้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะความแปรปรวนของค่าประมาณไม่ได้ต่ำที่สุด แต่มีความคงเส้นคงวา และโปรแกรมลิสเรลไม่สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับค่าประมาณชุดนี้ ไม่สามารถทดสอบนัยสำคัญได้

7. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองขั้นตอน (Two-Stage Least Squares:TSLS) ใช้หลักการประมาณค่าพารามิเตอร์เช่นเดียวกับวิธี IV และค่าประมาณที่คำนวณได้ไม่มีประสิทธิภาพ แต่มีความคงเส้นคงวาเช่นเดียวกับวิธี IV สิ่งที่น่าสังเกตเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ กระบวนการนี้จะเพิ่มขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากการประมาณค่าใช้ข้อมูลจากเมทริกซ์ ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมหรือเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ดังนั้นการประมาณค่าจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า และความถูกต้องของค่าตั้งต้นเป็นสำคัญ

การตรวจสอบความตรงของโมเดล CFA

การตรวจสอบความตรงของโมเดล CFA ที่เป็นสมมุติฐานการวิจัย หรือการประเมินผล ความถูกต้องของโมเดลหรือการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลสมมุติฐานกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์

การตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดล ซึ่งจะเสนอค่าสถิติช่วย ในการตรวจสอบ 6 วิธี (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 53-60) คือ

1. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ (Standard Error and Correlations of Estimates) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลจะให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติที และสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ ถ้าค่าประมาณที่ได้ไม่มี นัยสำคัญ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีขนาดใหญ่ และโมเดลวิจัยอาจจะยังไม่ดีพอ ถ้าสหสัมพันธ์ ระหว่างค่าประมาณมีค่าสูงมากเป็นสัญญาณแสดงว่าโมเดลการวิจัยใกล้จะเป็นบวกแน่นอน และ เป็นโมเดลที่ไม่ดีพอ

2. สหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple Correlations and Coefficients of Determination) สำหรับตัวแปรสังเกตแยกได้ทีละตัวและรวมทุกตัวรวมทั้งสัมประสิทธิ์ การพยากรณ์ ของสมการโครงสร้างด้วย ค่าสถิติเหล่านี้ควรมีค่าสูงสุดไม่เกิดหนึ่งและค่าที่สูงแสดงว่าโมเดล มีความตรง

3. ค่าสถิติระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Measures) เป็นค่าสถิติที่จะตรวจสอบ ความตรงในภาพรวมทั้งหมดของโมเดล และยังสามารถเปรียบเทียบระหว่างโมเดลว่าโมเดลใดจะมีความ สอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน ค่าสถิติในกลุ่มนี้มี 4 ประเภท (Joreskog & Sorbom, 1989) ได้แก่

3.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ สมมุติฐาน ทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 มาก โดยคำนวณผลคูณขององศาอิสระกับค่าของฟังก์ชัน ความกลมกลืน ถ้าค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำมาก ยิ่งใกล้ 0 มาก แสดงว่าโมเดลลิสเรล สอดคล้องกลมกลืนกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์ ข้อกำหนดของการใช้ไค-สแควร์มี 4 ประการ คือ

3.1.1 ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ต้องมีการแจกแจงปกติ ไม่มีความโค้ง

3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม

3.1.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ (อัตราส่วนของหน่วยตัวอย่างกับ จำนวนพารามิเตอร์ ควรเป็น 20 ต่อ 1)

3.1.4 ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 จริงตามสมมุติฐานที่ใช้ทดสอบ

3.2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน(Goodness-of Fit-Index = GFI)ดัชนีGFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง แต่ลักษณะการแจกแจงขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.3 ดัชนีวัดความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว(Adjusted Gooness-of-Fit-Index = AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้ โดยคำนึงถึงขนาดขององศาความอิสระซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ค่าดัชนี AGFI นี้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

3.4 ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษ (Root Mean Squared Residuar = RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดล 2 โมเดล เฉพาะกรณีที่เป็นกรเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ค่าของดัชนี RMR ยิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน(Analysis of Residuals) การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ควรพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย ถ้าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานไม่ควรมีค่าเกิน 2.00 ถ้ายังมีค่าเกิน 2.00 ต้องปรับโมเดล นอกจากนี้โปรแกรมลิสเรลยังให้ผลในรูปของกราฟ(q-plot)แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าควอนไทล์ปกติ(Normal Quantiles)ถ้าได้เส้นกราฟมีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุมอันเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ดัชนีดัดแปรโมเดล(Model Modification Indices)เป็นค่าสถิติเฉพาะของพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าเท่ากับค่าไค- สแควร์ที่จะลดลงเมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระหรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขข้อบังคับของพารามิเตอร์นั้นมีประโยชน์ช่วยในการตัดสินใจที่จะปรับโมเดลให้ดีขึ้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 57)

6. ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ(Root Mean Square Error of Approximation:RMSEA)มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1.00 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.06 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (เสรี ชัดแจ้ง, 2547, หน้า 30)

การสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ (Component Variables or Factor Scale)

การสร้างสเกลองค์ประกอบเป็นขั้นสุดท้ายในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งใช้หลักการเดียวกันกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ก่อนทำการสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ ต้องตัดสินใจก่อนว่าควรสร้างองค์ประกอบจำนวนเท่าใด (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 140-141) ซึ่งแนวทางการพิจารณาจำนวนองค์ประกอบ คือ การทดสอบนัยสำคัญ การกำหนดค่าไอเกน ความสำคัญเชิงทฤษฎี การทดสอบสกรี (Srcree Test) และเกณฑ์การแปรค่า (Invariance Criterin) การสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบมีหลักดังนี้

1. การสร้างตัวแปรประกอบ(Component Variables)ตัวแปรประกอบเป็นผลบวกเชิงเส้นของตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แล้วจะให้เมทริกซ์สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (Factor Score Coefficient Matrix)แต่มีจุดด้อยเรื่องของการแปลความหมายตัวแปรประกอบทำได้ยาก เนื่องจากอาจมีการรวมตัวแปรภายในกลุ่มที่ไม่เกี่ยวข้องแต่มีความสัมพันธ์กันสูงตลอดจนตัวแปรประกอบขึ้นอยู่กับสเกลของตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้น ถ้าในการวิจัยมีการวัดตัวแปรสังเกตได้โดยใช้สเกลคนละแบบ จะมีผลทำให้น้ำหนักองค์ประกอบและสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบแตกต่างกัน

2. การสร้างสเกลองค์ประกอบ(Factor Scale)การสร้างสเกลองค์ประกอบต้องสร้างให้สเกลองค์ประกอบใกล้เคียงกับองค์ประกอบร่วมที่ควรจะเป็นตามทฤษฎีมากที่สุด วิธีการสร้างและเกณฑ์ที่ใช้ในแต่ละวิธีมีดังนี้(นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, หน้า 143-145)

2.1 วิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักการถดถอย เป็นการสร้างสเกลองค์ประกอบโดยให้ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นกับองค์ประกอบร่วมตามทฤษฎีมีค่าสูงสุด หรือให้ค่าผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างสเกลองค์ประกอบและองค์ประกอบร่วมตามทฤษฎีมีค่าน้อยที่สุด ตามหลักการถดถอยค่าของสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ จะได้จากผลคูณระหว่างเมทริกซ์องค์ประกอบกับอินเวอร์สของเมทริกซ์สหสัมพันธ์จากกลุ่มตัวอย่าง

2.2 วิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามหลักกำลังสองน้อยที่สุด เป็นการสร้างสเกลองค์ประกอบโดยให้ผลรวมของกำลังสองของผลต่างระหว่างตัวแปรสังเกตได้ และส่วนที่เป็นองค์ประกอบร่วมคำนวณจากสเกลองค์ประกอบมีค่าน้อยที่สุด

2.3 วิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามเกณฑ์ของ Bartlett เป็นการสร้างสเกลองค์ประกอบโดยใช้ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างมาร่วมพิจารณา ตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนมากจะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าน้อยกว่าน้ำหนักของตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย น้ำหนักถ่วงสำหรับตัวแปรได้จากส่วนกลับของความแปรปรวน เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของแต่ละตัวแปร

2.4 วิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบตามวิธีของแอนเดอร์สัน(Anderson)และรูบิน(Rubin)เป็นวิธีการสร้างสเกลองค์ประกอบวิธีการของบาร์ทเลทท์(Bartlett)ภายใต้ข้อกำหนดที่สเกลมีความเป็นอิสระต่อกัน

3. การสร้างสเกลองค์ประกอบโดยใช้องค์ประกอบเป็นฐาน(Factor – Based Scale) มีหลักการเบื้องต้นว่าการสร้างสเกลองค์ประกอบคัดเลือกจากตัวแปรบางตัวที่มีค่าน้ำหนักตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เวียงงาม ปรีชาพานิชพัฒนา (2539, หน้า 111) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นพื้นฐานและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติและสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด เครื่องมือที่ใช้การวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบทดสอบซึ่งปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของบรรทม เครือวัลย์ ซึ่งมี 40 ข้อ โดยยึดตามหลักของฮาร์นีย์ (Haney) สำหรับใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตอนฉบับเดิมมีความยากง่ายระหว่าง .28 -.79 ได้ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .20 ถึง .58 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ .60 แบบทดสอบ ประกอบด้วย 8 ด้าน คือ ความอยากรู้อยากเห็น มีจำนวน 5 ข้อ ความมีเหตุผลมีจำนวน 5 ข้อ ความรอบคอบในการตัดสินใจ มี 4 ข้อ ความใจกว้างมี 6 ข้อ ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ มี 4 ข้อ ความเป็นปรนัย มี 6 ข้อ ความซื่อสัตย์ มี 4 ข้อ ความยอมรับในข้อจำกัด มี 6 ข้อ

อุไรวรรณ ชินพงษ์ (2544, หน้า 61) ทำการศึกษาการพัฒนาเครื่องมือวัดลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในเขตการศึกษา 2 ได้ทำการวัดคุณลักษณะด้านความมีเหตุผล ด้านความใจกว้าง และด้านความสนใจทางวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี ซึ่งใช้แบบทดสอบทดสอบด้านความมีเหตุผลโดยใช้แบบวัดสมรรถภาพทางสมอง ด้านมีเหตุผล ตามแนวของเธอร์สตันเป็นแบบสรุปความ ข้อความมีทั้งหมด 40 ข้อหรือสถานการณ์ มีคำตอบข้อละ 4 ตัวเลือก โดยใช้สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นข้อความและสรุปตามข้อความนั้นและลงสรุปโดยใช้ตรรกวิทยาแบบทดสอบความใจกว้าง ใช้แบบทดสอบที่เป็นสถานการณ์ (situational test) ข้อความทั้งหมด 40 ข้อหรือ

สถานการณ์มีคำตอบ 4 ตัวเลือกโดยมีข้อความเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านความใจกว้างมาพิจารณาแล้ว เลือกลงตามความรู้สึก แบบทดสอบด้านความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้ แบบสอบถามระดับความสนใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) สร้างขึ้นตามแนวคิดลิเคิร์ต (Likert) ขอความมีทั้งหมด 60 ข้อ

จุลพงษ์ กลิ่นหอม (2549, หน้า 60) ได้ทำวิจัย เรื่องการสร้างแบบวัดเจตคติของ นักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มโรงเรียนในเครือมูลนิธิเซนต์คาเบรียลแห่งประเทศไทย เขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบวัดเจตคติของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มโรงเรียนในเครือมูลนิธิเซนต์คาเบรียลแห่งประเทศไทย เขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 กลุ่มโรงเรียนในเครือมูลนิธิ เซนต์คาเบรียลแห่งประเทศไทย เขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จำนวน 1,410 คน เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าความเที่ยงตรงของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 – 1.00 และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์หลายคุณลักษณะหลายวิธี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .464 - .689 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเที่ยงตรงเชิงจำแนก มีค่าอยู่ระหว่าง .184 - .563 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าความเที่ยงตรงเชิงเหมือน

2. แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ฉบับมาตราส่วนประมาณค่ามีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง -0.283 ถึง 7.410 และฉบับสถานการณ์มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง -1.213 ถึง 5.996

3. ความเชื่อมั่นของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ฉบับมาตราส่วนประมาณค่า หาโดยใช้สูตร สัมประสิทธิ์แอลฟา ในแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง .625 - .859 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่า .928 ฉบับสถานการณ์ หาโดยใช้สูตรครุเดอร์ ริชาร์ดสัน (KR20) ในแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง .630 - .820 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่า .920

4. เกณฑ์ปกติของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ฉบับมาตราส่วนประมาณค่ามีคะแนนที่ปกติ อยู่ระหว่าง T_{10} ถึง T_{90} ครอบคลุมคะแนนดิบตั้งแต่ 90 – 450 คะแนน แบบวัดฉบับสถานการณ์ มีคะแนนที่ ปกติอยู่ระหว่าง T_{10} ถึง T_{90} ครอบคลุมคะแนนดิบตั้งแต่ 1 – 90 คะแนน

ปรีชาติ เบ็จวรรณ (2551, หน้า 144) ได้ทำวิจัย เรื่อง ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อ จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครเขต 2 มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อศึกษารูปแบบ ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อจิตวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 1,081 คน

จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาวิทยาลัยนครราชสีมา 2 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 5 ฉบับ และแบบบันทึก จำนวน 1 ฉบับ รวม 6 ฉบับ ประกอบด้วย แบบสอบถามจิตวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามมโนภาพแห่งตน ด้านวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามสภาพแวดล้อมทางการศึกษา แบบสอบถามสภาพแวดล้อมภายในครอบครัว และแบบบันทึกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์วิเคราะห์ ข้อมูลด้วยสถิติวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และวิเคราะห์อิทธิพล ผลการวิจัย พบว่า

1. โมเดลการวัดตัวแปรแฝงทั้ง 5 โมเดล มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทุกโมเดล และมีค่าน้ำหนักความสำคัญ (λ) ของตัวแปรสังเกตได้เป็นบวก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.36 - 0.98 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า

2. โมเดลโครงสร้างปัจจัยที่ส่งผลต่อจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิต มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดี โดยมีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 406.994 และมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราส่วนระหว่างค่าสถิติไคสแควร์กับจำนวนองศาอิสระ (χ^2 / df) = 2.609 GFI=0.968 AGFI=0.944 RMSEA=0.039 SRMR=0.029 และ ค่า CN= 547.181

ตัวแปรแฝงจิตวิทยาศาสตร์ ได้รับอิทธิพลรวมสูงสุดจากตัวแปรแฝงมโนภาพแห่งตน ด้านวิทยาศาสตร์ (0.906) รองลงมาคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (0.746) สภาพแวดล้อมทางการศึกษา (0.526) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ (0.388) และสภาพแวดล้อมภายในครอบครัว (0.264) โดยได้รับอิทธิพลทางตรงจากผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ตัวแปรเชิงสาเหตุทั้ง 5 ตัวแปร ร่วมอธิบายความแปรปรวนของจิตวิทยาศาสตร์ได้ประมาณร้อยละ 56

ไพโรจน์ ศิริบูรณพิพัฒนา (2551, บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 เขตพื้นที่การศึกษามหาวิทยาลัยนครราชสีมา เขต 4 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรด้านปัจจัยภายนอก และตัวแปรปัจจัยภายใน กับจิตวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ตัวแปร พยากรณ์ที่ดีของจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 4 และเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ จิตวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 4 ในเขตพื้นที่การศึกษามหาวิทยาลัยนครราชสีมา เขต 4 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 402 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบวัด จำนวน 1 ฉบับ 7 ตอน มีลักษณะเป็นแบบมาตราการประเมิน 6 ระดับ ผลการวิจัยพบว่า

1. ตัวแปรพยากรณ์ด้านปัจจัยภายนอก ได้แก่ การรับรู้สภาพแวดล้อมทางการเรียน การได้รับการ สนับสนุนจากครอบครัว และตัวแปรพยากรณ์ด้านปัจจัยภายใน ได้แก่ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และ ค่านิยมทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับจิตวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ตัวแปรพยากรณ์ที่ดีของจิตวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 3 ตัวแปรเรียงตามลำดับ ดังนี้ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์(X_5) การได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว(X_2) และ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์(X_3) ซึ่งตัวแปรพยากรณ์ชุดนี้สามารถพยากรณ์จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ร้อยละ 41

3. สมการพยากรณ์จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรูปคะแนนดิบและคะแนนมาตรฐาน มีดังนี้สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ $Y' = 88.79 + 1.65X_5 + 0.83X_2 + 0.37X_3$

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน $Z'_y = 0.58Z_5 + 0.31Z_2 + 0.13Z_3$

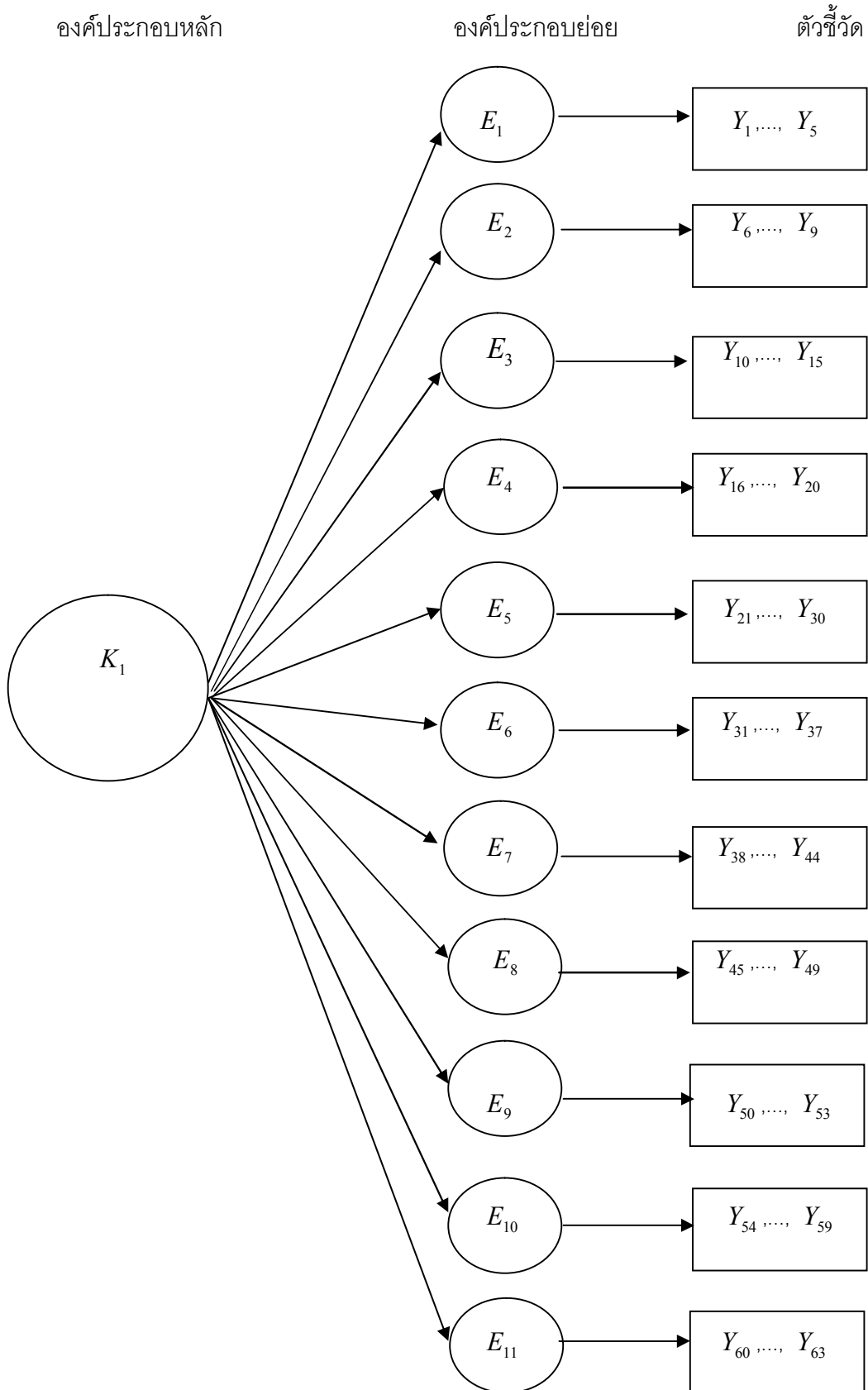
วิทชัย สุตชาฎา (2549,บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากนักเรียนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 จำนวน 731 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการวิจัยพบว่า

1. ได้แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 จำนวน 58 ข้อ จำแนกออกเป็น 8 ด้าน คือ ด้านความสนใจใฝ่รู้ ด้านความมีเหตุผล ด้านความมีระเบียบและรอบคอบ ด้านความซื่อสัตย์ ด้านความประหยัด ด้านความใจกว้าง ด้านความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

2. แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ มีการหาคุณภาพทั้งรายข้อ คือ ค่าอำนาจจำแนก และหาคุณภาพทั้งฉบับ คือ ค่าความเที่ยง

3. เกณฑ์ปกติของคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีช่วงคะแนน T ระหว่าง T_{24} ถึง T_{78}

กรอบแนวคิดการวิจัยและโมเดลตามสมมติฐาน



กำหนดสัญลักษณ์

K_1	แทน	องค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}$ และ E_{11}
E_1	แทน	ความสนใจใฝ่รู้ ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 และ Y_5
E_2	แทน	ความอยากรู้อยากเห็น ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_6, Y_7, Y_8 และ Y_9
E_3	แทน	ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{10}, Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}$ และ Y_{15}
E_4	แทน	ความเปิดใจกว้าง ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{16}, Y_{17}, Y_{18}, Y_{19}$ และ Y_{20}
E_5	แทน	ความมีเหตุผล ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}, Y_{24}, Y_{25}, Y_{26}, Y_{27}, Y_{28}, Y_{29}$ และ Y_{30}
E_6	แทน	ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{31}, Y_{32}, Y_{33}, Y_{34}, Y_{35}, Y_{36}$ และ Y_{37}
E_7	แทน	ความซื่อสัตย์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{38}, Y_{39}, Y_{40}, Y_{41}, Y_{42}, Y_{43}$ และ Y_{44}
E_8	แทน	ความรับผิดชอบ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{45}, Y_{46}, Y_{47}, Y_{48}$ และ Y_{49}
E_9	แทน	การมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_{50}, Y_{51}, Y_{52} และ Y_{53}
E_{10}	แทน	การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{54}, Y_{55}, Y_{56}, Y_{57}, Y_{58}$ และ Y_{59}
E_{11}	แทน	การยอมรับในข้อจำกัด ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_{60}, Y_{61}, Y_{62} และ Y_{63}
Y_1	แทน	มีความต้องการที่จะเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่
Y_2	แทน	มีความต้องการที่จะถามว่า“ทำไม” และ “อย่างไร” ต่อปรากฏการณ์ต่างๆ
Y_3	แทน	แสดงออกถึงความพอใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ หรือความคิดใหม่ ๆ
Y_4	แทน	แสดงถึงความพอใจที่จะได้ข้อมูลหรือความคิดใหม่ ๆ เพิ่มเติม
Y_5	แทน	แสดงออกถึงความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญอยู่ในชีวิตประจำวัน
Y_6	แทน	มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องใหม่ ๆ
Y_7	แทน	ชอบสืบเสาะ ทดลอง พิสูจน์ แนวคิดแปลกใหม่
Y_8	แทน	ชอบสนทนา ชักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น
Y_9	แทน	สนใจเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สำคัญกับชีวิตประจำวัน

Y ₁₀	แทน	มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา
Y ₁₁	แทน	ตระหนักถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ อันเป็นผลจากความเพียรพยายามของมนุษย์
Y ₁₂	แทน	แสดงออกถึงความเข้าใจว่าการค้นคว้าวิจัยและทดลองทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความอดุสาหะ
Y ₁₃	แทน	แสดงความเต็มใจที่จะกระทำกิจกรรมนอกเหนือจากที่กำหนดให้เรียนในชั้นเรียน
Y ₁₄	แทน	มีความเต็มใจที่ค้นหาคำตอบโดยการพิสูจน์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์แม้มีปัญหาและอุปสรรค ต่าง ๆ
Y ₁₅	แทน	มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้
Y ₁₆	แทน	พิจารณาแนวทางต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อสำรวจปัญหา
Y ₁₇	แทน	ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม
Y ₁₈	แทน	ยอมรับความคิดเห็นหรือวิธีการที่แปลกใหม่
Y ₁₉	แทน	เต็มใจที่จะเปลี่ยนแนวคิดหรือแนวปฏิบัติเมื่อได้ข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ที่เชื่อถือดีกว่าและถูกต้องกว่า
Y ₂₀	แทน	ไม่ยึดมั่นในความคิดของตน ยอมรับการเปลี่ยนแปลง
Y ₂₁	แทน	เชื่อในคุณค่าของเหตุผล
Y ₂₂	แทน	แสวงหาสาเหตุจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
Y ₂₃	แทน	ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล
Y ₂₄	แทน	ทำทนายให้มีการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริง
Y ₂₅	แทน	อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
Y ₂₆	แทน	ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
Y ₂₇	แทน	รวบรวมข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ
Y ₂₈	แทน	ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้แต่พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่ของเหตุผล
Y ₂₉	แทน	หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
Y ₃₀	แทน	มีความเคารพในเหตุผลซึ่งกันและกัน
Y ₃₁	แทน	หลีกเลี่ยงการสรุปและการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว
Y ₃₂	แทน	เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ

Y ₃₃	แทน	นำวิธีการหลาย ๆ วิธี มาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง
Y ₃₄	แทน	มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พิสูจน์วิเคราะห์ ก่อนในการตัดสินใจสรุปหรือ เชื่อในสิ่งต่าง ๆ
Y ₃₅	แทน	มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
Y ₃₆	แทน	มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
Y ₃₇	แทน	ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนการทดลอง
Y ₃₈	แทน	เสนอความจริงถึงแม้ผลที่ได้แตกต่างจากผู้อื่น
Y ₃₉	แทน	เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง
Y ₄₀	แทน	บันทึกผลข้อมูลตามความจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง
Y ₄₁	แทน	ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง
Y ₄₂	แทน	แสดงกิตติกรรมประกาศในผลงานของบุคคลอื่นที่นำมาใช้หรืออ้างอิง
Y ₄₃	แทน	รายงานสิ่งที่สังเกตได้แม้ว่าสิ่งที่รายงานนั้น จะขัดต่อสมมติฐานของตน
Y ₄₄	แทน	ไม่เอาอิทธิพลความเชื่อมาให้เหนื่อการตัดสินใจใด ๆ ในทางวิทยาศาสตร์
Y ₄₅	แทน	ยอมรับผลการกระทำของตนเองไม่ว่าจะเป็นผลดีหรือผลเสีย
Y ₄₆	แทน	ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
Y ₄₇	แทน	เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม
Y ₄₈	แทน	ทำงานเต็มความสามารถ
Y ₄₉	แทน	ไม่ทอดทิ้งในการทำงานเมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
Y ₅₀	แทน	มีความตั้งใจที่จะพิจารณาข้อมูลโดยไม่เห็นคล้อยตามในทันที
Y ₅₁	แทน	กล้าคิดแตกต่างหรือตั้งข้อสงสัยในความถูกต้องของข้อมูล
Y ₅₂	แทน	พยายามหาข้อสนับสนุน หลักฐานหรือข้ออ้างอิง เพื่อประเมินและตัดสินใจว่า สิ่งใดควรเชื่อถือ
Y ₅₃	แทน	สามารถแยกแยะข้อคิดเห็นออก จากข้อเท็จจริง และตัดข้อมูลที่ไมเกี่ยวข้อง หรือไม่สมเหตุสมผลออกไป
Y ₅₄	แทน	ความรู้สึกรังเกียจ นิยมชมชอบและเห็น คุณค่าในความคิดริเริ่มแปลกใหม่
Y ₅₅	แทน	มีความต้องการคิดอย่างอิสระและใช้จินตนาการ
Y ₅₆	แทน	กล้าเสี่ยงไม่กลัวความผิดพลาด
Y ₅₇	แทน	ช่างประดิษฐ์คิดค้นด้วยตัวเอง
Y ₅₈	แทน	ปรารถนาที่จะคิดเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง

- Y_{59} แทน คิดอย่างยืดหยุ่น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่ตีกรอบ
- Y_{60} แทน ข้อจำกัดในเรื่องวิธีการศึกษาแบบอุปนัยซึ่งอาศัยการสรุปจากข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าข้อมูลที่มีมากพอและถูกต้อง การสรุปก็ถูกต้องและเชื่อถือได้
- Y_{61} แทน ข้อจำกัดเกี่ยวกับกับการวัด โดยยอมรับว่าในการวัดในทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ
- Y_{62} แทน ข้อจำกัดเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมต่าง ๆ เช่น ด้านความสวยงาม ความดี ความยุติธรรม ฯลฯ ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาได้
- Y_{63} แทน ข้อจำกัดเกี่ยวกับสิ่งศึกษา ศึกษาเฉพาะในสิ่งที่สมมุติชื่อขึ้นมาโดยอาศัย การกำหนดสมบัติของสิ่งเหล่านั้น จึงไม่ใช่สิ่งที่เป็นจริงอย่างสมบูรณ์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาตัวชี้วัดจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดพิษณุโลก

โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและหาคุณภาพของเครื่องมือ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ในจังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 จำนวน 39 โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 15,580 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ในจังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 จำนวน 14 โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 392 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) มีลำดับขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ Yamane Taro ที่ระดับความเชื่อมั่นในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง 95% ระดับความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ (Yamane, 1973, p.728) ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 392 คน

ขั้นที่ 2 แบ่งโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียน โดยยึดเกณฑ์การแบ่งขนาดของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 ในจังหวัดพิษณุโลก โดยกำหนดโรงเรียนขนาดเล็ก มีนักเรียน 1 – 500 คน ขนาดกลาง 501 – 1,500 คน ขนาดใหญ่ 1,501 – 2,500 คน ขนาดใหญ่พิเศษ 2,501 คน ขึ้นไป ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนโรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2553 สังกัดสำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 ตามขนาดโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	จำนวนโรงเรียน	จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
ใหญ่พิเศษ	3	4,568
ใหญ่	3	3,255
กลาง	12	4,818
เล็ก	21	2,939
รวม	39	15,580

ขั้นที่ 3 เนื่องด้วยความแปรปรวนของแต่ละขนาดประชากรไม่เท่ากัน ต้องกำหนดสัดส่วน
แต่ละชั้นของประชากรโดยใช้สูตร รัตนะ บัวสนธ์ (2549, หน้า 61)

$$n_i = \frac{N_i}{N} \times \text{ขนาดของกลุ่มตัวอย่างรวม}$$

เมื่อ

n_i แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละชั้น

N_i แทน สมาชิกของประชากรของแต่ละชั้น

N แทน จำนวนสมาชิกรวมของประชากรทั้งหมด

ขั้นที่ 4 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนแต่ละขนาดดังนี้

ขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 115 คน

ขนาดใหญ่ จำนวน 82 คน

ขนาดกลาง จำนวน 121 คน

ขนาดเล็ก จำนวน 74 คน

ขั้นที่ 5 สุ่มโรงเรียนที่นำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในแต่ละขนาดโรงเรียนตามสัดส่วนด้วยวิธีการสุ่ม
อย่างง่าย (Simple Random Sampling) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง
จำนวน 392 คน แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กลุ่มตัวอย่างจำแนกตามโรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39

ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
ใหญ่พิเศษ	พิษณุโลกพิทยาคม	57
	เฉลิมขวัญสตรี	60
ใหญ่	เตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก	41
	พุทธชินราชพิทยา	41
กลาง	บางระกำวิทยศึกษ	24
	ชุมแสงสงคราม"อุดรคณาภิรักษ์อุปถัมภ์"	24
	ประชาสงเคราะห์วิทยา	24
	เนินมะปรางศึกษาวิทยา	24
	พรหมพิรามวิทยา	25
	นครบางยางพิทยาคม	14
เล็ก	ยางโกลนวิทยา	15
	วังมะด่านพิทยาคม	15
	ดงประจำพิทยาคม	15
	เนินกุ่มวิทยา	15
	รวม	392

ตารางที่ 4 จำนวนห้องเรียนและนักเรียน จำแนกตามระดับชั้นเรียนในระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียน	จำนวนห้องเรียน(นักเรียน) ของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง			จำนวนห้องเรียน(นักเรียน) กลุ่มตัวอย่าง		
	ม.4	ม.5	ม.6	ม.4	ม.5	ม.6
พิษณุโลกพิทยาคม	12 (560)	12 (548)	12 (504)	1 (19)	1 (19)	1 (19)
เฉลิมขวัญสตรี	12 (592)	12 (611)	12 (565)	1 (19)	1 (20)	1 (19)
เตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ พิษณุโลก	13 (588)	12 (535)	12 (536)	1 (13)	1 (14)	1 (14)
พุทธชินราชพิทยา	6 (267)	6 (214)	6 (220)	1 (13)	1 (14)	1 (14)
บางระกำวิทยศึกษ	3 (105)	3 (99)	3 (88)	1 (8)	1 (8)	1 (8)
ชุมแสงสงคราม"อุดรคณาภิรักษ์อุปถัมภ์"	3 (133)	2 (74)	2 (63)	1 (8)	1 (8)	1 (8)
ประชาสงเคราะห์วิทยา	4 (181)	4 (149)	4 (119)	1 (8)	1 (8)	1 (8)
เนินมะปรางศึกษาวิทยา	5 (222)	5 (197)	5 (156)	1 (8)	1 (8)	1 (8)
พรหมพิรามวิทยา	5 (197)	5 (160)	4 (133)	1 (8)	1 (9)	1 (8)
นครบางยางพิทยาคม	2 (87)	2 (59)	2 (51)	1 (4)	1 (5)	1 (5)
ยางโกสินวิทยา	2 (41)	2 (33)	2 (33)	1 (5)	1 (5)	1 (5)
วังมะด่านพิทยาคม	1 (31)	1 (29)	1 (15)	1 (5)	1 (5)	1 (5)
ดงประคำพิทยาคม	3 (65)	3 (77)	2 (47)	1 (5)	1 (5)	1 (5)
เนินกุ่มวิทยา	2 (53)	2 (48)	2 (32)	1 (5)	1 (5)	1 (5)
รวมทั้งหมด		214 (8,517)			42 (392)	

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

แบบสอบถามจิตวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนการสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์
3. สร้างแบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 104 ข้อ
4. นำแบบสอบถามวัดจิตวิทยาศาสตร์ ที่สร้างเสร็จแล้วมาตรวจสอบเบื้องต้น เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความครอบคลุมเนื้อหา การสะกดคำ ภาษาที่ใช้

5. นำแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรง (Validity) หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม กับ องค์ประกอบจิตวิทยาศาสตร์ IOC (Item Objective Congruence) โดยวิธีของโรวินเนลลีและแฮมเบิลตัน และคัดเลือกเฉพาะข้อคำถาม ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงดังตารางที่ 6 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

- 5.1 รศ.ดร.สัมฤทธิ์ ไม้พวง อาจารย์ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
- 5.2 ผศ.ดร.เรจินภรณ์ ไม้พวง อาจารย์ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
- 5.3 อาจารย์สมบัติ กิ่งศักดิ์ ครูชำนาญการพิเศษกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมพิรามวิทยา
- 5.4 อาจารย์อุบล สายต่างใจ ครูชำนาญการพิเศษกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมพิรามวิทยา
- 5.5 อาจารย์รุ่ง พันธุ์สะโม ครูชำนาญการพิเศษกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสากเหล็กวิทยา

ได้แบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จำนวน 85 ข้อ มีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม กับองค์ประกอบจิตวิทยาศาสตร์ IOC (Item Objective Congruence) อยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 1.00

6. นำแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนพรหมพิรามวิทยา อำเภอพรหมพิรามจังหวัดพิษณุโลก ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน

7. นำแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ โดยกำหนดน้ำหนักของตัวเลือกในช่องต่างๆ เป็น 5 4 3 2 1 ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน

ความคิดเห็นของนักเรียน	ข้อความแสดงความรู้สึกทางบวก	ข้อความแสดงความรู้สึกทางลบ
เห็นด้วยมากที่สุด	5	1
เห็นด้วยมาก	4	2
เห็นด้วยปานกลาง	3	3
เห็นด้วยน้อย	2	4
เห็นด้วยน้อยที่สุด	1	5

8. วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

8.1 วิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

หาค่าดัชนีอำนาจจำแนกแบบวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item Total Correlation) ได้ข้อคำถามที่มีคุณภาพจำนวน 72 ข้อ และทำการคัดเลือกข้อคำถามที่วัดได้ตามตัวชี้วัดจำนวน 63 ข้อ โดยมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.52

8.2 วิเคราะห์ทั้งฉบับเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ (Construct Validity) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) จากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ค่าไคสแควร์ เท่ากับ 444.34 ($p = 1.00$) ที่องศาอิสระ(df) เท่ากับ 1,879 และค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.00 แสดงว่า แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ มีความตรงเชิงโครงสร้าง

8.3 วิเคราะห์ทั้งฉบับเพื่อหาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งค่าของความเชื่อมั่นควรมีค่ามากกว่า 0.7 จึงจะถือได้ว่าเป็นแบบสอบถามจิตวิทยาศาสตร์ที่มีความเชื่อมั่น ได้ค่าความเที่ยงของแบบสอบถามทั้งฉบับ เท่ากับ 0.91

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขอนหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พิษณุโลก เพื่อขอความอนุเคราะห์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงเรียน
2. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งเพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและนัดหมายกำหนด วันเวลา

3. จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

เตรียมเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย คือแบบสอบถามจิตวิทยาศาสตร์ ให้เพียงพอกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ต้องการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง

4. วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 ในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 14 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 42 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 392 คน โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามจิตวิทยาศาสตร์ ที่ได้จัดเตรียมไว้ และผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการนัดหมายกับทางโรงเรียนและกับทางอาจารย์ผู้ช่วยในการควบคุมการสอบ สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2553 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2554 ในวันเวลาราชการ

5. นำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจให้คะแนน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากแบบสอบถาม เพื่อศึกษาลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความถี่ และร้อยละของข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามและใช้ค่าสถิติบรรยาย คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรที่สังเกตได้

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพิจารณาความคิดเห็น บุญชม ศรีสะอาด (2535:หน้า 103) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เห็นด้วยหรือตรงกับการปฏิบัติน้อยที่สุด

2. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อทราบลักษณะความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่าง และลักษณะการแจกแจงของตัวชี้วัด

3. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างระหว่างโมเดลสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โดยการพิจารณาความกลมกลืนระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดลสมมติฐานตัวชี้วัด

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวชี้วัด จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่สร้างขึ้นโดยใช้โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อตรวจสอบความตรงจากค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Measures) ค่าสถิติในกลุ่มนี้ มีดังนี้

4.2.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) ถ้าค่าสถิติไค-สแควร์ มีค่าสูงมาก แสดงว่าฟังก์ชันความสอดคล้องมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ โมเดลอิสระไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าต่ำมากยิ่งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากเท่าไร แสดงว่ารูปแบบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Saris และ Stronkhorst (1984, p. 200 อ้างอิงใน จารุพันธ์ ขวัญแน่น, 2552, หน้า 6) เสนอว่า ค่าไค-สแควร์ ควรจะมีค่าเท่ากับองศาอิสระสำหรับรูปแบบที่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.2.2 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง : GFI (Goodness of Fit Index) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ค่าดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่ารูปแบบมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.2.3 ดัชนีวัดความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว : AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) ค่าดัชนี AGFI นี้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

4.2.4 ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ : RMR (Root of Mean Square Residuals) ค่า RMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่ารูปแบบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) (เกษม สหรัยทิพย์, 2539, หน้า 85)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n คือ จำนวนคะแนนกลุ่ม

2. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (เกษม สหรัยทิพย์, 2539, หน้า 99–100)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ คือ ผลรวมกำลังสองของคะแนน

$(\sum x)^2$ คือ กำลังสองของผลรวมของคะแนน

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถามจิตวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) (สมชัย วงษ์نامه, 2541, หน้า 175-176)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4. ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item Total Correlation) (ปกรณธ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 176)

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

เมื่อ	r	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	X	แทน	คะแนนรายข้อของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน
	Y	แทน	คะแนนรวมทั้งหมดที่หักออกด้วยคะแนนในข้อนั้นแล้ว

5. ค่าความเที่ยง (Reliability) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach Method) (ปกรณธ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 179)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนแบบทดสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดคุณลักษณะจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้
เพื่อความสะดวกในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ทางสถิติและตัวแปร
องค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล

Mean	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CV	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย
GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว
CFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ
RMSEA	แทน	ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน
χ^2	แทน	ค่าสถิติไคสแควร์
df	แทน	องศาอิสระ
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็น
b	แทน	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
R^2	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์
K_1	แทน	องค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9, E_{10}$ และ E_{11}
E_1	แทน	ความสนใจใฝ่รู้ ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 และ Y_5
E_2	แทน	ความอยากรู้อยากเห็น ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_6, Y_7, Y_8 และ Y_9
E_3	แทน	ความเพียรพยายาม มุ่งมั่น และอดทน ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{10}, Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}$ และ Y_{15}

E_4	แทน	ความเปิดใจกว้าง ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{16}, Y_{17}, Y_{18}, Y_{19}$ และ Y_{20}
E_5	แทน	ความมีเหตุผล ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}, Y_{24},$ $Y_{25}, Y_{26}, Y_{27}, Y_{28}, Y_{29}$ และ Y_{30}
E_6	แทน	ความละเอียดรอบคอบ และมีระเบียบ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{31}, Y_{32}, Y_{33}, Y_{34}, Y_{35}, Y_{36}$ และ Y_{37}
E_7	แทน	ความซื่อสัตย์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{38}, Y_{39}, Y_{40}, Y_{41}, Y_{42},$ Y_{43} และ Y_{44}
E_8	แทน	ความรับผิดชอบ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{45}, Y_{46}, Y_{47}, Y_{48}$ และ Y_{49}
E_9	แทน	การมีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_{50}, Y_{51}, Y_{52} และ Y_{53}
E_{10}	แทน	การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ประกอบด้วยตัวชี้วัด $Y_{54}, Y_{55}, Y_{56}, Y_{57}, Y_{58}$ และ Y_{59}
E_{11}	แทน	การยอมรับในข้อจำกัด ประกอบด้วยตัวชี้วัด Y_{60}, Y_{61}, Y_{62} และ Y_{63}
Y_1	แทน	มีความต้องการที่จะเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งไม่สามารถ อธิบายได้ด้วยความรู้ที่มีอยู่
Y_2	แทน	มีความต้องการที่จะถามว่า“ทำไม” และ “อย่างไร” ต่อปรากฏการณ์ต่างๆ
Y_3	แทน	แสดงออกถึงความพอใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ หรือ ความคิดใหม่ ๆ
Y_4	แทน	แสดงถึงความพอใจที่จะได้ข้อมูลหรือความคิดใหม่ ๆ เพิ่มเติม
Y_5	แทน	แสดงออกถึงความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญอยู่ในชีวิตประจำวัน
Y_6	แทน	มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องใหม่ ๆ
Y_7	แทน	ชอบสืบเสาะ ทดลอง พิสูจน์ แนวคิดแปลกใหม่
Y_8	แทน	ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น
Y_9	แทน	สนใจเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สำคัญกับชีวิตประจำวัน

Y ₁₀	แทน	มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา
Y ₁₁	แทน	ตระหนักถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ อันเป็นผลจากความเพียรพยายามของมนุษย์
Y ₁₂	แทน	แสดงออกถึงความเข้าใจว่าการค้นคว้าวิจัยและทดลองทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความอดทน
Y ₁₃	แทน	แสดงความเต็มใจที่จะกระทำกิจกรรมนอกเหนือจากที่กำหนดให้เรียนในชั้นเรียน
Y ₁₄	แทน	มีความเต็มใจที่ค้นหาคำตอบโดยการพิสูจน์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์แม้มีปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ
Y ₁₅	แทน	มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้
Y ₁₆	แทน	พิจารณาแนวทางต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อสำรวจปัญหา
Y ₁₇	แทน	ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม
Y ₁₈	แทน	ยอมรับความคิดเห็นหรือวิธีการที่แปลกใหม่
Y ₁₉	แทน	เต็มใจที่จะเปลี่ยนแนวคิดหรือแนวปฏิบัติเมื่อได้ข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ที่เชื่อถือดีกว่าและถูกต้องกว่า
Y ₂₀	แทน	ไม่ยึดมั่นในความคิดของตน ยอมรับการเปลี่ยนแปลง
Y ₂₁	แทน	เชื่อในคุณค่าของเหตุผล
Y ₂₂	แทน	แสวงหาสาเหตุจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
Y ₂₃	แทน	ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล
Y ₂₄	แทน	ทำทนายให้มีการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริง
Y ₂₅	แทน	อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
Y ₂₆	แทน	ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
Y ₂₇	แทน	รวบรวมข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ
Y ₂₈	แทน	ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ ได้แต่พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่ของเหตุผล
Y ₂₉	แทน	หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
Y ₃₀	แทน	มีความเคารพในเหตุผลซึ่งกันและกัน

Y ₃₁	แทน	หลีกเลี่ยงการสรุปและการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว
Y ₃₂	แทน	เห็นคุณค่าของควมมีระเบียบและรอบคอบ
Y ₃₃	แทน	นำวิธีการหลาย ๆ วิธี มาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง
Y ₃₄	แทน	มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ ก่อนในการตัดสินใจสรุปหรือเชื่อในสิ่งต่าง ๆ
Y ₃₅	แทน	มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
Y ₃₆	แทน	มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
Y ₃₇	แทน	ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนการทดลอง
Y ₃₈	แทน	เสนอความจริงถึงแม้ผลที่ได้แตกต่างจากผู้อื่น
Y ₃₉	แทน	เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความจริง
Y ₄₀	แทน	บันทึกผลข้อมูลตามความจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง
Y ₄₁	แทน	ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง
Y ₄₂	แทน	แสดงกิตติกรรมประกาศในผลงานของบุคคลอื่นที่นำมาใช้หรืออ้างอิง
Y ₄₃	แทน	รายงานสิ่งที่สังเกตได้แม้ว่าสิ่งที่รายงานนั้น จะขัดต่อสมมติฐานของตน
Y ₄₄	แทน	ไม่เอาอิทธิพลความเชื่อมาให้เหนือการตัดสินใจใด ๆ ในทางวิทยาศาสตร์
Y ₄₅	แทน	ยอมรับผลการกระทำของตนเองไม่ว่าจะเป็นผลดีหรือผลเสีย
Y ₄₆	แทน	ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
Y ₄₇	แทน	เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม
Y ₄₈	แทน	ทำงานเต็มความสามารถ
Y ₄₉	แทน	ไม่ทำถ้อยในการทำงานเมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
Y ₅₀	แทน	มีความตั้งใจที่จะพิจารณาข้อมูลโดยไม่เห็นคล้อยตามในทันที
Y ₅₁	แทน	กล้าคิดแตกต่างหรือตั้งข้อสงสัยในความถูกต้องของข้อมูล
Y ₅₂	แทน	พยายามหาข้อสนับสนุน หลักฐานหรือข้ออ้างอิง เพื่อประเมินและตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อถือ

Y ₅₃	แทน	สามารถแยกแยะข้อคิดเห็นออก จากข้อเท็จจริง และตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่สมเหตุสมผลออกไป
Y ₅₄	แทน	ความรู้สึกพึงพอใจ นิยมชมชอบและเห็น คุณค่าในความคิดริเริ่มแปลกใหม่
Y ₅₅	แทน	มีความต้องการคิดอย่างอิสระและใช้จินตนาการ
Y ₅₆	แทน	กล้าเสี่ยงไม่กลัวความผิดพลาด
Y ₅₇	แทน	ช่างประดิษฐ์คิดค้นด้วยตัวเอง
Y ₅₈	แทน	ปรารถนาที่จะคิดเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง
Y ₅₉	แทน	คิดอย่างยืดหยุ่น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่ตีกรอบ
Y ₆₀	แทน	ข้อจำกัดในเรื่องวิธีการศึกษาแบบอุปนัยซึ่งอาศัยการสรุปจากข้อมูลที่มีอยู่ ถ้าข้อมูลที่มีมากพอและถูกต้อง การสรุปก็ถูกต้องและเชื่อถือได้
Y ₆₁	แทน	ข้อจำกัดเกี่ยวกับกับการวัด โดยยอมรับว่าในการวัดในทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ
Y ₆₂	แทน	ข้อจำกัดเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมต่าง ๆ เช่น ด้านความสวยงาม ความดี ความยุติธรรม ฯลฯ ซึ่งทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถศึกษาได้
Y ₆₃	แทน	ข้อจำกัดเกี่ยวกับสิ่งศึกษา ศึกษาเฉพาะในสิ่งที่สมมุติชื่อขึ้นมา โดยอาศัยการกำหนดสมบัติของสิ่งเหล่านั้น จึงไม่ใช่สิ่งที่เป็นจริงอย่างสมบูรณ์