บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบสอบเลือกตอบกับมาตรวัดตามการรับรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 ความหมาย ประเภท และเครื่องมือที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 โมเดลการวัด, การวิเคราะห์องค์ประกอบและการตรวจสอบความตรงของโมเดล

ตอนที่ 3 กรอบแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ความหมาย ประเภท และเครื่องมือที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักวิจัยและนักวิชาการได้ให้ความหมาย ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

พจน์ สะเพียรชัย (2517) ให้ความหมาย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมของคนที่แสดงออกถึงความสามารถต่าง ๆ ในการสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย การจัดกระทำข้อมูล การแปลความหมายข้อมูลและสรุป การสร้างสมมติฐาน การออกแบบแผนและดำเนินการทดลอง การคิดคำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติการพิจารณาเหตุผลเชิงปรนัย

ประหยัด จันทร์ชมภู และประสพสันต์ อักษรมัต (2518) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคล่องแคล่วชำนิชำนาญในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้แก่ ทักษะในการทำหรือใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และการแก้หรือขบคิดปัญหาเกี่ยวกับ

วิทยาศาสตร์หรือมีความสามารถในเชิงสติปัญญาและใช้ความคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2532) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะทางสติปัญญา (intellectual skills) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2531) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นทักษะที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะทางสติปัญญาและทักษะในการปฏิบัติ

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of science, 1976) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการคิด (Intellectual skills) ซึ่งใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

Kuslan and Stone (1968) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยการสังเกต การวัด การทดลอง และการออกแบบการทดลอง การอธิบาย การสรุปหลักเกณฑ์ การพิจารณาเหตุผลเชิงปรนัย

Nay and Associates (1971) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมหรือการปฏิบัติการซึ่งกระทำโดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติผ่านกระบวนการต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

Klopfer (1971) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการในการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Welch (1971) ให้ความหมาย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมหรือการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพยายามที่จะเข้าใจธรรมชาติ

Peterson (1978) ได้ให้คำนิยามของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นขั้นตอนของการ สืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกต การตั้งคำถาม การทำการทดลอง การเปรียบเทียบ การสรุปอ้างอิง การสรุปหลักเกณฑ์ การสื่อความหมาย และการนำไปใช้ประโยชน์

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสังเคราะห์ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกระบุถึง “พฤติกรรม” และส่วนที่สอง คือ “เป้าหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์”

ในส่วนแรกได้มีผู้ให้คำนิยามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ "การปฏิบัติหรือกิจกรรม" (Kuslan and Stone, 1968; Nay and Associates, 1971; Welch, 1971) ในกรณีเดียวกัน The American Association for the Advancement of science (1976) และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2532) ได้กล่าวว่าเป็น "กระบวนการคิด หรือทักษะทางสติปัญญา" นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งสองส่วนร่วมกันคือเป็นทั้ง "ทักษะทางการปฏิบัติหรือการกระทำ และทักษะทางสติปัญญา" (ประหยัด จันทร์ชมภู และประสพสันต์ อักษรมัต, 2518; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2531)

ส่วนที่ 2 เป้าหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การสืบเสาะ ค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ (ประหยัด จันทร์ชมภู และประสพสันต์ อักษรมัต, 2518; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2532; The American Association for the Advancement of science, 1976; Klopfer, 1971; Peterson, 1978) และ มีเป้าหมายในการทำความเข้าใจธรรมชาติ (Nay and Associates, 1971; Welch, 1971)

จากการสังเคราะห์ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะของพฤติกรรมทางสติปัญญา และการปฏิบัติการ ในการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

1.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science) ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มหลักสูตรการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ ชื่อว่า Science A Process Approach (SAPA) และค้นพบวิธีหรือกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 13 ประการ ต่อมาเรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ขั้น คือ (1) ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic process skills) ประกอบด้วย การสังเกต, การวัด, การคำนวณ, การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และ มิติกับเวลา, การจำแนกประเภท, การลงความเห็นจากข้อมูล, การทำนาย, และ การจัดกระทำข้อมูลหรือการสื่อความหมายข้อมูล (2) ทักษะกระบวนการขั้นผสม (Integrated process skills) ประกอบด้วย การให้นิยามเชิง

ปฏิบัติการ, การตั้งสมมติฐาน, การควบคุมตัวแปร, การแปลผลข้อมูลและลงข้อสรุป, และการทดลอง ลักษณะการแบ่งประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว มีลักษณะเด่นดังนี้คือ (1) มีความครอบคลุมในการแบ่งประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการจำนวนมาก (2) เป็นที่นิยมและยึดถือใช้กันมากในหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปรวมถึงประเทศไทย โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้นำมาใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513

การจำแนกประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการหลายท่านตามลักษณะของเนื้อหาและหลักสูตรวิทยาศาสตร์ พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่มีความถี่ของการจำแนกมากที่สุด 2 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต, ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่มีความถี่ในการจำแนกมากที่สุดมี 3 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการแปลผลข้อมูลและลงข้อสรุป และทักษะการการทดลอง และทักษะที่มีความถี่ของการจำแนกน้อยที่สุด คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ด้านทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา

ตารางที่ 2.1 ประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามการจำแนกของนักวิชาการ

นักวิชาการ	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Muslin and Stone (1968)	✓	✓										✓	✓
2. Brown (1968)						✓				✓			
3. Nay and Associates (1971)	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	
4. Klopfer (1971)	✓	✓								✓		✓	

นักวิชาการ	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5. Nelson and Abraham (1973)	✓				✓	✓							✓
6. Okey and Fiel (1973)									✓	✓	✓	✓	✓
7. Sund and Trowbridge (1976)								✓					
8. The National Assessment of Educational Progess (1978)			✓		✓	✓				✓		✓	
9. Klinckmann (1978)								✓		✓	✓	✓	✓
10. Londstom and Lowery (1978)	✓		✓			✓		✓					✓
11. Peterson (1978)	✓					✓		✓				✓	✓
12. Jacob and Bergman (1980)	✓	✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓
รวม	7	3	3	0	3	7	1	6	2	7	3	7	7

หมายเหตุ (1) ทักษะการสังเกต, (2) ทักษะการวัด, (3) ทักษะการคำนวณ, (4) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และ มิติกับเวลา, (5) ทักษะการจำแนกประเภท, (6) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล, (7) ทักษะการทำนาย, (8) ทักษะการจัดกระทำข้อมูลหรือการสื่อความหมายข้อมูล, (9) ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ, (10) ทักษะการตั้งสมมติฐาน, (11) ทักษะการควบคุมตัวแปร, (12) ทักษะการแปลผลข้อมูลและลงข้อสรุป, และ (13) ทักษะการทดลอง

โดย Kuslan and Stone (1968) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในด้าน การพิจารณาเหตุผลเชิงนิรนัย Brown (1968) การเก็บรวบรวมข้อมูล, การสังเคราะห์ข้อมูล, การประเมินค่าข้อมูล Nay and Associates (1971) การประยุกต์ข้อความรู้ Klopfer (1971) การสร้างและตรวจสอบทฤษฎี Sund and Trowbridge (1976) การหาความรู้, ทักษะการสร้างสรรค์, การรวบรวมประสบการณ์ Londstom and Lowery (1978) การศึกษาอย่างลึกซึ้ง, การใช้เครื่องมือ Peterson (1978) การตั้งคำถาม, การเปรียบเทียบ, การนำไปใช้ประโยชน์ Jacob and Bergman (1980) การกำหนดปัญหา

สำหรับรายละเอียดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524) ได้กำหนดความหมาย และความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ประเภท, ความหมาย และพฤติกรรมของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ
1. การสังเกต (observing)	การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง	1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 1.2 บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ 1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้
2. การวัด (Measurement)	การวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ	2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการจะวัด 2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ 2.3 บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง 2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ น้ำหนักอื่น ๆ ได้ถูกต้อง 2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ
3. การจำแนกประเภท (Classification)	<u>การจำแนกประเภท</u> หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือนความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง	3.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ 3.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตัวเองได้ 3.3 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/time Relationship)	<u>มิติของวัตถุ</u> หมายถึง ที่ว่างของวัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้นโดยทั่วไปแล้วมิติของวัตถุจะมี 3 มิติ คือความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติกับ 2 มิติ ต่ำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างมิติการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุที่เปลี่ยนไปตามเวลา	4.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้ 4.2 วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้ 4..3 บอกชื่อของรูป และรูปทรงทางเรขาคณิตได้ 4.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ - ระบุรูป 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ - เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุสามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่เป็นต้นกำเนิดเงา - เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ)ที่เกิดขึ้น - บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น 2 ส่วน 4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุหนึ่งได้ 4.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง 4.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้ 4.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ
5. การคำนวณ (Using Numbers)	<u>การคำนวณ</u> หมายถึงการนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือ หาค่าเฉลี่ย	5.1 การนับ ได้แก่ 5.1.1 นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง 5.1.2 ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ 5.13 ตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน 5.1.4 ตัดสินว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)	<u>การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล</u> หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดการทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียน บรรยาย เป็นต้น	6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม 6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้ 6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ 6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้ 6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กระทัดรัดสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ 6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่ที่จะสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้
7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)	<u>การลงความคิดเห็นจากข้อมูล</u> หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย	อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์มาช่วย

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ
8. การพยากรณ์ (Prediction)	<u>การพยากรณ์</u> หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎี ที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุป การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลขได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่	การพยากรณ์ทั่วไป 8.1 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ 8.2 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ 8.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
9. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)	<u>การตั้งสมมติฐาน</u> หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์ เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดหาล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี มาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังก่อนทำการทดลอง หาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้	หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally)	<u>การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ</u> หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้	กำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้และวัดได้
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables)	<u>การกำหนดตัวแปร</u> หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้น คือสิ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดสิ่งต่าง ๆ หรือ สิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้น จริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้น อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน	ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ
12. การทดลอง (Experimenting)	การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ 1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด 1.1 วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร) 1.2 อุปกรณ์และ /หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง 2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ 3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกผลการทดลองซึ่งอาจเป็นผลการสังเกต การวัดและอื่น ๆ	12.1ออกแบบการทดลอง โดย 12.1.1 การกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย 12.1.2 ระบุอุปกรณ์และ / หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง 12.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม 12.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง
13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)	การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมาย หรือ การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้ง อาจต้องใช้ทักษะอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด	13.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ (การตีความหมายข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ) 13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ประเภทของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประเภทแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิจัยต่างประเทศ มีรายละเอียดดังปรากฏในตารางที่ 2.3 พบว่าแบบวัด 14 แบบวัดจากแบบวัดที่นำเสนอ 16 แบบวัดเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) ยกเว้น Assessment of Practical Skills (APS) และ The Diet Cola Test (DCT) สำหรับแบบทดสอบ APS นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติและผู้สังเกตเป็นผู้ให้คะแนนแบบมาตรประมาณค่า (checklists) ส่วนแบบทดสอบ DCT เป็นแบบทดสอบลักษณะคำถามปลายเปิดและปฏิบัติการทดลอง โดยผู้ใช้แบบทดสอบทั้งสองชนิดนี้ต้องผ่านการอบรมการใช้เครื่องก่อน จากตารางที่ 2.3 พบแบบสอบเลือกตอบจำนวนมาก แสดงถึงการยอมรับในคุณภาพ และความเหมาะสมในการใช้งานที่สะดวกรวดเร็วและใช้งบประมาณน้อยกว่าแบบวัดภาคปฏิบัติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบวัด	ระดับชั้น	ทักษะกระบวนการ	เนื้อหา
1. แบบทดสอบกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Test of Science Processes) (Tannenbaum, 1968)	Jr. High	1,2,3,5,6,12	เนื้อหาทั่วไป
2. แบบทดสอบกระบวนการกลุ่ม(Group Processes Test) (Riley,1972)	3-5	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกกำหนดโดยหลักสูตร SCIS	เนื้อหาอิงหลักสูตรSCIS (Based on SCIS curriculum)
3. Walbesser & Carter,1970Mcleod et al., 1975	ประถมศึกษา	ทั้งหมด	เนื้อหาเฉพาะในหลักสูตร SAPA
4. Ludeman, 1975	นักเรียนฝึกหัดครู	ทั้งหมด	เนื้อหาเฉพาะหลักสูตร SAPA (Specific to SAPA curriculum)
5. แบบทดสอบของเปเรซ (The perez Test of Science Process) (perez, 1979)	6	1,3,5,6,11,และการเปรียบเทียบ(comparative)	
6. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Test of the integrated process skills: TIPS I) (Dillashaw and Okey, 1980)	7-12	7-11	ไม่กำหนดเนื้อหาใดเฉพาะ
7. แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม(The Test of Integrated Science Processes) (Tobin &Capie, 1981)	ระดับวิทยาลัย (middle grades-college)	7-12	เนื้อหาทั่วไป (General content Domain)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบวัด	ระดับชั้น	ทักษะกระบวนการ	เนื้อหา
8. แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาในการทดลอง (Test of Experimental Problem-Solving Skills) (Ross & Maynes, 1983)	7-8	9,11	เฉพาะเนื้อหาด้านทักษะการแก้ปัญหาในการทดลอง(Experimental problem-Solving skills only)
9. การประเมินแบบอิงวัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์ (Objective Referenced Evaluation in Science) (Shaw, 1983)	6	1-10, 12	Content not covered in science during treatment
10. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Test of Integrated Process Skills: TIPS II) (Burn et. al., 1985)	7-12	7-11	ไม่มีเนื้อหาเฉพาะเจาะจง (Not content specific)
11. แบบทดสอบทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Test of Basis Process Skills) (Padilla et al., 1985)	4-8	1-6	ไม่มีเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการขั้นผสม(No integrated Processes)
12. Process Orientation Toward Science (Scharmann Harty and Holland, 1986)	นักเรียนฝึกหัดครู	ทั้งหมด	-
13. แบบทดสอบกระบวนการสืบเสาะทางชีววิทยา (Processes of Biological Investigation Test)(Germann, 1989)	มัธยมศึกษา	6,9,11	ตัวอย่างประกอบวิชาชีววิทยา (Examples Taken from biology)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบวัด	ระดับชั้น	ทักษะกระบวนการ	เนื้อหา
14. การประเมินทักษะการปฏิบัติการ (Assessment of Practical Skills) (Lock, 1989)	มัธยมศึกษา	1,4,11, และ การเชื่อตนเอง (self reliance)	ความสัมพันธ์เกี่ยวกับการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ (Relative to practical work in school science in Britain)
15. การประเมินกระบวนการวิทยาศาสตร์ (Science Process Assessment) (Smith & Welliver, 1990)	4	ทั้งหมด	เนื้อหาในหลักสูตร ของ เพนซิลวาเนีย (Pensylvania SOL)
16. The Diet Cola Test (Fowler, 1990)	ผู้มีพรสวรรค์หรือความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์(Gifted or Talanted in science)	1-10, 13	-

หมายเหตุ (1) ทักษะการสังเกต (2) ทักษะการสรุปอ้างอิง (3) ทักษะการวัด (4) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (5) ทักษะการจำแนกประเภท (6) ทักษะการทำนาย (7) ทักษะการควบคุมตัวแปร (8) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (9) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (10) ทักษะการแปลผลข้อมูลและลงสรุป (11) ทักษะการทดลอง (12) ทักษะการคำนวณ (13) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา

สำหรับแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยประเทศไทยสร้างไว้มีรายละเอียดในตารางที่ 2.4 พบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่นักวิจัยไทยสร้างขึ้น แบบวัดในข้อที่ (1) ถึง (9) เป็นแบบสอบเลือกตอบ ส่วนแบบวัดที่ (10) เป็นแบบวัดแบบคลีนิค

ตารางที่ 2.4 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้สร้างและพัฒนา	ระดับชั้น	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	ความเที่ยง
(1) คำนูณ สายแสงจันทร์ (2526)	ม. 5	8, 10, 12, 13	30	KR-20 มีค่า .89
(2) ควงจิต สุขสุเมฆ (2527)	ป. 6	1, 5, 6, 8, 12, 13	60	KR-21มีค่า .71
(3) วรรณทิพา รอดแรงค้า (2528)	ม. 1-6	9-13	36	ครอนบาค .75
(4) พจนีย์ วรางลักษณ์ (2530)	ป. 6	1, 8, 10, 12	40	KR-21มีค่า .79
(5) สุภาวดี ลัภยานุกูล (2532)	ปฐมวัย	2, 8	30	Pearson มีค่า .41
(6) มณีรัตน์ เพคยางกูล (2532)	ม. 3	ทั้งหมด	33	KR-20มีค่า .83
(7) บุบผา อนันตรศิริชัย (2532)	ม.4-6	6, 8, 10, 13, การวางแผนและออกแบบการทดลอง,การเลือกและจัดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง	30	KR-20มีค่า .67
(8) พรทิพย์ ไชยโส (2533)	ม.1-3	9-13	40	KR-20มีค่า .83
(9) วลัยรัตน์ องค์ศิริมงคล (2533)	ม. 6	ทั้งหมด	40	KR-20 .78
(10) สมัย ยอดอินทร์ (2530)	ผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์	1, 2, 3, 10, 12, ทักษะการหาหลักฐานมาพิสูจน์ยืนยัน, ทักษะในการค้นหาหลักฐาน	4 กิจกรรม	ความสอดคล้องของผู้ให้คะแนน จำนวน 3 ท่าน

หมายเหตุ (1) ทักษะการสังเกต (2) ทักษะการวัด (3) ทักษะการคำนวณ (4) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา (5) ทักษะการจำแนกประเภท (6) ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (7) ทักษะการทำนาย (8) ทักษะการจัดกระทำข้อมูลหรือการสื่อความหมายข้อมูล (9) ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (10) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (11) ทักษะการควบคุมตัวแปร (12) ทักษะการแปลผลข้อมูลและลงข้อสรุป และ (13) ทักษะการทดลอง

แบบวัดดังกล่าวสร้างขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินผลหลักสูตรการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ (Riley, 1972; Walbesser & Carter,1970; Mcleod et al., 1975; . Ludeman, 1975; Ross & Maynes, 1983; Shaw, 1983; Smith & Welliver, 1990) และสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการทำวิจัย (perez, 1979; Lock, 1989; ควงจิต สุขสุเมฆ, 2527; พจนีย์ วราลักษณ์, 2530; สุภาวดี ลัภยาอนุกูล, 2532; มณีรัตน์ เพคยางกูล, 2532; บุบผา อนันตรศิริชัย, 2532; วลัยรัตน์ องค์ศิริมงคล, 2533; พรทิพย์ ไชยโส, 2533) และแบบวัดที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นแบบวัดมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน และการทำวิจัย ลักษณะของแบบวัดกลุ่มนี้จึงไม่ได้อิงเนื้อหาของหลักสูตรใดหลักสูตรหนึ่ง (Tannenbaum, 1968; Tobin &Capie, 1981; Burn et. al., 1985; Padilla et al., 1985; คำนูณ สายแสงจันทร์, 2526; วรรทิพา รอดแรงค้า, 2528) เมื่อพิจารณาแบบวัดในกลุ่มนี้พบว่า ส่วนใหญ่ได้มีการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นต้นเพื่อใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา และวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมเพื่อใช้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา

จากแบบสอบดังกล่าวผู้วิจัยสนใจคัดเลือกแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่พัฒนาโดย พรทิพย์ ไชยโส (2533) มาใช้ในการศึกษา ซึ่งสร้างและปรับปรุงมาให้ข้อคำถามแต่ละด้านมีจำนวนเท่ากัน จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ วรรณทิพา รอดแรงค้า (2528) ได้แปลและเรียบเรียงเป็นภาษาไทยจากแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Test of Integrated Process Skills; TIPS I) ของ Dillashaw and Okey (1980) และ TIPS II ของ Burn, Okey and Wise (1985) โดยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของ พรทิพย์ ไชยโส ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นประเภทแบบสอบเลือกตอบ โดยมีเหตุผล 4 ประการ คือ (1) เป็นแบบวัดที่ใช้วัดตรงกับกลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา (2) มีคุณภาพของเครื่องมือความเที่ยงสูงมีค่า .83 ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญและการวิเคราะห์องค์ประกอบ (3) สามารถวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมครบทั้ง 5 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ข้อคำถามในแบบวัดไม่ขึ้นอยู่กับเนื้อหาหรือหลักสูตรใดโดยเฉพาะ (4) มีจำนวนข้อไม่มากเกินไปคือ 40 ข้อ ใช้เวลาในการทำโดยเฉลี่ย 50 นาที

นอกเหนือจากการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดภาคปฏิบัติและแบบสอบเลือกตอบแล้ว แบบรายงานตนเอง (Self Report) หรือ แบบประเมินตนเอง (Self

Evaluation) เป็นแนวทางหนึ่งที่มีนักการศึกษาใช้ในการประเมินพฤติกรรมในการเรียนและการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการรายงานบรรยากาศการทดลอง การให้ความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่ม ดังเช่นมาตรวัดอัตมโนทัศน์ของเทนเนสซี (Tennessee Self-Concept Scale: TSCS) ของ Fitts (1965) แบบวัดการตระหนักรู้เกี่ยวกับตนเอง (self-esteem Inventory: SEI) ของ Coopersmith (1967) และแบบวัดพีเตอร์สัน-ยาโกบิ-คิว-ซอรทส์(Peterson-Yaakobi-Q-Sorts:PYQS)

แบบรายงานตนเอง (Self Report) หรือ แบบประเมินตนเอง (Self Evaluation) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ให้นักเรียนเป็นผู้สังเกตและประเมินตัดสินคุณลักษณะบางอย่างของตนเองโดยตนเอง (Cater V. Good, 1973 อ้างถึงใน เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2524; Hoy & Gregg, 1994) คุณลักษณะที่ใช้ในการวัดประกอบด้วย ทักษะทางสังคม พฤติกรรม และด้านจิตใจ โดยแบบรายงานตนเองมีลักษณะเป็น แบบมาตรประเมินค่า (Rating scales) หรือ แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยมีความเชื่อว่า (1) บุคคลแต่ละคนจะเป็นผู้สังเกต อธิบาย และรายงานพฤติกรรม ของตนในทุก ๆ สถานการณ์ได้ดีที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการแสดงออก ทัศนคติ ความรู้สึก ความคิดเห็นอื่น ๆ (2) บุคคลย่อมรายงานพฤติกรรมของตนเองได้อย่างตรงไปตรงมา โดยปราศจากอคติ (Federick G. Brown, 1976 อ้างถึงใน เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2524)

งานวิจัยเรื่อง "มาตรวัดสมรรถภาพตามการรับรู้ของเด็ก" ของ Harter (1982) มีวัตถุประสงค์ในการสร้าง แบบรายงานตนเองชนิดใหม่ (new self-report instrument) เรียกว่า มาตรวัดสมรรถภาพตามการรับรู้ (The Perceived Competence Scale) เพื่อวัดสมรรถภาพด้านสติปัญญา, ด้านสังคม ด้านกายภาพ และการเห็นคุณค่าในตนเอง ประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับ เกรด 3-6 อายุตั้งแต่ 9-12 ปี ขั้นตอนในการสร้างมาตรวัดมี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดขอบเขต (Domain) สมรรถภาพของบุคคล จากการสัมภาษณ์และการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมา Harter (1982) ได้กำหนดขอบเขตสมรรถภาพตามการรับรู้ของบุคคลว่ามีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ

1.1 ด้านสติปัญญา เน้นสมรรถภาพตามการรับรู้ ด้านการเรียน เชาว์ปัญญาและการแสดงออกภายในห้องเรียน

1.2 ด้านสังคม เน้นสมรรถภาพตามการรับรู้เกี่ยวกับจำนวนเพื่อนการเข้าร่วมกิจกรรมกับคนอื่น และการเป็นบุคคลสำคัญในห้องเรียน

1.3 ด้านกายภาพ เป็นสมรรถภาพตามการรับรู้ด้านกีฬา การแข่งขันเกม การชอบเป็นผู้เล่นมากกว่าผู้ดู

1.4 การสำนึกในคุณค่าของตนเองเป็นผลการประเมินตนเอง (self-evaluation) ซึ่งแนวคิดพื้นฐานจากการสำนึกในคุณค่าของตนเอง (self-esteem)

2. การสร้างแบบสอบถาม

Harter (1982) สร้างรูปแบบของข้อคำถามที่มีโครงสร้างให้เลือกตอบ (structure alternative format) รูปแบบข้อคำถามที่สร้างขึ้นสามารถลดการตอบตามปทัสถานทางสังคมได้ โดยเด็กจะถูกถามว่าตัวเขามีลักษณะตรงกับเด็กในกลุ่มใด ผู้ตอบจะต้องตัดสินใจว่าตนเองมีลักษณะเหมือนข้อคำถามที่อธิบายลักษณะกลุ่มทางด้านซ้ายหรือขวามือ โดยต้องตอบว่ามีลักษณะตรงหรือใกล้เคียงกับผู้ตอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ลักษณะตรงกับข้าพเจ้า	ลักษณะใกล้เคียงกับข้าพเจ้า			ลักษณะใกล้เคียงกับข้าพเจ้า	ลักษณะตรงกับข้าพเจ้า
1 ☐	2 ☐	1. เด็กบางคนมักลืมสิ่งที่เขาเรียน	แต่	เด็กส่วนใหญ่จะจดจำสิ่งที่เรียนได้	3 ☐	4 ☐

Harter สร้างข้อคำถามรวมทั้งหมด 40 ข้อ ประกอบด้วยมาตรย่อย (subscale) ด้านละ 10 ข้อคำถาม ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์และบางข้อนำมาจากมาตรวัดในอดีต โครงสร้างเนื้อหาของสมรรถภาพด้านสติปัญญาจะครอบคลุมทั้งสมรรถภาพภายในโรงเรียน และนอกโรงเรียน สำหรับสมรรถภาพด้านสังคมจะครอบคลุมถึงกลุ่มเพื่อนและบุคคลอื่น ๆ ด้วย และสมรรถภาพด้านกายภาพจะครอบคลุมถึงการประดิษฐ์ หรือสร้างสิ่งต่าง ๆ จากนั้นใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ เหลือมิติละ 7 ข้อ รวม 4 มิติ รวมทั้งหมด 28 ข้อ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้คือ (ก) เลือกข้อกระทงที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูง (ข) ไม่มีการไขว้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน (ค) ค่าเฉลี่ยรายข้อใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลาง (ง) ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานค่าเท่ากับ 1 และ (จ) ข้อที่สนับสนุนค่าความสอดคล้องภายในของมิติ ข้อคำถามข้อใดที่ไม่ตรงกับเกณฑ์ดังกล่าวจะตัดออกเนื่องจากถามสมรรถภาพที่กว้างเกินไปและไม่มีความชัดเจน จึงได้นิยามสมรรถภาพด้านสติปัญญาเฉพาะภายในโรงเรียน สมรรถภาพด้านสังคมเฉพาะภายในกลุ่มเพื่อน และสมรรถภาพด้านกายภาพเฉพาะด้านกีฬาและการเล่นเกม ข้อคำถาม 14 ข้อแรกจะเป็นข้อคำถามการรับรู้สมรรถภาพที่สูง ส่วนข้อคำถาม 14 ข้อหลังจะเป็นข้อคำถามการรับรู้สมรรถภาพที่ต่ำ ในแต่ละมิติจะมีข้อคำถาม 3 ข้อ ถามไปในทิศทางเดียวกัน อีก 4 ข้อ ถามในทิศทางตรงกันข้าม ข้อคำถามจะคละกันไปโดยไม่ได้เรียงตามลำดับ มาตรวัดในแต่ละข้อจะมีคะแนนจาก 1 ถึง 4 ซึ่งคะแนน 1 หมายถึง การรับรู้

สมรรถภาพที่ต่ำ และคะแนน 4 หมายถึง การรับรู้สมรรถภาพที่สูง คะแนนในแต่ละมิติคำนวณได้โดยการรวมคะแนนในแต่ละข้อ ผลรวมของคะแนนคือ ปริมาณการรับรู้สมรรถภาพในตนเองของมิตินั้น การสร้างรูปคำถามที่มีโครงสร้างให้เลือกตอบเพื่อควบคุมการตอบตามปทัสถานทางสังคมของบุคคล Crandall (1965) พบค่าความสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดการรับรู้สมรรถภาพกับคะแนนการตอบตามปทัสถานทางสังคมมีค่า .09 จึงสรุปได้ว่าการใช้มาตรวัดการรับรู้สมรรถภาพในตนเองของบุคคล ไม่ได้ตอบตามปทัสถานทางสังคมเป็นการตอบตามการรับรู้สมรรถภาพในตนเองของบุคคลนั้นอย่างแท้จริง สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ พบว่า (1) วิเคราะห์ความตรงเชิงองค์ประกอบ (factorial validity) Harter วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันได้จำนวน 4 องค์ประกอบ โดยใช้การหมุนแกนแบบมุมแหลมซึ่งให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบคงที่สูงสุด และให้มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบได้ (2) วิเคราะห์ค่าความเที่ยง (reliability) ค่าความเที่ยงเชิงความสอดคล้องภายในแต่ละมิติ คือ ด้านสติปัญญา สังคม กายภาพ และการสำนึกในคุณค่าของตนเอง มีค่าอยู่ในช่วง .75 - .83, .75 - .84, .77 - .86 และ .73 - .82 ตามลำดับ สุนทร เทียนงาม (2539) ได้นำแนวคิดในการสร้างมาตรวัดสมรรถภาพตามการรับรู้ มาสร้างเป็น แบบวัดสมรรถภาพการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยสมรรถภาพด้านสติปัญญา ด้านสังคม ด้านกายภาพ และการเห็นคุณค่าต่อการวิจัย ในการศึกษาวิจัยเรื่อง "โมเดลสมรรถภาพการวิจัย : การวิเคราะห์ด้วยลิสเรล" พบว่าการพัฒนาโมเดลสมรรถภาพการวิจัยที่สร้างจากทฤษฎีการระบุสาเหตุ และทฤษฎีความคาดหวัง มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลจากการตรวจสอบความตรงของโมเดล มีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 64.821 p = .684 ที่องศาอิสระ 71 ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องเท่ากับ .942 ตัวแปรสมรรถภาพการวิจัย และตัวแปรสังกัดกรมสามัญศึกษา มีอิทธิพลทางตรงต่อตัวแปรการทำวิจัย การเข้าร่วมประชุมสัมมนาทางการวิจัย การระบุสาเหตุของผลลัพธ์ และแรงจูงใจ รวมทั้งอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรสังกัดกรมสามัญศึกษา ที่ส่งผ่านตัวแปรคั่นกลางไปยังสมรรถภาพการวิจัย ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถภาพทางการวิจัย ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน และหาค่าความเที่ยงเชิงความสอดคล้องภายใน (cronbach' s α) มีค่าเท่ากับ .85

ผลจากการศึกษา พบว่ามาตรวัดสมรรถภาพตามการรับรู้ ที่สร้างขึ้นโดย Harter (1982) และสุนทร เทียนงาม (2539) สามารถวัดความสามารถตามการรับรู้ด้านสติปัญญาได้ ประกอบกับแบบรายงานตนเองโดยพื้นฐานสามารถวัดด้านพฤติกรรม ผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวคิดในการสร้างมาตรวัดตามการรับรู้ของ Harter (1982) มาสร้างมาตรวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบสอบเลือกตอบซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สาเหตุในการเลือกเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองประเภทมาศึกษา 4 ประการคือ (1) เครื่องมือทั้งสองสามารถสร้างข้อคำถามที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประเภทเดียวกัน (2) เครื่องมือทั้งสองมีการให้คะแนนเป็นแบบปรนัย (3) ผู้ตอบไม่ต้องใช้เวลาในการตอบมากเกินไป (4) สามารถตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้วยวิธีเดียวกันได้ เช่น หาค่าความเที่ยงวิธี สัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟา (Cronbach's coefficient alpha) พร้อมทั้งตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นต้น โดยมาตรวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะสร้างขึ้นใหม่มีลักษณะเป็นมาตรประเมินค่า ผู้ตอบเป็นผู้ประเมินด้วยตนเองซึ่งมีข้อดีกว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบสอบเลือกตอบเดิม ในเรื่องของ (1) ใช้ระยะเวลาในการสร้างข้อคำถามสั้นกว่า เนื่องจากไม่ต้องสร้างตัวลวง และ (2) ไม่ต้องมีการเข้าห้องสอบรวมทั้งการควบคุมเวลาในการตอบ

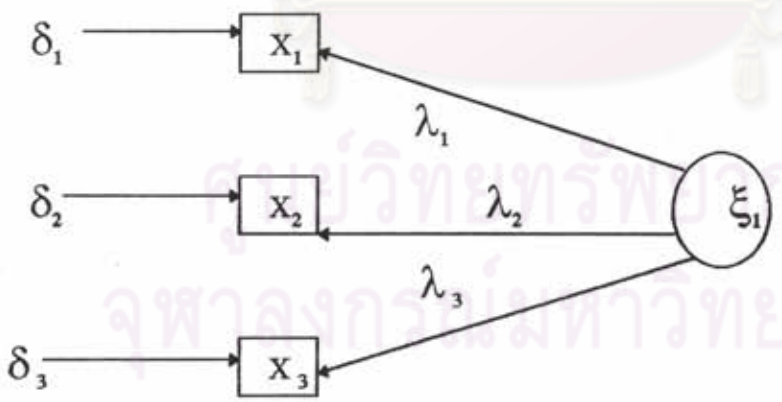
ปัจจุบันมีแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างโดยแบบสอบเลือกตอบจำนวนมาก มาตรวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้นั้นเป็นรูปแบบของเครื่องมือที่มีงานวิจัยสนับสนุนว่าสามารถวัดความสามารถด้านสติปัญญาและพฤติกรรมทักษะทางกายภาพได้จึงถือเป็นทางเลือกใหม่ในการสร้างเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นอกเหนือจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้างด้วยแบบวัดภาคปฏิบัติ, แบบสอบเลือกตอบ ที่มีการสร้างอยู่เดิม และมาตรวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้ที่ผู้วิจัยจะสร้างขึ้นมาใหม่ เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น ประเด็นของประเภทเครื่องมือที่ใช้วัดที่น่าทำการศึกษาต่อไป คือแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Essay Questions: MEQ) ซึ่งมีความเหมาะสมในการวัดทักษะในการแก้ปัญหา ลักษณะแบบสอบเป็นการกำหนดสถานการณ์ หรือกรณีศึกษา (case) โดยให้ข้อมูลจำนวนหนึ่งแก่ผู้ตอบ ผู้สอบจะสังเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่แล้วตอบคำถามปลายเปิดลงในแบบสอบ ข้อสอบในข้อต่อไปจะให้ข้อมูลเพิ่มเติมในสถานการณ์แรก ผู้สอบจะทราบว่าในข้อที่ผ่านมาตนเองตอบคำถามได้ถูกต้องหรือไม่ แล้วตอบคำถามข้อต่อไป โดยไม่ย้อนกลับไปแก้คำตอบข้อที่ผ่านมา ลักษณะแบบสอบ MEQ จึงมีข้อดีในแง่ของการให้อิสระในการตอบ มากกว่าแบบสอบเลือกตอบทั่วไปที่จำกัดขอบเขตการตอบจากคำตอบที่ได้กำหนดไว้แล้ว แต่จะด้อยกว่าข้อสอบสถานการณ์จำลอง แม้การตอบจะค่อนข้างอิสระแต่ก็ต้องอยู่ในกรอบของข้อมูลที่กำหนดให้ จากลักษณะการสอบดัง

กล่าว การดำเนินการสอบด้วยแบบสอบ MEQ ต้องเข้มงวดในเรื่องของการบริหารการสอบที่จะไม่ให้ผู้สอบกลับไปแก้คำตอบที่ตอบไปแล้ว หรือเปิดไปดูข้อมูลในส่วนถัดไป การกำหนดเวลาในการทำข้อสอบในแต่ละข้อ และความเป็นปรนัยในการตรวจ จากความก้าวหน้าในวิทยาการด้านเทคโนโลยี พิสนธ์ จึงตระกูล (ม.ป.ป. อ้างถึงใน พวงแก้ว ปุณยกนก, 2531) ได้สร้างแบบสอบ MEQ ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีข้อดีในเรื่องของการกลับไปแก้ไขคำตอบของผู้สอบและการกำหนดเวลาในการทำ แต่จะมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่สามารถจัดสอบได้กับผู้สอบจำนวนน้อย

<u>ตอนที่ 2 โมเดลการวัด, การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการตรวจสอบความตรงของโมเดล</u>

โมเดลการวัด (measurement model) เป็นโมเดลที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณลักษณะและตัวแปรสังเกตได้หลายตัวแปร หลักในการวัดจะต้องสร้างองค์ประกอบจากหลายตัวแปร โดยจะรวมกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน แต่ละองค์ประกอบคือ ตัวแปรคุณลักษณะแฝง (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538) ดังแสดงในภาพต่อไปนี้



ξ แทน เวกเตอร์ตัวแปรแฝงภายนอก

X แทน เวกเตอร์ตัวแปรแฝงภายนอกสังเกตได้

λ แทน เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย ของ ξ บน X

δ แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X

ตัวแปรในโมเดลการวัด (measurement model) มีความสัมพันธ์กันแสดงในรูปของสมการ ดังนี้

$$x_1 = \lambda_1\xi_1 + \delta_1 \qquad x_2 = \lambda_2\xi_1 + \delta_2 \qquad x_3 = \lambda_3\xi_1 + \delta_3$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \boxed{\xi_1} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \end{bmatrix}$$

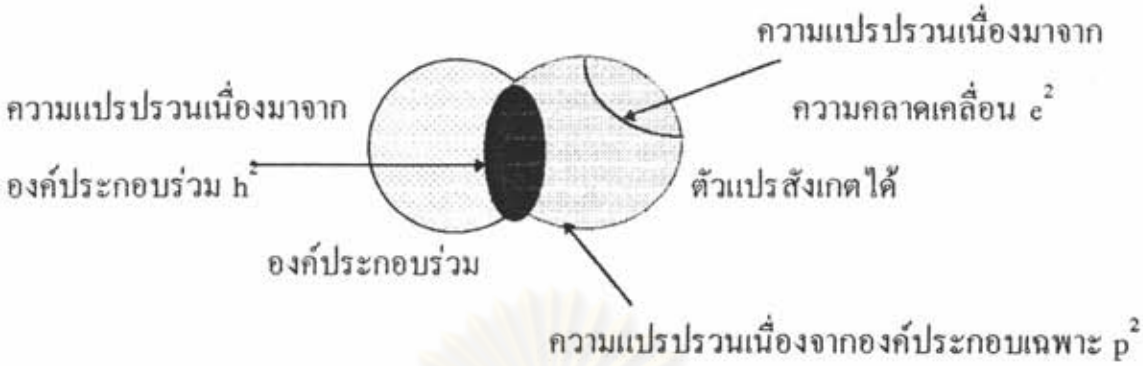
เขียนในรูปสมการเมทริกซ์ ดังนี้

$$x = \Lambda x \xi + \delta$$

โดยทั่วไปโมเดลการวัดจะวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ถือเป็นเครื่องมือในการวัดองค์ประกอบซึ่งเป็นตัวแปรแฝง นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรว่ามีโครงสร้างตามนิยามเชิงทฤษฎี หรือไม่สอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงอย่างไร วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ คือใช้ในการสำรวจและระบุองค์ประกอบที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผลจากการวิเคราะห์จะได้ตัวแปรน้อยลงและได้องค์ประกอบร่วม การวิเคราะห์ในลักษณะนี้โดยทั่วไปเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ซึ่งจะมีจุดอ่อนที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่ตรงตามสภาพความจริงเนื่องจากการไปกำหนดให้ทุกตัวแปรในโมเดลเป็นผลมาจากองค์ประกอบร่วมทุกตัวและส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่ศึกษาไม่สัมพันธ์กัน

วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบอีกประเด็นหนึ่งคือการตรวจสอบโมเดลสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ ซึ่งเรียกกันว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งจะช่วยลดข้อด้อยของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

การวิเคราะห์องค์ประกอบใช้หลักของการศึกษาความแปรปรวน โดยแบ่งความแปรปรวนออกเป็น 3 ส่วนดังนี้



ในการวิเคราะห์องค์ประกอบต้องคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538) ดังต่อไปนี้คือ

(1) ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบ นั้นคือตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความแปรผันเนื่องจากองค์ประกอบร่วม (common factor = F) และองค์ประกอบเฉพาะ (unique factor = U) โมเดลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบอยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานดังนี้

$$Z = (a_1)(F_1) + (a_2)(F_2) + ...+ U$$
$$= \sum aF + U$$

Z คือ ผลบวกเชิงเส้นขององค์ประกอบร่วม F_1 , F_2,...

U คือ องค์ประกอบเฉพาะ

a_1 , a_2 คือ น้ำหนัก (weight) ขององค์ประกอบร่วมแต่ละองค์ประกอบ เรียกว่า น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading)

(2) ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความเป็นอิสระระหว่างองค์ประกอบ กล่าวคือ องค์ประกอบร่วม และองค์ประกอบเฉพาะ ของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน นั้นคือค่าแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะมีค่าเป็น ศูนย์

(3) คุณสมบัติด้านการบวกของความแปรปรวนองค์ประกอบ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้ ประกอบด้วยผลบวกของ องค์ประกอบเฉพาะและความแปรปรวนจากองค์ประกอบร่วม เมื่อโมเดลอยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานจะมีค่าเฉลี่ยเป็น ศูนย์ และความแปรปรวนเป็น หนึ่ง

ขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

(1) การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (2) การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น (extraction of the initial factors) (3) การหมุนแกน (method of rotation) (4) การสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ

ในการศึกษาความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ค่าสถิติอย่างหนึ่งที่จะตรวจสอบว่าโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบ มีความตรงสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ก็คือ สถิติวัดระดับความกลมกลืน เป็นค่าสถิติในการตรวจสอบความตรงของโมเดลลิสเรล โดยศึกษาภาพรวมของพารามิเตอร์ที่ถูกประมาณในโมเดลสมมติฐานว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนยังสามารถตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลที่ต่างกันได้ด้วย สถิติวัดระดับความกลมกลืนที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติลิสเรล Joreskog and Sorbom (1989; อ้างถึงในนงลักษณ์ วิรัชชัย 2538: 45-47) แบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistic) ใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ คำนวณจาก ผลคูณขององศาอิสระกับค่าของฟังก์ชันความกลมกลืน ดังนั้น หากค่าที่ได้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลลิสเรลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากเท่านั้น สำหรับการใช้ค่าสถิติไค-สแควร์นี้ ต้องคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้น 4 ประการ คือ (1) ตัวแปรภายนอกที่สังเกตได้ต้องมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ความโด่งมีค่าเป็นศูนย์ (2) การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้เมทิกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ในการคำนวณ (3) ขนาดกลุ่มตัวอย่างควรมีขนาดใหญ่ เพราะจะทำให้ค่าฟังก์ชันมีการแจกแจงเป็นไค- สแควร์ โดยทั่วไปควรมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 100 คน สูตรในการกำหนดขนาดตัวอย่างอย่างง่าย คือ สัดส่วนระหว่างหน่วยตัวอย่างและจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรเป็น 20 ต่อ 1

2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-of-Fit Index = GFI) หลักการของ GFI คือการพิจารณา ค่าไค-สแควร์ กับค่าองศาอิสระ หากค่าไค-สแควร์มีค่ามากกว่า ผู้วิจัยต้องปรับโมเดลเพื่อให้ค่าไค-สแควร์มีค่าลดลง ค่า GFI คำนวณได้จาก อัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความกลมกลืน จากโมเดลก่อนและหลังปรับ ดังนั้นหากค่า GFI มีค่าสูง แสดงว่า โมเดลที่ปรับขึ้นใหม่นั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น โดยค่า GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

3. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness-of-Fit Index = AGFI) เป็นการนำ GFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดขององศาความอิสระ ซึ่งรวมถึงจำนวนตัวแปรและขนาดกลุ่มตัวอย่าง จะได้ค่าดัชนี AGFI โดยมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

4. ดัชนีรากกำลังสองโดยเฉลี่ยของเศษ (Root Mean Squared Residual = RMR) ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลที่ใช้ข้อมูลเดียวกัน โดยบอกขนาดเศษที่เหลือโดยเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดล 2 โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่า RMR ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลทั้งสองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากเท่านั้น

ในการวิเคราะห์ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนพบว่า ดัชนี GFI มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำที่สุด แต่มีข้อเสียที่ มีค่าเพิ่มขึ้นเร็วมาก จนอาจจะสูงถึง 0.9 ได้ถึงแม้ว่าโมเดลจะไม่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ดังนั้นการพิจารณาค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนจะต้องมีการพิจารณาหลายค่าประกอบกัน

ตารางที่ 2.5 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนในโมเดลลิสเรล

ดัชนี	สูตรการคำนวณ	ความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์
$C = \chi^2$	$(n-1)F[s,\sum(\theta)]$; $d = \{(k)(k-1)/2\} - t$	มีค่าเข้าใกล้ 0
GFI	$1- F[s,\sum(\theta)] / F[s,\sum(0)]$	มีค่าเข้าใกล้ 1
AGFI	$1-\{ (1 /2d)(k)(k+1)\} (1- GFI)$	มีค่าเข้าใกล้ 1
RMR	$\sqrt{FO/d}$	มีค่าเข้าใกล้ 0

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง k = จำนวนตัวแปรสังเกตได้ d = องศาอิสระ

$F[s,\sum(\theta)]$ = ค่าต่ำสุดของฟังก์ชั่นความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์ θ

$F[s,\sum(0)]$ = ค่า F ของโมเดลที่ไม่มีพารามิเตอร์ในโมเดล

เนื่องจากค่า RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดลเฉพาะกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ในการวิจัยการเปรียบเทียบครั้งนี้ใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างชนิดกัน ข้อมูลจากโมเดลที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบสอบเลือกตอบ และมาตรวัด

I17256367

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้ ผลจากการวัดที่ได้จึงไม่เป็นข้อมูลเดียวกัน ในการวิจัยนี้จะใช้ค่าสถิติไค-สแควร์ (chi-square Statistic), ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-of-Fit Index = GUI) และดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness-of-Fit Index = AGE) ในการหาค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบโมเดลที่มีข้อมูลต่างชุดกันได้

ตอนที่ 3 กรอบแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างโมเดลวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อความรู้จากตอนที่ 1 ซึ่งให้รายละเอียดเกี่ยวกับความหมาย ประเภท และเครื่องมือที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะขั้นต้น 8 ทักษะและทักษะขั้นผสม 5 ทักษะ สำหรับตอนที่ 2 กล่าวถึง โมเดลการวัด, การวิเคราะห์องค์ประกอบและการตรวจสอบความตรงของโมเดล ในการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบการตรวจสอบความตรงของโมเดล ในงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการศึกษาความตรงเชิงโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้คือ

Tobin, E.G. and Cape, W. (1981) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Test of integrated Science Process) สร้างข้อคำถามจาก 12 วัตถุประสงค์ จำนวน 24 ข้อเพื่อวัดทักษะ 12 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) ทักษะการระบุตัวแปรในการศึกษา
(2) ทักษะการระบุตัวแปรที่อาจมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม
(3) ทักษะการนำเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
(4) ทักษะการระบุตัวแปรจัดกระทำที่ศึกษา
(5) ทักษะการนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณได้เข้าใจง่าย
(6) ทักษะการระบุตัวแปรที่ต้องควบคุม
(7) ทักษะการระบุวิธีวัดหรือจัดกระทำตัวแปรต้น
(8) ทักษะการแปลผลข้อมูลถูกต้อง
(9) ทักษะการระบุวิธีการในการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน
(10) ทักษะการระบุวิธีที่เหมาะสมในการวัดตัวแปรตาม

(11) ทักษะการระบุข้อมูลที่สนับสนุนการตั้งสมมติฐาน

(12) ทักษะการใช้ข้อมูลที่ได้ในการสร้างหรือปรับปรุงแก้ไขสมมติฐาน

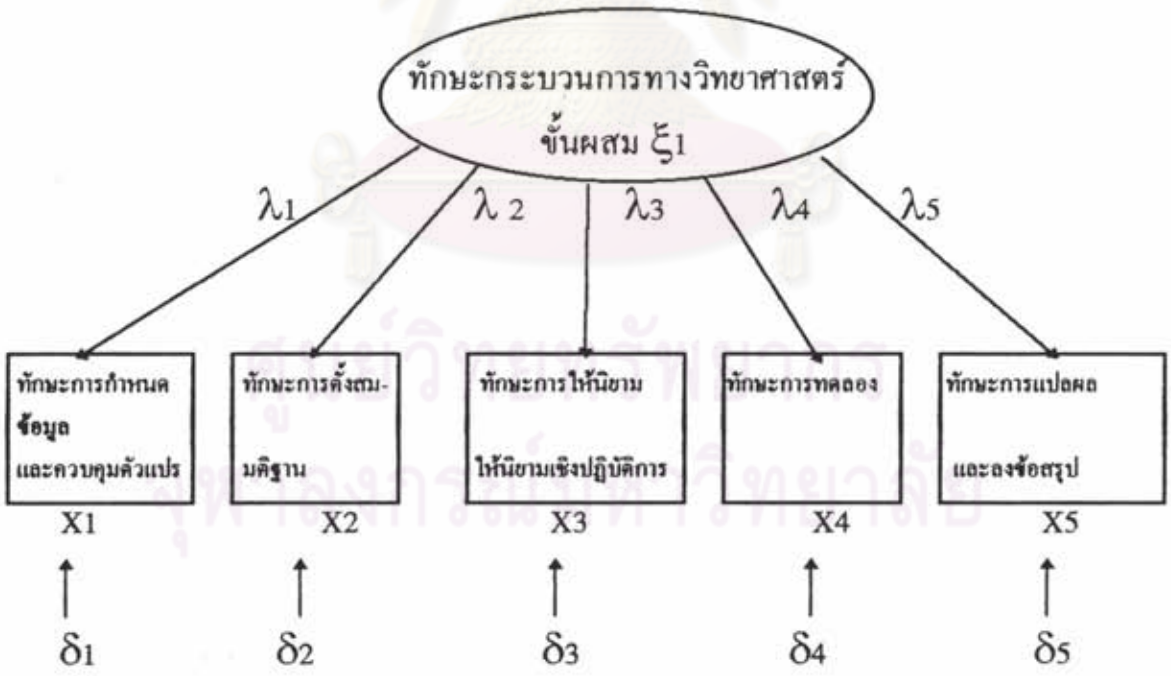
กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็นนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา 396 คน ตรวจสอบความเที่ยงด้วยวิธี Cronbach' s α มีค่าอยู่ในช่วง 0.77-0.98 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ สำหรับการตรวจสอบความตรงโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่ามี 1 องค์ประกอบ ที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .40 ตัวแปรทั้ง 12 ทักษะสามารถอธิบายความแปรปรวนในองค์ประกอบร่วมได้ถึงร้อยละ 26

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องข้อค้นพบของ Padilla, M. J. and Okey, J. R. (1983) ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Test of Integrated Science Process Skill: TIPS I) ซึ่งสร้างขึ้นโดย Dillashaw, F.G. and Okey, J.R. (1980) ทั้งหมด 5 ทักษะได้แก่ ทักษะการระบุตัวแปรที่ศึกษา, ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ, ทักษะการตั้งสมมติฐาน, ทักษะการแปลผลข้อมูลและลงข้อสรุป และทักษะการออกแบบการทดลอง ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเกรด 7-12 ลักษณะเด่นของแบบวัด คือ ไม่อิงเนื้อหาในหลักสูตรใดโดยเฉพาะ (cotent free) ข้อกระทงมีจำนวน 36 ข้อ ใช้เวลาในการทำโดยเฉลี่ย 45 นาที ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า คะแนนความสามารถจาก 5 ทักษะสามารถอธิบายความแปรปรวนในองค์ประกอบร่วม ได้ถึงร้อยละ 37.4 มีค่าความเที่ยงของแต่ละด้าน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Cronbach's α เท่ากับ 0.22 ถึง 0.65

ต่อมาในปี 1987 Baird, W.E. and Borich, G.D. ได้นำแบบวัด TIPS มาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลอีกครั้ง ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ มีค่า eigen value=4.85 ตัวแปรทักษะทั้ง 5 สามารถอธิบายความแปรปรวนในองค์ประกอบร่วมได้ถึงร้อยละ 48.5

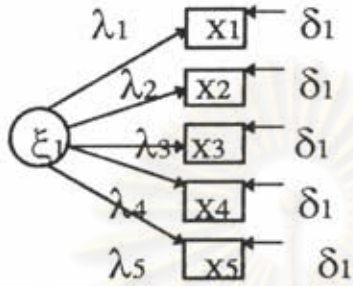
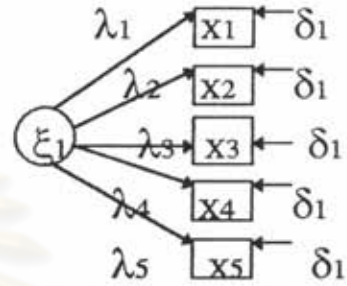
พรทิพย์ ไชยโส (2533) ได้ศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนน ด้านความตรงเชิงทฤษฎีด้วยการวิเคราะห์ โมเดลหลากลักษณะหลายวิธี (MTMM) จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 5 ทักษะ จำนวน 40 ข้อคำถาม พบว่า การให้คะแนนด้วยสูตรต่างกัน มีความตรงลู่เข้าในทักษะเดียวกัน และมีความตรงแยกออกในทักษะต่างกัน โดยสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้กับองค์ประกอบร่วมมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อความรู้ที่ได้จากการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ Tobin, K.G. and Capie, W. (1982), Padilla, M.J. and Okey, J.R. (1983), และBaird, W.E. and Borich, G.D. (1987) ด้วยวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่า มีองค์ประกอบร่วมเพียงองค์ประกอบเดียว ดังนั้น โมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยครั้งนี้ จึงอยู่ในรูปของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และเป็นโมเดลเอกมิติโดยมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบ หรือตัวแปรแฝงที่เพียงตัวเดียว อันประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 5 ทักษะ คือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร, ทักษะการตั้งสมมติฐาน, ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ, ทักษะการทดลอง และทักษะการแปลผลข้อมูลและการลงข้อสรุป ดังภาพที่ 2.1 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างมาตรแบบสอบเลือกตอบและมาตรวัดตามการรับรู้ โดยพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลจาก ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนของโมเดล คือ ค่าไค-สแควร์, ดัชนี GFI และดัชนี AGFI ปรากฏในตารางที่ 2.6



ภาพที่ 2.1 โมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 2.6 กรอบแนวคิดการเปรียบเทียบความสอดคล้องของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตัวแปรที่ศึกษา	แบบสอบเลือกตอบ	มาตรวัดตามการรับรู้
โมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนของโมเดลการวัด	ค่าไค-สแควร์ มีค่าเข้าใกล้ 0 ดัชนี GFI มีค่าเข้าใกล้ 1 ดัชนี AGFI มีค่าเข้าใกล้ 1	ค่าไค-สแควร์ มีค่าเข้าใกล้ 0 ดัชนี GFI มีค่าเข้าใกล้ 1 ดัชนี AGFI มีค่าเข้าใกล้ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย