บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอ ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
    - 1.1 ความสำคัญของคณิตศาสตร์
    - 1.2 สาระกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
    - 1.3 มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
    - 1.4 คุณภาพผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
    - 1.5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. ความรู้สึกเชิงจำนวน
    - 2.1 ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวน
    - 2.2 องค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน
    - 2.3 ความสำคัญของความรู้สึกเชิงจำนวน
    - 2.4 การประเมินผลความสามารถด้านความรู้สึกเชิงจำนวน
    - 2.5 การพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน
3. คุณภาพของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน
    - 3.1 ความเที่ยงตรง (Validity)
    - 3.2 ความยาก (Difficulty)
    - 3.3 อำนาจจำแนก (Discrimination)
    - 3.4 ความเชื่อมั่น (Reliability)
4. การสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 ก : 1 - 61) ดังนี้

1.1 ความสำคัญของคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 ก : 1)

วิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญในหลายแง่มุม ซึ่งนักคณิตศาสตร์ได้กล่าวถึงความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2545 : 15) กล่าวว่า วิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญยิ่ง ต่อการพัฒนาประเทศเนื่องจากความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สมทรง สุวพานิช (2539 : 15 - 19) กล่าวว่า คณิตศาสตร์ช่วยปลูกฝังและอบรมให้เป็นบุคคลที่มีคุณสมบัติ นิสัย ทัศนคติ และความสามารถทางสมองบางประการดังนี้คือ

1. ความเป็นผู้มีเหตุผล
2. ความเป็นผู้มีลักษณะนิสัยละเอียด และสุขุม รอบคอบ
3. ความเป็นผู้มีไหวพริบ และปฏิภาณที่ดีขึ้น
4. ฝึกให้พูด และเขียนได้ตามที่ตนคิด
5. ฝึกให้ใช้ระบบ และวิธีการซึ่งช่วยให้เข้าใจสังคมให้ดียิ่งขึ้น

สิริพร ดงทิพย์ (2545 : 1) กล่าวว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ช่วยก่อให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลกปัจจุบันเจริญขึ้นเพราะการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้คณิตศาสตร์

ปิยวิทย์ บรรพสาร (2549 : 10) กล่าวว่า คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีลักษณะเฉพาะและเป็นวิชาที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับนักเรียนทุกคน และการเรียนการสอน

คณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการดำรงชีวิต เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป ความสำคัญของคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่สำคัญ ช่วยพัฒนา และส่งเสริมการคิดของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์ การคิดอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน กล้าตัดสินใจด้วยความรอบคอบในการแก้ปัญหา เป็นวิชาที่เป็นพื้นฐานของวิชาอื่น ๆ จึงมีประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ใช้ในการดำรงชีวิต และอยู่ร่วมกับผู้ได้อย่างมีความสุข

1.2 สาระกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

สาระที่ 2 การวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

สาระที่ 4 พีชคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

สาระที่ 6 ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3 มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2551 ข : 47 - 74) ได้ระบุสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจในระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และการใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชันต่าง ๆ ได้

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟและตัวแปรเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) อื่น ๆ แทนสมการต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระที่ 6 ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป สาระ มาตรฐาน และตัวชี้วัด ของวิชาคณิตศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานว่าสาระการเรียนรู้แกนกลางและมาตรฐานการเรียนรู้ทั้ง 14 มาตรฐาน ที่ผู้เรียนทุกคนจำเป็นต้องเรียนรู้ในการจัดทำสาระการเรียนรู้ ต้องศึกษาสาระการเรียนรู้แกนกลาง และตัวชี้วัดชั้นปีในมาตรฐานการเรียนรู้แต่ละสาระการเรียนรู้ นำผลจากการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด เพื่อจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนบรรลุตามมาตรฐานตัวชี้วัดเหล่านั้น

1.4 คุณภาพผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คุณภาพผู้เรียน

จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1. มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งแสนและศูนย์ และการดำเนินการของจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหาร พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก ปริมาตร ความจุ เวลา และเงิน สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกลม ทรงกระบอก รวมทั้ง จุด ส่วนของเส้นตรง รังสี เส้นตรง และมุม

4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูป และอธิบายความสัมพันธ์ได้

5. รวบรวมข้อมูล และจำแนกข้อมูลเกี่ยวกับตนเองและสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน และอภิปรายประเด็นต่าง ๆ จากแผนภูมิรูปภาพและแผนภูมิแท่งได้

6. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1. มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง ร้อยละ การดำเนินการของจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง และร้อยละ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ สามารถหาค่าประมาณของจำนวนนับและทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่งได้

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร ความจุ เวลา เงิน ทิศ แผนผัง และขนาดของมุม สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกระบอก กรวย ปริซึม พีระมิด มุม และเส้นขนาน

4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูปและอธิบายความสัมพันธ์ได้ แก้ปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหาพร้อมทั้งเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นที่มีตัวไม่ทราบค่าหนึ่งตัวและแก้สมการนั้นได้

5. รวบรวมข้อมูล อภิปรายประเด็นต่าง ๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ แผนภูมิรูปวงกลม กราฟเส้น และตาราง และนำเสนอข้อมูลในรูปของแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ และกราฟเส้น ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการคาดคะเนการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้

6. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึม ทรงกระบอก และปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม เลือกใช้หน่วยการวัดในระบบต่าง ๆ เกี่ยวกับความยาว พื้นที่ และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในชีวิตจริงได้

3. สามารถสร้างและอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติโดยใช้วงเวียนและสันตรง อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิตสามมิติซึ่งได้แก่ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้

4. มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการและความคล้าย

ของรูปสามเหลี่ยม เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้ มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต (Geometric Transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation) และนำไปใช้ได้

5. สามารถนึกภาพและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

6. สามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือปัญหา และสามารถใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และกราฟในการแก้ปัญหาได้

7. สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ กำหนดวิธีการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสมได้

8. เข้าใจค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม ของข้อมูลที่ยังไม่ได้แจกแจงความถี่ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูลข่าวสารทางสถิติ

9. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์และประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

10. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป คุณภาพของผู้เรียนทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นคุณภาพที่ครูควรตระหนัก และต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้นักเรียนได้บรรลุผลตามคุณภาพเหล่านั้น และหนึ่งในคุณภาพของผู้เรียน ที่ผู้วิจัยสนใจคือความรู้สึกเชิงจำนวนและเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานอันดับต้น ๆ ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเห็นว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนถูกบรรจุไว้ในคุณภาพของนักเรียนที่เมื่อเรียนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ความรู้สึกเชิงจำนวนยังระบุเกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์ เศษส่วน ทศนิยม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า จำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม เป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่จำเป็นที่ต้องได้รับการศึกษาเป็นลำดับต้น ๆ ของทุก ๆ ระดับชั้น

1.5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ตารางที่ 1 สาระการเรียนรู้แกนกลาง มาตรฐาน และตัวชี้วัดชั้นปี เกี่ยวกับ จำนวนเต็ม สาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.1 และตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. ระบุหรือยกตัวอย่าง และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ ศูนย์ เศษส่วนและทศนิยม	• จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ ศูนย์ เศษส่วนและทศนิยม • การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม
	2. เข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลัง เป็นจำนวนเต็ม และเขียนแสดงจำนวนให้อยู่ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (Scientific Notation)	• เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม • การเขียนแสดงจำนวนในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ ($A \times 10^n$ เมื่อ $1 \leq A < 10$ และ n เป็นจำนวนเต็ม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม วิทยานิพนธ์ งานวิจัย

ตารางที่ 2 สาระการเรียนรู้แกนกลาง มาตรฐาน และตัวชี้วัดชั้นปี เกี่ยวกับ จำนวนเต็ม สาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.2 และตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. บวก ลบ คูณ หารจำนวนเต็ม และนำไปใช้แก้ปัญหา ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการบวก การลบ การคูณ การหาร และบอกความสัมพันธ์ของการบวก กับ การลบ การคูณ กับการหาร ของจำนวนเต็ม	• การบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนเต็ม • โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนเต็ม
	2. บวก ลบ คูณ หารเศษส่วนและทศนิยม และนำไปใช้แก้ปัญหา ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการบวก การลบ การคูณ การหาร และบอกความสัมพันธ์ของการบวกกับการลบ การคูณกับการหารของเศษส่วนและทศนิยม	• การบวก การลบ การคูณ และการหาร เศษส่วนและทศนิยม • โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเศษส่วนและทศนิยม
	3. อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการยกกำลังของจำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม	• เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม
	4. คูณและหารเลขยกกำลังที่มีฐานเดียวกัน และเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม	• การคูณและการหารเลขยกกำลังที่มีฐานเดียวกัน และเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่า เนื้อหาที่เป็นพื้นฐานสำคัญอยู่ใน สาระ มาตรฐาน และตัวชี้วัดชั้นปี ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.2 ตัวชี้วัดชั้นปี มัธยมศึกษาปีที่ 1 คือ การบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ความรู้สึกเชิงจำนวน

2.1 ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวน

Number Sense ซึ่งในภาษาไทยมีผู้ใช้คำต่าง ๆ กัน เช่น ความรู้สึกเชิงจำนวน สำนึกเกี่ยวกับจำนวน การหยั่งรู้เกี่ยวกับจำนวนซึ่งมีความหมายเดียวกัน มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้หลายทัศนะดังนี้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (เอมอร สิทธิรักษ์. 2546 : 11 ; อ้างอิงมาจาก สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา. 1989 : 39 - 40) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเด็กที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนที่ดีพิจารณาจาก 5 ลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความเข้าใจอย่างดีในความหมายของจำนวนต่าง ๆ
2. รับรู้ความสัมพันธ์อย่างหลากหลายของจำนวน
3. ตระหนักถึงขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
4. รู้ผลสัมพัทธ์ต่าง ๆ ของการดำเนินการของจำนวน
5. ใช้ตัวอ้างอิงจากสำหรับวัดสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

ในการศึกษาสำนึกเกี่ยวกับจำนวนกับนักเรียนในประเทศไต้หวัน รีส์และแยง (เอมอร สิทธิรักษ์. 2546 : 12 ; อ้างอิงมาจาก Reys and Yang. 1998 : 225 - 237) ได้กล่าวถึงลักษณะของการมีสำนึกเกี่ยวกับจำนวน ไว้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. มีความเข้าใจความหมายของจำนวนอย่างดี
2. มีความเข้าใจในการแยกและรวมจำนวน
3. มีความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์และขนาดของจำนวน
4. มีการใช้ตัวอ้างอิง
5. มีความเข้าใจถึงผลของการดำเนินการ
6. มีความยืดหยุ่นในการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการบนจำนวน ไปใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริง

โซวเดอร์และเคลิน (ธมนวรรณ ทาแก้ว. 2547 : 14 ; อ้างอิงมาจาก Sowder and Kelin. 1988 : 41 - 57) กล่าวว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นสิ่งเบื้องต้นสำหรับจำนวนต่าง ๆ เด็ก ๆ ที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนจะพัฒนาในด้านความหมายเกี่ยวกับจำนวนความสัมพันธ์เกี่ยวกับขนาดของจำนวนและรู้ผลการกระทำระหว่างจำนวน และการสรุปความเกี่ยวกับปริมาณและการวัดโดยใช้การสอนด้วยวิธีการประมาณค่า

โรเนา (Ronau. 1988 : 437) เน้นความสำคัญของความรู้สึกเชิงจำนวนว่า เป็นพื้นฐานสำคัญของความสำเร็จในการประมาณค่า การหาค่าใกล้เคียง และการแก้โจทย์ปัญหา

โฮป (Hope. 1989 : 12) ได้ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนหมายถึง การพิจารณาถึงคุณสมบัติเฉพาะเพื่อสนับสนุนสิ่งที่น่าปรารถนาอย่างหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นความหมาย ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความคิดอื่น ๆ เช่น ความรู้สึกร่วม สามัญสำนึก และไหวพริบ ซึ่งสามารถให้คำจำกัดความได้อย่างกว้างขวาง สามารถอ้างถึงความรู้สึกในเรื่องจำนวน การใช้ประโยชน์ และการตีความได้หลากหลาย เพื่อความซาบซึ้งกับระดับต่าง ๆ ของความถูกต้องในการคิดคำนวณ ตลอดจนการใช้ตัวเลข เพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้ง ความรู้สึกเชิงจำนวนยังหมายรวมถึงความสามารถที่จะประมาณค่าอย่างสมเหตุสมผล การขจัดความผิดพลาดทางเลขคณิต ความสามารถในการเลือกกระบวนการในการคำนวณอย่างมีประสิทธิภาพและสังเกตเห็นแบบรูปของจำนวนต่าง ๆ ได้

เคนเนดีและทิปส์ (Kennedy and Tipps. 2000 : 188 - 189) ได้ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนแบบธรรมดาทั่ว ๆ ไปว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนหมายถึงความสามารถในการคิดเกี่ยวกับจำนวน เช่น ครูให้นักเรียนบอกเกี่ยวกับการจัดการกลุ่ม (Regrouping) ของเลข 27 นักเรียน บอกสิ่งที่รู้ดังนี้

27 มาก่อน 28 และอยู่หลัง 26 หรือ

27 เกิดจากการจัดกลุ่มละ 10 จำนวน 2 กลุ่ม และ 7 จำนวน 1 กลุ่ม หรือ

27 คือเลขที่มีจำนวนน้อยกว่า 30 อยู่ 3 จำนวน และมากกว่า 24 อยู่ 3 จำนวน

แม้ว่าคำว่า "ความรู้สึกเชิงจำนวน" จะไม่ใช่เรื่องง่ายในการให้คำนิยามก็ตาม แต่ก็มีข้อตกลงที่พ้องกัน 2 ประเด็น คือ ประเด็นที่ 1 การแก้ปัญหาเป็นหัวใจและหลักการของการเรียนคณิตศาสตร์ ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับจำนวน ประเด็นที่ 2 การทำความเข้าใจเป็นสิ่งต้องคำนึงถึงเป็นประการแรกเมื่อต้องการให้เกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวน ความรู้สึกเชิงจำนวนจึงเกี่ยวข้องกับทัศนคติ และวิธีคิดเกี่ยวกับจำนวน

ลินด์และฟรีก (Lind and Fleege. 2003 : 16) ได้ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนหมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน ความรู้สึกเชิงจำนวนเชื่อมโยงระหว่างปริมาณ (Quantities) และการนับ (Counting) ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นพื้นฐานที่ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจำนวน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่และปริมาณ (Quantity) ปริมาณส่วนย่อยกับส่วนใหญ่ ความรู้สึกเชิงจำนวนช่วยให้เด็ก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เข้าใจ ความสำคัญของระดับของตัวเลข เช่น เลข 5 และเลข 10 มีความสัมพันธ์กับปริมาณ ความรู้สึกเชิงจำนวนยังช่วยให้เด็กสามารถ คิดประมาณค่า เกี่ยวกับปริมาณและการวัด

มาโลฟีวาและคณะ (Malofeeva and Others. 2004 : 648) ได้ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนหมายถึง ความเข้าใจว่าจำนวนคืออะไร และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร นอกจากนั้นยังรวมไปถึง การเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เลขจำนวนนับ เลขลำดับที่ และความเข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและจำนวน ความรู้สึกเชิงจำนวนสามารถทดสอบได้หลาย ๆ ทางเช่น การเปรียบเทียบขนาด การนับ ทั้งนี้ยากง่ายขึ้นอยู่กับอายุและระดับความสามารถของเด็กที่ทำการทดสอบ

แองฮีเลรี (AnghiLeri. 2006 : 1 - 2) ได้ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนหมายถึงความสามารถในการรับรู้ และเข้าใจ รูปแบบ และกระบวนการความสัมพันธ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับจำนวน และผลจากการจำ การรับรู้และเข้าใจ เกี่ยวกับจำนวน ทำให้สามารถนำไปตีตามประเด็นปัญหา และแก้ปัญหา เกี่ยวกับจำนวนที่พบเห็นที่เป็นปัญหาใหม่ไปเรื่อย ๆ ในชีวิตประจำวัน นอกจากนั้น แองฮีเลรี ยังนิยามทักษะการคำนวณ (Numeracy) ว่าไม่ใช่เฉพาะความสามารถในการคิดคำนวณในใจอย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังหมายถึงความสามารถในการอธิบายกลวิธีที่เหมาะสมในการคำนวณซึ่งเป็นการอธิบายทั้งสองอย่างคือ กระบวนการคำนวณ และผลลัพธ์จากการคำนวณ

นพพร แหยมแสง (2544 : 3 - 4) ได้ให้ความหมายความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) ไว้ว่าความรู้สึกเชิงจำนวน หมายถึง การรับรู้เกี่ยวกับจำนวนในหลาย ๆ ด้าน คือ ความเข้าใจความหมายของการใช้จำนวน ทั้งด้านจำนวนเชิงการนับ (Cardinal Number) และจำนวนเชิงอันดับที่ (Ordinal Number) การรู้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน ความสามารถในการใช้ประสบการณ์มาเป็นเกณฑ์ในการอ้างอิงความเป็นไปได้ของการวัด และความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น

สมทรง สุวพานิช (2546 : 79) ได้ให้ความหมายความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่าความรู้สึกเชิงจำนวน หมายถึงความสามารถในการหยั่งรู้เกี่ยวกับจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเหล่านั้นโดยการนำจำนวนเหล่านั้นมาสัมพันธ์กันด้วยวิธีต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นว่าเป็นวิธีที่เคยใช้ในชั้นเรียนตามปกติ ในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่นคือคิด อย่างมีไหวพริบ พลิกแพลง หลากหลายวิธีแล้วคิดหาวิธีคำนวณได้อย่างเหมาะสมกับบริบทของปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการประมาณค่าและความสามารถในการตัดสินเชิงปริมาณ และคุณภาพของจำนวน ตลอดจนสามารถที่จะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พิจารณาถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ โดยพิจารณาถึงคำตอบและช่วงของคำตอบที่เป็นไปได้ จากบริบทของปัญหานั้น ๆ

เอมอร สิทธิรักษ์ (2546 : 4 - 6) ได้ให้ความหมายความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่าหมายถึงการมีแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนใน 5 ด้าน ดังนี้

1. ความเข้าใจความหมายของจำนวน หมายถึงนักเรียนสามารถบอกความหมายของจำนวนที่กล่าวถึงได้ตามประสบการณ์ของตนเอง สามารถเขียนจำนวนที่มีขนาดเท่ากันได้หลายรูปแบบสามารถเปรียบเทียบจำนวนและเรียงลำดับจำนวน สามารถบอกจำนวนที่อยู่ระหว่างสองจำนวนใด ๆ และสามารถบอกได้ว่าจำนวนใดมีค่าใกล้กับจำนวนที่กำหนดมากกว่ากัน ดังเช่น นักเรียนมีความสามารถในการที่จะบอกความหมายของ $\frac{1}{2}$ ได้ในหลายแง่มุมต่าง ๆ ตามประสบการณ์ของตนเอง นักเรียนคนหนึ่งบอกว่า วันนี้นำเงินมาโรงเรียน 40 บาทตอนนี้จ่ายไปแล้ว 20 บาท ฉันจ่ายเงินไปแล้วครึ่งหนึ่ง หรือ อีกคนหนึ่งบอกว่า ฉันอายุ 12 ปี น้องสาวมีอายุ 6 ปี แสดงว่าน้องอายุเป็น $\frac{1}{2}$ ของฉัน นอกจากนี้นักเรียนสามารถเขียนสัญลักษณ์แทน $\frac{1}{2}$ ได้หลากหลาย เช่น $\frac{2}{4}$, $\frac{3}{6}$, $5 \div 10$, $\frac{3}{5} \times \frac{5}{6}$, 0.5 เป็นต้น นักเรียนสามารถบอกได้ว่า 3.7 มีค่าเท่ากับ 4 และตัวเลข 5 ในที่นี้มีค่าเท่ากับ $\frac{5}{10}$ หรือนักเรียนสามารถเรียงลำดับ จำนวนได้เช่น 0.44 , 0.76 , 1.35 , 1.66 หรือสามารถบอกได้ว่า $\frac{7}{14}$ อยู่ระหว่าง $\frac{3}{7}$ และ $\frac{4}{7}$ นอกจากนี้ความเข้าใจในความหมายของจำนวนในลักษณะขนาดของจำนวน จะรวมทั้งขนาดมากน้อยและขนาดสัมพัทธ์ ดังนั้นนักเรียนที่มีความเข้าใจในขนาดของจำนวน สามารถบอกได้ว่าไม่มีใครยกของที่มีน้ำหนัก 1000 กิโลกรัมด้วยมือได้ในครั้งเดียว แต่สามารถยกของที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัมได้ และนักเรียนสามารถบอกขนาดสัมพัทธ์ของจำนวนได้ เช่น เปรียบเทียบได้ว่า $\frac{7}{9}$ มีค่ามากกว่า $\frac{1}{2}$ แต่น้อยกว่า 1 หรือ ระหว่าง $\frac{7}{9}$ และ $\frac{8}{9}$ มีค่าใกล้ 1 มากกว่า หรือบอกได้ว่า 9.836 มีค่าน้อยกว่า 9.9 หรือ 0.4523 มีค่าใกล้กับ 0.5 มากกว่า 0 และ 1

2. ความสามารถในการใช้ตัวอ้างอิง (Benchmarks) หมายถึงนักเรียนสามารถใช้ตัวอ้างอิงในการเปรียบเทียบจำนวน สามารถใช้ตัวอ้างอิงในการประเมินค่า และสามารถใช้ตัวอ้างอิงในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ ดังเช่น นักเรียนสามารถเปรียบเทียบเศษส่วนและทศนิยมได้อย่างรวดเร็ว เช่นการใช้ $\frac{1}{2}$ เป็นตัวอ้างอิง บอกได้ว่า $\frac{7}{9}$ มีค่ามากกว่า $\frac{3}{7}$ เพราะว่า $\frac{7}{9}$ มีค่ามากกว่า $\frac{1}{2}$ แต่ $\frac{3}{7}$ มีค่าน้อยกว่า $\frac{1}{2}$ หรือในการใช้ 1.5 เป็นตัวอ้างอิง

บอกได้ว่า 1.6 มีค่ามากกว่า 1.4 เพราะว่า 1.6 มีค่ามากกว่า 1.5 ในขณะที่ 1.5 มีค่ามากกว่า 1.4 หรือนักเรียนสามารถใช้ข้อมูลที่พบในชีวิตประจำวันมาเป็นตัวอ้างอิงได้เช่น นักเรียนมีความสูง 150 เซนติเมตร สามารถบอกได้ว่าเพื่อนนักเรียนคนไหนสูงมากกว่า 150 เซนติเมตร หรือเตี้ยกว่า 150 เซนติเมตร หรือ ในการบวกลบ เศษส่วน นักเรียนสามารถบอกได้ว่า $\frac{7}{9} + \frac{4}{7}$ มีค่ามากกว่า 1 เพราะว่าทั้งคู่มีค่ามากกว่า $\frac{1}{2}$ หรือนักเรียนสามารถประมาณค่าผลบวกระหว่าง 14.59 + 6.75 ได้ค่าประมาณมากกว่า 21 แต่ไม่เท่ากับ 22 โดยใช้ 0.5 เป็นตัวอ้างอิง หรือนักเรียนสามารถใช้ตัวอ้างอิงในการประมาณค่าการวัด เช่นการหาความยาว การหาพื้นที่ การหาปริมาตร เป็นต้น หรือ การใช้ตัวอ้างอิงในการพิจารณาคำตอบ พิจารณา ความสมเหตุสมผลของคำตอบเช่นนักเรียนสามารถบอกได้ว่าคำตอบของ $\frac{6}{7} - \frac{1}{2} = \frac{5}{5} = 1$ เป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และไม่มีความสมเหตุสมผลเพราะว่า $\frac{6}{7}$ มีค่าไม่ถึง 1

3. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจ (Mental Computation) อย่างยืดหยุ่น หมายถึงนักเรียนสามารถใช้กลวิธีการคิดคำนวณภายในใจอย่างรวดเร็วด้วยการใช้หัวคิดอย่างเดียวเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องด้วยการใช้กลวิธีการคิดคำนวณอย่างยืดหยุ่น โดยปราศจากการใช้กระดาษ ดินสอ เทคโนโลยี หรือเครื่องมืออื่นใดมาช่วยในการคำนวณ ดังเช่น นักเรียนสามารถหาคำตอบของ 25 × 48 ได้โดยการคิดในใจเป็น $\frac{100}{4} \times 48$ แล้วเปลี่ยนเป็น $100 \times \frac{48}{4}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 × 12 = 1,200 หรือจากโจทย์ปัญหาที่ว่ามีเงินอยู่ 10 บาทซื้อของไป 8.25 บาท จะเหลือเงินเท่าไรนักเรียนอาจคิดว่า 8.25 บาท เพิ่มอีก 75 สตางค์ เป็น 9 บาท เพราะฉะนั้นเหลือเงิน 1.75 บาท หรือ อาจคิดว่านำ 8 ไปลบออกจาก 10 เหลือ 2 บาท แล้วเอาออกอีก 25 สตางค์ เหลือเงิน 1.75 บาท เป็นต้น หรือนักเรียนสามารถใช้สมบัติของการดำเนินการ ของจำนวนได้อย่างรวดเร็ว เช่น นักเรียนสามารถ หาผลบวกของ 1.75 + 0.50 โดยการคิดดังนี้ 1.75 + 0.5 = 1.50+ 0.25 + 0.50 = 2.25 หรือในการลบเศษส่วน เช่น $\frac{3}{4} - \frac{1}{2} = (\frac{1}{2} + \frac{1}{4}) - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ หรือ $2 - \frac{3}{4} = (1+1) - \frac{3}{4} = 1\frac{1}{4}$ เป็นต้น

4. ความสามารถในการประมาณค่า (Estimation) หมายถึงนักเรียนมีความสามารถในการหาคำตอบโดยประมาณอย่างรวดเร็วและยืดหยุ่นซึ่งมีค่าใกล้เคียงพอที่จะยอมรับได้ตามสถานการณ์นั้น ๆ โดยไม่จำเป็นต้องได้คำตอบที่ถูกต้อง (Exac Answer) ดังเช่น นักเรียนสามารถประมาณจำนวนลูกอมที่อยู่ในขวด ประมาณความกว้างของห้องเรียน ประมาณจำนวนคนในสนามกีฬา หรือประมาณจำนวนรถยนต์ที่จอดในสนามได้ นอกจากนี้การ

ประมาณค่าเป็นกลวิธีหนึ่งในการคิดคำนวณ ดังเช่น 243 + 479 อาจคำนวณโดยใช้เฉพาะตัวหน้า ดังนี้ 200 + 400 = 600 และ 40 + 70 มากกว่า100 ดังนั้นคำตอบต้องมากกว่า 700 หรืออาจคิดคำนวณได้โดยการปัด ได้ดังนี้ 250 + 500 = 750 คำตอบที่ได้จริง ๆ ต้องน้อยกว่า 750 เพราะว่าเป็นการปัดขึ้นหรือในการคำนวณผลบวกระหว่างทศนิยม เช่น 655.3 + 142.8 ควรมีค่าประมาณ 800 แต่ไม่เกิน 900 หรือถ้านักเรียนต้องการเดินทางไปกับกลุ่มเพื่อน 9 คนจ่ายค่ารถโดยสารคนละ 125 บาท แต่มีเงินอยู่ทั้งหมด 1200 บาท นักเรียนสามารถคิดคร่าว ๆ ได้ว่ามีเงินพอที่จะจ่ายหรือไม่ หรือนักเรียนสามารถบอกได้ว่า ผลคูณของ 3.946 กับ 21 มีค่าประมาณ 4 เท่าของ 21 หรือสามารถบอกได้ว่า $\frac{3}{5} \times 116$ มีค่าประมาณ $\frac{1}{2} \times 116$ ซึ่งเท่ากับครึ่งหนึ่งของ 116 เป็นต้น

5. ความสามารถในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ หมายถึงนักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้ หรือแนวคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับจำนวนมาอธิบายหรือแสดงได้ว่าคำตอบที่ได้สมเหตุผลหรือไม่ ดังเช่น นักเรียนบอกว่า 6.5 × 3.4 = 2.21 เป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง เพราะว่า 6× 3 ได้ค่าเท่ากับ 18 ผลคูณควรมากกว่า 18 หรือ $\frac{5}{9} + \frac{5}{7} = \frac{10}{16}$ เป็นไปไม่ได้เพราะว่าทั้ง $\frac{5}{9}$ และ $\frac{5}{7}$ มีค่ามากกว่า $\frac{1}{2}$ เพราะฉะนั้นผลบวกต้องมากกว่า 1 หรือนักเรียนสามารถบอกว่าได้ว่าคำตอบของ 1.95 × 0.99 มีค่าไม่มากกว่า 1.95 เพราะว่า 0.99 ไม่ถึง 1 ถ้าคูณด้วย 1 คำตอบจะเท่ากับ 1.95 พอดี หรือ 64 × 0.49 มีค่าน้อยกว่า 32 เพราะว่าถ้าคูณด้วย 0.50 จะมีค่าเท่ากับ 32 ถ้านักเรียนหาคำตอบได้มากกว่า 32 แสดงว่าเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หทัยกาญจน์ อินบุญมา (2547 : 23) ได้ให้ความหมายความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่า ความรู้สึกเชิงจำนวน คือความสามารถในการคิดในใจ การประมาณค่า การใช้เกณฑ์อ้างอิง การเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและองค์ความรู้ใหม่ ความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน ความสามารถในการนำจำนวนเชิงอันดับและจำนวนเชิงการนับไปใช้ และความสามารถในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ของกรมวิชาการ (2545 : 219) ได้ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นสามัญสำนึกและความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนที่อาจพิจารณาในด้านต่าง ๆ เช่น เข้าใจความหมายของจำนวนที่ใช้บอกปริมาณ เข้าใจความสัมพันธ์ที่หลากหลายของจำนวนใด ๆ กับจำนวนอื่น ๆ เข้าใจเกี่ยวกับขนาดหรือค่าของจำนวนใด ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนอื่น เข้าใจผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการ

ดำเนินการของจำนวน และการใช้เกณฑ์จากประสบการณ์ เทียบเคียงถึงความสมเหตุสมผลของจำนวน

ซาวเดอร์ (McChesney and Biddulph. 1994 : 7 - 17 ; Citing Sowder. 1992 : 18 - 20) ได้แยกแยะถึงลักษณะของการมีความรู้สึกเชิงจำนวนในความหมายถึงความสามารถเกี่ยวกับจำนวนในด้านต่าง ๆ ไว้ 9 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการจัดรูปใหม่ เพื่อความสะดวกในการคำนวณ เช่น เด็กสามารถคิดได้ว่า 12x15 จะง่ายขึ้นถ้าเปลี่ยนเป็น 6x30 หรือ 12x25 สามารถเปลี่ยนเป็นเศษหนึ่งส่วนสี่ของ 12 คูณด้วย 100 เพราะว่า 25 คือ $\frac{100}{4}$

2. ความสามารถในการตระหนักถึงขนาดสัมพันธ์ของจำนวน การรู้ว่า $\frac{1}{3}$ มากกว่า $\frac{1}{4}$ หรือ รู้ว่าผลต่างระหว่าง 3 และ 5 มีค่าเท่ากับผลต่างระหว่าง 123 และ 125 ถึงแม้ว่า 3 และ 5 จะมีค่าน้อยกว่า 123 และ 125 มาก

3. ความเข้าใจเกี่ยวกับขนาดของจำนวน เช่น สามารถบอกได้ว่าไม่มีใครสามารถนำเหรียญเซนต์ จำนวน 250 เหรียญ ใส่ในมือข้างเดียวได้หมด หรือต้องใช้จำนวนรถบรรทุกหลายคันในการบรรทุกแกะหนึ่งล้านตัว

4. ความสามารถในการใช้ตัวอ้างอิง เช่น ใช้ 1 เป็นตัวอ้างอิงในการหาผลบวกระหว่าง $\frac{7}{8}$ และ $\frac{9}{10}$ ซึ่งควรจะมีค่าน้อยกว่าสองเล็กน้อยเพราะแต่ละตัวมีค่าน้อยกว่า 1

5. ความสามารถในการเชื่อมโยงจำนวนกับการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์อย่างมีความหมาย เช่น รู้ว่า 365 ÷ 0.69 จะมีผลลัพธ์มากกว่า 365 หรือผลต่างระหว่าง 6 ดอลลาร์และ 2.85 ดอลลาร์ สามารถคิดได้จากนำ 2 ดอลลาร์ ออกจาก 6 ดอลลาร์ จะเหลือ 4 ดอลลาร์ แล้วเอา 85 เซนต์ ออกจาก 1 ดอลลาร์ อีกครั้งเหลือ 15 เซนต์ แล้วนำมารวมกับ 3 ดอลลาร์ ผลลัพธ์ เท่ากับ 3.15 ดอลลาร์ เป็นต้น

6. ความสามารถที่จะเข้าใจถึงผลของการดำเนินการของจำนวนต่าง ๆ เช่น ถ้านักเรียนรู้ว่า ผลต่างระหว่าง 289 และ 348 คือ 59 แล้วผลต่างระหว่าง 289 และ 358 คือ เพิ่มอีก 10 เป็น 69 เป็นต้น

7. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจ เช่น การหาผลต่างระหว่าง 28 และ 65 ด้วยการหาผลต่างระหว่าง 30 และ 67 แทน

8. ความสามารถในการใช้จำนวนได้อย่างยืดหยุ่นสำหรับการประมาณค่า และรู้ว่าเมื่อไรควรใช้การประมาณค่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

9. ความสามารถในการแสดงความสมเหตุสมผลเกี่ยวกับจำนวน เช่น นักเรียนที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนมีความเชื่อว่าคณิตศาสตร์นั้นมีความสมเหตุสมผลและนักเรียนสามารถพัฒนาได้จากการทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับจำนวน

ทอมป์สัน และรัทเมลล์ (Tompson and Rathmell. 1989 : 2 - 3) กล่าวว่าความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความเข้าใจต่อไปนี้ คือ

1. ความหมายของจำนวน และความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของจำนวน กล่าวคือความเข้าใจนี้จะพัฒนาตั้งแต่เบื้องต้นของการนับ ขยายสู่ความเข้าใจค่าประจำหลักของจำนวนที่มีค่ามากและทศนิยม รวมทั้งเศษและส่วน นอกจากนั้นนักเรียนที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนด้านการรวมและการแยกจำนวนออกจากกัน เช่น นักเรียนรู้ว่า 5 สามารถรวมได้จาก 4 กับ 1 หรือ 2 กับ 3 และ 75 สามารถรวมได้จาก 25 กับ 50 และ735 สามารถแยกเป็น 7 ร้อย 3 สิบ 5 หน่วย หรือ 73 สิบกับ 5 หน่วย นักเรียนสามารถบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนและทศนิยมที่เท่ากัน

2. ขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน เช่น นักเรียนจะเข้าใจว่า 20 มีค่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับ 5 แต่มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ 90 และ486 มีค่าใกล้เคียง 500 มากกว่า 562 นักเรียนสามารถบอกได้ว่าทศนิยม 0.493501 บนเครื่องคำนวณมีค่าใกล้เคียง 0 หรือ $\frac{1}{2}$ มากกว่ากัน และรู้ว่า 9.8364483 มีค่าใกล้เคียง 10 นอกจากนั้นผู้ที่สามารถประมาณได้ดีจะรู้ว่าควรใช้จำนวนใกล้เคียงจำนวนใดมาใช้ในการคิดคำนวณในใจ

3. ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการต่าง ๆ ของจำนวน ประกอบด้วยการรู้ผลของการใช้จำนวนหนึ่งไปดำเนินการกับจำนวนอื่น ๆ ยกตัวอย่าง เมื่อนำจำนวนบวกที่น้อยกว่า 1 ใช้เป็นตัวคูณของจำนวนบวกอื่น ๆ ผลคูณจะน้อยกว่าจำนวนบวกอื่น ๆ นั้น เมื่อนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับขนาดสัมพัทธ์และผลลัพธ์ของการใช้เป็นตัวดำเนินการ นักเรียนก็จะเข้าใจได้ว่า ผลคูณของ 2.946 และ 31 มีค่าประมาณ 3 เท่าของ 30 หรือการหาคำตอบของ $\frac{2}{5}$ ของ 118 มีค่าประมาณ 50 เพราะว่ามันน้อยกว่าคำตอบ 50 เล็กน้อย

4. การอ้างอิงสำหรับปริมาณและการวัด เช่น การใช้จำนวนต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน นักเรียนควรจะเรียนรู้ว่า ไม่สมเหตุสมผลที่เด็กจะสูง 10 เมตร หรือชั้นเรียนจะจุเด็กได้ 3,154 คนหรือ สุนัขหนัก 564 ปอนด์ ประสบการณ์เกี่ยวกับจำนวนจะช่วยให้เด็กพัฒนาการอ้างอิงที่สมเหตุสมผล สำหรับปริมาณและการวัดในสถานการณ์ชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 ก : 2 - 19) ได้ให้ความหมายความรู้สึกเชิงจำนวนที่ครูควรพัฒนาดังนี้

1. ความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่

2. ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน

3. ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน

4. การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ

5. ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของ และสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

6. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น

7. ความสามารถในการประมาณค่า

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนที่นักคณิตศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้อย่างกว้างขวาง และในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัย ให้ความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวน ดังนี้ ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) หมายถึง ลักษณะของบุคคลในการแสดงความสามารถทางจำนวนและการดำเนินการทางจำนวน ด้วยสัญชาติญาณเกี่ยวกับจำนวน ความหมาย สมบัติ และการนำไปใช้เป็นไปตามธรรมชาติของตนเอง ด้วยความเข้าใจอย่างยืดหยุ่น รู้จักการเชื่อมโยง และการอ้างอิงจากประสบการณ์เดิมไปยังประสบการณ์ใหม่โดยการใช้การคำนวณ การคำนวณในใจ การวัด หรือ การประมาณค่า มาช่วยในการพัฒนาวิธีการหาคำตอบ และตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคำนวณนั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ความสามารถที่เป็น นิยามชี้วัดเชิงพฤติกรรม ที่เป็นลักษณะที่มุ่งวัดของความรู้สึกเชิงจำนวน อันเป็นลักษณะบ่งชี้ว่ามีความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) โดยสังเคราะห์จากเอกสารของ สสวท. ซึ่งองค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน 7 องค์ประกอบ มีดังนี้

1. ความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่

2. ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน

3. ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน

4. การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ

5. ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของ และสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

6. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น

7. ความสามารถในการประมาณค่า

ความสามารถที่เป็น นิยามชี้วัดเชิงพฤติกรรม ที่เป็นลักษณะที่มุ่งวัดของความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่ หมายถึง ความสามารถที่นักเรียนสามารถ นำจำนวนไปใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีศักยภาพ ความสามารถที่นักเรียนสามารถบอกจำนวนของสิ่งต่าง ๆ ที่กำหนด (จำนวนเชิงการนับ) จำนวนที่ใช้สำหรับจัดสิ่งของตามลำดับ และนักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งของตัวเลขแสดงจำนวน และค่าประจำหลัก ความเข้าใจจำนวนยังรวมถึงความเข้าใจในความหมายของจำนวนซึ่ง หมายถึงนักเรียนสามารถบอกความหมายของจำนวนที่กล่าวถึงได้ตามประสบการณ์ของตนเอง สามารถเขียนจำนวนที่มีขนาดเท่ากันได้หลายรูปแบบ สามารถเปรียบเทียบจำนวนและเรียงลำดับจำนวน สามารถบอกจำนวนที่อยู่ระหว่างสองจำนวนใด ๆ สามารถบอกได้ว่า จำนวนใดมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนที่กำหนดมากกว่ากัน ดังเช่น นักเรียนมีความสามารถในการบอกความหมายของ $\frac{1}{2}$ ได้ในหลายแง่มุมต่าง ๆ ตามประสบการณ์ของตนเอง นักเรียน คนหนึ่งบอกว่า วันนี้ นำเงินมาโรงเรียน 60 บาท ตอนนี้จ่ายไปแล้ว ครึ่งหนึ่ง ฉันจ่ายเงินไปแล้ว 30 บาท นอกจากนี้ ยังสามารถเขียน สัญลักษณ์แทน $\frac{1}{2}$ ได้หลากหลาย เช่น $\frac{2}{4}$, $\frac{3}{6}$, $\frac{2}{5} \times \frac{5}{4}$, 0.5 เป็นต้น นักเรียนสามารถบอกได้ว่า 2.74 มีค่าน้อยกว่า 3 และ ตัวเลข 4 ในที่นี้มีค่าเท่ากับ $\frac{4}{100}$ หรือ นักเรียนสามารถเรียงลำดับ จำนวนได้ เช่น 0.35 , 0.88 , 1.45 , 2.99 หรือ เรียงลำดับ จำนวนเต็ม จากน้อยไปมาก ได้ เช่น -30 , -19 , -1 , 0 , 8 หรือสามารถบอกได้ว่า $\frac{4}{10}$ อยู่ระหว่าง $\frac{2}{7}$ และ $\frac{3}{7}$ หรือ สามารถเขียน 3 แทนด้วย - (-3) หรือ เขียน 6 ในรูป (2×3) หรือการเขียนจำนวนในรูปแบบอื่น ๆ ที่มีความหมายเดียวกันอาจอยู่ในรูป การบวก การลบ การคูณ หรือการหาร เช่น 172 เขียนในรูป 160 + 12 หรือ 180 – 8 หรือ 86 ×2 หรือ $\frac{860}{5}$

2. ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน หมายถึง ความสามารถที่ นักเรียนสามารถแสดงความคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับจำนวน สิ่งที่นักเรียนแสดงความคิดออกมาสามารถบ่งบอกความรู้สึกเชิงจำนวนที่แตกต่างกัน ความรู้สึกเชิงจำนวนที่ดีย่อมแสดงความคิดเกี่ยวกับจำนวนได้อย่างหลากหลาย นักเรียนสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์จากสื่อรูปธรรมจะช่วยให้เห็นความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน เช่น 4×8 ว่าเหมือนกับ 3×8 รวมกับ 8 หรือมอง เห็นได้ว่า 9 เท่าของ 6 คือ 10 เท่าของ 6 ลบด้วย 6 หรือมองเห็นได้ว่า 4×28 คือ (4×20) + (4×8) หรือมองเห็นได้ว่า (- 10) + 20 มีค่า มากกว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(- 10) + 15 หรือ (0.027) = (0.3) × (0.09) หรือ (-3) น้อยกว่า 5 อยู่ 8 แต่ มากกว่า (-4) อยู่ 1 หรือ 40 เป็นสองเท่าของ 20 แต่ 20 เป็น ครึ่งหนึ่งของ 40 หรือ $\frac{4}{8}$ มากกว่า $\frac{1}{8}$ อยู่ $\frac{3}{8}$ แต่ $\frac{4}{8}$ แบ่ง ครึ่งหนึ่งของ 1 และ ค่าของ $\frac{4}{8}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{3}{8}$ มีค่าไม่ถึง 1 เป็นต้น

3. ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์จำนวน หมายถึงความสามารถที่นักเรียนสามารถในการเปรียบเทียบค่าของจำนวนที่กำหนดให้ว่าจำนวนใดมีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่าหรือเท่ากับ เป็นความสามารถในการเปรียบเทียบจำนวนกับจำนวนอื่นได้ และพิจารณาจำนวนจำนวนหนึ่งว่ามีค่าใกล้เคียงจำนวนใดจากจำนวนที่กำหนด เช่น 0.4948520 มีค่าใกล้เคียง 0.5 มากกว่า 0 และ 1 หรือ บอกได้ว่า 9.8454493 มีค่าใกล้เคียงกับ 10 หรือวัดเกี่ยวกับจำนวน ตรรกยะในด้านการเปรียบเทียบ การเรียงลำดับ การหาจำนวนที่ใกล้เคียงและการหาจำนวนที่อยู่ระหว่างสองจำนวนที่กำหนดให้ เช่น เปรียบเทียบระหว่าง $\frac{4}{7}$ กับ $\frac{4}{9}$ หรือ $\frac{4}{6}$ กับ $\frac{9}{10}$ หรือ เรียงลำดับ 0.72 , 1.003 , 0.5662 , 4 , 0.7 ได้ หรือ หาว่า $\frac{3}{7}$ หรือ $\frac{5}{12}$ ใกล้ $\frac{1}{2}$ มากกว่า หรือ - 5 มากกว่า - 10 หรือ รู้ว่าผลต่างระหว่าง 2 และ 4 มีค่าเท่ากับ ผลต่างระหว่าง 122 และ 124 ถึงแม้ว่า 2 และ 4 จะมีค่าน้อยกว่า 122 และ 124 เป็นต้น นอกจากนี้นักเรียนเปรียบเทียบจำนวนอย่างมีความหมาย โดยใช้จำนวนตรงกันข้าม ค่าสัมบูรณ์ สัญลักษณ์ที่ใช้แทน เพื่อเปรียบเทียบจำนวน เช่น นักเรียนสามารถ เปรียบเทียบว่า 25 + 67 น้อยกว่า 52 + 76 เนื่องจาก 25 กับ 52 ต่างกันประมาณ 30 และ 67 กับ 76 ต่างกันประมาณ 10 หรือ เปรียบเทียบผลลบระหว่าง 30 - 222 ผลลบต้องเป็นจำนวนเต็มลบ และ 158 - 37 - 102 ผลลบจะเป็นจำนวนเต็มบวก ดังนั้น 30 - 222 จึงมีค่าน้อยกว่า 158 - 37 - 102 เป็นต้น

4. การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ หมายถึง ความสามารถที่นักเรียน สามารถทำความเข้าใจปัญหา และตัดสินใจว่าจะใช้การดำเนินการ (บวก ลบ คูณ หาร) แบบใดในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและสามารถพิจารณาความสมเหตุสมผลของการหาคำตอบ เช่น จำนวนสองจำนวนเมื่อคูณกันส่วนมากจะมีค่ามากกว่าผลบวกของจำนวนนั้น (ยกเว้นเมื่อมีจำนวนหนึ่งเป็น 1 หรือเมื่อจำนวนทั้งคู่เป็น 2) หรือการนำจำนวนบวกที่มากกว่า 1 ไปคูณจำนวนใด ๆ ผลคูณจะมีค่ามากกว่าจำนวนนั้น ๆ แต่ถ้าจำนวนบวกที่นำมาคูณมีค่าน้อยกว่าหนึ่งผลคูณจะมีค่าน้อยกว่าจำนวนใด ๆ นั้นเช่น $1.7 \times 364 > 364$ หรือ $0.8 \times 364 < 364$ หรือ สามารถพิจารณาได้ว่า 5.78×36 มีค่าเป็น หกเท่าของ 36 หรือ 36 หารด้วย 5.78 มีค่าประมาณ 6 สามารถใช้เกณฑ์อ้างอิง พิจารณาความเป็นไปได้ของคำตอบ เช่น $\frac{2}{5} + \frac{7}{9} = \frac{9}{14}$ ว่าเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง โดยพิจารณาว่าคำตอบต้องมากกว่า 1 และ ไม่ถึง 2 หรือมีค่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ใกล้เคียง $1\frac{1}{2}$ หรือ 328 ÷ 0.63 จะมีผลลัพธ์มากกว่า 328 โดยพิจารณาตัวหารเป็นจำนวนเต็มบวกที่มีค่าน้อยกว่า 1 หรือ เมื่อกำหนด 34 □ (-12) □ 61 = □ แล้วให้นักเรียนเติมเครื่องหมาย บวก หรือ ลบ ในช่องว่างเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าสูงสุด นักเรียนก็ไม่จำเป็นต้องอาศัยวิธีเขียนเพื่อหาคำตอบ แต่นักเรียนก็ตระหนักถึงความหมายของการดำเนินการและเข้าใจว่าการบวกก็ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่มีค่ามากขึ้นเสมอไป และการลบก็ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยลงเสมอไป ซึ่งนักเรียนจะสามารถเติมเครื่องหมายที่ทำให้ผลลัพธ์สูงสุด ดังนี้ 34 - (-12) + 61 = □ เป็นต้น

5. ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของและสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน หมายถึง ความสามารถที่ นักเรียนสามารถใช้ตัวอ้างอิงในการเปรียบเทียบจำนวน สามารถใช้ตัวอ้างอิงในการประมาณค่า และสามารถใช้ตัวอ้างอิงในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ ดังเช่น นักเรียนสามารถใช้ $\frac{1}{2}$ เป็นตัวอ้างอิง เพื่อบอกว่า $\frac{7}{9}$ มีค่ามากกว่า $\frac{3}{7}$ เพราะว่า $\frac{7}{9}$ มีค่ามากกว่า $\frac{1}{2}$ แต่ $\frac{3}{7}$ มีค่าน้อยกว่า $\frac{1}{2}$ หรือใช้ 1.5 เป็นตัวอ้างอิง โดยนักเรียนบอกได้ว่า 1.6 มีค่ามากกว่า 1.4 เพราะว่า 1.6 มีค่ามากกว่า 1.5 ในขณะที่ 1.5 มีค่ามากกว่า 1.4 นอกจากนี้นักเรียนสามารถใช้ประสบการณ์ที่สร้างสม และ ข้อมูลในชีวิตประจำวันมาเป็นตัวอ้างอิง เช่น นักเรียนสูง 145 เซนติเมตร สามารถบอกได้ว่าเพื่อนนักเรียนคนไหนสูงกว่า หรือ ต่ำกว่า 145 เซนติเมตร หรือในการบวกเศษส่วน นักเรียนสามารถบอกได้ว่า $\frac{8}{9} + \frac{5}{8}$ มีค่ามากกว่า 1 เพราะว่าทั้งคู่มีค่ามากกว่า $\frac{1}{2}$ หรือนักเรียนสามารถประมาณค่า ผลบวกระหว่าง 12.57 + 7.64 ได้ค่าประมาณ 20 แต่ไม่เท่ากับ 21 โดยใช้ 0.5 เป็นตัวอ้างอิง หรือนักเรียนสามารถใช้ตัวอ้างอิง ในการประมาณค่าการวัด เช่น การหาความยาว การหา พื้นที่ การหาปริมาตร เป็นต้น หรือ การใช้ตัวอ้างอิงในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ เช่น นักเรียนสามารถ บอกคำตอบของ $\frac{7}{8} - \frac{1}{2} = \frac{6}{6} = 1$ เป็นคำตอบที่ ไม่ถูกต้องและไม่มีความสมเหตุสมผลเพราะว่า $\frac{7}{8}$ มีค่าไม่ถึง 1

6. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถที่นักเรียนสามารถใช้กลวิธีการคิดคำนวณในใจอย่างรวดเร็วด้วยระบบการคิดอย่างเดียว เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องด้วยวิธีการคิดคำนวณอย่างยืดหยุ่น โดยปราศจากการใช้กระดาษ ดินสอ เทคโนโลยี หรือเครื่องมืออื่นใดมาช่วยในการคำนวณ ดังเช่น นักเรียนสามารถหาคำตอบของ 25×28 ได้โดยคิดในใจเป็น $100 \times \frac{28}{4}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100×7 = 700หรือจากโจทย์ มีเงินอยู่ 10 บาท ซื้อขนมไป 7.25 บาท จะเหลือเงินเท่าไร นักเรียนอาจคิดว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7.25 บาท เพิ่มอีก 75 สตางค์ เป็น 8 บาท เพราะฉะนั้น เหลือเงิน 2.75 บาท หรือ อาจคิดว่า นำ 7 ไปลบออกจาก 10 เหลือ 3 บาท แล้วเอาออกอีก 25 สตางค์ เหลือเงิน 2.75 บาท เป็นต้น หรือ นักเรียนอาจคิด โดยใช้สมบัติของการดำเนินการ ของจำนวนได้อย่างรวดเร็ว เช่น หาผลบวกของ 1.75 + 0.75 โดยการคิด ดังนี้ 1.75 + 0.75 = 1.75 + 0.25 + 0.50 = 2.50 หรือ ในการลบเศษส่วน $\frac{3}{7} - \frac{2}{5} = (\frac{14}{35} + \frac{1}{35}) - \frac{14}{35} = \frac{1}{35}$ หรือ $2 - \frac{3}{4} = (1 + 1) - \frac{3}{4} = 1\frac{1}{4}$ หรือผลคูณ ของ 84 กับ 0.5 โดยนักเรียนตระหนักว่า ผลคูณคือครึ่งหนึ่งของ 84 ซึ่งก็คือ 42 เป็นต้น

7. ความสามารถในการประมาณค่า หมายถึง ความสามารถที่นักเรียนสามารถในการหาคำตอบโดยประมาณอย่างรวดเร็ว และยืดหยุ่น ซึ่งมีค่าใกล้เคียงเพียงพอที่จะยอมรับได้ในสถานการณ์นั้น ๆ โดยไม่จำเป็นต้องได้คำตอบที่ถูกต้อง การประมาณด้วยการปัด การใช้จุดอ้างอิง การประมาณโดยใช้เทคนิค หน้าหลังและการประมาณที่ถูกต้องด้วยวิธีการคิดคำนวณอย่างยืดหยุ่น การประมาณค่าเป็นกลวิธีหนึ่งในการคิดคำนวณ ดังเช่น 142 + 278 อาจคำนวณ โดย ใช้เฉพาะเลขตัวหน้า ดังนี้ 100 + 200 = 300 และ 40 + 70 มากกว่า 100 ดังนั้น คำตอบต้องมากกว่า 400 หรืออาจคิดคำนวณโดยใช้การปัด ได้ดังนี้ 150 + 300 = 450 คำตอบที่ได้จริง ๆ ต้องน้อยกว่า 450 เพราะว่าเป็นการปัดขึ้น หรือในการคำนวณค่ารถโดยสารของนักเรียน 7 คน ต้องจ่ายค่ารถคนละ 135 บาท แต่นักเรียนมีเงินรวมกันอยู่ 1,000 บาท นักเรียนสามารถคิดคร่าว ๆ ได้ว่ามีเงินพอจ่ายค่ารถหรือไม่ หรือผลบวกระหว่างทศนิยม 455.4 + 132.9 ควรประมาณเป็น 600 แต่ไม่เกิน 700 หรือ $\frac{3}{5} \times 211$ มีค่าประมาณ $\frac{1}{2} \times 211$ ซึ่งเท่ากับ ครึ่งหนึ่งของ 211 เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 องค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 ก : 2 - 19) แบ่งความรู้สึกเชิงจำนวนออกเป็น 7 องค์ประกอบ ดังนี้

2.1 ความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่ หมายถึง นักเรียนสามารถบอกจำนวนของสิ่งต่าง ๆ ที่กำหนด (จำนวนเชิงการนับ) จำนวนที่ใช้สำหรับจัดสิ่งของตามลำดับ (จำนวนเชิงอันดับที่) และนักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างจำนวนสิ่งของ ตัวเลขแสดงจำนวน และค่าประจำหลัก ดังตัวอย่าง

0. 2,984 ตัวเลขลำดับที่ 3 จากด้านขวามีค่าเท่าใด

ก. 90

ข. 900

ค. 9,000

ง. 40

00. 29 29.5 35.2 34 จำนวนใดมีค่ามากเป็นอันดับที่ 2

ก. 29

ข. 29.5

ค. 35.2

ง. 34

2.2 ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน หมายถึงนักเรียนสามารถแสดงความคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับจำนวน สิ่งที่นักเรียนแสดงความคิดออกมาสามารถบ่งบอกความรู้สึกเชิงจำนวนที่แตกต่างกัน ความรู้สึกเชิงจำนวนที่ดีย่อมแสดงความคิดเกี่ยวกับจำนวนได้อย่างหลากหลาย ดังตัวอย่าง

0. 234 รูปแบบใดต่อไปนี้ที่ถูกต้อง

ก. 234 เท่ากับ 2 ร้อย กับ 2 สิบ กับ 4 หน่วย

ข. 234 เท่ากับ 2 ร้อย กับ 4 สิบ กับ 4 หน่วย

ค. 234 เท่ากับ 1 ร้อย กับ 13 สิบ กับ 4 หน่วย

ง. 234 เท่ากับ 2 ร้อย กับ 2 สิบ กับ 114 หน่วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

00. 9 ในข้อใดถูกต้องที่สุด

ก. มากกว่า 7 อยู่ 3

ข. น้อยกว่า 10 อยู่ 3

ค. 3 เท่าของ 3

ง. จำนวนคู่

2.3 ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบค่าของจำนวนที่กำหนดไว้ว่าจำนวนใดมีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่า หรือเท่ากัน และพิจารณาจำนวนจำนวนหนึ่งว่ามีค่าใกล้เคียงจำนวนใดจากจำนวนที่กำหนด ดังตัวอย่าง

0. 0.49 0.5 1.5 0.08 จำนวนใดมีค่าน้อยที่สุด

ก. 0.49

ข. 0.5

ค. 1.5

ง. 0.08

00. 500 489 498 562 526 จำนวนมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

ก. 500 กับ 489

ข. 498 กับ 562

ค. 498 กับ 495

ง. 500 กับ 498

2.4 การรู้ผลสัมพันธ์ของการดำเนินการ หมายถึง ความสามารถทำความเข้าใจปัญหา เลือกตัดสินใจว่าจะใช้การดำเนินการแบบใดในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหาและสามารถพิจารณาความสมเหตุสมผลของการหาคำตอบ ดังตัวอย่าง

0. 9 5 2 = 12 ใส่เครื่องหมายใดลงในช่อง ถูกต้องที่สุด

ก. + , +

ข. + , x

ค. + , -

ง. + , ÷

00. 0.05 0.5 5.00 = 5.55 ใส่เครื่องหมายใดลงในช่อง ถูกต้องที่สุด

ก. x , x

ข. - , -

ค. ÷ , ÷

ง. + , +

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.5 ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของและสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสบการณ์มาเป็นตัวอ้างอิง เพื่อหาปริมาณของสิ่งของ และสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน รวมทั้งใช้พิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบจากปัญหาต่าง ๆ ดังตัวอย่าง

0. นักเรียนสามารถยกเหรียญบาทจำนวน 100,000 เหรียญ ได้หรือไม่ เมื่อเหรียญบาท 100 เหรียญ หนัก 1 กิโลกรัม

ตอบ

2.6 การคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น หมายถึง นักเรียนสามารถใช้กลวิธีการคิดคำนวณภายในใจอย่างรวดเร็วโดยใช้กระบวนการคิดเท่านั้น เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง โดยปราศจากการใช้กระดาษ ดินสอ เทคโนโลยี หรือ เครื่องมืออื่นใดมาช่วยในการคำนวณ ด้วยการใช้กลวิธีการคิดคำนวณได้อย่างยืดหยุ่น ดังตัวอย่าง

0. ข้อใดเท่ากับ 25

ก. (15+8) – 2

ข. (15-8) + 2

ค. (15+8) + 2

ง. (15-8) – 2

00. (25.5 x 10) – 5 =

ก. 225

ข. 35

ค. 25

ง. 250

2.7 การประมาณค่า หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการหาคำตอบโดยประมาณอย่างรวดเร็ว การคำนวณด้วยการปัด การใช้จุดอ้างอิง การประมาณโดยใช้เทคนิคหน้าหลังและการประมาณช่วงคำตอบ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงพอที่จะยอมรับได้ตามสถานการณ์นั้น ๆ โดยไม่จำเป็นต้องได้คำตอบที่ถูกต้อง (Exact Answer)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

0. 12 x 11 มีค่าประมาณเท่าใดใกล้เคียงที่สุด

ก. 100

ข. 110

ค. 120

ง. 140

00. 408 + 419 มีค่าประมาณเท่าใดใกล้เคียงที่สุด

ก. 700

ข. 800

ค. 900

ง. 1,000

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป จากองค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวนที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ กล่าวข้างต้น การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ องค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน โดยยึดตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง จำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็น ชุดของคำถาม ที่มีลักษณะเป็น แบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 70 ข้อ แบ่งเป็น 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มี 4 ตอน ๆ ละ 10 ข้อ รวม 40 ข้อ และฉบับที่ 2 มี 3 ตอน ๆ ละ10 ข้อ รวม 30 ข้อ สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ของนักเรียนแต่ละคน ว่ามีค่าสูงหรือต่ำเท่าไร โดยสร้างตาม องค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน ที่เป็น ลักษณะที่มุ่งวัด องค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวนที่ครูควรพัฒนามีดังนี้ ความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่ ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของและสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น ความสามารถในการประมาณค่า

2.3 ความสำคัญของความรู้สึกเชิงจำนวน

จากความหมายของความรู้สึกเชิงจำนวนที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าความรู้สึกเชิงจำนวนนั้นมีความเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างมากดังได้มีผู้กล่าวไว้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ฮาวเดน (Howden.1989 : 6 - 11) ได้กล่าวว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนสร้างขึ้นภายในความคิดของนักเรียนอย่างเป็นธรรมชาติทำให้เกิดความมั่นใจในคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่เข้าใจได้ มีเหตุมีผล ไม่ใช่การจำกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ไปใช้เท่านั้น เช่น นักเรียนที่สามารถตัดสินใจว่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณของตนนั้นมีความสมเหตุสมผลและตระหนักว่ามีวิธีการหาคำตอบได้มากกว่าหนึ่งวิธี จะเกิดความมั่นใจในความสามารถของตนในการเรียนคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการวิจัยที่พบว่าความมั่นใจการเรียนคณิตศาสตร์มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจศึกษาคณิตศาสตร์ ต่อในอนาคตของนักเรียน

รีส์และคณะ (Reys and Others. 1991 : 3 - 5) กล่าวสนับสนุนว่า ผู้ที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนจะสามารถนำจำนวนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมตาม

สถานการณ์ สามารถนำไปใช้ในการคิดคำนวณในใจ การแก้โจทย์ปัญหา การคิดขั้นสูง การประมาณ และสามารถพิจารณาความสมเหตุสมผลได้

โรเนา (Ronau. 1988 : 437) ได้กล่าวถึง ความสำคัญของความรู้สึกเชิงจำนวนทางด้านจำนวนที่มีค่ามาก ๆ ว่าความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นพื้นฐานสำคัญของความสำเร็จในการประมาณค่าในการหาค่าใกล้เคียงและการแก้ปัญหา ในปัจจุบันการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนที่มีต่อค่ามาก ๆ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพราะว่าหนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ และรายงานข่าวต่าง ๆ มักจะอ้างอิงถึงจำนวนที่มีค่ามาก ๆ อยู่เสมอจึงสมควรอย่างยิ่งที่จะมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความรู้สึกเชิงจำนวน โดยเฉพาะนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา

ความรู้สึกเชิงจำนวนมีคุณค่าและมีความสำคัญ จึงต้องมีการพัฒนาและบรรจุไว้ในหลักสูตร ดังการเสนอของนักการศึกษาหลายท่านในหนังสือ Everybody Counts (National Research Council. 1989 : 46) ที่กล่าวว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นจุดประสงค์สำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ ในระดับชั้นประถมศึกษา นอกจากนั้นสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council Teacher of Mathematics หรือ NCTM) ได้ออกหนังสือลงมาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics) ในปี ค.ศ.1989 เสนอว่าให้เน้นและให้ความสำคัญกับความรู้สึกเชิงจำนวนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลถึงระดับมัธยมศึกษา โดยเฉพาะระดับอนุบาลถึงเกรด 4 (ประถมศึกษาปีที่ 4) ได้เสนอไว้เป็นมาตรฐานหลักอันหนึ่ง หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 2000 สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ได้ออกหนังสือหลักการและมาตรฐานคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (Principles and Standards for School Mathematics) ยังคงให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน แมคอินทอช รีส์ และรีส์ (Maintosh, Reys and Reys. 1997 : 3) ให้ความเห็นว่า โรงเรียนควรจะให้ความสำคัญในการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียน ในประเทศไทยในคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียน โดยกำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 3 และประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 ข : 8) และ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ความรู้สึกเชิงจำนวนถูกบรรจุไว้ในคุณภาพของนักเรียนที่เมื่อเรียนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 ก : 3 - 4)

สมทรง สุวพานิช (2546 : 77 - 78) กล่าวว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านการคิดคำนวณอย่างรวดเร็ว การแก้ปัญหา การนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถตัดสิน

คำตอบได้อย่างมีเหตุผล ส่งเสริมความยืดหยุ่นในการคิดโดยวิธีในการหาคำตอบหลาย ๆ วิธี ที่สำคัญยังมีผลต่อเจตคติของนักเรียนด้วย กล่าวคือ นักเรียนจะเกิดความมั่นใจในความสามารถของตนในการเรียนคณิตศาสตร์นั่นเอง

แองฮีเลรี (Anghileri. 2006 : 2 - 4) กล่าวถึงความสำคัญของความรู้สึกเชิงจำนวนว่าเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นที่ต้องบรรจุลงในหลักสูตรจะเห็นได้จากการปฏิรูปหลักสูตรในสหรัฐอเมริกา ในส่วนมาตรฐานวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ซึ่งดำเนินการโดย สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (National Council for Teachers of Mathematics) และนโยบายระดับชาติเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ และนโยบายระดับชาติเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ของออสเตรเลีย (Australia's National Statement on Mathematics for Australian Schools) ทั้งสองประเทศเห็นว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็น สารัตถะทางคณิตศาสตร์ (Foundations and Methodologies in Mathematics) ที่จำเป็นคำว่า "ความรู้สึกเชิงจำนวน" ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการปฏิรูปหลักสูตร และได้ตีความหมายไปถึง ความยืดหยุ่นและการคิดค้นกลวิธีในการคำนวณ ซึ่งเป็นความหมายที่กว้างกว่าความเข้าใจ แต่ยังรวมไปถึง การกล่อมเกลาให้เกิดทัศนคติด้านบวก และได้ความเชื่อมั่นมากขึ้น ซึ่งในหลักสูตรที่ผ่านมาไม่ได้กล่าวถึงสิ่งเหล่านี้ แองฮีเลรี กล่าวย้ำว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนนั้นไม่ได้เกี่ยวข้องเฉพาะผลลัพธ์เท่านั้นแต่ยังเชื่อมโยงไปถึงความสามารถในการคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจำนวนและยังเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของจำนวน

จากที่กล่าวมามีนักการศึกษาหลายท่านและหลายกลุ่มของนักคณิตศาสตร์ศึกษามีความเห็นร่วมกันว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนควรส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการพัฒนา เพราะว่าเป็นสิ่งที่ส่งเสริมความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังเช่น ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น ความสามารถในการประมาณค่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ความสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ความสามารถในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ และนอกจากนี้ความรู้สึกเชิงจำนวนยังมีความสำคัญกับเจตคติของนักเรียน กล่าวคือ ช่วยสร้างให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในความสามารถของตนในการเรียนคณิตศาสตร์ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูงต่อไป ซึ่งได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการศึกษาช่วงชั้นที่ 1 และช่วงชั้นที่ 2 ในมาตรฐานการศึกษาของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2545 ข : 5 - 64) และระบุในคุณภาพของผู้เรียน เมื่อเรียนจบการศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และเมื่อเรียนจบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.4 การประเมินผลความสามารถด้านความรู้สึกเชิงจำนวน

ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะใช้การวัดและการประเมินอย่างไร ครูควรทราบก่อนว่าผู้ที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนที่ดีควรมีความสามารถอย่างไรบ้าง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 ก : 2 - 19) เสนอความสามารถได้ 9 ประการ ของผู้มีความรู้สึกเชิงจำนวน คือ

1. ความสามารถในการจัดรูปแบบใหม่ เพื่อความสะดวกในการคิดคำนวณ
2. ความสามารถที่จะจดจำได้ถึงขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
3. ความสามารถที่เกี่ยวกับขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน
4. ความสามารถที่จะใช้เกณฑ์อ้างอิง
5. ความสามารถที่จะเชื่อมโยงจำนวน การดำเนินการ และความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์อย่างมีความหมาย
6. ความสามารถที่จะเข้าใจผลของการดำเนินการของจำนวน
7. ความสามารถที่จะสร้างวิธีคิดคำนวณในใจ
8. ความสามารถที่จะใช้จำนวนได้อย่างยืดหยุ่นเพื่อประมาณคำตอบในการคิดคำนวณ
9. ความสามารถในการพัฒนาความเข้าใจอย่างแจ่มชัดเกี่ยวกับจำนวน นักเรียนที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนจะเชื่อว่าคณิตศาสตร์นั้นมีความหมาย และสามารถพัฒนาความหมายนั้นได้จากการทำกิจกรรมที่เกี่ยวกับจำนวน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รุ่งทิวา แย้มรุ่ง (2553 : ออนไลน์) ได้เสนอตัวบ่งชี้ว่าผู้เรียนมีความรู้สึกเชิงจำนวนหรือไม่ โดยวัดจากตัวบ่งชี้ ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดในใจได้อย่างยืดหยุ่น (Flexible Mental Computation)
2. ความสามารถในการประมาณค่า (Estimation)
3. ความสามารถในการใช้เกณฑ์อ้างอิง (Reference Criterion)
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและความรู้ใหม่
5. ความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน (Relative Magnitudes of Numbers)

6. ความสามารถในการนำจำนวนเชิงอันดับ (Ordinal Number) และจำนวนเชิงการนับ (Cardinal Number) ไปใช้

7. ความสามารถในการแก้ปัญหาและสถานการณ์ต่าง ๆ

ความสามารถต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นตัวบ่งชี้ความรู้สึกเชิงจำนวน ดังนั้น การประเมินความสามารถด้านความรู้สึกเชิงจำนวน จึงต้องกระทำในหลายรูปแบบโดยกระทำควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ไม่มุ่งเน้นไปที่การสอบกลางภาค หรือปลายภาคแต่อย่างเดียว การประเมินผลควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกระทำเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำไปปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องด้านความรู้สึกเชิงจำนวนทั้งของครูและของนักเรียน คือครูจะได้ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นข้อมูลในการช่วยเหลือให้นักเรียนเกิดความมั่นใจและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์

การประเมินผลระหว่างเรียนอาจจะได้โดยการสังเกตเป็นรายบุคคลและกลุ่ม แล้วบันทึกความก้าวหน้าต่าง ๆ ของนักเรียน โดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เป็นข้อมูลในการช่วยเหลือและสนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาได้เต็มศักยภาพ รวมทั้งให้กำลังใจและส่งเสริมผู้ที่มีปัญหาต่าง ๆ ให้มากขึ้น หลักในการสังเกตและบันทึกข้อมูลอาจทำโดยวางแผนว่า ในชั่วโมงนั้นจะสังเกตใครบ้างหรือจะสังเกตนักเรียนกลุ่มใด ในชั่วโมงหนึ่ง ๆ ไม่ควรสังเกตบันทึกผลนักเรียนจำนวนมากเกินไป เช่น ไม่ควรเกิน 5 คน เพื่อให้สังเกตเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูอาจต้องใช้เวลาในการสังเกต ครูอาจต้องใช้เวลาในการสังเกต 7 - 8 วัน จึงจะครบทุกคน และเริ่มต้นสังเกตในรอบต่อไปอีก ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ครูอาจบันทึกการพัฒนาการของนักเรียนเป็นรายบุคคล หรืออาจเทียบความสามารถกับเกณฑ์ที่ กำหนดขึ้นอย่างใดอย่างหนึ่ง ไม่ควรใช้เกณฑ์การประเมินเป็นเครื่องตัดสินการสอบได้หรือสอบตก แต่ควรใช้เกณฑ์เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาขั้นต่อ ๆ ไป ดังนั้นการสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง จำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงมีลักษณะเป็น ชุดของคำถามที่มีลักษณะเป็น แบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ที่สร้างขึ้นโดยใช้กรอบวิเคราะห์แบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ที่ได้นิยามตัวชี้วัด ที่เป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียน มีลักษณะที่มุ่งวัด ตามตัวชี้วัดเชิงพฤติกรรมการแสดงความรู้สึกเชิงจำนวน ดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่
2. ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน
3. ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ

5. ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของ และสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน

6. ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น

7. ความสามารถในการประมาณค่า

2.5 การพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน

เบิร์น (นพพร แหยมแสง. 2544 : 1 - 5 ; อ้างอิงมาจาก Burn. 1997 : 49 - 54) ได้เสนอวิธีการสร้างความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ 7 ประการ คือ

1. เชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในโรงเรียนกับประสบการณ์ในโลกจริง โดยเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สัมพันธ์กับประสบการณ์ของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียนซึ่งจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ว่าจำนวนเป็นสิ่งที่มีประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหา เนื่องจากความรู้สึกเชิงจำนวนจะพัฒนาตลอดเวลา นักเรียนจำเป็นต้องมีโอกาสสม่ำเสมอที่จะให้เหตุผล และฟังผู้อื่นอธิบายความคิดของเขา

2. หาวิธีคิดคำนวณที่หลากหลาย เนื่องจากวิธีคิดเพียงวิธีเดียวในชั้นเรียนจะไม่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะคิดอย่างยืดหยุ่น และพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน

3. ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดคำนวณในใจ เนื่องจากเราจำเป็นต้องคิดคำนวณในใจในสถานการณ์ต่าง ๆ อยู่เป็นประจำ เช่น ในภัตตาคาร หรือในการเลือกซื้อสินค้าเนื่องจากมีเงินอยู่จำกัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงยุทธวิธีในการคิดคำนวณ การส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายเหตุผลจะช่วยให้นักเรียนขยายความคิด และเกิดการหยั่งเห็นว่าพวกเขาคิดกันอย่างไร

5. การประมาณค่า การพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนอาจต้องอาศัย การประมาณจากสถานการณ์ปัญหา

6. ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงเหตุผล สิ่งสำคัญของการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน คือ คำถามแสดงความคิดอย่างสม่ำเสมอ มิใช่ถามเฉพาะตอนที่นักเรียนทำผิด ลักษณะของคำถามเช่น “ทำไมจึงคิดเช่นนั้น” “บอกเหตุผลอื่นอีก ซิ” และอื่น ๆ

7. ต้องใช้กิจกรรมวัดที่หลากหลาย ปัญหาที่เกี่ยวกับการวัดจะช่วยสร้างความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียน เพราะนักเรียนจะสามารถตรวจสอบการประมาณและการคำนวณโดยการวัดจริง หาวิธีที่จะตรวจสอบความคิดของเขากับสื่อกายภาพมากกว่าที่จะฟัง

คำตอบจากครู หรือคำตอบจากหนังสือส่งเสริมให้เด็กกล้าเสี่ยง และพยายามหาแนวทางใหม่ เช่น ให้นักเรียนจัดคู่กับเพื่อน ร่วมกันสำรวจความยาวของวัตถุต่าง ๆ ด้วยการนำลูกบาศก์ที่ครูเตรียมมาให้ ใช้กะประมาณความยาวของวัตถุก่อน แล้วจึงใช้การวัดจริง

โซวเดอร์ และเคลิน (Sowder and Kelin. 1988 : 41 - 57) กล่าวว่า การประมาณค่าเกี่ยวกับจำนวนและการคำนวณในใจ เป็นยุทธวิธีที่จะนำไปสู่การพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน ซึ่งยุทธวิธีทั้งสองจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำมโนมติและการดำเนินการต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้อย่างยืดหยุ่น และทำให้นักเรียนเข้าใจความหมายของจำนวนเหล่านั้นจากปัญหาที่ได้พบ สำหรับการสำรวจปัญหาเกี่ยวกับขนาดของจำนวนโดยใช้การเปรียบเทียบจำนวนและลำดับของจำนวนจะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเรื่องราวของจำนวนได้ดียิ่งขึ้น

โฮป (Hope. 1989 :12) กล่าวว่า ในการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนครูต้องสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมในชั้นเรียน การพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนอย่างมีความหมายและมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง คือ (1) การคิดคำนวณ (2) การวัด (3) การประมาณ โดยโฮปเห็นว่า การคิดคำนวณจะต้องเกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ได้จริงไม่ว่าจะเป็นการคิดคำนวณด้วยกระดาษ และดินสอ หรือการคิดคำนวณในใจ นักเรียนควรคิดคำนวณเพื่อจุดประสงค์ของการแก้ปัญหาจากการนำไปใช้จริง

มาโควิทส์และโซวเดอร์ (Markovits and Sowder. 1994 : 4 - 29) กล่าวว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหาเลขคณิต ซึ่งการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนควรส่งเสริมแนวคิดเกี่ยวกับจำนวนใน เรื่อง ขนาดของจำนวน การคิดในใจ การคำนวณด้วยการประมาณค่าโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจจำนวน ใช้ความสัมพันธ์ของจำนวนและการดำเนินการของจำนวนเพื่อค้นพบและหาข้อสรุป

รีส และคณะ (Reys and other. 1991 : 74 - 75) มีความเห็นเช่นเดียวกับเอกสาร Curriculum and Evaluation Standard for School Mathematics โดยเห็นว่า ความรู้สึกเกี่ยวกับจำนวนเป็นสิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องพัฒนาอย่างมีความหมายเพื่อให้เด็กสามารถใช้จำนวนอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในและนอกโรงเรียน การช่วยให้เด็กพัฒนาความรู้สึกเกี่ยวกับจำนวนจะต้องจัดรูปแบบที่เหมาะสม ใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการคิดเกี่ยวกับจำนวน และสร้างสภาพแวดล้อมของห้องเรียนที่เอื้อเฟื้อต่อการพัฒนาความรู้สึกเกี่ยวกับจำนวน

นพพร แหยมแสง (2552 : ออนไลน์) ได้สรุป การพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนให้กับนักเรียนไว้ 4 ประการ คือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1. ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจความหมายของจำนวน เข้าใจค่าประจำหลัก การเชื่อมโยงระหว่างจำนวนและค่าประจำหลัก

2. สร้างบรรยากาศที่เหมาะสมในชั้นเรียนโดยมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดคำนวณ การวัด การประมาณ และการประมาณค่า ให้เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ในชีวิตจริง

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะคิดอย่างยืดหยุ่น และพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนจากกิจกรรมการคิดคำนวณที่หลากหลายรูปแบบ

4. ให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดคำนวณในใจอย่างสม่ำเสมอ และเน้นพัฒนายุทธวิธีและแบบแผนการคิด

รุ่งทิวา แย้มรุ่ง (2553 : ออนไลน์) ได้เสนอวิธีการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนไว้ 5 ประการ คือ

1. เน้นการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับประสบการณ์ในโลกจริง และสัมพันธ์กับประสบการณ์ของผู้เรียนทั้งในและนอกห้องเรียน

2. เน้นให้นักเรียนได้ใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายในการคิดคำนวณ

3. ผู้เรียนสามารถยืดหยุ่นในการคิด

4. ส่งเสริมการคิดในใจ

5. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงยุทธวิธีในการคำนวณ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน อีกทั้งยังเป็นการให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างมีเหตุผล

สรุปได้ว่า ในการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน จะต้องใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการคิดเกี่ยวกับจำนวน โดยเริ่มต้นจากการสร้างปัญหาด้วยการใช้คำถามขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน ได้ใช้ ทักษะ 3 ด้านทางคณิตศาสตร์ คือ การคิดคำนวณ การวัด การประมาณ ไปพร้อม ๆ กัน โดยอาจนำปัญหาที่คล้ายคลึงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน และใช้สื่อรูปธรรมเพื่อช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน และการดำเนินการต่าง ๆ ได้ แล้วให้นักเรียนได้แสดงออกตามธรรมชาติของนักเรียนเอง เช่น วาดภาพ ขีดเขียน หรือ การใช้ภาษาของเขาเองในการอธิบายความคิดต่าง ๆ ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความหมายของจำนวน และพัฒนาให้นักเรียนเข้าใจความหมายของจำนวนไปตามลำดับ

3. คุณภาพของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน

นักการการศึกษาหลายท่านได้เสนอความคิดเกี่ยวกับคุณภาพของเครื่องมือไว้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บุญชม ศรีสะอาด (2545 : 81) กล่าวว่าเครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะต้องมีคุณภาพหลายประการประกอบกัน ดังนี้

1. ทุกข้อต้องมีคุณภาพเข้าเกณฑ์ในด้านระดับความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2. เมื่อนำทุกข้อที่มีคุณภาพตามข้อ1 มารวมกันเป็นฉบับเครื่องมือทั้งฉบับต้องมีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 194) กล่าวถึงคุณภาพของแบบทดสอบว่าหมายถึงการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่ามีคุณภาพดีเพียงใดทั้งลักษณะเป็นรายข้อ และทั้งฉบับ ถ้าข้อสอบข้อใดหรือฉบับใดมีคุณภาพดีก็ควรนำไปใช้แต่ถ้าบกพร่องก็ควรปรับปรุงแก้ไข การทำเช่นนี้จะได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพดี

โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศงานวัดผลและประเมินผลการศึกษาโรงเรียนสามศร (2554 : ออนไลน์) กล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย หมายถึง การนำเครื่องมือวิจัยมาตรวจสอบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยหรือไม่ โดยจะต้องเหมาะสมกับลักษณะของตัวแปร และ ประชากร นอกจากนี้ จะต้องวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และมีความคงที่ของการวัด ไม่ว่าจะทำการวัดซ้ำกี่ครั้งก็ตาม

ไพศาล วรคำ (2554 : 259) กล่าวว่า คุณภาพของเครื่องมือ หมายถึงลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป ความหมายของ คุณภาพของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน (Quality of Number Sense Test) หมายถึง คุณลักษณะของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ที่มีคุณภาพโดยผ่านเกณฑ์การพิจารณาของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง จนได้แบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนที่มีคุณภาพ ซึ่งคุณภาพของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถพิจารณาได้ดังนี้

3.1. ความเที่ยงตรง (Validity)

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเที่ยงตรง (Validity) หรือความตรง (Validity) ดังนี้

ปิยะธิดา ปัญญา (2553 : ไม่มีเลขหน้า) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อหา หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือ วัดทุกประเภท

ไพศาล วรคำ (2554 : 259 - 305) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด หรือสอดคล้อง เหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือว่าเป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกประเภทเพราะเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ความเที่ยงตรงเป็นความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงเพียงใด ก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเพียงนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการหาคุณสมบัติของเครื่องมือ ที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาที่จะวัด หรือเป็นดัชนีบ่งบอกว่าเนื้อหาของเครื่องมือหรือเนื้อหาของข้อคำถามวัดได้ตรงตามเนื้อหาของเรื่องที่ต้องการวัด ดังนั้นประเด็นสำคัญของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอยู่ที่การเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องที่เป็นตัวแทน (Representation Sample) ของมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัด ว่าเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดและมีความเพียงพอ (Adequate) ต่อการวัดเนื้อเรื่องนั้น ซึ่งการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของเครื่องมือสามารถพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของวิชาหมายถึงทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยคำนวณจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Item - Objective Congruence Index : IOC) ค่า IOC ที่มีค่า 0.5 ขึ้นไปแสดงว่ามีความสอดคล้องหรือเป็นตัวแทนจุดประสงค์ของวิชา มีสูตร ดังนี้

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

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา หรือระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion - Related Validity) เป็นความสอดคล้องสัมพันธ์กัน ระหว่างคะแนนจากเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ภายนอก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(Criterion) ที่สามารถใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการนั้นได้ เกณฑ์ภายนอกนี้อาจเป็นคะแนนจากแบบวัดอื่นหรือวิธีการอื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบัน หรือสภาพในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างได้ตรงตามลักษณะที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ หรือ ความเที่ยงตรงร่วมสมัย (Concurrent Validity) หมายถึงความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดที่สร้างขึ้นกับคะแนนที่ได้จากแบบวัดอื่น ๆ ที่กำหนดไว้แล้วในช่วงเวลาเดียวกัน หรือวิธีอื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบันของกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึงความสามารถของเครื่องมือที่จะบ่งบอกผลที่ได้ในขณะนั้นได้ถูกต้องตามสภาพที่แท้จริงในอนาคต โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของเครื่องมือกับคะแนนเกณฑ์สัมพันธ์ซึ่งปรากฏในอนาคต เช่น การทดสอบความถนัดทางการเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อทำนายผลการเรียนในอนาคตก็อาจใช้คะแนนสะสมปีสุดท้ายเป็นเกณฑ์สัมพันธ์ ซึ่งการคำนวณหาความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์อาจเสียเวลารอคอย คือต้องใช้เวลา

3. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างหรือความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี (Construct Validity) หมายถึงความสามารถของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามขอบเขต หรือครบตามคุณลักษณะย่อย ๆ ของสิ่งหนึ่งที่ต้องการวัดที่ระบุไว้ในทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแปรที่เป็นลักษณะ (Trait) มักจะมีโครงสร้างขององค์ประกอบในเชิงทฤษฎี บางทีจึงถูกเรียกว่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง การหาความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีจึงนิยมใช้กับเครื่องมือวัดตัวแปรลักษณะ หรือ ตัวแปรแฝงที่มีการนิยามเชิงทฤษฎี เช่น เชาว์ปัญญา เจตคติ ความเชื่อ ค่านิยม เชาว์อารมณ์ เป็นต้น โดยคุณลักษณะเหล่านี้สังเกตโดยตรงไม่ได้ จะสังเกตได้เฉพาะผลที่เกิดขึ้นเท่านั้น การตรวจสอบได้หลายวิธีได้ดังนี้

3.1 วิธีตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบถึงความเหมาะสมของทฤษฎีที่นำมาใช้ นิยาม ผังข้อคำถามและคุณภาพของข้อคำถาม ซึ่งเป็นหลักฐานเบื้องต้นที่นำมาใช้สนับสนุนความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

3.2 วิธีเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มรู้ชัด (Comparing The Scores of Known Groups) หากคุณลักษณะที่ต้องการวัดนั้นมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มบุคคลอย่างเห็นได้ชัด หรือผู้วิจัยทราบแน่ชัดว่า คุณลักษณะที่ต้องการวัดนั้นมีในกลุ่มบุคคลกลุ่มหนึ่งและไม่มีในกลุ่มบุคคลอีกกลุ่มหนึ่ง เช่นกลุ่มที่ประสบความสำเร็จกับกลุ่มที่ไม่ประสบความสำเร็จ หรือกลุ่มที่มีประสบการณ์ กับกลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์ เป็นต้นการเปรียบเทียบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คะแนนที่วัดได้ระหว่างกลุ่มที่ทราบแน่ชัดแล้วว่ามีคุณลักษณะที่ต้องการวัดแตกต่างกัน (Known Groups) ก็จะเป็นหลักฐานส่วนหนึ่งที่ใช้สนับสนุนความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีได้โดยถ้าเครื่องมือสามารถวัดคุณลักษณะที่สนใจนั้นได้จริง ผลการวัดจะต้องมีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม การเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มนี้อาจใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม เช่น การทดสอบที (T - Test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบไค - สแควร์เป็นต้น

3.3 วิธีการเปรียบเทียบคะแนนจากการทดลอง (Comparing The Scores From an Experiment) แบบวัดที่สามารถให้คะแนนการวัดได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่ทดลองตามความคาดหมายของทฤษฎี ก็จะมีความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

3.4 วิธีวิเคราะห์เมตริกซ์ลักษณะหลากวิธีหลาย (Multi - Trait Multi - Method Matrix : MTMM) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีที่อาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดหลาย ๆ ครั้ง ลักษณะ (Multi - Trait) โดยใช้วิธีการวัดหลาย ๆ วิธีหรือแบบวัดหลาย ๆ ชุด (Multi - Method) โดยมุ่งตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือหลาย ๆ ชุดในการวัดลักษณะใดลักษณะ หนึ่งที่สนใจศึกษา

3.5 วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นสมบัติของเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามองค์ประกอบที่ต้องการวัด การหาความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีในลักษณะของความเที่ยงตรงตามองค์ประกอบนี้ สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตค่าได้เพื่อหาลักษณะร่วมกันของกลุ่มตัวแปรเหล่านั้น ลักษณะร่วมนี้เรียกว่าองค์ประกอบ (Factor) ดังนั้น องค์ประกอบจึงเป็นลักษณะที่ใช้อธิบายความผันแปรร่วมของกลุ่มตัวแปร และเป็นตัวแปรเชิงสมมุติฐานที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่ทฤษฎี จะเป็นตัวกำหนดลักษณะหรือโครงสร้างที่เกิดจากการเกาะกลุ่มกันของตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสัมพันธ์กันสูง การวิเคราะห์องค์ประกอบจะทำให้ได้หลักฐานสนับสนุนความเที่ยงตรงทฤษฎี 1) แบบวัดนั้นสามารถวัดลักษณะได้สอดคล้องกับโครงสร้างทางทฤษฎี ของลักษณะที่ต้องการวัดเพียงไร หรือวัดได้ครอบคลุมเพียงใด และ 2) วัดได้ตรงตามลักษณะที่ต้องการวัดนั้นเพียงไร หรือวัดองค์ประกอบร่วมได้ตรงตามลักษณะที่ต้องการวัดเพียงไร

โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศงานวัดผลและประเมินผลการศึกษาโรงเรียนสามศร (2554 : ออนไลน์) กล่าวว่า ความตรงของเครื่องมือ (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่แสดงให้ทราบว่าเครื่องมือวิจัยนั้นสามารถวัดสิ่งที่มุ่งจะวัดได้ เป็นดัชนีที่บ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บอกให้รู้ว่าเครื่องมือนั้น ๆ สามารถวัดได้ตรงตามเกณฑ์ที่ต้องการหรือไม่ เป็นคุณภาพที่จะทำให้ผลการวัดที่ได้สามารถแทนคุณลักษณะที่ต้องการจะวัดได้มากน้อยเพียงใด ความตรงแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

2. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เครื่องมือที่มีความตรงเชิงโครงสร้าง เครื่องมือนั้นสามารถวัดได้สอดคล้องกับโครงสร้างหรือคุณลักษณะตามทฤษฎีของสิ่งนั้น ๆ นั่นคือ ต้องสร้างข้อคำถามให้มีพฤติกรรมต่าง ๆ ตรงตามพฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายของสิ่งที่ต้องการจะวัด เช่น แบบวัดเชาว์ปัญญาจะมีความตรงเชิงโครงสร้างจะต้องสร้างข้อคำถามให้มีพฤติกรรมต่าง ๆ ที่วัดองค์ประกอบครบถ้วนตามทฤษฎีของเชาว์ปัญญา

3. ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion Relate Validity) เป็นการแสดงถึงผลการใช้เครื่องมือทำนายพฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์เฉพาะ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ เกณฑ์ปัจจุบันกับเกณฑ์อนาคตซึ่งเรียกว่า ความตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) และความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity)

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 217 - 221) กล่าวว่า การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับได้แก่การหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ แยกกล่าวได้ดังนี้ แยกเป็นแบบอิงกลุ่ม และอิงเกณฑ์ การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม ที่นิยมใช้ แบ่งเป็น 4 วิธี คือ

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา วิธีนี้คือวิเคราะห์เนื้อหาและจุดมุ่งหมายของหลักสูตรก่อนที่จะสร้างแบบทดสอบ ที่เรียกว่าการวิเคราะห์หลักสูตร

2. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง วิธีนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการวัดคุณลักษณะ (Trait) ต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถหาเกณฑ์ภายในภายนอกมาใช้ได้ ในกรณีเช่นนี้ต้องมีโครงสร้างของลักษณะนั้น ๆ ที่สร้างขึ้น โดยอาศัยทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งเป็นหลัก แล้วจึงนิยามคุณลักษณะนั้น ๆ วิธีการหาค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างอาจทำได้หลายวิธี เช่น วิธีที่เรียกว่า Known Group Technique หรือใช้วิธี Pretest - Posttest Technique

3. ความเที่ยงตรงตามสภาพ วิธีหาความเที่ยงตรงชนิดนี้สามารถทำได้โดยนำคะแนนจากแบบทดสอบนั้นไปเปรียบเทียบกับอันดับความสามารถของนักเรียน ตามสภาพจริงที่ครูสังเกตเห็นในปัจจุบันเป็นเกณฑ์

4. ความเที่ยงตรงตามการพยากรณ์ วิธีหาความเที่ยงตรงชนิดนี้สามารถทำได้โดยนำคะแนนจากแบบทดสอบนั้นไปเปรียบเทียบกับการจัดอันดับ หรือคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังจากการศึกษาเล่าเรียนมาระยะหนึ่งเป็นเกณฑ์ โดยการหาค่าสหสัมพันธ์

นอกจากนี้วิธีการคำนวณหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ซึ่งอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านการวัด สิ่งที่ต้องพิจารณา คือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ครอบคลุมเนื้อหาหรือไม่ และข้อสอบที่จะวัดแต่ละข้อวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยทั้ง 2 วิธีนี้ โรวิเนลลี (Rovinelli) และแฮมเบิลตัน (Hambleton) ได้เสนอวิธีการพิจารณาเรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC : Index of Item Objective Congruence)

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551 : 85 - 110) ได้กล่าวไว้ว่า การหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างทฤษฎี (Construct Validity) เป็นคุณสมบัติของข้อมูลรวบรวมข้อมูล หรือแบบวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามทฤษฎี หรือแนวคิดของเรื่องราวนั้น ๆ เมื่อสร้างเครื่องมือหรือแบบวัดขึ้นโดยมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกรอบแนวคิดหรือโครงสร้างทฤษฎีที่กำหนดแล้วนำเครื่องมือนั้นไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวพบว่าเป็นจริงตามทฤษฎี ก็แสดงว่าเครื่องมือนั้นก็จะมีความตรงตามโครงสร้างทฤษฎี

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างทฤษฎีทำได้หลายวิธี เช่น

1. การตรวจสอบเชิงเหตุผล (Logical)
2. การตรวจความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency)
3. การตรวจหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่มีโครงสร้างเหมือนกัน
4. การตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)
5. การตรวจสอบด้วยการเทียบกับกลุ่มรู้ (Known Group Technique)
6. การตรวจโดยใช้เมตริกซ์ลักษณะหลาก - วิธีหลาย (MTMMM)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 18 - 120) กล่าวถึงความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างไว้ว่า ในกรณีที่ต้องการแปลผลคะแนนสอบเพื่อสรุปอ้างอิงถึงลักษณะทั่วไปของบุคคลที่สนใจ อาจเป็นลักษณะทางจิตวิทยา เช่นเชาว์ปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ ทัศนคติ ความสามารถ หรือคุณภาพด้านต่าง ๆ ของบุคคลลักษณะเหล่านี้ถือว่าเป็นโครงสร้างความคิดหรือภาวะสันนิษฐาน (Construct) ซึ่งเป็นลักษณะภายในใดก็ตามแสดงให้เห็นถึงความเชื่อบนพื้นฐานของข้อตกลง

เบื้องต้นว่าลักษณะนั้นมีอยู่จริง ลักษณะนั้นมีความแตกต่างจากลักษณะอื่น ๆ และลักษณะนั้นมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมที่ปรากฏหรือคะแนนที่ได้จากการทดสอบ แบบทดสอบที่จะนำมาใช้วัดลักษณะเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง จัดได้ว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดลักษณะที่เป็นนามธรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ต้องทำการวัดทางอ้อมจึงจำเป็นต้องใช้การพิจารณาลักษณะนั้นในบริบทของทฤษฎี โดยอาศัยแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับการนิยามลักษณะที่มุ่งวัด เสนอโครงสร้างการวัด และกำหนดแนวทางตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดลักษณะนั้นกับลักษณะอื่น ๆ เพื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องกับทำนายตามทฤษฎีกระบวนการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง จึงมีความจำเป็นต้องใช้ทฤษฎี ถ้าปราศจากบริบทและการเสนอแนวทางของทฤษฎีที่แวดล้อมลักษณะที่มุ่งวัดแล้ว การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของกายวัดลักษะดังกล่าวก็เป็นไปไม่ได้ เพราะว่าทฤษฎีเป็นแหล่งขององค์ความรู้นัยทั่วไปที่สมเหตุสมผลในการให้แนวคิด โครงสร้าง นิยามและคำทำนายทฤษฎีเชิงโครงสร้างของเครื่องมือหรือแบบทดสอบได้ใน 2 ลักษณะ ได้แก่ แบบทดสอบนั้นมุ่งวัดลักษณะให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัดนั้นเพียงใด และแบบทดสอบนั้นมุ่งวัดลักษณะได้เที่ยงตรงตามลักษณะที่ต้องการนั้นได้เพียงใด การวิเคราะห์องค์ประกอบในปัจจุบันมี 2 โมเดล ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis)

1. ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

Factor Analysis มีชื่อเรียกในภาษาไทย หลายคำ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ตัวประกอบ เป็นต้น สำหรับในการวิจัยครั้งนี้จะใช้คำว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย (2554 : ออนไลน์) ให้ความหมายคือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคทางสถิติ สำหรับวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate Analysis Techniques) ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้นักวิจัยได้ใช้แสวงหาความรู้ความจริงดังกล่าว เช่น นักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis หรือ EFA) ในการพัฒนาทฤษฎี หรือนักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis หรือ CFA) ในการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎี

กัลยา วานิชบัญชา (2554 : ออนไลน์) สรุปว่า เป็นการวิเคราะห์หลายตัวแปร เทคนิคหนึ่งเพื่อการสรุปรายละเอียดของตัวแปรหลายตัว หรือเรียกว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการลดจำนวนตัวแปรเทคนิคหนึ่งโดยการศึกษาถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร และสร้างตัวแปรใหม่เรียกว่า องค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่สร้างขึ้นจะเป็นการนำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความร่วมกันสูงมารวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละองค์ประกอบมีความร่วมกันน้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

แมรี่ แอนเดาช์ลิน และวิลเลียม ไนท์ (Mary Ann Coughlin & William Knight) (2554 : ออนไลน์) ได้สรุปว่า เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลาย ๆ ตัว เพื่อค้นหาว่า ตัวแปรนี้สามารถรวมกลุ่มกันได้หรือไม่ ซึ่งจะกลายเป็นองค์ประกอบเดียวกัน

โดยสรุปการวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง เทคนิควิธีทางสถิติที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่ม หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์เป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ตัวแปรภายในองค์ประกอบเดียวกัน จะมีความสัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรที่ต่างองค์ประกอบ จะสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มี สามารถใช้ได้ทั้งการพัฒนาทฤษฎีใหม่ หรือการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎีเดิม

2. ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ

เทคนิคของการวิเคราะห์องค์ประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาไม่มีความรู้ หรือมีความรู้น้อยมากเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวแปร และลดจำนวนตัวแปรที่มีอยู่เดิมให้มีการรวมกันได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจะใช้กรณีที่ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรควรจะเป็นรูปแบบใด หรือคาดว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันมากและควรอยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน หรือคาดว่ามีตัวแปรใดที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ควรจะอยู่ต่างองค์ประกอบกัน หรือกล่าวได้ว่า ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดไว้ว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัว

แปรเป็นอย่างไรและจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมาตรวจสอบหรือยืนยันความสัมพันธ์ว่าเป็นอย่างที่คาดไว้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์หาความตรงเชิงโครงสร้างนั่นเอง

จากการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างมีหลายวิธี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ที่สร้างขึ้นโดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่มีหลักการเชิงวิชาการ เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ จนได้รับการยกย่องว่าเป็นวิธีการที่เยี่ยมยอดทางการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งปวง คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีวิธีการและเป้าหมายการวิเคราะห์ต่างกัน คือ การวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเหล่านี้ ไม่ว่าวิธีใดวิธีหนึ่งต่างก็เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ต่อนักวิจัยทั้งสิ้น

เสรี ชัดแช้ม (2547 : 2 - 3) กล่าวถึงแนวคิดในการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันไปใช้วิเคราะห์เครื่องมือวัดเพื่อช่วยให้สามารถศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดได้อย่างน้อย 3 ประเด็น ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสนับสนุนการใช้ทฤษฎีเป็นแนวทางในการศึกษาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (คุณลักษณะของเครื่องมือที่ให้ผลการวัดสอดคล้องกับคุณลักษณะที่มุ่งวัดในทางทฤษฎี) ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบว่าคำถามแต่ละข้อในเครื่องมือใช้วัดได้ตรงตามองค์ประกอบที่คาดหวังไว้หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยต้องสร้างข้อคำถามวัดตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้หรือไม่ คุณลักษณะใดในทฤษฎีควรสัมพันธ์กันสูงและคุณลักษณะใดควรสัมพันธ์กันต่ำ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลสำหรับเสนอแนะว่าโมเดลองค์ประกอบสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ในความเป็นจริงแล้วความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบตามทฤษฎีก็คือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์ (ความแปรปรวนร่วมของข้อคำถามนั่นเอง)

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้ในการประมาณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือวัดทางจิต เช่น ความเชื่อมั่นแบบความคงที่ภายใน ความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นแบบดั้งเดิมดังเช่นวิธีของคูเดอร์ - ริ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชาร์ดสัน หรือวิธีการของครอนบาค กล่าวคือวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขจัดความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement error) ออกจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผลการประมาณค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือถูกต้องมากขึ้น

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ใช้เปรียบเทียบโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือระหว่างกลุ่มประชากรตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปพร้อม ๆ กันได้ เป็นการตรวจสอบว่าโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือคงที่หรือไม่ เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน เพื่อยืนยันว่าโครงสร้างองค์ประกอบหรือคุณลักษณะที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรเป็นองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2542 : 122) กล่าวถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบว่าเป็นวิธีการอธิบายข้อมูลให้ง่ายขึ้นด้วยการลดจำนวนตัวแปร (Variable Reduction) โดยการพยายามหาโครงสร้างตัวประกอบจำนวนน้อย ๆ ที่จะแทนตัวแปรจำนวนมาก ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยทางสังคมศาสตร์และการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์นั้นเรามุ่งเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นลักษณะภายในที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงหรืออาจเรียกว่าตัวแปรแฝง และต้องศึกษาคุณลักษณะดังกล่าวนั้นจากพฤติกรรมการแสดงออกของบุคคล โดยการวัดหรือการสังเกตพฤติกรรมเหล่านั้นแทนคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา ในทางปฏิบัตินักวิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลได้เป็นตัวแปรสังเกตได้หลายตัว และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้องค์ประกอบอันเป็นคุณลักษณะที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีการปรับปรุงจุดอ่อนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจได้เกือบทั้งหมด โดยข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีความสมเหตุสมผล ตรงตามความเป็นจริงมากกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสนับสนุนในการกำหนดเงื่อนไขบังคับ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วยังมีการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มี 3 ประการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 122)

1. นักวิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบนี้ เพื่อตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

2. ใช้เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
PHRANAKHON RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่ แต่เทคนิคนี้สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลโดยมีข้อตกลงเบื้องต้นน้อยกว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เช่น ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนอาจสัมพันธ์กันได้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 137) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ดังนี้

1. กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ของโมเดลองค์ประกอบ (Specification of The Confirmatory Factor Model) ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดรายละเอียดรูปแบบของโมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันที่ต้องการนำมาตรวจสอบ ดังนี้

1.1 จำนวนองค์ประกอบร่วมและจำนวนตัวแปรสังเกตได้

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วมกับตัวแปรสังเกตได้ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับองค์ประกอบส่วนที่เหลือ

1.3 ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบร่วม

1.4 ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบส่วนที่เหลือ

2. ศึกษาคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (Identification of The Confirmatory Factor Model) การประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวในโมเดลจะเป็นเอกลักษณ์ (Unique) ก็ต่อเมื่อโครงสร้างของโมเดลอยู่ในเงื่อนไขที่สามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สนใจทุกตัวได้ (Identify) ก็เป็นไปไม่ได้ที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลอย่างเป็นเอกลักษณ์ เงื่อนไขที่จะทำให้โครงสร้างโมเดลสามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ มีดังนี้

2.1 เงื่อนไขที่จำเป็น (Necessary) สำหรับโครงสร้างของโมเดลคือจะต้องมีจำนวนหน่วยของข้อมูลมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่สนใจประมาณค่า

2.2 เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอ (Necessary and Sufficient) สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล คือ พารามิเตอร์อิสระที่สนใจประมาณค่าทุกตัวจะต้องสามารถคำนวณหรือหาค่าได้โดยการจัดกระทำทางพีชคณิตในเทอมของค่าความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้

3. ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล (Estimation of The Confirmatory Factor Model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น LISREL ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ของโมเดลโดยใช้หลักความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากรและของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังสมการ

$$\Sigma = \Lambda \phi \Lambda' + \theta \quad \text{..... (1)}$$
$$(p \times p) = (k \times p)(p \times p)(p \times k)(p \times p)$$

เมื่อ Σ แทน เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้จากประชากร

Λ แทน เมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้บนองค์ประกอบร่วม

ϕ แทน เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วม

θ แทน เมทริกซ์ของค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบค่าประมาณพารามิเตอร์ดังนี้

3.1 เมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้บนองค์ประกอบ

3.2 เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3.3 เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบส่วนที่เหลือ

4. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล (Assessment of Fit in The Confirmatory Factor Model)

5. แปลความหมายผลการวิเคราะห์ (Interpretation of Confirmatory Factor Model) ทำการแปลความหมายและสรุปผลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน ถ้าผลที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานเชิงโครงสร้างตามโมเดลองค์ประกอบที่นำมาตรวจสอบที่เป็นหลักฐานสำหรับการยืนยันองค์ประกอบหรือลักษณะที่มุ่งวัด แต่ถ้าผลที่ได้ไม่สอดคล้องจะต้องหาแนวทางอธิบายสำหรับการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงเครื่องมือ ทฤษฎี หรือโมเดลเพื่อทำการตรวจสอบต่อไป

2. คำศัพท์สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เช่น LISREL EQS AMOS เป็นต้นไป ในจำนวนนี้โปรแกรมลิสเรล (LISREL) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบแต่เนื่องจากโปรแกรมใช้สัญลักษณ์ภาษากรีก และส่วนใหญ่ต้องเตรียม

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในรูปเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ประกอบกับมีตำราส่วนใหญ่ใช้สัญลักษณ์ภาษากรีก ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องทราบคำศัพท์ในการวิเคราะห์ คำศัพท์เหล่านี้เป็นคำที่ใช้อยู่แล้วในโมเดลสมการ โครงสร้างที่สำคัญดังนี้ (เสรี ชัดแช้ม. 2547 : 4 - 6)

1. ตัวแปรแฝง (Latent Variables)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนิยมเรียกองค์ประกอบ (Factors) เป็นตัวแปรวัดค่าโดยตรงไม่ได้ (Unmeasured Variables) หรือตัวแปรแฝง (Latent Variables) เพราะว่าผู้วิจัยไม่สามารถวัดหรือสังเกตค่าได้โดยตรง ในความเป็นจริงแล้วตัวแปรแฝงก็คือปริมาณของภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีที่ผู้วิจัยคาดการณ์ว่าเป็นสาเหตุของข้อคำถาม หรือกลุ่มข้อคำถามที่มีค่าแน่นอน ในโมเดลการวิเคราะห์ตัวแปรแฝง เขียนแทนด้วยตัวอักษรกรีกพิมพ์เล็ก $\xi(Xi)$ ในรูปวงกลมหรือวงรี

2. ตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้คำว่า ตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) เมื่อกล่าวถึงข้อคำถามในเครื่องมือ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถวัดหรือสังเกตอิทธิพลของตัวแปรแฝง (องค์ประกอบ) ได้โดยตรง ต้องวัดหรือสังเกตอิทธิพลของตัวแปรแฝงจากพฤติกรรมการแสดงออกของบุคคล เช่น คะแนนที่ได้จากแบบวัด และเรียกตัวแปรสังเกตได้ว่าตัวบ่งชี้ (Indicator) เพราะว่าสามารถชี้บ่งถึงความมีอยู่จริงของตัวแปรแฝงได้ในโมเดลการวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตได้เขียนแทนด้วยตัวอักษรโรมันพิมพ์ใหญ่ X ลงในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. เศษเหลือ (Residuals)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันใช้คำว่า เศษเหลือ (Residuals) เมื่อกล่าวถึงคะแนนเศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อนในการวัด ตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเศษเหลือ หมายถึง องค์ประกอบเฉพาะ เพราะในกระบวนการวัดผู้วิจัยทำให้เศษเหลือเป็นค่าเดียวและไม่สัมพันธ์กับตัวแปรแฝง เศษเหลือจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวิเคราะห์เศษเหลือเขียนด้วยตัวอักษรกรีกตัวพิมพ์เล็ก δ (Delta)

4. พารามิเตอร์ (Parameters)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน สามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์หรือตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลและค่าเศษวัสดุได้ทุกค่า เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วตัวแปรแฝงสัมพันธ์กันหรือความคลาดเคลื่อนในการวัดสัมพันธ์กันได้ นอกจากนี้อาจตั้งสมมติฐานว่าตัวแปรสังเกตได้ตัวใดเป็นตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบใดก็ได้ ความสัมพันธ์

เหล่านี้จะเชื่อมโยงกันเป็นโครงสร้างเชิงเส้นตรงในโมเดลองค์ประกอบใช้ตัวอักษรกรีก จำแนกประเภทของพารามิเตอร์ตามเส้นทางโมเดล เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง 2 ตัว แทนด้วยพารามิเตอร์ที่ใช้สัญลักษณ์ Φ เรียกว่า Phi การกำหนดค่าสำหรับเมทริกซ์พารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เมทริกซ์พารามิเตอร์ใน LISREL การกำหนดรูปแบบและค่า

ชื่อ	สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์	ชื่อทาง LISREL	สัญลักษณ์ของค่าพารามิเตอร์	ขนาดของเมทริกซ์	รูปแบบที่เป็นไปได้	รูปแบบที่ถูกกำหนด	สถานะที่ถูกกำหนด
Lambda-Y	Λ_y	LY	$\lambda^{(y)}$	$NY \times NE$	ID,IZ,ZI, DI,FU	FU	FI
Lambda-X	Λ_x	LX	$\lambda^{(x)}$	$NX \times NK$	ID,IZ,ZI, DI,FU	FU	FI
Beta	B	BE	β	$NE \times NE$	ZE,SD, FU	ZE	FI
Gamma	Γ	GA	γ	$NE \times NK$	ID,IZ,ZI, DI,FU	FU	FR
Phi	Φ	PH	ϕ	$NK \times NK$	ID,DI, SY,ST	SY	FR
Psi	Ψ	PS	Ψ	$NE \times NE$	ZE,DI, SY	DI	FR
Theta-Epsilon	Θ_ε	TE	$\theta^{(\varepsilon)}$	$NY \times NY$	ZE,DI, SY	DI	FR
Theta-Delta	Θ_δ	TD	$\theta^{(\delta)}$	$NX \times NX$	ZE,DI, SY	DI	FR

ที่มา : ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548 : 11)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. การประเมินความสอดคล้องของโมเดล

ฉัตรศิริ ปียะพิมลสิทธิ์ (2543 : 11) กล่าวว่าส่วนสำคัญที่สุดในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL คือ การประเมินความสอดคล้องและการปรับแก้โมเดลให้เหมาะสม การประเมินความสอดคล้องโดยการประมาณค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดล (Measures of Overall Fit) ดังนี้ (ฉัตรศิริ ปียะพิมลสิทธิ์. 2543 : 28 ; นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 54 - 59)

1. ค่าสถิติไค - สแควร์ (Chi - Sqare Statistics) เป็นค่าสถิติใช้ทดสอบสมมติฐานความสอดคล้อง ถ้าค่าสถิติไค - สแควร์ มีค่าสูงมากจนมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลไม่สอดคล้องและถ้าหากมีค่าน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลสอดคล้อง

2. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index ; GFI) ค่าดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าหากค่าดัชนี GFI มีค่ามากกว่า 0.9 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3. ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index ; AGFI) เมื่อนำค่าดัชนี AGFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดขององศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom ; df) ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าดัชนี AGFI ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ถ้ามีค่ามากกว่า 0.9 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Squared Residual ; RMR) ค่าดัชนี RMR เป็นดัชนีใช้เปรียบเทียบระดับความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดลเฉพาะกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ค่าดัชนี RMR มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 หรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Squared Error of Approximation ; RMSEA) ค่าดัชนี RMSEA เป็นค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ มีลักษณะการประมาณค่าเช่นเดียวกับค่าดัชนี RMR นั่นคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 หรือเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สุภมาศ อังศุโชติ และคณะ (2552 : 25) กล่าวว่า โมเดลการวัดเป็นโมเดลที่ใช้ตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝง ดังนั้นในการแปลผลการวิเคราะห์ควรจะพิจารณาด้วยว่าตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝงได้มากน้อยเพียงใด การพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลการวัดต้องพิจารณาทั้งความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของตัวแปรหรือตัวบ่งชี้ที่ใช้วัดตัวแปรแฝงในโมเดลโดยพิจารณาจากความมีนัยสำคัญของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ในเมทริกซ์ LX หรือ LY ค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ (T - Value มากกว่า 1.96) นอกจากนี้สามารถเปรียบเทียบความสำคัญของตัวแปรว่าตัวแปรใดใช้วัดตัวแปรแฝงได้ดีที่สุดโดยการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardize loading)

ความเชื่อมั่นหมายถึง ความคงเส้นคงวาของการวัดหรือระดับที่ตัวแปรปราศจากความคลาดเคลื่อน การพิจารณาความเชื่อมั่นของตัวแปรพิจารณาที่ผลการวิเคราะห์ในส่วนของ SQUARE MULTIPLE CORRELATION เป็นสัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรที่อธิบายได้โดยตัวแปรแฝง

4. การปรับโมเดล (Model Modification)

สุภมาศ อังศุโชติ และคณะ (2552 : 27) กล่าวถึงการปรับโมเดลของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันว่าจะใช้เมื่อโมเดลการวิจัยยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การปรับโมเดลจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะให้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ขึ้นใหม่จนกว่าโมเดลที่วิเคราะห์ใหม่จะสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในการปรับโมเดลจะพิจารณาค่า Modification Index หรือ MI ในผลการวิเคราะห์เพราะค่าของ MI จะแสดงให้ทราบอย่างคร่าว ๆ ว่าหากมีการเพิ่มพารามิเตอร์ในโมเดลและทำการวิเคราะห์ใหม่ ค่า χ^2 จะลดลงเท่ากับค่าของ MI ทั้งนี้ควรเลือกปรับโมเดลที่ค่า MI มากที่สุดโดยค่า MI ที่มากกว่า 3.84 ถือว่ามาก หลักการปรับโมเดลมีดังนี้

1. ต้องมีเหตุผลเชิงทฤษฎีและสามารถอธิบายได้ว่าทำไมจึงปรับโมเดลได้

2. ปรับทีละ1 พารามิเตอร์ แล้ววิเคราะห์ใหม่

3. พิจารณาร่วมกับ EPC (Expected Parameter Change) ซึ่งเป็นค่าที่บอกขนาดและทิศทางของพารามิเตอร์ที่กำลังจะปรับ พารามิเตอร์ที่ควรปรับควรมีค่า EPC สูง ๆ และมีค่า MI สูง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ฉัตรสิริ ปิยะพิมลทิพย์ (2541 : 8) กล่าวถึงดัชนีการปรับโมเดล (Model Modification Index) ว่าเป็นการวัดที่สัมพันธ์กับพารามิเตอร์คงที่และพารามิเตอร์อิสระของโมเดล ดัชนีการปรับโมเดลจะเป็นการทำนายค่าที่ลดลงของ χ^2 ถ้าพารามิเตอร์กำหนดหรือคงที่ตัวหนึ่งถูกทำให้เป็นอิสระเมื่อดำเนินการแก้ไขพารามิเตอร์แล้วประมาณค่าใหม่จะมีผลให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลมากขึ้น ดังนั้นดัชนีการปรับโมเดลจะเท่ากับผลต่างของค่าไค-สแควร์ ระหว่าง 2 โมเดล คือ โมเดลแรกจะมีพารามิเตอร์ตัวหนึ่งเป็นพารามิเตอร์กำหนดหรือคงที่กับอีกโมเดลหนึ่งมีพารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ ดังนั้น ดัชนีการปรับโมเดลที่มีค่ามากแสดงว่าพารามิเตอร์นั้นมีส่วนช่วยให้โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเมื่อถูกกำหนดให้เป็นอิสระ

ดัชนีการปรับโมเดลจะเกี่ยวข้องกับค่าความคาดหวังของการเปลี่ยนพารามิเตอร์ (Expected Parameter Change : EPC) ซึ่งจะบ่งบอกถึงความเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่คาดหวังว่าจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางบวกหรือลบเมื่อกำหนดพารามิเตอร์ตัวหนึ่งให้เป็นอิสระ เมื่อดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแล้วผลปรากฏว่าไม่มีความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูล ผู้วิจัยสามารถหาวิธีการเพื่อแก้ไขโมเดลได้โดยอาจปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่เป็นพารามิเตอร์อิสระให้เป็นพารามิเตอร์คงที่ หรือปรับแก้ค่าพารามิเตอร์คงที่ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งและลำดับขั้นที่สอง

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งต้องมีสมมติฐานวิจัยที่แน่นอนว่าองค์ประกอบใดส่งอิทธิพลไปยังตัวแปรสังเกตได้ กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือจะต้องทราบว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกำหนดเป็นโมเดลการวิจัยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันคือ การตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับโมเดลตามสมมติฐานการวิจัย สมการของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 26)

$$X = \Lambda_x \xi + \delta \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ X (Eks) แทน เวคเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ X ขนาด (NX × 1)

$\Lambda_x (Lambda - X)$ แทน เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ X บน K ขนาด (NX × NK)

$\xi (Xi)$ แทน เวคเตอร์ตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NK × 1)

$\delta(delta)$ แทน เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X ขนาด(NX × 1)

โดยที่ NX แทน จำนวนตัวแปรภายนอกสังเกตได้

NK แทน จำนวนตัวแปรภายนอกแฝง

กรณีที่การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง มีจำนวนองค์ประกอบจำนวนมากและองค์ประกอบดังกล่าวอาจสามารถถูกอธิบายจากตัวแปรแฝงอื่น ๆ ที่ไม่มีอิทธิพลทางตรงกับตัวแปรสังเกต (ชาญวิทย์ จรัสสุทธิดิศร. 2550 : 51 อ้างอิงมาจาก Bollen. 1989 : 313 - 314) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สองจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดจำนวนองค์ประกอบที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ลงได้ อย่างไรก็ดีการกำหนดองค์ประกอบของตัวแปรลำดับขั้นที่สองยังคงต้องยึดหลักการเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง คือต้องมีทฤษฎีหรืองานวิจัยสนับสนุนองค์ประกอบดังกล่าวมาอย่างดี

การศึกษาองค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สองนั้น จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลเป็นอย่างดี และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่งได้ผลว่ายังมีองค์ประกอบจำนวนมากและทุกองค์ประกอบต่างก็มีความสัมพันธ์กัน (ชาญวิทย์ จรัสสุทธิดิศร. 2550 : 51) สมมติฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบลำดับขั้นที่สองนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง แต่องค์ประกอบลำดับขั้นที่สองจะเป็นตัวแปรภายนอกแฝงที่ส่งอิทธิพลไปยังตัวแปรภายในแฝง (องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง) สมการของโมเดลการเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สอง ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 27)

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \varsigma \quad \text{.....(3)}$$

$$Y = \Lambda_Y\eta + \varepsilon \quad \text{.....(4)}$$

เมื่อ $\eta(Eta)$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรภายในแฝง E ขนาด (NE × 1)

$\beta(Beta)$ แทน เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในแฝง (E) ขนาด (NE × NE)

$\Gamma(Gamma)$ แทน เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง (K) ไปตัวแปรภายในแฝง (E) ขนาด (NE × NK) ในที่นี้คือเมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่สอง

$\xi(Xi)$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NK × 1)

$\varsigma(Zeta)$ แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ของตัวแปรภายในแฝง (E) ขนาด (NE × 1)

$Y(Wi)$ แทน เวกเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ Y ขนาด (NY × 1)

$\Lambda_y(Lambda-Y)$ แทน เมทริกซ์สัมประสิทธิ์ถดถอยของ Y บน E ขนาด (NY × NE) ในที่นี้คือเมทริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับขั้นที่หนึ่ง

$\varepsilon(Epsilon)$ แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร y ขนาด(NY × 1)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป ความหมายและคุณภาพของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนด้านความเที่ยงตรง ในการวิจัย ดังนี้ ความเที่ยงตรงของแบบวัด (Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามนิยามชี้วัดเชิงพฤติกรรมที่เป็นลักษณะที่มุ่งวัด หรือจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด ในการวิจัยครั้งนี้ หาโดย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึงความสอดคล้องระหว่างนิยามชี้วัดเชิงพฤติกรรม ที่เป็นลักษณะที่มุ่งวัดกับข้อคำถามที่สร้างขึ้น (Item Congruence Index) ใช้วิธีของโรเนลลี และแฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton) ซึ่งดัชนีความสอดคล้อง มากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 จึงจะถือว่าวัดได้สอดคล้อง (ไพศาล วรคำ. 2554 : 260 ; สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 220)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึงคุณภาพของแบบวัดที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน คำนวณจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) ลำดับขั้นที่ 1 และลำดับขั้นที่ 2 ดังนี้ ลำดับขั้นที่ 1) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละตัวแปรว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ลำดับขั้นที่ 2) วิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมของข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดล เพื่อตรวจสอบแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนว่ามีความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ วิเคราะห์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป และพิจารณา ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ว่าสอดคล้องกันเพียงใด โดยการตรวจสอบ ตามเกณฑ์ของค่าสถิติ χ^2 , χ^2 /df, GFI ,AGFI ,RMR ,RMSEA หรือ P - Value (ไพศาล วรคำ. 2554 : 265 - 272)

3.2 ความยาก (Difficulty)

นักศึกษาและนักวัดผลได้เสนอแนวคิดไว้ ดังนี้

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551 : 95 - 97) ได้กล่าวว่า ความยาก คือ สัดส่วนที่แสดงว่าข้อสอบ นั้นมีคนทำถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนทำถูกมากก็เป็นข้อสอบง่าย ถ้ามีคนทำถูกน้อยก็เป็นข้อสอบยาก การหาค่าความยากเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่เกี่ยวกับสมรรถภาพของสมอง Cognitive Domain และเป็นแบบทดสอบในระบบอิงกลุ่ม (Norm - Reference Test) มีลักษณะเป็นการวิเคราะห์รายข้อ (Item Analysis) ไม่ใช่เป็นการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งฉบับ ค่าความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 นิยมเขียนแทนด้วย P สูตรคำนวณ ดังนี้

$$P = \frac{R}{N} \quad \text{หรือ} \quad P = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

เมื่อ P แทน ค่าดัชนีความยาก

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

P_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

ค่าร้อยละหรือสัดส่วนที่คำนวณ จากค่าความยากของข้อสอบและการแปลความหมาย ดังตารางที่ 4

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 4 ค่าร้อยละ หรือสัดส่วนที่คำนวณจากค่าความยากของข้อสอบและการแปลความหมาย

ค่าความยาก		ความหมายระดับความยาก	คุณภาพข้อสอบ
ร้อยละ	สัดส่วน		
80 - 100	0.8 - 1.0	ง่ายมาก	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่
60 - 79	0.6 - 0.79	ง่าย	พอใช้ได้
40 - 59	0.4 - 0.59	ปานกลาง	ดีมาก
20 - 39	0.2 - 0.39	ยาก	พอใช้ได้
0 - 19	0 - 0.19	ยากมาก	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่

ข้อสอบที่คัดเลือกมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลควรเป็นข้อสอบที่มีความยากปานกลาง คือ ประมาณ 0.5 แต่ในทางปฏิบัติมักกำหนดเกณฑ์ระดับความยากของข้อสอบที่จะเลือกไว้ใช้ในช่วง 0.2 - 0.8

อรัญ ซุยกระเดื่องและคณะ (2552 : 71 - 72) กล่าวว่า ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งชี้ถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย หรือมีดัชนีความยาก (Item Difficulty Index : p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือ มีค่าดัชนีความยากต่ำ ดังนั้น ค่าดัชนีความยากหาได้จาก

$$p = \frac{f}{n}$$

เมื่อ p แทน ดัชนีความยาก

f แทน จำนวนผู้ตอบถูก

n แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

การหาค่าความยากของข้อสอบโดยทั่วไปจะนิยมหาเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ ข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 เนื่องจากข้อสอบที่ยากเกินไป ($p < 0.20$) หรือง่ายเกินไป ($p > 0.80$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สุรวาท ทองบุ (2550 : 99 - 102) กล่าวว่าการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ ในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม โดยทั่วไปจะหาความยาก และอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 นำข้อสอบที่สร้างเรียบร้อยแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนจำนวนหนึ่งแล้วนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน

ขั้นที่ 2 เรียงกระดาษคำตอบจากคะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุด

ขั้นที่ 3 นับกระดาษคำตอบจากข้างบนลงมาจำนวนหนึ่ง เรียกว่า กลุ่มสูง และนับกระดาษคำตอบจากล่างขึ้นมาให้มีจำนวนเท่ากับกลุ่มสูงเรียกว่า กลุ่มต่ำ

ขั้นที่ 4 นำกระดาษคำตอบในกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำ ไปลงรอยขีด (Tally) ในแบบฟอร์ม เพื่อดูความถี่ในแต่ละตัวเลือกของแต่ละข้อว่ามีนักเรียนเลือกตอบกี่คน

ขั้นที่ 5 นำค่ารวม (H) และรวม (L) ของแต่ละข้อไปคำนวณหาความยากและค่าอำนาจ โดยใช้สูตร ดังนี้

ตัวถูก $p = \frac{H+L}{2N}$, $r = \frac{H-L}{N}$

ตัวลวง $p = \frac{H+L}{2N}$, $r = \frac{H-L}{N}$

ตัวถูก	ตัวลวง
p แทน ความยากของข้อสอบ	p แทน ความยากของข้อสอบ
r แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ	r แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ
H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก	H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบตัวลวงแต่ละตัว
L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก	L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบตัวลวงแต่ละตัว
N แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง	N แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศงานวัดผลและประเมินผลการศึกษาโรงเรียนสามศร (2554 : ออนไลน์) กล่าวว่า ความยากง่าย (Difficulty) เป็นคุณภาพของรายการหรือข้อคำถามของเครื่องมือการวิจัยที่เป็นแบบทดสอบ ความยากง่าย (Difficulty) จะคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างผู้ตอบถูกกับจำนวนคนทั้งในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ค่าความยากง่าย หรือ ค่า P มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 - 1.00 ถ้าค่า P เข้าใกล้ 0.00 หมายความว่า ข้อสอบยาก ถ้าเข้าใกล้ 1.00 แปลว่าข้อสอบง่าย โดยค่าที่ P ที่ยอมรับได้อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 194 - 198) กล่าวว่า การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อแบบอิงกลุ่ม ได้แก่ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ซึ่งมีความหมายดังนี้ ความยากของข้อสอบ (Difficulty) หมายถึง อัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมด สามารถหาความยากของข้อสอบได้ ดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนคนตอบถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป ความหมายและคุณภาพของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนด้านความยาก สรุปได้ว่า ความยาก (Difficulty) หมายถึง ค่าที่แสดงคุณสมบัติของข้อสอบว่าถ้าดัชนีความยากสูงหรือมีจำนวนผู้ตอบถูกมากกว่าแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย ถ้าค่าดัชนีมีความยากต่ำหรือมีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก ความยากหาได้จากสัดส่วนของผู้ที่ทำข้อนั้นถูก เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจำนวนนักเรียนทั้งหมด ในการสร้างแบบวัดครั้งนี้คัดเลือก แบบวัดที่มีความยาก อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการตรวจสอบหาคุณภาพ โดยหาระดับความยาก (Difficulty) ตามที่ สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551 : 95 - 97) เสนอไว้ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเรียงลำดับข้อสอบจากข้อง่ายไปหาข้อยาก และคำนวณความยาก (Difficulty) ดังนี้

$$P = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

เมื่อ P_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3 อำนาจจำแนก (Discrimination)

นักการศึกษาและนักวัดผลได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับคุณภาพของแบบวัด

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551 : 89 - 96) กล่าวว่า อำนาจจำแนก คือ ความสามารถของเครื่องมือในการจำแนกบุคคล ออกเป็นสองกลุ่มที่ต่างกัน คือ กลุ่มเก่ง - กลุ่มอ่อน ในเรื่องที่เป็นสมรรถภาพทางสมอง หรือกลุ่มสูง - กลุ่มต่ำ ในเรื่องที่เป็นความรู้สึก เช่น เจตคติ ความสนใจ การหาค่าอำนาจจำแนกใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัยประเภทแบบทดสอบ แบบสอบถามและแบบวัดเจตคติ มีลักษณะเป็นการวิเคราะห์รายข้อ ค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าอยู่ระหว่าง (-1) ถึง (+1) นิยมเขียนแทนด้วย r

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ r แทน ดัชนีอำนาจจำแนก

P_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

แสดงเกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบและการแปรความหมาย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบและการแปลความหมาย

ค่าอำนาจจำแนก	ความหมายของคุณภาพข้อสอบ
0.40 ขึ้นไป	ดีมาก
0.30 - 0.39	ดีพอสมควร
0.20 - 0.29	พอใช้ได้แต่ควรปรับปรุง
0.19 ลงไป	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่

ถ้าเป็นอำนาจจำแนก (r) ของตัวลวงสามารถใช้สูตรเดียวกันในการคำนวณ แต่อำนาจจำแนกของตัวลวงที่ดีต้องมีค่าติดลบ เนื่องจากคนในกลุ่มต่ำต้องเลือกมากกว่าคนในกลุ่มสูง และในแต่ละข้อของตัวลวง ต้องมีคนทั้งหมดเลือกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 ($p = 0.05$)

ไพศาล วรคำ (2554 : 294 - 299) กล่าวว่า อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบ ข้อที่มีอำนาจจำแนกก็คือข้อที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้ นั่นหมายความว่า คนเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูกขณะที่คนอ่อนทำผิด การหาอำนาจ จำแนกแบบอิงกลุ่ม มีหลายเทคนิค ดังนี้

1. เทคนิคร้อยละ 50
2. เทคนิคร้อยละ 27 หรือ เทคนิค ร้อยละ 33
3. การหาสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม
4. การหาสหสัมพันธ์แบบ Point Biserial

อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2551 : 109 - 113) กล่าวว่า การหาอำนาจจำแนก (Item Discrimination) ของข้อสอบพิจารณาจากจำนวนคนเก่งที่ตอบถูก กับจำนวนคนอ่อนที่ตอบถูก

ควรจะต่างกัน ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีควรเป็นข้อสอบที่คนเก่งตอบถูก ส่วนคนอ่อนหรือคนไม่รู้จริงควรตอบผิด ดังนั้นการหาอำนาจจำแนกจะต้องแบ่งแยกผู้ทำข้อสอบทั้งหมดเป็นสองกลุ่มก่อน คือ กลุ่มคนเก่ง กับกลุ่มคนอ่อน ถ้าเป็นการวัดแบบอิงกลุ่ม หรือแบ่งเป็นกลุ่มผ่านกับไม่ผ่านถ้าเป็นการวัดแบบอิงเกณฑ์ สามารถหาอำนาจจำแนก ได้ดังนี้

1. การใช้เทคนิคร้อยละ 50

2. การใช้เทคนิค ร้อยละ 27 หรือ เทคนิคการวิเคราะห์ข้อสอบของจุง เตห์ ฟาน (Jung The Fan)

3. การหาสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อ กับ คะแนนรวมที่หักคะแนนข้อนั้นออก ซึ่งใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายนั่นเอง

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2549 : 249 - 250) กล่าวว่า อำนาจจำแนก เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถจำแนก บุคคลออกเป็น 2 กลุ่มที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันในเรื่องที่ศึกษา เช่น ข้อสอบจำแนกคนที่มีความรู้ออกจากคนที่ไม่มีความรู้ หรือเป็นกลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าเป็นความคิดเห็นก็จำแนกเป็นความคิดเห็นต่างกัน ถ้าเป็นเจตคติก็จำแนกเป็นเจตคติทางบวกกับเจตคติทางลบ เป็นต้น อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเที่ยงตรงตามสภาพ ถ้าเครื่องมือมีอำนาจจำแนกแล้วจะมีความเที่ยงตรงตามสภาพด้วย การหาอำนาจจำแนกทำได้ดังนี้

1. กรณีเครื่องมือเป็นแบบทดสอบ การหาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทำได้หลายวิธี เช่น หาจากความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้น ๆ ถูก หรือใช้ดัชนีความไว (Index of Sensitivity) ใช้สูตรของ Brennan หรือที่เรียกว่า B - Index หรือ Point Biserial Correlation เป็นต้น

2. กรณีเครื่องมือเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นหรือเป็นมาตราส่วนประมาณค่า การหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้เทคนิค 25 % กล่าวคือกลุ่มสูง 25 % และกลุ่มต่ำ 25 % นำคะแนนของกลุ่มมาเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายข้อ โดยการทดสอบค่าที (T - Test) ถ้าค่า t ข้อใดมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเป็นข้อที่มีอำนาจจำแนกใช้ได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุป อำนาจจำแนกของแบบวัด (Discrimination) หมายถึง ประสิทธิภาพหรือคุณสมบัติของแบบวัดที่สามารถจำแนกหรือแยกนักเรียนออกเป็นนักเรียนกลุ่มที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนสูงกับนักเรียนกลุ่มที่มีความรู้สึกเชิงจำนวนต่ำได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง ซึ่งหาจากความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้น ๆ ถูก ในการสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนครั้งนี้คัดเลือกอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 และ สูตรการหาอำนาจจำแนก ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ r แทน ดัชนีอำนาจจำแนก

P_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

(ไพศาล วรคำ. 2554 : 295 - 206 ; อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ. 2552 : 79 - 90)

3.4 ความเชื่อมั่น (Reliability)

กัลยา วานิชย์บัญชา (2548 : 29) กล่าวว่า ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย หมายถึง การนำเครื่องมือมาวัดหลาย ๆ ครั้ง ผลการวัดต้องเหมือนกัน หรือกล่าวได้ว่าความเชื่อถือได้ หมายถึง ความคงเส้นคงวาหรือมีความสอดคล้องกันนั่นเอง เช่น ถามคำถามเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง กับคนใดคนหนึ่ง คำตอบต้องเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน หรือใช้เครื่องชั่งน้ำหนักชั่งสิ่งของสิ่งเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน น้ำหนักควรเท่ากัน เป็นต้น

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2549 : 137 - 158) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่แสดงให้ทราบว่าเครื่องมือนั้น ๆ ให้ผลการวัดที่คงที่ไม่ว่าจะใช้กี่ครั้งก็ตามกับกลุ่มเดิม

บราวน์ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2549 : 137 - 138 ; อ้างอิงมาจาก Brown. 1970 : ไม่มีเลขหน้า) ได้ให้ความหมายว่า ความเชื่อมั่นเท่ากับอัตราส่วนของความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ การตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงกลุ่ม แบบทดสอบหรือเครื่องมือชุดเดียวกันอาจมีความเชื่อมั่นแตกต่างกันได้ หากใช้วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน การตรวจสอบความเชื่อมั่นแบบทดสอบอิงกลุ่ม มีวิธีดังนี้

1. วิธีทดสอบซ้ำ (Test - Retest Method)

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Equivalent Form or Parallel Form)

3. วิธีวัดความคงที่ภายใน (Internal Consistency) วิธีนี้ใช้ผู้สอบกลุ่มเดียวตอบแบบทดสอบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น มีวิธีคำนวณหลายวิธีดังนี้

3.1 วิธีแบ่งครึ่ง (Split - Half Method)

3.1.1 เทคนิควิธีของสเปียร์แมน บราวน์ (Spearman Brown)

3.1.2 เทคนิควิธีของกัตแมน (Guttman)

3.1.3 เทคนิควิธีของรูลอน (Rulon)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.2 วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพียงครั้งเดียว โดยมีข้อตกลงว่าแบบทดสอบฉบับนั้นจะต้องวัดลักษณะเดียวหรือวัดองค์ประกอบร่วมกัน มีความยากเท่ากัน และมีระบบการให้คะแนนเป็น Dichotomous คือตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน มีวิธีการคำนวณจาก 2 สูตรคือ KR - 20 และ KR - 21

3.3 วิธีของครอนบาค (Cronbach) ใช้กับแบบทดสอบหรือเครื่องมือวัดที่ให้คะแนนแบบเรียงอันดับ หรือเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) หรือเครื่องมือที่ตรวจให้คะแนนไม่เป็นแบบ 0 - 1 วิธีนี้เรียกว่า การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (α - Coefficient) ซึ่งดัดแปลงมาจากสูตร KR - 20

ไพศาล วรคำ (2554 : 272 - 291) กล่าวว่าค่าความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้งก็บอกค่าเดิมเสมอความเชื่อมั่นจึงเป็นคุณสมบัติของแบบวัดที่ให้ผลการวัดคงที่ในการวัดลักษณะหนึ่งของบุคคลหนึ่ง เมื่อลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าวัดกี่ครั้งก็ตาม ในการวัดแบบอิงกลุ่มสำหรับการวัดความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากการทดลองใช้เครื่องมือเพียงครั้งเดียว ด้วยแบบวัดฉบับเดียว และวัดกับกลุ่มเดียว แนวคิดการวัดความสอดคล้องภายในนี้ อาศัยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อคำถามที่มีการแยกส่วนแบบต่าง ๆ วิธีหนึ่งที่เสนอคือ วิธีของวิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) โดยมีข้อตกลงว่าแบบทดสอบฉบับนั้นจะต้องวัดลักษณะเดียวหรือวัดองค์ประกอบร่วมกัน มีความยากเท่ากัน และมีระบบการให้คะแนนเป็น Dichotomous คือตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน มีวิธีการคำนวณจาก 2 สูตรคือ KR - 20 และ KR - 21

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ (2552 : 79 - 90) กล่าวว่าความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัด ด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่ง ในการวัดหลาย ๆ ครั้ง ความเชื่อมั่นของแบบวัด จึงเป็นคุณสมบัติของแบบวัด ที่ให้ผลการวัดคงที่ ในการวัดคุณลักษณะหนึ่งของบุคคลหนึ่ง เมื่อคุณลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตาม ในอีกมุมมองหนึ่งแบบวัดที่มีความเชื่อมั่นแสดงให้เห็นว่าแบบวัดนั้นไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด เพราะว่าจะวัดกี่ครั้ง ๆ ก็จะได้ผลการวัดที่คงที่ ความเชื่อมั่นจึงมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Variance) กล่าวคือ ถ้าแบบวัดมีความเชื่อมั่นสูง ความคลาดเคลื่อนของการวัด (Error of Measurement) จะต่ำนั่นเอง

ความคาดเคลื่อนของการวัดที่มีผลต่อความเชื่อมั่น แยกออกเป็นสองส่วนคือ ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Errors) และความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ (Systematic Errors) หรือความคลาดเคลื่อนคงที่ (Constant Errors) ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับผู้ตอบทุกคนเหมือนกัน ได้มีการพัฒนาวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธี ภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคือ 1. การวัดการคงที่ ซึ่งจะเป็นการวัดการคงที่ของผลการวัดหลาย ๆ ครั้ง 2. การวัดความสมมูลกัน เป็นการวัดด้วยแบบวัดที่เป็นคู่ขนานกันเพื่อหลีกเลี่ยงการวัดซ้ำ และ 3. การวัดความสอดคล้องภายใน ซึ่งเป็นการพิจารณาความเชื่อมั่นจากการวัดเพียงครั้งเดียวแล้วหาความสอดคล้องของผลการวัด ภายในแบบวัดนั้น จากแนวคิดหลักที่กล่าวมานี้ทำให้มีวิธีการหาความเชื่อมั่นหลาย ๆ วิธีดังนี้

1. การวัดความคงที่ (Measure of Stability) เป็นการหาความเชื่อมั่นจากการสอบซ้ำ (Test - Retest) แยกเป็น 2 แบบดังนี้

1.1 การวัดคงที่แบบอิงกลุ่ม ในกรณีนี้ใช้แบบสอบอิงกลุ่ม การหาค่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่ของแบบสอบ สามารถคำนวณได้จากสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product - Moment Correlation Coefficient)

1.2 การวัดความคงที่แบบอิงเกณฑ์ เมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองครั้งแล้วจะนำคะแนนจากทั้งสองครั้งมาจำแนกการผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์จากนั้นจึงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่ ซึ่งมีวิธีคำนวณที่นิยมนำ มาใช้ 2 วิธีดังนี้

1.2.1 การหาสัมประสิทธิ์ความพ้องกัน (Agreement Coefficient)

1.2.2 การหาสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

2. การวัดความสมมูลกัน (Measure of Equivalence) เพื่อแก้ปัญหาของการสอบซ้ำ จึงใช้เครื่องมือสองฉบับที่คล้ายกัน หรือคู่ขนานกัน (Parallel Test) มาใช้แทน แยกเป็น 2 แบบดังนี้

2.1 การวัดความสมมูลแบบอิงกลุ่ม เป็นการหาความสัมพันธ์ของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ ด้วยสูตรการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เช่นเดียวกับวิธีการสอบซ้ำ ค่าของความสัมพันธ์ที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความสมมูลกัน (Coefficient of Equivalence)

2.2 การวัดความสมมูลแบบอิงเกณฑ์ เป็นการนำผลการวัดจากแบบสอบทั้ง 2 ฉบับมาจำแนกว่า ใครทำฉบับใดผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ แล้วคำนวณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นด้วยวิธีของคาร์เวอร์ (Carver)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. การวัดความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากการทดลองใช้เครื่องมือเพียงครั้งเดียว ด้วยแบบวัดฉบับเดียวและวัดกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว แนวคิดการวัดความสอดคล้องภายในนี้ พัฒนามาจากการวัดความสมมูลกันโดยมีความเชื่อว่า เมื่อเครื่องมือวัดในสิ่งเดียวกัน และสร้างข้อคำถามให้มีลักษณะสมมูลกัน การแบ่งเครื่องมือหรือแบบวัดออกเป็น 2 ส่วน ก็จะเหมือนกับแบบวัดคู่ขนาน ทำให้เกิดการหาความเชื่อมั่นด้วยวิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split - Half) ขึ้น ต่อจากนั้นก็ยังขยายแนวคิดออกไปอีกว่า หากข้อคำถามมีลักษณะสมมูลกัน การทำข้อสอบแต่ละข้อก็เหมือนกับการวัดหนึ่งครั้ง หากมีข้อคำถามจำนวน K ข้อ ก็เหมือนการวัดซ้ำจำนวน K ครั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดทุกข้อคำถามในแบบวัด จึงน่าจะบ่งบอกความเชื่อมั่นของแบบวัดได้ ดังนั้นการพิจารณาความสอดคล้องภายในของแบบวัด หรือความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity) จึงเป็นการหาความเชื่อมั่นอีกแบบหนึ่ง วิธีหาความเชื่อมั่นด้วยการวัดความสอดคล้องภายในอาศัยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อคำถามที่มีการแยกส่วนแบบต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีดังนี้

3.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split - Half Method) เป็นการนำเครื่องมือที่ต้องการหาความเชื่อมั่นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และนำมาตรวจให้คะแนนแล้วจึงแบ่งคะแนนรวมออกเป็นสองส่วน จากนั้นนำคะแนนทั้งสองส่วนไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งจะได้ค่าความเชื่อมั่นเพียงครึ่งฉบับ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับขยายให้ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ส่วนการปรับขยายค่าความเชื่อมั่นครึ่งฉบับให้เป็นค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีสูตรการคำนวณดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.1.1 สูตรของสเปียร์แมน - บราวน์ (Spearman - Brown Formula)

3.1.2 สูตรของฟลานาแกน (Flanagan's Formula)

3.1.3 สูตรของรูลอน (Rulon's Formula)

3.1.4 สูตรของครอนบาค (Cronbach's Formula)

3.2 วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson Methods) เป็นวิธีพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาของการประมาณค่าความเชื่อมั่นแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ ซึ่งมักจะให้ค่าความเชื่อมั่นแตกต่างกันตามวิธีที่ใช้ในการแบ่งครึ่งข้อสอบ โดยการขยายแนวคิดการแบ่งครึ่งแบบสอบไปใช้ แทนที่จะแบ่งแบบสอบออกเป็นสองส่วน ก็แบ่งออกเป็น k ส่วนเท่ากับจำนวนข้อสอบ คูเดอร์และริชาร์ดสัน ได้พัฒนาสูตรในการประมาณค่าความเชื่อมั่นขึ้นมาหลาย

สูตร แต่สูตรที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ KR - 20 และ KR - 21 ซึ่งสามารถใช้ได้เฉพาะกับข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบ 0 , 1 (ตอบผิดได้ 0 ตอบถูกได้ 1) เท่านั้น

3.2.1 KR - 20 เป็นสูตรที่นิยมใช้กันมากที่สุดเนื่องจากไม่มีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความยากของข้อสอบ แต่ต้องคำนวณหาค่าสถิติรายข้อ สูตร KR - 20 เป็นดังนี้

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อสอบ

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ $(q = 1 - p)$

3.2.2 สูตร KR - 21 เป็นสูตรที่ใช้สำหรับแบบทดสอบที่ข้อสอบทุกข้อมีความยากเท่ากัน สามารถคำนวณได้ง่ายกว่าสูตร KR - 20 แต่การสร้างแบบทดสอบให้มีความยากเท่ากันตามข้อตกลงเบื้องต้นนั้นทำได้ยาก จึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ สูตร KR - 21 เป็นดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\bar{x}(n-\bar{x})}{nS^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อสอบ

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งฉบับ

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

3.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

3.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์

3.5 วิธีวิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของลิวิงสตัน

3.6 วิธีการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของโลเวทท์

การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น จะมีค่าเท่ากับเท่าใดจึงจะถือว่ายอมรับได้ หลายคนมีความเห็นแตกต่างกัน แต่หากพิจารณาหลักการที่ผ่านมาอาศัยหลักการคำนวณหาค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงระดับความเชื่อมั่นของเครื่องมือหากจะยึดเกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ จะได้ค่าความเชื่อมั่นที่ต่ำไป จึงนิยมใช้เกณฑ์พิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้นมีนัยสำคัญทางการปฏิบัติ (Practical Significant) นั่นคือพิจารณาความแปรปรวนของเครื่องมือวัดที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของค่าที่ได้จากการวัดได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 นั่นก็หมายความว่า กำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะต้องไม่ต่ำกว่า 0.50 ($r^2 > 0.50$) หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือค่าความเชื่อมั่นจะต้องมากกว่า 0.70 ขึ้นไป ($r = 0.70, r^2 = 0.49$) แต่สำหรับกรณีของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Tests) และแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน (Aptitude Tests) ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ควรต่ำกว่า .90 เพราะต้องการความเชื่อมั่นสูง

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Meansurement)

ความคลาดเคลื่อนของการวัด เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของเครื่องมือ กล่าวคือ ถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดต่ำความเชื่อมั่นจะสูง ในทางกลับกัน ถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดสูง ความเชื่อมั่นจะต่ำ นั่นหมายความว่า ถ้าแบบทดสอบใดมีความเชื่อมั่นอย่างแท้จริง คะแนนที่สอบได้นั้นจะเป็นคะแนนจริง (True Score) ถ้ามีการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกับกลุ่ม ๆ เดียว หลายครั้ง คะแนนของผู้สอบแต่ละคนที่สอบได้ในแต่ละครั้งจะแตกต่างกันไป การที่คะแนนแตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หรือถ้าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของคะแนนจะน้อย ถ้ามีความเชื่อมั่นต่ำ ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของคะแนนจะมาก การคำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด จึงเป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนที่สอบได้ (Obtained Scores) กับคะแนนจริง (True Scores) โดยคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน ของ การวัดจาก สูตรดังนี้

$$SEM = S_x \sqrt{1 - r_{xx'}}$$

เมื่อ SEM แทน ความคลาดเคลื่อนของการวัด

S_x แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$r_{xx'}$ แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

เกียรติสุดา ศรีสุข (2552 :139) ได้ให้ความหมายความเชื่อมั่น คือ การที่เครื่องมือวัดได้ผลคงที่แน่นอน เมื่อมีการวัดซ้ำอีก นั่นคือ จะใช้เครื่องมือนั้น ๆ วัดสิ่งเดิมกี่ครั้งก็ได้ผล

เหมือนเดิมหรือใกล้เคียงของเดิม เช่น การวัดน้ำหนักของหินก้อนหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไปใช้เครื่องชั่งเดิมวัดอีกถ้านำหนักเท่าเดิม นั่นคือ เครื่องมือวัดความคงที่ในการวัดหรือมีความเชื่อมั่น และเกณฑ์การแปลผล ความเชื่อมั่นของเครื่องมืออยู่ ระหว่าง 0.00 - 1.0 ยิ่งใกล้ 1.00 ยิ่งมีความเชื่อมั่นสูง ซึ่งแสดงเกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่น ได้ดังนี้ (เกียรติสุดา ศรีสุข. 2552 : 144) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่น ของข้อสอบและการแปลความหมาย

ค่าความเชื่อมั่น	ความหมายของคุณภาพข้อสอบ
0.00 - 0.20	ความเชื่อมั่นต่ำมากหรือไม่มีเลย
0.21 - 0.40	ความเชื่อมั่นต่ำ
0.41 - 0.70	ความเชื่อมั่นปานกลาง
0.71 - 1.00	ความเชื่อมั่นสูง

แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นที่ใช้ได้ ควรจะมีค่าตั้งแต่ 0.71 - 1.00 ยิ่งเข้าใกล้ 1 มาก ๆ ยิ่งดี สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 222 - 223) กล่าวว่า การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม มี 4 วิธีดังนี้

1. วิธีทดสอบซ้ำ (Test - Retest Method)
2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel Forms Method)
3. วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split - Half Method)
4. วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson Method) วิธีมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า การหาความคงที่ภายใน (Internal Consistency) ซึ่งใช้แบบทดสอบฉบับเดียวดำเนินการสอบเพียงครั้งเดียว และเป็นประเภทตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน มีสูตรหาค่าความเชื่อมั่น 2 สูตรคือ KR - 20 และ KR - 21 ดังนี้

4.1 สูตร KR - 20

4.2 สูตร KR - 21

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Meansurement)

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 280) กล่าวว่า ความคาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement) เป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนที่สอบได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(Obtained Scores) กับคะแนนจริง (True Scores) ความคาดเคลื่อนของการวัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของแบบวัด กล่าวคือ ถ้าความคาดเคลื่อนของการวัดสูง ความเชื่อมั่นจะต่ำ หรือกล่าวได้ว่า ถ้าแบบวัดมีความเชื่อมั่นอย่างแท้จริง คะแนนที่สอบได้จะเป็นจริง (True Scores) หรือถ้าแบบวัดมีความเชื่อมั่นสูง ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของคะแนนจะน้อย ถ้ามีความเชื่อมั่นต่ำ ความแตกต่างหรือความแปรปรวนของคะแนนจะมาก ซึ่งการคำนวณหาความคาดเคลื่อนมาตรฐาน ใช้สูตร ดังนี้

$$SE_{meas} = S\sqrt{1-r_{tt}}$$

เมื่อ SE_{meas} แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

r_{tt} แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเกี่ยวกับ ความเชื่อมั่นของแบบวัด ดังนี้ ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึงความคงที่ของผลที่ได้จากการวัด เป็นคุณสมบัติของแบบวัดที่สามารถวัดความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) ของนักเรียนได้คงที่แน่นอน เนื่องจากผู้วิจัยทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว และแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ให้คะแนน 0 - 1 ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้ วิธีหาความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) โดย ใช้สูตร คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน KR - 20 (Kuder - Richardson KR - 20) และเลือกความเชื่อมั่น อยู่ระหว่าง 0.71 - 1.00 และได้หาความเชื่อมั่นโดย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สูตรการหาความสอดคล้องภายใน คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน KR - 20 มีดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum p_i q_i}{s_x^{\,2}}\right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าประมาณความเที่ยงของเครื่องมือจากสูตร KR - 20

k แทน จำนวนข้อสอบ

p_i แทน ค่าความยากของข้อสอบที่ i

q_i แทน $1-p_i$

$s_x^{\,2}$ แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนสอบ

(ไพศาล วรคำ. 2554 : 281 ; อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ. 2552 : 79 - 90)

$$\mathrm{SE_{meas}} = \mathrm{S}\sqrt{1-\mathrm{r_{tt}}}$$

SE_{meas} แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัด

(ไพศาล วรคำ. 2554 : 291 - 292 ; อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ. 2552 : 89 - 90)

4. การสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms)

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 269) กล่าวว่า เกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึง ข้อเท็จจริงทางสถิติที่บรรยายการแจกแจงคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้จากการสอบแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน และเป็นคะแนนตัวแทนที่จะบอกระดับความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใด โดยแสดงเป็นคะแนนมาตรฐาน T - Norm (Normalized T - score) คำนวณโดยอาศัยพื้นที่ใต้โค้งปกติเป็นหลัก (Normal Curve) แล้วแปลงคะแนนดิบ ให้เป็นคะแนน T - Norm โดยวิธีการคำนวณหาตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile Rank = PR) และแปลงเป็นคะแนน T ปกติ โดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 263 - 276 : อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ. 2552 : 107 - 128)

$$PR = \left(Cf + \frac{1}{2} f \right) \times \frac{100}{N}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ PR แทน ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์

f แทน ความถี่ของแต่ละช่วงคะแนน

cf แทน ความถี่สะสม

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ (2552 : 109 - 119) กล่าวว่า คะแนนมาตรฐาน T - Norm (Normalized T - Score) เป็นการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐาน Z - Score และ T - Score เรียกว่า การแปลงเชิงเส้นตรง (Linear Transformation) ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงข้อมูลยังคงเหมือนคะแนนดิบ การเปรียบเทียบคะแนนยังไม่ถูกต้องแน่นอน สมบูรณ์ จึงมีการดัดแปลงวิธีการแปลงคะแนนในพื้นที่ใต้โค้งปกติ (Area Transformation) คือทำให้รูปโค้งการแจกแจงเปลี่ยนไปเข้าสู่รูปโค้งปกติมากยิ่งขึ้น ซึ่งเรียกว่า T - Norm

(Normalized T - Score) หรือ T - Norm ซึ่งเป็นการคำนวณโดยอาศัยพื้นที่ใต้โค้งปกติเป็นหลัก (Normal Curve)

การแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนน T - Norm มีลำดับ ดังนี้

1. สร้างตารางแจงแจกความถี่ นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาลงรอยขีด (Tally)

2. หาค่าความถี่สะสม

3. หาค่า $\left(Cf+\frac{1}{2}f\right)$ (จะได้ค่า $\left(Cf+\frac{1}{2}f\right)$ ของชั้นใด ต้องใช้ cf ที่อยู่ก่อนถึงชั้นนั้น แต่ใช้ค่า f ของชั้นนั้น)

4. เอาค่า $\left(Cf+\frac{1}{2}f\right)$ ไปคูณด้วย $\frac{100}{N}$ ได้เป็น $\left(Cf+\frac{1}{2}f\right)\times\frac{100}{N}$ ค่าที่ได้เรียกว่า ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile Rank = PR) แสดงถึงค่าของพื้นที่ใต้โค้งการแจกแจงซึ่งมีทั้งหมดเป็น 1 หรือ100 %

5. นำค่า $\left(Cf+\frac{1}{2}f\right)\times\frac{100}{N}$ หรือ ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ (PR) ที่ได้ในข้อ 4 ไปเทียบเป็นค่า T - Norm จากตารางสำเร็จรูปตารางเทียบตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์เป็น คะแนน T ปกติ

6. การแปลคะแนน T - Norm ค่าคะแนน T - Norm แต่ละค่าไม่ได้แปลว่า ได้คะแนนมากกว่าคนอื่นกี่คน เช่น นักเรียนที่สอบได้ 25 คะแนน แปลงเป็นคะแนน T - Norm ได้เท่ากับ 57 ไม่ได้แปลว่า ได้คะแนนมากกว่าคนอื่น 57 คน ถ้าอยากทราบว่า จะชนะคนอื่นกี่คน ต้องย้อนกลับไปดูว่า T ปกติ 57 กับค่า PR ที่ 76.67 แสดงว่า ถ้ามีคนเข้าสอบ 100 คน จะเป็นคนอื่น ประมาณ 77 คน และ คะแนน T - Norm ที่ 50 จะตรงกับค่าเฉลี่ยโดยประมาณของคะแนนดิบชุดนั้น

$$PR = \left(Cf+\frac{1}{2}f\right)\times\frac{100}{N}$$

เมื่อ PR แทน ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์

f แทน ความถี่ของแต่ละช่วงคะแนน

cf แทน ความถี่สะสม

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ผานิต บิลมาศ (2530 : 47) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์ปกติไว้ว่า เป็นสเกลหรือมาตราที่แสดงถึงระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเดียวกับเกณฑ์ ได้จากการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เปลี่ยนคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแปลผล

วิริยา บุญชัย (2529 : 26 - 27) ได้กล่าวว่า "เกณฑ์ปกติ" หมายถึง มาตรฐานที่กำหนดไว้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งของประชากรกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ซึ่งครูสามารถนำผลจากการทดสอบเปรียบเทียบกับประชากรในลักษณะเดียวกันได้ การสร้างเกณฑ์ปกตินี้อาศัยอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และอื่น ๆ ช่วยในการพิจารณา ทางพลศึกษานั้นยังมีข้อปลีกย่อยอีก เช่น แบ่งเกณฑ์ปกติระหว่างนักเรียนชาย และนักเรียนหญิง การสร้างเกณฑ์ปกติมีขอบเขต ดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ต้องมีจำนวนมาก

2. ข้อมูลที่นำมาสร้างเกณฑ์มาตรฐานต้องเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรได้แท้จริง โดยการสุ่มที่กระจายค่าที่ได้มาสูงหรือต่ำจนมากเกินไป

3. เกณฑ์มาตรฐานที่ได้ควรใช้เฉพาะกลุ่มหรือท้องถิ่นเท่านั้นเพราะแต่ละท้องถิ่นหรือแต่ละประเทศมีความแตกต่างกัน

4. เกณฑ์มาตรฐานต้องมีการปรับปรุงด้วยเพราะการเปลี่ยนแปลงทางสังคมด้านต่าง ๆ ซึ่งแน่นอนเหลือเกินว่าลักษณะความสามารถก็เปลี่ยนไป ความจำเป็นในการใช้เกณฑ์มาตรฐาน การวัดผลแบบอิงเกณฑ์นั้น ต้องอาศัยการเรียนการสอนที่มีแบบฉบับเฉพาะ แต่โดยทั่วไปแล้วการอ้างอิงถึงเกณฑ์ปกติย่อมจะมีคุณค่ามากกว่า แต่สถานการณ์ทางการศึกษามีอยู่เป็นจำนวนน้อยมากที่จะให้เพียงพอกับการศึกษาที่ต้องอาศัยเกณฑ์อ้างอิงเพียงลำพังแม้แต่สถานการณ์ทดสอบเองที่ประกอบด้วยพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการอ้างอิง เราก็ต้องการที่จะได้ข้อมูลเกณฑ์ปกติ (Nonnative Data) ลำพังเพียงแต่คะแนนดิบอย่างเดียวย่อมไม่มีความหมายใด ๆ และไม่ทราบว่าบุคคลอื่นได้คะแนนเท่าใดด้วย เกณฑ์ปกติจะช่วยให้เราทราบว่าใครได้คะแนนเท่าไร จากแบบทดสอบเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน การตีความหมายเกณฑ์ปกติในรายงานแบบทดสอบจะพิจารณาเกี่ยวกับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความเป็นตัวแทนได้
2. ลักษณะของตัวอย่างที่นำไปใช้
3. ความเก่าของเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้มานานแล้วเท่าไร
4. อย่ายอมรับเกณฑ์อย่างยึดมั่นตายตัว
5. ควรระบุแหล่งของตัวอย่างที่แน่ชัดมากกว่ากล่าวไว้รวม ๆ

ข้อควรระวังในการใช้เกณฑ์ปกติ การกำหนดเกณฑ์ปกติจะต้องมีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ ต้องเป็นปัจจุบัน (Regency) ต้องเป็นตัวแทนที่แท้จริง (Representative Ness) และความเกี่ยวข้องกับขนาดของกลุ่มใหญ่หรือกลุ่มเล็ก (Relevance)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเกี่ยวกับ เกณฑ์ปกติ (Norms) หมายถึง ข้อเท็จจริงทางสถิติที่บรรยายการแจกแจงคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้จากการวัดโดยแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน และเป็นคะแนนตัวแทนที่จะบอกระดับความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใด เมื่อเทียบกับกลุ่มประชากร โดยแสดงเป็นคะแนนมาตรฐาน T - Norm (Normalized T - Score) ด้วยการแปลงคะแนนดิบเป็นตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile Rank : PR) และแปลงเป็นคะแนน T ปกติ โดยเทียบค่าในตารางการแปลงตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ (PR) เป็นคะแนนมาตรฐาน T ปกติ และคำนวณ PR โดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี. 2551 : 263 - 276 : อรัญ ซุยกระเดื่อง และคณะ. 2552 : 107 - 128) ดังนี้

$$PR = \left(Cf + \frac{1}{2}f\right) \times \frac{100}{N}$$

เมื่อ PR แทน ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์

f แทน ความถี่ของแต่ละช่วงคะแนน

cf แทน ความถี่สะสม

N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.1 งานวิจัยในประเทศ

นพพร แหยมแสง (2544 : 43 - 46) ได้ศึกษาการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยมีการจัดกิจกรรมพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน แทรกในการเรียนการสอนเนื้อหาตามปกติ ผลปรากฏว่า นักเรียนร้อยละ 76.47 ที่มีผลรวมของคะแนนความรู้สึกเชิงจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอมอร สิทธิรักษ์ (2546 : 77 - 85) ได้ศึกษาการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนเรื่องเศษส่วนและทศนิยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีการจัดกิจกรรมพัฒนาความรู้สึก

เชิงจำนวน และใช้แบบทดสอบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนก่อนและหลังสอนกิจกรรม ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการความรู้สึกเชิงจำนวนเพิ่มขึ้น และยังมีความคงทนอยู่เมื่อผ่านไป 1 เดือน พบว่าผลของการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนมีผลต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วนและทศนิยมของนักเรียน และพบว่าเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับดี จากการสังเกตพฤติกรรมและแฟ้มสะสมงาน พบว่านักเรียนตระหนักถึงคุณค่าของความรู้สึกเชิงจำนวน นักเรียนชอบการคิดคำนวณในใจอย่างยืดหยุ่น การใช้ตัวอ้างอิง การประมาณค่า เพราะว่าสามารถนำไปใช้ในการหาคำตอบได้รวดเร็วและสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ดียิ่งขึ้น

อุดมศักดิ์ ลูกเสือ (2546 : 39 - 42) ได้ศึกษาการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่องเศษส่วน และทศนิยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 คะแนนด้านความรู้สึกเชิงจำนวนภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเศษส่วนและทศนิยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

หทัยกาญจน์ อินบุญมา (2547 : 62) ได้ศึกษาชุดการเรียนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง การประมาณค่า ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีแบบแผนการทดลองแบบ One - Group Pretest - Posttest Design ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอน ด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความรู้สึกเรื่องจำนวน เรื่อง การประมาณค่า สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01

ธมนวรรณ ทาแก้ว (2547 : 66 - 71) ได้ศึกษาการนำเสนอโปรแกรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้เชิงจำนวน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และโดยเฉลี่ยนักเรียนมีความเห็นว่า การจัดการเรียนรู้ในโปรแกรม และประโยชน์ของโปรแกรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก แต่เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ของโปรแกรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

กิตตินันท์ แวงคำ (2549 : 129 - 137) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความรู้สึกเชิงจำนวน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องเงินและการหารของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.50/89.89 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน มีค่าเท่ากับ 0.4705 หรือคิดเป็นร้อยละ 47.05 นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวน มีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้สึกเชิงจำนวนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้การสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่าง

ปิยะวิทย์ บรรพสาร (2549 : 79 - 85) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 3 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีกลุ่มตัวอย่างชั้นละ 600 คน โดยการสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ซึ่งหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 กำหนดไว้ในมาตรฐาน การเรียนรู้ที่ต้องให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 1 และ 2 (กรมวิชาการ. 2545 : 1 - 24) โดยเลือกยึดองค์ประกอบ 6 องค์ประกอบจาก 7 องค์ประกอบ ของความรู้สึกเชิงจำนวนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาสร้างเป็นแบบทดสอบใช้ในการวัดความรู้สึกเชิงจำนวนเป็นช่วงชั้นละ 6 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 แบบวัดความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับและจำนวนเชิงอันดับที่ ฉบับที่ 2 แบบวัดความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน ฉบับที่ 3 แบบวัดความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน ฉบับที่ 4 แบบวัดการรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ ฉบับที่ 5 แบบวัดความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น ฉบับที่ 6 แบบวัดความสามารถในการประมาณค่า ผลการวิจัยพบว่าแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 3 จำนวน 6 ฉบับ มีค่าความยากตั้งแต่ .41 - .67 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .32 - .84 มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .64 - .74 และแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 6 จำนวน 6 ฉบับ มีค่าความยากตั้งแต่ .38 - .72 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .56 - .92 มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .74 - .85

สุภชัย สุริยกมล (2551 : 87 - 90) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความรู้สึกเชิงจำนวนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ และวิธีการเรียนรู้แบบปกติ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับความรู้สึกเชิงจำนวน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์กับความรู้สึกเชิงจำนวน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระสกลนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ณัฏฐรี ศิริจรูญวงศ์ (2552 : 108 - 111) ได้ศึกษาการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียน เรื่อง จำนวนเต็ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Microsoft Office PowerPoint เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพกับกลุ่มเป้าหมาย 4 คน โดยใช้ แบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ที่สร้างขึ้นให้ครอบคลุมส่วนประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวนทั้ง 5 ด้านตามกรอบแนวคิดของ Yang Hsu and Huang คือ ด้านการเข้าใจความหมายของจำนวน ด้านการจำแนกขนาดของจำนวน ด้านการใช้ค่ามาตรฐานอย่างเหมาะสม ด้านการรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินเกี่ยวกับจำนวน ด้านการพัฒนายุทธวิธีการคาดคะเนและการตัดสินใจความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ พบว่า ความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนมีการพัฒนาขึ้น ด้านที่มีการพัฒนามากที่สุดคือ ด้านการใช้ค่ามาตรฐานอย่างเหมาะสม

สีไพร สีขอน (2552 : 105 - 109) ได้ศึกษาความรู้สึกเชิงจำนวนในการแก้ปัญหา เรื่อง การบวกและการลบ จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีหนองกาววิทยา อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพกับกลุ่มเป้าหมาย 6 คน โดยใช้กิจกรรมเกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวน และวิเคราะห์องค์ประกอบ 5 ด้านตามกรอบแนวคิดของ Yang and Others พบว่านักเรียนมีลักษณะที่แสดงออกทางธรรมชาติเกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวนทั้ง 5 ด้าน คือ 1) ด้านการเข้าใจความหมายของจำนวน พบว่า นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของจำนวน เข้าใจค่าประจำตำแหน่ง แสดงรูปแบบต่าง ๆ ของจำนวน ประยุกต์ความหมายเกี่ยวกับการบวกและการลบจำนวนเต็ม 2) ด้านการจำแนกขนาดของจำนวน พบว่า นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนที่กำหนดให้กับจำนวนอื่น ๆ เรียงลำดับของจำนวน และเลือกใช้จำนวนที่มีค่าใกล้เคียงเพื่อช่วยในการคำนวณ 3) ด้านการใช้ค่ามาตรฐานอย่างเหมาะสม พบว่า นักเรียนใช้ค่ามาตรฐานคือ 10 และ100 ในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม 4) ด้านการรู้ถึงผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการของจำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าผลที่เกิดจากการดำเนินการและความหมายของการดำเนินการของจำนวนเต็มว่า การบวกก็ไม่ได้ให้ผลลัพธ์มีค่ามากขึ้นเสมอไป และการลบก็ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยลงเสมอไป 5) ด้านการพัฒนายุทธวิธีการคาดคะเนและการตัดสินใจความสมเหตุสมผลของคำตอบ พบว่า นักเรียนใช้การคาดคะเนคำตอบที่ใกล้เคียงที่คาดว่าจะเป็นไปได้มาตรวจสอบคำตอบเมื่อเห็นว่าคำตอบไม่ถูกต้องตามเงื่อนไข จะใช้วิธีอื่น ๆ ในการหาคำตอบเพื่อตัดสินความสมเหตุสมผลของคำตอบ จนได้คำตอบที่ต้องการในที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เกย์ (Gay. 1991 : 454 - A) ได้ศึกษาความรู้สึกเชิงจำนวนเรื่องเปอร์เซ็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยศึกษาในด้านการเข้าใจความหมายของจำนวนรูปเปอร์เซ็นและการรู้เชิงสัมพันธ์ของเปอร์เซ็น พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของเปอร์เซ็นด้วยภาพที่ต่อเนื่อง ดีกว่าภาพที่แยกจากกัน ซึ่งนักเรียนใช้ 50 % และ 100 % เป็นตัวอ้างอิง นอกจากนั้นบางคนใช้เศษส่วน การประมาณและการคิดในใจในการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นอย่างได้ผล

ลี (Lee. 1994 : 2886 - A) ได้ศึกษานักเรียนเกรด 6 จำนวน 18 คน ในเรื่องการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวนแสดงความเข้าใจในแนวทางคณิตศาสตร์ โดยมีโจทย์เกี่ยวกับการแก้ปัญหา 7 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนทีละคนเพื่อดูว่ามีมโนมติอย่างไร โดยการให้นักเรียนวาดรูปประกอบแนวคิด หรือนำเสนอตัวอย่างจากสถานการณ์ในชีวิตที่สอดคล้องกับข้อปัญหา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถแสดงการเป็นผู้มีความรู้สึกเชิงจำนวนที่ดี และยังมีปัญหาในด้านการประมาณค่าจำนวนนับ และเศษส่วน การเข้าใจความหมายของการคูณและการหารมีความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับขนาดสัมพัทธ์ แต่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการพิสูจน์หาคำตอบ และนักเรียนสามารถคิดคำนวณจากประโยคสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยการทดลองครั้งนี้พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศในการแสดงความเข้าใจมโนมติทางคณิตศาสตร์

ยาง (Yang. 1995 : 3865 - A) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ความสามารถในการแสดงออกด้านความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนเกรด 6 และเกรด 8 ในประเทศไต้หวัน กลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วยนักเรียนเกรด 6 จำนวน 115 คน และนักเรียนเกรด 8 จำนวน 119 คน กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวทำแบบทดสอบความรู้สึกเชิงจำนวน, แบบทดสอบทาง Mental Computation Test และ Written Computation Test ผลการการทดสอบปรากฏว่า นักเรียนเกรด 6 ได้ค่า Means เท่ากับ 35.6, 18.0 และ 13.4 และนักเรียนเกรด 8 ได้ค่า Means เท่ากับ 45.5, 22.2, และ 14.6 สำหรับ NST (สูงสุด 80 คะแนน) ส่วน MCT (เกรด 6 สูงสุด 25 คะแนน เกรด 8 สูงสุด 30 คะแนน) และ WCT (สูงสุด 20 คะแนน) สุ่มนักเรียน 17 ที่ได้คะแนนสูง 9 คน คะแนนปานกลาง 8 คน พบว่ากลุ่มคะแนนสูงสุด 10 % แรก (Top ten) กลุ่มกลางทำคะแนนระหว่าง 45 % - 55 % ของการทดสอบ NST, MCT และ WCT หลังจากนั้น นักเรียนเหล่านี้ได้รับการสอบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า คะแนนที่ได้จากการแสดงออกด้านความรู้สึกเชิงจำนวน ของนักเรียนเกรด 6 และเกรด 8 มี

ระดับต่ำกว่าคะแนนที่ได้จากการสอบ MCT, WCT ผลการสัมภาษณ์พบว่านักเรียนที่สอบได้คะแนนสูงแสดงออกด้านความรู้สึกเชิงจำนวนได้ดีกว่านักเรียนที่มีความสามารถปานกลาง

ยางและคณะ (Yang and others. 2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสอนและการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวนสำหรับนักเรียนเกรด 6 ในภาคใต้ของประเทศไต้หวัน โดยใช้นักเรียนเกรด 6 จากสองเมือง ซึ่งแต่ละโรงเรียนที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 4 ห้อง ใช้เวลาทำการศึกษา 1 ภาคเรียน พบว่า ผลการสอบข้อเขียน นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบระหว่างภาคเรียนมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าที่ถูกสร้างขึ้นโดยนักเรียนในกลุ่มทดลองได้อย่างชัดเจน เช่น หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักเรียนในกลุ่มทดลองจำนวนมากขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ความรู้สึกเชิงจำนวนเพื่อแก้ปัญหาโจทย์ได้ และฉากที่แสดงให้เห็นการเข้าใกล้และวิถีทางของการคิดของนักเรียนได้หลายแบบ คือการแสดงของครูในการสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ที่ดี ซึ่งสนับสนุนการสำรวจตรวจค้น การสื่อสาร และการให้เหตุผล

เซาว์ (Tsao. 2004) ได้ทำการศึกษาเชิงสำรวจเกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างความรู้สึกเชิงจำนวน การแสดงออกด้าน Mental Computation และการแสดงด้าน Computation Preformance ของนักศึกษาครูที่ฝึกสอนระดับประถมศึกษา และหาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะด้าน Mental Computation และทักษะด้าน Computation Preformance ที่มีผลต่อความรู้สึกเชิงจำนวน จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 155 คน ที่เป็นนักศึกษาที่เตรียมที่จะเป็นครูคณิตศาสตร์ที่วิทยาลัยครูในไต้หวัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบทดสอบวัดด้าน Mental Computation แบบทดสอบวัดด้าน Computation Preformance และแบบทดสอบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดด้าน Mental Computation แบบทดสอบวัดด้าน Computation Preformance มีผลต่อความรู้สึกเชิงจำนวน และมีความสัมพันธ์ทางบวกที่มีนัยสำคัญต่อความรู้สึกเชิงจำนวนที่ระดับ $\alpha = 0.001$

มาโลฟีวาและคณะ (Malofeeva and Others. 2004 : 648) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน โดยทำการสอน 2 วิธีคือวิธีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง กับวิธีครูเป็นศูนย์กลาง วิธีใดมีผลต่อการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนมากกว่า โดยใช้แบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนวัดความรู้สึกเชิงจำนวน 6 ด้าน และยังหาความเชื่อมั่นของแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนจากการศึกษาในครั้งนี้ด้วย กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน มีผู้ชาย 21 คน ผู้หญิง 19 คน นักเรียน 4 คน เชื้อชาติเอเชีย 36 คน เชื้อชาติ อัฟริกันอเมริกัน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน

และกลุ่มควบคุม 20 คน ผลการเปรียบเทียบโดยใช้แบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน พบว่า ในการเปรียบเทียบความรู้สึกเชิงจำนวน 6 ด้าน ด้านที่ยากที่สุด นักเรียนทำคะแนนได้น้อยที่สุดคือ การเรียงลำดับและการเปรียบเทียบจำนวน และผลการเปรียบเทียบพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน 6 ด้าน มีความเชื่อมั่น เป็น .88 - .95

ยาง (Yang. 2008 : 789) ได้ทำการทดสอบความสามารถด้านความรู้สึกเชิงจำนวนและความสัมพันธ์ของความรู้สึกเชิงจำนวนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่จบเกรด 5 ในไต้หวัน จำนวน 1,212 คน ความรู้สึกเชิงจำนวนที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้มี 5 องค์ประกอบ คือ ด้านการเข้าใจความหมายของจำนวน ด้านการจำแนกขนาดของจำนวน ด้านการใช้ค่ามาตรฐานอย่างเหมาะสม ด้านการรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินเกี่ยวกับจำนวน ด้านการพัฒนายุทธวิธีการคาดคะเนและการตัดสินใจความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ พบว่า 1) นักเรียนทำคะแนนได้ดีที่สุดคือ ด้านการจำแนกขนาดของจำนวน ทำคะแนนได้น้อยที่สุดคือ ด้านการพัฒนายุทธวิธีการคาดคะเนและการตัดสินใจความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งสอดคล้อง ข้อมูลก่อนการทดสอบ คือนักเรียนในไต้หวัน ค่อนข้างอ่อนในองค์ประกอบดังกล่าว 2) นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการจำแนกขนาดของจำนวนสูงกว่า นักเรียนชาย 3) ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสัมพันธ์กับความรู้สึกเชิงจำนวนอย่างมีนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้เป็นกรอบแนวคิดในการสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง จำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อเป็นการวิจัย ต่อยอดงานวิจัยของปิยวิทย์ บรรพสาร ที่ได้วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 3 และชั้นประถมปีที่ 6 ในจังหวัดร้อยเอ็ด วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และในงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน ที่มีลักษณะเป็น ชุดของคำถาม แบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ตามองค์ประกอบของความรู้สึกเชิงจำนวน 7 องค์ประกอบ คือความเข้าใจจำนวนทั้งจำนวนเชิงการนับ และจำนวนเชิงอันดับที่ ความเข้าใจความสัมพันธ์หลากหลายระหว่างจำนวน ความเข้าใจขนาดสัมพัทธ์ของจำนวน การรู้ผลสัมพัทธ์ของการดำเนินการ ความสามารถในการพัฒนาสิ่งอ้างอิงในการหาปริมาณของสิ่งของ และสถานการณ์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ความสามารถในการคิดคำนวณในใจได้อย่างยืดหยุ่น และความสามารถในการประมาณค่า เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความรู้สึก

เชิงจำนวนและสร้างเครื่องมือที่มีมาตรฐาน ใช้วัดความรู้สึกเชิงจำนวนของผู้เรียน เครื่องมือวัดความรู้สึกเชิงจำนวนที่มีคุณภาพจึงเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเชิงจำนวนได้ตามศักยภาพและสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งข้อสนเทศและแนวทางสำหรับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หรือผู้สนใจสร้างแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน และนำไปใช้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อไป อีกทั้งยังมีคะแนนมาตรฐาน จากการสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) เกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง จำนวนเต็ม เศษส่วน และทศนิยมสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงทางสถิติที่บรรยายการแจกแจงคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้จากการวัดโดยแบบวัดความรู้สึกเชิงจำนวน และเป็นคะแนนตัวแทนที่จะบอกระดับความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใดเมื่อเทียบกับกลุ่มประชากร โดยแสดงเป็นคะแนนมาตรฐาน T ปกติ (Normalized T - Score)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY