**บทที่ 2**

**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 1 เรื่อง พหุนาม โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2. แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้

2.1 ความหมายของการเรียนรู้

2.2 ความสำคัญของการเรียนรู้

2.3 ลักษณะของการเรียนรู้

2.4 การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวร

3. แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.1 ความหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.2 ความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.3 ธรรมชาติของการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.4 การวัดและประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.5 เกณฑ์การวัดและประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4. ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

4.1 ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

4.2 ความสำคัญของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

4.3 พื้นฐานแนวคิดแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ

4.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

4.5 การดำเนินการของฟัซซีเซต

4.6 ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

5. แบบทดสอบ

5.1 ความหมายของแบบทดสอบ

5.2 ประเภทของแบบทดสอบ

5.3 ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี

5.4 แบบทดสอบอัตนัย

6. แบบสอบถาม

6.1 ความหมายของแบบสอบถาม

6.2 ประเภทของแบบสอบถาม

6.3 การสร้างแบบสอบถาม

6.4 เกณฑ์ในการประเมินแบบสอบถาม

7. การหาคุณภาพเครื่องมือ

7.1 ค่าความยาก

7.2 ค่าอำนาจจำแนก

7.3 ค่าความเที่ยงตรง

7.4 ค่าความเชื่อมั่น

8. การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์

9. การวิเคราะห์ไคสแควร์

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 งานวิจัยในประเทศ

10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

**หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ.2551 : 56-58) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้กล่าวถึงรายละเอียดของหลักสูตรตามหัวข้อต่อไปนี้

**ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์**

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ทำให้มนุษย์ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับคนอื่นได้อย่างมีความสุข

**เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์**

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่าง ต่อเนื่องตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ดังนี้

จำนวนและการดำเนินการ : ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบบจำนวน จริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหา เกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

การวัด : ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วย วัดระบบต่างๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

เรขาคณิต : รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต

(Geometric Transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation)

พีชคณิต : แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำตับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น : การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล

ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย

การ ให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยง

ความรู้ ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่ม

สร้างสรรค์

**สาระและมาตรฐานการเรียนรู้**

**สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ**

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่าง การดำเนินการต่างๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

**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) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหา

**สาระที่ 4 พีชคณิต**

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

**สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น**

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

**สาระที่ 6ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหลักสูตรกลุ่มสาระการ

เรียนรู้คณิตศาสตร์ดังกล่าว เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความคาดหวัง หรือจุดหมายปลายทางของ

การเรียนคณิตศาสตร์ว่า อะไรคือสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนทุกคนรู้และปฏิบัติได้ เพื่อการดำเนินชีวิตเป็นพลเมืองดีในสังคม และสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

**คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน

สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวน จริง สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและ

รากที่สามของจำนวนจริง ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึม ทรงกระบอก และ

ปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม เลือกใช้หน่วยการวัดใน

ระบบต่าง ๆ เกี่ยวกับความยาว พื้นที่ และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในชีวิตจริงได้

3. สามารถสร้างและอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติโดยใช้วง

เวียนและสันตรง อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิตสามมิติซึ่ง ได้แก่ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้

4. มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการ และความคล้าย

ของรูปสามเหลี่ยม เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้ มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต (Geometric - transformation) ในเรื่องการเลือนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation) และนำไปใช้

5. สามารถนึกภาพและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

6. สามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือ

ปัญหาและสามารถใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการ เชิงเส้นตัวแปรเดียว และกราฟในการแก้ปัญหา

7. สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์

กำหนดวิธีการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม หรือ รูปแบบอื่นที่เหมาะสมได้

8. เข้าใจค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม

ของข้อมูลที่ยังไม่ได้แจกแจงความถี่ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูลข่าวสารทางสถิติ

9. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของ

เหตุการณ์สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์และประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

10. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการ ทาง

คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน เชื่อมโยง ความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กล่าวข้างต้น เป็นเป้าหมายความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่คาดหวังให้ได้ตามมาตรฐานของหลักสูตร เพื่อให้ครูสอนคณิตศาสตร์ นำไปเป็นแนวทางในการวางแผนและจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สอนต่อไป

**คำอธิบายรายวิชา**

คำอธิบายรายวิชา ค 21202 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม เวลา 2 ชั่วโมง/สัปดาห์/ภาคเรียน จำนวน 1.0 หน่วยกิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 กล่าวไว้ ดังนี้

ศึกษา และฝึกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในสาระต่อไปนี้

การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล การให้เหตุผลในชีวิตประจำวัน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย

พหุนาม เอกนาม การบวก การลบ การคูณ และการหารเอกนาม พหุนาม การบวก การลบพหุนาม การคูณและการหารพหุนามอย่างง่าย

การประยุกต์ 2การประยุกต์ของจำนวนและพีชคณิต การประยุกต์ทางเรขาคณิตและการวัดปัญหาท้าให้คิด

โดยจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใกล้ตัวให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้าโดยการปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป รายงาน เพื่อพัฒนาทักษะ/กระบวนการในการคิดคำนวณการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิดทักษะกระบวนการที่ได้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นคุณค่าและเจตนคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ สามารถทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบ มีความรอบคอบมีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณและมีความเชื่อมั่นในตนเอง

การวัดและการประเมินผล ใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้องกับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. สังเกต ให้ข้อความคาดการณ์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายได้

2. หาผลบวกและผลลบของเอกนามและพหุนามได้

3. หาผลคูณและผลหารของพหุนามอย่างง่ายได้

4. ใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

5. ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

สรุปได้ว่า คำอธิบายรายวิชา เป็นขอบข่ายเนื้อหาที่ทำการสอนรายวิชา ค21202 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 2 ประกอบด้วยชื่อ รหัสวิชา ชื่อรายวิชา จำนวนชั่วโมงต่อปี จำนวนหน่วยกิต ชั้น ภาคเรียนที่ สาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่สอดคล้องกับมาตรฐานในหลักสูตร

**การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้**

การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้ ที่คาดหวัง จำนวนชั่วโมง และน้ำหนักคะแนน ภาคเรียนที่ 2 วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค21202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 ชั่วโมง/ภาคเรียน เป็นดังนี้

**ตารางที่ 1** การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ลำดับที่ | ชื่อหน่วยการเรียน/สาระสำคัญ | เวลา (ชม.) | คะแนน |
| 1 | การประยุกต์ 2  - การประยุกต์ของจำนวนและพีชคณิต  - การประยุกต์ทางเรขาคณิตและการวัด  - ปัญหาท้าให้คิด | 12  4  4  4 | 30  10  10  10 |
| 2 | การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล  - การให้เหตุผลในชีวิตประจำวัน  - การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย | 8  4  4 | 20  10  10 |
| สอบกลางภาค | | 20 | 30 |
| 3 | พหุนาม  - เอกนาม  - การบวก การลบ การคูณ และการหารเอกนาม  - พหุนาม  - การบวก การลบพหุนาม การคูณ การหาร  พหุนามอย่างง่าย | 20  5  5  5  5 | 50  12  12  12  12 |
| สอบปลายภาค | | 20 | 50 |
| รวม | | 40 | 100 |

สรุปได้ว่า ตารางการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เป็นการแสดงสัดส่วนความสำคัญของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัดที่ต้องการ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการกำหนดน้ำหนักชั่วโมงสอน น้ำหนักคะแนนของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และการวัดผลการศึกษา

ดังนั้น จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ข้างต้น ประกอบด้วย ความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คำอธิบายรายวิชา และการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เป็นกรอบและทิศทางในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคม

**เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558**

พหุนาม คือ นิพจน์ที่อยู่ในรูปเอกนามหรืออยู่ในรูปการบวกของเอกนามตั้งแต่ 2 เอกนามขึ้นไป เรียกว่า พหุนาม แต่ละเอกนามในพหุนาม เรียกว่า พจน์ กรณีพหุนามมีบางพจน์คล้ายกัน ต้องรวมพจน์คล้ายเข้าด้วยกัน ให้อยู่ในรูปที่ไม่มีพจน์คล้ายกันเลย เรียกว่า พหุนามในรูปผลสำเร็จและดีกรีสูงสุดของพจน์ในพหุนามจะเป็นดีกรีของพหุนาม

1. การบวกพหุนาม

การหาผลบวกของพหุนามทำได้โดยนาพหุนามมาเขียนในรูปการบวก ถ้ามีพจน์ที่คล้ายกันให้บวกพจน์ที่คล้ายกันเข้าด้วยกัน

ตัวอย่าง จงหาผลบวกของ  กับ  โดยใช้พหุนามแรกเป็นตัวตั้ง

วิธีทำ

****

ตอบ  ****

2. การลบพหุนาม

การหาผลลบของพหุนามทำได้โดยการบวกพหุนามตัวตั้งด้วยพจน์ตรงข้ามของแต่ละพจน์ของพหุนามตัวลบ

ตัวอย่าง จงหาผลลบของ  กับ  โดยใช้ พหุนามแรกเป็นตัวตั้ง

วิธีทำ  
 

ตอบ 

3. การคูณเอกนามกับพหุนาม

การหาผลคูณระหว่างเอกนามกับพหุนาม ทำได้โดยนำเอกนามไปคูณ แต่ละพจน์ของพหุนาม แล้วนาผลคูณเหล่านั้นมารวมกัน

ตัวอย่าง จงหาผลคูณของ  กับ 

วิธีทำ

****

ตอบ ****

4. การหารพหุนามด้วยเอกนาม

การหาผลหารของพหุนามด้วยเอกนามที่ไม่เป็นศูนย์ ทำได้โดยหารแต่ละพจน์ของพหุนาม ด้วยเอกนาม แล้วนาผลหารเหล่านั้นมาบวกกัน

ตัวหาร ผลหาร และตัวตั้ง ในกรณีที่เป็นการหารลงตัวมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

ตัวตั้ง = ตัวหาร  ผลหาร

ตัวอย่าง จงหาผลหารของ  ด้วย 

วิธีทำ

****

ตอบ ****

**แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้**

การเรียนรู้มีความสำคัญ และมีคุณค่าต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่สำคัญที่ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต การเรียนรู้จึงนับว่าเป็นหัวใจของการดำรงชีวิตทุกคนเกิดมาจะต้องเรียนรู้ การวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการเรียนรู้ ดังนี้

**ความหมายของการเรียนรู้**

การเรียนรู้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้เรียน ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

ไพบูลย์ เทวรักษ์ (2540 : 10) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมซึ่งสืบเนื่องจากประสบการณ์หรือการฝึกหัด และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่อน ข้างถาวร

สุมน อมรวิวัฒน์ (2544 : 19) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง พัฒนาการรอบด้านของชีวิต มีองค์ประกอบปัจจัย และกระบวนการที่หลากหลาย ดังนี้

1. การรับรู้ (Perception) ข้อมูลข่าวสารและองค์ความรู้ต่าง ๆ จากแหล่งความรู้ ที่หลากหลาย

2. การเข้าใจ (Comprehension) ผู้เรียนสามารถมองเห็นความหมาย และความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ ที่ตนรับรู้

3. การปรับเปลี่ยน(Transformation)ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านวิธีคิด(Conceptualization) การเปลี่ยนแปลงระบบคุณค่า (Values) และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม(Behavior) ในสิ่งที่รับรู้และมีความเข้าใจแล้วเป็นอย่างดี

ทิศนา แขมมณี (2545 : 12) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับจิตใจของบุคคลในการรับรู้สิ่งเร้าต่าง ๆ และพยายามสร้างความหมายของสิ่งเร้าหรือประสบการณ์ที่ตนได้รับเพื่อให้เกิดความเข้าใจในประสบการณ์นั้น โดยอาศัยกระบวนการทางสังคมเข้ามาช่วย

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2546 : 14) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการที่บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างค่อนข้างถาวร อันเนื่องมาจากประสบการณ์หรือการฝึกหัด

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2546 : 32) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง การเรียนรู้มีพฤติกรรม 2 ส่วน ดังนี้

1. พฤติกรรมเดิมก่อนให้การเรียนรู้

2. พฤติกรรมหลังจากให้การเรียนรู้แล้ว

ดังนั้น การเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเดิมไปสู่พฤติกรรมพฤติกรรมใหม่ที่ค่อนข้างถาวรเป็นผลที่ได้จากประสบการณ์ โดยไม่ใช่ผลจากการตอบสนองตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญ เป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านความรู้ ความรู้สึกและทักษะ

ประดิษฐ์ เอกทัศน์ (2547 : 32) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากเดิมไปสู่พฤติกรรมใหม่หรือความสามารถใหม่ที่ค่อนข้างถาวร และพฤติกรรมใหม่นี้เป็นผลมาจากประสบการณ์หรือการฝึกฝน มิใช่เป็นผลมาจากการตอบสนองตามธรรมชาติ วุฒิภาวะ

จิราภา เต็งไตรรัตน์ (2555 : 123) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากเดิมไปสู่พฤติกรรมใหม่หรือความสามารถใหม่ที่ค่อนข้างถาวรและพฤติกรรมใหม่นี้เป็นผลมาจากประสบการณ์หรือการฝึกฝน มิใช่เป็นผลจากการตอบสนองของธรรมชาติ วุฒิภาวะ พิษยาต่างๆ อุบัติเหตุหรือความบังเอิญ

Crowand Crow.(1969 : 1) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงศักยภาพของบุคคลๆหนึ่งในการมองเห็น ความรู้สึก และการกระทำที่ผ่านประสบการณ์ต่าง ๆ เช่น ความเข้าใจ ความคิดอารมณ์ และการเคลื่อนไหว

Rogers,A. (1986 : 43) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ในชีวิตของคน ๆ หนึ่งโดยเฉพาะ ไม่ได้เกี่ยวกับพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงสามารถเห็นได้อย่างชัดเจน แสดงออกทางพฤติกรรม การรับรู้หรือ การกระตุ้นจากสิ่งเร้า

Schunk. (1996 : 2-3) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง ขบวนการอย่างหนึ่ง มีผลทำให้พฤติกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เป็นผลจากประสบการณ์และการฝึกปฏิบัติซ้ำ ๆ ในสถานการณ์เดิม

Mayer (2003 : 5) กล่าวว่า การเรียนรู้ หมายถึง เป็นการคงอยู่ของการเปลี่ยนแปลงความรู้ของผู้เรียน ที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากประสบการณ์ ดังนั้นการเรียนรู้จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงความรู้ของบุคคลที่ค่อนข้างถาวร ซึ่งเป็นพื้นฐานมาจากประสบการณ์ของบุคคลนั้นเอง

สรุปได้ว่า การเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน ที่เกิดจากการที่สมองได้รับประสบการณ์ และการฝึกปฏิบัติที่ซ้ำๆโดยได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าในการทำกิจกรรม การอบรม การสังเกต มีความรู้เพิ่มขึ้น ความเข้าใจที่สามารถอธิบายได้ ทำกิจกรรมตามที่ได้เรียนรู้มา พัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นได้ มองเห็นความหมายและความเชื่อมโยงสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายมีความสัมพันธ์กับวุฒิภาวะของผู้เรียน เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นถาวร สามารถนำการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างแท้จริง

**ความสำคัญของการเรียนรู้**

การเรียนรู้มีความสำคัญต่อนักเรียนอย่างยิ่ง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้มีการความสำคัญของการเรียนรู้ไว้ ดังต่อไปนี้

ชัยอนันต์ สมุทวณิช (2541 : 3) กล่าวว่า การเรียนรู้ทำให้รู้ทันการเปลี่ยนแปลง ของโลกไม่ตกเป็นเหยื่อและได้ประโยชน์

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2544 : 37 )กล่าวว่า การเรียนรู้ไม่ได้อยู่ที่การเรียนรู้เนื้อหาสาระเพียงอย่างเดียวแต่ต้องรู้กระบวนการเรียนรู้ด้วย

สุมน อมรวิวัฒน์ (2544 : 6) กล่าวว่า การเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่ง ของชีวิต แสดงว่าบุคคลนั้นมีความเจริญเติบโต เป็นหัวใจของการปฏิรูปการศึกษา

สรุปได้ว่า การเรียนรู้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ต้องเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนา เพราะทำให้มนุษย์มีการเจริญเติบโตทางด้านสติปัญญา เป็นสิ่งที่สามารถฝึกและพัฒนาได้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญและกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมอ ผู้สอนที่ดีต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยเป็นผู้อำนวยความสะดวกและชี้แนะให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงศักยภาพออกมาให้มากที่สุด

**ลักษณะของการเรียนรู้**

การเรียนรู้มีลักษณะที่สำคัญต่อนักเรียนอย่างยิ่ง ทำให้นักเรียนเกิดค้นพบและเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาลักษณะของการเรียนรู้ไว้ดังต่อไปนี้

ชัยอนันต์ สมุทวณิช (2541 : 3) กล่าวว่า ลักษณะการเรียนรู้สรุปเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. คนบอก

2. สั่งสอนการคิดหาเหตุผล

3. ค้นพบด้วยตนเอง

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2543 : 46-48) และสุภรณ์ สภาพงศ์ (2545 : 40) กล่าวว่า ลักษณะการเรียนรู้ที่ดีต้องส่งเสริมให้ผู้สอนจัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ทำการวิจัยเพื่อพัฒนา ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อและแหล่งวิทยาการต่าง ๆ ให้เกิดได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ ประสานความร่วมมือกับผู้ปกครองและชุมชน

ประเวศ วะสี (2543 : 59-60) กล่าวว่า ลักษณะการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ที่หลากหลาย เริ่มต้นจากสิ่งที่รู้แล้วไปสู่การเรียนรู้ใหม่ ๆ มีความหมายและเชื่อมโยงกับประสบการณ์จริง เกิดจากการสั่งสอนหรือการรับรู้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ รูป รส กลิ่น เสียง และสัมผัส

ทิศนา แขมมณี (2545 : 12-14) กล่าวว่า ลักษณะการเรียนรู้ คือ กระบวนการทางสติปัญญา หรือสมอง (A Cognitive Process) ซึ่งบุคคลใช้สร้างความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ เป็นการจัดกระทำ (Acting on) ต่อข้อมูลและประสบการณ์มิใช่เพียงการรับ (Taking in) เป็นประสบการณ์ส่วนตัว (Personal Experience) ที่ไม่มีผู้ทำแทนได้ เป็นกระบวนการทางสังคม (A Social Process) สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมสามารถกระตุ้นและขยายขอบเขตความรู้ เกิดขึ้นได้ทั้งจากการคิด การกระทำ การแก้ปัญหาและการศึกษาต่าง ๆ ผู้เรียน สนุก (Active and Enjoyable) ผูกพัน ใฝ่รู้ท้าทายให้อยากเรียนรู้ในสิ่งที่ยากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (Nurturing Environment ) เอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ (Anytime and Anyplace) การเปลี่ยนแปลง (Change) มีผลทั้งทางด้านเจตคติ ความรู้สึก ความคิด การกระทำ เป็นกระบวนการตลอดชีวิต (A Lifelong Process) เรื่อง จากปก (2543 : 15-16) กล่าวถึงลักษณะการเรียนรู้ไว้ว่า เกิดขึ้นได้ทุกที่ ทุกเวลาผู้เรียนสามารถศึกษาได้จากสื่อทันสมัยต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอินเตอร์เน็ต เทคโนโลยีมัลติมีเดีย ทำให้การเรียนรู้ง่ายขึ้นและน่าสนใจ โรงเรียนและสถานศึกษาในอนาคตจะเป็นที่พบปะ เพื่อการอภิปรายวิเคราะห์แก้ไขปัญหา สร้างสรรค์ความคิด ความเข้าใจ บูรณาการความรู้ เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ชีวิตและภูมิปัญญารอบตัวเรา

Yoakam and Simpson (1969 : 93) กล่าวว่า ลักษณะการเรียนรู้เป็นประสบการณ์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

สรุปได้ว่า ลักษณะการเรียนรู้ เป็นกระบวนการทางปัญญา หรือสมองของมนุษย์ ที่เป็นประสบการณ์เฉพาะตัวของมนุษย์แต่ละคนที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดชีวิต เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่สามารถพัฒนาการเพิ่มขึ้นได้ด้วยการกระตุ้น หรือการจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ เป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่ง

**การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวร**

การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวร ซึ่งทำให้นักเรียนเรียนรู้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาการเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวรไว้ ดังนี้

พระราชวรมุณี (ประยูร ธมฺมจิตโต) (2536 : 193) กล่าวว่า การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวรในพระพุทธศาสนา เน้นปัจจัย 2 ประการ คือ

1. ปัจจัยภายนอก คือ ปรโตโฆสะ หมายถึงการเรียนจากครูและแหล่งข้อมูลภายนอกตัว เช่น ห้องสมุด จัดเป็นการพัฒนาสุตมยปัญญา

2. ปัจจัยภายใน คือ โยนิโสมนสิการ หมายถึงการคิดวิเคราะห์ข้อมูล

ที่ได้มาจาก ปรโตโฆสะ คือฝึกทักษะในการแสดงความคิดเห็น คือ ถาม-ตอบปัญหาเรียกว่าจินตามยปัญญา และการปฏิบัติเรียกว่าภาวนามยปัญญา

สุวิทย์ มูลคำ (2544 : 49-50) กล่าวว่า การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวรไว้ ดังนี้ จะต้องให้ผู้เรียนสามารแสวงหาความรู้ด้วยประสาทสัมผัสต่าง ๆ คือ ตา-ดู จมูก-ดมกลิ่น ปาก-ลิ้มรส กาย-สัมผัส และสามารถนำความรู้เหล่านี้มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่และสามารถนำมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

ชาตรี สำราญ (2545 : 53-54) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวร โดยจะต้องมีการออกไปสำรวจของจริง สังเกตจริง โดยการใช้ขันธ์ 5 คือ ตาดู มือรูปคลำจับต้อง ปากชิมรส จมูก ดมกลิ่น หูฟังเสียง ครูต้องเปิดโอกาสให้เด็ก ๆ ค้นหาคำตอบโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ให้ได้

John Dewey (1972 : 145) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวร เป็นประสบการณ์จะทำให้เกิดความคิด ความหมายและมีความสำคัญเมื่อได้ใช้ความคิดนั้นกับสภาพจริงของชีวิต เกิดเป็นความรู้ขึ้นมาได้ต้องมีการลงมือปฏิบัติกิจกรรมนั้น นำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ จะช่วยทำให้สามารถเข้าใจประสบการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้เป็นอย่างดี

สรุปได้ว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงและถาวร หมายถึง ผู้เรียนรู้สามารถรับรู้ได้ด้วยตนเองจากประสบการณ์จริง ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ ตา-ดู หู-ฟัง ลิ้น-รับรส จมูก-ดมกลิ่น และร่างกาย-สัมผัส นำมาเชื่อมโยงด้วยกระบวนการทางสมอง หรือการคิด จึงเกิดเป็นการเรียนรู้ขึ้นมา โดยครูเป็นผู้เตรียมประสบการณ์ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เหมาะสม จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้นมาได้ โดยยึดหลักความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้ได้ ในเวลาที่แตกต่างกันตามความพร้อมทางสติปัญญาของผู้เรียนแต่ละคน ด้วยวิธีการสอนที่หลากหลายและเหมาะสมแก่นักเรียนที่มีลักษณะแตกต่างกัน การเสริมแรงเพื่อยั่วยุให้ผู้เรียนรู้สึกสนุก และเกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้จึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง

**แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีความสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก นักเรียนจะใช้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

**ความหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงต่อยอดทางความคิด สติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สามารถนำประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้นั้นไปใช้ในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไปได้ มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556 : 11-13) กล่าวว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากการได้รับประสบการณ์ และประสบการณ์นั้นทำให้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปจากเดิม ซึ่งในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ครูจะต้องรู้จิตวิทยาในการสอน เพื่อให้การสอนสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ

Schoenfeld (1992 : 72-74) กล่าวว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์นิยามว่าเป็นการเข้าใจในบางลำดับที่สอดคล้องกัน กลุ่มข้อเท็จจริง และกระบวนการที่ประกอบเป็นคณิตศาสตร์ และอีกมุมมอง คือ การเรียนรู้เป็นการกระทำทางสังคมที่เกิดขึ้นในบริบททางสังคม ซึ่งจะต้องนึกถึงการเรียนรู้สภาพแวดล้อมที่เป็นบริบททางวัฒนธรรมและการเรียนรู้ถึงการกระทำทางวัฒนธรรม ซึ่ง "บทเรียน" ให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในห้องเรียนในปัจจุบันของเรามีวัฒนธรรมที่กว้างไกลเกินกว่าการขยายขอบเขตของข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์และวิธีการที่ (หลักสูตรที่ชัดเจน) ที่พวกเขาศึกษา มุมมองต่อมา คือ การเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรม (เช่นเดียวกับความรู้ความเข้าใจ) ทางสังคมโดยเนื้อแท้เป็นกิจกรรมที่สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเป็นหลักแทนการรับเอาอย่างใดอย่างหนึ่ง และการวิจัยแสดงให้เห็นถึงการดำเนินการการเรียนรู้ที่ผ่านการสร้าง ไม่ใช่การรับเอา

สรุปได้ว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง การเข้าใจในสิ่งที่สอดคล้องกันกับ กระบวนการคณิตศาสตร์ การเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามบริบทและความแตกต่างระหว่างบุคคล ให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในห้องเรียนในจะมีการขยายขอบเขตของข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์และวิธีการการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่ง ทางสังคมที่ทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม ซึ่งจะเกิดการเรียนรู้ใหม่โดยมีความรู้อยู่แล้ว ซึ่งแต่ละคนจะมีกระบวนการที่แตกต่างกันในการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่มาใช้ในเรียนรู้ เพื่อจะมีการเรียนรู้ที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากขึ้น

**ความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ในปัจจุบันนี้เป็นเรื่องที่สำคัญมาก คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของทุกสาขาอาชีพ สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ การเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่แตกต่างเหล่านั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

วัชรี กาญจน์กีรติ (2554 : 10-14)กล่าวว่า ความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นการเรียนรู้ที่สำคัญวิชาหนึ่ง ซึ่งคณิตศาสตร์มิใช่มีความหมายเพียงตัวเลขเท่านั้นคณิตศาสตร์มีความหมายกว้างมาก ซึ่งอาจสรุปได้ ดังนี้

1. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิด เราใช้คณิตศาสตร์พิสูจน์อย่างมีเหตุผลว่าสิ่งที่เราคิดขึ้นนั้นเป็นจริงหรือไม่ คณิตศาสตร์ช่วยให้คนเป็นผู้ที่มีเหตุผล เป็นคนใฝ่หาความรู้ตลอดจนพยายามคิดค้นสิ่งที่แปลกและใหม่ ฉะนั้นคณิตศาสตร์จึงเป็นพื้นฐานแห่งความเจริญของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ เนื่องจากมนุษย์เราจะต้องตอบปัญหาต่าง ๆ อยู่เรื่อย เช่น นักเรียนห้องนี้มีกี่คน นกกรงนี้มีกี่ตัว มีคนตายกี่คน จึงเกิดจำนวนนับ เกิดวิชาเลขคณิตขึ้น ถ้าเพิ่ม 1 คน ใช้วิธีบวก ถ้าลบ 1 คนใช้วิธีลบ

2. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดของมนุษย์ มนุษย์สร้างสัญลักษณ์แทนความคิดนั้น ๆ และสร้างกฎในการนำสัญลักษณ์มาใช้ เพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจตรงกัน คณิตศาสตร์จึงมีภาษาเฉพาะของตัวมันเอง เป็นภาพที่กำหนดขึ้นด้วยสัญลักษณ์ที่รัดกุมและสื่อความหมายได้ถูกต้องเป็นภาษาที่มีตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ แบบความคิดเป็นภาษาที่ ทุกชาติทุกภาษาที่เรียนคณิตศาสตร์ จะเข้าใจตรงกัน

3. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีรูปแบบ (Pattern) เราจะเห็นว่าการคิดทางคณิตศาสตร์นั้นต้องมีแบบแผน มีรูปแบบไม่ว่าจะคิดเรื่องใดก็ตาม ทุกขั้นตอนจะตอบได้และมีจำแนกออกมาให้เห็นจริง

4. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีโครงสร้างเหตุผล คณิตศาสตร์จะเริ่มต้นด้วยเรื่องง่ายก่อน เช่น เริ่มต้นด้วยการบวก การลบ การคูณ การหาร เรื่องง่าย ๆ นี้จะเป็นพื้นฐานนำไปสู่ เรื่องอื่น ๆ ต่อไป เช่น เรื่องเศษส่วน ทศนิยม ร้อยละ เป็นต้น

5. คณิตศาสตร์เป็นศิลปะอย่างหนึ่ง เช่น เดียวกับศิลปะอื่น ๆ ความงามของคณิตศาสตร์ก็ คือ ความมีระเบียบและความกลมกลืน นักคณิตศาสตร์ได้พยายามแสดงความคิด มีความคิดสร้างสรรค์ มีจินตนาการ มีความคิดริเริ่มที่จะแสดงความคิดใหม่ ๆ และแสดงโครงสร้างใหม่ ๆ ทางคณิตศาสตร์ ออกมาคณิตศาสตร์มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของเราในสังคมเป็นอย่างมาก เพราะเป็นวิชาที่มีความจำเป็นต้องใช้ในการประกอบอาชีพต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ฝึกให้รู้จักคิดพิจารณา รู้จักใช้เหตุผลต่าง ๆ แก้ปัญหาที่ยุ่งยากได้อย่างมีระเบียบแบบแผน ซึ่งคณิตศาสตร์เป็นตัวสร้างให้เกิดความเข้าใจเร็วขึ้น

ยุทธพงศ์ ทิพย์ชาติ (2558 : 16) กล่าวว่า ความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จึงควรเป็นไปเพื่อตอบสนองคุณค่าและความหมายที่แท้จริงของชีวิต ผู้เรียนได้คิด จินตนาการ ลงมือทำ และได้รับประสบการณ์ด้วยตนเอง สร้างความตระหนักต่อตนเอง และสะท้อนการคิด ในปัจจุบันการเรียนรู้เชิงประสบการณ์นับว่ามีความสำคัญและสอดคล้องกับสภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจาการสัมผัส เห็นของจริง ลงมือทำและวิจารณ์ผล จัดว่าเป็นสภาพการเรียนรู้ ที่สมเหตุสมผล ผู้สอน คือ สิ่งเร้าของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์และคุณภาพของสิ่งเร้านั้นเอง และเป็นปัจจัยสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หากสิ่งเร้าไม่ถึงจุดที่ผู้เรียนตอบสนองได้ การเรียนรู้ก็จะล้มเหลว การเรียนรู้ที่ล้มเหลวเกิดจาการตอบสนองของผู้เรียนที่ ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของการเรียนรู้ การให้สิ่งเร้าของผู้สอนส่วนใหญ่มักเกิดจากการขาดสภาพคล่องของการรับข้อมูลข่าวสาร

สรุปได้ว่า ความสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นการเรียนรู้ที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์วิชาหนึ่งที่เกี่ยวกับความคิดของมนุษย์ เป็นวิชาที่มีรูปแบบที่มีโครงสร้าง มีเหตุผล และเป็นศิลปะอย่างหนึ่ง ดังนั้น คณิตศาสตร์จึงเป็นวิชาว่าด้วยเหตุผล ในการคิดพิจารณาใน แต่ละลำดับขั้นตอนไว้ได้อย่างชัดเจน

**ธรรมชาติของการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

มนุษย์เรามีความสามารถในการรับรู้เรื่องราวต่าง ๆ แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ธรรมชาติในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นทักษะที่มีความแตกต่างในการเรียนรู้ ขึ้นอยู่กับความถนัด ความสนใจ ระดับสติปัญญา สิ่งแวดล้อม ประสบการณ์ต่าง ๆ อีกหลายปัจจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาธรรมชาติของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556 : 5-7) ได้กล่าว ธรรมชาติของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ไว้ว่า เป็นกระบวนการตามธรรมชาติที่คนเราใช้ เพื่อทำให้บรรลุเป้าหมาย เป็นกระบวนการสืบค้น เพิ่มประสบการณ์และสร้างความรู้จากข้อมูลข่าวสารด้วยการไตร่ตรอง ผ่านการรับรู้ตามความสามารถในทางความคิดและความรู้สึกของแต่ละคน นักเรียนแต่ละคนต้องเรียนรู้อะไรหลาย ๆ อย่างจากธรรมชาติ เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น

วิสุทธิ์ คงกัลป์ (2558 : 9-13) ได้กล่าว ธรรมชาติของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ไว้ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการธรรมชาติที่เกิดขึ้นในชีวิตของมนุษย์ เป็นกระบวนของการแปลข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ที่ได้รับให้เกิดเป็นความรู้ ทักษะ พฤติกรรม และเจตคติ จะเห็นว่า องค์ประกอบสำคัญที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ คือ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับ การศึกษาปัจจุบันจึงมุ่งเน้นการจัดเตรียมเนื้อหาที่เหมาะสมและประสบการณ์ที่เอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรู้ ทักษะ พฤติกรรมและเจตคติที่พึงประสงค์

Reys (2003 : 22-26) ได้เสนอหลักการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เป็นหลักการที่ดีและสอดคล้องตามทฤษฎีการเรียนรู้ ดังนี้

หลักการที่ 1 การให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น

การมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งในด้านกว้าง และด้านลึก สามารถมองเห็นความสมเหตุสมผลของสิ่งที่กำลังศึกษา ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนา ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้ในที่สุด การมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น อาจทำได้ด้วยการ จัดกิจกรรมที่มีการลงมือปฏิบัติ แต่จะต้องเป็นการปฏิบัติที่มีการใช้ความคิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ในการลงมือทำด้วย ซึ่งสามารถกระทำได้ไนหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการมีปฏิสัมพันธ์กับครูหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียน การมีประสบการณ์ตรงจากการใช้สื่อปฏิบัติหรือการใช้อุปกรณ์ การเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียนหรือเทคโนโลยี ในการสอนประจำของครูสิ่งหนึ่งที่ท้าทาย ความสามารถของครู คือ การจัดเตรียมประสบการณ์ที่กระตุ้นและส่งเสริมนักเรียนให้มีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นนั้นเอง

หลักการที่ 2 การเรียนคือการพัฒนา

การเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลนั้นไม่ได้เกิดขึ้นได้เอง นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดี เมื่อเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เรียนนั้นมีความเหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียนในรูปแบบที่ทำให้มีความสนุกสนานและน่าสนใจ กลุ่มที่มีทรรศนะ เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนที่มีส่วนใกล้เคียงกับการที่จะรับรู้หรือค้นพบ ความรู้ที่ครูสอนให้ได้เสนอแนะว่านักเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมากในการพัฒนาและความพร้อมที่จะเรียนรู้ ดังนั้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 บางคนอาจสามารถเข้าใจ การบวก และมีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงพื้นฐานต่าง ๆ ก่อนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 บางคน ในทำนองเดียวกัน นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นบางคน อาจจะพบความ ยากลำบากในการนึกสร้างภาพวัตถุในใจ นักเรียนเหล่านั้นอาจต้องการที่จะจับต้องและมองเห็นวัตลุนั้นจริง ๆ ก่อนที่จะสามารถสร้างความหมายจากสิ่งเหล่านั้น ในขณะที่เพื่อนร่วมชั้นอีกหลาย ๆ คนสามารถนึกสร้างภาพวัตถุในใจได้โดยง่าย

ครูมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการดัดสินเกี่ยวกับระดับพัฒนาการของนักเรียน ตลอดจนการดัดสินใจเกี่ยวลับส่วนที่ใกล้เคียงกับการที่จะรับรู้หรือค้นพบตามที่ครูสอนให้ การตัดสินใจดังกล่าวจะส่งผลในการสร้างสภาพสิ่งแวดล้อมของห้องเรียน ให้มีความเหมาะสม กับการที่จะกระทำการสำรวจทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับระดับของพัฒนาการของนักเรียน นอกจากนี้ครูยังจะต้องเป็นผู้ให้คำแนะนำที่จำเป็นและช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ รู้จักสร้างการเชื่อมโยง ตลอดจนการพูดลุยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ดีอีกด้วย

หลักการที่ 3 การเรียนรู้เกิดจากความรู้ที่มีมาก่อนแล้ว

ครูจะต้องจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ มีความเหมาะสม และสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นทั้งความรู้ที่เป็นมโนทัศน์และความรู้ที่เป็นวิธีการ ซึ่งความท้าทายที่เกิดขึ้นสำหรับนักเรียนนั้นไม่ใช่เพียงแก่การพัฒนาความรู้ทั้งสองอย่างดังกล่าว แต่หากเป็นการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทั้งสองอย่างนั้นด้วย ซึ่งความรู้ที่มีอยู่เดิมมีความสำคัญต่อกระบวนการการเรียนรู้คณิตศาสตร์มาก เช่น การพยายามประมาณระยะทางเป็นกิโลเมตรคงไร้ประโยชน์ หากนักเรียนไม่มีความรู้เดิมว่ากิโลเมตรคืออะไร ตามหลักการเรียนรู้แบบบันไดเวียน (Spiral Approach) จะทำให้นักเรียนมีโอกาสมากมายที่จะพัฒนา และขยายมโนทัศน์ให้กว้างหรือลึกขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยที่การเรียนรู้แบบนี้จะมีการรวบรวมความรู้และการสร้างการเรียนรู้ใหม่ จากการเรียนรู้เดิม อันเป็นผลช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง โดยการเพิ่มระดับของความยุ่งยากและซับซ้อนในสิ่งที่เรียนขึ้นไปได้เรื่อย ๆ เช่น ในเรื่องการวัดมุม ซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียน ชั้นประถมศึกษามีความคุ้นเคยและรู้จักมาแล้วในระดับหนึ่ง และเมื่อสอนเนื้อหาที่เกี่ยวกับ“มุม,, ในระดับที่สูงขึ้น เนื้อหามีความละเอียดและซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนก็สามารถนำมโนทัศน์เกี่ยวกับการวัดมุมที่มีอยู่เดิม มาเป็นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อน

หลักการที่ 4 การสื่อสารมีส่วนสำคัญในการสร้างความเข้าใจ

การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยการปฏิบัติสามารถนำไปสู่โอกาส ที่หลากหลายในการคิด การพูดและการฟัง ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการพูด การอธิบายเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ การคาดการณ์และการอภิปราย การแสดงความคิดของนักเรียน โดยใช้วาจาหรือการเขียน เป็นการกระตุ้นให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การสื่อสาร โดยการปฏิบัติเช่นนี้ล้วนเป็นสิ่งจำเป็นที่ครูจะต้องจัดให้มี และครูจะต้องระมัดระวังเกี่ยวกับความเคร่งครัด ในการใช้ภาษาคณิตศาสตร์อย่างถูกด้องก่อนวัยอันสมควร นักเรียนในทุกระดับชั้นควรรู้จักสื่อสารด้วยการพูดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ก่อนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้วยสัญลักษณ์หรือ การเขียน

สำหรับกระบวนการเรียนรู้นั้น การติดต่อสื่อสารระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และระหว่างครูกับนักเรียนล้วนมีความสำคัญทั้งสิ้น การพูดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ทำให้เกิดโอกาสมากมายในการอธิบาย การพิสูจน์ข้อเท็จจริง และการแลกเปลี่ยนวิธีการคิด ซึ่งบ่อยครั้งที่ครูได้มองข้ามการสนทนาพูดคุยทางคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ในชั่วโมงเรียนคณิตศาสตร์ครูควรจะกระตุ้นและสนับสมุน ให้นักเรียนได้สื่อสารกันเองมากขึ้นไม่ว่าด้วยการพูดคุย การเขียนและการมีส่วนร่วม ในกิจกรรมของชั้นเรียน

หลักการที่ 5 คำถามที่ดีช่วยส่งเสริมการเรียนรู้

ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ครู นักเรียนและเพื่อนนักเรียนด้วยกัน ควรมีโอกาสที่จะถามคำถามซึ่งกันและกัน คำถามเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากในกระบวนการเรียนรู้ ครูจะต้องรู้ว่าเมื่อไรควรถามคำถาม และคำถามอะไรที่ควรถาม ครูยังจะรู้อีกว่า เมื่อไรจึงจะตอบคำถาม และเมื่อไรจึงจะถามคำถามได้อีก ซึ่งคำถามครั้งหลังนี้อาจเป็นคำถามเพื่อช่วยให้สามารถตอบคำถามก่อนหน้านี้ได้

ในการใช้คำถามของครู บางคำถามอาจเป็นคำถามที่ไม่ดีหรือถามขึ้นเพราะความเข้าใจผิด บางคำถามอาจเหมาะสมกับบางเวลา ซึ่งในหลายครั้งหลายคราวที่คำถามมี คำตอบเฉพาะ มีความเหมาะสม เช่น สามคูณสองได้เท่าไร แต่ในบางคำถามที่เป็นคำถามปลายเปิดอาจมีความหมายและมีความเหมาะสมมากกว่า เช่น จะทำอย่างไรให้สามารถใส่ลูกปิงปองเข้าไปในกล่องตามขนาดที่กำหนดให้ได้มากที่สุด ซึ่งการตั้งคำถามที่ดีนั้นสามารถ กระตุ้นการคิดและการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดี ซึ่งคำถามที่ดีมีหลายรูปแบบ โดยทั่วไปควรเป็นคำถามที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการคิดการวิพากษ์วิจารณ์ การสร้างความสัมพันธ์และสนับสนุนการเชื่อมโยงอย่างมีความหมาย

หลักการที่ 6 สื่อปฏิบัติช่วยในการเรียนรู้

สื่อปฏิบัติมีบทบาทสำคัญในการสอนนักเรียนให้เรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะ ในระดับประถมศึกษา เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้วคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรม สื่อปฏิบัติเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้มโนทัศน์ ต่าง ๆ มีความเป็นรูปธรรมสำหรับนักเรียนมากขึ้น ทั้งนี้การเรียนรู้คณิตศาสตร์จะเกิดขึ้นได้ดี ก็ต่อเมื่อนักเรียนสามารถเข้าใจในความสัมพันธ์พื้นฐานต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวกับความรู้ทางคณิตศาสตร์เหล่านั้น ภายใต้บริบทที่มีความหมาย เช่น ในการพัฒนามโนทัศน์เกี่ยวกับวงกลม ครูอาจใช้จานใบหนึ่งแสดงถึงมโนทัศน์นี้ได้ โดยจานใบนี้ยังสามารถใช้ยกเป็นตัวอย่าง เพื่ออธิบายมโนทัศน์อื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น พื้นที่ อาณาบริเวณเส้นรอบรูป และเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งนักเรียนยังไม่ทราบว่า มีสมบัติใดบ้างที่บ่งบอกลักษณะของวงกลมในระหว่างที่มโนทัศน์กำลังจะเกิดขึ้น การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้แสดงถึง วงกลม จำเป็นจะต้องเป็นสื่อที่แสดงถึงลักษณะของวงกลมได้อย่างชัดเจน ควรหลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะอื่นแฝงอยู่จนอาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสน เช่น จานที่เลือกมา จะต้องไม่มีลวดลาย หรือถ้ามีลวดลายก็จะต้องไม่เป็นลวดลายที่ดึงดูดความสนใจนักเรียนจนเกินไป ขอบของจานจะต้องไม่บิ่นหรือมีรอยแตกร้าว เนื่องจากอาจทำให้มโนทัศน์ของนักเรียนเกี่ยวกับวงกลมคลาดเคลื่อนไป

การใช้อุปกรณ์หรือสื่อปฏิบัติหลาย ๆ อย่างเพื่อนำเสนอมโนทัศน์หนึ่งถือว่าเป็นการแสดงอย่างเป็นรูปธรรมที่มีความหลากหลาย ซึ่งจะช่วยให้ลักษณะหรือคุณลักษณะร่วมของมโนทัศน์นั้น ๆ ปรากฏชัดเจนขึ้นสำหรับนักเรียน เช่น การใช้จานกลม เหรียญบาท แหวนเกลี้ยง เป็นสื่อรูปธรรมแสดงถึงมโนทัศน์ของวงกลม เป็นต้น

หลักการที่ 7 อภิปัญญา (Metacognition) มีผลต่อการเรียนรู้

อภิปัญญาเป็นการคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเอง โดยคิดทบทวนหรือคิดไตร่ตรอง เพื่อวิเคราะห์ดูว่าความคิดนั้นถูกต้องหรือยังมีข้อบกพร่องตรงชุดใด นักเรียนที่หมั่นคิดทบทวนความคิดนั้นถูกต้องหรือยังมีข้อบกพร่องตรงชุดใด นักเรียนที่หมั่นคิดทบทวนความคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองเสมอจะเป็นผู้ที่เสาะแสวงหาความเข้าใจ และอยากเห็นความสมเหตุสมผลของคณิตศาสตร์ที่กำลังเรียนรู้ โดยนักเรียนจะต้องรู้จักตระหนัก ถึงจุดแข็ง จุดอ่อน และลักษณะพฤติกรรมทั่วไปของตนเอง ตลอดจนองค์ประกอบทั้งหมดของกระบวนการรวมถึงยุทธศาสตร์หรือยุทธวิธีที่ตนใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วย บ่อยครั้งที่อภิปัญญาหรือการคิดทบทวนความคิดของตนเองของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถควบคุมและปรับปรุงแก้ไขพฤติกรรมของตนเองได้ เช่น ถ้าสมหญิงรู้ว่าเธอมักจะทำผิดบ่อยครั้งในการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข โดยอาจกดปุ่มให้ช้าลงและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากเครื่องคิดเลข การพัฒนาทางอภิปัญญาของนักเรียนจำเป็นต้องอาศัยการสังเกตและทบทวนความคิดของตนเอง เช่น นักเรียนคิดว่ารู้อะไร แล้วนักเรียนคิดจะทำอะไรต่อ ตลอดจนการคิดในสิ่งที่เรียนรู้ เช่น นักเรียนคิดว่านักเรียน จะแก้ปัญหาอย่างไร หรือคิดว่าวิธีแก้ปัญหาที่ตนคิดไว้นั้นมีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไร

หลักการที่ 8 เจคติของครูมีความสำคัญยิ่ง

เจตคติที่ดีของครูที่มีต่อการเรียนการสอน มักส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย ทั้งนี้เพราะการสอนของครูมีความสำคัญต่อนักเรียนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ เกิดแรงจูงใจให้อยากเรียน พบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ ครูที่สนุกกับการสอนคณิตศาสตร์ โดยให้ความสนใจต่อการมีส่วนร่วมและความกระตือรือร้นของนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ นอกจากจะมีส่วน โน้มน้าวให้นักเรียนชอบคณิตศาสตร์แล้ว ยังสามารถโน้มน้าวให้นักเรียน สนใจและฝังใจ ในสิ่งที่เรียนรู้ด้วย เช่น ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ถ้าครูให้ความสำคัญ กับทักษะ ในการคำนวณ นักเรียนก็จะมองเห็นว่าการคิดคำนวณเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่ถ้าครูให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์หรือวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ก็จะส่งผลให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการคิดที่หลากหลาย ยิ่งไปกว่านั้นถ้าครูแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การแก้ปัญหา ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการวิพากษ์วิจารณ์ความคิดนั้น เป็นการแก้ปัญหาที่มีคุณค่าควรแก่การยกย่องแล้ว นักเรียนก็จะคิดว่าการวิพากษ์วิจารณ์แนวคิดเพื่อการแก้ปัญหานั้นสำคัญ การแสดงว่าอะไรเป็นสิ่งสำคัญและมีคุณค่าในแต่ละชั้นเรียนคณิตศาสตร์นั้น มีอิทธิพลอย่างมากไม่เพียง แต่กับสิ่งที่ได้เรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ แต่ยังมีอิทธิพลต่อเจตคติของนักเรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์อีกด้วย

หลักการที่ 9 ประสบการณ์มีอิทธิพลต่อความวิตกกังวล

ความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์ เป็นความรู้สึกในทางลบต่อคณิตศาสตร์อย่างมาก อาการเบื้องต้นของความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์ เช่น การขาดความมั่นใจ ไม่ชอบคิด คำนวณ มีแรงจูงใจต่ำ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนต่ำ ความรู้สึกในทางลบทั้งหลายอาจมาจากความรู้สึกไม่ปลอดภัย กลัวความล้มเหลว กลัวการถูกลงโทษ กลัวความกับอาย หรือ กลัวถูกตราหนา นักเรียนบางคนที่มีความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์ อาจดูได้จากการที่เป็นคนมีเจตคติในทางลบต่อคณิตศาสตร์หรือมีปฏิกิริยาโต้ตอบที่แสดงถึงความรู้สึกในทางลบต่อ คณิตศาสตร์ มีงานวิจัยหลายงานแสดงว่านักเรียนในระดับประถมศึกษาส่วนใหญ่ มีความรู้สึก ในทางบวกต่อคณิตศาสตร์ แต่ความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อนักเรียน เลื่อนชั้นไปเรียนในระดับมัธยมศึกษา นักเรียนที่มีความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะเลือกเรียนคณิตศาสตร์น้อยลงในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งได้ส่งผลทำให้นักเรียนไม่สามารถไปเรียนในหลาย ๆ วิชาชีพที่กำลังไต้รับความสนใจในปัจจุบัน

วิธีการที่ครูจะช่วยให้นักเรียนขจัดหรือลดปัญหาความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. ควรเน้นย้ำถึงความหมายและความเข้าใจมากกว่าการจดจำอย่างไม่เข้าใจ การเรียนรู้คณิตศาสตร์จะต้องมีลักษณะของความสมเหตุสมผล นักเรียนที่พยายามจำจดเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนโดยปราศจากความเข้าใจนั้น มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดความวิตกกังวล ในคณิตศาสตร์

2. ควรแสดงหรือสาธิตยุทธวิธีในการแก้ปัญหาแทนการสอนที่มุ่งใช้กลวิธี เพื่อให้รู้คำตอบหรือผลลัพธ์แต่อย่างเดียว การส่งเสริมนักเรียนให้เสนอคำแนะน่าที่หลากหลาย ตลอดจนการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองตามความคิดแล้วดูว่าเกิดอะไรขึ้น จะช่วยให้นักเรียนตระหนักว่า ความผิดพลาดในยุทธศาสตร์หรือชั้นตอนการแก้ปัญหานั้นเป็นเรื่องธรรมดา ครูควรเตือนให้นักเรียนระลึกว่าการทำตามกระบวนการของการแก้ปัญหาที่อาจต้องใช้เวลานั้น สำคัญมากกว่าผลลัพธ์หรือคำตอบ การให้ความสำกัญกับกระบวนการมากกว่าคำตอบ จะช่วยลดความวิตกกังวลของนักเรียนกันเนื่องมาจากการได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องได้

3. ควรจัดเตรียมประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจและท้าทาย และควรเป็นสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประสบความสำเร็จและควรเป็นสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประสบความสำเร็จ ซึ่งผลจากประสบการณ์ที่ได้ประสบความสำเร็จ ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากขึ้น

4. ควรทำให้นักเรียนทุกคนได้รู้สึกซาบซึ้งในคุณค่า ประโยชน์ และความสำคัญ ของคณิตศาสตร์ ครูต้องชี้ให้นักเรียนเห็นว่าทุกคนมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ และควรหลีกเลี่ยงการแสดงความคาดหวังในการเรียนคณิตศาสตร์ว่าขึ้นอยู่กับ เชื้อชาติ ศาสนา เพศ หรือพื้นฐานทางครอบครัวของนักเรียน

5. ควรแสดงหรือเป็นผู้นำให้นักเรียนเห็นถึงความสนุกสนานในการเรียนรู้

คณิตศาสตร์

6. ควรรักษาและแสดงออกถึงเจตคติในทางบวกของครูที่มีต่อคณิตศาสตร์ และที่มีต่อนักเรียน

7. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้บอกครูเกี่ยวคับความรู้สึกที่มีต่อคณิตศาสตร์ ว่าอะไรคือสิ่งที่นักเรียนชอบ ทำไมนักเรียนจึงชอบสิ่งเหล่านั้น การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับ ความคิดของตนเอง ซึ่งการวินิจฉัยเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนเล่ามา สามารถช่วยให้ครูทราบถึงความวิตกกังวลในคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

8. ควรระมัดระวังในการเน้นย้ำเกี่ยวกับอัตราเร็วในการทำแบบทดสอบหรือ แบบฝึกหัดในห้องเรียน ต้องไม่ทำจนมากเกินไป นักเรียนบางคนอาจชอบความท้าทายจากการแข่งขัน แต่บางคนอาจไม่รู้สึกดีนักกับความกดดันในเรื่องเวลาการแข่งขันในเรื่องเวลา อาจนำนักเรียนไปสู่ความวิตกกังวลและความกลัวในคณิตศาสตร์ได้

9. ควรศึกษาและเรียนรู้การให้เทคนิคในการวินิจฉัยในการชี้ตัวนักเรียนที่มี ปัญหาหรือต้องการความช่วยเหลือจากครู ซึ่งจะสามารถทำให้ครูช่วยเหลือนักเรียนให้กลับมา เรียนทันเพื่อน ๆ ได้ในเวลาอันสั้น

หลักการที่ 10 ความถนัดตามธรรมชาติของแต่ละเพศนั้นมีความเท่าเทียมกัน

ความหลากหลายซับซอนของแรงผลักดันในสังคมที่ส่งผลให้เกิดความไม่เท่าเทียมกันทางเพศนั้น สัมพันธ์กับการเรียนคณิตศาสตร์ เช่น พ่อแม่ของนักเรียนอาจแสดงความคาดหวังในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่มีต่อลูกชายและลูกสาวแตกต่างกัน ครูอาจปฏิบัติต่อ เด็กชายและเด็กหญิงในชั้นเรียนแตกต่างกัน เช่น ครูอาจเรียกถามคำถามนักเรียนชายบ่อยครั้ง กว่านักเรียนหญิง ในการตอบคำถามได้ถูกต้องครูอาจชมนักเรียนหญิงน้อยกว่านักเรียนชาย และครูมีความใส่ใจในการให้กำลังใจนักเรียนหญิงที่ตอบคำถามไม่ถูกต้องน้อยกว่า นอกจากนี้ ครูยังมีแนวโน้มที่จะมองว่าความผิดพลาดของนักเรียนชายว่าเกิดจากการขาดความสนใจ ในขณะที่ครูกลับมองว่าความผิดพลาดของนักเรียนหญิงเกิดขึ้น จากตัวนักเรียนเอง สิ่งเหล่านี้อาจทำให้นักเรียนหญิงคิดว่าตัวเองไม่มีความสามามารถทางด้านคณิตศาสตร์ซึ่งอาจส่งผลต่อการเรียนรู้ได้

หลักการที่ 11 ความทรงจำสามารถทำให้ดีขึ้นได้

ความทรงจำเป็นลักษณะหนึ่งที่สำคัญของการเรียนรู้ เช่น ถ้านักเรียนสามารถบอกเวลาจากนาฬิกาในห้องเรียนได้แต่ไม่สามารถบอกเวลาจากนาฬิกาที่บ้านได้ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีปัญหาทางด้านความทรงจำ ความทรงจำสะท้อนให้เห็นถึงความทนในการเก็บ ความรู้ไว้ การรักษาทักษะที่ได้รับการฝึกฝนหรือพฤติกรรมในการแก้ปัญหาที่มักใช้บ่อย ๆ ให้ได้นาน การลืมเป็นปัญหาในการเรียนทุกวิชา แต่เมื่อเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์มากขึ้น ความสำคัญของปัญหาการลืมก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การลืมเกิดขึ้นได้ไนทุกช่วงเวลาหรืออาจ เกิดในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง

การทำให้ความทรงจำดีขึ้น มีข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้อย่างมีความหมายเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการที่จะช่วยค้ำจุนความทรงจำ ในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ความรู้ ทักษะ และการแก้ปัญหา จะมีการพัฒนาขึ้นอย่างมีความหมาย การเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ จะส่งผลทำให้เกิดความทรงจำ ที่ยาวนานขึ้น

2. บริบทของมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงที่เป็นประโยชน์ต่อความทรงจำระยะยาว เช่น การสำรวจศึกษาเกี่ยวกับเส้นรอบรูปหรือเส้นรอบวง ของวงกลม อาจทำได้ด้วยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและเส้นรอบรูปของวงกลมหลาย ๆ วง การลงมือปฏิบัติที่ได้วัดเกี่ยวกับวงกลมได้บันทึกข้อมูลและสังเกตแบบรูปที่ได้ ทำให้เกิดความเชื่อมโยงไปสู่การจดจำว่าอัตราส่วนของความยาวของเส้นรอบวงต่อความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางนั้นคงที่

3. การสร้างความเชื่อมโยงช่วยให้เกิดความทรงจำระยะยาว การเชื่อมโยงช่วยให้นักเรียนมองเห็นว่า ความคิดทางคณิตศาสตร์นั้นสัมพันธ์กันและเกี่ยวข้องกับโลกแห่ง ความจริงอย่างไร หัวข้อต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไม่ควรนำไปสอนเดี่ยว ๆ เหมือนกับเป็นหัวข้อที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ในทางตรงกันข้าม แต่ละหัวข้อคณิตศาสตร์ควรสอนเชื่อมโยง และบูรณาการกับสาระในหัวข้ออื่น ๆ ตามที่ควรจะเป็น และสอนสาระที่พัฒนาควบคู่ไปกับการแก้ปัญหาและการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่มีความหมาย

4. การทบทวนความคิดสำคัญ เป็นระยะๆ ช่วยตอกย้ำความรู้และสามารถส่งผลทำให้เกิดความทรงจำในความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างมากในเด็กทุกช่วงวัย การทบทวนนี้จะช่วยขัดเกลาและเสริมให้ความรู้ที่มีนั้นชัดเจนอยู่เสมอ และยังส่งผลต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในปัจจุบันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ในขั้นสูงไป ตลอดจนส่งเสริมความทรงจำให้ดีขึ้น

สรุปได้ว่า หลักการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ควรจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความรู้ทางคณิตศาสตร์จากการคิดและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกับผู้อื่น ใช้ความคิดและคำถามที่ผู้เรียนสงสัยเป็นประเด็นในการอภิปรายเพื่อให้ได้แนวคิดที่หลากหลาย รวมทั้งการใช้คำถาม ที่ดีเพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป จัดการเรียนรู้โดยคำนึงว่าจะให้ผู้เรียนเรียนอะไร (What) และเรียนอย่างไร (How) ให้ผู้เรียนเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยคำนึงถึงประสบการณ์และความรู้ พื้นฐานของผู้เรียนใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมอธิบายนามธรรม หรือการทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมมาก เป็นนามธรรมที่ง่ายขึ้นหรือพอที่จะจินตนาการได้มากขึ้น จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา สามารถให้เหตุผล สื่อสาร เชื่อมโยง และคิดสร้างสรรค์ ตลอดจนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและนำไปคิดต่อ การ,ฝึกหัดให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งการฝึกรายบุคคล ฝึกเป็นกลุ่ม การฝึกทักษะย่อยทางคณิตศาสตร์ และการฝึกทักษะรวมเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น นอกจากนี้จะต้องจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความรู้การเรียนคณิตศาสตร์ รู้สึกว่าคณิตศาสตร์ไม่ยาก และมีความสนุกสนานในการทำกิจกรรม รวมทั้งสังเกตและประเมินการเรียนรู้ และความเข้าใจของผู้เรียนขณะเรียนในห้อง โดยใช้คำถามนั้น ๆ หรือการพูดคุยปกติ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

**การวัดและประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ในงานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวัดและประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมเป็นกระบวนการหนึ่งที่เกิดจากประสบการณ์และการเรียนรู้ ทั้งจากธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม การแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดการเรียนรู้ตามวิลสัน มาใช้ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

Wilson (1971 : 645-696) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาใหม่ ลำดับขั้นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งวิลสันได้แบ่งพฤติกรรมด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) การเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาออกเป็น 4 ประเภทไว้ ดังนี้

1. ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ (Computation) เป็นความระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนมาแล้วทั้งในด้านข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจนได้ดำเนินการคิดโจทย์ปัญหาอย่างง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องอาศัยการตัดสินใจ ทั้งนี้รวมถึงโจทย์ปัญหาที่เหมือนกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่เคยทำมาแล้ว พฤติกรรมขั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อย ๆ คือ

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Specific facts) เป็นความสามารถที่ จะระลึกถึงข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ตลอดจนพื้นฐานต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างสมมาเป็นเวลานานอีกด้วย

ตัวอย่าง การเขียนเซตเขียนได้กี่แบบ

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์ และนิยาม (Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกถึงศัพท์ นิยามต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วได้ โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ แต่อย่างใดและไม่ต้องการความรู้อื่นมาช่วย

ตัวอย่าง เซตที่ไม่มีสมาชิกเลยเรียกว่า……..

1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (AAlgorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริง หรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามกระบวนการที่เคยเรียนรู้มาแล้ว หมายถึง การดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่ครูเคยสอนมาแล้ว

ตัวอย่าง 

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนความสามารถในการตีความ แปลความและขยายความได้ พฤติกรรมขั้นนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นย่อย ๆ ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติ (Concept) เป็นความสามารถในการนำข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาประมวลเข้าเป็นมโนมติ มโนมตินั้นมีความซับซ้อนกว่าข้อเท็จจริง ซึ่งต้องอาศัยความรู้ต่าง ๆ มาผสมผสานกัน คำถามเกี่ยวกับมโนมตินี้ ครูจะต้องไม่เคยบอกหรือสอน มาก่อน เพราะว่าถ้าเคยบอกมาก่อนแล้วจะกลายเป็นวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

ตัวอย่าง จำนวนเต็มต่างกับจำนวนธรรมชาติอย่างไร

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์ (Principles, rules and generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และความรู้เกี่ยวกับมโนมติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้โจทย์ได้

ตัวอย่าง ถ้าเลื่อนจุดทศนิยมของจำนวนหนึ่งไปทางขวา 3 ตำแหน่ง หมายความว่าอย่างไร

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้ต่างจากพฤติกรรมขั้นความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม เรามักจะใช้คำถามเกี่ยวกับศัพท์และนิยามในคณิตศาสตร์แผนใหม่มาใช้วัดพฤติกรรมเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์อยู่บ่อย ๆ ดูตัวอย่าง ข้อสอบวัดความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง จงบอกจำนวนที่หายไปของ 

2.4 ความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหา จากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง (Transform problem elements from one mode to another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้ออกเป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่อีกรูปหนึ่ง ซึ่งมีความหมายคงเดิม เป็นต้น ว่าเปลี่ยนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสมการ ซึ่งการวัดในขั้นนี้ไม่รวมถึงวิธีการในการหาคำตอบจากสมการนั้น

ตัวอย่าง ในระหว่างปิดภาคเรียน นักเรียนคนหนึ่งทำงาน n สัปดาห์ ได้เงินสัปดาห์ละ k บาท ค่าใช้จ่ายระหว่างปิดภาคเรียนเป็นเงิน p บาท เขาจะเก็บเงินได้กี่บาท

2.5 ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้ (Follow a line of reasoning) ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลเป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจกับข้อความทางคณิตศาสตร์และสามารถบอกได้ว่าผลสรุป ในแต่ละขั้นมาจากเหตุผลใด

ตัวอย่าง นาย ก ซื้อ มีด ช้อน มาชุดหนึ่ง ซึ่งผู้ชายรับรองว่าทำด้วยสเตนเลส หลังจากใช้ไปแล้วช่วงระยะเวลาหนึ่งเขาพบว่าของใช้ชุดนี้เริ่มเป็นสนิม เขาจึงคิดว่าของที่ซื้อมาไม่ใช่สเตนเลสและจะนำไปคืน

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา (Read and interpret or problem) เป็นความสามารถในการอ่านและตีความจากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ เพื่อทราบว่าโจทย์ต้องการอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ยังขาดส่วนใดบ้าง รวมทั้งการแปลความหมายจากกราฟหรือข้อมูลทางสถิติตลอดจนการแปลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

ตัวอย่าง นายแดงซื้อสินค้าอย่างหนึ่งซึ่งมีป้ายติดราคาไว้ 60 บาท แต่จากตารางลดราคาให้ 20% เขาจะได้ส่วนลดเท่าใด จากโจทย์ข้างต้นนี้ ให้นักเรียนตอบคำถาม ข้อ ก-ค ต่อไปนี้

ก. อัตราการลดราคาเป็นเท่าใด

ข. ฐานที่ใช้ในการลดราคาเป็นเท่าใด

ค. โจทย์ต้องการให้คำนวณหาอะไร

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกับที่เคยเรียนมาแล้ว นั่นคือนักเรียนจะต้องผสมผสานความรู้ความสามารถจาก ขั้น 1 และ 2 ในการนำมาใช้แก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะมีหลายขั้นตอนในการจัดกระทำ เพื่อให้ได้คำตอบออกมา ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีการเลือกการตัดสินใจว่าจะทำขั้นตอนใด ก่อน-หลัง พฤติกรรมขั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 ขั้นย่อย ๆ ดังนี้

3.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคย (Solve routine problem) หรือปัญหาที่เคยเรียนมาแล้ว พฤติกรรมขั้นนี้เป็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คล้ายคลึงแต่ไม่ใช่ข้อเดียวกันกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเคยทำมาแล้วนักเรียนจะต้องอาศัยความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ และความเข้าใจ มาผสมผสานกับแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา

ตัวอย่าง กำหนดให้



จงหาค่าของ 

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Make comparision) เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่โจทย์ให้มา 2 ชุด ในการแก้ปัญหาอาจจะต้องใช้ยุทธวิธีการคิดคำนวณ ความเข้าใจ แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจ

ตัวอย่าง นักเรียนคนหนึ่งทำงานในภาคฤดูร้อนเป็นเวลา 6 สัปดาห์ 5 วัน ได้ค่าจ้างสัปดาห์ละ 200 บาท แต่เขาต้องจ่ายค่าอาหารกลางวันให้ทางสำนักงานโดยถ้าเขาจ่ายเป็นรายวัน เขาจะต้องจ่ายวันละ 8.50 บาท แต่ถ้าเขาจ่ายครั้งเดียวตลอดช่วงทำงานเขาจะต้องจ่าย  ของรายได้ตลอด 6 สัปดาห์ ดังนั้น นักเรียนคนนี้จะต้องจ่ายค่าอาหารอย่างไร จึงจะประหยัดที่สุด

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze data) เป็นความสามารถในการจำแนกและตัดสินได้ว่าข้อมูลส่วนใดจำเป็นหรือไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาโจทย์

ตัวอย่าง ฝากเงินไว้กับธนาคาร 6,000 บาท ในเวลา 2 ปี จะได้รับดอกเบี้ย ทบต้นเท่าไร การแก้โจทย์ปัญหาในข้อนี้ต้องการทราบอะไรเพิ่มเติม

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน และการสมมาตร (Recognize patterns, isomorphisms and symmetries) พฤติกรรมในขั้นนี้จะเกี่ยวกับการระลึกถึงข้อมูล แปลงปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล การมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่คุ้นเคยกับข้อมูลที่กำหนดให้ หรือจากปัญหาที่กำหนดขึ้น

ตัวอย่าง ในการเลือกตั้งครั้งหนึ่งมีผู้ออกเสียง 356 คน เพื่อเลือก ผู้สมัคร 1 คน จาก 5 คน ผู้สมัครที่ได้คะแนนสูงสุดจะเป็นผู้ชนะ ผู้ชนะต้องได้รับคะแนน อย่างน้อยที่สุดเท่าใดจึงจะได้รับการเลือกตั้ง

4. การวิเคราะห์ (Analysis) พฤติกรรมขั้นนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุด ด้านสติปัญญานักเรียนจะตอบปัญหาที่วัดพฤติกรรมขั้นนี้ได้ต้องมีความสามารถในระดับสูง โจทย์ปัญหาจะมีลักษณะซับซ้อน พลิกแพลง ซึ่งนักเรียนไม่เคยลองฝึกทำมาก่อน แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าโจทย์ปัญหานั้นจะอยู่นอกขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา ดังนั้น การแก้โจทย์ปัญหาที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้จึงครอบคลุมความรู้ความสามารถในสามขั้นที่กล่าวมาแล้ว รวมทั้งการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เพื่อสามารถค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ พฤติกรรมขั้นวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นย่อย ๆ ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน (Solve nonroutine problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ต้องคิดซับซ้อน เป็นโจทย์ที่ไม่ได้อยู่ในแบบฝึกหัดหรือ

ตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนจะแก้ปัญหาได้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของคณิตศาสตร์ ต้องเข้าใจมโนมติหรือนิยามตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่ครูสอนมาแล้วเป็นอย่างดีแล้วใช้ความรู้เหล่านั้นมาผสมผสานกันแก้ปัญหา

ตัวอย่าง กำหนดให้ P เป็นจำนวนเฉพาะที่เป็นบวกและ  จงหา

ค่า t จากข้อ ก ถึงข้อ ค ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ ข้อ ก-ค ต่อไปนี้

ก. 

ข. 

ค. 

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Discover relationships) ข้อสอบที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้นักเรียนจะต้องจัดส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้น เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พฤติกรรมในขั้นนี้ที่ต่างไปจากขั้นนำไปใช้ตรงที่นักเรียนต้องรวบรวมสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาเป็นความสัมพันธ์ขึ้นใหม่ แทนที่จะจำความสัมพันธ์อันเดิมที่เคยพบมาแล้ว มาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

ตัวอย่าง ความยาวของเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นจงหา

พื้นที่ของสี่เหลี่ยมจตุรัส

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Construct proofs) เป็นความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน นักเรียนจะต้องอาศัยนิยามและทฤษฎีความรู้ต่าง ๆ มาช่วยแก้ปัญหา

ตัวอย่าง จงพิสูจน์ว่า  หรือจงพิสูจน์ 

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ การพิสูจน์ (Criticize proofs) เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่ไปกับความสามารถในการพิสูจน์ ซึ่งต้องการให้นักเรียนมองเห็นหรือเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปบ้าง

ตัวอย่าง ให้ a และ b แทนจำนวนเต็ม ซึ่ง 

(1)  เอา คูณทั้งสองข้าง

(2)  กฎการกระจาย

(3)  เอา 

(4) เอาตัวร่วมออกนอกวงเล็บ

(5)   หารทั้งสองข้าง

จงบอกว่าการพิสูจน์ข้างต้นนี้ผิดที่ตรงไหน

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตร และการทดสอบความถูกต้องของสูตรนั้น ซึ่งใช้เป็นกรณีทั่วไปได้ (Formulate and validate generalization) พฤติกรรมขั้นนี้คล้ายกับข้อ4.3 แต่อาจซับซ้อนมากกว่า นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องที่เคยเรียนมาแล้วและต้องสมเหตุสมผล สามารถใช้ได้ทุกกรณี สำหรับตัวอย่างข้อสอบวัดพฤติกรรมนี้ไม่ได้ให้ไว้ในที่นี้ เพราะว่าข้อสอบค่อนข้างยากและยากที่จะออกข้อสอบประเภทนี้ถึงแม้จะออกข้อสอบได้นักเรียนส่วนใหญ่ก็ทำไม่ได้จึงไม่ได้เน้นหรือแสดงในที่นี้

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบ่งพฤติกรรมด้านสติปัญญา แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

**เกณฑ์การวัดและการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ในงานวิจัยนี้ใช้การวัดและประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การให้

คะแนนของวิลสัน (1971 : 645-696) ซึ่งแบบทดสอบจะได้คะแนนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ

1. ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

0 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงถูกต้องเพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงถูกต้องครบถ้วน

2. ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์ และนิยาม

0 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยามไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยามถูกต้องเพียง

บางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยามถูกต้องครบถ้วน

3. ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

0 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

ไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

เพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ

ถูกต้องครบถ้วน

ด้านที่ 2 ความเข้าใจ

1. ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติ

0 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติถูกต้องเพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติถูกต้องครบถ้วน

2. ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์

0 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิง

เป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิง

เป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์ ถูกต้องเพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิง

เป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์ถูกต้องครบถ้วน

3. ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

0 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง

เพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง

ครบถ้วน

4. ความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหาจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง

0 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหา

จากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่งไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหา

จากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่งถูกต้องเพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหา

จากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่งถูกต้องครบถ้วน

5. ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้

0 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของ

เหตุผลที่วางไว้ ไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของ

เหตุผลที่วางไว้ ถูกต้องเพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของ

เหตุผลที่วางไว้ ถูกต้องครบถ้วน

6. ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา

0 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา

ไม่ถูกต้อง

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา

ถูกต้องเพียงบางส่วน

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา

ถูกต้องครบถ้วน

ด้านที่ 3 การนำไปใช้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคย

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคยได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคยไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคยถูกต้อง

เพียงบางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคยถูกต้อง

ครบถ้วน

2. ความสามารถในการเปรียบเทียบ

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการเปรียบเทียบไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการเปรียบเทียบถูกต้องเพียงบางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการเปรียบเทียบถูกต้องครบถ้วน

3. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องเพียง

บางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน

4. ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน

และการสมมาตรได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้าง

ที่เหมือนกัน และการสมมาตรไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้าง

ที่เหมือนกัน และการสมมาตรถูกต้องเพียงบางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้าง

ที่เหมือนกัน และการสมมาตรครบถ้วน

ด้านที่ 4 การวิเคราะห์

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อนได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน

ไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน

ถูกต้องเพียงบางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน

ถูกต้องครบถ้วน

2. ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถค้นหาความสัมพันธ์ได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ถูกต้องเพียง

บางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ถูกต้อง

ครบถ้วน

3. ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์

0 หมายถึง นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อพิสูจน์ได้

1 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ไม่ถูกต้อง

2 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ถูกต้องเพียง

บางส่วน

3 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ถูกต้องครบถ้วน

**ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีความสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างมาก ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2537 : 15–17) กล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งเสริมการเรียนรู้ซึ่งพอ ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีต้องอาศัยปัจจัยส่งเสริมหลายด้าน ดังนี้

1. ด้านตัวผู้เรียน ได้แก่ วุฒิภาวะ ความพร้อม ประสบการณ์ อายุ แรงจูงใจ ระดับสติปัญญา อารมณ์ และสภาพร่างกาย

2. ด้านเนื้อหาที่มีต่อการเรียนรู้ ได้แก่ ความยากง่ายของเนื้อหา ความยาวของเนื้อหา และการมีความหมายของเนื้อหา

เฉลา ประเสริฐสังข์ (2542 : 188) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนได้ดีที่สุด ดังนี้

1. ความพร้อม (Readiness) หมายถึง สภาวะของบุคคลที่จะเรียนรู้บทเรียนได้อย่างบังเกิดผล ซึ่งตามความพร้อมนี้หมายถึงความพร้อมของวุฒิภาวะทางร่างกาย จิตใจ และสติปัญญาการเรียนรู้ที่เด็กมีความพร้อม เด็กมีความสนใจกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ และสามารถนำประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ได้ ย่อมทำให้การเรียนรู้นั้นบังเกิดผลดี

2. การฝึกฝน (Practice) บทเรียนที่ผู้เรียนมีโอกาสฝึกฝนหรือฝึกหัดบ่อย ๆ จะช่วยให้เกิดความเคยชินต่อสถานการณ์ เกิดทักษะ สามารถนำไปปรับปรุงในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

3. การเสริมแรง (Reinforcement) หมายถึง การใช้สิ่งของ เงื่อนไข พฤติกรรมหรือ สถานการณ์ เพื่อช่วยให้พฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่งเกิดขึ้นซ้ำอีก การเสริมแรงนี้ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ เป็นเงื่อนไขที่ครูจะใช้ เพื่อควบคุมพฤติกรรมหรือปรับปรุงพฤติกรรมของนักเรียนได้เป็นอย่างดี พฤติกรรมใดที่ต้องการให้คงอยู่ก็ให้เสริมแรงทางบวก ส่วนพฤติกรรมใดต้องการให้หยุดกระทำก็หยุดให้การเสริมแรงกับพฤติกรรมนั้น ๆ

Clyde (1967 : 112) กล่าวถึง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ เกรด วุฒิภาวะ ประสบการณ์และความสามารถในการอ่านของนักเรียน บรรยากาศในชั้นเรียน เจตคติของนักเรียน พฤติกรรมการสอนของครู

Herman (1970 : 354-355) กล่าวถึง ปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ เพศ เกรดเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการสอนของครู

Henny (1971 : 223-224) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่บรรยากาศในชั้นเรียน เจตคติของนักเรียน พฤติกรรมการสอนของครู และอุปกรณ์การสอน

Baroody (1993 : 208-210) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ เกรดของนักเรียน บรรยากาศในชั้นเรียน และเจตคติของนักเรียน

Heddens and Speer (1992 : 34-35) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้

คณิตศาสตร์ ได้แก่ เพศ เกรดวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนของครู และเจตคติของนักเรียน

สรุปได้ว่า ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะนำปัจจัยต่าง ๆ มาเป็นตัวแปรในการศึกษาความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ เพศ เกรดวิชาคณิตศาสตร์ บรรยากาศในชั้นวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ กลวิธีในการเรียน ความพร้อมในการเรียน และแรงจูงใจ

**ความหมายของปัจจัยแต่ละตัวที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัย ได้กำหนดปัจจัยไว้ดังนี้ เพศ เกรดวิชาคณิตศาสตร์ บรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ กลวิธีในการเรียน ความพร้อมในการเรียน และแรงจูงใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

**เพศ**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายเกี่ยวกับเพศไว้ ดังนี้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2555 : 105) ได้ให้ความหมายของคำว่า เพศ หมายถึง รูปที่แสดงให้รู้ว่าหญิงหรือชาย หรือลักษณะบอกให้ใคร ๆ รู้ว่าบุคคลนั้น ๆ เป็นผู้หญิงหรือผู้ชาย ในลักษณะของรูปธรรม

**เกรดวิชาคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมาย เกี่ยวกับเกรดวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 25) ให้ความหมายของเกรดวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ตัวบ่งชี้ที่เป็นผลการประเมิน เพื่อบอกระดับผลการเรียนรู้ ผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน แสดงถึงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียน ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในรายวิชา แทนสัญลักษณ์และความหมาย ดังนี้

4 หมายถึง ผลการเรียนดีเยี่ยม

3.5 หมายถึง ผลการเรียนดีมาก

3 หมายถึง ผลการเรียนดี

2.5 หมายถึง ผลการเรียนค่อนข้างดี

2 หมายถึง ผลการเรียนน่าพอใจ

1.5 หมายถึง ผลการเรียนพอใช้

1 หมายถึง ผลการเรียนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

0 หมายถึง ผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

**บรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายเกี่ยวกับบรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

นิภา นิธยายน (2530 : 7) ได้ให้ความหมายของบรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Classroom Climate) หมายถึง บรรยากาศในชั้นเรียนที่ครูแสดงออกถึงความสนใจต่อผู้เรียน มีการเสริมแรง กระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถ ให้ความรักความอบอุ่น เป็นกันเองกับผู้เรียน และผู้เรียนเป็นมิตรต่อกัน

ยรรยง ภูกองพลอย (2550 : 41) ได้ให้ความหมายของบรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Classroom Climate) หมายถึง สภาพแวดล้อมทางการเรียนในชั้นเรียน ซึ่งไม่ใช่เพียงสภาพแวดล้อมทางกายภาพเท่านั้น แต่รวมถึงระดับอารมณ์และความรู้สึกด้วย

บุญทัน อยู่ชมบุญ (2533 : 4) ได้ให้ความหมายของบรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Classroom Climate) หมายถึง องค์ประกอบสามด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านสมอง และด้านอารมณ์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ อยากรู้อยากเห็น จินตนาการ และเสาะแสวงหาความรู้สิ่งต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์

วิจิตร อาวะกุล (2537 : 63) ได้ให้ความหมายของบรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Classroom Climate) หมายถึง ห้องเรียนที่มีบรรยากาศอบอุ่น ราบรื่น ทุกคนจริงใจต่อกัน ต่างคนต่างช่วยเหลือซึ่งกันและกันนักเรียนและครูต่างก็มีความสุข ทุกคนนับถือกฎเกณฑ์และระเบียบของห้องเรียน ซึ่งครูและนักเรียนช่วยกันคิดค้นขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนเป็นลักษณะที่ต่างคนต่างก็ไว้ใจซึ่งกันและกัน มีความหวังดีต่อกัน โดยครูเป็นกัลยาณมิตรของนักเรียน สรุปได้ว่า บรรยากาศในชั้นเรียน หมายถึง บรรยากาศที่ครูแสดงออกถึงความสนใจต่อนักเรียน มีการเสริมแรง กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถ ให้ความรักความอบอุ่นเป็นกันเองกับนักเรียน และนักเรียนเป็นมิตรต่อกัน

ชัยอนันต์ สมุทวณิช (2543 : 16-17) ได้ให้ความหมายของ บรรยากาศในชั้นเรียนว่า การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด ควรเริ่มต้นจากสิ่งใกล้ตัวผู้เรียนรู้มากที่สุด คือ ความรู้สึกภายใน ทั้งนี้จะต้องไม่มีบรรยากาศของความกลัว ความหวาดระแวง ความดูหมิ่นเหยียดหยาม ติเตียน บรรยากาศของการเรียนรู้ที่เน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญจะต้องให้อิสรภาพแก่ผู้เรียน โดยเฉพาะอิสรภาพจากความหวาดกลัว ซึ่งจากความเห็นดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของบรรยากาศทาง จิตวิทยาที่มีผลต่อความรู้สึก และการกระทำของผู้เรียน

สรุปได้ว่า บรรยากาศในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนควรสะอาดมีแสงสว่างที่เพียงพอ ห้องเรียนควรมีมุมเสริมทักษะ มีการจัดป้ายนิเทศ การตกแต่งห้องเรียนด้วยผลงานของนักเรียน ห้องเรียนไม่คับแคบจนเกินไปสามารถจัดกิจกรรมได้อย่างสะดวกมีการจัดโต๊ะเปลี่ยนเป็นรูปตัวที ตัวยู รูปครึ่งวงกลม รวมถึงระดับอารมณ์และความรู้สึกของครูกับนักเรียนที่เกิดความเป็นมิตรต่อกัน และนักเรียนให้ความสนใจต่อการเรียน มีการตอบสนองเป็นอย่างดี

**เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2530 : 25) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีทั้งทางบวกและทางลบ เพราะผู้ที่ชอบวิชาคณิตศาสตร์จะมีความรู้สึกในทางบวก ส่วนผู้ที่ไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์จะมีความรู้สึกในทางลบ การที่ครูคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีเจตคติทางบวกในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้น ครูจะต้องหากลวิธีให้นักเรียนชอบคณิตศาสตร์ ไม่เบื่อหน่าย และไม่เคร่งเครียดจนเกินไป การใช้เพลงประกอบการสอนของครูก็จะเป็นวิธีหนึ่ง

เฉลียว บุตรเนียร (2531 : 45) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ นั่นคือ ถ้านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนสามารถเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ดี เข้าใจ สนใจ และตั้งใจเรียนย่อมส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ถ้านักเรียนเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ย่อมทำให้นักเรียนขาดความสนใจ ไม่ตั้งใจเรียน ยังผลให้การเรียนการสอนไม่ประสบความสำเร็จ

สถิต วงศ์สวรรค์ (2540 : 87) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง จุดประสงค์การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สำคัญมากอันหนึ่งนอกเหนือจากการพัฒนาด้านพุทธิพิสัยแล้ว คือ การส่งเสริมให้มีการพัฒนาด้านจิตพิสัยควบคู่ไปด้วย ดังนั้น ถ้าครูสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ให้เกิดกับนักเรียนได้ ย่อมมีส่วนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

ศรีธรรม ธนะภูมิ (2535 : 27) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งในด้านดีและไม่ดีเป็นความคิดเห็น หรือความรู้สึกเกี่ยวกับความสำคัญ เนื้อหาของวิชาคณิตสาสตร์ รวมถึงคุณประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

วิจิตร อาวะกุล (2537 : 10-11) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง ความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยการแสดงออกในรูปของความพึงพอใจ เห็นด้วย หรือสนับสนุนหรือไม่เห็นด้วยหรือไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยการแสดงออก 3 ลักษณะ คือ ด้านความคิด (Thinking) ด้านความความรู้สึก (Conscious) ด้านการแสดงออก (Behavioral)

1. ด้านความคิด (Thinking) หมายถึง ความรู้สึก ความเข้าใจ ในการแสดงออกของแต่ละบุคคลโดยอาศัยประสบการณ์เป็นพื้นฐานให้เกิดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

2. ด้านความรู้สึก (Conscious) หมายถึง การชอบ ไม่ชอบ พอใจ ไม่พอใจ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3. ด้านการแสดงออก (Behavioral) หมายถึง การเตรียมความพร้อมต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

วารินทร์ สายโอบเอื้อ (2533 : 6) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง ความรู้/ความเข้าใจ ความรู้สึกหรือความเชื่อของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนพร้อมที่จะมีพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งตอบสนองต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยความรู้สึกพึงพอใจ หรือไม่พึงพอใจก็ได้ วัดได้จากแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

อารี พันธ์มณี (2542 : 45) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude of Mathematic) หมายถึง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ นั่นคือ ถ้านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนสามารถเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ดี เข้าใจ สนใจ และตั้งใจเรียนย่อมส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ถ้านักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ย่อมทำให้นักเรียนขาดความสนใจไม่ตั้งใจเรียน ยังส่งผลให้การเรียนการสอนไม่ประสบผลสำเร็จ

สรุปได้ว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งทางบวกและทางลบ เพราะถ้าผู้ที่ชอบวิชาคณิตศาสตร์จะมีความรู้สึกในทางบวก จะมีความชอบในวิชาคณิตศาสตร์ ต้องการที่จะเรียนคณิตศาสตร์ มีความสุขรู้สึกสบายใจเมื่อได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความสนใจ ตั้งใจในการเรียน เมื่อมีกิจกรรมให้ทำจะให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่ และทำแบบฝึกหัดและกิจกรรมต่าง ๆ ออกมาได้ดี

**พฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

ขวัญจิรา อนันต์ (2546 : 23) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง การกระทำของครูที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน

กันยา สุวรรณแสง (2532 : 1) ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง การกระทำที่ครูกำหนดให้มีขึ้นภายใต้สถานการณ์การเรียนการสอน ซึ่งมีทั้งการกระทำหรือการแสดงออกของครูและของนักเรียนที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันในชั้นเรียน มีพฤติกรรมทางวาจา เช่น การพูดการอธิบาย การใช้คำถาม การออกคำสั่ง การเสริมแรง การใช้สื่อการสอน การตอบคำถามของนักเรียนการทำแบบฝึกหัด รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ด้วย

จินตนา สุขมาก (2536 : 4) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง การทำให้ความรู้และทักษะเกิดสัมฤทธิ์ผลอย่างดีที่สุดเป็นการจัดประสบการณ์ชีวิตให้กับผู้เรียน

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2540 : 3) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง การสอนเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์ที่กำหนดซึ่งต้องอาศัยทั้งศาสตร์และศิลป์ของผู้สอน

นวลละออ สุภาผล (2527 : 11–14) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ครูแสดงออกเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปสู่พฤติกรรมที่พึงประสงค์ในหลักสูตรที่เรียน

นิภา นิธยายน (2530 : 80-81) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง การกระทำหรือกิจกรรมที่ครูแสดงออกด้านเทคนิคและวิธีสอน การใช้สื่อการสอน การใช้หลักจิตวิทยา และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อมุ่งพัฒนานักเรียนทั้งในด้านความรู้ความสามารถ เจตคติ และทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544 : 45) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครู หมายถึง พฤติกรรมการสอนของครูมีบทบาทในการสร้างความรู้สึกที่ดีให้แก่นักเรียน เช่นเดียวกับบุคลิกภาพของครู ในการสอนครูต้องใช้เทคนิคและทักษะการสอนที่สอดคล้องเหมาะสมกับนักเรียนและบทเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ เจตคติ และทักษะตามที่หลักสูตรกำหนด พฤติกรรมของครูควรเป็นดังนี้

1. ตอบสนองพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้เทคนิคการเสริมแรงที่เหมาะสม เช่น ใช้วาจา ใช้ท่าทาง ให้รางวัล และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ตลอดจนให้ทำกิจกรรมที่นักเรียนชอบ ครูควรเสริมแรงให้ทั่วถึงและเหมาะสม

2. เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน แสดงให้นักเรียนเห็นว่าความคิดของเขามีประโยชน์ พยายามนำความคิดเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้

3. ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม การให้ทำงานเป็นกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนรู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ใช้ความรู้ความคิดความสามารถที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ ฝึกการสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและได้ผลงานนำมาสู่ความภาคภูมิใจในกลุ่มและตนเอง ในการมอบหมายงานให้กลุ่มทำนั้น ครูควรคำนึงถึงความยากง่ายของงาน ความรู้และความสามารถของนักเรียนในกลุ่ม เพื่อให้งานกลุ่มประสบความสำเร็จ เป็นการสร้างความรู้สึกทางบวกให้แก่นักเรียน งานใดที่ครูเห็นว่ายาก ครูควรเข้าไปดูแลกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันคิดแก้ปัญหาในกลุ่มของตน ครูจะต้องมีความอดทนที่จะไม่รีบชี้แนะหรือบอกวิธีการแก้ปัญหาตรง ๆ ต้องฝึกให้นักเรียนใช้วิธีการ ต่าง ๆ หลาย ๆ แบบจนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ

4. ใช้เทคนิคและวิธีสอนที่ไม่ทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายในการเรียน ครูควรคิดค้นคว้าและแสวงหาแนวทางวิธีการใหม่ ๆ มาใช้จัดการเรียนการสอน วิธีการสอนควรเป็นวิธีที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง หรือนักเรียนเป็นผู้กระทำกิจกรรม เช่น วิธีการสอนแบบทดลอง แบบแก้ปัญหา แบบแสดงบทบาทสมมุติ แบบสืบสวนสอบสวน แบบแบ่งกลุ่มทำกิจกรรม แบบอภิปราย แบบศูนย์การเรียน ตลอดจนนวัตกรรมการสอนที่น่าสนใจ การจะใช้วิธีสอน แบบใดนั้นครูต้องเลือกให้เหมาะสมกับบทเรียน ระยะเวลา สติปัญญา และวัยของนักเรียน

สรุปได้ว่า พฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ หมายถึง วิธีการสอนหรือเทคนิคต่าง ๆ ของครู เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสนใจไม่เบื่อหน่ายในการเรียน การกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรียน มีการใช้สื่อในการเรียนการสอน มีเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ที่ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย ในชั้นเรียนครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน

**กลวิธีในการเรียน**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของกลวิธีในการเรียนไว้ ดังนี้

Schaelr and Szabo. (2000 : 8) ได้ให้ความหมายของกลวิธีในการเรียน หมายถึง การเรียนเปรียบเสมือนเครื่องมือในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และนักเรียนจะสามารถรับผิดชอบการเรียนของตนได้ถ้าได้รับการฝึกฝนให้ใช้เครื่องมือเหล่านี้

Oxford. (2003 : 274) ได้ให้ความหมายของกลวิธีในการเรียนรู้ หมายถึง ขั้นตอน การกระทำ พฤติกรรม กลไก เทคนิค หรือการคิดที่มีความเฉพาะเจาะจง ที่บุคคลนำมาใช้ เพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง ทั้งนี้ กลวิธีการเรียนรู้จึงเปรียบเสมือนชุดของการกระทำ หรือขั้นตอนที่บุคคลนำมาใช้เพิ่มความสะดวกในการเข้าถึง เก็บรักษา เรียกคืน หรือนำมาใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการเรียนรู้

Woolfolk.(2010 : 272) ได้ให้ความหมายของกลวิธีในการเรียนรู้ หมายถึง แนวคิดที่ถูกวางแผนการกระทำ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทางการเรียนรู้ที่ตั้งไว้

สรุปได้ว่า กลวิธีในการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการ และเทคนิคต่าง ๆ ของนักเรียนที่นำมาใช้กับการเรียนของตนเอง โดยมีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียน วางแผนการเรียน ทำความเข้าใจและจดจำบทเรียน และแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของตนเองได้ ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**ความพร้อมในการเรียน**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความพร้อมในการเรียนไว้ ดังนี้

Tatcher and et al.(1970 : 54) ได้ให้ความหมายของความพร้อมในการเรียน หมายถึง ลักษณะที่ผู้กระทำมีความคล่องตัว กระตือรือร้น ความตั้งใจ ในการกระทำพฤติกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดกิจกรรมที่ทำนั้นบรรลุผลสำเร็จ

Guglielmino (1977 : 95) ได้ให้ความหมายของความพร้อมในการเรียน หมายถึง ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง การมีทัศนคติที่ดี มีความสามารถ และลักษณะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง 8 ด้าน ได้แก่ การเปิดโอกาสตนเองในการเรียนรู้ การมีมโนมติของตนเองในด้านการเป็นผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพ ความคิดริเริ่มและอิสระในการเรียนรู้ ความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ความรักในการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ การมองอนาคตในแง่ดี และความสามารถใช้ทักษะทางการศึกษาหาความรู้และทักษะการแก้ปัญหา

Wiley (1983 : 45) ได้ให้ความหมายของความพร้อมในการเรียน หมายถึง ความพร้อมเป็นระดับกระบวนการที่มีความเป็นอิสระด้านทัศนคติ ความสามารถ และคุณลักษณะส่วนบุคคลที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้

สุวัฒน์ มุทธเมธา (2533 : 85) ได้ให้ความหมายของความพร้อมในการเรียน หมายถึง เป็นสิ่งสำคัญ ถ้าผู้เรียนมีความพร้อมการเรียนรู้จะเป็นผลดี ระดับความพร้อมของผู้เรียนที่แต่ละคน ความพร้อมประกอบด้วย ความเจริญของร่างกาย วุฒิภาวะ สติปัญญา ประสบการณ์ การจูงใจ สามารถพิจารณาความพร้อมของผู้เรียนจากพื้นฐานความรู้เดิม ความสามารถ ความสนใจ

สรุปได้ว่า ความพร้อมในการเรียน หมายถึง การกระตือรือร้น ความตั้งใจ ในการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดกิจกรรมที่ทำนั้นบรรลุผลสำเร็จ ในการเรียนรู้ การมีทัศนคติที่ดี มีความสามารถ และลักษณะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ ได้แก่ การเปิดโอกาสตนเองในการเรียนรู้ การมีมโนมติของตนเองในด้านการเป็นผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพ ความคิดริเริ่มและอิสระในการเรียนรู้ ความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง

**แรงจูงใจ**

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแรงจูงใจไว้ ดังนี้

อารี พันธุ์มณี (2546 : 269) ได้ให้ความหมายของแรงจูงใจ หมายถึง การนำปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นแรงจูงใจมาผลักดันให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมอย่างมีทิศทาง เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายหรือเงื่อนไขที่ต้องการปัจจัยต่าง ๆ ที่นำมาอาจจะเป็นเครื่องล่อรางวัล การลงโทษ การทำให้เกิดการตื่นตัว รวมทั้งทำให้เกิดความคาดหวัง เป็นต้น

พาสนา จุลรัตน์ (2548 : 194) ได้ให้ความหมายของแรงจูงใจ หมายถึง กระบวนการของการใช้ปัจจัยทั้งหลายที่จะทำให้บุคคลเกิดความต้องการ เพื่อสร้างแรงขับและแรงจูงใจไปกระตุ้นร่างกายให้แสดงพฤติกรรมตามจุดหมายที่ได้วางไว้โดยปัจจัยดังกล่าวนั้น อาจจะเป็น สิ่งเร้าภายนอกกับสิ่งเร้าภายในหรือทั้งสองประการก็ได้

เสนาะ ติเยาว์ (2543 : 208) ได้ให้ความหมายของแรงจูงใจ หมายถึง การจูงใจเป็นพลังที่กระตุ้นพฤติกรรม กำหนดทิศทางของพฤติกรรม และมีลักษณะเป็นความมุ่งมั่นอย่างไม่ลดละไปยังเป้าหมายหรือสิ่งจูงใจนั้น ดังนั้น การจูงใจจึงประกอบด้วย ความต้องการ(Needs) พลัง (Force) ความพยายาม (Effort) และเป้าหมาย (Goal)

สรุปได้ว่า แรงจูงใจ หมายถึง การเสริมแรงที่เกิดจากทั้งภายในและภายนอก เป็นขวัญและกำลังใจในการเรียน การทำงาน ยังสามารถเร่งเร้าให้นักเรียนเกิดการตื่นตัวกระตือรือร้น ที่จะเรียนรู้บทเรียนและสามารถเรียนรู้ได้ตามจุดมุ่งหมาย ครูสามารถพัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนให้บังเกิดผลดี จึงต้องมีการพัฒนาแรงจูงใจ รวมทั้งการให้จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับวัย สติปัญญา ความสามารถของนักเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ( Fuzzy Logic )**

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic) เป็นเครื่องมือวัดระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน การวิจัยนี้จึงได้กล่าวถึงหลักการและแนวคิดของตรรกศาสตร์คลุมเครือ(Fuzzy Logic) ดังต่อไปนี้

**ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)**

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับ เพื่อให้รู้ว่าสิ่งที่เราสนใจศึกษาอยู่ในระดับใด ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เราแบ่งระดับได้ง่ายขึ้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ดังนี้

Zadeh L.A. (1965 : 1) ได้ให้ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ไว้ว่าตรรกศาสตร์คลุมเครือ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความ ไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์

Bezdek J. C. (1981 : 1) ได้ให้ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ไว้ว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจของปัญหาทั้งหมด โดยการแบ่งระดับของปัญหานั้น โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง ความไม่แน่นอน สามารถที่จะสร้างและกำหนดรูปแบบของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือ ความไม่ตายตัวได้

Michael (2015 : 25) ได้ให้ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับ ซึ่งจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคลุมเครือ ความไม่แน่นอนของระบบ ที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกของมนุษย์ ด้วยการพิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ ในความไม่แน่นอน เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ โดยอาศัยเซตของความเป็นสมาชิก

สรุปได้ว่า ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดระดับ ช่วยในการตัดสินใจ โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ด้วยการพิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ ในความไม่แน่นอน เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ สามารถที่จะสร้างและกำหนดรูปแบบของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือ ความไม่ตายตัวได้ โดยการแบ่งระดับเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

**ความสำคัญของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)**

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในปัจจุบันได้มีการนำหลักการตรรกศาสตร์

คลุมเครือ มาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นหลักการที่สามารถวัดระดับได้เป็นอย่างดี มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความสำคัญของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)ไว้ ดังนี้

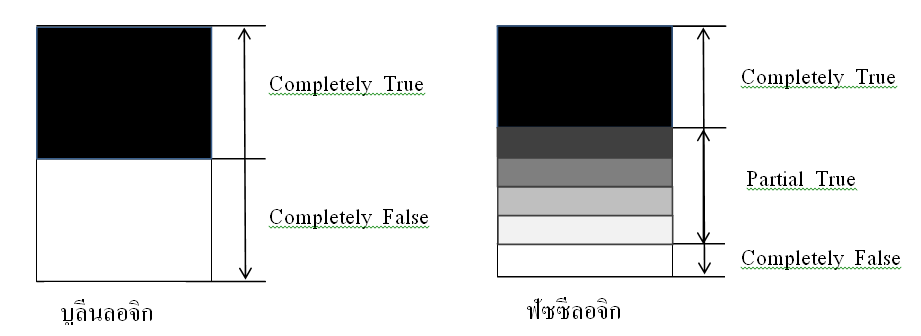
Michael (2015 : 25) ได้กล่าวถึงตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ว่าเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศควรจะได้ศึกษา เพื่อทำความเข้าใจในศาสตร์ฟัซซีลอจิกให้ลึกซึ้ง ทั้งนี้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆซึ่งนับวันจะยิ่งมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ที่ มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป มีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดเยี่ยงมนุษย์ได้มากขึ้น ซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ไม่เคยพบได้ โดยอาศัยความรู้เก่าที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**พื้นฐานแนวคิดแบบตรรกศาสตร์คลุมเคลือ**

ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) หรือตรรกศาสตร์คลุมเครือได้พัฒนาจากฟัซซีเซต (Fuzzy Set) ที่คิดค้นโดย Zadeh L.A. ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับ ปริญญาเอก โดยฟัซซีเซต เป็นเซตที่มีขอบเขตไม่เด่นชัดหรือคลุมเครือ เป็นการใช้เหตุผล แบบประมาณการ คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำฟัซซีลอจิกไปประยุกต์ใช้งานมากมายหลายสาขา โดยเฉพาะในสาขาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ออกแบบและสั่งการให้เครื่องจักรทำงานเลียนแบบความสามารถของมนุษย์ ก่อกำเนิดเป็นผลิตภัณฑ์มากมาย เช่น ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องซักผ้า ระบบควบคุมการทำงานของกล้องถ่ายรูป ระบบควบคุมการทำงานของหม้อหุงข้าว ระบบควบคุมการจ่ายไฟให้กับตู้เย็น

ฟัซซีลอจจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial True) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely True) กับเท็จ (Comptetely False) หรือเป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0,1] ส่วนตรรกะแบบจริงเท็จจะเป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ {0,1} เท่านั้น

ตรรกะแบบฟัซซี (fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความ ไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง(partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 1



เท็จ

จริงบางส่วน

จริง

เท็จ

จริง

**แผนภาพที่ 1** ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก)

มากกว่า 2 ค่า และแตกต่างกับไบวาลานซ์ (Bivalance) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า ฟัซซีเซต (Fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง “ความไม่แน่นอน (Uncertainty)” สามารถที่ ไม่ใช่ เพียง 2 กรณี ซึ่งหากำหนดว่า คนที่อ้วนคือคนที่มีน้าหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม คอมพิวเตอร์จะให้ผลว่าคนที่มีน้าหนัก 74.50 กิโลกรัม ไม่จัดเป็นคนที่อ้วน จะสร้างและกำหนดรูปแบบ (Modeling) ของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือ ความไม่ตายตัว รวมถึงความขาดข้อมูลบางส่วน โดยทฤษฎีของฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (Linguistic) มากกว่าปริมาณ (Quantitative) ของตัวแปร เช่น การหาความหมายของ “คนที่อ้วน” เราไม่สามารถนิยามค่าความอ้วนที่ตรงกันและระบุเป็นหนึ่งเดียว (Identical) สาหรับคนที่อ้วน นาย ก.

จะให้ความหมายของ “คนอ้วน” หมายถึงคนที่มีน้าหนักมากกว่า 70 กิโลกรัม นาย ข. ให้ความหมายว่าเป็นคนที่มีน้าหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม ซึ่งทั้งสองคนต่างแสดงความหมายของคาว่าคนที่อ้วนโดยเปรียบเทียบและในมุมมองของตัวเองตามน้าหนักของตน ในการทางานในมุมมองแบบฐานสอง (Binary sense) จะได้ผลเป็น ใช่ หรือ แต่จะเห็นว่าบุคคลนี้เป็นคนอ้วนหนักเกือบจะ 75 กิโลกรัม และถึงแม้ว่าบุคคลนี้จะมีน้าหนัก 75 กิโลกรัม แต่หากพิจารณาจากกลุ่มคนที่มีน้าหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม บุคคลนี้ก็จะไม่จัดอยู่ในกลุ่มคนที่อ้วน แสดงให้เห็นว่า ความอ้วนไม่ได้มีลักษณะความไม่แน่นอนแบบสุ่ม จากการศึกษาปัญหาทั่ว ๆ ไปจะแสดงถึงรูปแบบลักษณะการกระจายของปัญหา

แผนภาพที่ 2 เป็นการแสดงให้เห็นว่าแนวทางในการตัดสินใจของปัญหาทั้งหมดมีเพียงส่วนน้อยที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (Certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่ม และความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซี หรือคลุมเครือ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจ

ตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลักมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลัก



การสุ่ม

ความแน่นอน

ความไม่แน่นอน

ความคลุมเคลือ

**แผนภาพที่ 2** ความไม่แน่นอน (Uncertainty)

ฟัซซีจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคลุมเครือ ความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกของมนุษย์ เมื่อพิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ ในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ (Decision making) โดยอาศัยเซตของความไม่เป็นสมาชิก (Set membership)

**ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก**

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยการกำหนดค่าให้กับสมาชิกที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นจึงเป็นส่วนที่สำคัญต่อการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 6 ชนิด ดังนี้

1. ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่า คือ ดังสมการที่ 1

2. ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function) เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 4 ค่า คือ ดังสมการที่ 2

3. ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian Membership Function) เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่า คือ  ซึ่ง  หมายถึงค่าเฉลี่ยและ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ 3



4. ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped Membership Function) เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า คือ ดังสมการที่ 4



5. ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function) เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่า คือ 

6. ฟังกฺชันตัวแซค (Z-Membership Function) เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่มีพารามิเตตอร์ทั้งหมด 2 ค่า คือ

การเลือกฟังก์ชันของความเป็นสมาชิกขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูลที่รับเข้ามาโดยสามารถที่ทับซ้อนกันเพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ ซึ่งมีความเป็นสมาชิกหลายค่าได้และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติงาน หรือตามความต้องการได้

**การดำเนินการของฟัซซีเซต**

การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป มีการดำเนินการ (Operation) คือ Union, Intersection และ Complement กำหนดให้ และ เป็นฟัซซีเซตย่อยของเซต ซึ่งมีความเป็นสมาชิกเท่ากันกับ และ  ตามลำดับ

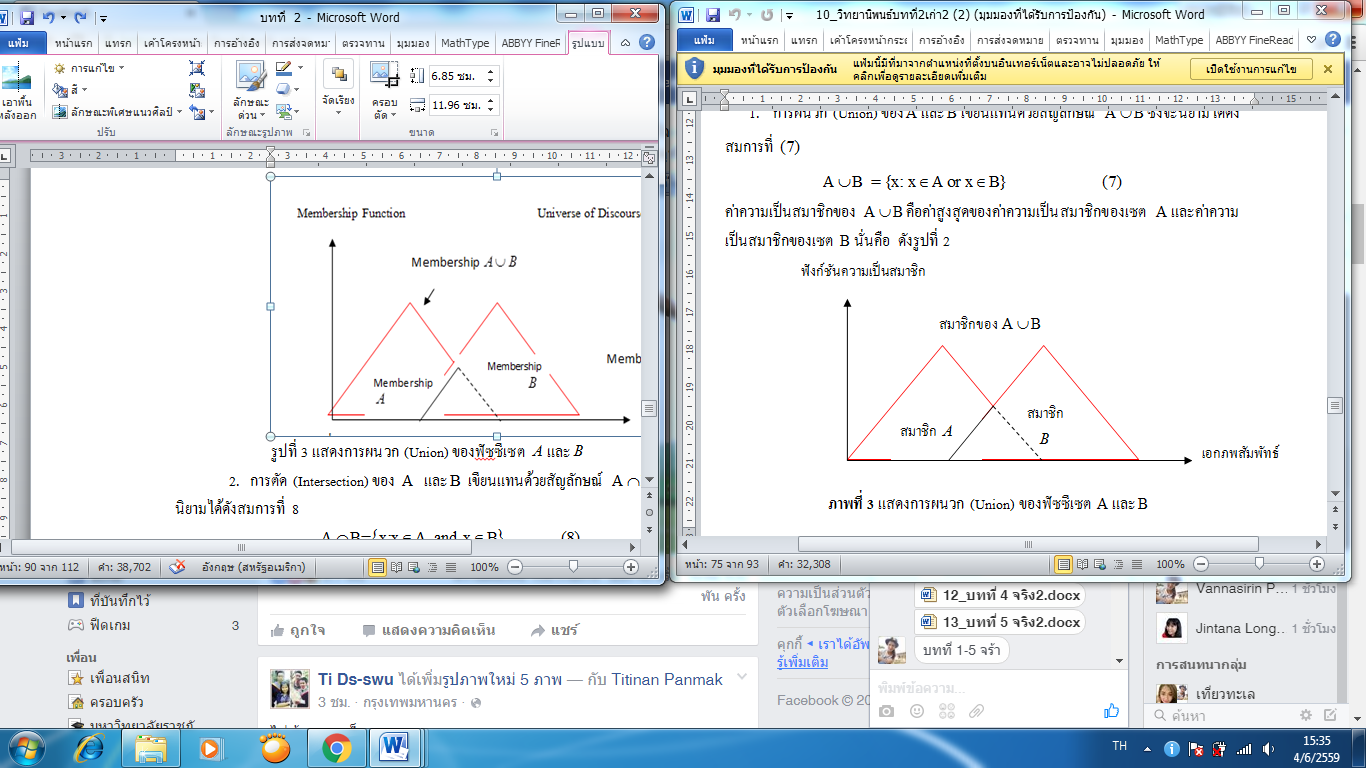
1. การผนวก (Union) ของ  และ  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  ซึ่งจะ

นิยามได้ดังสมการที่ 

ค่าความเป็นสมาชิกของ  คือ ค่าสูงสุดของค่าความเป็นสมาชิกของเซต

A และค่าความเป็นสมาชิกของเซต  ดังภาพที่ 3



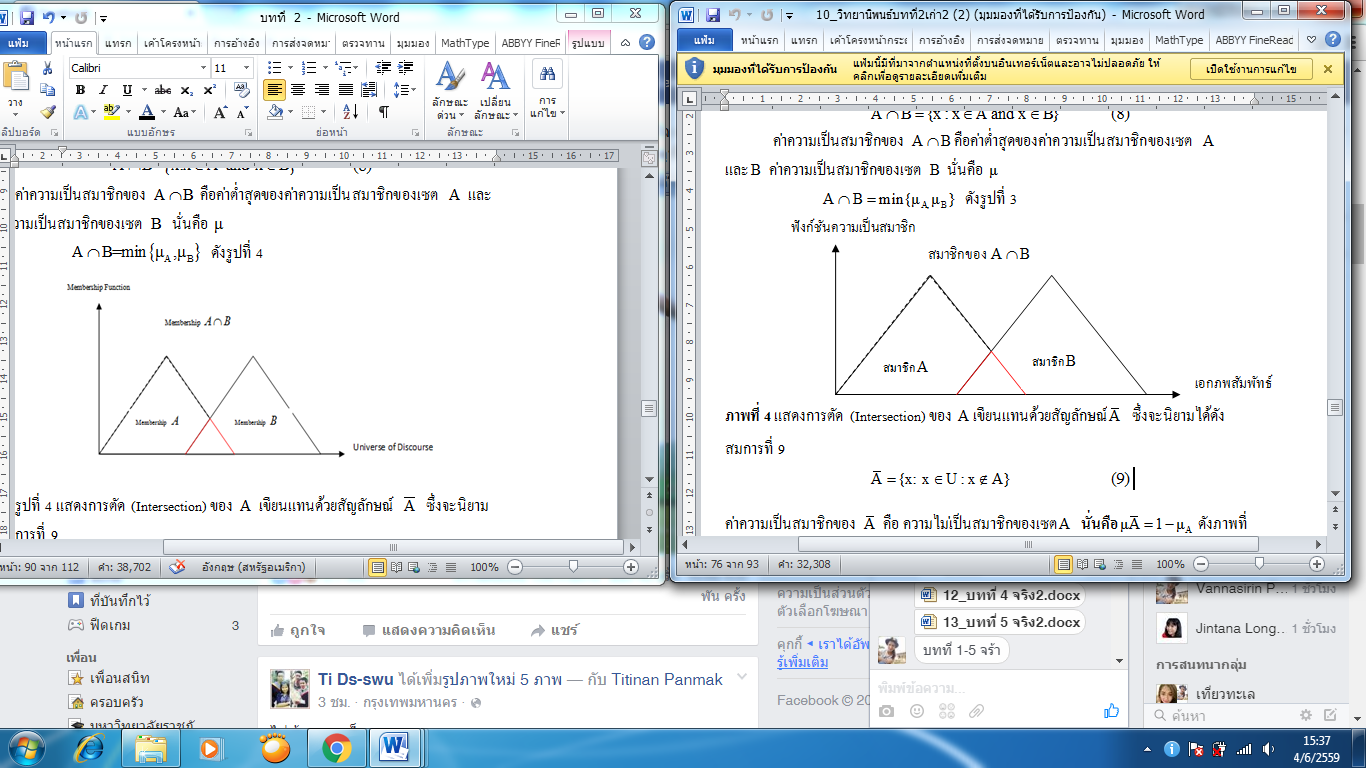
**แผนภาพที่ 3** แสดงการผนวก (Union) ของฟัซซีเซต  และ 

2. การตัด (Intersection) ของ  และ  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  ซึ่งจะนิยามได้ดังสมการที่ 8

**** 

ค่าความเป็นสมาชิกของ  คือค่าต่ำสุดของค่าความเป็นสมาชิกของเซต  และ ค่าความเป็นสมาชิกของเซต  นั่นคือ 

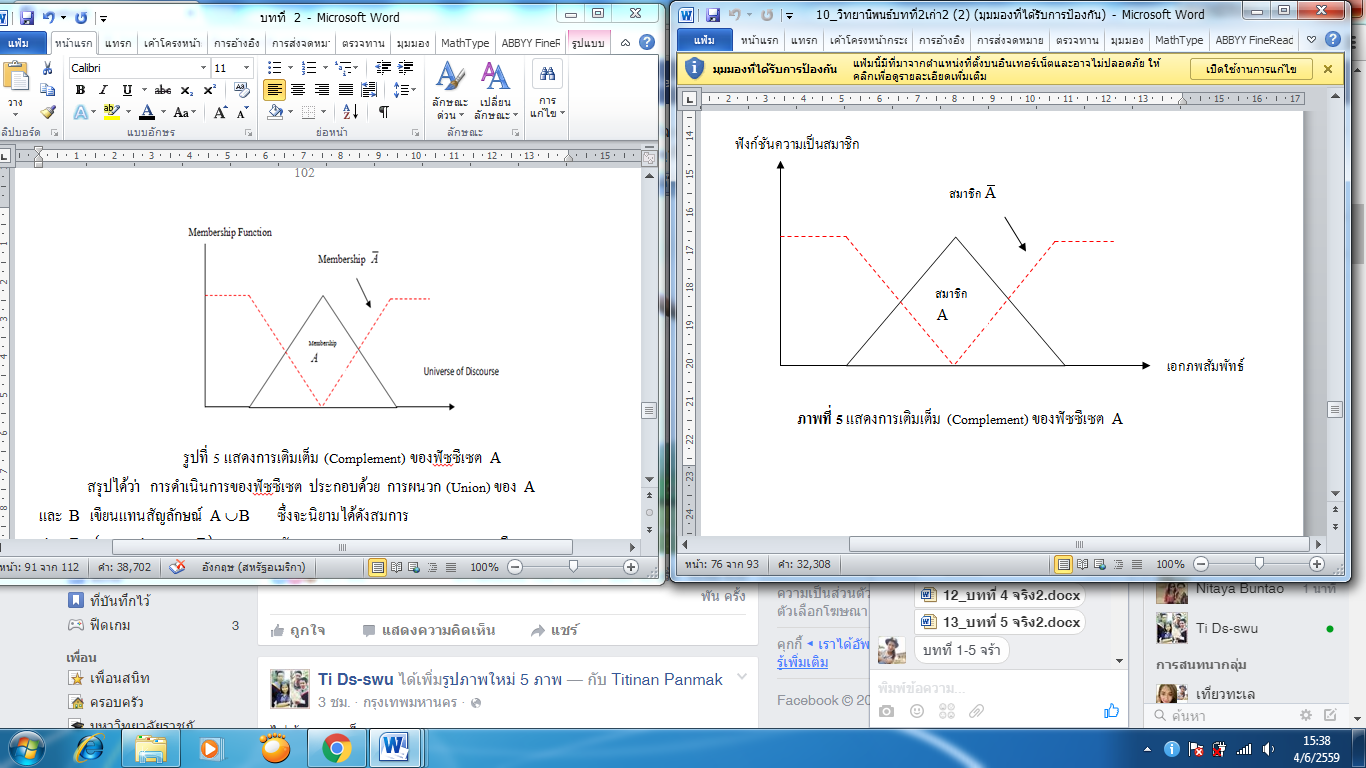
 ดังภาพที่ 4



**แผนภาพที่ 4** แสดงการตัด (Intersection) ของ  เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  ซึ่งจะนิยามได้ดังสมการที่ 9

ค่าความเป็นสมาชิกของ คือ ความไม่เป็นสมาชิกของเซต นั่นคือ  ดังภาพที่ 5



**แผนภาพที่ 5** แสดงการเติมเต็ม (Complement) ของฟัซซีเซต 

สรุปได้ว่า การดำเนินการของฟัซซีเซต ประกอบด้วย การผนวก (Union) ของ   และ  เขียนแทนสัญลักษณ์  ซึ่งจะนิยามได้ดังสมการ  และการตัด (Intersection) ของ  และ  เขียนแทนสัญลักษณ์  ซึ่งนิยามได้ดังสมการ 

**ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากแบบทดสอบ โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ โดยมีการพัฒนาเกณฑ์มาจากหลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือมาจาก Michael (2015 : 25 ) เพื่อใช้วัดระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด โดยพิจารณาตามฟังก์ชันสมาชิกของ  ดังนี้

1 , ถ้า 

0. 75 , ถ้า 

 = 0. 5 , ถ้า 

0. 25 , ถ้า 

0 , ถ้า 

เมื่อ  แทน จำนวนคะแนนสอบ (120 คะแนน)

แทน จำนวนของนักเรียนที่มีระดับความสำเร็จในการเรียนรู้อยู่ในระดับต่ำมาก

แทน จำนวนของนักเรียนที่มีระดับความสำเร็จในการเรียนรู้อยู่ในระดับต่ำ

 แทน จำนวนของนักเรียนที่มีระดับความสำเร็จในการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง

 แทน จำนวนของนักเรียนที่มีระดับความสำเร็จในการเรียนรู้อยู่ในระดับสูง

แทน จำนวนของนักเรียนที่มีระดับความสำเร็จในการเรียนรู้อยู่ในระดับสูงมาก

พิจารณา ระดับที่ 1 ;  ต่ำมาก 

 ต่ำมาก 

 ระดับที่ 1 อยู่ในช่วง 0 – 24

ระดับที่ 2 ;  ต่ำ 

 ต่ำ 

 ระดับที่ 2 อยู่ในช่วง 25 – 48

ระดับที่ 3 ;  ปานกลาง 

 ปานกลาง 

 ระดับที่ 3 อยู่ในช่วง 49 – 72

ระดับที่ 4 ;  สูง 

 สูง 

 ระดับที่ 4 อยู่ในช่วง 73 – 96

ระดับที่ 5 ;  สูงมาก 

 สูงมาก 

 ระดับที่ 5 อยู่ในช่วง 97 – 120

ซึ่งได้แสดงเกณฑ์ดังตารางที่ 2 ดังนี้

**ตารางที่** 2 เกณฑ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์และช่วงคะแนนของ

ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเกณฑ์หลักการตรรกศาสตร์

คลุมเครือมาจาก Michael (2015 : 50-51) เพื่อใช้วัดระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของ

นักเรียน

|  |  |
| --- | --- |
| **ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์** | **ช่วงคะแนนของการเรียนรู้คณิตศาสตร์** |
| สูงมาก | 97 – 120 |
| สูง | 73 – 96 |
| ปานกลาง | 49 – 72 |
| ต่ำ | 25 - 48 |
| ต่ำมาก | 0 - 24 |

ซึ่งผู้วิจัยได้นำรูปแบบ Fuzzy Model ของ Michael มาปรับใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

**แบบทดสอบ(Test)**

แบบทดสอบ (Test) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับวัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนว่านักเรียนได้มีการเรียนรู้คณิตศาสตร์อยู่ในระดับใด ซึ่งได้นำเสนอไว้ ดังนี้

**ความหมายของแบบทดสอบ**

แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ จึงมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบทดสอบ ดังนี้

Brown (1998 : 90) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบเป็นวิธีการเชิงระบบที่ใช้สำหรับวัดตัวอย่างพฤติกรรม ตามความหมายแบบทดสอบจะมีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ

1. แบบทดสอบเป็นวิธีการเชิงระบบ หมายความว่า แบบทดสอบนั้นจะต้องมีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนเกี่ยวกับโครงสร้างการบริหารจัดการและให้คะแนน

2. แบบทดสอบเป็นการวัดพฤติกรรม ซึ่งจะวัดเฉพาะพฤติกรรมที่วัดได้ โดยผู้ตอบสนองตอบต่อข้อคำถามที่กำหนดให้ มิใช้การวัดโดยตรง

3. แบบทดสอบเป็นเพียงส่วนหนึ่งของพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้งหมดตามความเป็นจริง ไม่มีแบบทดสอบชุดใดที่จะมีข้อคำถามที่วัดพฤติกรรมที่ต้องการได้ทั้งหมด ฉะนั้นจะต้องตกลงว่า ข้อคำถามในแบบทดสอบเป็นตัวแทนของข้อคำถามทั้งหมดที่ใช้วัดพฤติกรรมนั้น และถ้าผู้ตอบข้อคำถามใดคำถามหนึ่งถูก จะต้องให้คะแนนเท่ากัน

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2542: 72) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบเป็นวิธีการเชิงระบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมของบุคคลตั้งแต่สองคนขึ้นไป ณ เวลาหนึ่ง หรือของบุคคลคนเดียวหรือหลายคนในเวลาต่างกัน

สมนึก ภัททิยธณี (2551 : 2) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบเป็น เครื่องมือวัดพฤติกรรมด้านพุทธพิสัย และมีบทบาทสำคัญมากเพราะเป็นเครื่องมือที่มีลักษณะดีหลายประการ แต่ควรใช้ควบคู่ไปกับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ อย่างหลากหลาย

อรนุช ศรีสะอาด (2551 : 49) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบหมายถึง ชุดของคำถาม หรือชุดงานใด ๆ ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปเร้าหรือชักนำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมตอบสนองออกมา และการตอบอาจอยู่ในรูปของการเขียนตอบ การพูด การปฏิบัติที่สามารถสังเกตได้ วัดให้เป็นปริมาณได้

ไพศาล วรคำ (2554 : 233) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ใช้วัดค่าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง โดยมีคำตอบที่ถูกต้องแน่นอน และมีกฎเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างสมเหตุสมผลและแน่นอน

จากความหมายของแบบทดสอบ สรุปได้ว่า แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่สร้างขึ้น เพื่อวัดพฤติกรรมที่ต้องการ โดยมีเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างสมเหตุสมผลและแน่นอน

**ประเภทของแบบทดสอบ**

การแบ่งประเภทของแบบทดสอบ สามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง จึงมีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประเภทของแบบทดสอบ ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 62-67) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบไว้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ดังนี้

1. แบ่งตามสมรรถภาพที่ต้องการวัด แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่สัดสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วมีอยู่เท่าใด แบบทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1.1.1 แบบทดสอบที่ครูสร้าง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์

ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน จะไม่นำไปใช้กับกลุ่มอื่น เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป ในโรงเรียน

1.1.2 แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์

เช่นเดียวกันกับแบบทดสอบที่ครูสร้าง แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของนักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน

1.2 แบบทดสอบวัดความถนัด หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดสมรรถภาพสมองของผู้เรียน ว่าจะสามารถเรียนต่อไปหรือจะประสบความสำเร็จเพียงใดเพื่อใช้ในการพยากรณ์หรือทำนายอนาคตของผู้เรียน โดยข้อเท็จจริงในปัจจุบันเป็นพื้นฐานแบบทดสอบวัดความถนัด แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.2.1 แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่ง

วัดความถนัดทางวิชาการต่าง ๆ เช่น ด้านภาษา ด้านคณิตศาสตร์ เป็นต้น

1.2.2 แบบทดสอบวัดความถนัดเฉพาะ หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัด

ความถนัดเฉพาะที่เกี่ยวกับงานอาชีพต่าง ๆ หรือความสามารถพิเศษ

2. แบ่งตามลักษณะของการตอบ แบ่งเป็น 3 ประเภท

2.1 แบบทดสอบภาคปฏิบัติ หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง

2.2 แบบทดสอบข้อเขียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้การเขียนตอบ

2.3 แบบทดสอบปากเปล่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้การพูดโต้ตอบแทนการเขียน

3. แบบตามเวลาที่กำหนดให้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 แบบทดสอบที่จำกัดเวลาในการตอบ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้เวลาตอบน้อย แต่มีจำนวนข้อมากและค่อนข้างง่าย

3.2 แบบทดสอบที่ไม่จำกัดเวลาในการตอบ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้เวลาในการตอบมาก หรือไม่จำกัดเวลาในการตอบ แต่มีจำนวนข้อน้อย

4. แบ่งตามจำนวนผู้เข้าสอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท

4.1 แบบทดสอบเป็นรายบุคคล หมายถึง การสอบทีละคนมักจะเป็นการสอบภาคปฏิบัติ

4.2 แบบทดสอบเป็นชั้นหรือเป็นหมู่ หมายถึง การสอบทีละหลายๆคน เป็นชั้นหรือหมู่ วิธีนี้ควรใช้เมื่อคนเข้าสอบเป็นจำนวนมาก ๆ และสามารถจัดสอบพร้อมกัน ทั้งโรงเรียน จังหวัดหรือประเทศก็ได้

5. แบ่งตามสิ่งเร้าของการถาม แบ่งเป็น 2 ประเภท

5.1 แบบทดสอบทางภาษา หมายถึง แบบทดสอบที่ต้องอาศัยภาษาของสังคมนั้น ๆ เป็นหลัก

5.2 แบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้สัญลักษณ์ รูปภาพ ตัวเลย แทนภาษา

6. แบ่งตามลักษณะของการใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

6.1 แบบทดสอบย่อย หมายถึง แบบทดสอบประจำบท หรือหน่วยการเรียน

6.2 แบบทดสอบรวม หมายถึง แบบทดสอบสรุปรวมเนื้อหาที่เรียนผ่านมาทุกบททุกตอนทุกภาคเรียน จึงมักทดสอบปรายภาคหรือปลายปี และมีจุดมุ่งหมายเพื่อตัดสินผลการเรียน

7. แบ่งตามเนื้อหาของข้อสอบในฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

7.1 แบบทดสอบอัตนัย หมายถึง แบบทดสอบที่เฉพาะคำถาม นักเรียนต้องคิดหาคำตอบเองโดยการเรียนอย่างเสรี

7.2 แบบทดสอบปรนัย หมายถึง แบบทดสอบที่มีทั้งคำถาม และคำตอบเฉพาะคงที่แน่นอน ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบจับคู่ และแบบกาถูก–ผิด ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ และแบบเติมคำ เป็นต้น

ไพศาล วรคำ (2554 : 233–234) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบ โดยอาศัยกฎเกณฑ์ ออกเป็นดังนี้

1. จำแนกตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ

1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ และทักษะ

1.2 แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ (Personality Test)

1.3 แบบวัดความถนัด (Aptitude Test)

1.3.1 แบบวัดความถนัดทั่วไป (General Aptitude Test)

1.3.2 แบบวัดความถนัดเฉพาะ (Specific Aptitude Test)

1.3.3 แบบวัดความพร้อม (Readiness Test)

1.4 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Creativity Test)

2. จำแนกตามลักษณะการตรวจให้คะแนน จำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Test)

2.2 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective Test)

2.3 แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Subjective Test)

3. จำแนกตามลักษณะการสร้าง จำแนกได้ 2 ประเภท คือ

3.1 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test)

3.2 แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างเอง (non-Standardized Test)

4. จำแนกตามลักษณะการนำผลที่ได้ไปใช้ประเมิน จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

4.1 แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Test)

4.2 แบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm- Referenced Test)

5. จำแนกตามลักษณะการตอบสนอง จำแนกได้ 3 ประเภท คือ

5.1 แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-Pencil Test) ประกอบด้วย

5.1.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-Choices Test)

5.1.2 แบบทดสอบแบบความเรียน (Essay Test)

5.1.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion Test)

5.1.4 แบบทดสอบโคลซ (Cloze Test)

5.2 แบบทดสอบปฏิบัติ (Performance Test)

5.3 แบบทดสอบปากเปล่า (Oral Test)

จากประเภทของแบบทดสอบ สรุปได้ว่า ประเภทของแบบทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น 8 ประเภทหลัก ๆ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ แบบวัดความถนัด แบบทดสอบปรนัย แบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบภาคปฏิบัติ แบบทดสอบข้อเขียน และแบบทดสอบมาตรฐาน

**ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี**

แบบทดสอบที่ดี จะต้องสามารถวัดพฤติกรรมของผู้เรียนที่ต้องการวัดได้มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบที่ดี ต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 67–71) แบบทดสอบนับเป็นเครื่องมือวัดผลที่มีคุณค่าและสำคัญที่สุด แต่แบบทดสอบที่จะนำเอามาใช้จะต้องมีคุณภาพ โดยเฉพาะแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้สอนโดยตรง แบบทดสอบจะมีคุณภาพเพียงใด ต้องมีลักษณะที่ดี 10 ประการ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ความเที่ยงตรงเปรียบเสมือนความถูกต้องของแบบทดสอบ เช่น ต้องการวัดว่าผู้เรียนมีความสามารถในการคำนวณหรือไม่ ก็ถามให้คำนวณ คะแนนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในเชิงคำนวณ มิใช้ได้คะแนนมากเพราะสะอาด ใช้ภาษาสละสลวย ลายมือสวยงาม เป็นต้น ลักษณะความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

1.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่จะวัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ตามหลักสูตร หรือตรงกับเนื้อหาที่ได้ทำการสอน กล่าวคือ เมื่อทำการสอนในเนื้อหาใดก็จะต้องออกข้อสอบให้ตรงตามเนื้อหานั้น และที่เน้นเป็นสำคัญอยู่ที่ต้องเขียนคำถามให้สอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาด้วย

1.2 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่จะวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือวัดได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน

1.3 ความเที่ยงตรงตามสภาพ หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน หรือปัจจุบันของนักเรียน หรือกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถของแบบทดสอบ ที่ช่วยให้ครูประมาณสภาพอันแท้จริงของผู้เรียนในปัจจุบันได้ถูกต้อง

1.4 ความเที่ยงตรงตามการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงของนักเรียน ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2. ความเชื่อมั่น หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับ ที่สามารถวัดได้คงที่คงวาไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะทำข้อสอบใหม่กี่ครั้งก็ตาม

3. ความยุติธรรม หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้มีการเปรียบเทียบ หรือเสียเปรียบในกลุ่มผู้เข้าสอบด้วยกัน ไม่เปิดโอกาสให้ผู้ทำข้อสอบได้โดยการเดา ไม่ให้ผู้ขี้เกียจหรือไม่สนใจในการเรียนทำข้อสอบได้ดี ผู้ที่ทำข้อสอบได้ ควรจะเป็นผู้ที่เรียนเก่งหรือขยันเท่านั้น

4. ความลึกของคำถาม หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อนั้นจะต้องไม่ถามผิวเผิน หรือถามประเภทความรู้ความจำ แต่ตั้งถามให้ผู้เรียนนำความรู้ความเข้าใจไปคิดดัดแปลงแก้ปัญหาแล้วจึงตอบได้

5. ความยั่วยุ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้เรียนทำด้วยความสนุก เพลิดเพลิน ไม่ควรใช้คำถามซ้ำซากซึ่งน่าเบื่อหน่าย วิธีการที่จะทำให้แบบทดสอบมีความยั่วยุอยากตอบ ก็โดยเรียงจากข้อง่ายไปข้อยาก ใช้ข้อสอบรูปภาพบ้าง ถามข้อละปัญหาบ้าง รูปแบบของข้อสอบน่าสนใจ ถ้าข้อสอบเป็นแบอัตนัยก็ให้บรรยายพอเหมาะ และไม่ถามหลายประเด็นในข้อเดียวกัน

6. ความจำเพราะเจาะจง หมายถึง ข้อสอบที่มีแนวทางหรือทิศทางการถามการตอบชัดเจน ไม่คลุมเครือ ไม่แฝงกลเม็ดให้ผู้เรียนงง ผู้เรียนไม่ได้คะแนนเนื่องจากตอบไม่ถูกดีกว่าไม่ได้คะแนนเนื่องจากไม่เข้าใจคำถาม และความไม่จำเพราะเจาะจงของข้อสอบนี้ อาจจะเกิดขึ้นกับข้อสอบทุกชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้เขียนข้อสอบว่าสามารถออกข้อสอบได้รัดกุมและชัดเจนเพียงใด

7. ความเป็นปรนัย หมายถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบ ไม่ใช่ชนิดของแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบจะเป็นปรนัยหรือไม่ จะต้องมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

7.1 ตั้งคำถามให้ชัดเจน ทำให้ผู้เข้าสอบทุกคนเข้าใจความหมายตรงกัน

7.2 ตรวจให้คะแนนตรงกัน แม้ว่าจะตรวจหลายครั้ง หรือตรวจหลายคน

7.3 แปรความหมายให้คะแนนได้เหมือนกัน

8. ประสิทธิภาพ หมายถึง แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมากพอประมาณ ใช้เวลาสอบพอเหมาะ ประหยัดค่าใช้จ่าย จัดทำแบบทดสอบด้วยความประณีต ตรวจให้คะแนนได้รวดเร็ว รวมถึงสถานการณ์ในการสอบที่ดี ได้แก่ สภาพห้องสอบเรียนร้อยไม่มีสิ่งรบกวน ผู้เข้าสอบ กรรมการคุมสอบรัดกุม เป็นต้น

9. อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จะจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะ หรือความสามารุที่แตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูง ตามทฤษฏีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม อำนาจจำแนกของข้อสอบหมายถึง ความสามารถของข้ออบที่จะจำแนกผู้เข้าสอบออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูงแสดงว่า คนกลุ่มนั้นทำข้อสอบข้อนั้นถูก แต่คนกลุ่มอ่อนทำไม่ถูก

10. ความยาก หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบถูกได้มากน้อยเพียงใด หรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนที่เข้าสอบทั้งหมด ตามทฤษฏีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม ข้อสอบที่ดีคือไม่ยากหรือไม่ง่ายเกินไป เรียกว่า มีความยากพอเหมาะ เพราะคุณค่าของข้อสอบดังกล่าว จะช่วยจำแนกผู้เข้าสอบได้ว่าใครเก่งหรือใครอ่อน ข้อสอบข้อใดที่ไม่มีใครทำได้ถูก หรือข้อสอบที่ทุกคนทำถูก ต่างก็ไม่สามารถจำแนกได้ว่าใครเก่งหรือใครอ่อน จึงไม่มีคุณค่าในการจำแนก ดังนั้นสิ่งสำคัญของข้อสอบอยู่ที่ว่าสามารถวัดในจุดประสงค์ที่ต้องการได้จริงหรือไม่ ถ้าวัดได้จริงก็ถือว่าเป็นข้อสอบที่ดี แม้จะเป็นข้อสอบที่ง่ายก็ตาม

ไพศาล วรคำ (2554 : 232-233) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของเครื่องมือที่ดี มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความเที่ยงตรง เครื่องมือที่ดีจะต้องสามารถวัดได้ตามจุดประสงค์หรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

2. มีความเชื่อมั่น เครื่องมือที่ดีจะต้องให้ผลการวัดที่มีความเชื่อมั่นสูง หรือมีความแน่นอน คงเส้นคงวา

3. มีความเป็นปรนัย เครื่องมือที่ดีควรมีความเป็นปรนัยสูง คือ มีความชัดเจนทั้งในข้อคำถาม คำตอบ และการให้คะแนน ที่ทำให้ทุกคนสามารถเข้าใจหรือตีความได้

4. มีความจำเพาะจงจง กล่าวคือ ในหนึ่งข้อคำถามหรือรายการคำถามใด ๆ ควรถามประเด็นเดียวเป็นการเฉพาะ

5. มีประสิทธิภาพ เครื่องมือที่ดีควรเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธ์ภาพ สามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวก ประหยัด และคุ้มค่า

6. มีอำนาจจำแนก เครื่องมือที่ดีควรจะสามารถแยกแยะบุคคลออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัด

7. มีความยากเหมาะสม เครื่องมือควรจะมีระดับความยากที่เหมาะกับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล

สรุปได้ว่า ลักษณะของแบบทดสอบที่ดี จะต้องมีคุณสมบัติ 8 ประการที่สำคัญ คือ มีความเที่ยงตรงมีความเชื่อมั่นมีความเป็นปรนัยมีความจำเพาะจงจง ความยุติธรรมมีประสิทธิภาพมีอำนาจจำแนกและมีความยากเหมาะสม

**แบบทดสอบอัตนัย**

แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง เป็นแบบทดสอบที่มีคุณค่ามากในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนั้นเรียน จึงมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัย ไว้ได้นี้

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2542 : 72) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัยว่า แบบทดสอบอัตนัยหมายถึง แบบทดสอบที่มีลักษณะ ผู้ตอบต้องเขียนบรรยาย ผู้ตอบมีสิทธิ์จะเขียนตอบอย่างเสรี อาจจะมีมีคำตอบถูกหลาย ๆ ทางคำตอบของข้อสอบข้อเดียวกัน อาจจะมีความแตกต่างทั้งในด้านคุณภาพและความถูกต้อง

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 67) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัยว่า แบบทดสอบอัตนัยหมายถึง แบบทดสอบที่มีเฉพาะคำถามผู้เรียนต้องคิดหาคำตอบเองโดยการเขียนอย่างเสรี ลักษณะของคำตอบไม่คงที่แน่นอน ได้แก่ แบบทดสอบอัตนัย หรือความเรียน แบบตอบสั้น ๆ และแบบเติมคำ

อรนุช ศรีสะอาด (2551 : 50) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัยว่า แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบความเรียง หมายถึง แบบทดสอบที่มีคำถามให้ และให้ผู้ตอบเขียนตอบยาว ๆ ภายในเวลาที่กำหนด ข้อสอบประเภทนี้แต่ละข้อ จะวัดได้หลาย ๆ ด้าน เช่น ในด้านการใช้ภาษา ความคิด เจตคติ เป็นต้น

ไพศาล วรคำ (2554 : 235) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัยว่า แบบทดสอบอัตนัย หมายถึง แบบทดสอบที่มีการตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำ หรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่น แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

จากความหมายของแบบทดสอบแบบอัตนัย สรุปได้ว่าแบบทดสอบอัตนัย คือ แบบทดสอบที่ใช้คำถาม ให้ผู้ตอบจะต้องเขียนบรรยายตามความคิดของตน เป็นข้อสอบที่วัดได้หลายด้าน โดยเฉพาะการแก้ปัญหา

**ประเภทของแบบทดสอบอัตนัย**

แบบทดสอบแบบอัตนัยสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะของแบบทดสอบ จึงมีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประเภทของแบบทดสอบ ดังนี้

Gronlund (1993 : 34) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบอัตนัย ตามลักษณะของความเป็นอิสระในการตอบ จะแบ่งอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response Questions) เป็นแบบคำถามที่จำกัดให้ตอบทั้งเนื้อหาและรูปแบบการตอบ ปกติด้านเนื้อหาจะจำกัดให้แคบและสั้นลงด้วยการกำหนดขอบเขตและประเด็นที่ตอบแบบทดสอบแบบความเรียงประเภทนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดี คือสร้างง่ายและใช้กับการวัดความรู้ความสามารถที่เฉพาะเจาะจงได้ดี แต่ให้โอกาสหรืออิสระแก่ผู้สอบน้อย ผู้ตอบไม่สามารถแสดงความรู้ความสามารถและความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่

2. แบบไม่จำกัดคำตอบ (Extended Response Questions) เป็นแบบคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้กว้างขวาง ไม่มีข้อจำกัดโดยทั่วไปผู้สอบมีอิสระที่จะเลือกใช้เท็จจริงหรือข้อความรู้ใด ๆ มาตอบก็ได้ ผู้สอบจะต้องตัดสินใจกำหนดประเด็นในการตอบเอง รวมทั้งจะต้องจัดเรียงเนื้อหาความรู้ ความคิดเห็นเกี่ยวข้องจัดลำดับความสำคัญผสมผสานแนวความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และประเมินความรู้ความคิดนั้น เสนอเป็นคำตอบให้มีความยาวที่เหมาะสมกับคำถามที่ต้องการ

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548 : 34-35) แบบทดสอบแบบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น เหมาะสำหรับการวัดความรู้ขั้นสูงกว่าความจำและความเข้าใจ ข้อสอบแบบอัตนัยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบไม่จำกัดตอบ (extended response) และแบบจำกัดตอบ (restricted response) ซึ่งขึ้นนอยู่กับการให้อิสระแก่นักเรียนในการตอบ จากการศึกษาพบว่าเด็กระดับประถมศึกษาเขียนตอบแบบกำหนดโครงสร้างให้ตอบได้ดี ส่วนนักเรียนในระดับสูงเขียนตอบแบบไม่กำหนดโครงสร้างให้ตอบได้ดี

1. แบบไม่จำกัดตอบ (extended response) ข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบนี้ให้อิสระเสรีแก่นักเรียนอย่างเต็มที่ ในการอภิปรายแสดงความคิดเห็นและรวบรวมข้อมูลเท็จจริงต่าง ๆ มาใช้ในการสอนโดยทั่วไปข้อสอบแบบนี้จะให้นักเรียนแสดงความสามารถ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการสังเคราะห์และการประเมินผล ข้อสอบนี้นับว่ามีคุณค่าอย่างยิ่งในการวัดขบวนการทางสมองที่สูงขึ้น ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระลึกถึงความรู้ที่เรียนไป เช่น

- จงอธิบายทฤษฏีกำเนิดชนชาติไทยมา 1 ทฤษฏี

- จงอธิบายเกี่ยวกับการสอนแบบบรรยายกับการสอนแบบสืบสวน โดยให้

บอกถึงหลักสำคัญที่ใช้ในการสอนแต่ละวิธี และข้อดี-ข้อเสียของการสอนทั้งสองแบบ

ขั้นที่ 2 ประเมินค่าความรู้ที่จำได้ เช่น

- จงเปรียบเทียบข้อดี

- ข้อเสียของการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์และแบบอิงกลุ่มมาอย่างละเอียด

- เพราะเหตุใดเอดิสันจึงได้รับการยกย่องเป็นอย่างมาก

- จงทดลองเรื่องอากาศมีไอน้ำ

ขั้นที่ 3 รวบรวมความรู้และความคิดให้เป็นระบบ เช่น

- จงกล่าวถึงความคล้ายคลึงกันในการที่สหรัฐอเมริกาเข้าไปมีส่วนพัวพันกับ

ความขัดแย้งในประเทศเกาหลี และเวียดนามมา 3 ประการ

ขั้นที่ 4 แสดงความคิดเห็นออกมาอย่างมีเหตุผล เช่น

- จงเปรียบเทียบและอธิบายเหตุผลการปกครองระบอบประชาธิปไตยของ

อังกฤษกับสหรัฐอเมริกา

ข้อเสียของข้อสอบประเภทนี้คือมีความเชื่อมั่นค่อนข้างต่ำ แต่มีข้อดี คือ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้อย่างเสรี

2. แบบจำกัดตอบ (restricted response) ข้อสอบแบบนี้มักจะกำหนดขอบเขตแบบฟอร์มและเนื้อที่เฉพาะให้นักเรียนไม่มีอิสระเสรีในการตอบมากนัก แบบทดสอบนี้ให้ตอบสั้นกว่าแบบแรก คำตอบอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ในวงจำกัด โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดขอบข่ายและความยาวในการตอบไว้ด้วยตัวอย่างเช่นลักษณะภูมิอากาศการปกครอง

อาชีพของพลเมืองจงอธิบายสาเหตุของการเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 มา 3 ประการจงยกตัวอย่างการกระทำที่แสดงถึงความรักชาติมา 5 ข้อส่วนดีของข้อสอบแบบนี้ คือ ง่ายในการตรวจมีความยุติธรรมและมีความเชื่อมั่นสูงกว่าข้อสอบประเภทไม่จำกัดคำตอบอีกด้วย

หลักในการสร้างข้อสอบแบบอัตนัยหรือข้อสอบความเรียง

สมบูรณ์ ตันยะ (2545 : 24-29)ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบทดสอบอัตนัยว่า

1. การสร้างข้อสอบควรคำนึงถึงลำดับความสำคัญของจุดมุ่งหมายที่วางไว้ตามที่ปรากฏในตารางการวิเคราะห์หลักสูตร จุดมุ่งหมายหรือพฤติกรรมใดมีน้ำหนักความสำคัญมากก็ออกข้อสอบเพื่อวัดพฤติกรรมนั้นมากให้ได้สัดส่วนตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพราะแบบทดสอบแบบนี้ถามได้น้อยข้อ เนื่องจากต้องเสียเวลาตอบนาน

2. พิจารณาให้รอบคอบว่าจะสร้างแบบข้อสอบให้คลุมเนื้อหาอะไรบ้าง เช่น จะสอบเฉพาะเนื้อหาที่ครูบรรยายอย่างเดียว หรือจะครอบคลุมไปถึงส่วนที่นักเรียนร่วมอภิปราย ทำรายงานหรืออ่านนอกเวลาด้วยและควรแจ้งให้ผู้สอนทราบล่วงหน้า เพื่อจะได้เตรียมตัวศึกษาค้นคว้าอย่างลึกซึ้ง

3. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเป็นบางข้อ เพราะอาจมรการได้เปรียบเสียเปรียบกัน อันเนื่องมาจากข้อสอบมีความยากง่ายไม่เท่ากัน คะแนนที่ได้จึงนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้เพราะตั้งอยู่บนพื้นฐานของการวัดที่ไม่เท่ากัน

4. เขียนคำสั่งให้ชัดเจนว่าข้อสอบนั้น ๆ ต้องการให้ผู้สอบทำอย่างไรมีเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนอย่างไร ควรให้นักเรียนอ่านคำสั่งให้เข้าใจอย่างถ่องแท้เสียก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ ควรบอกให้ชัดเจนด้วยว่ามีการแบ่งส่วนคะแนนอย่างไร เพื่อผู้สอบจะได้วางแผนการตอบได้เหมาะสม

5. ถามปัญหาที่แสดงว่านักเรียนมีความรู้จริง ๆ สามารถตอบปัญหาได้โดยพยายามนำกฎเกณฑ์ หรือความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ไม่ควรเป็นคำถามที่นักเรียนเคยพบหรือเคยทำมาก่อน เพราะจะกลายเป็นการวัดความจำไป

6. พยายามใช้คำถามหลาย ๆ แบบ มิใช่มีแต่คำถามประเภท ใคร อะไร ที่ไหน เมื่อไร เท่านั้น เพราะคำถามประเภทนี้มีลักษณะไปทางวัดความจำมากกว่าวัดสมรรถภาพอื่น คำถามที่ใช้วัดสมรรถภาพที่สูงขึ้นควรจะเป็นคำถามประเภท ทำไม อย่างไร หรือให้บรรยาย อธิบายเปรียบเทียบ หาความสัมพันธ์ ความขัดแย้ง ตีความ วิเคราะห์เหตุผล วิจารณ์ และประเมินผล เป็นต้น

7. ใช้คำถามที่สามารถบอกได้ว่าคำตอบใดดีกว่าคำตอบใด คำถามนั้น ๆ เมื่อนักเรียนตอบแล้วคนที่มีความรู้ทั้งหลายควรเห็นพ้องกันว่าเป็นคำตอบที่ดี คำตอบใดเป็นคำตอบที่ไม่ดี

8. เมื่อเขียนคำถามแล้วควรเขียนคำตอบที่ต้องการไว้ด้วยเลยเพื่อเป็นการตรวจสอบดูว่าคำถามนั้นชัดเจนดีแล้วหรือยัง คำถามนั้นเมื่ออ่านแล้วจะต้องตอบตามที่คิดไว้หรือไม่ หากยังไม่ตรงจะได้แก้ไขก่อนนำไปใช้ได้

9. ถ้าเป็นคำถามที่เกี่ยวกับประเด็นขัดแย้งที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ ข้อสอบนั้นควรมุ่ง

ให้หาหลักฐานมายืนยัน หรือมาสนับสนุนมากกว่าที่จะทดสอบอย่างอื่น เช่น ข้อความที่ยังหาข้อมูลยุติไม่ได้ควรหลีกเลี่ยง การถามว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ แต่ควรจะทดสอบการหาสาเหตุมาสนับสนุนประเด็นนั้นๆ

10. พยายามสร้างข้อคำถามหลาย ๆ ข้อ ให้พอเหมาะกับเวลาที่สอบ และควรกำหนดความยาวของข้อสอบ และความซับซ้อนของข้อสอบให้พอเหมาะกับความสามารถของผู้สอบ

11. พยายามให้ข้อสอบมีจำนวนมากข้อ เพื่อจะได้ออกให้ครอบคลุมเนื้อหา ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบด้วย เราอาจเพิ่มข้อสอบให้มากข้อโดยกำหนดให้ตอบสั้น ๆ

12. ถ้าข้อสอบมีหลายข้อ ควรจะเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก เพื่อยั่วยุให้อยากตอบยิ่งขึ้น

จากที่ได้กล่าวจากสิ่งสำคัญที่ควรระมัดระวังในการสร้างแบบทดสอบอัตนัยข้างต้นนั้น พอสรุปเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. การใช้คำในตัวข้อสอบควรให้อ่านง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม

2. ควรเขียนข้อสอบที่ต้องการคำตอบสั้น ๆ แต่มีหลายข้อย่อย

3. ให้นักเรียนทำทุกข้อเหมือนกัน ไม่ควรให้มีข้อเลือก

ข้อดีของแบบทดสอบอัตนัย

1. สามารถวัดสมรรถภาพสมองหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ได้ทุกด้าน และโดยเฉพาะด้าน

2. การสังเคราะห์จะวัดได้ดี

3. ผู้สอบได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นหรือเจตคติของตน

4. โอกาสในการตอบเดาโดยไม่มีความรู้ในเรื่องนั้นเลยแล้วได้คะแนน มีน้อยมาก

5. สิ้นเปลืองน้อยอาจใช้วิธีเขียนลงบนกระดาษดำให้นักเรียนตอบพร้อมกัน

6. ฝึกความสามารถในการใช้ภาษาในการเขียนบรรยายได้

7. สร้างได้ง่ายและรวดเร็ว

ข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย

1. ออกคำถามวัดได้น้อยข้อ จึงทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดในหลักสูตร

2. ตรวจยากและเสียเวลาในการตรวจ

3. คะแนนที่ได้ไม่ค่อยยุติธรรมเพราะขึ้นอยู่กับอารมณ์ คุณธรรม และการตัดสินใจของผู้ตรวจ

4. การตรวจให้คะแนนขาดความเป็นปรนัย เพราะแต่ละคนตรวจแล้วให้คะแนนไม่ตรงกัน

5. ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบได้ว่า ดีหรือเลวเพียงใด

6. คำถามอาจจะกำกวม เด็กอาจตอบคำถามไม่ได้ เพราะไม่เข้าใจคำถามมากกว่าที่จะตอบไม่ถูกเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ตอนนั้น

ข้อแนะนำในการใช้แบบทดสอบอัตนัย

1. ใช้ข้อสอบอัตนัยเพื่อจะวัดในสิ่งที่ข้อสอบอัตนัยสามารถวัดได้มากที่สุด ซึ่งได้แก่ ความสามารถในการบรรยาย การแสดงข้อคิดเห็น การเรียงความ และข้อวิจารณ์ต่างๆ

2. ควรใช้ข้อสอบอัตนัยวัดพฤติกรรมที่ลึกซึ้งกว่าความรู้ความจำในเนื้อหาวิชา เพราะพฤติกรรมดังกล่าวข้อสอบปรนัยวัดได้ดีกว่า สำหรับพฤติกรรมด้านอื่น ๆ เช่น ความเข้าใจ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลนั้น ข้อสอบอัตนัยและปรนัยมีประโยชน์ด้วยกันทั้งคู่ ส่วนข้อสอบอัตนัยจะมีคุณค่าเหนือกว่าในการใช้วัดเกี่ยวกับการที่ให้นักเรียนคิดหาเหตุผล อธิบายความสัมพันธ์ บรรยายข้อมูล กฎเกณฑ์และการสรุปความ ขยายความ

3. เนื่องจากข้อสอบอัตนัยนั้นผู้สอบจำเป็นต้องเขียนตอบ ดังนั้นความสามารถในการเขียนของผู้สอบจึงมีผลต่อผู้สอบเป็นอย่างมาก การจะใช้ข้อสอบประเภทนี้ควรจะพิจารณาทักษะในการเขียนของผู้สอบด้วย การฝึกให้นักเรียนได้ตอบข้อสอบอัตนัยบ่อย ๆ จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะในการตอบข้อสอบอัตนัยมากขึ้น

4. ไม่ควรใช้ข้อสอบอัตนัยและปรนัยปนกันในฉบับเดียวกัน และให้ทำในเวลาจำกัดเพราะก่อให้เกิดความยุ่งยากในการวางแผนการตอบ อีกประการหนึ่งการนำคะแนนจากข้อสอบทั้งสองชนิดมารวมกันไม่สามารถทำได้ เพราะเป็นการวัดคนละอย่าง

การตรวจให้คะแนนคำถามอัตนัย

การประผลของแบบทดสอบอัตนัย เป็นสิ่งที่ยาก เพราะคำตอบที่ได้นั้นไม่ตายตัว เป็นสิ่งที่ออกมาจากกระบวนการคิดของผู้เรียน มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหลักในการให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย ไว้ดังนี้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2545 : 132-138) ได้กล่าวว่า การสร้างข้อสอบแบบอัตนัยวัดความ สามารถของนักเรียนมิได้จบสิ้นลงเพียงนำข้อสอบไปทดสอบนักเรียนเท่านั้น แต่ยังนำเอากระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนนตามวิธีการตรวจที่มีระบบ เพื่อให้คะแนนที่ได้มีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้หลังจากเราพอใจกับคำถามหรือข้อสอบซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการสอนและแบบทดสอบที่สร้างอย่างดีแล้ว งานขั้นถัดไป คือการตรวจให้คะแนนกระดาษคำตอบของนักเรียน ปัญหาในขั้นนี้คือ จะตรวจกระดาษคำตอบของนักเรียนด้วยวิธีการอย่างไร

1. จึงจะกำจัดความลำเอียงลงไปให้น้อยที่สุด

2. สนใจแต่เฉพาะคำตอบที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับคำถามเท่านั้น

3. ระวังอิทธิพลอันเกิดจากความคิดเห็นส่วนตัวเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้คะแนน

4. นำวิธีการที่เป็นมาตรฐานให้การตรวจเป็นไปอย่างเสมอต้นเสมอปลายแก่นักเรียนทุกคนสำหรับการตรวจที่จะทำให้เกิดความยุติธรรมเป็นไปอย่างคงเส้นคงวานี้นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญของการตรวจข้อสอบแบบนี้ ถ้าหากการตรวจขาดความคงเส้นคงวา เราก็ไม่สามารถนำคะแนนมาเปรียบเทียบกันได้ มีวิธีการตรวจข้อสอบแบบอัตนัยที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันมี 2 วิธี คือ

4.1 การตรวจแบบวิธีเทียบเกณฑ์ (Analytical Method หรือ Point Method)

การตรวจข้อสอบอัตนัย โดยวิธีเทียบเกณฑ์นั้น ครูต้องกำหนดแนวการตอบไว้ก่อนโดยแยกแนวคำตอบออกเป็นตอนย่อย ๆ ตามความสำคัญ ฉะนั้น ในการตรวจให้คะแนนโดยวิธีนี้ ผู้ตรวจจะต้องกำหนดรายละเอียดของคำตอบไว้ก่อนที่จะทำการตรวจในการตรวจให้คะแนนผู้ตรวจจะนำเอากระดาษมาเทียบกับเกณฑ์ หรือแนวคำตอบที่ได้กำหนดแนวคำตอบนั้น ครูผู้ออกข้อสอบควรจะทำไว้พร้อม ๆ กับการเขียนข้อคำถามเลย ไม่ควรจะมากำหนดแนวการตอบเมื่อจะเริ่มตรวจการให้คะแนนแบบนี้เหมาะสำหรับข้อสอบแบบกำหนดขอบเขตของการตอบ มากกว่าแบบไม่กำหนดขอบเขตของการตอบ

4.2 การตรวจข้อสอบอัตนัยโดยวิธีจัดอันดับคุณภาพนั้น ผู้ตรวจจะอ่านกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบทุกคนเสียก่อนทีละข้อ แล้วจึงนำคำตอบนั้นมาจัดเป็นกลุ่ม ๆ ตามความสามารถ เช่น กลุ่มดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ หรือใช้ไม่ได้ แล้วจึงตรวจดูคุณภาพของคำตอบในแต่ละกลุ่มอีกที เช่นในกลุ่มตอบดีมากนั้น ต้องพิจารณากันอีกทีว่า ใครตอบดีกว่ากัน ให้เรียงอันดันของกระดาษคำตอบให้ติดต่อกันไป แล้วจึงให้คะแนน ใครอยู่อันดับแรกก็ได้คะแนนสูงสุดลดน้อยลงไปตามลำดับ การตรวจแบบนี้จะทำให้คะแนนมีความเชื่อมั่นมากยิ่งขึ้น

**แบบสอบถาม**

แบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัยที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นเครื่องที่ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน ตลอดจนประหยัดแรงงานค่าใช้จ่ายและได้ข้อมูลเป็นจำนวนมากกว่าวิธีอื่น ซึ่งการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแนวคิดและหลักการของแบบทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. ความหมายของแบบสอบถาม

2. ประเภทของแบบสอบถาม

3. การสร้างแบบสอบถาม

4. เกณฑ์ในการประเมินแบบสอบถาม

**ความหมายของแบบสอบถาม**

มีนักการศึกษาให้ความหมายของแบบสอบถามไว้ ดังนี้

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2556 : 171) แบบสอบถาม (Questionnaire) หมายถึง ชุดของคำถามเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น บุคลิกภาพ และความสนใจต่างๆ

ไพศาล วรคำ (2555 : 237) แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้สอบถามความคิดเห็นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือใช้สอบถามพฤติกรรมการปฏิบัติ คุณลักษณะและบุคลิกภาพ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเขียนตอบหรือเลือกคำตอบที่จัดไว้ให้

พิสณุ ฟองศรี (2549 : 126) ได้ให้ความหมายของแบบสอบถามไว้ว่า เป็นชุดคำถามเช่นเดียวกับแบบทดสอบ แต่จะใช้การวัดความรู้สึกความคิดเห็นเรื่องต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นด้านจิตใจ

พิตร ทองชั้น (2542 : 221) ได้ให้ความหมายของแบบสอบถามไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวบุคคลด้านต่าง ๆ เช่น ความคิดเห็น ความรู้สึก ท่าที เจตคติ ตลอดจนสติปัญญา โดยให้บุคคลตอบในแบบสอบถามซึ่งอาจเป็นข้อคำถามรูปภาพหรือสัญลักษณ์ก็ได้

บุญชม ศรีสะอาด (2535 : 63) ได้ให้ความหมายของแบบสอบถามไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยชุดของข้อคำถามที่ต้องการให้กลุ่มตัวอย่างตอบ โดยกาเครื่องหมายหรือเขียนตอบ นิยมถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นเกี่ยวกับส่วนบุคคล

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544 : 58) แบบสอบถาม(Questionnaire) เป็นเครื่องมือวิจัยชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในหมู่นักวิจัย ทั้งนี้เพราะการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถใช้วัดได้อย่างกว้างขวาง แบบสอบถามส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคำถามเป็นชุด ๆ ที่ได้ถูกรวบรวมไว้อย่างมีหลักเกณฑ์และเป็นระบบ เพื่อใช้วัดสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการจะวัดจากกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเป้าหมายให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีต ปัจจุบันและการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคต การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามสามารถทำได้ด้วยการสัมภาษณ์หรือให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเอง สำหรับบทความนี้จะมุ่งเน้นที่การสร้างแบบสอบถามสำหรับให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเอง มีการกล่าวถึงโครงสร้างของแบบสอบถาม ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม และข้อเด่นข้อด้อยของการใช้แบบสอบถามที่ให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเอง เพื่อให้นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจสามารถสร้างแบบสอบถามที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเป้าหมาย อันจะนำมาซึ่งผลการวิจัยที่มีความถูกต้องและเชื่อถือได้มากที่สุด

อรัญ ซุยกระเดื่อง (2557 : 38) แบบสอบถาม (Questionnarire) /แบบวัดคุณลักษณะ (Scale) เป็นชุดของข้อคำถามที่ต้องการเร้าให้ผู้ตอบได้สะท้อนข้อมูลที่ต้องการศึกษา โดยส่วนใหญ่มักนิยมใช้วัดสภาพที่เป็นจริง ความคิดเห็น ความรู้สึกหรือทัศนคติ ความเชื่อต่อสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา

สรุปได้ว่า แบบสอบถาม คือ เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการเกี่ยวกับตัวบุคคลด้านต่าง ๆ โดยมีการสร้างข้อคำถามเพื่อให้ผู้สอบถามเลือกตอบตามประเด็น ตรงตามความเป็นจริง สั้น เข้าใจง่าย กะทัดรัด

**ประเภทของแบบสอบถาม**

แบบสอบถามนั้นจำแนกได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก มีเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกที่สำคัญ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ ดังนี้

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2556 : 171-172) แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบสอบถามปลายเปิด (Open Form) เป็นแบบสอบถามที่เปิดโอกาสให้

ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นและใช้คำพูดของตัวเอง คำถามจะถามกว้างๆและเว้นที่ให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ซึ่งแบบสอบถามปลายเปิดนี้มีส่วนดีคือเปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ แต่มีข้อเสียคือคำตอบจะกระจัดกระจาย ยากต่อการวิเคราะห์และสรุปผล

2. แบบสอบถามปลายปิด (Close From) จะประกอบด้วยข้อคำถามที่กำหนด

คำตอบหรือตัวเลือกมาให้ด้วย โดยทั่วไปสอบถามปลายปิดจะอยู่ 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1.1 แบบคำถามโดด เป็นรูปแบบที่คำถามและคำตอบของแต่ละข้อแยกออก

จากกันอย่างเด็ดขาด

1.2 แบบคำตอบร่วม จะใช้คำตอบชุดเดียวกันสำหรับคำถามหลาย ๆ ข้อ โดย

แบบสอบถามจะมีคำตอบให้ผู้ตอบพิจารณา พร้อมทั้งมีคำตอบที่แสดงความเข้มของความคิดเห็นในเรื่องนั้น ซึ่งระดับความคิดเห็นจะเป็นเลขคี่ คือ 3,5,7,9 หรือ 11 ระดับก็ได้ แต่ที่นิยมมากที่สุด คือ 3 หรือ 5 ระดับ คือ มาก ปานกลาง น้อย หรือมากที่สุด มากปานกลาง น้อย น้อยที่สุด เป็นต้น แบบสอบถามชนิดนี้เรียกว่า มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มาตราส่วนประมาณค่าเป็นเครื่องมอชนิดหนึ่งซึ่งส่วนมากจะใช้วัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัย แบ่งออกได้ ดังนี้

1.2.1 มาตราส่วนประมาณค่าแบบตัวเลข (Numerical rating scale)

เป็นมาตราส่วนที่ทำขึ้นโดยใช้รหัสตัวเลขสำหรับประมาณค่าคุณลักษณะต่าง ๆ เลขรหัสนี้ใช้แทนคำบรรยาย เช่น 1 แทน นานๆเกิดครั้ง 2 แทน เกิดเป็นครั้งคราว 3 แทน เกิดบ่อยครั้ง และ 4 แทนเกิดเป็นประจำ

1.2.2 มาตราส่วนประมาณค่าแบบกราฟ (Graphic rating scale) เป็น

การกำหนดคุณลักษณะของพฤติกรรมไว้ที่เส้นนั้น ๆ ผู้ประเมินจะเขียนเครื่องหมายไว้บนเส้นที่ตรงกับลักษณะที่จะประเมิน

ไพศาล วรคำ (2555 : 237-243) จำแนกประเภทของแบบสอบถามไว้ ดังนี้

1. จำแนกตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นการใช้แบบสอบถามแบบวัดที่ไม่ใช้การฉายออก (Non-Projective) ที่ใช้วัดคุณลักษณะ (Characteristic) และวัดบุคลิกภาพ (Personality) ทั่ว ๆ ไป โดยอาศัยการรายงานตนเอง (Self-Report) เหมาะสำหรับใช้วัดเป็นรายบุคคลโดยปกติแล้วแบบสอบถามนี้ใช้ในการวิจัยเชิงบรรยาย

2. จำแนกตามลักษณะของมาตราประมาณค่า มาตราประมาณค่า (Rating Scale)

ในการวัดที่นำมาใช้ในการสร้างแบบสอบถามมีหลายลักษณะส่วนใหญ่ตั้งชื่อตามผู้คิดมาตรานั้นขึ้นมา ลักษณะของมาตราประมาณค่าที่นิยมใช้ในแบบสอบถามมีดังนี้

3. จำแนกตามลักษณะการตอบ จำแนกได้ 3 ประเภท คือ

3.1 แบบสอบถามปลายปิด (Close Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่ผู้ตอบสามารถเลือกตอบที่กำหนดให้เท่านั้น โดยไม่มีการเลือกคำตอบหรือตัวเลือกอื่นที่อยู่นอกเหนือรายการที่กำหนดให้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบตัวเลือกแต่ละข้อเป็นอิสระจากกัน และรูปแบบตัวเลือกคงที่ในทุกๆข้อหรือหลายข้อ

3.2 แบบสอบถามปลายเปิด (Open Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่ได้

กำหนดคำตอบให้ ผู้ตอบจึงสามารถเขียนตอบหรือแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระด้วยสำนวนของตนเอง การตอบจึงใช้เวลามากกว่าแบบสอบถามปลายปิด เพราะผู้ตอบจะต้องวิเคราะห์อย่างกว้างขวางเพื่อตอบคำถามนั้น

3.3 แบบสอบถามชนิดผสม (Mixed Form) หรือแบบสอบถามกึ่งปิด

(Semiclose Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่มีรูปแบบผสมกันระหว่างแบบสอบถามปลายปิดและแบบสอบถามปลายเปิด โดยใช้แบบสอบถามปลายปิดเป็นหลักและเสริมด้วยลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบสามารถเพิ่มทางเลือกเองได้ จะทำให้สามารถแก้ไขจุดอ่อนของแบบสอบถามปลายปิดที่มีตัวเลือกไม่ครบถ้วนตรงตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง และเอื้ออำนวยความสะดวกให้ผู้ตอบสามารถตอบได้ง่าย ไม่เสียเวลา

อรัญ ซุยกระเดื่อง (2557 : 38-40) โดยทั่วไปแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือมีแบบสอบถามปลายปิด (Close-ended Form) และมีคำถามแบบปลายปิด (Open–Ended Form)

1. คำถามแบบปลายปิด (Close-Ended Form) เป็นแบบสอบถาม/แบบวัดที่ให้ผู้ตอบเลือกตอบตามตัวเลือกที่กำหนดให้ไว้แล้ว มี 2 ชนิด คือ แบบตรวจสอบรายการ (Check list) และแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale)

2. คำถามแบบปลายปิด(Open-Ended Form) เป็นแบบสอบถาม/แบบวัดที่ให้ผู้เรียนเขียนตอบอย่างอิสระตามเงื่อนไขที่กำหมดไว้ในข้อคำถาม

หลักการในการสร้างแบบสอบถาม/แบบวัดคุณลักษณะ

1. สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย การถามนอกเหนือจากวัตถุประสงค์จะเป็นการรบกวนผู้ตอบแบบสอบถามมากเกินไป และยังจะทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการวิจัยอีกด้วย

2. ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับผู้ตอบ

3. ใช้ข้อความที่สั้นกะทัดรัด ได้ใจความแต่ละข้อคำถามควรมีนัยเพียงประเด็น

เดียว กล่าวคือไม่ใช้ประธานหรือกรรมมากกว่าหนึ่ง

4. หลีกเหลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธซ้อน

5. ไม่ควรใช้คำย่อ

6. หลีกเหลี่ยงการใช้คำที่เป็นนามธรรมเกินไป

7. ไม่ชี้นำการตอบให้เป็นไปในแนวทางใดแนวทางหนึ่ง

8. หลีกเหลี่ยงคำถามที่ทำให้ผู้ตอบเกิดความลำบากใจที่จะตอบ

9. คำตอบที่ให้เลือกตอบนั้นจะต้องชัดเจนและครอบคลุมคำตอบที่เป็นไปได้

10. หลีกเหลี่ยงการใช้คำที่สื่อความหมายได้หลายอย่าง

**การสร้างแบบสอบถาม**

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2556 : 173) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. จะต้องพิจารณาจากหัวข้อปัญหาและวัตถุประสงค์ เพื่อให้ทราบว่าต้องการ

ข้อมูลชนิดใดและอะไรบ้าง

2. พิจารณารูปแบบว่าจะใช้แบบใด

3. ร่างแบบสอบถามโดยเขียนข้อความให้สอดคล้องกับหัวข้อปัญหา และ

วัตถุประสงค์

4. ตรวจสอบแบบสอบถามฉบับร่างเพื่อปรับปรุงแก้ไข ซึ่งสามารถทำได้โดยตรวจสอบเองหรือให้ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ ตรวจสอบ

5. นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) โดยนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะเช่นเดียวกับกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการศึกษา

6. ทำการปรับปรุงแบบสอบถาม

7. สร้างแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์

ไพศาล วรคำ (2555 : 244-245) ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม ดังนี้

1. ระบุตัวแปรและกลุ่มประชากรที่จะศึกษา

2. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัด

3. ระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งต้องพิจารณาถึงธรรมชาติของตัวแปรที่ศึกษา

ธรรมชาติของกลุ่มประชากรเป้าหมาย และทรัพยากรที่มีอยู่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. เลือกรูปแบบของแบบสอบถามที่ต้องการ

5. ร่างคำถามที่ต้องการถาม โดยการวางโครงสร้างของแบบสอบถามคร่าว ๆ ให้

ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องการถาม เขียนข้อคำถามและเรียงลำดับคำถามก่อนหลังให้เหมาะสม

6. เสนอผู้เชียวชาญทางด้านเนื้อหา ด้านจิตวิทยา ด้านการวัดและประเมินผล

หรือด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) เพื่อความมั่นใจในข้อคำถามว่าสามารถวัดตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้ เว้นแต่ผู้วิจัยจะมีความเชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมืออยู่แล้ว

**เกณฑ์ในการประเมินแบบสอบถาม**

เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบสอบถาม ได้มีนักวิชาการหลายท่านมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถามไว้ดังนี้

Likert (1970 : 275) ได้กำหนดเกณฑ์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด

Best (1997 : 181-182) ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายโดยได้ให้ความหมาย โดยการให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อ ดังนี้

1.00 - 1.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

1.51 - 2.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

2.51 - 3.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

3.51 - 4.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

4.51 - 5.00 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด

บุญชม ศรีสะอาด (2535 : 100) ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายโดยได้ให้ความหมาย โดยการให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อ ดังนี้

1.00 - 1.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

1.51 - 2.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

2.51 - 3.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

3.51 - 4.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

4.51 - 5.00 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด

วิเชียร เกตุสิงห์ (2538 : 9) ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายโดยได้ให้ความหมาย โดยการให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อดังนี้

1.00 - 1.66 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับต่ำ

1.67 - 2.33 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

2.34 - 3.00 หมายถึง อยู่ในระดับสูง

ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์ (2539 : 15) ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายโดยได้ ให้ความหมาย โดยการให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อ ดังนี้

1.00 - 1.80 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

1.81 - 2.60 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

2.61 - 3.40 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

3.41 - 4.20 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

4.21 - 5.00 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด

บุญส่ง นิลแก้ว (2541 : 146)ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายโดยได้

ให้ความหมาย โดยการให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อ ดังนี้

2.50 - 3.00 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

1.50 - 2.49 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

1.00 - 1.49 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

สรุปได้ว่า เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบสอบถามของ Likert (1970 : 275) โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด

และได้ใช้เกณฑ์การให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อของ Likert (1970 : 275) โดยได้ให้ความหมาย โดยการให้ค่าเฉลี่ยคะแนนรายด้านและรายข้อ ดังนี้

1.00 - 1.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อยที่สุด

1.51 - 2.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับน้อย

2.51 - 3.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับปานกลาง

3.51 - 4.50 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมาก

4.51 - 5.00 หมายถึง เห็นด้วยอยู่ในระดับมากที่สุด

**การหาคุณภาพเครื่องมือ**

คุณภาพของเครื่องมือเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง เมื่อสร้างแบบวัดแล้วจึงจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด เพื่อให้ทราบว่าแบบวัดนั้นมีคุณภาพเพียงใด เครื่องมือไม่มีคุณภาพการวัดนั้นจะไม่น่าเชื่อถือ สิ่งที่มีความสำคัญของแบบวัด ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงการหาคุณภาพเครื่องมือ ไว้ดังต่อไปนี้   
 บุญชม ศรีสะอาด (2545 : 81) กล่าวว่า เครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะต้องมีคุณภาพหลายประการประกอบกัน ดังนี้

1. ทุกข้อต้องมีคุณภาพเข้าตามเกณฑ์ในด้านระดับความยาก อำนาจจำแนก

ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2. เมื่อนำทุกข้อที่มีคุณภาพตามข้อ 1 มารวมกันเป็นฉบับ เครื่องมือทั้งฉบับนั้น

จะต้องมีคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

สมนึก ภัททิยธนี (2551 : 193) กล่าวว่า การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่ามีคุณภาพดีเพียงใด ทั้งลักษณะเป็นรายข้อและทั้งฉบับ ถ้าข้อสอบข้อใดหรือฉบับใดมีคุณภาพดี ก็ควรนำไปใช้ แต่ถ้าบกพร่องก็ควรปรับปรุงแก้ไข

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551 : 134) กล่าวว่า เครื่องมือวัดผลที่ดีจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพจึงจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้องเชื่อถือได้และผลการประเมินที่ได้ย่อมเชื่อถือได้ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงจึงควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทุกครั้ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือในเรื่อง ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก อำนาจจำแนก และความเป็นปรนัย

ไพศาล วรคำ (2552 : 254) กล่าวว่า คุณภาพเครื่องมือ หมายถึง คุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก และอำนาจจำแนก เป็นต้น คุณสมบัติที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของเครื่องมือ

ที่ใช้ในการวิวัย ประกอบถ้วยความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นเป็นหลัก ส่วนอำนาจจำแนกนั้นจะใช้เฉพาะในกรณีของแบบทดสอบและแบบสอบถาม และความยากจะใช้ได้เฉพาะกรณีแบบทดสอบเท่านั้น

สรุปได้ว่า การหาคุณภาพเครื่องมือ หมายถึง การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล ประกอบด้วย การหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและ ค่าความเชื่อมั่น ซึ่งจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้อง เชื่อถือได้

**ความเที่ยงตรง**

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเที่ยงตรง (Validity) หรือ ความตรง (Validity) ไว้ดังต่อไปนี้

พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551 : 1344-135) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบนั้นมีสิ่งที่ควรพิจารณาดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องที่อ้างถึงการตีความหมายของผลที่ได้จากเครื่องมือที่

ใช้ในการทดสอบหรือการประเมินผล มิใช่เป็นความเที่ยงตรงของเครื่องมือ แต่เป็นความเที่ยงตรงของการตีความหมายที่ได้จากผลของการทดสอบ

2. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องของระดับ (Matter of Degree) มิใช่เป็นเรื่องมีหรือไม

มี การบอกความเที่ยงตรงของแบบทดสอบควรเสนอในรูประดับที่เจาะจง เช่น มีความเที่ยงตรงสูง ปานกลาง หรือต่ำ

3. ความเที่ยงตรงจะเป็นความเที่ยงตรงเฉพาะเรื่องที่ต้องการวัดเสมอ (Specific to Some Particular Use )ไม่มีแบบทดสอบใดที่มีความเที่ยงตรงทุกวัตถุประสงค์ เช่น แบบทดสอบเลขคณิตอาจมีความเที่ยงสูงในการวัดทักษะการคำนวณ แต่มีความเที่ยงตรง ต่ำในการวัดเหตุผลเชิงตัวเลข และอาจมีความเที่ยงตรงปานกลางในการคาดคะเนผลการเรียน

4. ความเที่ยงตรงเป็นมโนทัศน์เดี่ยว (Unitary Concept) หมายความว่าความ เที่ยงตรงเป็นค่าตัวเลขตัวเดียวที่ได้มาจากหลักฐานหลายแหล่ง หลักพื้นฐานที่ใช้ยึดในการ

ตีความหมายของความเที่ยงตรงก็คือเนื้อหา เกณฑ์ที่กำหนด และโครงการ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 99) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของแบบทดสอบ สามารถจำแนกความตรงเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่อง ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเป็นกระบวนการรวบรวมและวิเคราะห์หลักฐาน เพื่อการสนับสนุนความเหมาะสมและความถูกต้องของการนำคะแนนจากเครื่องมือวัดไปสรุป อ้างอิงคุณลักษณะที่มุ่งวัด ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญ ได้ 3 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่อง (Content validation) การตรวจสอบความเที่ยงตามเกณฑ์สัมพันธ์และการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

ไพศาล วรคำ (2552 : 254) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้อง แม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกประเภท เพราะเป็นคุณสมบัติเกี่ยวข้องกับคุณภาพ ด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด

เนื่องจากความเที่ยงตรงของค่าวัดจากเครื่องมือวัดเป็นความสัมพันธ์หรือความ สอดคล้องระหว่างค่าวัดของเครื่องมือวัดนั้นกับสิ่งที่ต้องการวัดหรือตัวเกณฑ์ ดังนั้น การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง จึงเป็นการหาความสัมพันธ์หรือความสอดคล้องระหว่างค่าวัด ของตัวแปร วิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงจึงขึ้นอยู่กับชนิดของค่าวัดที่ได้จากตัวแปร ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการแสดงหรือหาว่า

เครื่องมือวัดนั้น สามารถวัดได้ตรงและครอบคลุมเนื้อหาวิชาการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด โดยการเทียบกับตารางวิเคราะห์หลักสูตร หรือตารางกำหนดข้อสอบ สิ่งกำหนดตัวอย่างหัวข้อเนื้อหาสาระวิชาและพฤติกรรมจากเนื้อหาสาระวิชาทั้งหมด และถือว่าเป็นตัวแทนที่ดีแล้ว การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวัด สามารถพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของวิชา โดยคำนวณจาก ดัชนีความสอดคล้องของระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ ค่า IOC ที่มีค่า 0.05 ขึ้นไปแสดงว่ามีความสอดคล้องหรือเป็นตัวแทนจุดประสงค์ของวิชา

สำหรับสูตรที่ใช้ในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ โดย

คำนวณจากสูตรของบุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (ไพศาล วรคำ. 2554 : 262-263) เป็นดังนี้



เมื่อ  แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

**** แทน คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

 แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

 แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Crierion-related Validity) ของค่าที่วัดได้

จากเครื่องมือวัดที่ต้องการกับค่าที่วัดได้จากเกณฑ์ ซึ่งสามารถคำนวณได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับค่าที่วัดได้ซึ่งอาจใช้สูตร Pear Product Moment (เมื่อข้อมูลเป็นคะแนนทั้ง 2 ชุด) หรือ Spearman Rank Order (เมื่อข้อมูลเป็นการจัดอันดับ) ซึ่งแยกตามเกณฑ์เป็นการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามสภาพ และการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์

3. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการแสดงหลักฐาน

ความเที่ยงตรงว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมาย หรือคุณลักษณะประจำตาม โครงสร้างทฤษฎีที่สมมุติขึ้นได้เพียงใด

สรุปได้ว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้อง แม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่องในการตรวจสอบความเที่ยงตรงสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญได้ 3 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

**ความยากและอำนาจจำแนก**

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความยาก

และอำนาจจำแนก ไว้ดังต่อนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551 : 138) กล่าวว่า ความยาก (Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่าย ถ้ามีคนตอบถูกน้อย ข้อสอบข้อนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คน และ ไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วย จำนวนคนที่ตอบทั้งหมด ส่วนอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนก ผู้เรียนตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการวาคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีดวามเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

ไพศาล วรคำ (2552 : 287) กล่าวว่า ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้น ความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่า ข้อสอบนั้นง่ายหรือมีค่าดัชนีความยาก (Item Difficult Index : p) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยากหรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ

การหาค่าความยากของข้อสอบโดยทั่วไปจะนิยมหาเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่มเพื่อทำการดัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้น ต้องพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) หรือไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบแต่จะพิจารณาพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่าการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อให้ทราบระดับความยากเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการหา ดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์ก็มักจะหาทั้งดัชนีความยากก่อนเรียนและดัชนีความยากหลังเรียนโดยใช้สูตรเดียวกับความยากแบบอิงกลุ่ม

สำหรับข้อสอบอัตนัยการหาดัชนีความยากจะมีวิธีการแตกต่างไปจากข้อสอบปรนัยบ้างเนื่องจากคะแนนที่เป็นไปได้ของข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อไม่ใช่ 0 หรือ 1 เหมือนกับข้อสอบปรนัย การหาดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยทำได้โดยการแบ่งผู้เข้าสอบออกเป็นสองกลุ่มๆ เท่าๆ กัน คือกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ จากนั้นคำนวณหาดัชนีความยากจากสูตรของ (Whitney and Sabers) ส่วนการแปลผลดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยก็ใช้เกณฑ์เดียวกับดัชนีความยากของข้อสอบปรนัย

สำหรับสูตรที่ใช้ในการหาค่าความยากของแบบทดสอบ จะต้องแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนโดยใช้เทคนิค 25% ของกลุ่มเป้าหมายนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมดโดยคำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ. 2554 : 292-293)

ดัชนีค่าความยาก 

เมื่อ  แทน ดัชนีค่าความยาก

 แทน ผลรวมคะแนนนักเรียนกลุ่มเก่งในแต่ละข้อ

 แทน ผลรวมคะแนนนักเรียนกลุ่มอ่อนในแต่ละข้อ

 แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

 แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุดในแต่ละข้อ

 แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุดในแต่ละข้อ

อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกก็คือข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้เครื่องมือที่นิยมหาอำนาจจำแนกได้ แก่ แบบทดสอบและแบบสอบถาม เทคนิคการหาอำนาจจำแนกมีหลายวิธี ตามลักษณะของเครื่องมือดังนี้

1. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม มีหลายวิธี

1.1 เทคนิคร้อยละ 50

1.2 เทคนิคร้อยละ 27

* 1. การหาสหพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม

1.4 การหาสหสัมพันธ์แบบ Point Biserial

2. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ หาได้2 แบบ ดังนี้

* 1. ดัชนีอำนาจจำแนกของแบรนแนน(Brennan’s Index : B-Index)

2.2 ดัชนีความไวของข้อสอบ (Sensitive Index : S)

3. การหาอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัย

ในกรณีของข้อสอบอัตนัย ค่าคะแนนในแต่ละข้อจะมีได้หลายค่า การหา ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัยสามารถหาได้จากสูตรวิทนีย์และซาเบอร์ส(Whitney and Sabers)

คิริชัย กาญจนวาสี (2552 : 225) ได้กล่าวถึงความยากและอำนาจจำแนกไว้ว่าความยาก (Difficulty) หรือระดับความยากของข้อสอบ (Level of difficulty of the items) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เช่น ข้อสอบข้อ หนึ่งมีคนตอบ 100 คนปรากฏว่าตอบถูกเพียง 30 คนแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีความระดับ ความยาก(p) เท่ากับ 0.30 หรือ 30 % ดังนั้นระดับความยากของข้อสอบจึงมีค่าตั้งแต่ 0 - 1.00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีคนตอบถูกมาก P จะมีค่าสูง (เข้าใกล้ 1) แสดงว่าข้อนั้นง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้าข้อสอบข้อใดมีคนตอบถูกน้อย Pจะมีค่าต่ำ (เข้าใกล้ 0) แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่า P ระหว่าง 0.20–0.80 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะ และข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยประมาณ 0.50 ส่วนอำนาจจำแนก (Discrimination) หรืออำนาจจำแนกของข้อสอบ(Discrimination Power of The Items) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างข้อสอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้ โดยถือว่าคนที่เก่งหรือมีความสามรถควรทำข้อสอบนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนหรือไม่มีความสามารถไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าบวก ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบคำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ส (ไพศาล วรคำ. 2554 : 282)

ดัชนีค่าอำนาจจำแนก 

เมื่อ  แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

 แทน ผลรวมคะแนนนักเรียนกลุ่มเก่งในแต่ละข้อ

 แทน ผลรวมคะแนนนักเรียนกลุ่มอ่อนในแต่ละข้อ

 แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

 แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุดในแต่ละข้อ

 แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุดในแต่ละข้อ

เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนกเป็นดังนี้

**ตารางที่ 3** เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ความยาก (p) | ความหมาย | อำนาจจำแนก ( D ) | ความยาก |
| 0.80-1.00  0.60-0.79  0.40-0.59  0.20-0.39  0.00-0.19 | ง่ายมาก  ค่อนข้างง่าย  ปานกลาง  ค่อนข้างยาก  ยากมาก | 0.60-1.00  0.40-0.59  0.20-0.39  0.10-0.19  0.00-0.09 | ดีมาก  ดี  พอใช้  ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง  ต่ำมาก ต้องปรับปรุง |

สรุปได้ว่า ความยากข้อสอบเป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ส่วนอำนาจจำแนก เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ซึ่งเครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องตรวจสอบคุณภาพรายข้อในเรื่องค่าความยากและอำนาจจำแนก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20 - 0.80 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะ และข้อสอบทั่งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยประมาณ 0.50 ส่วนอำนาจจำแนกที่ดีต้องมีค่าเป็นบวก และมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

**ความเชื่อมั่น**

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความ

เชื่อมั่นไว้ดังต่อนี้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2552 : 88) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น ตรงกับภาษาอังกฤษ “Reliability” ซึ่งหมายถึง “Stability and Consistency” ของคะแนนสอบ จึงเป็นที่เข้าใจของกลุ่มนักวัดผลคนไทยว่า Reliability นั้น หมายถึง ระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของคะแนนสอบจากการทดสอบเรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม อย่างไรก็ดีสำหรับการใช้คำนั้นก็อาจใช้คำที่ต่างกันไป เช่น ความเชื่อมั่น ความเที่ยง

ไพศาล วรคำ (2552 : 88) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้ง การหาความเชื่อมั่นของแบบวัดพัฒนามาจากนิยาม คือ ความสัมพันธ์กันระหว่างค่าการวัดหลาย ๆ ครั้ง แต่ด้วยเหตุที่คุณลักษณะที่ต้องการวัดของบุคคลนั้นมักจะมีการเปลี่ยนแปลงเสมอเมื่อเวลาผ่านไป จึงได้มีการพัฒนาวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธี ภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคิด คือ

1. การวัดความคงที่ ซึ่งจะเป็นการวัดความคงที่ของผลการวัดหลายๆครั้ง

2. การวัดความสมมูลกันเป็นการวัดด้วยแบบที่เป็นคู่ขนานเพื่อหลีกเลี่ยง

การวัดซ้ำ

3. การวัดความสอดคล้องภายในซึ่งเป็นการพิจารณาความเชื่อมั่นจากการวัด

เพียงครั้งเดียวแล้วหาความสอดคลองของผลการวัดภายในแบบวัดนั้น

ศิริชัย กาญจนวาลี (2552 : 59–60) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ และได้กล่าวถึงวิธีการประมาณค่าความเชื่อนั้น สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ โดยมีความหมายและวิธีการประมาณค่าดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ประเภทของความเชื่อมั่น ความหมาย และวิธีการประมาณค่า

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ประเภท | ความหมาย | วิธีประมาณค่า |
| 1. ความเชื่อนั้นแบบคงที่(Measure of Stability) | ความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบเดิม (Test-retestMethod) | คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากคนกลุ่มเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน โดยทำการวัดซ้ำสองครั้งในเวลาที่ต่างกัน |
| 2. ความเชื่อมั่นแบบ  ความสมมูล (Measure  of Equivalent)  4. ความเชื่อมั่นแบบ  ความสอดคล้องภายใน  (Measure of Internal  Consistency ) | ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกันโดยใช้แบบสอบที่สมมูลกัน(EquivalentFormsMethod)  แบบสอบถามที่สมมูลกัน (Test – retest Equivalent Forms)  ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัดโดยวิธีต่างๆดังนี้  4.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ  (Spilt – half Method)  4.2 วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน  (Kuder – Richardson Method)  4.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค  (Cronbach’sAlphaMethod) | คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ไนเวลาเดียวกันจากคนกลุ่มเดียวกันโดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ทัดเทียมกัน  คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความ  เป็นเอกพันธ์ระหว่างคะแนน  ของกลุ่มข้อสอบ 2 กลุ่ม จาก  การวัดด้วยแบบสอบเดียวกัน  คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากการแบ่งครึ่งข้อสอบที่สมมูลกัน เช่น แบ่งเป็นข้อคู่และข้อคี่ จากนั้นจึงใช้สูตรของสเปียร์  แมน บราวน์ คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อ ( ซึ่งให้คะแนนแบบ 0,1) และคะแนนรวม จากนั้นจึงใช้ สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน  คำนวณรายข้อและคะแนนรวม |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ประเภท** | **ความหมาย** | **วิธีประมาณค่า** |
|  | 4.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยหล์ (Hoyt’sAnalysis of VarianceMethod) | จากนั้นจึงใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟา  ของครอนบาค วิเคราะห์  ความแปรปรวนแบบ  สองทางจากนั้นจึงใช้สูตรของฮออยล์ค่าสถิติของคะแนน |

ในกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบความเรียง (Essay Tests) ที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ ผู้ตรวจให้คะแนน ( Rater) แต่ละคนอาจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนจึงสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดทักษะนี้ วิธีการง่าย ๆ ในการหาความเชื่อมั่น ระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือให้ผู้ตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ให้คะแนนในแบบทดสอบเดียวกันหรือพฤติกรรมเดียวกันแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากผู้ตรวจ โดยการหาสัมประสิทธิ์ความพ้องกันหรือดัชนีความสอดคล้องกัน

สูตรการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ คำนวณจากสูตรการหา

สัมประสิทธิ์อัลฟา (Coefficient) ของ Cronbach ดังนี้ (ไพศาล วรคำ. 2554 : 282)



เมื่อ  แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

** แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

 แทน ความแปรปรวนของแบบทดสอบในแต่ละข้อ

 แทน ความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement : SEM )ไพศาล วรคำ (2552 : 287) กล่าวถึงความคลาดเคลื่อนของการวัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของเครื่องมือ กล่าวคือ ถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดต่ำ ความเชื่อมั่นจะสูง ในทางกลับกันถ้าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดสูงความเชื่อมั่นจะต่ำ นั่นหมายความว่า ถ้าแบบทดสอบใดมีความเชื่อมั่นอย่างแท้จริง คะแนนที่สอบได้นั้นจะเป็นคะแนนจริง (True Score) ถ้ามีการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกับกลุ่ม ๆ เดียวหลายครั้ง คะแนนของผู้สอบแต่ละคนที่สอบได้จะแตกต่างกันไป การที่คะแนนแตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หรือถ้าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูงความแตกต่างหรือความของคะแนนจะน้อย ถ้ามีความเชื่อมั่นต่ำความแตกต่างหรือของคะแนนจะมาก การคำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจึงเป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนที่สอบได้ (Obtained Scores)กับคะแนนจริง (True Scores) สอดคล้องกับ เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552 : 97)ที่กล่าวว่า โดยปกติความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดจะมีค่าน้อยมาก และมีความสัมพันธ์กับค่าความเชื่อมั่น ค่า SEM จึงเป็นดัชนีที่จะชี้ให้เห็นว่า เมื่อคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดมีค่าน้อย ก็ย่อมจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบสูงขึ้น

สรุปได้ว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลายๆครั้งในการหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือให้ผู้ตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ให้คะแนนในแบบทดสอบเดียวกันหรือพฤติกรรมเดียวกันแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากผู้ตรวจโดยการหาหรือดัชนีความสอดคล้อง

**การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)**

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่องตั้งแต่สองตัวขึ้นไปว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ ดังนี้

อิศรัฏฐ์ รินไธสง (2548 : 15) ได้กล่าวว่า ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเจตคติวิชาคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หาความสัมพันธ์ระหว่างขวัญและกำลังใจในการทำงานกับประสิทธิภาพในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้ เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ซึ่งสถิติสำหรับการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีหลายชนิด ซึ่งการเลือกใช้แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (Bivariate Correlation) บางครั้งเราเรียกว่าตัวแปรอิสระว่า ตัวแปรทำนาย (Predictor Variable) และเรียกตัวแปรอีกตัวว่าตัวแปร เกณฑ์ (Criterion Variable) ซึ่งโดยปกติจะเป็นตัวแปรตาม อย่างไรก็ตามการที่จะทราบว่าตัวแปรทำนายตัวแปรใดเป็นตัวแปรเกณฑ์ขึ้นอยู่กับงานวิจัยนั้น ๆ ในการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ถ้าหากทั้งสองตัวแปรมีระดับการวัดอันตรภาค (Interval scale) หรืออัตราส่วน (Ration Scale) จะเรียกว่าการวิเคราะห์โดยใช้พาราเมทริก (Parametric Procedure) แต่ถ้ามีระดับการวัดมาตรานามบัญญัติ (Nominal Scale) หรือมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) จะเรียกว่า การวิเคราะห์แบบไม่ใช้พาราเมทริก (Nonparametric Procedure) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน(Pearson’s Correlation Coefficient)

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียรสัน หรือบางครั้งเรียกว่า สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) โดยใช้สัญลักษณ์ r ข้อมูลหรือระดับการวัดของตัวแปรแต่มาตราอันตรภาค ถึง มาตราอัตราส่วน โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นมักจะใช้สัญลักษณ์ของตัวแปรเป็นตัวแปร X และ Y โดยค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ถ้า r เป็นการวัดความสัมพันธ์เชิงเส้น

2. ถ้า r จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1

3. ถ้า r จะมีลักษณะเหมือนความชันของเส้นการถดถอย

4. ถ้า r จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) เปลี่ยนไปแบบเดียวกัน

5. ถ้า r จะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าค่าสเกล (Scale) ของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนไป (ค่าของตัวแปร X หรือ Y)

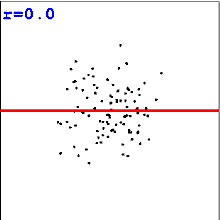
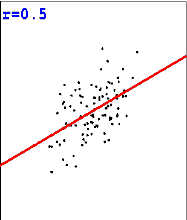
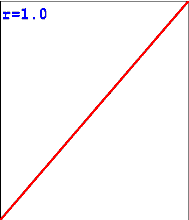
6. ถ้า r มีการแจกแจงแบบเดียวกันกับที (Student t distribution) ทิศทางของความสัมพันธ์ (Direction of the relationship)

ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นเราสามารถสร้างแผนภาพกระจัดกระจาย (Scattertplot) เพื่อดูทิศทางของความสัมพันธ์ได้ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ 3 แบบ คือ

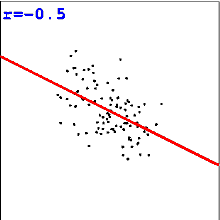
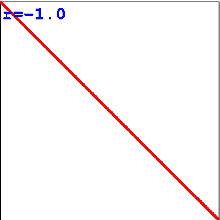
1. สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Corretations) ซึ่งหมายความว่าเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

2. สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Corretations) หมายถึง เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ

3. สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Corretations) หมายถึง ตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน



(1) (2) (3)



(4) (5)

**แผนภาพที่ 6** ประกอบลักษณะของกราฟที่ค่า r = 1, .5 , 0, -.5 และ -1

ลักษณะของสมมติฐานที่ทดสอบ (Hypothesis testing)

ในการทดสอบนั้นเป็นการทดสอบว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เป็นการทดสอบว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งเราจะใช้ตัวอักษรภาษากรีก คือ  (rho) แทน r ซึ่งเขียนเป็นสมมติฐานทางสถิติ ได้ดังนี้

 (ตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน)

 (ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กัน)

ตัวอย่าง สมมติฐานการวิจัย “เจตคติต่อวิชาการวิจัยทางการศึกษามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการวิจัยทางการศึกษา”

- ความวิตกกังวลมีความสัมพันธ์กับความเครียดในการทำงาน





- ขวัญและกำลังใจในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการปฏิบัติงาน





- ความเครียดในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางลบกับความพึงพอใจในการทำงาน





การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Computing the Pearsour) ในการคำนวณ หาค่า r สามารถคำนวณได้หลายวิธี ดังนี้



โดย 





เมื่อคำนวณค่า r แล้วผู้วิจัยอาจต้องทราบว่าค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่สามารถทำได้โดยนำค่า r ไปคำนวณเป็นค่าสถิติที (t-test)



โดยมีค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ n-2 ซึ่งค่า t ที่คำนวณได้นำไปเทียบกับค่าวิกฤตของทีได้จากตารางวิกฤตหรือสามารถเทียบได้กับตารางค่าวิกฤตของค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันได้โดยตรงโดยใช้ค่า df = n-2 โดยถ้าค่า r ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตแสดงว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่าที่ไปเทียบนี้ไม่ต้องคิดเครื่องหมาย)

เกณฑ์การแปลความหมายของระดับความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์

(Correlation Analysis) มีอยู่ 3 ระดับ โดยผู้วิจัยได้กําหนด ค่าการแปลความหมาย ดังนี้ (ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2551 : 325)

ค่าสหสัมพันธ์ (r) หรือ คือ ความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปรอยู่ในระดับต่ำ

ค่าสหสัมพันธ์ (r) หรือ  คือความสัมพันธ์

ของทั้ง 2 ตัวแปรอยู่ในระดับปานกลาง   
 ค่าสหสัมพันธ์ (r) หรือ  คือ ความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปรอยู่ในระดับสูง

โดยถ้าค่า r มีค่าเป็นบวก  แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าค่า r มีค่าเป็นลบ  แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทาง ตรงกันข้าม

**การวิเคราะห์ไคสแควร์ (The** **-Test)**

ไคสแควร์ สถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ของกลุ่มตัวอย่างที่มีเพียงกลุ่มหรือสองกลุ่ม จะใช้ทดสอบด้วยค่า Z- test หรือ T- test ข้อมูลที่นำมาทดสอบนั้นจะต้องเป็นข้อมูลที่อยู่ในระดับการวัด (Measurement Scale) ระดับอันตรภาคชั้น (Interver Scale) หรือระดับอัตราส่วน(Ratio Scale) เท่านั้น ในงานวิจัยบางเรื่องข้อมูลอาจอยู่ในรูปของความถี่ที่เป็นอิสระต่อกัน (Discrete Data) เป็นข้อมูลที่อยู่ในระดับนามบัญญัติ (Norminal Scale) หรือ ข้อมูลเรียงลำดับ (Ordinal Scale) การทดสอบข้อมูลในลักษณะนี้ จะเป็นการทดสอบว่า ข้อมูลที่ได้เป็นไปตามคาดหวัง (Expected) ไว้หรือไม่ หรืออาจจะทดสอบว่าตัวแปร (Variable) มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถทดสอบได้ด้วย Z-test หรือ T-test ซึ่งเป็นสถิติแบบพาราเมตริก (Parametric Statistics) แต่จะสามารถทดสอบได้ด้วย  ซึ่งเป็นสถิติแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) โดยเป็นสถิติที่ไม่คำนึงถึงลักษณะการแจกแจงของประชากรโดยมีสูตรดังนี้ (สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. 2545 : 98)



เมื่อ 

กำหนดให้  แทน จำนวนแถว (Row)

 แทน จำนวนคอลัมภ์ (Column)

 แทน ความถี่ของค่าสังเกตในแถวที่ i คอลัมน์ที่ j

 แทน ค่าความถี่คาดหวังในแถวที่ i คอลัมน์ที่ j

 แทน ผลรวมความถี่ทั้งหมดในแถวที่ i

แทน ผลรวมความถี่ทั้งหมดในคอลัมน์ที่ j

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

และการทดสอบ โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์มีจำนวนเซลล์ที่มีความถี่คาดหวังที่น้อยกว่า 5 มีเกิน 20% ของจำนวนเซลล์ทั้งหมดควรทำการ ต่อไปนี้

1. พิจารณาแถวหรือคอลัมน์ที่อยู่ใกล้กันหรือมีความหมายใกล้เคียงกัน ที่มีค่าคาดหวังน้อย

2. รวมเซลล์ที่ได้จากข้อ 1 เพื่อให้มีความถี่เพิ่มมากขึ้น

3. หาผลรวมในแนว Row และหาผลรวมในแนว Column

4. พิจารณาค่า และ ใหม่ที่เกิดจากการรวมแถวหรือคอลัมน์

5. หาค่าจากสูตรที่กล่าวมา

6. การทดสอบนัยสำคัญ เพื่อหาค่าวิกฤตของ  ที่  ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่า  ที่คำนวณได้

7. แปรผลถ้าค่า  ที่คำนวณได้  มากกว่าที่เปิดจากตาราง หรือค่า P-value

น้อยกว่าระดับนัยสำคัญสรุปว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือใช้สถิติทดสอบฟิชเชอร์ (Fisher’s Exact Test) หรือ Yates’ corrected Chi-Square, McNemar’s Test, Odds ratio ได้ แต่ถ้า สามารถใช้สูตรเดิมได้

**บริบทของโรงเรียน**

ข้อมูลทั่วไปของโรงเรียนหนองโพธิ์วิทยาคม ตำบลหนองโพธิ์ อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดมหาสารคาม จัดตั้งเมื่อวันที่ 8กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 ปัจจุบันโรงเรียนหนองโพธิ์วิทยาคม เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก จัดการ

ศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 356 คน เป็นนักเรียนชายจำนวน 177 คน นักเรียนหญิงจำนวน 179 คน มีห้องเรียนจำนวน 12 ห้องเรียน มีครู บุคลากร จำนวน 32 คน โรงเรียนจัดการเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีศักยภาพ ห้องเรียนเป็นแบบคละความสามารถของนักเรียน มีนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน รวมกันในหนึ่งห้อง

ภูมิหลังกลุ่มเป้าหมาย การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวนทั้งหมด 2 ห้องเรียน เป็นนักเรียนจำนวน 50 คน ซึ่งมีนักเรียนชายจำนวน 27 คน นักเรียนหญิงจำนวน 23 คน ซึ่งภายในห้องเรียนไม่มีป้ายนิเทศ ไม่มีการแสดงผลงานของนักเรียน และโรงเรียนหนองโพธิ์วิทยาคมอยู่ใกล้ อำเภอนาเชือกมากห่างกันเพียง 8 กิโลเมตรเท่านั้น จึงทำให้มีนักเรียนบางส่วนเข้าไปเรียนในตัวอำเภอ นักเรียนที่เข้ามาเรียนส่วนมากจึงเป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในกลุ่มปานกลาง สภาพชุมชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำไร่ทำนา (ไร่อ้อย/ไร่มันสำปะหลัง) และหลังจากการทำนา ผู้ปกครองของส่วนใหญ่จะเข้าไปทำงานหารายได้เพิ่มที่ต่างจังหวัด เพื่อหาเลี้ยงครอบครัว ทำให้ไม่มีเวลาอยู่ดูแลครอบครัวอย่างเต็มที่ นักเรียนส่วนมากอาศัยอยู่กับ ตา ยาย และญาติ ทำให้การเอาใจใส่จากพ่อและแม่ในครอบครัวลดน้อยลง เนื่องด้วยสภาพแวดล้อมทางครอบครัว สิ่งแวดล้อม และสังคม ซึ่งอาจเป็นเหตุผลทำให้นักเรียนแต่ละคนมีผลการเรียนที่แตกต่างกัน

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ทั้งในและต่างประเทศ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**งานวิจัยในประเทศ**

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้**

วาสนา เลิศศิลป์ (2546 : 71-73) ได้ศึกษาเด็กที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัด สำนักงานการประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร พบว่า มีเด็กที่มีปัญหาในการเรียนรู้ ขั้นรุนแรงคิดเป็นร้อยละ 5.51 โดยมีปัญหาที่พบมากที่สุด แรงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ หมวดพฤติกรรม ภาษา คณิตศาสตร์ การเคลื่อนไหว และทิศทาง และจากการเปรียบเทียบปัญหา ในการเรียนรู้โดยจำแนกตาม เพศ อายุ และกลุ่มโรงเรียนพบว่า เด็กผู้หญิงมีปัญหาในการเรียนรู้สูงกว่าเด็กผู้ชาย เด็กที่มีอายุระหว่าง 6-8 ปี มีปัญหาในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน และแต่ละกลุ่มโรงเรียนมีปัญหาการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

วิฑูรย์ แสงทอง (2548 : 28-31) ได้ศึกษาความสามารถและความสนใจในการ

เรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง กำหนดการเชิงเส้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลากลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่ม อย่างง่ายโดยการจับฉลากซึ่งกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 2 จำนวน 50 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 50 คนรวม 100 คน ผู้วิจัยดำเนินการสอนโดยใช้เวลา 10 ชั่วโมง แล้วทดสอบวัดความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องกำหนดการเชิงเส้นและแบบวัดความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้แบบทดสอบด้วยที (t-test) ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะเรียนคณิตศาสตร์เรื่องกำหนดการเชิงเส้น ส่วนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถเพียงพอในการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง กำหนดการเชิงเส้น

และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง กำหนดการเชิงเส้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01

มานพ เทพบุตร (2550 : 89-91) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาปัญหาทางการเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน อำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างของนักเรียนจาก โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน อำเภอศรีมโหสถ จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 10 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่าง 126 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา เป็นแบบสำรวจปัญหาใน การอ่าน การเขียน และคณิตศาสตร์ของศาสตราจารย์ ดร. ผดุง อารยะวิญญู ปี 2544 จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนปกติและนำมาวิเคราะห์หาค่าร้อยละ ผลการศึกษาพบว่า จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 126 คนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศ หญิงร้อยละ 50.8 เพศชายร้อยละ 49.2 นักเรียนที่มีปัญหาทางการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 23 นักเรียนที่ไม่มีปัญหาทางการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 77 แยกเป็นเพศชายที่มีปัญหาทางการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 48.3 เพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 51.7 นักเรียนที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ การอ่าน การเขียน และคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 48.3 รองลงมาคือ ด้านการเขียนและคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 24.2 ด้านการเขียนเพียงอย่างเดียวคิดเป็น ร้อยละ 20.7 สำหรับด้านที่มีปัญหาน้อยที่สุดคือด้านการอ่านและคณิตศาสตร์ และด้านการอ่านเพียงอย่างเดียวคิดเป็นร้อยละ 3.4 ส่วนในด้านการอ่าน การเขียนและคณิตศาสตร์อย่างเดียวไม่พบปัญหาแต่อย่างใด

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

ชนิกา เสนาวงค์ษา (2555 : 99-100) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่น โดยการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยบนพื้นฐานของการวิเคราะห์เอกสาร ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดของ Mason&Johston–Wilder(2006) ในการสำรวจปัญหาทางคณิตศาสตร์ในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นระดับประถมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สาระจำนวนและการดำเนินการประกอบการบรรยายเชิงวิเคราะห์ และใช้กรอบแนวคิดของ Kaur (2010) เกี่ยวกับระดับของกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงไปสู่ความคิดรวบยอดหรือความหมาย และระดับการทำทางคณิตศาสตร์ ในการวิเคราะห์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบการบรรยายเชิงวิเคราะห์ผลการวิจัยพบว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นระดับประถมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สาระจำนวนและการดำเนินการ จะมีลักษณะเป็นข้อความและภาพที่เรียกร้องให้นักเรียนแสดงการคำนวณ เติมสัญลักษณ์ สร้างการแสดงแทนด้วยภาพหรือบล็อกและสร้างประโยคสัญลักษณ์ สร้างเรื่องราวทางคณิตศาสตร์ จำนวน 85 ปัญหา และการวิเคราะห์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในปัญหาทางคณิตศาสตร์ ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่พบมากที่สุด ได้แก่ ระดับกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงไปสู่ความคิดรวบยอดหรือความหมาย ซึ่งเป็นระดับที่สร้างการเชื่อมโยงระหว่างการแสดงแทนที่หลากหลาย เพื่อเข้าใจความหมาย และระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่พบ คือ ระดับการจำ แสดงให้เห็นถึงการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนทีถูกเน้นและให้ความสำคัญในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นข้อมูลในการพัฒนาหนังสือเรียนคณิตศาสตร์และเป็นแนวทางสำหรับครูในการออกแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เน้นการคิดทางคณิตศาสตร์

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

Endsley (1984 : 107)ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง เพศ ความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นปีที่ 9 ในโรงเรียนเซอริคริกของรัฐโคโลราโด ผลการวิจัย พบว่านักเรียนหญิงทำคะแนนได้สูงกว่านักเรียนชาย เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความถนัดทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

Blackbum (1984 : 102) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ต่อระหว่างพฤติกรรมและคุณลักษณะของคุณครูกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน และการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคุณลักษณะของคุณครูของนักเรียนในระดับชั้นปีที่ 9 จำนวน 868 คน และครู จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสบการณ์การสอนของครู มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.57 การสอนของครู โดยให้นักเรียนอ่านออกเสียงในชั้นมีความสัมพันธ์ในทางลบกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ -0.67 ตัวแปรที่กำหนดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ดีที่สุด คือประสบการณ์การสอนของครูและเจตคติต่อการสอนของครู

John P. Thomas (2001 : 128) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียนคณิตศาสตร์และทัศนคติระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมลูกครึ่งแอฟริกาอเมริกัน โดยการศึกษานี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ของโรงเรียนที่มีกลุ่มนักเรียนเป็นลูกครึ่งแอฟริกาอเมริกัน,นักเรียนชาวเอเชีย,นักเรียนผิวขาว และนักเรียนอเมริกัน ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการศึกษาประกอบด้วย ความสามารถหรือผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียน การจูงใจและทัศนคติ ปริมาณเครื่องมือการสอน คุณภาพของการสอน สภาพห้องเรียน การใช้เวลานอกห้องเรียน การให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเห็นประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ในอนาคต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ตามสภาพของโรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ และผลการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ปริมาณเครื่องมือการสอนมีผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนคณิตศาสตร์มาก รองลงมาคือสภาพแวดล้อมทางบ้าน (ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง) และแรงจูงใจ

นิรัช สุดสังข์ (2004 : 97) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได (Stepwise Multiple Regression) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 83 คน โดยสุ่มตัวอย่าง 30 คน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามแบบ Rating Scale จำนวน 40 ข้อ ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะในการออกแบบและตัวแปรอิสระ ดังนี้ คือ เจตคติต่อการเรียน พฤติกรรมการเรียน พฤติกรรมการเรียน พฤติกรรมการสอนของอาจารย์ความสัมพันธ์ของกลุ่มเพื่อน ความรู้พื้นฐานเดิม วัสดุและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน คอมพิวเตอร์ เพื่อการออกแบบ ฐานข้อมูลสนับสนุนการออกแบบ โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ เพื่อหาปัจจัยที่มีส่วนร่วมกับความแปรปรวนและการทำนายผล จากผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที ระดับ 0.05 คือ เกรดเฉลี่ย ความสัมพันธ์ของกลุ่มเพื่อนและคุณวุฒิการศึกษา โดยปัจจัยทั้งสามมีส่วนร่วมในการอธิบายเท่ากับ ร้อยละ 28

ปาริชาติ บัวเจริญ (2554 : 112) ทำการศึกษาปัจจัยด้านการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาคณะวิศกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ เพื่อศึกษาระดับของตัวแปรปัจจัยด้านการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนและศึกษาความสัมพันธ์และค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรปัจจัยด้านการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ผลการศึกษา พบว่า อาจารย์ผู้สอนมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงและมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง ตัวแปรปัจจัยด้านการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนทั้ง 3 ตัวแปรกับตัวแปรตามทั้ง 2 ตัวแปรมีสัมฤทธิ์สหสัมพันธ์ พหุนามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีสัมฤทธิ์พหุคูณเอกนามกับตัวแปรตาม แต่ละตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ตัวแปรปัจจัยการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ส่งผลทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ และเจตคติวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ตัวแปรปัจจัยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ไม่ส่งผลต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ แต่ส่งผลทางบวกต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนตัวแปรปัจจัยการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงไม่ส่งผลต่อตัวแปรตามทั้ง 2 ตัว

Sion (1993 : 87) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างเจตคติ แรงจูงใจและความวิตกกังวลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาที่สอง โดยใช้รูปแบบการทดสอบของ A Test of Gardner’s Model.(1943) จุดมุ่งหมายในการศึกษา คือ หาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างเจตคติ แรงจูงใจ ความวิตกกังวลในการเรียน และอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาที่สอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเซาท์เธอร์น แคลิฟอร์เนีย(Southern California) ใช้แบบทดสอบวัดเจตคติและแรงจูงใจที่พัฒนาโดย Gardner. (1943) and Smythe. (1984) แบบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นแบบวัดเกี่ยวกับความเข้าใจในการอ่านและการฟัง เรียงความ ไวยากรณ์ และการสอบปากเปล่า ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรเกี่ยวกับเจตคติประกอบไปด้วยส่วนอื่นๆและเจตคติที่มีต่อสถานการณ์การเรียนรู้จะทำให้เกิดแรงจูงใจ ซึ่งแรงจูงใจจะเป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการลดความวิตกกังวลเป็นสาเหตุทางอ้อมที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Lee Kyung Ok. (2000 : 125) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลวิธีการเรียนภาษาอังกฤษกับปัจจัยพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ โดยศึกษานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในเกาหลีที่เรียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ โดยศึกษา นักเรียนชาย 163 คน นักเรียนหญิง 162 คน ผลการศึกษาพบว่า กลวิธีการเรียนภาษาที่ถูกใช้มากที่สุด คือ กลวิธีการเดาหรือทดแทนสิ่งที่ไม่รู้ กลวิธีที่ถูกใช้น้อยที่สุด คือ กลวิธีการควบคุมอารมณ์ความรู้สึก นักเรียนหญิงจะใช้กลวิธีในการเรียนภาษาได้หลากหลายกว่านักเรียนชาย นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 จะใช้กลวิธีการเดาหรือทดแทนสิ่งที่ไม่รู้และกลวิธีการจำมากกว่า ส่วนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้กลวิธีการจัดการดูแลการเรียนและประเมินผลด้วยตนเอง กลวิธีการเกิดความรู้ความเข้าใจ กลวิธีควบคุมอารมณ์ ความรู้สึกและกลวิธีการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม นักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนสูงจะใช้กลวิธีในการเรียนภาษาบ่อยกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จากการวิจัยจะเห็นว่า เพศ ชั้นปี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะมีความสัมพันธ์กับกลวิธีการเรียนภาษาอย่างมีนัยสำคัญ

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพหุนาม**

ภิญญรัตน์ พงศ์สมัคร(2553 : 143) ได้ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พหุนาม ที่สอนโดยการคัดสรรกลวิธี การสอน โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยการคัดสรรกลวิธีการสอนโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม จาก 4 ห้องเรียน เพื่อทำการทดลองจัดการเรียนการสอนโดยการคัดสรรกลวิธีการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ชนิด คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พหุนาม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 9 แผน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ matched-pairs t-test และ t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่สอนโดยการคัดสรรกลวิธีการสอนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และหลังการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อโนทัย ร่มโพธิ์ภักดิ์ (2553 : 109) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์และแบบแข่งขันเป็นกลุ่ม การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์ ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแข่งขันเป็นกลุ่ม ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์กับแบบแข่งขันเป็นกลุ่ม 4) เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์กับแบบแข่งขันเป็นกลุ่ม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนตลิ่งชันวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 32 คน รวม 64 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์และแบบแข่งขันเป็นกลุ่ม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความเชื่อมั่น 0.826 3) แบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ (ค่าความเชื่อมั่น 0.912) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และการทดสอบที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ระดับ 0.05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแข่งขันเป็นกลุ่ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแข่งขันเป็นกลุ่มสูงกว่าแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบแข่งขันเป็นกลุ่มสูงกว่าแบบแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิภาพร แก้วเนียม (2555 : 89) ได้ศึกษาการสร้างสื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียก เรื่อง พหุนามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียน เรื่อง พหุนามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อหาคุณภาพของสื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียน เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 3) เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน ด้วยการใช้สื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียนเรื่องพหุนามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียนเรื่องพหุนามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยสื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียนเรื่องพหุนาม แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา ปีการศึกษา 2555 จำนวน 35 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) การประเมินคุณภาพสื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียน เรื่อง พหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมากและด้านสื่ออยู่ในระดับดีมาก 2) การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนพบว่า คะแนนสองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 3) การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อมัลติมิเดียแบบเกมฝึกหัดสำหรับการเรียน เรื่องพหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือในสาขาวิชาอื่น**

ปราจรี ประสมศักดิ์ (2553 : 124-125) การประยุกต์ฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุมวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการประยุกต์ฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุมวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน ที่ใช้การตรวจจับฮาร์มอนิกด้วยวิธีทฤษฎีกำลังรีแอกทีฟขณะหนึ่ง สำหรับระบบไฟฟ้ากำลังสามเฟส สมดุลโดยมีการควบคุม การฉีดกระแสชดเชยของวงจรกรองกำลังแอกทีฟด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก เนื่องจากการออกแบบตัวควบคุมดังกล่าวไม่จำเป็นต้องพึ่งพาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ การออกแบบฟังก์ชันแสดงสมาชิกภาพของตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีทางปัญญาประดิษฐ์คือวิธีการค้นหาแบบตาบูเชิงปรับตัว (ATS) การทดสอบ สมรรถนะการควบคุมกระแสชดเชยด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก ดังกล่าว มีการเปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบฮีสเตอรีซีสโดยพึ่งพาการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยผลการจำลองสถานการณ์พบว่า การใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกในการควบคุมการฉีดกระแสชดเชยส่งผลให้ปริมาณกระแสฮาร์มอนิกในระบบเหลือน้อยที่สุดอีกทั้งเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE Std.519-1992 ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ในงานวิจัยได้มีการควบคุมแรงดันบัสไฟตรงของวงจรกรอง กำลังแอกทีฟโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิกเช่นเดียวกัน และการออกแบบฟังก์ชันแสดงสมาชิก ภาพที่เหมาะที่สุดของตัวควบคุมนี้ยังคงใช้วิธีการค้นหาแบบตาบูเชิงปรับตัวเช่นเดียวกับการควบคุมการฉีดกระแสชดเชย ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์ของตัวควบคุมดังกล่าว พบว่า สามารถควบคุมแรงดันบัสไฟตรงได้ตามที่ต้องการ

พบพร กระแสชัย (2555 : 85-87) ระบบผู้เชี่ยวชาญแบบฟัซซี เพื่อการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ เอกสารฉบับนี้ได้มุ่งนำเสนอเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญแบบฟัซซีที่นำมาใช้ประโยชน์ในงานการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับความหมายของระบบผู้เชี่ยวชาญและความหมายของฟัซซีลอจิก การนำฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ จนได้เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญแบบฟัซซี รวมไปถึงได้ศึกษาผลของการนำระบบผู้เชี่ยวชาญแบบฟัซซีไปใช้ในการวินิจฉัยโรค โดยผลการศึกษาพบว่าระบบผู้เชี่ยวชาญแบบ ฟัซซีสามารถใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ได้ดี มีส่วนสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเลือกแนวทางในการรักษาโรคนั้นต่อไป

ยุทธพงศ์ ทัพผดุง (2554 : 93-95 ) ได้ศึกษาการประยุกต์ระบบฟัซซี่ เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยระบบฟัซซี่ ซึ่งปัจจุบันกล่องถ่ายภาพความร้อนได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอย่างกว้างขวางและก็เป็นที่ยอมรับว่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบพบสิ่งผิดปกติก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการกำหนดหลักเกณฑ์ และลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าหลังการตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนนั้นจะอ้างอิงถึงอุณหภูมิของอุปกรณ์ในแต่ละแห่งที่เกิดปัญหากับค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ประเภทเดียวกันที่ใช้งานปกติเป็นหลัก ซึ่งการใช้หลักเกณฑ์ ดังกล่าวไม่สามารถบ่งชี้ถึงระดับความสำคัญ หรือความจำเป็นในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่พบปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าหลังจากตรวจพบสิ่งผิดปกติด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยได้นำปัจจัยอื่น ๆ มาพิจารณาอาทิ เช่น ปริมาณภาระทางไฟฟ้าที่ตรวจพบปัจจุบันและความสำคัญของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดปัญหามาประกอบการพิจารณาแทนที่จะนำค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ตำแหน่งผิดปกติกับอุณหภูมิ อ้างอิงมาพิจารณาเพียงปัจจัยเดียว โดยปัจจัยดังกล่าวได้ถูกนำไปประมวลผลด้วยระบบฟัซซี่ ซึ่งกฏของฟัซซี่ได้สร้างถูกสร้างขึ้นจากผู้มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนโดยตรงและเอาท์พุทของระบบฟัซซี่นั้นจะเป็นการกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนจากการประมวลของระบบฟัซซี่ จากผลทดสอบได้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ระบบฟัซซี่ เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถชี้ระดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์และลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า หลังจากตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนแบบดั่งเดิม ซึ่งถ้าผู้ตรวจสอบระบบไฟฟ้ามีแบ่งลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านการปฏิบัติการการบำรุงรักษาและลดระยะเวลากระแสไฟฟ้าขัดข้องได้อย่างอัตโนมัติ

สรุปได้ว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะส่งผลต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนว่าถ้าจัดการการเรียนการสอนที่ดีก็จะทำให้นักเรียนมีเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีไปด้วย

**งานวิจัยต่างประเทศ**

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์**

Michael (2015 : 15) ได้ศึกษาการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนบนพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมรรถนะของแต่ละคน การเรียนรู้ยังมีความคลุมเครือ ซึ่งในมุมมองของครูผู้สอนยังมีความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับระดับการเรียนรู้ของนักศึกษาแต่ละคน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบ TFAM ซึ่งเป็นการพัฒนาในลักษณะรูปแบบของรูปสามเหลี่ยม สามารถประยุกต์ใช้กับการประเมินในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง จำนวนจริง โดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม และเทคนิคการหาจุดถ่วงน้ำหนัก เพื่อเป็นวิธีการนำไปใช้ในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน สามารถบอกระดับผลการเรียนของนักเรียนได้ และนำหลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในการอธิบายกระบวนการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนจำนวน 30 คน โรงเรียนเทคโนโลยี ของประเทศกรีช โดยใช้เครื่องมือเป็นแบบทดสอบอัตนัย มีจำนวน 10 ข้อ ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม 6 ขั้น ได้แก่ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และ การประเมินค่า ซึ่งนักเรียนทั้งหมด 30 คน จากการทดสอบนักเรียน 2 ครั้ง ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมทั้ง 6 ขั้น ซึ่งทดสอบครั้งที่ 1 ของนักเรียนแต่ละระดับขั้นของบลูมมีค่าเฉลี่ย 20.73, 20.87, 20.17, 18.07, 19 และ 20.87 ตามลำดับ และทดสอบครั้งที่ 2 ของนักเรียนแต่ละระดับขั้นของบลูมมีค่าเฉลี่ย 22.73, 22.5, 20.17, 18.34, 19 และ 21.1 ตามลำดับ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือในวิชาคณิตศาสตร์**

Marolla (1998 : 227) ได้ทำการตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหญิงเกรด7 ที่เรียนในชั้นเรียนหญิงล้วน จำนวน 14 คน

และเรียนในชั้นเรียนแบบผสม จำนวน 17 คน โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนการทำ

แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์แบบปลายเปิด และแบบทดสอบในการแก้ปัญหา ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทั้งสองไม่แตกต่างกัน (ไม่มีนัยสำคัญของความแตกต่าง) กลุ่มทั้งสองได้รับการสอนที่คล้ายคลึงกันในระยะเวลา 7 เดือน ซึ่งประกอบด้วย การสอนแบบแก้ปัญหาซึ่งปฏิบัติเป็นประจำในแต่ละสัปดาห์ (POW) โดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหาขั้นต่อขั้น และมีการใช้รูปแบบคำถามสำหรับการฝึกแก้ปัญหา (OEM) จำนวน 25 ข้อ จากการทดสอบค่าความแตกต่างหลังเรียนโดยใช้ค่าสถิติ t-test พบว่า ค่าเฉลี่ยหลังเรียนระหว่างกลุ่มทั้งสองไม่แตกต่างกัน (ไม่มีนัยสำคัญของความแตกต่าง)

Michael (2011 : 27) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการวัดระดับความสามารถแก้ปัญหา ซึ่งแต่ละคนมีวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแรงจูงใจส่วนตัว ความเชื่อ และอารมณ์ ของแต่ละคน โดยการแก้ปัญหาโดยตรงหรือยังมีความคลุมเครือ ในมุมมองของครูผู้สอนยังมีความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับระดับความสำเร็จของนักเรียนในขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน ด้วยเหตุผลทั้งหมดทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำหลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือในการที่จะอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับอาสาสมัคร 35 คน เป็นนักศึกษา คณะเทคโนโลยีการประยุกต์ ของประเทศกรีช โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 2 ชั่วโมง จากการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการวัดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีนักศึกษาจำนวน 15 คน มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง นักศึกษาจำนวน 12 คน มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง และนักศึกษาจำนวน 8 คน มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูงมาก

Michael (2012 : 25) งานวิจัยนี้ได้ศึกษารูปแบบคลุมเครือสำหรับการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญมากในชีวิตประจำวันของเรา และนักเรียนแต่ละคนมีวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแรงจูงใจส่วนตัว ความเชื่อ และอารมณ์ ของแต่ละคน โดยที่บางคนมีวิธีการแก้ปัญหาโดยตรงหรือบางคนยังมีความคลุมเครือในการแก้ปัญหานั้น ๆ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาทำให้เข้าใจและทราบพฤติกรรมที่เหมาะในการแก้ปัญหา ส่วนในมุมมองของครูผู้สอนยังมีความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับระดับความสำเร็จของนักเรียนในขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน ด้วยเหตุทั้งหมดนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำหลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือและทฤษฎีความไม่แน่นอนมาใช้อธิบายกระบวนการแก้ปัญหา ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัยโดยการเปรียบเทียบรูปแบบการแก้ปัญหาในการทดลอง 2 รูปแบบ คือ รูปแบบคลุมเครือ และรูปแบบสุ่ม ซึ่งมีความสอดคล้องกับขั้นตอนหลักของกระบวนการแก้ปัญหากับเซตคลุมเครือ และชุดภาษา ในพัฒนาการแก้ปัญหาและวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการประยุกต์ ของประเทศกรีซ จำนวน 35 คน โดยให้ทำแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 2 ชั่วโมง จากการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการวัดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีนักศึกษาจำนวน 15 คน มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง นักศึกษาจำนวน 12 คน มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง และนักศึกษาจำนวน 8 คน มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสมบูรณ์ ไมเคิล (Michael. 2013 : 43) ตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นพื้นฐานของทฤษฎีความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ที่เสนอโดย Zadeh ในปี 1965 ที่มีข้อกำหนดความหมายของตรรกะมาตรฐาน การใช้งานที่ถูกสร้างขึ้นหรือการนำมาปรับใช้กับตรรกศาสตร์คลุมเครือที่หลากหลาย และให้โอกาสสำหรับการสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขที่ยังไม่ชัดเจน ในบทความนี้จะมีการพัฒนารูปแบบของฟัซซี (Fuzzy) เพื่อใช้สำหรับประเมินความรู้และทักษะของกลุ่มนักเรียน รูปแบบของการประเมินลักษณะของนักเรียน(ความรู้ใน เรื่อง เนื้อหาสาระ ทักษะการแก้ปัญหา และ ความสามารถในการให้เหตุผลเพื่อเปรียบเทียบ) เป็นการแสดงตัวแปรของฟัซซีสับเซต ในพัฒนาการของประสิทธิภาพของกลุ่มนักเรียน และความเป็นไปได้ของข้อมูลนักเรียนทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ ในลักษณะของการศึกษาจะมีความละเอียดมากทั้งเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ของที่มีประสิทธิภาพของกลุ่มนักเรียน ซึ่งได้จากวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงและกลุ่มของความไม่แน่นอนที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะเป็นการใช้วิธีการของดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification) ในการเปลี่ยนค่าเอาต์พุตของฟัซซีที่ตัวเลขมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ขึ้นอยู่กับวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงที่มีความสัมพันธ์กับจุดศูนย์ถ่วงของกราฟการเป็นฟังก์ชันสมาชิกที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวัดประสิทธิภาของนักเรียน เทคนิคของการประเมินความสามารถที่แตกต่างกันของนักเรียนและตัวอย่างที่จะแสดงให้เห็นถึงผลงานของเราในทางปฏิบัติจริง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ หากผู้เรียนมีการเรียนรู้คณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงจะทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาศักยภาพในการคิดวิเคราะห์ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีการเรียนรู้และมีความคิดสร้างสรรค์

และมีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาระดับระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และเนื่องจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งมีอยู่น้อยมาก โดยเฉพาะในประเทศไทย ที่ยังไม่มีการวิจัย ที่ทำเกี่ยวกับเรื่องนี้ จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำวิจัยในเรื่องการศึกษาระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และทำการศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

**กรอบแนวคิดในการวิจัย**

การศึกษาระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พหุนาม

โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ

**การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ของวิลสัน**

ความรู้ ความจำ

ความเข้าใจ

การนำไปใช้

การวิเคราะห์

การเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

(Fuzzy Logic)

ปัญหาคณิตศาสตร์

ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ต่ำมาก

ต่ำ

กลาง

สูง

สมบูรณ์

ต่ำ

ต่ำ

กลาง

สูง

สมบูรณ์

ปานกลาง

ต่ำ

กลาง

สูง

สมบูรณ์

สูง

ต่ำ

กลาง

สูง

สมบูรณ์

สูงมาก

ต่ำ

กลาง

สูง

สมบูรณ์

**แผนภาพที่ 1** การศึกษาระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 1 เรื่อง พหุนาม โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

**ตัวแปรอิสระ**

**ตัวแปรตาม**

- เพศ

- เกรดวิชาคณิตศาสตร์

- บรรยากาศในชั้นเรียนวิชา

คณิตศาสตร์

- เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

- พฤติกรรมการสอนของครู

คณิตศาสตร์

- กลวิธีในการเรียน

- ความพร้อมในการเรียน

- แรงจูงใจ

ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

**แผนภาพที่ 2** การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1