

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้วิธีการวิจัยแบบการวิจัยและพัฒนา(research and development) ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากประชากรและกลุ่มตัวอย่างโดยแบ่งขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยเป็นสองขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่สอง โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 5 คน

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองและพัฒนาเครื่องมืองานวิจัยในการนำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่พัฒนาไปใช้ ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตบางเขน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 7 ห้อง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้การวิจัย คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม(Cluster Random Sampling) จำนวน 3 ห้องเรียน ซึ่งในแต่ละห้องมีนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ในระดับสูง ปานกลางและต่ำในห้องเดียวกัน โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ดังนี้

1. การทดลองรายบุคคล ผู้วิจัยเลือกนักเรียนที่อาสาสมัครมาทำการทดลองเป็นรายบุคคล โดยทดลองกับนักเรียนจำนวน 3 คน ที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลางและต่ำ ระดับละ 1 คน

2. การทดลองกลุ่มย่อย ผู้วิจัยเลือกนักเรียนที่อาสาสมัครมาทำการทดลองเป็นกลุ่มย่อย โดยทดลองกับนักเรียนจำนวน 9 คน ที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลางและต่ำ ระดับละ 3 คน

3. การทดลองกลุ่มภาคสนาม ผู้วิจัยทดลองกลุ่มภาคสนาม นักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 39 คน ที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลางและต่ำ

### ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต ตามรูปแบบแผนสี่เหลี่ยมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างกรอบในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแผนสี่เหลี่ยมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีแนวทาง ดังนี้

1.1) ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแผนสี่เหลี่ยม การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิต โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัต ทฤษฎีหลักการเรียนรู้เรขาคณิต

1.2) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แนวทางการจัดหลักสูตร สภาพปัญหา ความต้องการที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต การวัดผลและการประเมินผล จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต เพื่อเป็นกรอบของแนวทางในการดำเนินการวิจัยพบว่า

### ด้านหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับเรขาคณิต

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีแนวทางในการจัดทำหลักสูตรคณิตศาสตร์ ดังนี้ ขั้นตอนการสร้างหลักสูตรในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ทางโรงเรียนได้มีการจัดประชุมร่วมกันระหว่างคณาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ทุกคนทั้งระดับโรงเรียน ระดับช่วงชั้น และระดับชั้น โดยในแต่ละระดับชั้นมีอาจารย์ผู้ประสานงาน คือ อาจารย์อาวุโสที่มีประสบการณ์ด้านการสอน เป็นผู้ประสานงานกับอาจารย์ในระดับชั้นทั้งหมด ร่วมกันศึกษาสาระ เนื้อหาคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการที่เหมาะสมกับกับผู้เรียนแต่ละระดับชั้นเพื่อให้สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ พ.ศ. 2544 โดยคำนึงถึงความยากง่าย ความต่อเนื่อง ขอบข่าย และลำดับชั้นของเนื้อหา

การจัดหลักสูตรคณิตศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 3 คณาจารย์ได้ทำการจัดประชุม ร่วมกันจัดเรียงเนื้อหา ทักษะและกระบวนการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียน โดยโรงเรียนเป็นผู้ปรับหลักสูตรคณิตศาสตร์เองให้สอดคล้องกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ กล่าวคือนักเรียนทุกคนได้มีโอกาสเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์เพิ่มเติมพร้อมกัน เมื่อนักเรียนเรียนคณิตศาสตร์จบช่วงชั้นที่ 3 แล้ว นักเรียนจะได้เรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์ รวมทั้งทักษะและกระบวนการครบถ้วนตามหลักสูตร

การจัดหลักสูตรคณิตศาสตร์ ในสาระเรขาคณิตสำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 ลักษณะของการจัดเนื้อหาเป็นแบบบันไดเวียน กล่าวคือ เนื้อหาที่เรียนเริ่มจากเนื้อหาที่ง่ายและเรียนเพิ่มเติมในเนื้อหาที่ยากขึ้นตามลำดับ มีความต่อเนื่องของเนื้อหา เช่น ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื้อหาเรขาคณิตที่นักเรียนได้เรียน ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรขาคณิตเกี่ยวกับ จุด เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง รังสี มุม การสร้างรูปพื้นฐานเกี่ยวกับการสร้างส่วนของเส้นตรง มุม การแบ่งครึ่ง มุม การแปลงทางเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เนื้อหาเรขาคณิต ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เส้นขนาน ความคล้าย การพิสูจน์ทฤษฎีบทเรขาคณิต(ความเท่ากันทุกประการ) และในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื้อหาเรขาคณิต ได้แก่ วงกลม ปริมาตรและพื้นที่ผิว ทั้งนี้ได้เน้นการใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการคิดแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร ไปพร้อม ๆ กัน

### ด้านการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต

ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตในช่วงชั้นที่ 3 ผู้สอนเลือกใช้วิธีสอนที่หลากหลาย ขึ้นกับเนื้อหาเรขาคณิต ในการสอนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับจุด เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง รังสี มุม ผู้สอนเลือกใช้วิธีสอนแบบถามตอบ ในการสอนเรื่องการสร้างรูปพื้นฐานเกี่ยวกับการสร้างส่วนของเส้นตรง มุม การแบ่งครึ่งมุม การแปลงทางเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ การสอนเรื่องรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ผู้สอนเลือกใช้วิธีการสอนแบบสาธิต ประกอบคำถาม การสอนเรื่องเส้นขนาน ความคล้าย ผู้สอนเลือกใช้วิธีสอนแบบถามตอบและ แสดงเหตุผล ทฤษฎีบทเรขาคณิต(ความเท่ากันทุกประการ) วงกลมและการพิสูจน์สมบัติของ วงกลม ผู้สอนเลือกใช้วิธีสอนแบบนิรนัย และแบบอุปนัย การสอนเรื่องปริมาตรและพื้นที่ผิว ผู้สอนเลือกใช้วิธีสอนแบบสาธิตประกอบคำถาม ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตผู้สอน มุ่งเน้นฝึกนักเรียนให้มีการถามตอบและฝึกการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาให้มาก พร้อมทั้งฝึก ทักษะการสังเกต การนิรนัยที่เกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต การเลื่อนทางขนานของรูป การสะท้อนรูป การย่อ-ขยายรูป และการหมุนรูป

### ด้านสื่อการเรียนการสอนเรขาคณิต

เนื้อหาเรขาคณิตที่นักเรียนได้เรียนช่วงชั้นที่ 3 มีเนื้อหาที่ประกอบด้วยการสร้างทาง เรขาคณิต การวัดมุมและความยาว การสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง รังสี มุม การแบ่งครึ่งมุม การสร้างเส้นขนาน ความคล้าย ความเท่ากันทุกประการ การแปลงทางเรขาคณิต ผู้สอนให้ความ เห็นว่าเนื้อหาเรขาคณิตเหล่านี้หากนักเรียนได้เห็นรูปของมุม รูปที่เกิดจากการแปลงทางเรขาคณิต ได้แก่ การเลื่อนทางขนาน การสะท้อนรูป การย่อ/ขยาย และการหมุน อีกทั้งหากนักเรียนได้เป็น ผู้ลงมือปฏิบัติในการสร้างและสำรวจด้วยตนเอง ได้แก่ การวัดมุมและการวัดความยาว การสร้าง เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง รังสี การสร้างเส้นขนาน นักเรียนจะมีความเข้าใจที่ชัดเจนและได้ความ คิดรวบยอดอย่างรวดเร็ว ซึ่งสื่อการเรียนการสอนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันผู้สอนพบว่ายังไม่ค่อยทันสมัย ไม่สนองต่อการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตได้เท่าที่ควร ฉะนั้นถ้าเป็นไปได้ ควรนำสื่อ การเรียนการสอนที่เหมาะสม เช่น การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามีส่วนร่วมในการจัดการเรียน การสอนเรขาคณิต การจัดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์น่าจะทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจที่ชัดเจนและคงทนมากยิ่งขึ้น

### ด้านการวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้เรขาคณิต

การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้เรขาคณิตในปัจจุบัน ใช้เฉพาะข้อสอบเท่านั้น ยังไม่มีการวัดประเมินผลแบบอื่น ได้แก่ การสร้างชิ้นงาน การใช้แฟ้มสะสมงาน ผู้สอนให้ความเห็นว่าหากได้มีการนำวิธีการประเมินทางเลือกแบบอื่นมาใช้ ทำให้การวัดผลและการประเมินผล การเรียนรู้เรขาคณิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### 2. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นโดยเน้นการจัดรูปแบบ การเรียนการสอนที่พัฒนาลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต จำนวน 3 หน่วย ทดลองใช้กับนักเรียนรายบุคคล และกลุ่มย่อย เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 70/70

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 แบบวัดลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิต

2.4 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เรขาคณิต

2.5 แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียน

2.6 แบบประเมินชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิต

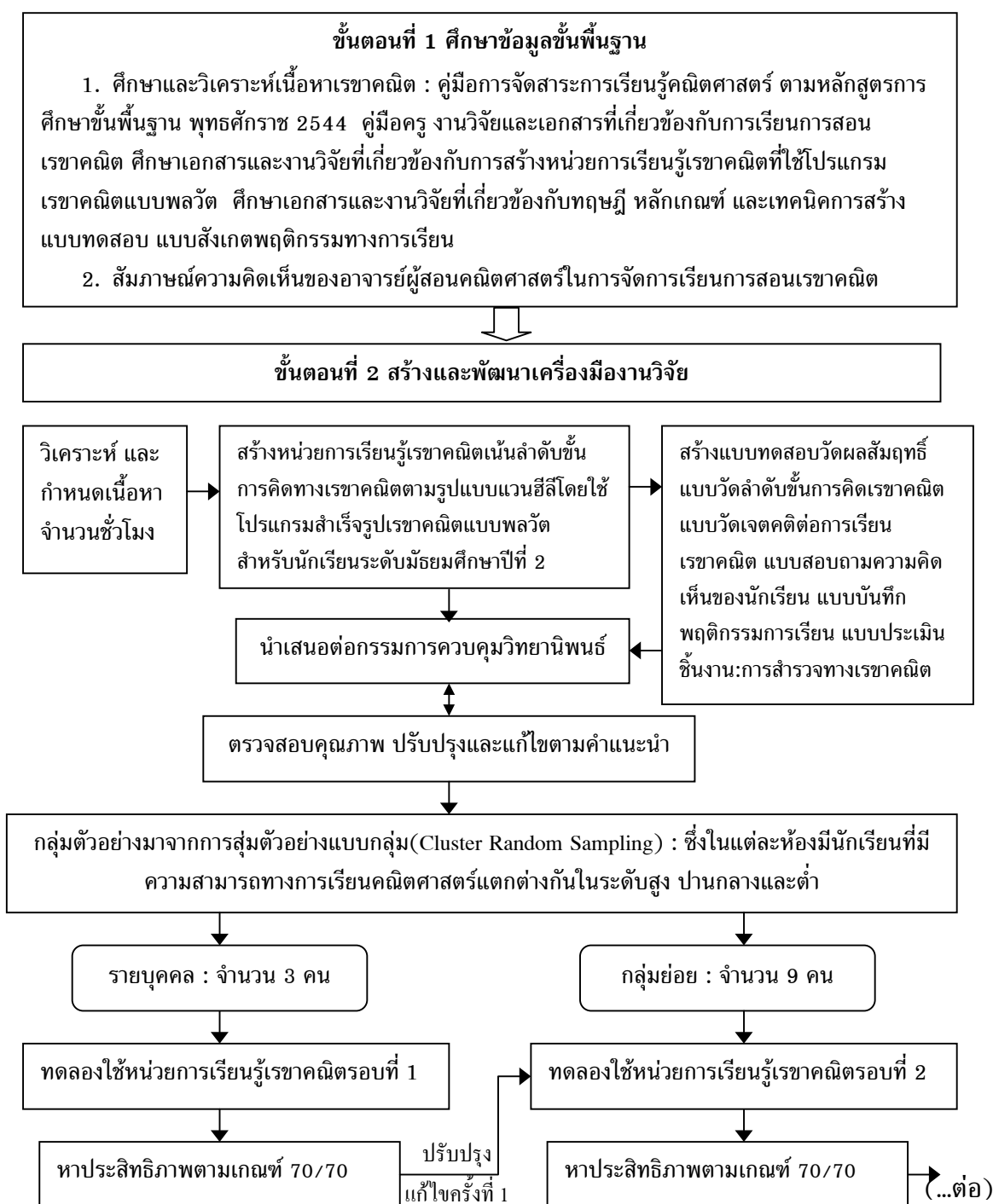
2.7 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

3. การทดลอง ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ได้จากการสร้างและพัฒนาจากการทดลองกับนักเรียนรายบุคคลและกลุ่มย่อย ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มภาคสนาม เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 70/70

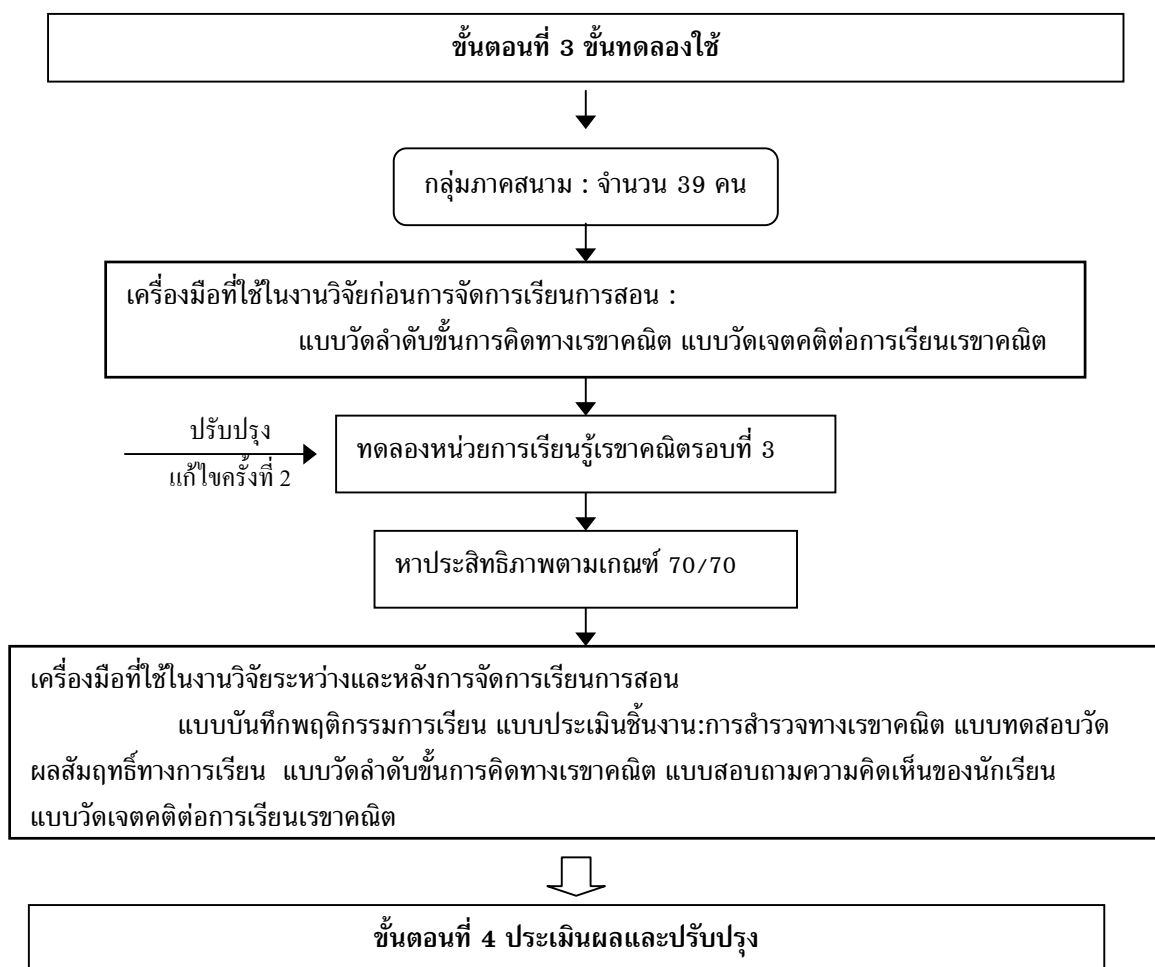
4. การประเมินผลและปรับปรุง ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการนำไปใช้มาพิจารณาปรับปรุงหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตให้สมบูรณ์เพื่อเผยแพร่และนำไปใช้

ผู้วิจัยได้แสดงขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังภาพที่ 5

## ขั้นตอนดำเนินการวิจัย



**ภาพที่ 5** ขั้นตอนการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



**ภาพที่ 5** (ต่อ)

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 8 ชนิด ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดลำดับขั้นการคิดเรขาคณิต แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียน แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต แบบประเมินชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิต แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตเน้นลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีขั้นตอนการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตดังนี้

#### ขั้นตอนที่ 1 ศึกษา/วิเคราะห์เนื้อหา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาเรขาคณิต โดยศึกษาจากคู่มือการจัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ช่วงชั้นที่ 1 – 3 คู่มือครูงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนเรขาคณิตจากตำรา เอกสาร บทความจากวารสาร บทความจากอินเทอร์เน็ต และผลจากการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต การสอนเรขาคณิตโดยเน้นลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีล เทคนิควิธีการสอนเรขาคณิต การใช้สื่อการเรียนรู้เรขาคณิต และการวัดและการประเมินผล

3. ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตต่าง ๆ เช่น โปรแกรมคาบรี (cabri) และโปรแกรมเรขาคณิตสเก็ทชแพด(The Geometer's Sketchpad หรือ GSP) และคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้งานของโปรแกรม

4. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทฤษฎี หลักเกณฑ์ และเทคนิคการสร้างหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัต

5. คัดเลือกโปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้หลังจากผู้วิจัยศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตหลายโปรแกรม พบว่าโปรแกรม GSP เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิตในหลายประเด็น เช่น ตัวเลือกคำสั่งของโปรแกรมเข้าใจง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน คำสั่งการใช้งานเป็นภาษาไทย การจัดเก็บไฟล์งานการสร้างสำเนาเอกสาร การจัดเก็บคำสั่งไว้ใช้ในครั้งต่อไปมีความสะดวก การจัดแบ่งหน้าเอกสาร ฯลฯ

## ขั้นตอนที่ 2 สร้างและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต

1. สร้างหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตในการเรียนการสอนเรขาคณิต กำหนดเนื้อหาและจำนวนชั่วโมงในการเรียนการสอนและการทดสอบทั้งหมด 16 คาบ จัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ มีทั้งหมด 3 หน่วยการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

|                                                                                 |             |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| การทดสอบด้วยแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต | จำนวน 1 คาบ |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เส้นขนาน                                                  | จำนวน 6 คาบ |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความคล้าย                                                 | จำนวน 5 คาบ |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การสำรวจรูปเรขาคณิต                                       | จำนวน 3 คาบ |
| การทดสอบด้วยแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต | จำนวน 1 คาบ |

2. สร้างคู่มือแนะนำการใช้งานโปรแกรม GSP ที่เหมาะสมกับหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอน โดยศึกษาจากหนังสือคู่มือการใช้งาน เอกสาร เนื้อหาการสร้างและการสำรวจทางเรขาคณิตจากเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม GSP นำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนด้านภาษาในการทำความเข้าใจและการปฏิบัติตาม จากนั้นผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขแล้วจัดทำเป็นรูปเล่มและนำขึ้นเว็บไซต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทั้งรูปแบบเอกสารและสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้บนเว็บไซต์ [http://pirun.ku.ac.th/~g4686088/WebGeometric/geo\\_a.htm](http://pirun.ku.ac.th/~g4686088/WebGeometric/geo_a.htm) เพื่อเป็นทางเลือกที่นักเรียนสามารถเรียนรู้การใช้งานโปรแกรม GSP ได้ด้วยตนเอง

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อประธานและกรรมการที่ควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้อง ความชัดเจนด้านภาษา ความเหมาะสมของกิจกรรม เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดผลและการประเมินผล ผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4. นำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผ่านการแก้ไขแล้ว ไปสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่สองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเป็นนักเรียนอาสาสมัคร ที่มีความสามารถทางการเรียน คณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลางและต่ำ เพื่อหาข้อบกพร่องของหน่วยการเรียนรู้และ ตรวจสอบหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 จำนวน 2 รอบ คือ รายบุคคล และกลุ่มย่อย จำนวน 3 คน และ 9 คนตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1) การทดลองกับนักเรียนรายบุคคล

ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่สร้างเพื่อพัฒนาลำดับขั้นตอนการคิดทาง เรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตไปทดลองใช้กับนักเรียนรายบุคคล จำนวน 3 คนที่ร่วมอาสาสมัครทำการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ตรวจสอบข้อบกพร่อง พิจารณาความถูกต้องและความต่อเนื่องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม ภาษาที่ถูกต้องชัดเจน เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน เพื่อนำมาแก้ไขและ ปรับปรุงให้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตมีความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70

ผลการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนรายบุคคลได้  
ข้อสังเกตดังนี้

##### 4.1.1) ด้านประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้

จากการทดลองหาประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับ  
นักเรียนรายบุคคล ได้ผลดังตารางที่ 4 ดังนี้

**ตารางที่ 4** ค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีสส์โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตจากการทดลองกับนักเรียนรายบุคคล

|                       | ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้: รายบุคคล |       |
|-----------------------|------------------------------------------|-------|
|                       | $E_1$                                    | $E_2$ |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 | 80.34                                    | 76.19 |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 | 75.67                                    | 76.19 |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 | 78.25                                    | 76.19 |
| เฉลี่ย                | 78.09                                    | 76.19 |

จากตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต( $E_1/E_2$ )ที่สร้างขึ้นเมื่อทดลองกับนักเรียนรายบุคคล มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 78.09/76.19 ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เท่ากับ 70/70 แล้ว พบว่าหน่วยการเรียนรู้ทั้งสามหน่วยผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่ผู้วิจัยพบว่ายังมีข้อที่ต้องแก้ไขปรับปรุงในบางประเด็นและมีแนวทางในการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1. ในขั้นตอนการสร้างทางเรขาคณิตเพื่อสำรวจรูปเรขาคณิตด้วยโปรแกรม GSP รูปเรขาคณิตบางรูปมีวิธีการสร้างที่ค่อนข้างมีซ้ำซ้อนหลายขั้นตอน ได้แก่ การสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส การสร้างรูปสี่เหลี่ยมคางหมู การสร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน การสร้างรูปสามเหลี่ยมคล้าย ทำให้นักเรียนใช้เวลาในการสร้างมากกว่าการสำรวจ ฉะนั้นผู้วิจัยจึงสร้างรูปดังกล่าวมาให้ล่วงหน้าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งหากนักเรียนต้องการใช้รูปที่สร้างเสร็จ เพื่อประหยัดเวลาในการทำ การสำรวจ

2. การใช้เครื่องมือของโปรแกรม GSP บางเครื่องมือมีขั้นตอนการใช้งานมากกว่าหนึ่งขั้นตอน การลงสีในรูปเรขาคณิต การสร้างเส้นตั้งฉาก การสร้างเส้นขนาน นักเรียนต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และจำขั้นตอนการใช้งานเมื่อใช้เครื่องมือเหล่านั้นในครั้งแรกๆ ฉะนั้นในช่วงแนะนำเครื่องมือของโปรแกรม ผู้วิจัยจึงให้ระยเวลานักเรียนได้ทดลองใช้เครื่องมือจนคุ้นเคย และให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนการสร้างแทนการใช้ความจำเพียงอย่างเดียว

3. โจทย์ในใบกิจกรรม และเอกสารฝึกหัดบางข้อมีคำถามไม่ชัดเจน ระยะทางและความยาวของรูปภาพไม่ตรงกับความเป็นจริง ฉะนั้นผู้วิจัยต้องทำการปรับปรุงแก้ไขคำถามและสร้างรูปให้ตรงกับความเป็นจริง

4. ในชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิต บางชิ้นงานมีการสร้างที่ซ้ำซ้อนกัน ดังใบงาน การสร้างเส้นขนานเพื่อทำการสำรวจมุมภายนอกและมุมภายในที่อยู่ตรงข้ามบนข้างเดียวกันของ เส้นตัด และใบงานการสำรวจมุมแย้ง มีขั้นตอนการสร้างเส้นขนานเหมือนกัน ฉะนั้นผู้วิจัยต้องตัด ขั้นตอนการสร้างที่ซ้ำกันออกไป

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมบางคาบค่อนข้างน้อย กล่าวคือในคาบที่ 3 คาบที่ 6 คาบที่ 13 และคาบที่ 14 มีกิจกรรมการสำรวจมาก ฉะนั้นผู้วิจัยจึงปรับลดชิ้นงาน เพิ่มเวลาในการเรียนการสอน และจองการใช้ห้องคอมพิวเตอร์ให้นักเรียนได้ใช้เพิ่มนอกเหนือจากเวลาเรียน

6. คู่มือการใช้โปรแกรม GSP ที่ผู้วิจัยให้กับนักเรียนไว้เพื่ออ้างอิงการใช้งาน พบว่า นักเรียนให้ความเห็นว่าอ่านไม่สะดวก เนื่องจากคู่มือเขียนเป็นขั้นตอนการปฏิบัติการใช้งาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ นักเรียนมองไม่เห็นภาพหากนำไปอ่านเพื่อปฏิบัติเอง ฉะนั้นผู้วิจัยจึงได้ ปรับปรุงคู่มือให้อยู่ในรูปสื่อมัลติมีเดียบนเว็บไซต์ คือภาพวิดีโอการสอนเครื่องมือGSP และการสร้างทางเรขาคณิต จุด เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง วงกลม การสร้างเส้นขนาน การวัดความยาว การวัดมุมที่เว็บไซต์ของผู้สอน [http://pirun.ku.ac.th/~g4686088/WebGeometric/geo\\_a.htm](http://pirun.ku.ac.th/~g4686088/WebGeometric/geo_a.htm) และนำเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม GSP ในรูป PDF ไปบนเว็บไซต์เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานของนักเรียน

#### 4.1.2) ด้านพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนรายบุคคล

จากการทดลองหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนรายบุคคล พร้อมกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนรายบุคคลโดยมีผู้วิจัย อาจารย์ผู้สอน คณิตศาสตร์ และนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพพร้อมสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน รายบุคคล พบพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ดังนี้

1. นักเรียนทุกคนรู้สึกสนใจและกระตือรือร้นต่อการเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต อย่างมาก นักเรียนสนใจขั้นตอนการสร้างและการสำรวจทางเรขาคณิตด้วยโปรแกรม GSP

2. นักเรียนมีความตั้งใจสังเกต สำรวจ สืบเสาะ สร้างข้อความคาดการณ์และตรวจสอบ ทฤษฎีบทและสมบัติต่าง ๆ ตามใบงาน เอกสารฝึกทักษะและชิ้นงานการสำรวจเรขาคณิต เพื่อ สำรวจมุมตรงข้าม เส้นขนาน การสำรวจผลบวกของมุมภายในบนข้างเดียวกันของเส้นตัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจสมบัติของรูปเรขาคณิต รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ซึ่งเป็นการใช้โปรแกรม GSP ทำให้นักเรียนเห็นรูปชัดเจน สามารถคำนวณ

วัดขนาดมุมและความยาวด้านได้ อีกทั้งการทดลองนักเรียนรายบุคคลนี้มีนักเรียนจำนวนน้อย ฉะนั้นเมื่อนักเรียนพบปัญหาการสร้างหรือสงสัยเนื้อหาเรขาคณิตเรื่องใด นักเรียนสามารถสอบถามผู้วิจัยได้โดยทันที

3. นักเรียนมีการช่วยเหลือกันระหว่างการทำงาน นักเรียนที่มีทักษะการใช้โปรแกรม GSP คล่องจะช่วยอธิบายในเพื่อน ๆ เข้าใจ และแนะนำแนวทางการใช้

4. นักเรียนมีการตั้งข้อคำถาม ตั้งข้อความคาดการณ์ทางเรขาคณิต ดำเนินการสร้างและสำรวจทางเรขาคณิตที่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลี ตามใบกิจกรรมและชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิต กล่าวคือนักเรียนเริ่มเรียนรู้จากขั้น 0 คือ การมองเห็นจากการใช้โปรแกรม GSP นักเรียนได้สร้างและทำการสำรวจรูป ได้ทำการวัดขนาดมุม วัดความยาวด้าน จากนั้นนักเรียนสามารถบอกสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติได้ เป็นการพัฒนาความคิดรวบยอดเกี่ยวกับรูปเรขาคณิต นั่นคือนักเรียนเริ่มมีลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตเข้าสู่ขั้น 1 คือ การวิเคราะห์ และในชิ้นงานสุดท้าย นักเรียนทั้งสามคนได้มีการพัฒนาลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตเข้าสู่ขั้น 2 คือ การพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างไม่เป็นทางการ กล่าวคือนักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบรูปเรขาคณิตได้ตามขั้นตอนการสำรวจรูปเรขาคณิตที่ให้นักเรียนทำ โดยนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงมีความสามารถทำงานตามใบกิจกรรมและชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิตได้เร็วกว่านักเรียนอีกสองคนอย่างชัดเจน

5. ในชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิต นักเรียนได้มีการอภิปรายเกี่ยวกับข้อสังเกตที่นักเรียนค้นพบตามใบงาน นักเรียนได้ปรึกษา แลกเปลี่ยนความรู้ และหาข้อความคาดการณ์ร่วมกัน

#### 4.2) การทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย

ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่สร้างเพื่อพัฒนาลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 9 คนที่ร่วมอาสาสมัครทำการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต หลังทำการแก้ไขปรับปรุงหลังจากการทดลองใช้กับนักเรียนรายบุคคล และตรวจสอบเพิ่มเติมในข้อบกพร่อง พิจารณาความถูกต้องและความต่อเนื่องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม ภาษาที่ถูกต้อง เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน เพื่อนำมาแก้ไขและปรับปรุงให้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตมีความเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70

ผลการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนกลุ่มย่อยได้ข้อสังเกตดังนี้

#### 4.2.1) ด้านประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้

จากการทดลองหาประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนกลุ่มย่อย ได้ผลดังตารางที่ 5 ดังนี้

**ตารางที่ 5** ค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแผนสี่เหลี่ยมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย

|                       | ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้: กลุ่มย่อย |       |
|-----------------------|-------------------------------------------|-------|
|                       | $E_1$                                     | $E_2$ |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 | 81.42                                     | 76.57 |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 | 76.21                                     | 76.57 |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 | 78.45                                     | 76.57 |
| เฉลี่ย                | 78.69                                     | 76.57 |

จากตารางที่ 5 ค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต( $E_1/E_2$ )ที่ทำการแก้ไขปรับปรุงหลังจากการทดลองกับนักเรียนรายบุคคลแล้ว นำมาทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยพบว่าหน่วยการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ  $78.69/76.57$  ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เท่ากับ  $70/70$  พบว่าหน่วยการเรียนรู้ทั้งสามหน่วยผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่ผู้วิจัยพบว่ามีข้อที่ต้องแก้ไขปรับปรุงในบางประเด็นและมีแนวทางในการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1) ในขั้นตอนการวัดความยาวของส่วนของเส้นตรงระหว่างเส้นขนาน เพื่อสำรวจระยะห่างของเส้นขนาน ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในการคลิกเพื่อเลือกวัดความยาวส่วนของเส้นตรงระหว่างเส้นขนาน ฉะนั้นผู้วิจัยจึงสร้างปุ่มการวัดความยาวส่วนของเส้นตรงมาให้ล่วงหน้าเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการตรวจสอบความถูกต้อง

2) ในการเรียนรู้มุมที่เกิดขึ้นเมื่อเส้นตรงสองเส้นขนานกันและมีเส้นตรงตัดกันแล้ว ผู้วิจัยพบว่านักเรียนทดลองวัดมุมเพื่อสังเกตการเท่ากันของมุม ได้แก่ มุมแย้ง มุมภายนอกและมุมภายในที่อยู่ตรงข้ามบนข้างเดียวกันของเส้นตัด มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมที่รวมกันได้  $180$  องศา ด้วยตัวเองโดยใช้โปรแกรม GSP ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพของมุมที่ชัดเจน ฉะนั้นผู้วิจัยจึงสร้างปุ่มการเคลื่อนไหวของมุมเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพขนาดของมุมที่เท่ากันเลื่อนมาทับกันได้สนิทพอดี

3) การเรียนรู้รูปสามเหลี่ยมคล้าย ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถบอกได้ว่ารูปสามเหลี่ยมสองรูปคล้ายกันด้วยเหตุผลใด และคล้ายกันอย่างไร ฉะนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงวิธีการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมคล้ายด้วยตนเองโดยใช้โปรแกรม GSP เพื่อทำการหมุนรูปและย่อ-ขยายรูป พร้อมกับผู้วิจัยใช้การถามตอบประกอบการอธิบาย

4) ในชิ้นงานการสำรวจรูปเรขาคณิต การวัดความยาวส่วนของเส้นตรงบนเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม GSP ทำได้ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากการทับซ้อนกันของส่วนของเส้นตรง และการวัดมุมที่เกิดจากการตัดกันของเส้นทแยงมุมมีหลายมุมที่ต้องการวัด ฉะนั้นผู้วิจัยจึงใช้การทำการสร้างปุ่มลัดในการวัดความยาวและมุมเพื่อความสะดวกในการทำ การสำรวจเป็นทางเลือกให้นักเรียน หากนักเรียนต้องการทำการวัดความยาวและมุมด้วยตัวเองสามารถทำได้เช่นเดียวกัน

5) หลังจากการปรับปรุงคู่มือให้อยู่ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดียบนเว็บไซต์ คือภาพวิดีโอ การสอนเครื่องมือGSPและการสร้างทางเรขาคณิตจากข้อเสนอแนะของนักเรียนในการทดลองกับนักเรียนรายบุคคล ผู้วิจัยพบว่าเมื่อนักเรียนได้เข้าไปในเว็บไซต์เพื่อศึกษาและเรียนรู้ นักเรียนให้ความเห็นว่าควรเพิ่มการสร้างเส้นตั้งฉาก การลงสีรูปเรขาคณิต และวิธีการสร้างรูปเรขาคณิตได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมคางหมู ฉะนั้นผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มเนื้อหาและวิธีการสร้างดังกล่าวให้มากขึ้น

#### 4.2.2) ด้านพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มย่อย

จากการทดลองหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนกลุ่มย่อย พร้อมกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มย่อย โดยมีผู้วิจัย อาจารย์ผู้สอน คณิตศาสตร์ และนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพพร้อมสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มย่อย พบพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ดังนี้

1) นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตด้วยการใช้โปรแกรม GSP ในการสร้างและสำรวจทางเรขาคณิต ตั้งใจสังเกต สำรวจ ตั้งข้อความคาดการณ์ และตรวจสอบตามใบงาน ชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิตและเอกสารฝึกหัด

2) เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยซึ่งมีจำนวนนักเรียนเพิ่มขึ้นจากการทดลองกับนักเรียนรายบุคคล ผู้วิจัยจึงจัดแบ่งนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียน คณิตศาสตร์แตกต่างกันอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยให้นั่งใกล้กันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 คน โดยนักเรียน

แต่ละคนนั่งประจำเครื่องคอมพิวเตอร์คนละเครื่อง เพื่อร่วมกันเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยสังเกตพบว่านักเรียนร่วมกันสังเกต สำรวจ สืบเสาะ ตั้งข้อคาดการณ์และตรวจสอบทฤษฎีบทและสมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต โดยนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงและปานกลางเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและทำได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำในบางหัวข้อในการสร้าง สำรวจ สืบเสาะ ตั้งข้อคาดการณ์และตรวจสอบ ทฤษฎีบทและสมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต

3) นักเรียนมีการพัฒนาลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีเป็นไปตามลำดับขั้นจากการใช้โปรแกรม GSP โดยทำการสร้างและสำรวจทฤษฎีบทและสมบัติต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตตามใบกิจกรรมและชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิต เช่นเดียวกับการทดลองกับนักเรียนรายบุคคล กล่าวคือนักเรียนเริ่มเรียนรู้จากขั้น 0 คือ การมองเห็น โดยนักเรียนสร้างและสำรวจรูปเรขาคณิต ทำการวัดขนาดมุม วัดความยาวด้าน สามารถบอกสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติได้ เป็นการพัฒนาความคิดรวบยอดเกี่ยวกับรูปเรขาคณิต เข้าสู่ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตขั้น 1 คือ การวิเคราะห์ และนักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบรูปเรขาคณิตได้ตามขั้นการสำรวจรูปเรขาคณิตที่ให้นักเรียนทำ นั่นคือนักเรียนได้มีการพัฒนาลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตเข้าสู่ขั้น 2 คือ การพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างไม่เป็นทางการ

4) นักเรียนบางคนในกลุ่มย่อยแอบเล่นอินเทอร์เน็ตระหว่างการเรียนการสอน ฉะนั้นผู้วิจัยจึงตั้งกติกาไว้ล่วงหน้าว่าห้ามนักเรียนเล่นอินเทอร์เน็ต มิฉะนั้นจะทำการลงโทษโดยปรับเงินของนักเรียนที่เล่นอินเทอร์เน็ตไว้เป็นเงินของกองกลางของห้องเรียน และให้นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันดูความประพฤติของเพื่อนในกลุ่ม

5. นำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยมาปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอให้ประธานและกรรมการที่ควบคุมวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องก่อนการนำไปสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มภาคสนาม 1 ห้องเรียน จำนวน 39 คน โดยนักเรียนมีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลางและต่ำ เพื่อหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70

### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อใช้ทดสอบนักเรียนหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้ประกอบด้วยข้อทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เติมคำ และ อัตนัย ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างและการหาคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักเกณฑ์การสร้างแบบทดสอบ เทคนิคการสร้างและการวิเคราะห์ข้อสอบ ปรนัยแบบเลือกตอบ เติมคำ และอัตนัย จากงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ จัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อกำหนดการคัดเลือกข้อสอบให้มีคุณภาพและได้สัดส่วนตามที่กำหนด
3. นำแบบทดสอบที่สร้างเสนอคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบและนำมาแก้ไข รวมทั้งตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้อง ความชัดเจนด้านภาษา ความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสอบ
4. นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2548 จำนวน 80 คน ที่เคยเรียนเนื้อหา เส้นขนาน ความคล้าย และรูปเรขาคณิต เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความง่าย ( $p$ ) และค่าดัชนีอำนาจจำแนก ( $r$ ) โดยมีเกณฑ์ค่าดัชนีความง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าดัชนีอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป จากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาทำการวิเคราะห์ พบว่าข้อสอบบางข้อยังไม่เหมาะสม เช่น ด้านภาษา ความสมจริงของรูปประกอบ ประสิทธิภาพของตัวลง และความยากง่ายของข้อสอบ ผู้วิจัยจึงนำมาทำการปรับปรุงแก้ไข
5. นำผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อมาคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพและปรับปรุงแบบทดสอบแล้วนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 80 คนที่ไม่ใช่กลุ่มแรก และเคยเรียนเนื้อหาเรื่อง เส้นขนาน ความคล้าย และการสำรวจรูปเรขาคณิต แล้วหาค่าดัชนีความง่าย ค่าดัชนีอำนาจจำแนก และความเที่ยงของแบบทดสอบ พบว่าได้ข้อสอบจำนวน 20 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีความง่ายเท่ากับ 0.53 ค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.38 และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับหรือหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - coefficient) ของ Cronbach เท่ากับ 0.82
6. จากนั้นนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### แบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต

ผู้วิจัยได้นำแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีสมาทำการวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนก่อนและหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีสจากหนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาหลักเกณฑ์การสร้างแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต เทคนิคการสร้าง ตัวอย่างแบบวัดลำดับขั้น การวิเคราะห์ข้อทดสอบ เกณฑ์การให้คะแนนลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตจากหนังสือและงานวิจัยต่าง ๆ

3. นำแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตของ Usiskin(1982)มาปรับภาษาและความสอดคล้องของแบบวัด ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อคำถามของแบบวัดลำดับขั้นความคิดมาใช้ในการทดลอง 4 ขั้น คือ ขั้นพื้นฐานหรือขั้น 0 เป็นการมองเห็น (Visualization) ขั้น 1 เป็นการวิเคราะห์ (Analysis) ขั้น 2 เป็นการพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน (Informal Deduction) ขั้น 3 เป็นการพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างมีแบบแผน (Formal Deduction) โดยมีจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ แต่ละขั้นมีจำนวนคำถามขั้นละ 5 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินการผ่านในแต่ละขั้นและเกณฑ์ในการกำหนดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตของ Han และ Senk (Han,1986; Senk,1989) คือ การใช้เกณฑ์ผ่าน 3 ข้อใน 5 ข้อ โดยลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตที่สูงสุดที่ผ่านเกณฑ์ต้องต่อเนื่องกัน เช่น

กรณีที่ 1 นักเรียนคนที่หนึ่งทำแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตในข้อ 1-5 ได้ คะแนน 4 คะแนน ถือว่าผ่านขั้น 0 ในข้อ 6-10 ได้คะแนน 4 คะแนนถือว่าผ่านขั้น 1 แต่ในข้อที่ 11- 15 ได้คะแนน 2 คะแนน ถือว่าไม่ผ่านขั้น 2 ในกรณีนี้ถือว่านักเรียนคนที่หนึ่งมีลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตในขั้น 1

กรณีที่ 2 นักเรียนคนที่สองทำแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตในข้อ 1-5 ได้ คะแนน 3 คะแนน ถือว่าผ่านขั้น 0 ในข้อ 6-10 ได้คะแนน 2 คะแนนถือว่าไม่ผ่านขั้น 1 แต่ในข้อที่ 11- 15 ได้คะแนน 3 คะแนน ในกรณีนี้ถือว่านักเรียนคนที่สองมีลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตในขั้น 0

4. นำแบบทดสอบเสนอต่อประธานและกรรมการที่ควบคุมวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ และนำเสนอต่อประธานและกรรมการที่ควบคุมวิทยานิพนธ์อีกครั้ง แล้วผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไข

#### แบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สร้างแบบบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อใช้บันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้การสอน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบบันทึกพฤติกรรม ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมที่พึงมีของนักเรียนในการเรียนเรขาคณิต เช่น การสังเกต การสำรวจ การสืบเสาะ การสร้างข้อความคาดการณ์
2. สร้างแบบบันทึกพฤติกรรมให้ครอบคลุมพฤติกรรมที่เหมาะสมในการเรียนและแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน เช่น พฤติกรรมสนใจเรียน การทำงานร่วมกับผู้อื่น การตั้งคำถาม สังเกต การสำรวจ การสืบเสาะ การตรวจสอบ การทดลอง การแก้ปัญหา เป็นต้น
3. นำแบบบันทึกพฤติกรรมเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบ และผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไข

#### แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตโดยมีขั้นตอนในการสร้างและการหาคุณภาพดังนี้

1. ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติ และสร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตโดยปรับให้สอดคล้องตามแนวของ Bloom(1976)
2. สร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต จำนวน 40 ข้อ ให้มีความครอบคลุมต่อพฤติกรรมที่แสดงออกต่อเรขาคณิต โดยนำคำถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของเรขาคณิต ประโยชน์ของการเรียนเรขาคณิต รวมทั้งการมีส่วนร่วมในกิจกรรมและการเรียนเรขาคณิต การทำแบบฝึกทักษะ ที่เป็นมาตรวัดประมาณค่า(Likert) ที่มีทั้งข้อความที่เป็นเจตคติด้านบวก และข้อความเจตคติด้านลบ โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนดังนี้

ข้อความที่เป็นเจตคติด้านบวก

|                      |     |   |       |
|----------------------|-----|---|-------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | ให้ | 5 | คะแนน |
| เห็นด้วย             | ให้ | 4 | คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | ให้ | 3 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | ให้ | 2 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ | 1 | คะแนน |

ข้อความที่เป็นเจตคติด้านลบ

|                      |     |   |       |
|----------------------|-----|---|-------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | ให้ | 1 | คะแนน |
| เห็นด้วย             | ให้ | 2 | คะแนน |
| ไม่แน่ใจ             | ให้ | 3 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย          | ให้ | 4 | คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ | 5 | คะแนน |

3. นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาข้อความ ความชัดเจนของภาษาและลำดับของข้อความ แล้วผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีใช่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 80 คน เพื่อหาค่าความเที่ยง โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - coefficient) ของ Cronbach จากการใช้แบบวัดเจตคติมาวิเคราะห์พบว่าแบบวัดเจตคติมีความเหมาะสม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงเท่ากับ 0.94

### แบบประเมินชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิต

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิตเพื่อใช้ประเมินชิ้นงานที่นักเรียนสร้างจำนวนทั้งหมด 8 ชิ้นงาน ดังนี้ การสร้างและสำรวจมุมตรงข้าม การสร้างและสำรวจเส้นขนาน การสร้างและสำรวจเส้นขนาน: มุมแย้งภายในและมุมแย้งภายนอก การสร้างและสำรวจเส้นขนาน: มุมภายในข้างเดียวกันของเส้นตัดรวมกันได้ 180 องศา การสร้างและสำรวจเส้นขนาน: มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมรวมกันได้ 180 องศา การสร้างและสำรวจรูปสามเหลี่ยมคล้าย การสร้างและสำรวจรูปเรขาคณิต และการสร้างภาพสวยด้วยโปรแกรม GSP ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบประเมินชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิตดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินชิ้นงานของนักเรียนในการเรียนเรขาคณิต
2. สร้างแบบประเมินชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิต โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ครอบคลุมความเหมาะสมของชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น
3. แบบประเมินชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิต เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและผู้นิพนธ์นำมาปรับปรุงแก้ไข
4. นำแบบประเมินชิ้นงานการสำรวจทางเรขาคณิตไปใช้จริง

#### แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต

ผู้นิพนธ์สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต เพื่อสอบถามข้อมูล ปัญหา อุปสรรค ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต การสร้างหลักสูตร การสร้างหน่วยการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะ แนวทางแก้ไข เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างกรอบแนวคิดการวิจัย ในงานวิจัยครั้งนี้ได้สัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผู้นิพนธ์ดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาสภาพ แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตในประเทศและต่างประเทศ ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การจัดหลักสูตรสำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3
2. สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต ตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับการสร้างหลักสูตรคณิตศาสตร์ของโรงเรียนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรขาคณิต เนื้อหาเรขาคณิตที่เป็นพื้นฐานสำคัญ ทักษะที่จำเป็นในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต วิธีการสอน สื่อ และการวัดประเมินผลที่เหมาะสม
3. นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความชัดเจนทางภาษา ความถูกต้องและผู้นิพนธ์นำมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตไปใช้จริง

### แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต เพื่อสอบถามความคิดเห็น ปัญหาอุปสรรค ในการจัดการเรียนการสอนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยทำการสอบถามนักเรียนหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาตำรา เอกสารที่เกี่ยวกับการสัมภาษณ์ การตั้งประเด็นคำถาม แนวทางการสัมภาษณ์
2. สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต โดยตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน ความเหมาะสมของการใช้สื่อเรขาคณิตแบบพลวัต การกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ เป็นต้น โดยรูปแบบคำถามเป็นลักษณะการให้อันดับความคิดเห็น และคำถามที่มีลักษณะปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่
3. นำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความชัดเจนทางภาษา ความถูกต้องและผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไข
4. นำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตและไปใช้จริง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์จากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ติดต่อกับฝ่ายวิชาการโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัย

2. ผู้วิจัยติดต่ออาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน เพื่อนัดทำการสัมภาษณ์ความคิดเห็นในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต ปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างกรอบแนวคิดการวิจัย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต

3. ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่สร้างและพัฒนาขึ้นที่เน้นลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 หน่วย ไปดำเนินการสอนและทดสอบทั้งหมด 3 รอบ โดยทำการทดลองครั้งละหนึ่งรอบ แต่ละรอบใช้เวลา 16 คาบ คาบละ 50 นาที วันละ 1 คาบ เพื่อหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต มีรายละเอียดดังนี้

รอบที่ 1 : รายบุคคล : ดำเนินการสอนกับนักเรียนจำนวน 3 คนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ระดับละ 1 คน ตั้งแต่วันที่ 14 พฤศจิกายน 2548 – 7 ธันวาคม 2548 ช่วงเช้าก่อนเข้าเรียน วันละ 1 คาบ

รอบที่ 2 : กลุ่มย่อย : ดำเนินการสอนกับนักเรียนจำนวน 9 คนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ระดับละ 3 คน ตั้งแต่วันที่ 9 ธันวาคม 2548 – 13 มกราคม 2549 ช่วงเช้าก่อนเข้าเรียน วันละ 1 คาบ

รอบที่ 3 : กลุ่มภาคสนาม : ดำเนินการสอนกับนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ จำนวน 39 คน ตั้งแต่วันที่ 16 มกราคม 2549 – 14 กุมภาพันธ์ 2549 ช่วงเวลาตามคาบเรียนปกติ วันละ 1 คาบ

การเก็บรวบรวมข้อมูลในรอบที่ 1 และรอบที่ 2 ของการจัดการเรียนการสอนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ขณะเรียนหน่วย

การเรียนรู้เรขาคณิตแต่ละหน่วย ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ประจำชั้น และนิสิตฝึกสอน ได้ร่วมกันสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน โดยบันทึกลงในแบบบันทึกพฤติกรรมการเรียน และช่วงที่สองหลังเรียนจบหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

สำหรับรอบที่ 3 ของการจัดการเรียนการสอนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่หนึ่ง ก่อนเริ่มเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดลำดับขั้นคิดทางเรขาคณิตและแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต ช่วงที่สอง ขณะเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตแต่ละหน่วย ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ และนิสิตฝึกสอน ได้ร่วมกันสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน โดยบันทึกลงในแบบบันทึกพฤติกรรมการเรียน และช่วงสุดท้ายหลังเรียนจบหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิต และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

4. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์และประเมินผล หาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ ผลของแบบวัดลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต ผลของเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตของนักเรียน และผลของความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยดำเนินการดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิต

2. การหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต โดยใช้สูตร  $\frac{E_1}{E_2}$  (ฉลองชัย, 2528; อธิพร, 2529; บุปชาติและคณะ, 2544)

$$E_1 = \frac{\bar{X}}{A} \times 100$$

เมื่อ

$E_1$  แทน ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในสื่อหรือหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้ทำในใบกิจกรรม เอกสารฝึกหัด และ ชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิตของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ระหว่างการเรียนทุกชิ้นรวมกัน

$\bar{X}$  แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดจากการทำใบกิจกรรม เอกสารฝึกหัด และชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับมอบหมาย

$A$  แทน คะแนนเต็มของใบกิจกรรม เอกสารฝึกหัด และชิ้นงาน:การสำรวจทางเรขาคณิตของหน่วยการเรียนรู้ทุกชิ้นรวมกัน

$$E_2 = \frac{\bar{F}}{B} \times 100$$

เมื่อ

$E_2$  แทน ค่าประสิทธิภาพขั้นสุดท้ายในการเปลี่ยนพฤติกรรมผู้เรียน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้ทำในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

$\bar{F}$  แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียน

$B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ไว้ 70/70 ทั้งนี้เกณฑ์ในการประเมินประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ ฉลองชัย (2528) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพไว้ 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ เมื่อหน่วยการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้มากกว่า 2.5% ในกรณีนี้ค่าประสิทธิภาพแต่ละค่ามีค่าสูงกว่า 72.5

กรณีที่ 2 หน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ เมื่อหน่วยการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5% ในกรณีนี้ค่าประสิทธิภาพแต่ละค่ามีค่าระหว่าง 70.0 ถึง 72.5

กรณีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อหน่วยการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5% ในกรณีนี้ค่าประสิทธิภาพแต่ละค่ามีค่าระหว่าง 67.5 ถึง 70.0 ซึ่งถือว่ายังมีประสิทธิภาพยอมรับได้

3. การเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต โดยใช้สถิติ match-paired t-test ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}, df=n-1$$

เมื่อ  $t$  คือ ค่าที่ใช้ในการพิจารณา t distribution

$D$  คือ ผลต่างของคะแนนเจตคติที่เกิดก่อนทำการสอนและหลังสอน

$\sum D$  คือ ผลรวมของคะแนนเจตคติที่เกิดก่อนทำการสอนและหลังสอน

$\sum D^2$  คือ ผลรวมของกำลังสองของคะแนนเจตคติที่เกิดก่อนทำการสอนและหลังสอน

$(\sum D)^2$  คือ กำลังสองของผลรวมของคะแนนเจตคติที่เกิดก่อนทำการสอนและหลังสอน

$n$  คือ จำนวนนักเรียน