

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอ เป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.1) ผลของประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต

1.2) ผลของแบบการประเมินพฤติกรรมการเรียน

ตอนที่ 2 ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต

ตอนที่ 3 เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรขาคณิต

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่สร้างเพื่อพัฒนาลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มภาคสนามหนึ่งห้องเรียน จำนวน 39 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตหลังทำการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองใช้กับนักเรียนรายบุคคลและนักเรียนกลุ่มย่อย เพื่อตรวจ

สอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 และสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนได้ผลดังต่อไปนี้

1.1) ผลของประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต

จากการทดลองหาประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนกลุ่มภาคสนาม ได้ผลดังตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 6 ค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแผนฮิลีโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มภาคสนาม

	ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้: กลุ่มภาคสนาม	
	E_1	E_2
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	79.73	72.63
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	73.30	72.63
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	73.39	72.63
เฉลี่ย	75.81	72.63

จากตารางที่ 6 ค่าประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต(E_1/E_2)ที่ทำการแก้ไขปรับปรุงหลังจากการทดลองกับนักเรียนรายบุคคลและกลุ่มย่อยแล้ว นำมาทดลองกับนักเรียนกลุ่มภาคสนาม พบว่าหน่วยการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 75.81/72.63 ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เท่ากับ 70/70 พบว่าหน่วยการเรียนรู้ทั้งสามหน่วยผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน

1.2) ด้านพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม

จากการทดลองหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตกับนักเรียนกลุ่มภาคสนามพร้อมกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม โดยมีผู้วิจัย อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์ และนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพพร้อมสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม พบพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ดังนี้

1) นักเรียนส่วนใหญ่รู้สึกตื่นเต้นที่ได้มีการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งชั้นเรียน นักเรียนมีความสนใจเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตด้วยการใช้โปรแกรม GSP ด้วยลักษณะเด่นของโปรแกรมที่เป็นพลวัต นักเรียนใช้โปรแกรมสร้างและสำรวจทฤษฎีบทและรูปเรขาคณิต ตั้งใจสังเกต สำรวจ ตั้งข้อความคาดการณ์และตรวจสอบตามใบงาน ชิ้นงาน การสำรวจทางเรขาคณิตและเอกสารฝึกหัด

2) เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ทดลองกับนักเรียนกลุ่มภาคสนามซึ่งมีนักเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่าการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยมาก ผู้วิจัยจึงจัดแบ่งนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถทางคอมพิวเตอร์แตกต่างกันอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ให้นั่งใกล้กันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน โดยนักเรียนแต่ละคนนั่งประจำเครื่องคอมพิวเตอร์คนละเครื่อง เพื่อร่วมกันเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ผู้วิจัยสังเกตพบว่านักเรียนในกลุ่มร่วมกันสังเกต สำรวจ สืบเสาะ ตั้งข้อความคาดการณ์และตรวจสอบทฤษฎีบทและสมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิตอย่างดี โดยนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงและปานกลางเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและทำได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำในบางหัวข้อในการสร้าง สำรวจ สืบเสาะ ตั้งข้อความคาดการณ์และตรวจสอบทฤษฎีบทและสมบัติต่าง ๆ ทางเรขาคณิต

3) นักเรียนมีการพัฒนาลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลีเป็นไปตามลำดับขั้นจากการใช้โปรแกรม GSP เมื่อทำการสร้าง สำรวจทฤษฎีบทเส้นขนาน ความคล้ายและสมบัติต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตตามใบกิจกรรมและชิ้นงาน: การสำรวจทางเรขาคณิต และการเน้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบแวนฮิลี ซึ่งสามารถเปรียบเทียบพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกับลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลี สรุปได้ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1: เส้นขนาน:

ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตขั้นพื้นฐานหรือขั้น 0 เป็นขั้นการมองเห็นนักเรียนได้สร้างเส้นขนานด้วยโปรแกรม GSP นักเรียนสามารถบอกชื่อมุมที่เกิดขึ้นจากเส้นตรงที่ตัดเส้นขนานได้ ซึ่งได้แก่ มุมภายนอก มุมภายใน มุมแย้ง นักเรียนได้ลงมือสำรวจหรือวัดขนาดของมุมที่เกิดขึ้น

ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตขั้น 1 เป็นขั้นการวิเคราะห์ นักเรียนได้สำรวจทฤษฎีบทของเส้นขนาน ตรวจสอบและบอกความสัมพันธ์ระหว่างมุม ได้แก่ มุมภายในข้างเดียวกันของ

เส้นตัดรวมกันได้ 180 องศา มุมภายนอกและมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดมีค่าเท่ากัน

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 2 เป็นชั้นการพิสูจน์นิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน นักเรียนได้สำรวจมุมที่เกิดจากเส้นตรงที่ตัดเส้นขนาน แล้วนักเรียนรู้ถึงความแตกต่างระหว่างข้อความและบทกลับ ได้แก่ ถ้ามุมภายนอกและมุมภายในที่อยู่ตรงข้ามบนข้างเดียวกันของเส้นตัดมีขนาดเท่ากันแล้ว ดังนั้นเส้นตรงขนานกัน และ ถ้าเส้นตรงขนานกันแล้ว ดังนั้นมุมภายนอกและมุมภายในที่อยู่ตรงข้ามบนข้างเดียวกันของเส้นตัดมีขนาดเท่ากัน

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 3 เป็นการพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างมีแบบแผน นักเรียนได้ทำการพิสูจน์ทฤษฎีบท มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมรวมกันได้ 180 องศา โดยใช้สมบัติของเส้นขนานทำการพิสูจน์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 : ความคล้าย

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้นพื้นฐานหรือชั้น 0 เป็นการมองเห็นนักเรียนได้สร้างรูปสามเหลี่ยม และรูปสามเหลี่ยมคล้ายด้วยโปรแกรม GSP การเรียกชื่อรูปสามเหลี่ยม นักเรียนสามารถบอกชื่อมุม

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 1 เป็นชั้นการวิเคราะห์ นักเรียนได้สำรวจความสัมพันธ์ของด้านและมุม เพื่อหาอัตราส่วนด้านที่สมนัย

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 2 เป็นชั้นการพิสูจน์นิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน นักเรียนได้สำรวจมุมและด้านของรูปสามเหลี่ยมและของรูปสามเหลี่ยมคล้าย แล้วนักเรียนเข้าใจความแตกต่างระหว่างข้อความและบทกลับ ได้แก่ ถ้ารูปสามเหลี่ยมสองรูปใดคล้ายกัน อัตราส่วนของความยาวด้านคู่ที่อยู่ตรงข้ามมุมคู่ที่เท่ากันจะเท่ากัน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 : การสำรวจรูปเรขาคณิต

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้นพื้นฐานหรือชั้น 0 เป็นชั้นการมองเห็น นักเรียนได้สร้างรูปเรขาคณิต คือรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมด้วยโปรแกรม GSP นักเรียนสามารถเปรียบเทียบและจัดประเภทของรูปในภาพรวมได้

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 1 เป็นชั้นการวิเคราะห์ นักเรียนได้สังเกต และสำรวจสมบัติของรูปสามเหลี่ยม ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก รูปสี่เหลี่ยม ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมคางหมู รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว นักเรียนสังเกตลักษณะเฉพาะของรูปเรขาคณิตได้ และตรวจสอบความสัมพันธ์ส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตด้วยโปรแกรม GSP ได้แก่ นักเรียนสังเกตได้ว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีด้านที่เท่ากันสี่ด้าน และมุมสี่มุมเป็นมุมฉาก นักเรียนบอกเงื่อนไขเฉพาะเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตได้ โดยพิจารณาจากสมบัติของรูปเรขาคณิต

ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 2 เป็นชั้นการพิสูจน์นัยอย่างไม่เป็นแบบแผน นักเรียนได้เรียงอันดับกลุ่มของรูปเรขาคณิต การเชื่อมโยงสมบัติต่าง ๆ ด้วยการใช้แผนภูมิต้นไม้ให้เหตุผลสำหรับรูปเรขาคณิตที่แตกต่างกัน

4) เนื่องจากนักเรียนกลุ่มภาคสนามเป็นนักเรียนกลุ่มใหญ่ นักเรียนบางคนที่นั่งอยู่ห่างจากกระดานที่ฉายหน้าจอคอมพิวเตอร์ไม่ค่อยสนใจเรียน ทำใบงานล่วงหน้า หรือแอบเล่นอินเทอร์เน็ต ฉะนั้นในช่วงที่ผู้วิจัยสอนหรืออธิบายหน้าชั้นเรียน ผู้วิจัยให้นักเรียนเลื่อนเก้าอี้เข้ามานั่งฟังใกล้กระดาน เพื่อดึงดูดความสนใจและให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งก่อนลงมือปฏิบัติ หรือสรุปความเข้าใจหลังจากการปฏิบัติ และให้นักเรียนภายในกลุ่มดูแลกันและกัน พบว่านักเรียนมีความสนใจ เข้าใจเนื้อหา และขั้นตอนการสร้าง สำรวจ ด้วยโปรแกรม GSP ดีขึ้น

ตอนที่ 2 ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต

ผลของแบบวัดลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนก่อนและหลังการเรียน หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผลดังนี้

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตก่อนและหลังการเรียน
หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม(จำนวน 39 คน)

		ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต			
		ชั้น 0	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
ก่อนการทดลอง	จำนวน	9	16	12	2
	ร้อยละ	23.08	41.03	30.76	5.13
หลังการทดลอง	จำนวน	3	11	22	3
	ร้อยละ	7.69	28.21	56.41	7.69

จากตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนก่อนและหลัง การเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม พบว่านักเรียนที่มีลำดับชั้นการคิด ทางเรขาคณิตชั้น 0 และ ชั้น 1 มีจำนวนลดลงหลังจากการทดลองเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ที่สร้างและพัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในชั้นเรียนมีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตเพิ่มขึ้นอยู่ ในลำดับชั้น 2 มากที่สุดเป็นร้อยละ 56.41 และ เพิ่มในลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตในลำดับชั้น 3 เป็นร้อยละ 7.69

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดการคงที่และการเพิ่มขึ้นของลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต แต่ละลำดับชั้น พบข้อสังเกตดังตารางที่ 8 ดังนี้

ตารางที่ 8 การคงที่และการเพิ่มขึ้นของลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตก่อนและหลังการเรียน หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม(จำนวน 39 คน)

		ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต							
		ชั้น 0		ชั้น 1		ชั้น 2		ชั้น 3	
ก่อนการทดลอง	จำนวน	9		16		12		2	
หลังการทดลอง	จำนวน	3		11		22		3	
		คงที่	เพิ่มขึ้น	คงที่	เพิ่มขึ้น	คงที่	เพิ่มขึ้น	คงที่	เพิ่มขึ้น
	จำนวน	3	–	6	5	11	11	2	1
	ร้อยละ	7.69	–	15.38	12.82	28.21	28.21	5.13	2.56

จากตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาการคงที่และการเพิ่มขึ้นของลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต ก่อนและหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต พบข้อสังเกต 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 นักเรียนมีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีสส์คงที่ พบว่าร้อยละ ของลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตที่คงที่มากที่สุด คือ ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 2 คิดเป็น ร้อยละ 28.21 ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 1 คิดเป็นร้อยละ 15.38 ลำดับชั้นการคิดทาง เรขาคณิตชั้น 0 คิดเป็นร้อยละ 7.69 และลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 3 คิดเป็นร้อยละ 5.13 ตามลำดับ

กรณีที่ 2 นักเรียนมีขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์เพิ่มขึ้น โดยลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตได้เปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้นทีละหนึ่งขั้น ดังนี้ ชั้น 0 เป็นชั้น 1 จากชั้น 1 เป็นชั้น 2 จากชั้น 2 เป็นชั้น 3 ทั้งนี้ไม่มีนักเรียนคนใดเปลี่ยนข้ามขั้นเกินหนึ่งขั้น และพบว่าร้อยละของขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ

การเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตจากชั้น 1 เป็นชั้น 2 คิดเป็นร้อยละ 28.21

การเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตจากชั้น 0 เป็นชั้น 1 คิดเป็นร้อยละ 12.82

การเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตจากชั้น 2 เป็นชั้น 3 คิดเป็นร้อยละ 2.56

ผลการวิจัยจากตารางที่ 7 และตารางที่ 8 สังกัดได้นักเรียนที่เรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตเน้นการเรียนรู้ตามรูปแบบแวนฮิลล์สามารถพัฒนาลำดับขั้นตอนการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์

ตอนที่ 3 เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรขาคณิต

ผลของการเปรียบเทียบเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรขาคณิตก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตได้ผลดังนี้

ตารางที่ 9 คะแนนของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตก่อนและหลังการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม(จำนวน 39 คน)

	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	p
ก่อนการทดลอง	3.2654	0.1605	5.808	0.000
หลังการทดลอง	3.4365	0.2500		

จากตารางที่ 9 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนกลุ่มภาคสนามหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและก่อนการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยใช้สถิติ match-paired t-test แสดงว่า หน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเรขาคณิตที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในทางดีขึ้น

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต

ผลของความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตได้ผลดังนี้

ตารางที่ 10 ผลของความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตของนักเรียนรายบุคคล กลุ่มย่อย และกลุ่มภาคสนาม

ข้อความ	ประเภทของกลุ่ม		ระดับความคิดเห็น				
			เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. กิจกรรมการเรียนรู้การสอนได้มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติสำรวจ สืบเสาะ และพัฒนาความคิดทางเรขาคณิต	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	1	8	-	-	-
		ร้อยละ	11.1	88.9	-	-	-
	กลุ่มภาคสนาม	จำนวน	11	27	1	-	-
		ร้อยละ	28.2	69.2	2.6	-	-
2. กิจกรรมได้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน	รายบุคคล	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100	-	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	1	8	-	-	-
		ร้อยละ	11.1	88.9	-	-	-
	กลุ่มภาคสนาม	จำนวน	10	26	-	-	-
		ร้อยละ	25.6	66.7	-	-	-
3. การใช้ภาษาและการยกตัวอย่างของอาจารย์สื่อความหมายให้นักเรียนเข้าใจได้ดี	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	4	5	-	-	-
		ร้อยละ	44.4	55.6	-	-	-
	กลุ่มภาคสนาม	จำนวน	16	22	1	-	-
		ร้อยละ	41.0	56.4	2.6	-	-

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อความ	ประเภท ของกลุ่ม		ระดับความคิดเห็น				
			เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่แน่ ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
4. กิจกรรมการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนได้ทำงานกลุ่มร่วมกัน ฝึกให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา	รายบุคคล	จำนวน	-	3	-	-	-
		ร้อยละ	-	100	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	-	6	3	-	-
		ร้อยละ	-	66.7	33.3	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	12	16	11	-	-
		ร้อยละ	30.8	41.0	28.2	-	-
5. กิจกรรมได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ของการเรียนเรขาคณิต ที่นำมาใช้ในชีวิตรประจำวัน	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	1	7	1	-	-
		ร้อยละ	11.1	77.8	11.1	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	22	9	8	-	-
		ร้อยละ	56.4	23.1	20.5	-	-
6. การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตเป็นสื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้ในชั้นเรียนมีความเหมาะสม	รายบุคคล	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100	-	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	5	4	-	-	-
		ร้อยละ	55.6	44.4	-	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	16	19	2	2	-
		ร้อยละ	41	48.7	5.1	5.1	-
7. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและสืบเสาะ ทางเรขาคณิตได้มากยิ่งขึ้น	รายบุคคล	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100	-	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	3	5	1	-	-
		ร้อยละ	33.3	55.6	11.1	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	17	12	10	-	-
		ร้อยละ	43.6	30.8	25.6	-	-
8. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น	รายบุคคล	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100	-	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	4	5	-	-	-
		ร้อยละ	44.4	55.6	-	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	24	13	2	-	-
		ร้อยละ	61.5	33.3	5.1	-	-

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อความ	ประเภท ของกลุ่ม		ระดับความคิดเห็น				
			เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่แน่ ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
9. นักเรียนได้เรียนรู้และ เข้าใจเนื้อหาเรขาคณิต ได้โดยง่าย เมื่อใช้ โปรแกรมเรขาคณิต แบบพลวัต	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	3	6	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	11	22	6	-	-
		ร้อยละ	28.2	56.4	15.4	-	-
10. นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติ ในกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยตนเอง	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	3	6	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	24	13	2	-	-
		ร้อยละ	61.5	33.3	5.1	-	-
11. การใช้โปรแกรม เรขาคณิตแบบพลวัต เป็นสื่อในการเรียนรู้ เป็นการกระตุ้นการ เรียนรู้ให้นักเรียนเกิด การถาม – ตอบ กับ อาจารย์และเพื่อนมาก ยิ่งขึ้น	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	3	5	1	-	-
		ร้อยละ	33.3	55.6	11.1	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	14	15	10	-	-
		ร้อยละ	35.9	38.5	25.6	-	-
12. เมื่อใช้โปรแกรม เรขาคณิตแบบพลวัต เป็นสื่อในการเรียนรู้ นักเรียนรู้สึกสนุก และ อยากเรียนรู้ยิ่งขึ้น	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	5	4	-	-	-
		ร้อยละ	55.6	44.4	-	-	-
	กลุ่มภาค สนาม	จำนวน	18	15	6	-	-
		ร้อยละ	46.2	28.5	15.4	-	-
13. เวลาที่ใช้ในการจัดกั กิจกรรมการเรียนการสอน มีความเหมาะสม	รายบุคคล	จำนวน	1	2	-	-	-
		ร้อยละ	33.3	66.7	-	-	-
	กลุ่มย่อย	จำนวน	1	3	4	1	-
		ร้อยละ	11.1	33.3	44.4	11.1	-

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อความ	ประเภท ของกลุ่ม		ระดับความคิดเห็น				
			เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่แน่ ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
	กลุ่มภาค	จำนวน	10	19	5	5	
	สนาม	ร้อยละ	25.6	48.7	12.8	12.8	-
14. นักเรียนอยากให้มีการ ใช้โปรแกรมเรขาคณิต แบบพลวัตต่อไปใน เนื้อหาอื่น ๆ เช่นกัน	รายบุคคล	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100				
	กลุ่มย่อย	จำนวน	7	2	-	-	-
		ร้อยละ	77.8	22.2			
	กลุ่มภาค	จำนวน	13	18	8	-	-
		ร้อยละ	33.3	46.2	20.5		
	สนาม	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100				
15. นักเรียนเห็นประโยชน์ ของการเรียนเรขาคณิต ที่สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	รายบุคคล	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100				
	กลุ่มย่อย	จำนวน	9	-	-	-	-
		ร้อยละ	100				
	กลุ่มภาค	จำนวน	18	14	7	-	-
		ร้อยละ	46.2	35.9	17.9		
	สนาม	จำนวน	3	-	-	-	-
		ร้อยละ	100				

จากตารางที่ 10 ผลของความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตของนักเรียนรายบุคคล กลุ่มย่อย และกลุ่มภาคสนาม พบว่าร้อยละของนักเรียนโดยส่วนใหญ่ในแต่ละกลุ่มมีความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ความคิดเห็นของนักเรียนรายบุคคล

ความคิดเห็นของนักเรียนรายบุคคลที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตที่ระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง คือ กิจกรรมได้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นขั้นตอน การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตเป็นสื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้ในชั้นเรียนมีความเหมาะสม การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและสืบเสาะ ทางเรขาคณิตได้มากยิ่งขึ้น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น และนักเรียนเห็นประโยชน์ของการเรียนเรขาคณิตที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มย่อย

ความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มย่อยที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตที่ระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง คือ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตเป็นสื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้ในชั้นเรียนมีความเหมาะสม เมื่อใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตเป็นสื่อในการเรียนรู้ นักเรียนรู้สึกสนุก และอยากเรียนรู้ยิ่งขึ้น นักเรียนอยากให้มีการใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตต่อไปในเนื้อหาอื่น ๆ เช่นกัน และนักเรียนเห็นประโยชน์ของการเรียนเรขาคณิตที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม

ความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มภาคสนามที่มีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตที่ระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง คือ กิจกรรมได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ของการเรียนเรขาคณิต ที่นำมาใช้ได้ในชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและสืบเสาะ ทางเรขาคณิตได้มากยิ่งขึ้น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตแบบพลวัตช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนด้วยตนเอง เมื่อใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตเป็นสื่อในการเรียนรู้ นักเรียนรู้สึกสนุก และอยากเรียนรู้ยิ่งขึ้น นักเรียนเห็นประโยชน์ของการเรียนเรขาคณิตที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ได้แก่

1. นักเรียนรู้สึกสนุก ชอบ และตั้งใจที่ได้เรียนคณิตศาสตร์ด้วยการใช้โปรแกรม GSP ทำให้ช่วยนักเรียนมองเห็นรูปเรขาคณิตเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น จับ คลิก โยกจุด โยกเส้น ได้ตามที่ต้องการ และสามารถใช้โปรแกรม GSP ใส่สีรูปเรขาคณิต ใส่สีเส้นให้สวยงามได้ จูงใจนักเรียนให้สนใจเรียนคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น
2. นักเรียนเห็นว่าโปรแกรมนี้มีประโยชน์ สะดวกในการคำนวณ วัดความยาว วัดมุม ในรูปที่ทำได้ยากและซับซ้อน ซึ่งโปรแกรม GSP สามารถคำนวณและวัดได้อย่างเที่ยงตรงและรวดเร็ว

3. การสร้างรูปเรขาคณิตบางรูปที่ใช้ขั้นตอนการสร้างมากกว่าหนึ่งขั้นตอน ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน นักเรียนอยากให้อาจารย์สร้างเพื่อให้นักเรียน เพื่อเตรียมพร้อมให้นักเรียนทำการสำรวจ และอยากสำรวจรูปเรขาคณิตแบบต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ให้ในแบบฝึกหัด

4. นักเรียนอยากให้เพิ่มชั่วโมงการสอนให้มีเวลานานยิ่งขึ้น เพราะจะได้มีเวลาทำกิจกรรม ได้เรียนรู้เพิ่มเติมและอยากเรียนรู้คำสั่งใหม่ ๆ มากขึ้น

5. ขณะทำการเรียนการสอน นักเรียนอยากให้อาจารย์ปิดอินเทอร์เน็ต เพราะมีเพื่อนบางคนแอบเล่นอินเทอร์เน็ต ทำให้เพื่อนที่นั่งเรียนข้างกันเสียสมาธิในการเรียน

6. นักเรียนอยากให้รุ่นน้องได้มีโอกาสใช้โปรแกรม GSP ในการเรียนคณิตศาสตร์

7. นักเรียนอยากใช้โปรแกรม GSP กับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เพราะโปรแกรมนี้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย เช่น เรื่องทศนิยม การบวก การลบ การคูณ การหาร เศษส่วน พหุนาม เป็นต้น

8. การเรียนด้วยโปรแกรมนี้เป็นสื่อในการเรียนการสอนที่ดี ได้เรียนและเล่นไปพร้อมกัน (เพราะโปรแกรมนี้มีการเคลื่อนไหว การสร้างรูปต่าง ๆ) ได้ความรู้และสนุกสนานกว่าการใช้วงเวียน ไม้บรรทัด ฯลฯ

9. อาจารย์สอนสนุกมีกิจกรรมทำตลอดเวลา ทำให้นักเรียนอยากเรียนรู้เพิ่มเติมและชอบเรียนเรขาคณิตเพิ่มมากขึ้น

ข้อวิจารณ์

จากการวิจัย เรื่องการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลปรากฏว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตมีลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีลีเพิ่มขึ้นในลำดับขั้นการคิดที่ 2 มากที่สุด 2) นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเรขาคณิตโดยเฉลี่ยหลังการเรียนและก่อนการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักเรียนมีความคิดเห็นที่ดีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

เรขาคณิตแบบพลวัต และมีความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม GSP ในการเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต ซึ่งผู้วิจัยมีข้อวิจารณ์ในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อเพิ่มลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตมีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์เพิ่มขึ้นในชั้น 2 มากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้จัดแนวทางการเรียนการสอนตามที่แวนฮิลล์ได้เสนอแนะไว้เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิต (Crowley, 1987, สิริพร, 2537; Teppo, 1991) กล่าวคือ ผู้วิจัยมีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการตั้งคำถามในเนื้อหาที่นักเรียนเรียน เน้นการสังเกต การใช้คำศัพท์ทางเรขาคณิต การแนะนำการใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัต การแนะนำสัญลักษณ์ การอธิบายอย่างชัดเจน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การศึกษาด้วยตนเองจากการสำรวจด้วยโปรแกรม GSP และการบูรณาการความรู้ของนักเรียนในการประยุกต์ใช้แก้ปัญหา ซึ่งจัดการเรียนการสอนเช่นนี้ น่าจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตเพิ่มขึ้นหลังจากนักเรียนเรียนหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น

เมื่อพิจารณาลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์ของนักเรียนหลังจากการทดลอง พบว่าเกิดขึ้นสองกรณีคือ ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตคงที่ และลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตเพิ่มขึ้น โดยลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตที่เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 1 ชั้น เท่านั้น กล่าวคือ นักเรียนที่มีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 0 พัฒนาขึ้นได้เป็นลำดับชั้นที่ 1 นักเรียนที่มีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้นที่ 1 พัฒนาขึ้นเป็นชั้น 2 และนักเรียนที่มีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 2 พัฒนาขึ้นเป็นชั้น 3 ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาตามลำดับชั้นการคิดตามรูปแบบแวนฮิลล์ที่ Crowley (1987) กล่าวไว้ว่านักเรียนต้องคิดเป็นไปตามลำดับชั้นการคิดทีละชั้น โดยไม่มีการข้ามชั้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีพัฒนาการทางจิตวิทยาของเกสตัลท์ (Gestalt) และ จิน เพียเจต์ (Jean Piaget) โดยการคิดต้องเป็นไปตามลำดับชั้น นอกจากนี้ Crowley (1987) ได้กล่าวว่านักเรียนต้องผ่านการคิดทีละขั้นจากลำดับต่ำไปสู่ลำดับสูง โดยความก้าวหน้าของแต่ละลำดับชั้นการคิดขึ้นอยู่กับเนื้อหาและวิธีการเรียนการสอนมากกว่าช่วงอายุหรือวุฒิภาวะของผู้เรียน อีกทั้งลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตที่เกิดขึ้นกับนักเรียนหลังการทดลองมากที่สุด คือ ลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตชั้น 2 เป็นการพิสูจน์แบบนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน (Informal Deduction) ซึ่ง Teppo (1991) และ Collier and Pateracki (1998 อ้างถึงใน Mistretta, 2000) ได้กล่าวว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีลำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮิลล์ไม่ต่ำกว่าชั้นที่ 2 เพื่อให้นักเรียนเรียนเรขาคณิตในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ต่อไปอย่างไม่มีอุปสรรค ซึ่งนักเรียนควรได้รับการพัฒนาดำดับชั้นการคิดทางเรขาคณิตให้เหมาะสม

2. ลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบแวนฮีสส์ของนักเรียนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่สร้างและพัฒนาขึ้นได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตเป็นสื่อการเรียนรู้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือ GSP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ง่าย และส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสในการสร้าง สำนวน ตั้งข้อคาดการณ์ทางเรขาคณิต ซึ่งสอดคล้องกับ Heid และ Baylor (1993) ที่กล่าวว่า การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิตจะเปลี่ยนลักษณะของวิชาเรขาคณิต กล่าวคือให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผูกการสำนวน สืบเสาะและการให้เหตุผล ซึ่งเน้นให้นักเรียนมีลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตที่พัฒนาไปถึงลำดับขั้น ทั้งนี้ นักเรียนสามารถสร้างรูปเรขาคณิตที่มีความซับซ้อน สร้างได้ยากหรือไม่สามารถสร้างได้อย่างรวดเร็วด้วยการใช้กระดาษและปากกา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hodanbosi (2001) ที่พบว่าการใช้โปรแกรม GSP ทำให้นักเรียนมีการสร้างทางเรขาคณิตพื้นฐานได้ดีกว่านักเรียนที่ใช้เครื่องมือแบบปกติคือ ไม้บรรทัดและวงเวียน ด้วยลักษณะที่สำคัญข้อเด่นของโปรแกรมคือ ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว(dynamic) แทนการหยุดนิ่ง(static) นักเรียนจะเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางเรขาคณิตได้ดีและรวดเร็ว นักเรียนได้ทำการสร้างด้วยตนเองและเห็นรูปที่เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น รู้สึกสนุก ตื่นเต้น อันก่อให้เกิดการจดประกายทางความคิดเมื่อได้ลงมือปฏิบัติและอภิปรายในสิ่งที่พบเห็นคร่าวเดียวกัน มีโอกาสและมีอิสระในการทำผิดและลองทำใหม่ได้หลายครั้ง ไม่เป็นสิ่งที่ปิดกั้นความคิด นักเรียนสามารถทำการสำนวน ข้อคาดการณ์ ตรวจสอบได้อย่างเต็มที่หลายครั้งเท่าที่ต้องการในแต่ละลักษณะที่แตกต่างกันโดยใช้ระยะเวลาอันสั้น สามารถสร้างรูปและสำนวนให้เหตุผลแบบอุปนัย(inductive investigation)ได้ (Malaty, 2004; Ball, 2002)

ทั้งนี้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้อาจารย์ผู้สอนเป็นบุคคลสำคัญในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปลี่ยนบทบาทเป็นเสมือนผู้อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน โดยเน้นกิจกรรมให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้ข้อค้นพบด้วยตัวเองดังที่ยุพิน (2545: 13) ได้กล่าวว่า ในยุคปฏิรูปการศึกษาต้องการให้ผู้เรียนสามารถค้นพบข้อสรุปด้วยตนเอง และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ และหากกิจกรรมใดที่ดำเนินการทำเป็นกลุ่ม อาจารย์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนทำการสำนวน สืบเสาะ สร้างข้อคาดการณ์ และตรวจสอบโดยการใช้โปรแกรม GSP ได้แก่ การให้นักเรียนร่วมกันคิดและทำการสำนวนว่าเส้นตรงสองเส้นจะขนานกันเมื่อใด ให้นักเรียนพิจารณาหาเหตุผลหรือการให้นักเรียนสร้างรูปสามเหลี่ยมแล้วสำนวนว่ามุมภายในของรูปสามเหลี่ยมรวมกันได้ 180 องศาทุกกรณีหรือไม่ นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Scher (2002) ที่พบว่าจากการที่นักเรียนได้ทำการสร้างทางเรขาคณิตด้วยโปรแกรม GSP นักเรียนมีความคิดรวบยอดที่มาจากอิทธิพลของโปรแกรม GSP อย่างแท้จริง เพราะนักเรียนได้สำนวนอย่างเต็มที่ ในกรณีเช่นนี้นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและฝึกให้นักเรียนเกิดทักษะในการสื่อสารทาง

คณิตศาสตร์ เสริมสร้างทักษะและกระบวนการที่จำเป็นต่อการเรียนคณิตศาสตร์(กระทรวงศึกษา-
ธิการ, 2545ช: 1)

3. การจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่มีประสิทธิภาพ(ตามเกณฑ์ 70/70) คาดว่าจะส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเรขาคณิต ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจ กระตือรือร้น อยากเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baharvand (2001) ที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรขาคณิตพร้อมใช้โปรแกรม GSP ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเรขาคณิต ดังที่ Bloom(1976)กล่าวไว้ว่า ผู้ที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียน ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจ มีความสนใจในการเรียน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการเรียนการสอนเรขาคณิต จะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จต่อการเรียนเรขาคณิตต่อไป

4. การจัดการเรียนการสอนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตที่ให้นักเรียนสามารถสร้างรูปทางเรขาคณิตได้อย่างอิสระ สร้างได้ง่ายและสามารถสร้างได้หลายครั้งด้วยตนเอง ไม่เสียเวลาที่ต้องเริ่มต้นสร้างใหม่ น่าจะทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน ในการสร้างและสำรวจทางเรขาคณิต ซึ่งการใช้ลักษณะเด่นของโปรแกรมคือการใช้การเคลื่อนไหวแทนการหยุดนิ่งนั้น คาดว่าจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดทางเรขาคณิตได้ดี และรวดเร็ว รวมถึงการอธิบายและการถามตอบที่เป็นลำดับขั้นของผู้วิจัย น่าจะส่งผลให้นักเรียนมีความคิดเห็นของการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นไปในทางที่ดี