

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลและวิธีการที่นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลไปปรับปรุงการเรียนคณิตศาสตร์ของตนเอง รวมถึงพัฒนาเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวงจรการวิจัย 3 วงจร ดังต่อไปนี้

วงจรที่ 1 การใช้วิธีการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล

วงจรที่ 2 การใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม

วงจรที่ 3 การใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล

วงจรที่ 1 การใช้วิธีการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับไปใช้ และวิธีการของนักเรียนในการนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลไปปรับปรุงการเรียนคณิตศาสตร์ ตลอดจนความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังต่อไปนี้

1) **ขั้นวางแผน (Plan)**

ผู้วิจัยได้วางแผนเพื่อศึกษาลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับไปใช้ และวิธีการที่นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับจากการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลไปใช้ปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง ดังนี้

1. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสถิติหน่วยที่ 1-2
2. จัดทำแบบบันทึกการเรียนรู้และแบบบันทึกการตรวจงานของนักเรียน
3. เตรียมสร้างข้อตกลงกับนักเรียนเกี่ยวกับกำหนดเวลาที่จะส่งการบ้านในแต่ละวัน โดยใช้เสียงส่วนใหญ่ของนักเรียนเป็นข้อสรุป

2) **ขั้นปฏิบัติและสังเกตผลการปฏิบัติ (Act and Observe)**

ผู้วิจัยได้ปฏิบัติและทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสถิติหน่วยที่ 1-2 รวมทั้งหมด 15 ชั่วโมง (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก ก หน้า 101) โดยในแต่ละสัปดาห์มีการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ทุกวัน วันละ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีเฉพาะวันจันทร์เท่านั้นที่มีเรียนคณิตศาสตร์ 2 ชั่วโมง คือ ชั่วโมงที่ 1 และชั่วโมงที่ 4 รวมแล้วเรียนคณิตศาสตร์ทั้งหมด 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ผู้วิจัยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ตามแผนเป็นส่วนใหญ่ แต่มีปัญหาบ้างในวันที่มีการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในวันพุธและวันศุกร์ เนื่องจากมีนักเรียนชายจำนวน 11 คนที่เป็นนักศึกษาวิชาทหารและต้องไปฝึกภาคสนามทุกวันในเวลา 12:30 น.-16:30 น. โดยใช้เวลาฝึก 1 เดือน ทำให้ไม่ได้เข้าเรียนทุกรายวิชาในช่วงบ่าย ซึ่งในรายวิชาคณิตศาสตร์มีอยู่ 2 วันที่ชั่วโมงเรียนตรงกับช่วงบ่าย คือวันอังคารและวันพฤหัสบดี โดยมีเรียนคณิตศาสตร์ในชั่วโมงที่ 6 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งตารางเรียนดังกล่าวส่งผลให้การเรียนของนักเรียนเหล่านั้นไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงได้สอบถามนักเรียนทั้ง 11 คนเพื่อกำหนดเวลาเรียนเพิ่มเติม แต่นักเรียนทุกคนต่างให้คำตอบเหมือนกันว่าไม่มีเวลา เนื่องจากช่วงพักกลางวันต้องรีบไปรับประทานอาหารให้เสร็จเรียบร้อยก่อนเวลานัดหมายเพื่อฝึกภาคสนาม ส่วนหลังเลิกเรียนก็ไม่สามารถนัดนักเรียนได้เพราะกว่าจะเสร็จสิ้นการฝึกก็เป็นเวลา 16:30 น. ทำให้นักเรียนที่อยู่บ้านไกลต้องรีบเดินทางกลับบ้านจากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยต้องใช้เวลาในช่วงต้นชั่วโมงของวันพุธและวันศุกร์ประมาณ 10-15 นาที เพื่อทบทวนเนื้อหาของวันอังคารและวันพฤหัสบดีที่ได้สอนไปแล้ว และได้ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับวันพุธและศุกร์ใหม่ เพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ทัน

2. สร้างข้อตกลงร่วมกันกับนักเรียนว่าในแต่ละวันจะส่งการบ้านในช่วงเวลาใด เนื่องจากผู้วิจัยได้มอบหมายการบ้านให้นักเรียนหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละชั่วโมงทุกครั้ง โดยวันจันทร์ซึ่งเป็นวันที่มีเรียนคณิตศาสตร์ 2 ชั่วโมง คือ ชั่วโมงที่ 1 และ

นอกจากการมอบหมายการบ้านให้นักเรียนในแต่ละชั่วโมงแล้ว ผู้วิจัยได้แจกบันทึกการเรียนรู้พร้อมกับการบ้านทุกครั้งโดยให้นักเรียนนำบันทึกการเรียนรู้ดังกล่าวมาส่งพร้อมการบ้าน ซึ่งจากการบ้านทั้งหมด 10 ชุด มีอยู่ 2 ครั้งที่ผู้วิจัยไม่ได้แจกบันทึกการเรียนรู้ เนื่องจากผู้วิจัยได้อ่านบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 4 พบว่ามีนักเรียนอยู่ 2 คนเขียนบอกมาในทำนองเดียวกันว่า ข้อคำถามที่ผู้วิจัยถามในบันทึกการเรียนรู้เริ่มซ้ำกับข้อคำถามที่เคยถามมาแล้ว ทำให้เกิดความเบื่อหน่ายในการเขียนตอบ ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาข้อคำถามในบันทึกการเรียนรู้เหล่านั้นอีกครั้งพบว่า มีข้อคำถามที่ถามเกี่ยวกับการนำผลที่ได้รับจากการตรวจการบ้านไปใช้ทุกครั้ง และผู้วิจัยได้รับข้อมูลดังกล่าวจากนักเรียนเพียงพอแล้ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ได้แจกบันทึกการเรียนรู้ที่ตรงกับบ้านชุดที่ 6 และชุดที่ 9 แต่ยังคงมีการแจกบันทึกการเรียนรู้ที่ตรงกับบ้านชุดที่ 7 และชุดที่ 8 เพราะว่าข้อคำถามที่ใช้ในบันทึกการเรียนรู้เปลี่ยนไป

3. เมื่อนักเรียนส่งการบ้านและบันทึกการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ตรวจการบ้านด้วยวิธีการตรวจแบบวิพากษ์ผล ซึ่งมีทั้งการวิพากษ์ผลแบบรายข้อและการวิพากษ์ผลแบบภาพรวม โดยการวิพากษ์ผลแบบรายข้อเป็นการเขียนข้อบกพร่องที่นักเรียนแต่ละคนต้องแก้ไขในข้อที่ทำผิด ส่วนข้อที่ทำถูกใช้การเขียนคำชม หลังจากตรวจการบ้านแต่ละข้อเสร็จผู้วิจัยได้วิพากษ์ผลแบบภาพรวมของการบ้านทั้งหมดว่าเป็นอย่างไรบ้าง นักเรียนแต่ละคนต้องแก้ไขปรับปรุงหรือศึกษาเรื่องใดเพิ่มเติมบ้าง โดยภาษาที่ใช้ในการวิพากษ์ผลผู้วิจัยใช้การเขียนเชิงให้กำลังใจ รวมถึงเขียนในลักษณะข้อคำถามให้นักเรียนกลับไปพิจารณามากกว่าเป็นการบอกว่าการบ้านทำผิด และผู้วิจัยไม่มีการใช้เครื่องหมายผิดในการตรวจการบ้าน (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก ข หน้า 115) ส่วนบันทึกการเรียนรู้ผู้วิจัยใช้การเขียนตอบนักเรียนเป็นรายข้อ โดยไม่มีการวิพากษ์ผลแบบภาพรวม (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก ค หน้า 120) หลังจากตรวจบันทึกการเรียนรู้เสร็จ ผู้วิจัยได้คืนบันทึกการเรียนรู้ให้นักเรียน หลังจากนั้นให้นักเรียนนำบันทึกการเรียนรู้ดังกล่าวมาส่งคืนโดยแนบมาพร้อมกับการบ้านที่ต้องส่งในครั้งต่อไป

นอกเหนือจากการส่งการบ้านของนักเรียนตามที่ผู้วิจัยได้มอบหมายให้ทำส่งในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยยังพบว่านักเรียนได้แก้ไขการบ้านที่ทำผิดมาให้ตรวจอีกครั้ง โดยในการตรวจการบ้านที่นักเรียนแก้ไขมาส่งใหม่นั้น ผู้วิจัยยังคงใช้วิธีการตรวจแบบวิพากษ์ผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

จากการตรวจการบ้านด้วยวิธีการตรวจแบบวิพากษ์ผล พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วในหนึ่งชั่วโมงผู้วิจัยสามารถตรวจการบ้านของนักเรียนได้ประมาณ 9-10 คน ซึ่งเป็นวิธีการตรวจที่ค่อนข้างใช้เวลามาก ทำให้เกิดปัญหาตามมาคือตรวจการบ้านของนักเรียนไม่ทัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันพุธซึ่งเป็นวันที่มีเรียนคณิตศาสตร์ในชั่วโมงที่ 3 (10:10 น.-11:10 น.) แต่นักเรียนนำการบ้านมาส่งในเวลาประมาณ 9:00 น. ทำให้เหลือเวลาในการตรวจเพียง 1 ชั่วโมง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องนำสมุดการบ้านไปคืนให้กับนักเรียนเพื่อใช้ในชั่วโมงเรียนก่อน หลังจากนั้นจึงให้นักเรียนส่งอีกครั้งตอนท้ายชั่วโมง แล้วให้นักเรียนมารับคืนในช่วงบ่าย

จากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 มีนักเรียนคนหนึ่งแนะนำว่า “อาจารย์น่าจะให้ระดับคะแนนเช่น A, B, C ด้วยในการบ้านแต่ละครั้ง เพราะนักเรียนจะได้ทราบว่าตัวเองอยู่ในระดับไหน” จากข้อเสนอแนะดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้สอบถามนักเรียนในชั่วโมงเรียนถัดไปว่าแต่ละคนมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้าผู้วิจัยจะมีการตรวจการบ้านพร้อมกับการให้ระดับคะแนน A, B, C ซึ่งนักเรียนทุกคนต่างเห็นด้วยกับแนวคิดนี้ ผู้วิจัยจึงเริ่มให้ระดับคะแนน A^+ , A, A^- , B^+ , B, B^- หรือ C ตั้งแต่การตรวจการบ้านชุดที่ 9 และได้กำหนดเกณฑ์การให้ระดับคะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน A^+ สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านถูกทุกข้อและจะให้เฉพาะนักเรียนที่ทำการบ้านทุกข้อจากการบ้านที่เป็นแบบให้เลือกทำบางข้อ

ระดับคะแนน A สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านถูกต้องสมบูรณ์ทุกข้อ

ระดับคะแนน A^- สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านเกือบถูกต้องสมบูรณ์ แต่ยังมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในเรื่องการคำนวณ และการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ

ระดับคะแนน B^+ สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไปรวมถึงสามารถทำการบ้านด้วยแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ยังมีข้อผิดพลาดตรงการคิดคำนวณต่าง ๆ

ระดับคะแนน B สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 60-80 ของการบ้านทั้งหมด

ระดับคะแนน B^- สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 50 -60 ของการบ้านทั้งหมด

ระดับคะแนน C สำหรับนักเรียนที่ทำการบ้านได้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 ของการบ้านทั้งหมด

เนื่องจากเกณฑ์ที่กล่าวข้างต้นเป็นเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นเอง แต่ไม่ได้ชี้แจงให้นักเรียนทราบก่อน จึงทำให้มีนักเรียนเขียนถามในบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 10 ว่า “อาจารย์ใช้เกณฑ์ใดในการให้ระดับคะแนน ทำไมหนูถึงได้ B⁻ และ B⁻ หมายความว่าอย่างไร” ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะแจ้งเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้ในการให้ระดับคะแนนให้กับนักเรียนทราบในวงจรต่อไป เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจต่อระดับคะแนนที่ตนเองได้รับมากขึ้น และสาเหตุที่ผู้วิจัยต้องแจ้งเกณฑ์ดังกล่าวในวงจรต่อไป เนื่องจากการบ้านชุดที่ 10 เป็นการบ้านชุดสุดท้ายของการวิจัยในวงจรนี้

4. หลังจากตรวจการบ้านนักเรียนแต่ละคนเสร็จ ผู้วิจัยได้นำข้อผิดพลาดหรือจุดบกพร่องที่นักเรียนแต่ละคนต้องปรับปรุงแก้ไขมาบันทึกในแบบบันทึกการตรวจการบ้าน พร้อมทั้งคำนวณหาร้อยละของนักเรียนที่ส่งการบ้านและนักเรียนที่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุงการบ้าน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการที่นักเรียนแต่ละคนนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับไปใช้ในการปรับปรุงข้อบกพร่องของตนเอง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตอบข้อคำถามในบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนว่ามีการนำข้อมูลย้อนกลับไปใช้อย่างไรบ้าง ในขณะเดียวกันผู้วิจัยได้สังเกตผลจากการตรวจการบ้านในชุดถัดไปว่ายังมีข้อบกพร่องเดิมหรือไม่ และนักเรียนได้มีการแก้ไขงานหรือการบ้านที่ผิดได้ถูกต้องหรือไม่ แล้วนำผลดังกล่าวไปบันทึกในแบบบันทึกการตรวจการบ้าน (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก จ หน้า 130) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้แสดงได้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงจำนวนนักเรียนที่ส่งการบ้านและจำนวนนักเรียนที่นำข้อมูลย้อนกลับไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขการบ้านของตนเอง

การบ้านชุดที่	จำนวนนักเรียนที่ส่ง	จำนวนนักเรียนที่ต้องแก้ไขปรับปรุง	นักเรียนที่มีการแก้ไขปรับปรุง		วิธีการที่นักเรียนใช้ในการแก้ไขปรับปรุง	
			จำนวน	ร้อยละ	จำนวนนักเรียนที่แก้ไขโดยการทำใหม่	จำนวนนักเรียนที่แก้ไขตรงจุดเดิม / ทำเพิ่มเติมตรงจุดเดิม
1	34	-	-	-	-	-
2	31	7	0	0	-	-
3	23	8	5	62.5	3	2
4	22	8	5	62.5	-	5
5	28	14	9	64.29	4	5
6	29	14	11	78.57	2	9

ตาราง 4 (ต่อ)

การบ้าน ชุดที่	จำนวน นักเรียนที่ ส่ง	จำนวน นักเรียนที่ ต้องแก้ไข ปรับปรุง	นักเรียนที่มีการ แก้ไข ปรับปรุง		วิธีการที่นักเรียนใช้ในการแก้ไขปรับปรุง	
			จำนวน	ร้อยละ	จำนวนนักเรียนที่ แก้ไขโดยการทำให้ ใหม่	จำนวนนักเรียนที่แก้ไข ตรงจุดเดิม / ทำเพิ่มเติม ตรงจุดเดิม
7	31	7	7	100	1	6
8	33	9	7	77.78	2	5
9	30	7	6	85.71	-	6
10	34	16	12	75	2	10

จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่าจำนวนนักเรียนที่ส่งการบ้านในครั้งที่ 3 และ 4 เริ่มลดลงจากครั้งที่ 1 และ 2 ซึ่งสาเหตุหนึ่งของปัญหานี้จะมาจากนักเรียนชายจำนวน 11 คน ที่เป็นนักศึกษาวิชาทหารและมีความจำเป็นต้องไปฝึกภาคสนามดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้การเรียนไม่ต่อเนื่อง ส่งผลต่อการส่งการบ้านของนักเรียนเหล่านี้ด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตกลงกับนักเรียนทั้ง 11 คนใหม่เกี่ยวกับเวลาในการส่งการบ้าน โดยผู้วิจัยอนุญาตให้ส่งการบ้านชุดที่ตรงกับชั่วโมงที่นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้เรียนได้พร้อมกันกับการบ้านในชุดถัดไป นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่ามียุทธศาสตร์ 5 คน ที่ไม่เคยส่งการบ้านเลยตั้งแต่ชุดที่ 1-4 ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนทั้ง 5 คน ต่างให้เหตุผลที่ไม่ได้ส่งการบ้านในทำนองเดียวกันว่ามีการบ้านเป็นจำนวนมาก และการบ้านยากเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สอบถามเพื่อนนักเรียนในชั้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการส่งการบ้านของนักเรียนทั้ง 5 คนในรายวิชาอื่น พบว่าทั้ง 5 คนไม่มีการส่งการบ้านในรายวิชาอื่นเช่นกัน จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเริ่มใช้การเสริมแรงทางบวกที่นอกเหนือจากการเขียนคำชม โดยมีการให้สติ๊กเกอร์รูปการ์ตูนแก่นักเรียนที่ส่งการบ้านตรงเวลาทุกครั้ง และเริ่มให้ตั้งแต่การตรวจการบ้านชุดที่ 5 ซึ่งหลังจากให้สติ๊กเกอร์ทำให้จำนวนนักเรียนที่ส่งการบ้านเริ่มสูงขึ้นในครั้งที่ 6 และ 7 โดยคิดเป็นร้อยละ 74.36 และ 79.49 ตามลำดับ และจากการอ่านบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 10 ซึ่งผู้วิจัยได้ถามนักเรียนว่าสติ๊กเกอร์รูปการ์ตูนที่ผู้วิจัยใช้ในการส่งการบ้านแต่ละครั้งมีผลต่อความตั้งใจในการทำการบ้านของนักเรียนบ้างหรือไม่ เพราะเหตุใด นักเรียนที่ส่งบันทึกการเรียนรู้ทั้งหมด 33 คน ให้ข้อคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่าสติ๊กเกอร์รูปการ์ตูนเป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นให้ตนเองมีความกระตือรือร้นในการทำและการส่งการบ้าน ยกตัวอย่างเช่นมีนักเรียนคนหนึ่งเขียนบอกว่า “การติดสติ๊กเกอร์รูปการ์ตูนในการบ้านแต่ละครั้งเหมือนเป็นการเตือนสติให้เราทำแบบฝึกหัดทุกครั้ง เพราะสติ๊กเกอร์แต่ละอันแสดงถึงความรับผิดชอบของเรา”

ในส่วนของความถูกต้องของการบ้านในชุดที่ 1 นั้นนักเรียนทุกคนสามารถทำการบ้านได้ถูกต้อง เนื่องจากการบ้านชุดนี้เป็นการบ้านที่มีคำตอบไม่เฉพาะเจาะจง และนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างไม่จำกัด จึงทำให้นักเรียนทุกคนสามารถทำการบ้านได้อย่างถูกต้อง ส่วนการบ้านชุดที่ 2 จากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 31 คน มีนักเรียนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขตนเองจำนวน 7 คน ปรากฏว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่แก้ไขการบ้านมาส่งใหม่ แต่หลังจากนั้นในการบ้านชุดถัดไปพบว่าจำนวนนักเรียนที่แก้ไขปรับปรุงการบ้านที่ผิดมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการในการตรวจการบ้านตั้งแต่ชุดที่ 3 เป็นต้นไปผู้วิจัยได้มีการย้ำให้นักเรียนที่ทำการบ้านผิดได้ปรับปรุงแก้ไขการบ้านของตนเองใหม่ โดยเป็นการเขียนย้ำเพิ่มเติมในส่วนของการวิพากษ์ผลแบบภาพรวม

จากการสอบถามนักเรียนผ่านบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เกี่ยวกับวิธีการตรวจการบ้านที่ผู้วิจัยใช้ว่ามีผลต่อความตั้งใจในการเรียนและการทำการบ้านของนักเรียนหรือไม่อย่างไรบ้าง จากนักเรียนที่ส่งบันทึกการเรียนรู้ทั้งหมด 30 คน พบว่ามีนักเรียน 28 คน ที่ให้ข้อคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่าการตรวจการบ้านด้วยวิธีการตรวจแบบวิพากษ์ผลเป็นวิธีการตรวจที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความตั้งใจในการทำและการส่งการบ้านมากขึ้น รวมถึงส่งเสริมให้นักเรียนตั้งใจเรียนมากขึ้นด้วย

นอกจากการสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการตรวจงานที่มีผลต่อความตั้งใจในการเรียนและการทำการบ้านแล้ว ผู้วิจัยได้สอบถามนักเรียนในบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 8 ว่าวิธีการตรวจการบ้านที่ผู้วิจัยใช้มีผลทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด จากการอ่านบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งหมด 33 คน พบว่ามีอยู่ 29 คน ที่ให้ความเห็นคล้ายกันว่าวิธีการตรวจการบ้านที่ผู้วิจัยใช้นั้นทำให้ตนเองมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น เนื่องจากการมีการให้คำแนะนำและการชี้แจงข้อบกพร่องของตนเอง ซึ่งสามารถนำมาแก้ไขและปรับปรุงตนเองใหม่ได้ ส่วนนักเรียนอีก 3 คน ให้ความคิดเห็นว่าวิธีการตรวจของผู้วิจัยทำให้ตนเองมีความเข้าใจในเนื้อหาบ้างบางครั้ง แต่อย่างไรก็ตามมีนักเรียนอยู่ 1 คน ที่เขียนบอกว่าจากวิธีการตรวจที่ผู้วิจัยใช้ไม่มีผลต่อความเข้าใจในเนื้อหา โดยให้เหตุผลว่า “ถ้าหนูทำผิด หนูก็คิดว่าผิดแล้วช่างมัน ผิดแล้วนำไปแก้ไขจุดอื่นแทน หนูไม่กลับมาแก้จุดที่ผิด การที่ได้เข้าใจเนื้อหาก็ไม่ได้เข้าใจมากขึ้นกว่าเดิมเลย” แต่จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนคนดังกล่าวพบว่าเป็นนักเรียนที่ตั้งใจเรียนและสามารถทำการบ้านแต่ละครั้งได้อย่างถูกต้อง ซึ่งข้อสังเกตที่พบอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนคนนี้แสดงเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ในส่วนของการแก้ไขการบ้านของนักเรียนสังเกตพบว่าวิธีการที่นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับไปใช้ปรับปรุงแก้ไขการบ้านของตนเองนั้นสามารถสรุปได้เป็น 2 รูปแบบ โดย

รูปแบบแรกนั้นนักเรียนแก้ไขการบ้านข้อที่ผิดมาส่งใหม่ โดยนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับไปแก้ไข การบ้านที่ทำผิดและทำมาส่งใหม่พร้อมกันกับการบ้านในชุดถัดไป ซึ่งวิธีการนี้นักเรียนใช้ก็ต่อ เมื่อข้อผิดพลาดของนักเรียนในการบ้านเป็นข้อผิดพลาดที่ค่อนข้างมาก เช่น นักเรียนทำการบ้าน ข้อนั้นด้วยความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก ง หน้า 126) ส่วนอีก รูปแบบหนึ่งนักเรียนแก้ไขการบ้านที่ผิดตรงข้อเดิมแต่ใช้ปากกาที่มีสีแตกต่างจากที่ใช้อยู่ เช่น ใช้ปากกาแดง ดินสอ เป็นต้น รวมถึงมีการลบจุดที่ผิดพลาดด้วยปากกาลบคำผิดแล้วเขียนแก้ไขสิ่งที่ ถูกต้องลงไปแทน วิธีการนี้นักเรียนใช้เมื่อการบ้านมีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย เช่น การคำนวณผิด การตอบผิด เป็นต้น (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก ง หน้า 128) และจากการตรวจการบ้านที่นักเรียน แก้ไขมาส่งใหม่พบว่านักเรียนสามารถแก้ไขการบ้านข้อที่ผิดได้อย่างถูกต้อง

5. นอกจากการศึกษาเรื่องการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนผ่านการตรวจงาน แบบวิพากษ์ผลแล้ว ผู้วิจัยได้แทรกคำถามปลายเปิดในการบ้านแต่ละชุดให้กับนักเรียนด้วย เพื่อให้ นักเรียนคุ้นเคยกับคำถามปลายเปิดก่อนการใช้คำถามปลายเปิดในวงจรถัดไป โดยคำถามปลายเปิด ในวงจรนี้เป็นคำถามที่ยังไม่ซับซ้อนมากนัก ซึ่งจากการบ้านในวงจรที่ 1 ทั้งหมด 10 ชุด มีอยู่ 7 ชุด ที่ผู้วิจัยได้แทรกคำถามปลายเปิดในการบ้านด้วย โดยการบ้านชุดที่ 4 ชุดที่ 6 และชุดที่ 7 เป็น การบ้านชุดที่ไม่มีการแทรกคำถามปลายเปิด จากการวิเคราะห์การตอบคำถามปลายเปิดใน การบ้านแต่ละชุดแสดงผลได้ดังนี้

การบ้านชุดที่ 1 มีคำถามปลายเปิด 3 ข้อ โดยข้อแรกถามนักเรียนว่าในการศึกษา เกี่ยวกับประวัติการก่อตั้งอำเภอเวียงสา นักเรียนสามารถศึกษาหรือค้นคว้าข้อมูลได้จากแหล่งใด ได้บ้าง จากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 34 คน พบว่าทุกคนสามารถตอบคำถามข้อนี้ได้ถูกต้อง โดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นมีอย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นการสอบถามจากผู้เฒ่าผู้แก่ที่รู้ ศึกษาจากหนังสือ สื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ในห้องสมุด รวมถึงศึกษาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต คำถาม ปลายเปิดข้อที่สองให้นักเรียนยกตัวอย่างข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพมาอย่างละ 5 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่ตอบในข้อนี้พบว่ายังไม่มีความหลากหลายมากนัก โดยเฉพาะในส่วนของการยกตัวอย่างข้อมูลเชิงปริมาณ คำตอบที่ได้มีลักษณะคล้ายกัน เช่น จำนวนนักเรียนหญิงชั้น ม.5/3 จำนวนนักเรียนชายชั้น ม.5/3 จำนวนนักเรียนโรงเรียนสา เป็นต้น ส่วนคำถามปลายเปิดข้อสุดท้ายของการบ้านชุดที่ 1 ถามนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาสำคัญในการเก็บ รวบรวมข้อมูลโดยการสอบถามทางไปรษณีย์มีอะไรบ้าง และแนวทางแก้ปัญหาเหล่านั้นทำได้ อย่างไรบ้าง ซึ่งจากการตรวจการบ้านพบว่านักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 34 คน สามารถตอบ คำถามข้อนี้ได้ถูกต้อง และคำตอบที่ได้มีความแตกต่างทั้งในแง่ของปัญหาและแนวทาง แก้ปัญหาที่นักเรียนนำเสนอ ซึ่งจากการวิเคราะห์ลักษณะคำถามปลายเปิดที่ใช้ทั้ง 3 ข้อ จะเห็นได้

ว่าเป็นคำถามที่มีคำตอบไม่เฉพาะเจาะจงและเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างหลากหลาย จึงส่งผลให้นักเรียนทุกคนสามารถตอบคำถามทั้งสามข้อได้อย่างถูกต้อง

การบ้านชุดที่ 2 และชุดที่ 3 คำถามปลายเปิดมีลักษณะคล้ายกัน คือ ให้นักเรียนสร้างตารางแจกแจงความถี่ของข้อมูล โดยให้นักเรียนกำหนดความกว้างของอันตรภาคชั้นหรือจำนวนอันตรภาคชั้นเอง โดยการบ้านชุดที่ 2 ผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลให้ ส่วนการบ้านชุดที่ 3 ผู้วิจัยให้นักเรียนสำรวจข้อมูลน้ำหนักของเพื่อนในชั้นทุกคน เพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างตารางแจกแจงความถี่ จากนักเรียนที่ส่งการบ้านชุดที่ 2 ทั้งหมด 31 คน พบว่ามีนักเรียนอยู่ 10 คนและ 13 คน กำหนดให้มีความกว้างของอันตรภาคชั้นเท่ากับ 10 และ 20 ตามลำดับ ส่วนนักเรียนที่เหลืออีก 8 คน ได้กำหนดให้มีความกว้างของอันตรภาคชั้นที่แตกต่างกันไป เช่น กำหนดให้มีความกว้างของอันตรภาคชั้นเท่ากับ 15, 22, 35, 39 เป็นต้น ส่วนการบ้านชุดที่ 3 ซึ่งกำหนดให้นักเรียนไปสำรวจข้อมูลน้ำหนักของเพื่อนในชั้นเอง พบว่าข้อมูลที่นักเรียนแต่ละคนใช้ในการสร้างตารางแจกแจงความถี่นั้นไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนใช้การคาดคะเนน้ำหนักของเพื่อนแต่ละคน โดยไม่ได้ไปสำรวจข้อมูลจริง จากตารางแจกแจงความถี่ที่นักเรียนสร้างพบว่ากำหนดให้มีความกว้างอันตรภาคชั้นอยู่ในช่วง 4-8 ความกว้างของอันตรภาคชั้นที่นักเรียนส่วนใหญ่เลือกใช้กัน คือ 5 โดยมีนักเรียนเลือกใช้ 16 คนจากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 24 คน จากผลการตรวจที่ได้กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าคำถามปลายเปิดทำให้นักเรียนมีการตอบอย่างหลากหลาย แต่ทั้งนี้การเปิดโอกาสให้นักเรียนสำรวจข้อมูลเอง อาจทำให้นักเรียนสร้างข้อมูลเอง โดยไม่ทำการสำรวจข้อมูลตามความเป็นจริง

คำถามปลายเปิดในการบ้านชุดที่ 5 ให้นักเรียนสร้างตารางแจกแจงความถี่ความสูงของนักเรียนชั้น ม.5/3 ที่มีความกว้างของแต่ละอันตรภาคชั้นไม่เท่ากัน โดยผู้วิจัยให้นักเรียนสำรวจความสูงของเพื่อนในชั้นเอง จากนั้นให้สร้างฮิสโทแกรมและรูปหลายเหลี่ยมของความถี่จากตารางดังกล่าว และจากการตรวจการบ้านชุดที่ 5 พบว่าตารางแจกแจงความถี่ที่ได้มีความแตกต่างกันมากทั้งความกว้างของแต่ละอันตรภาคชั้นและจำนวนอันตรภาคชั้น จากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 28 คน มีอยู่ 5 คน ที่สร้างตารางแจกแจงความถี่ได้เหมือนกันทุกประการ ผู้วิจัยได้สอบถามนักเรียนกลุ่มดังกล่าว มีอยู่ 4 คนที่ยอมรับว่าได้ลอกการบ้านของเพื่อนมาส่งจึงทำให้สร้างตารางแจกแจงความถี่ได้เหมือนกันและมีนักเรียนคนหนึ่งบอกกับผู้วิจัยว่า “อาจารย์รู้เลยใช่ไหมคะว่าใครลอกการบ้านกันบ้าง เพราะคำถามที่ใช้นั้นแต่ละคนสามารถทำได้หลายแบบและมีโอกาสน้อยมากที่จะได้คำตอบเหมือนกัน ครั้งต่อไปหนูจะพยายามทำเอง เคียวอาจารย์จับได้อีก” จากประเด็นดังกล่าวเห็นได้ว่าการตรวจการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิด ทำให้ผู้ที่ตรวจการบ้าน

สามารถพบข้อสังเกตได้อย่างชัดเจนว่านักเรียนคนใดทำการบ้านด้วยตนเองหรือลอกการบ้านเพื่อน รวมถึงทำให้นักเรียนเกิดความพยายามในการที่จะทำการบ้านด้วยตนเองมากขึ้น

ส่วนคำถามปลายเปิดในชุดที่ 8-10 มีลักษณะคล้ายกันคือให้นักเรียนหา P_a , D_b , Q_c จากข้อมูลที่กำหนดให้ โดยผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกำหนดค่าของ a , b และ c เอง พร้อมทั้งบอกความหมายของค่าที่หาได้ โดยวิธีการหา P_a , D_b , Q_c ของการบ้านแต่ละชุดขึ้นอยู่กับวิธีการที่นักเรียนได้เรียนในแต่ละชั่วโมง โดยการบ้านชุดที่ 8 ให้หาโดยใช้หลักการเทียบบัญญัติไตรยางค์ การบ้านชุดที่ 9 หาโดยใช้สูตร และการบ้านชุดที่ 10 ให้หาโดยใช้กราฟ จากการตรวจการบ้านทั้ง 3 ชุด ผู้วิจัยพบว่ายังมีนักเรียนที่กำหนดค่าของ a , b และ c ได้ไม่ถูกต้อง เช่น กำหนด $c = 4$ เพื่อต้องการหา Q_4 เป็นต้น ซึ่งจากการตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนคนดังกล่าวยังไม่มี ความเข้าใจที่แท้จริงในเรื่องการวัดตำแหน่งที่ของข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ไปพิจารณาอีกครั้งว่าขอบเขตของเปอร์เซ็นต์ไทล์ เดไซล์ และควอร์ไทล์นั้นมีค่าไม่เกินเท่าใด และค่าที่หามาได้มีความหมายว่าอย่างไร นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสังเกตพบว่าการกำหนดค่า a , b และ c ของนักเรียนได้กำหนดค่าที่เมื่อคำนวณหาตำแหน่งของเปอร์เซ็นต์ไทล์ เดไซล์ หรือควอร์ไทล์ แล้วได้ค่าออกมาเป็นจำนวนเต็มเสมอ ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับวิธีการเลือกใช้ค่า a , b และ c พบว่านักเรียนได้ลองคำนวณหา ก่อนว่าค่า a , b และ c ค่าใดที่ทำให้ตำแหน่งของเปอร์เซ็นต์ไทล์ เดไซล์ หรือควอร์ไทล์เป็นจำนวนเต็ม เพื่อทำให้การคำนวณง่ายขึ้น รวมถึงประหยัดเวลาเพราะไม่ต้องคำนวณต่อว่าทศนิยมที่เหลือทำให้ตำแหน่งเพิ่มขึ้นเท่าใด นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนอยู่ 1 คนให้ข้อเสนอแนะกับผู้วิจัยว่าควรกำหนดค่า a , b และ c มาให้ เพราะถ้าให้นักเรียนเลือกกำหนดเองก็จะกำหนดค่าที่ทำให้การคำนวณง่ายขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการทำข้อสอบก็ได้

จากการตรวจการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิด ผู้วิจัยพบว่าคำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตอบคำถามได้ตามระดับความสามารถของตนเอง รวมถึงคำถามดังกล่าวยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความพยายามที่จะทำการบ้านด้วยตนเองมากขึ้น เนื่องจากคำตอบของนักเรียนแต่ละคนสามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจนว่านักเรียนคนใดทำการบ้านด้วยตนเองหรือลอกของเพื่อน นอกจากนี้พบว่าการตรวจการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิดมีความแตกต่างจากการตรวจการบ้านที่ไม่ใช่คำถามปลายเปิดคือการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิดต้องใช้เวลาในการตรวจมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากคำตอบของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน ทำให้ผู้วิจัยต้องพิจารณาหรือคำนวณหาว่านักเรียนแต่ละคนทำการบ้านได้ถูกต้องหรือไม่ ส่งผลให้การตรวจการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิดต้องใช้เวลามากกว่าการบ้านที่ไม่ใช่คำถามปลายเปิด

3) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลการปฏิบัติหลังจากการให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล ในประเด็นเกี่ยวกับลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลและวิธีการในการนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล ไปปรับปรุงการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ตลอดจนแนวทางในการใช้คำถามปลายเปิดที่ใช้ในวงจรนี้ ซึ่งมีรายละเอียดของการสะท้อนผลดังนี้

จากการวิเคราะห์ลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลพบว่าการวิพากษ์ผลที่มีทั้งการวิพากษ์ผลแบบรายข้อและการวิพากษ์ผลแบบภาพรวมเป็นวิธีการตรวจงานที่ทำให้ผู้วิจัยได้รับรู้ถึงข้อบกพร่องหรือจุดที่นักเรียนแต่ละคนเข้าใจผิดได้ค่อนข้างชัดเจน และสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้นำไปปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองได้ตรงประเด็นมากขึ้น ทำให้รับรู้ถึงลักษณะการทำงานของนักเรียนแต่ละคนได้ละเอียดมากขึ้น นอกจากนี้การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลยังเป็นวิธีการตรวจงานที่ส่งเสริมให้ครูและนักเรียนได้มีโอกาสนสื่อสารผ่านการทำการบ้านของนักเรียนมากขึ้น โดยในช่วงแรกของการวิจัยพบว่าการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนยังคงเป็นการสื่อสารแบบทางเดียวอยู่ โดยมีครูเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนได้นำไปปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง แต่นักเรียนยังไม่มี การสื่อสารได้ตอบกลับมาให้ครูรับรู้ว่าข้อมูลที่ ได้รับทำให้ตนเองมีความเข้าใจในเนื้อหาหรือเรื่องที่เข้าใจผิดมากขึ้นเพียงใด โดยสังเกตได้จากนักเรียนไม่มีการแก้ไขการบ้านที่ผิดมาส่งหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับจากการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล ซึ่งอาจเป็นผลมาจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการแก้ไขการบ้านที่ทำผิดมาส่ง เนื่องจากปกติการทำการบ้านของนักเรียนที่เคยปฏิบัติกันมาจะอยู่ในลักษณะที่ส่งการบ้านเสร็จก็ถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการ โดยไม่เห็นความสำคัญของการแก้ไขการบ้านที่ทำผิดเท่าที่ควร แต่เมื่อผู้วิจัยได้กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของข้อมูลที่ได้รับการตรวจการบ้าน และส่งเสริมให้มีการนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับจากการตรวจงานไปใช้ในการแก้ไขปรับปรุงจุดที่ตนเองเข้าใจผิด รวมถึงมีการย้าให้นักเรียนแก้ไขการบ้านที่ทำผิดมาส่งใหม่ทุกครั้ง ในการตรวจงานในลักษณะดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้เกิดการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนในลักษณะที่เป็นการสื่อสารแบบสองทาง ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องจากการทำการบ้านในแต่ละครั้งมากขึ้น และยังเปิดโอกาสให้มีการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียนมากกว่าที่เคยปฏิบัติกันมา นอกจากนี้การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลยังเป็นวิธีการตรวจที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความตั้งใจในการทำและการส่งการบ้าน รวมถึงยังส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการวิพากษ์ผลมีการชี้แจงข้อบกพร่องหรือประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามพบว่า การตรวจงานด้วยวิธีการดังกล่าวต้องใช้เวลาในการตรวจค่อนข้างมาก ซึ่งสาเหตุสำคัญที่ทำให้ต้องใช้เวลาในการตรวจมากเกิดจากวิธีวิพากษ์ผลแบบรายข้อที่ผู้วิจัยใช้ คือ ในข้อที่ทำผิดมีการเขียนชี้แนะจุดที่นักเรียนแต่ละคนต้องปรับปรุง รวมถึงมีการให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ส่วนข้อที่ถูกมีการเขียนคำชม ซึ่งในส่วนของการวิพากษ์ผลข้อที่นักเรียนทำถูก โดยการเขียนคำชมนั้นทำให้ต้องใช้เวลามาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะปรับการวิพากษ์ผลแบบรายข้อ โดยจะตัดการวิพากษ์ผลรายข้อสำหรับข้อที่นักเรียนทำถูกทิ้งไป และปรับให้เหลือเพียงการเขียนคำชมในตอนวิพากษ์ผลแบบภาพรวมแทน นอกจากนี้สาเหตุดังกล่าวผู้วิจัยพบว่าอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการตรวจงานของผู้วิจัย คือ การบ้านที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่แทรกในการบ้านแต่ละชุดทำให้ต้องใช้เวลาในการตรวจมาก เนื่องจากผู้วิจัยต้องคำนวณหาว่าวิธีการของนักเรียนแต่ละคนซึ่งค่อนข้างแตกต่างกันถูกต้องหรือไม่

จากการให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่แจกพร้อมกับการบ้านแต่ละครั้ง พบว่าการเขียนบันทึกการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำการบ้าน เนื่องจากเมื่อใดที่ส่งการบ้านก็จะได้เขียนบันทึกการเรียนรู้เพื่อให้ผู้วิจัยได้เขียนตอบกลับไป ทำให้นักเรียนที่ส่งการบ้านทุกคนชอบอ่านสิ่งที่ผู้วิจัยเขียนกลับไป โดยสังเกตได้จากเมื่อใดที่ผู้วิจัยคืนสมุดการบ้านนักเรียนแต่ละคนมีการอ่านบันทึกการเรียนรู้ของตนเองและแลกเปลี่ยนกับเพื่อน นอกจากนี้การเขียนตอบของนักเรียนในบันทึกการเรียนรู้ได้ข้อสรุปในทิศทางเดียวกันว่านักเรียนชอบและสนุกกับการอ่านสิ่งที่ผู้วิจัยเขียนตอบกลับไป จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการเขียนได้ตอบผ่านบันทึกการเรียนรู้มีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนตลอดจนในการทำการบ้านและการส่งการบ้าน

จากการสังเกตวิธีการที่นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขการเรียนรู้ของตนเองสามารถสรุปได้เป็น 2 รูปแบบ ทั้งนี้การนำข้อมูลย้อนกลับไปใช้มาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับครูผู้สอนด้วย กล่าวคือ ครูผู้สอนควรมีความใส่ใจในสิ่งที่นักเรียนแก้ไขมาส่ง ต้องมีการตรวจการบ้านที่นักเรียนแก้ไขมาส่งทุกครั้ง รวมถึงต้องกระตุ้นให้นักเรียนมีการนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับไปวิเคราะห์ว่าตนเองควรปรับปรุงแก้ไขตรงจุดใดบ้าง และที่สำคัญควรพยายามกระตุ้นให้นักเรียนมีการแก้ไขการบ้านที่ผิดพลาดมาส่งใหม่ทุกครั้ง

ในส่วนของการใช้คำถามปลายเปิดในวงจรนี้ซึ่งเป็นการใช้คำถามโดยแทรกคำถามปลายเปิดในการบ้านแต่ละชุดของนักเรียน โดยคำถามปลายเปิดที่ใช้เป็นคำถามที่ยังไม่มีความซับซ้อนหรือต้องใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ยุ่ยากมาก เนื่องจากต้องการให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับคำถามปลายเปิด และได้ฝึกตอบคำถามปลายเปิดก่อนที่จะต้องแก้ปัญหาหรือตอบคำถามปลายเปิดที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งจากการใช้คำถามปลายเปิดด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้นักเรียน

ส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ แม้ว่าผลการใช้คำถามปลายเปิดในเรื่องการวัดตำแหน่งที่ของข้อมูลไม่มีข้อมูลชัดเจนว่าคำถามปลายเปิดใช้ได้ผลเพียงใด ทั้งนี้เนื่องจากความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวของนักเรียนยังไม่ดีพอ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญยิ่งที่ครูผู้สอนควรตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนก่อนที่จะมีการมอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหรือการบ้าน

สรุปผลวงจรที่ 1

การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลเป็นวิธีการตรวจงานที่ส่งผลให้ครูรับรู้ถึงข้อบกพร่องของนักเรียนแต่ละคนได้อย่างละเอียด ชัดเจนและสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนได้ตรงกับความต้องการหรือตรงกับปัญหาของนักเรียนแต่ละคนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองจากการทำการบ้านมากขึ้น รวมทั้งยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามประเด็นที่ตนเองไม่เข้าใจผ่านการเขียนในการบ้าน ส่วนวิธีการที่นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับไปใช้ปรับปรุงแก้ไขการเรียนรู้ของตนเองนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ การแก้ไขการบ้านที่จุดเดิมกับการแก้ไขโดยการทำใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่าการวิพากษ์ผลควรมีการเน้นหรือย้ำให้นักเรียนมีการปรับปรุงแก้ไขการบ้านของตนเองอยู่เสมอ เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการแก้ไขและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างสม่ำเสมอ

การเริ่มต้นใช้คำถามปลายเปิดโดยการแทรกในการบ้านแต่ละชุดเพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับคำถามลักษณะดังกล่าวนั้น ควรเริ่มต้นจากคำถามปลายเปิดที่มีลักษณะไม่ซับซ้อนหรือต้องใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ยู่ยากมากนัก เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้สึกคุ้นเคยและเห็นว่าคำถามลักษณะดังกล่าวอยู่ในศักยภาพที่ตนเองสามารถทำได้ รวมถึงช่วยให้นักเรียนที่เรียนอ่อนสามารถตอบคำถามหรือทำการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิดได้ด้วยตนเอง และที่สำคัญก่อนมอบหมายการบ้านทั้งที่เป็นคำถามปลายเปิดและไม่ใช่คำถามปลายเปิดครูผู้สอนควรตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาในเรื่องนั้นดีแล้ว

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลที่ได้อีกส่วนมาทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับแผนการปฏิบัติในวงจรต่อไป ดังนี้

1. ในวงจรที่ 1 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนส่งการบ้านวันพุธในช่วงเวลา 8:00 น. – 9:10 น. แต่วันดังกล่าวมีเรียนคณิตศาสตร์ในช่วงโม่งที่ 3 ทำให้ผู้วิจัยตรวจการบ้านของนักเรียนไม่ทัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับเปลี่ยนเวลาในการส่งการบ้านของวันพุธใหม่

2. การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลยังคงให้มีทั้งการวิพากษ์ผลแบบภาพรวมและการวิพากษ์ผลแบบรายข้อ แต่ในส่วนของการวิพากษ์ผลแบบรายข้อจะใช้เฉพาะข้อที่นักเรียนทำผิด ส่วนข้อที่นักเรียนทำถูกใช้การวิพากษ์ผลแบบภาพรวมแทน

3. ยังคงมีการให้ระดับคะแนน A^+ , A , A^- , B^+ , B , B^- และ C เหมือนเดิม แต่จะมีการชี้แจงเกณฑ์การให้ระดับคะแนนให้นักเรียนรับรู้ รวมถึงมีการสอบถามความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับระดับคะแนนที่ได้รับมากขึ้น

วงจรที่ 2 การใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อหาแนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และพัฒนาเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยในวงจรนี้ผู้วิจัยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม โดยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ปรับแผน (Replan)

ผู้วิจัยได้นำแนวทางการปรับแผนการปฏิบัติจากวงจรที่ 1 มาปรับแผนในวงจรที่ 2 ดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนเวลาการส่งการบ้านในวันพุธใหม่ จากเดิมกำหนดให้ส่งในช่วงเวลา 8:00 น.-9:10 น. เปลี่ยนเป็นให้ส่งการบ้านท้ายชั่วโมงที่เรียนแทน

2. ใช้การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลซึ่งมีทั้งการวิพากษ์ผลแบบรายข้อและการวิพากษ์ผลแบบภาพรวมเช่นเดียวกับวงจรที่ 1 แต่ในส่วนของการวิพากษ์ผลแบบรายข้อปรับให้มีการวิพากษ์ผลเฉพาะข้อที่นักเรียนทำผิด ส่วนข้อที่นักเรียนทำถูกใช้การวิพากษ์ผลในส่วนของการวิพากษ์ผลแบบภาพรวมแทน รวมทั้งชี้แจงเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ระดับคะแนนการบ้านให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น

3. ออกแบบคำถามปลายเปิดที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอน

4. จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสถิติหน่วยที่ 3-5 ซึ่งในแต่ละหน่วยมีชั่วโมงที่เป็นการทำกิจกรรมกลุ่มหน่วยละ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แต่ละกลุ่มได้อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดที่กำหนดให้

5. จัดเตรียมแบบบันทึกการอภิปรายสำหรับให้นักเรียนบันทึกผลการอภิปรายภายในกลุ่ม

6. จัดเตรียมเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้มี 4 ระดับคะแนน ซึ่งแต่ละระดับคะแนนมีรายละเอียดดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ระดับคะแนน	รายละเอียดของแต่ละระดับคะแนน
4	- มีการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน - ให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้องและเหมาะสม - สื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3	- มีการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายที่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ - ให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ - สื่อสารหรือสื่อความผู้อื่นได้ แต่ยังขาดความชัดเจนและความสมบูรณ์ในการอธิบาย
2	- มีการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายที่ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ - ให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุน แต่ไม่มีความถูกต้องหรือสมเหตุสมผล - สื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่นได้ แต่ขาดความถูกต้องและเหมาะสม
1	- ไม่มีการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบาย หรือมีการใช้แต่ใช้แล้วสื่อความผิดทั้งหมด - ไม่มีการให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนในการอธิบาย - ไม่มีการสื่อสารหรือสื่อความใด ๆ กับผู้อื่น

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติและสังเกตผลการปฏิบัติ (Act and Observe)

ผู้วิจัยได้เริ่มปฏิบัติและทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสถิติหน่วยที่ 3-5 โดยในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอนของวงจรนี้ ผู้วิจัยได้ตกลงกับนักเรียนเรื่องเวลาในการส่งการบ้านของวันพุธซึ่งเป็นวันที่มีเรียนคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 3 ใหม่ โดยให้นักเรียนส่งการบ้านตอนท้ายชั่วโมงที่เรียนและให้มารับสมุดคืนในเวลา 15:00 น. แต่วันอื่นยังคง

ให้ส่งในช่วงเวลาเดิม คือ วันอังคารและพฤหัสบดีส่งในเวลา 8:00 น.– 9:10 น. ส่วนวันจันทร์และวันศุกร์ส่งท้ายชั่วโมง หลังจากการปรับเปลี่ยนเวลาในการส่งการบ้านดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีเวลาในการตรวจการบ้านของนักเรียนมากขึ้น ทำให้ปัญหาในการตรวจงานนักเรียนไม่ทันในวันพุธหมดไป

2. หลังจากนักเรียนส่งการบ้านและบันทึกการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยใช้การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลซึ่งมีทั้งการวิพากษ์ผลแบบรายข้อและการวิพากษ์ผลแบบภาพรวม โดยใช้การวิพากษ์ผลแบบรายข้อเฉพาะข้อที่นักเรียนทำผิด ส่วนข้อที่นักเรียนทำถูกใช้การวิพากษ์ผลในส่วนของการวิพากษ์แบบภาพรวมแทน ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสามารถตรวจการบ้านของนักเรียนแต่ละคนได้เร็วขึ้น โดยเฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมงสามารถตรวจการบ้านของนักเรียนได้ประมาณ 12–15 คน นอกจากใช้วิธีการตรวจด้วยวิธีการดังกล่าวผู้วิจัยยังคงให้สถิติเกียรตินักเรียนที่ส่งการบ้านตรงเวลาเหมือนเดิม รวมถึงมีการชี้แจงเกณฑ์การให้ระดับคะแนนการบ้านโดยใช้วิธีการถ่ายเอกสารเกณฑ์ดังกล่าวให้นักเรียนทุกคน หลังจากนั้นได้อธิบายเกณฑ์ต่าง ๆ ให้นักเรียนได้รับทราบหลังจากคืนการบ้านชุดที่ 11 ซึ่งเป็นการบ้านชุดแรกของวงจรนี้ นักเรียนทุกคนต่างให้ความสนใจกับเกณฑ์การให้ระดับคะแนนที่ผู้วิจัยใช้ และมีนักเรียนอยู่ 2 คนที่ได้แย้งว่าการบ้านของตนเองน่าจะได้ระดับคะแนนที่สูงกว่านี้ ผู้วิจัยจึงได้ชี้แจงเหตุผลให้นักเรียนเป็นรายคนซึ่งทุกคนก็ยอมรับระดับคะแนนที่ผู้วิจัยให้ และจากการสอบถามนักเรียนผ่านบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 12 เกี่ยวกับความคิดเห็นที่มีต่อเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้และวิธีการตรวจการบ้านพร้อมให้ระดับคะแนนพบว่าจากนักเรียนที่ส่งบันทึกการเรียนรู้ทั้งหมด 34 คน ทุกคนต่างพอใจกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยใช้ นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอยู่ 25 คน ได้ให้ข้อคิดเห็นที่สอดคล้องกันว่าการตรวจการบ้านที่มีการเขียนแนะนำข้อบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไขพร้อมกับมีการให้ระดับคะแนนเหมือนกับที่ผู้วิจัยใช้ในการตรวจการบ้านนั้น ทำให้ตนเองมีความกระตือรือร้นในการทำและการส่งการบ้านมากขึ้น และทำให้รู้ว่าตนเองควรจะต้องพัฒนาหรือปรับปรุงตรงจุดไหนบ้าง

3. ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสถิติหน่วยที่ 3–5 ซึ่งแต่ละหน่วยกำหนดให้มีชั่วโมงที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมกลุ่มเพื่ออภิปรายหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดหน่วยละ 1 ชั่วโมง โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในหน่วยที่ 3 มีเนื้อหาเกี่ยวกับการวัดค่ากลางของข้อมูล และในชั่วโมงที่เป็นการทำกิจกรรมกลุ่มผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจ โดยให้มีสมาชิกกลุ่มละ 5 คน รวมทั้งหมด 7 กลุ่ม จากนั้นให้แต่ละกลุ่มเลือกประธานและเลขานุการ โดยประธานทำหน้าที่เป็นผู้นำในการอภิปราย ส่วนเลขานุการทำหน้าที่เป็นผู้บันทึกประเด็นต่าง ๆ ที่สมาชิกภายในกลุ่มนำเสนอลงในแบบบันทึกการอภิปรายที่ผู้วิจัยแจกให้ (ดูตัวอย่างได้ในภาคผนวก ฉ หน้า 134) รวมถึงทำหน้าที่

เป็นผู้ร่วมการอภิปรายด้วย ส่วนสมาชิกในกลุ่มที่เหลืออีก 3 คน ทำหน้าที่เป็นผู้ร่วมการอภิปราย ซึ่งหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มผู้วิจัยได้ชี้แจงผ่านเอกสารที่แจกให้แต่ละกลุ่มสำหรับใช้ในการดำเนินการอภิปราย หลังจากแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่เสร็จแล้วผู้วิจัยได้แจกคำถามปลายเปิดสำหรับใช้ในการอภิปราย ซึ่งคำถามปลายเปิดในหน่วยที่ 3 มีเนื้อหาเกี่ยวกับการเลือกใช้ค่ากลางให้เหมาะสมกับข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งมีรายละเอียดของคำถามดังนี้

จากการสำรวจเงินเดือนของคน 2 กลุ่ม ปรากฏผลดังนี้

กลุ่มที่ 1 2,600 5,600 3,600 20,000 6,000 150,000

กลุ่มที่ 2 3,450 4,000 4,200 6,000 5,500 4,500

จากข้อมูลดังกล่าว ให้แต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อตอบคำถามต่อไปนี้

1. ในแต่ละกลุ่มนักเรียนจะเลือกใช้วิธีการใดในการหาค่ากลางของข้อมูล เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีของเงินเดือนของคนแต่ละกลุ่ม และเพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วิธีการหาค่ากลางนั้น

2. จากการตรวจสอบภายหลังพบว่าลืมสำรวจข้อมูลในแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 1 คน (ไม่สามารถไปสอบถามคนดังกล่าวได้อีกแล้ว) จากข้อมูลที่นักเรียนมีอยู่นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการใดในการหาค่ากลางของข้อมูล เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีของเงินเดือนของคนแต่ละกลุ่ม และเพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วิธีการหาค่ากลางนั้น

3. ให้แต่ละกลุ่มยกตัวอย่างข้อมูลมาหนึ่งชุด โดยมีเงื่อนไขว่าข้อมูลที่ยกตัวอย่างมานั้นต้องสามารถหาค่ากลางของข้อมูลด้วยวิธีการที่แต่ละกลุ่มจับสลากได้

ผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลเงินเดือนของคน 2 กลุ่มในคำถามปลายเปิดที่แต่ละกลุ่มได้รับแตกต่างกัน จากการสังเกตการทำกิจกรรมกลุ่มพบว่าหลังจากแต่ละกลุ่มได้รับคำถามมีประธานกลุ่มทำหน้าที่ดำเนินการอภิปรายและเป็นผู้อ่านคำถามให้กับสมาชิกในกลุ่มฟัง จากนั้นจึงเริ่มปรึกษากันว่าคำถามต้องการให้หาอะไร หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาทีเริ่มมีคำถามต่าง ๆ จากแต่ละกลุ่มตามผู้วิจัย เช่น จากข้อมูลทั้งสองกลุ่มให้เลือกว่าจะใช้กลุ่มใดเป็นตัวแทนใช้หรือไม่ ทั้งสองกลุ่มต้องใช้วิธีการหาเหมือนกันเลยใช่ไหม เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ตอบคำถามที่แต่ละกลุ่มถาม แต่ก็ปรากฏว่ายังมีคำถามอื่น ๆ ตามมาอีก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้อธิบายให้นักเรียนทั้งชั้นฟังพร้อมกัน โดยใช้การสรุปให้ฟังว่าคำถามนั้นต้องการให้หาอะไร และมีการยกตัวอย่างข้อมูลมาหนึ่งชุด แล้วให้นักเรียนพิจารณาพร้อมกันว่าจากข้อมูลที่กำหนดให้ควรใช้ค่ากลางชนิดใดสำหรับหาค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่ม จากนั้นแต่ละกลุ่มจึงเริ่มการอภิปรายได้

จากการสังเกตการอภิปรายของแต่ละกลุ่มพบว่าการอภิปรายไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากแต่ละคนในกลุ่มต้องรอให้เลขานุการบันทึกผลการอภิปรายให้เสร็จ

เรียบร้อยก่อนแล้วจึงพูดหรือเสนอแนวคิดต่อไปได้ ทำให้ใช้เวลาในการอภิปรายมาก โดยแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการอภิปรายใน 2 คำถามแรกประมาณ 40 นาที ส่งผลให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั่วโมงดังกล่าวไม่ทันตามแผนที่วางไว้ โดยไม่สามารถอภิปรายในข้อที่ 3 ได้ เพราะผู้วิจัยใช้ระยะเวลา 20 นาทีที่เหลือสำหรับให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการอภิปราย จากการนำเสนอแต่ละกลุ่มจะเขียนข้อมูลที่กลุ่มตนเองได้รับบนกระดานก่อน จากนั้นจึงได้สรุปให้เพื่อนในชั้นฟังว่าเลือกใช้ค่ากลางชนิดใดในการหาค่าที่เป็นตัวแทนที่ดี พร้อมกับบอกเหตุผลในการเลือกค่ากลางชนิดนั้น บรรยากาศในการนำเสนอค่อนข้างเงียบมีเพียงแต่ผู้ที่ออกไปนำเสนอเท่านั้นที่เป็นคนพูด ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องคอยกระตุ้นถามเป็นกลุ่มว่ามีความคิดเห็นอย่างไรบ้างกับวิธีการที่เพื่อนเลือกคำตอบที่ได้ส่วนใหญ่แล้วตอบว่าเห็นด้วยกับวิธีการทำของเพื่อน แต่เมื่อผู้วิจัยถามถึงเหตุผลว่าทำไมเห็นด้วยก็ไม่มีใครตอบ มีเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่คัดค้านวิธีการที่เพื่อนนำเสนอ โดยกลุ่มที่นำเสนอได้รับข้อมูลเงินเดือนดังนี้ 2,600 5,600 3,600 20,000 6,000 150,000 ซึ่งกลุ่มดังกล่าวเลือกใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตในการหาค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่ม โดยให้เหตุผลว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นวิธีการหาที่แน่นอนและได้ค่าที่ค่อนข้างจริง แต่กลุ่มที่คัดค้านให้เหตุผลว่าจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามีคนที่ได้เงินเดือนสูงกว่าคนอื่นมาก ถ้าใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตอาจทำให้ค่าที่ได้ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มได้ โดยกลุ่มดังกล่าวได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรใช้มัธยฐานในการหาถึงจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกว่า จากข้อเสนอแนะดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ถามนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ที่เหลือว่ามีความคิดเห็นอย่างไร พบว่าทุกกลุ่มต่างเห็นด้วยกับข้อเสนอที่เพื่อนแนะนำ

ส่วนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในหน่วยที่ 4 และ 5 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการนำเสนอข้อมูลตามลำดับ หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งสองหน่วยพบว่าผู้วิจัยไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ทันตามแผนที่วางไว้ ซึ่งตามปกติในหน่วยที่ 4 และ 5 ต้องใช้เวลาในการสอน 6 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ แต่ปรากฏว่าผู้วิจัยมีเวลาในการสอนทั้งสองหน่วยเพียง 5 ชั่วโมงเท่านั้น เนื่องจากทางสภาระการศึกษารัฐบาลได้จัดสอบรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม โดยใช้เวลาในการสอบทั้งหมด 6 ชั่วโมงและต้องใช้เวลาเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานในการสอบ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องแบ่งเวลาสำหรับการสอบในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมอีก 6 ชั่วโมง และนอกจากนี้ยังมีอีก 2 ชั่วโมงที่ตรงกับกิจกรรมของทางโรงเรียน

จากข้อจำกัดทางด้านเวลาดังกล่าวผู้วิจัยจึงปรับแผนใหม่โดยนำหน่วยที่ 5 ซึ่งเป็นเรื่องการนำเสนอข้อมูลมาสอนก่อน 1 ชั่วโมง โดยชั่วโมงดังกล่าวผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับรูปแบบต่าง ๆ ของการนำเสนอข้อมูลให้นักเรียน ในส่วนของการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดในหน่วยที่ 5 ตามแผนเดิมผู้วิจัยวางแผนให้มีการอภิปรายเพื่อ

พิจารณาว่าควรเลือกใช้รูปแบบการนำเสนอข้อมูลใดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับข้อมูลที่แต่ละกลุ่มเก็บรวบรวมมา ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวเป็นงานที่ผู้วิจัยได้มอบหมายให้ทำตั้งแต่แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 1 แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาจึงทำให้ผู้วิจัยต้องปรับแผนใหม่ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ไปวางแผนการนำเสนอข้อมูลเป็นการบ้าน แล้วให้นำเสนออีกครั้ง หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนในหน่วยที่ 4 ซึ่งเป็นเรื่องการวัดการกระจายของข้อมูล โดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในหน่วยที่ 4 ซึ่งเป็นเรื่องการวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้วิจัยไม่ได้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้เตรียมไว้เลย เนื่องจากผู้วิจัยต้องสอนเนื้อหาให้ครบและเหมือนกับห้องอื่น ๆ อีก 5 ห้อง เพราะต้องใช้ข้อสอบชุดเดียวกันในการสอบปลายภาค จากเวลาที่มืออยู่อย่างจำกัดผู้วิจัยจึงได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนหน่วยดังกล่าวในลักษณะที่เป็นการบอกสูตรในการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมกับให้ทำแบบฝึกหัดเรื่องละ 2-3 ตัวอย่าง ซึ่งใช้เวลาสอนในหน่วยนี้ทั้งหมด 3 ชั่วโมง

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนหน่วยที่ 4 ผู้วิจัยเหลือเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอีก 1 ชั่วโมง สำหรับให้นำเสนอข้อมูลที่แต่ละกลุ่มได้เก็บรวบรวมมา ซึ่งมีทั้งหมด 8 กลุ่ม โดยในการนำเสนอผู้วิจัยได้กำหนดเวลาให้กลุ่มละประมาณ 5-6 นาที และระหว่างการนำเสนอให้เพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถามได้ จากการนำเสนอผลงานพบว่าแต่ละกลุ่มใช้วิธีการนำเสนอที่เหมือนกัน คือ ใช้กระดาษชาร์ตติดบนกระดานเพื่อประกอบการอธิบาย โดยรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่แต่ละกลุ่มเก็บรวบรวมมา ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งสรุปได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงรูปแบบการนำเสนอข้อมูลของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	ข้อมูลที่นำเสนอ	รูปแบบการนำเสนอข้อมูล
1	การเกิดอุบัติเหตุทางจราจรใน อ.เวียงสา ปี 2546	• ตารางทางเดียว • กราฟเส้นเชิงซ้อน
2	ราคาน้ำมันในแต่ละวันของปั้มเชลล์ในเดือนสิงหาคม ปี 2546	• ตารางทางเดียว • แผนภูมิแท่งเชิงเดียว
3	ความสูงของนักเรียนในชั้น ม.5/3	• ตารางแจกแจงความถี่ • แผนภูมิแท่งเชิงเดียว • กราฟความถี่สะสม

ตาราง 6 (ต่อ)

กลุ่มที่	ข้อมูลที่นำเสนอ	รูปแบบการนำเสนอข้อมูล
4	ค่าไฟฟ้าของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคนในเดือนกรกฎาคม ปี 2546	• ตารางทางเดียว • แผนภูมิแท่งเชิงเดียว • กราฟเส้นเชิงเดียว • แผนภูมิรูปภาพ
5	จำนวนนักเรียนโรงเรียนสา ปีการศึกษา 2546	• ตารางทางเดียว • กราฟเส้นเชิงเดียว • แผนภูมิแท่งเชิงเดียว
6	วิธีการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนชั้น ม. 5	• ตารางทางเดียว • แผนภูมิแท่งเชิงเดียว • แผนภูมิวง
7	ค่าน้ำของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคนในเดือนสิงหาคม ปี 2546	• แผนภูมิแท่งเชิงเดียว • แผนภูมิรูปภาพ • กราฟเส้นเชิงเดียว
8	จำนวนเรือแข่งนัดเปิดสนาม จ.น่าน	• ตารางแจกแจงความถี่ • แผนภูมิแท่งเชิงเดียว • แผนภูมิวง

จากตาราง 6 เห็นได้ว่าแต่ละกลุ่มมีรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 รูปแบบขึ้นไป ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอข้อมูลโดยใช้ตาราง แผนภูมิแท่ง กราฟเส้น แผนภูมิวง แผนภูมิรูปภาพ โดยในการนำเสนอผู้วิจัยได้ให้แต่ละกลุ่มให้เหตุผลประกอบด้วยว่าทำไมจึงนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบดังกล่าว จากการให้เหตุผลประกอบของแต่ละกลุ่มพบว่าส่วนใหญ่แล้วให้เหตุผลได้ไม่ค่อยสมเหตุสมผลและเป็นเหตุผลที่ยังไม่เกี่ยวข้องกับเชิงคณิตศาสตร์เท่าที่ควร เช่น การนำเสนอโดยใช้รูปแบบนี้ทำได้ง่ายดี ใช้แผนภูมิแท่งเพราะเคยเรียนเรื่องนี้มาก่อน เป็นต้น มีเพียง 2 กลุ่มเท่านั้นที่สามารถให้เหตุผลได้ประกอบการอธิบายได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับรูปแบบการนำเสนอของตนเอง กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ 1 นำเสนอข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุทางการจราจรของอำเภอเวียงสา และใช้กราฟเส้นเชิงซ้อนในการนำเสนอข้อมูล (ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ข หน้า 143) โดยให้เหตุผลประกอบในการเลือกใช้กราฟดังกล่าวว่าเพื่อต้องการให้

เห็นความแตกต่างระหว่างผู้ที่ได้รับบาดเจ็บกับผู้เสียชีวิตชัดเจนมากขึ้น ส่วนอีกกลุ่มคือกลุ่ม 6 ที่เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเดินทางมาโรงเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แล้วนำเสนอในรูปแบบแผนภูมิวง (ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ข หน้า 146) ซึ่งให้เหตุผลในการเลือกใช้แผนภูมิวงว่าต้องการให้เห็นสัดส่วนของวิธีการในการเดินทางมาโรงเรียนที่ดูเข้าใจง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่ารูปแบบที่นักเรียนนำเสนออย่างหลากหลายนั้นยังไม่เหมาะสมหรือสอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนเก็บรวบรวมมาได้ เช่น การนำเสนอข้อมูลของกลุ่มที่ 2 ที่เก็บข้อมูลราคาน้ำมันในแต่ละวันของปั้มเชลล์แล้วนำเสนอข้อมูลด้วยการใช้แผนภูมิแท่ง รวมถึงกลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 7 ที่เก็บข้อมูลของค่าไฟฟ้าและค่าน้ำของสมาชิกภายในกลุ่ม แล้วนำเสนอข้อมูลโดยใช้กราฟเส้นเชิงเดียว ซึ่งการนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟเส้นเชิงเดียวนั้นมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะข้อมูลที่สนใจเพียงลักษณะเดียวในช่วงเวลาหนึ่ง จึงไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนต้องการนำเสนอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องสรุปในตอนท้ายชั่วโมงอีกครั้งเกี่ยวกับรูปแบบการนำเสนอข้อมูลว่าแต่ละรูปแบบนั้นมีจุดประสงค์หรือหลักการเลือกใช้อย่างไรบ้าง เพื่อให้แต่ละกลุ่มได้ไปพิจารณาว่ารูปแบบการนำเสนอข้อมูลกลุ่มตนเองมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้หรือไม่

4. หลังจากเสร็จสิ้นการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดของหน่วยที่ 3 ผู้วิจัยได้นำแบบบันทึกการอภิปรายของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ เพื่อให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งมีทั้งหมด 4 ระดับคะแนน โดยวิธีการให้คะแนนผู้วิจัยพิจารณาจากสิ่งที่นักเรียนเขียนในแบบบันทึกการอภิปรายว่ามีรายละเอียดสอดคล้องกับระดับคะแนนใดของเกณฑ์การประเมิน จากการให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยประสบปัญหา คือ ตัดสินใจได้ยากในการพิจารณาว่าจะให้แต่ละกลุ่มได้รับคะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในระดับคะแนนใด เนื่องจากการตอบของนักเรียนบางประเด็นสอดคล้องกับรายละเอียดของระดับคะแนน 4 แต่บางประเด็นก็สอดคล้องกับระดับคะแนน 2 จึงทำให้ตัดสินได้ไม่ชัดเจนว่านักเรียนกลุ่มดังกล่าวควรได้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลในระดับใด ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามหาแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยพิจารณาจากรายละเอียดของเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับ และพบว่าทุกระดับคะแนนพิจารณาการให้คะแนนอยู่ 3 ประเด็นหลัก โดยประเด็นแรกพิจารณาจากการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบาย ประเด็นที่สองพิจารณาจากการให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ และประเด็นสุดท้ายพิจารณาจากการสื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่น ซึ่งจากข้อค้นพบดังกล่าวผู้วิจัย

จึงได้ปรับเปลี่ยนวิธีการให้คะแนนใหม่ โดยได้ให้คะแนนการตอบของแต่ละกลุ่มทีละประเด็น ซึ่งในแต่ละประเด็นมีคะแนนเต็ม 4 คะแนนและคำตอบอยู่ที่ 1 คะแนน ทั้งนี้การตัดสินใจแต่ละประเด็นควรได้ระดับคะแนนใดนั้นยังคงพิจารณาจากรายละเอียดของเกณฑ์การประเมินแบบเดิมที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ จากวิธีการให้คะแนนแบบใหม่นี้ทำให้มีคะแนนเต็ม 12 คะแนน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำคะแนนที่ได้มาหารด้วย 3 เพื่อสรุปว่าระดับคะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับใด ด้วยวิธีการให้คะแนนดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสามารถใช้เกณฑ์การประเมินในการให้คะแนนนักเรียนแต่ละกลุ่มด้วยความสะดวกและชัดเจนมากขึ้น จากการใช้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด 7 กลุ่ม มีอยู่ 5 กลุ่มที่ได้ระดับคะแนน 3 ส่วนอีก 2 กลุ่มได้ระดับคะแนน 2 และสังเกตพบว่าประเด็นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้คะแนนต่ำ คือ ประเด็นการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบาย

ขั้นที่ 3 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลการปฏิบัติในประเด็นเกี่ยวกับแนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม และเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล ดังนี้

ลักษณะการตรวจงานแบบวิพากษ์ผล

จากการใช้วิธีการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลที่มีการเขียนข้อบกพร่องของนักเรียนที่ต้องแก้ไขปรับปรุงพร้อมกับการให้ระดับคะแนนคุณภาพของการบ้าน พบว่าทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำและการส่งการบ้านมากขึ้น รวมถึงทำให้นักเรียนมีการพัฒนาคุณภาพของการทำการบ้านในแต่ละครั้งมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจในระดับคะแนน A^+ , A , A^- , B^+ , B , B^- หรือ C ที่ตนเองได้รับว่ามีความหมายอย่างไร และนักเรียนสามารถนำระดับคะแนนดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับเพื่อนคนอื่นได้ ส่งผลให้นักเรียนมีความพยายามในการปรับปรุงการบ้านของตนเองให้มีคุณภาพมากขึ้นอยู่เสมอ จากกระบวนการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการตรวจงานแบบวิพากษ์ผลพร้อมกับให้ระดับคะแนนคุณภาพของการบ้านก่อให้เกิดการสื่อสารระหว่างนักเรียนกับนักเรียนมากขึ้น นอกจากนี้การวิพากษ์ผลแบบรายข้อเฉพาะข้อที่ผิดทำให้การตรวจแบบวิพากษ์ผลใช้เวลาน้อยลง แต่ยังคงรับรู้ถึงจุดบกพร่องที่นักเรียนแต่ละคนต้องแก้ไขปรับปรุงเหมือนเดิม

แนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในวงจรีนี้เป็นการใช้คำถามปลายเปิดประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม โดยมีแนวทางการใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลของนักเรียนแต่ละกลุ่มอยู่ 2 แนวทาง โดยแนวทางแรกให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อวางแผนหาแนวทางตอบคำถามปลายเปิดในชั้นเรียน ส่วนอีกแนวทางหนึ่งให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อวางแผนหาแนวทางตอบคำถามปลายเปิดนอกชั้นเรียน โดยการใช้คำถามปลายเปิดแนวทางแรกผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อหาแนวทางตอบคำถามปลายเปิดในชั้นเรียน และระหว่างการอภิปรายได้ให้นักเรียนบันทึกผลการอภิปรายด้วย โดยใช้แบบบันทึกการอภิปรายเป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกการรอบหรือผลการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ซึ่งจากการใช้เครื่องมือดังกล่าวพบว่าทำให้การอภิปรายของแต่ละกลุ่มไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง เพราะแต่ละคนในกลุ่มต้องรอให้ผู้บันทึกผลการอภิปรายบันทึกผลให้เสร็จก่อน จึงจะนำเสนอแนวคิดหรืออภิปรายต่อไปได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผู้วิจัยนำแบบบันทึกดังกล่าวมาวิเคราะห์ก็พบว่า มีข้อมูลที่แสดงถึงการสื่อสารและการให้เหตุผลของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ส่วนการใช้คำถามปลายเปิดในแนวทางที่สองผู้วิจัยให้นักเรียนได้วางแผนการตอบคำถามปลายเปิดนอกชั้นเรียนหรือเป็นการบ้าน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลที่ได้หน้าชั้นเรียนซึ่งแนวทางดังกล่าวไม่ได้อยู่ในแผนการวิจัยที่ผู้วิจัยได้วางไว้ แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาในชั้นเรียนจึงทำให้ต้องใช้คำถามปลายเปิดในแนวทางดังกล่าว แต่เนื่องจากการปรับเปลี่ยนที่ไม่ได้อยู่ในแผนที่เตรียมไว้ล่วงหน้า จึงทำให้ผู้วิจัยขาดข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดที่ทำนอกชั้นเรียนของแต่ละกลุ่ม ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งในการวางแผนหรือการเลือกใช้เครื่องมือในการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ส่วนชนิดของคำถามปลายเปิดที่ใช้ในวงจรีนี้จะมีแตกต่างกัน โดยคำถามปลายเปิดในหน่วยที่ 3 มีคำถามทั้งหมด 3 ข้อ โดยข้อที่ 1 และ 2 เป็นคำถามที่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แต่สามารถให้เหตุผลประกอบการตอบได้อย่างหลากหลาย ส่วนข้อสุดท้ายเป็นคำถามปลายเปิดที่มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ แต่การใช้คำถามในหน่วยดังกล่าวยังมีปัญหาบ้างในช่วงแรก เนื่องจากภาษาที่ใช้ในข้อคำถามยังไม่มี ความชัดเจน จึงทำให้เกิดความสับสนในทำความเข้าใจคำถามและตีความคำถามได้หลายอย่าง รวมถึงคำถามที่ใช้ผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลเงินเดือนของคน 2 กลุ่มเพื่อให้นักเรียนหาค่ากลางที่เป็นตัวแทนที่ดีของแต่ละกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและเข้าใจข้อคำถามผิด โดยเข้าใจว่าจากข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มให้เลือกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

เป็นตัวแทนที่ดี ผู้วิจัยต้องอธิบายคำถามให้กับนักเรียนทั้งหมดอีกครั้งจึงสามารถอภิปรายในข้อนี้ได้ ซึ่งเห็นได้ว่าข้อคำถามที่กำหนดให้นักเรียนใช้ในการอภิปรายควรมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย และที่สำคัญไม่ควรถามนักเรียนในหลายประเด็นมากเกินไปในข้อคำถามเดียว รวมถึงคำถามควรมีความชัดเจนทั้งในแง่ของภาษาที่ใช้และประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนตอบ

ส่วนคำถามปลายเปิดที่ใช้ในหน่วยที่ 5 มีลักษณะที่เปิดกว้างให้กับนักเรียนทั้งในแง่ของคำตอบ รูปแบบการนำเสนอข้อมูล ตลอดจนความหลากหลายในการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของตนเอง โดยคำถามในหน่วยนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสนใจ จากนั้นให้นำเสนอข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ด้วยรูปแบบการนำเสนอที่คิดว่าเหมาะสม พร้อมกับให้เหตุผลประกอบว่าทำไมจึงเลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูลดังกล่าว จากการให้เหตุผลของแต่ละกลุ่มพบว่าส่วนใหญ่ยังให้เหตุผลได้ไม่สมเหตุสมผล ซึ่งเป็นผลมาจากนักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์หรือหลักการในการเลือกใช้รูปแบบการนำเสนอข้อมูลแต่ละรูปแบบอย่างดีพอ อย่างไรก็ตามระหว่างกระบวนการนำเสนอข้อมูลนักเรียนยังมีการซักถามกันเกี่ยวกับเรื่องที่เพื่อนนำเสนอ โดยคำถามที่นักเรียนถามส่วนใหญ่เป็นการถามในเชิงเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่กลุ่มนั้นใช้เช่น การนำเสนอข้อมูลที่เก็บมาได้สามารถนำเสนอในรูปแบบอื่นได้อีกหรือไม่ การนำเสนอข้อมูลเรื่องนี้ระหว่างการนำเสนอโดยใช้กราฟเส้นกับกราฟแท่ง แบบไหนจะดูได้ง่ายกว่ากัน เป็นต้น แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดเรื่องเวลาจึงทำให้การสื่อสารและการให้เหตุผลของนักเรียนในชั้นเรียนดำเนินการได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น

นอกจากนี้พบว่าคำถามปลายเปิดที่ใช้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริง เมื่อใช้แล้วทำให้นักเรียนสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น แต่การเลือกใช้คำถามในลักษณะดังกล่าวควรใช้เวลาให้นักเรียนในการหาคำตอบและการนำเสนอให้มากขึ้นด้วย ซึ่งทำให้ได้ข้อสรุปว่าคำถามปลายเปิดที่ใช้ในหน่วยนี้ทำให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่น่าสนใจเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถนำเสนอหรือสื่อสารแนวคิดได้อย่างหลากหลาย

เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

จากการใช้เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินแบบภาพรวม พบว่าการให้คะแนนเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากการบันทึกผลการอภิปรายของแต่ละกลุ่มในแบบบันทึกการอภิปรายมีความสอดคล้องกับรายละเอียดของเกณฑ์การประเมินในหลายระดับคะแนน จึงทำให้ตัดสินใจไม่ได้ว่านักเรียนกลุ่มดังกล่าวควรได้ระดับคะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลในระดับใด แต่หลังจากผู้วิจัยปรับเปลี่ยนวิธีการให้ระดับคะแนนใหม่ โดยการแยกให้คะแนนที่ละประเด็นรวม

ทั้งหมด 3 ประเด็น ได้แก่ การให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่างๆ การสื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่น และประเด็นสุดท้ายคือการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์จากการปรับวิธีการดังกล่าวทำให้การประเมินมีความเหมาะสมและสะดวกในการให้คะแนนมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะปรับเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์แบบแยกองค์ประกอบ เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนในการประเมินมากขึ้น

สรุปผลวงจรที่ 2

แนวทางการใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยเน้นที่การประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม พบว่าทำได้ 2 ลักษณะ กล่าวคือให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน โดยข้อคำถามที่ใช้ในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จะต้องมีความชัดเจนและเข้าใจง่ายทั้งในแง่ของภาษาที่ใช้และประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนตอบ และเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริง โดยจะต้องให้เวลากับนักเรียนในการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการตอบคำถามและการนำเสนอให้มากขึ้น ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกผลการอภิปรายเพื่อสังเกตการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อการอภิปรายของนักเรียน นอกจากนี้การนำคำถามปลายเปิดไปใช้ต้องคำนึงถึงความคุ้นเคยกับคำถามปลายเปิดของนักเรียนด้วย เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เหมาะสมและสอดคล้องกับนักเรียนมากขึ้น ส่วนเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการให้คะแนนซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินแบบภาพรวม ทำให้การประเมินไม่มีความชัดเจนและยุติธรรมเท่าที่ควร

แนวทางการปรับแผนในวงจรต่อไป

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับแผนในวงจรต่อไป ดังนี้

1. ในการบันทึกผลการอภิปรายจากการทำกิจกรรมกลุ่ม ปรับให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งในกลุ่มทำหน้าที่บันทึกข้อมูลเพียงอย่างเดียว โดยไม่ต้องแสดงความคิดเห็นร่วมกับในกลุ่ม
2. หลังจากนักเรียนแต่ละกลุ่มได้อภิปรายเพื่อหาข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามปลายเปิดแล้ว ควรเพิ่มเวลาในการอภิปรายและการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนให้มากขึ้น
3. ปรับข้อคำถามปลายเปิดให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายทั้งในแง่ของภาษาที่ใช้และประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนตอบ นอกจากนี้คำถามปลายเปิดที่ใช้ควรมีความหลากหลาย

มากขึ้นทั้งในแง่ของคำตอบ วิธีการได้มาซึ่งคำตอบรวมถึงความหลากหลายในการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบที่หามาได้

4. ปรับเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ให้เป็นเกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ

วงจรที่ 3 การใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และหาแนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในวงจรนี้ผู้วิจัยเน้นการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ปรับแผน (Replan)

ผู้วิจัยได้นำแนวทางการปรับแผนการปฏิบัติจากวงจรที่ 2 มาปรับแผนในวงจรที่ 3 ดังนี้

1. ออกแบบคำถามปลายเปิดที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอน โดยคำถามปลายเปิดที่ใช้ในกิจกรรมกลุ่มปรับให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายทั้งในแง่ของภาษาที่ใช้และประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนตอบมากขึ้น

2. ปรับรูปแบบการทำกิจกรรมกลุ่ม โดยให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งในกลุ่มทำหน้าที่เป็นผู้บันทึกผลการอภิปรายเพียงอย่างเดียว โดยไม่ต้องมีการแสดงความคิดเห็นร่วมกับในกลุ่ม รวมถึงมีการเพิ่มเวลาในการอภิปรายและการนำเสนอแนวคิดของแต่ละกลุ่มให้มากขึ้น

3. ปรับแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับและอนุกรม ซึ่งแต่ละแผนมีการมอบหมายการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิดให้นักเรียนทุกชั่วโมง

4. ปรับเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จากเกณฑ์การประเมินแบบภาพรวมให้เป็นเกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวมีรายละเอียด ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบย่อย	เกณฑ์การให้คะแนน
การใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์	4 : ใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายได้อย่างถูกต้องชัดเจน 3 : ใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ 2 : ใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายที่ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ 1 : ไม่มีการใช้แผนภาพ คำศัพท์ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายหรือมีการใช้แต่ใช้แล้วสื่อความผิดทั้งหมด
การให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ	4 : ให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้องเหมาะสม 3 : ให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ 2 : ให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ 1 : ไม่มีการให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนในการอธิบายหรือมีการให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแต่ยังไม่มี ความถูกต้อง หรือสมเหตุสมผล
การสื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่น	4 : สื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3 : สื่อสารหรือสื่อความผู้อื่นได้ แต่ยังขาดความชัดเจนและความสมบูรณ์ในการอธิบาย 2 : สื่อสารหรือสื่อความกับผู้อื่นได้ แต่ขาดความถูกต้องในการอธิบาย 1 : ไม่มีการสื่อสารหรือสื่อความใด ๆ กับผู้อื่น

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติและสังเกตผลการปฏิบัติ (Act and Observe)

ผู้วิจัยได้เริ่มปฏิบัติและทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับและอนุกรม ซึ่งในวงจรนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 10 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีอยู่หนึ่งชั่วโมงที่ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมกลุ่มเพื่ออภิปราย และวางแผนในการหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิด ซึ่งมีทั้งหมด 2 ข้อ โดยผู้วิจัยได้แจกคำถามดังกล่าวให้ครั้งละ 1 ข้อ แต่ละข้อกำหนดให้ใช้เวลาในการอภิปราย 10 นาที จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั่วโมงดังกล่าวผู้วิจัยพบว่านักเรียนทุกกลุ่มต่างให้ความสนใจกับคำถามปลายเปิดที่ผู้วิจัยมอบหมายให้ โดยให้เพื่อนในกลุ่มคนใดคนหนึ่งทำหน้าที่เป็นคนอ่าน โจทย์ให้สมาชิกในกลุ่มฟัง จากนั้นมีการปรึกษากันว่าคำถามนั้นต้องการให้หาอะไร และระหว่างการอภิปรายจะมีนักเรียนหนึ่งคนที่ทำหน้าที่บันทึกผลการอภิปรายหรือข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เพื่อนในกลุ่มได้แสดงความคิดเห็น โดยนักเรียนคนดังกล่าวทำหน้าที่เป็นผู้บันทึกผลเพียงอย่างเดียว

คำถามปลายเปิดข้อที่หนึ่งให้แต่ละกลุ่มได้แสดงแนวคิดเพื่อหาว่าจำนวนที่หารด้วย 3 ลงตัวและอยู่ระหว่าง 101 ถึง 1001 มีทั้งหมดกี่จำนวน ซึ่งจากการสังเกตพบว่าแต่ละกลุ่มมีวิธีการทำงานคล้าย ๆ กัน คือ ให้แต่ละคนในกลุ่มคิดของตนเองก่อน เมื่อใครได้คำตอบหรือได้แนวคิดแล้วก็นำวิธีการนั้นมานำเสนอในกลุ่ม จากนั้นเพื่อนในกลุ่มก็จะพิจารณาว่าสิ่งที่นำเสนอถูกต้องหรือไม่ โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในข้อนี้ค่อนข้างน้อยมาก หลังจากผู้วิจัยได้อ่านแบบบันทึกการอภิปรายในข้อนี้พบว่าการเขียนเพียงวิธีการทำ โดยไม่มีการบันทึกกระบวนการได้มาซึ่งวิธีการหรือคำตอบนี้ มีเพียง 2 กลุ่มเท่านั้นจากทั้งหมด 7 กลุ่มที่มีการบันทึกผลการอภิปรายที่แสดงถึงกระบวนการแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือความคิดเห็นของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที สำหรับการอภิปรายในข้อนี้

หลังจากนักเรียนทำโจทย์ข้อแรกเสร็จ ผู้วิจัยได้ให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มละหนึ่งคนนำเสนอวิธีการหรือแนวคิดของกลุ่มหน้าชั้นเรียน จากการนำเสนอของแต่ละกลุ่มพบว่าได้แนวคิดหรือวิธีการทำอยู่ 2 วิธี โดยวิธีการแรกนักเรียนหาพจน์แรกและพจน์สุดท้ายที่หารด้วย 3 ลงตัวและอยู่ระหว่าง 101 ถึง 1001 ก่อน จากนั้นสร้างลำดับขึ้นมาพร้อมทั้งหาพจน์ทั่วไปของลำดับดังกล่าว เมื่อได้พจน์ทั่วไปของลำดับจึงมีการคำนวณหาว่าจำนวนสุดท้ายว่าตรงกับพจน์ที่เท่าใด ซึ่งได้คำตอบเท่ากับ 300 และวิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีการที่ถูกต้องและนักเรียนเกือบทุกกลุ่มเลือกทำวิธีการนี้ มีเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่ใช้วิธีการที่แตกต่างออกไป กล่าวคือ เริ่มต้นเหมือนกับวิธีการแรก โดยหาจำนวนแรกและจำนวนสุดท้ายที่อยู่ระหว่าง 101-1001 ที่หารด้วย 3 ลงตัวก่อน ซึ่งได้จำนวนแรกคือ 102 และ จำนวนสุดท้ายคือ 999 จากนั้นนำทั้งสองจำนวนมาหารด้วย 3

โดยนักเรียนได้ให้เหตุผลว่าโจทย์ให้หาว่าหารด้วย 3 ลงตัวมีทั้งหมดกี่จำนวน ดังนั้นจึงต้องนำ 3 ไปหาร ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 34 กับ 333 ตามลำดับ จากนั้นจึงนำ 333 ลบด้วย 34 ซึ่งได้คำตอบเท่ากับ 299 แต่วิธีการดังกล่าวได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้ให้นักเรียนกลุ่มอื่นแสดงความคิดเห็นว่าทำไมวิธีการนี้จึงได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องซึ่งมีนักเรียนคนหนึ่งบอกว่า “ถ้าเอา 333 ลบด้วย 34 ก็เหมือนกับเราตัด 34 ออกไปด้วย ดังนั้นจำนวนที่หาได้จึงขาดไปหนึ่งตัว” แต่เพื่อนกลุ่มอื่นยังไม่เข้าใจ ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนคนดังกล่าวอธิบายเพิ่มเติมซึ่งนักเรียนคนดังกล่าวได้ยกตัวอย่าง 1 ถึง 10 แล้วให้เพื่อนในชั้นหาว่ามีทั้งหมดกี่จำนวน ซึ่งคำตอบที่ได้มีทั้ง 10 และ 9 แต่คำตอบที่ถูกต้องคือ 10 จากการยกตัวอย่างจึงทำให้เพื่อนนักเรียนในห้องส่วนใหญ่เข้าใจ แต่ยังมีอีก 5-6 คนที่ยังไม่เข้าใจ ผู้วิจัยจึงได้อธิบายเพิ่มเติมพร้อมกับให้นักเรียนช่วยกันสรุปอีกครั้งว่าถ้าจะทำวิธีการนี้จะต้องทำอะไร ซึ่งคำตอบที่ได้ก็คือนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกับ 1 เสมอ จึงจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

ส่วนคำถามปลายเปิดอีกข้อผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงความคิดเห็นว่า 558 เป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับ 6, 14, 22, 30, ... หรือไม่ พร้อมกับให้แสดงเหตุผลประกอบการอธิบายด้วย ซึ่งข้อนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนกันมากขึ้น เมื่อเทียบกับคำถามในข้อแรก โดยวิธีการแต่ละกลุ่มคล้ายกันคือเสนอแนวคิดของแต่ละคน ส่วนเพื่อนคนอื่นในกลุ่มเป็นผู้พิจารณาว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็มีการหาเหตุผลมาแย้ง ซึ่งในคำถามปลายเปิดข้อนี้ตามแผนที่วางไว้ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องนำเสนอแนวคิดของกลุ่มหน้าชั้นเรียนด้วย แต่เนื่องจากนักเรียนใช้เวลาในการอภิปรายมาก ทำให้เหลือเวลาประมาณ 10 นาทีสำหรับนำเสนอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้การถามคำตอบทั้งชั้นว่าสรุปแล้ว 558 เป็นจำนวนที่อยู่ในลำดับนี้หรือไม่ จากนั้นใช้การสุ่มถามเหตุผลของนักเรียน 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่เหลือใช้วิธีการถามว่ากลุ่มใดมีเหตุผลที่แตกต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่นบ้าง ซึ่งจากการให้นักเรียนแสดงเหตุผลพบว่าจากนักเรียนทั้งหมด 7 กลุ่มมีเพียงกลุ่มเดียวที่แสดงเหตุผลประกอบมากกว่า 1 เหตุผล โดยเหตุผลแรกเหมือนกับกลุ่มอื่นที่เหลืออีก 6 กลุ่ม กล่าวคือ หาพจน์ทั่วไปของลำดับที่กำหนดให้ จากนั้นจึงคำนวณหาว่า 558 ตรงกับพจน์ที่เท่าใดของลำดับ ซึ่งได้คำตอบว่า 558 เป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับ 6, 14, 22, 30, ... จริง เนื่องจาก 558 เป็นพจน์ที่ 70 ของลำดับดังกล่าว ส่วนอีกเหตุผลหนึ่งนั้นนักเรียนกลุ่มนี้ใช้วิธีการสังเกตแต่ละจำนวนในลำดับ ซึ่งพบข้อสังเกตที่เหมือนกันว่าทุกจำนวนนั้นเมื่อนำ 8 หารแล้วเหลือเศษ 6 เหมือนกัน ดังนั้น 558 จึงเป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับนี้ด้วยเพราะ 558 หารด้วย 8 แล้วเหลือเศษ 6 เหมือนกับจำนวนอื่น ๆ ในลำดับนี้ และจากการอ่านบันทึกผลการอภิปรายของข้อนี้ผู้วิจัยพบว่าวิธีการบันทึกของแต่ละกลุ่มแตกต่างจากข้อแรก กล่าวคือ มีการบันทึกวิธีการคิดหรือสิ่งที่แต่ละคนได้เสนอแนวคิด รวมถึงข้อโต้แย้งต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย

จากการอ่านบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 7 ที่ถามนักเรียนเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในการสื่อสารหรือการให้เหตุผลเพื่ออธิบายวิธีการแก้ปัญหาที่มีมากน้อยเพียงใด จากนักเรียนที่ส่งทั้งหมด 30 คน พบว่ามีอยู่ 18 คน ที่ตอบไปในทิศทางเดียวกันว่าจากการอภิปรายเพื่อตอบคำถามนั้นตนเองมีบทบาทในการสื่อสารหรือการให้เหตุผลค่อนข้างมาก เนื่องจากต้องช่วยกันระดมแนวคิดในการแก้ปัญหาและต้องใช้เวลามาก เพราะโจทย์ที่ค่อนข้างยาก นักเรียนที่เหลืออีก 12 คน ตอบว่ามีบทบาทในการสื่อสารและการให้เหตุผลน้อย โดยมีอยู่ 7 คนที่ให้เหตุผลว่าต้องทำหน้าที่เป็นผู้บันทึกผลการอภิปราย ส่วนอีก 5 คนให้เหตุผลว่าตนเองคิดไม่ค่อยทันเพื่อน ทำให้มีบทบาทในการเสนอแนวคิดต่าง ๆ ค่อนข้างน้อย

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบบันทึกการอภิปรายของแต่ละกลุ่มมาให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่เตรียมไว้ จากการให้คะแนนพบว่าในคำถามข้อแรกผู้วิจัยสามารถให้คะแนนได้เพียง 2 องค์ประกอบย่อย คือ การใช้แผนภาพ คำศัพท์หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กับการสื่อสารแนวคิดหรือสื่อความกับผู้อื่น ส่วนประเด็นการให้ข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ ผู้วิจัยไม่สามารถให้คะแนนได้ เนื่องจากการบันทึกของนักเรียนในข้อแรกนี้เป็นการเขียนวิธีการทำ โดยไม่มีการบันทึกวิธีการได้มาซึ่งคำตอบหรือวิธีการทำ ส่วนคำถามปลายเปิดในข้อที่สองผู้วิจัยสามารถให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย ซึ่งจากการให้คะแนนพบว่าจากทั้งหมด 7 กลุ่มมีอยู่ 2 กลุ่มได้ระดับคะแนน 2 อีก 4 กลุ่มได้ระดับคะแนน 3 และมีเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่ได้ระดับคะแนนเต็ม 4

2. นอกจากการใช้คำถามปลายเปิดในกิจกรรมกลุ่มดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้ใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยได้มอบหมายให้นักเรียนทำการบ้านที่มีคำถามปลายเปิดรวมอยู่ด้วยทุกครั้งหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้การสอน ซึ่งรวมแล้วผู้วิจัยได้มอบหมายการบ้านให้นักเรียนทั้งหมด 10 ชุด เมื่อนักเรียนส่งการบ้านผู้วิจัยได้ใช้การตรวจงานแบบวิพากษ์ผลเช่นเดียวกับที่ใช้ในวงจรที่ 2 หลังจากตรวจการบ้านนักเรียนแต่ละคนเสร็จผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ในส่วนของการบ้านที่เป็นคำถามปลายเปิดว่าคำตอบที่นักเรียนแต่ละคนตอบนั้นมีการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด พร้อมทั้งมีการให้คะแนนทักษะดังกล่าวโดยใช้เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ ซึ่งผลการวิเคราะห์การตอบคำถามปลายเปิดในการบ้านแต่ละชุดแสดงผลได้ดังนี้

การบ้านชุดที่ 1 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับที่มี 12 เป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง จากการตรวจการบ้านที่นักเรียนส่งทั้งหมด 29 คน ผู้วิจัยพบว่า

นักเรียนเพียง 7 คน เท่านั้นที่มีการอธิบายเหตุผลประกอบว่าลำดับดังกล่าวนี้แสดงความสัมพันธ์อย่างไร โดย 6 คนใช้วิธีการเขียนบรรยายเพื่อแสดงเหตุผล เช่น

3, 6, 9, 12, 15 เป็นลำดับที่เพิ่มขึ้นทีละ 3

3, 6, 12, 24, ... เป็นลำดับที่เกิดจากการนำตัวมันเองมาบวกกัน

ส่วนนักเรียนอีกหนึ่งคนนั้นอธิบายโดยใช้การโยงเส้นเชื่อมแต่ละจำนวนพร้อมเขียนความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\begin{array}{ccccccc} & +2 & & +2 & & +2 & & +2 \\ & \text{---} & & \text{---} & & \text{---} & & \text{---} \\ 8 & , & 10 & , & 12 & , & 14 & , & 16 \\ & \times 2 & & \times 2 & & \times 2 & & \times 2 \\ 3 & , & 6 & , & 12 & , & 24 & , & 48 \end{array}$$

จากการที่นักเรียนเขียนแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนพยายามจะให้เหตุผลโดยใช้ภาษา คำศัพท์ ตลอดจนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการให้เหตุผล ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการตอบคำถามปลายเปิด แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ได้พัฒนาศักยภาพในการให้เหตุผลดังกล่าว ดังนั้นในการเขียนคำตอบควรมีการกำหนดให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบในการตอบด้วย

จากการใช้เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ในการให้คะแนนนักเรียนแต่ละคน พบว่าผู้วิจัยไม่สามารถให้คะแนนในส่วนขององค์ประกอบย่อยที่ 1 และ 2 ของเกณฑ์การประเมิน นั่นคือการใช้แผนภาพ คำศัพท์หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบาย กับการให้ข้อโต้แย้งหรือเหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวคิดต่าง ๆ เนื่องจากนักเรียนเขียนเพียงคำตอบที่ได้เท่านั้น ซึ่งมีนักเรียนเพียง 7 คน จากทั้งหมด 29 คนเท่านั้น ที่ผู้วิจัยสามารถให้คะแนนตรงส่วนนี้ได้ โดยนักเรียนทั้ง 7 คนมีการให้เหตุผลอธิบายคำตอบของตนเอง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

คำถามปลายเปิดในการบ้านชุดที่ 2 ผู้วิจัยได้กำหนดเป็นสถานการณ์ในชั้นเรียนให้นักเรียนพิจารณา ดังนี้ “กอล์ฟบอกกับเพื่อน ๆ ในชั้นว่า 75 เป็นจำนวนที่อยู่ในพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับ 3, 7, 11, 15, 19, ... แต่หมุดตอนกลับบอก 75 ไม่มีทางที่จะเป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับนี้แน่นอน นักเรียนคิดว่าระหว่างกอล์ฟกับหมุดตอนใครที่บอกเพื่อน ๆ ได้ถูกต้องพร้อมกับให้เหตุผลประกอบ” จากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 32 คน พบว่าการตอบคำถามข้อนี้ของนักเรียนทุกคนมีการเขียนเหตุผลประกอบการอธิบาย โดยนักเรียนเกือบทุกคนต่างอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้อง มีเพียง 5 คนเท่านั้นที่ตอบไม่ถูกต้อง และจากการวิเคราะห์นักเรียนที่ตอบถูกต้องทั้งหมด 27 คน พบว่าลักษณะของการให้เหตุผลของนักเรียนเหล่านี้แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ โดยลักษณะแรกเป็นการเขียนอธิบายในลักษณะเชิงบรรยาย เช่น กอล์ฟพูดถูก เพราะจากลำดับจะ

เพิ่มขึ้นทีละ 4 ดังนั้นเมื่อเราบวกเพิ่มไปที่ละ 4 เรื่อย ๆ ก็จะได้ 75 ตามที่กอหญาบอก ซึ่งการให้เหตุผลลักษณะนี้เป็นวิธีการที่นักเรียนจำนวน 24 คนเลือกใช้ การให้เหตุผลในลักษณะที่สองมีเพียง 2 คนที่ใช้วิธีการนี้ กล่าวคือ มีการเขียนอธิบายเหมือนกับวิธีการแรกแต่มีการเขียนภาพแสดงความสัมพันธ์ประกอบการอธิบายเพิ่มเติม ดังนี้

$$\begin{array}{ccccccccccc} & +4 & & +4 & & +4 & & +4 & & +4 & & +4 & & +4 \\ \text{3} & \text{,} & 7 & \text{,} & 11 & \text{,} & 15 & \text{,} & 19 & \text{,} & \dots & \text{,} & 71 & \text{,} & 75 & \text{,} & 79 \end{array}$$

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนเพียงคนเดียวเท่านั้นที่มีวิธีการให้เหตุผลที่แตกต่างจากเพื่อนคนอื่น ๆ โดยนักเรียนคนดังกล่าวได้ใช้การเขียนแต่ละพจน์ของลำดับให้อยู่ในรูปทั่วไป ซึ่งนักเรียนคนนี้ตอบว่ากอหญาบอกได้ถูกต้อง โดยให้เหตุผลว่า “เพราะ 75 ต้องเป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับ เนื่องจาก 3, 7, 11, 15, ... มีจำนวนเพิ่มขึ้นทีละ 4 และทุกจำนวนเอา 2 คูณกับเลขที่ แล้วก็บวก 1 ดังนั้น $2 \times 1 = 2 + 1 = 3$, $2 \times 3 = 6 + 1 = 7$, แล้ว 75 ก็เท่ากับ $2 \times 37 = 74 + 1 = 75$ ” และจากการตรวจการบ้านชุดนี้เห็นได้ว่านักเรียนแต่ละคนต่างให้เหตุผลเพียงคนละหนึ่งเหตุผลเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคำถามปลายเปิดเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการสื่อสารและการให้เหตุผลได้ตามความเข้าใจของตนเองมากขึ้น แต่ก็ยังไม่มีข้อมูลที่แสดงถึงความพยายามในการทำให้มากกว่า 1 คำตอบหรือ 1 เหตุผล

จากการให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในคำถามปลายเปิดข้อนี้ ผู้วิจัยสามารถให้คะแนนได้ในทุกส่วนขององค์ประกอบย่อยของเกณฑ์การประเมิน เนื่องจากคำถามเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย จากการให้คะแนนนักเรียนทั้งหมด 32 คน มีนักเรียนที่ได้ระดับคะแนน 2 อยู่ 5 คน ได้ระดับคะแนน 3 อยู่ 24 คน และมีเพียง 3 คนเท่านั้นที่ได้ระดับคะแนน 4

คำถามปลายเปิดที่ใช้ในการบ้านชุดที่ 3 ชุดที่ 4 ชุดที่ 6 และชุดที่ 9 มีลักษณะคล้ายกัน โดยคำถามปลายเปิดในการบ้านชุดที่ 3 ให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับมาอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง พร้อมทั้งหาพจน์ทั่วไปของลำดับดังกล่าว คำถามปลายเปิดของการบ้านชุดที่ 4 ได้ให้นักเรียนยกตัวอย่างพจน์ทั่วไปของลำดับมาอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง พร้อมทั้งเขียนลำดับดังกล่าวโดยการแจกแจงพจน์ ส่วนคำถามปลายเปิดที่ใช้ในการบ้านชุดที่ 6 ให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับเลขคณิตมาอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง พร้อมทั้งหาพจน์ทั่วไปของลำดับดังกล่าว และคำถามปลายเปิดในการบ้านชุดที่ 9 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับเรขาคณิต พร้อมทั้งหาพจน์ทั่วไปของลำดับดังกล่าว ซึ่งจากการวิเคราะห์การตอบคำถามปลายเปิดของการบ้านทั้งสี่ชุด ผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่มีการเขียนอธิบายใด ๆ เพิ่มเติม มีแต่การเขียนคำตอบเพียงเท่านั้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากคำถามปลายเปิดที่ใช้ในการบ้านทั้งสี่ชุดยังไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงศักยภาพในการสื่อสารหรือให้เหตุผล

ทางคณิตศาสตร์มากนัก จึงส่งผลต่อการให้คะแนนทักษะดังกล่าวด้วยโดยผู้วิจัยไม่มีข้อมูลที่สามารถนำไปให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลของนักเรียนได้

คำถามปลายเปิดที่ใช้ในการบ้านชุดที่ 5 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับเลขคณิตที่มี 8 เป็นพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับมาอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าทำไมลำดับดังกล่าวเป็นลำดับเลขคณิต จากการวิเคราะห์ลักษณะการให้เหตุผลของนักเรียนที่ส่งการบ้านชุดนี้ทั้งหมด 34 คน พบว่าการให้เหตุผลยังคงเป็นการเขียนอธิบายว่าลำดับดังกล่าวเพิ่มขึ้นหรือลดลงครั้งละเท่า ๆ กัน โดยไม่มีการใช้คำศัพท์ต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้สอนไป เช่น พจน์ ผลต่างร่วม (d) เป็นต้น เพื่อใช้ประกอบการอธิบาย ซึ่งมีนักเรียนที่ให้เหตุผลในลักษณะนี้อยู่ทั้งสิ้น 23 คน ส่วนนักเรียนอีก 7 คน มีการใช้คำศัพท์ที่ผู้วิจัยได้สอนไปโดยมีการใช้ทั้งคำว่า “ผลต่างร่วม” และการใช้สัญลักษณ์แทนผลต่างร่วม d ประกอบการอธิบาย ยกตัวอย่างเช่น

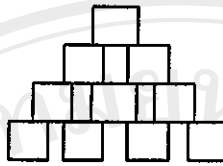
5, 8, 11, 14, 17, ... เป็นลำดับเลขคณิตเพราะมีผลต่างร่วมเท่ากับ 7

$\begin{array}{cccc} +2 & +2 & +2 & +2 \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ 2 & , & 4 & , & 6 & , & 8 & , & 10 \end{array}$ เป็นลำดับเลขคณิตเพราะ $d = 2$

เมื่อผู้วิจัยนำคำตอบที่นักเรียนตอบคำถามปลายเปิดในการบ้านชุดนี้มาให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบว่าสามารถให้คะแนนได้ทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย และสังเกตพบว่าองค์ประกอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนต่ำ คือ การใช้แผนภาพ คำศัพท์หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบาย เนื่องจากนักเรียนที่ตอบคำถามส่วนใหญ่ ยังคงได้การอธิบายในลักษณะที่เป็นภาษาพูดหรืออธิบายตามความเข้าใจของตนเอง โดยที่ยังไม่มีการใช้คำศัพท์ต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้สอนมาใช้ประกอบอธิบายมากเท่าที่ควร

ส่วนคำถามปลายเปิดที่ใช้ในการบ้านชุดที่ 7 มีทั้งหมด 3 ข้อ โดยคำถามข้อแรกให้นักเรียนหาลำดับเลขคณิตที่มีพจน์แรกและพจน์สุดท้ายของลำดับ คือ 12 และ 60 ตามลำดับ มาอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง พร้อมทั้งหาพจน์ทั่วไปของลำดับดังกล่าว ข้อที่สองให้นักเรียนหาลำดับเลขคณิตที่มีผลบวก 3 พจน์แรกของลำดับเท่ากับ 15 มาอย่างน้อย 3 ลำดับ ส่วนข้อสุดท้ายให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือสิ่งของต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่มีความเกี่ยวข้องกับลำดับเลขคณิต พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบว่าเกี่ยวข้องกับลำดับหรือเป็นลำดับเลขคณิตอย่างไร จากการตรวจการบ้านทั้งสามข้อ พบว่าการตอบคำถามปลายเปิดในข้อที่ 1 และ 2 ของนักเรียนมีการเขียนแต่คำตอบที่หาได้ โดยไม่มีการอธิบายประกอบว่าหามาได้อย่างไร ส่วนคำถามปลายเปิดข้อที่ 3 จากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 30 คน มีนักเรียนที่ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง 15 คน แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเกตพบว่าเหตุการณ์ที่นักเรียนยกตัวอย่างมีลักษณะที่คล้ายกัน เช่น ตัวเลขบนหน้าปัดนาฬิกา ตัวเลขบนหน้าปัดเครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นต้น ในส่วนของการให้เหตุผลของนักเรียนส่วนใหญ่ใช้

วิธีการเขียนลำดับที่ได้ พร้อมทั้งหาผลต่างร่วมของลำดับดังกล่าว มีนักเรียนอยู่หนึ่งคนที่มีการยกตัวอย่างเหตุการณ์ด้วยการเขียนภาพประกอบการอธิบาย โดยนักเรียนคนดังกล่าวได้ยกตัวอย่างการจัดเรียงกระป๋องจากมากไปน้อย ดังรูป



จากการให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จากการตอบคำถามปลายเปิดของนักเรียนในการบ้านชุดนี้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ข้อ พบว่าคำถามปลายเปิดข้อที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยไม่มีข้อมูลสำหรับให้คะแนนในส่วนขององค์ประกอบย่อยที่ 1 และ 2 ของเกณฑ์การประเมิน เนื่องจากนักเรียนมีการเขียนเพียงคำตอบที่หามาได้ ส่วนคำถามปลายเปิดในข้อสุดท้ายผู้วิจัยสามารถให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ทุกองค์ประกอบย่อย ซึ่งจากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 30 คน มีอยู่ 15 คน ที่ได้ระดับคะแนน 1 ส่วนนักเรียนที่ได้ระดับคะแนน 2 และ 3 มีอยู่ 2 คน และ 10 คนตามลำดับ มีเพียง 1 คนเท่านั้นที่ได้ระดับคะแนน 4

คำถามปลายเปิดที่ใช้ในการบ้านชุดที่ 8 มีอยู่ 2 ข้อ โดยข้อแรกให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับเรขาคณิตมาอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง พร้อมทั้งให้หาอัตราส่วนร่วมของลำดับดังกล่าว ส่วนอีกข้อผู้วิจัยได้กำหนดเป็นสถานการณ์ดังนี้ “นายนิโอบอกกับเพื่อนว่าเขาสามารถสร้างลำดับที่เป็นทั้งลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิตได้ แต่นางสาวทรีนิตกลับค้านว่าเป็นไปไม่ได้ที่ลำดับหนึ่งลำดับจะเป็นทั้งลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต” จากสถานการณ์นี้ให้นักเรียนพิจารณาว่าใครกล่าวได้ถูกต้อง พร้อมให้เหตุผลประกอบการอธิบาย จากการตรวจการบ้านชุดนี้พบว่าคำถามปลายเปิดข้อแรกนักเรียนทุกคนไม่มีการให้เหตุผลในการอธิบาย ส่งผลให้ไม่มีข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยมีนักเรียนอยู่เพียง 3 คน เท่านั้นที่มีการอธิบายประกอบโดยการโยงเส้นเชื่อมต่อแต่ละจำนวนในลำดับ พร้อมทั้งเขียนความสัมพันธ์ประกอบด้วย เช่น

$$\begin{array}{ccccccc} & \times 2 & & \times 2 & & \times 2 & & \times 2 \\ 5 & , & 10 & , & 20 & , & 40 & , & 80 \end{array}$$

ส่วนคำถามปลายเปิดในข้อที่ 2 พบว่าจากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 26 คน มีนักเรียนที่ตอบผิดอยู่ 20 คน ซึ่งคำตอบของนักเรียนเหล่านี้ตอบว่าเป็นไปไม่ได้ที่ลำดับหนึ่งลำดับจะเป็นได้ทั้งลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต ทั้งนี้มีนักเรียนอยู่ 2 คนที่ไม่ทำข้อนี้มาส่ง ส่วนนักเรียนที่ทำถูกมีอยู่ 4 คน ซึ่งนักเรียนกลุ่มดังกล่าวตอบว่าเป็นไปได้และให้เหตุผลโดยการยก

ตัวอย่างลำดับ เพื่อแสดงให้เห็นว่าลำดับดังกล่าวเป็นได้ทั้งลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิตเช่น 2, 2, 2, 2, ... ซึ่งเป็นลำดับเลขคณิตที่มี $d = 0$ และเป็นลำดับเรขาคณิตที่มี $r = 1$ จากคำตอบที่นักเรียนตอบเมื่อผู้วิจัยนำมาให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เตรียมไว้ พบว่าสามารถให้คะแนนได้ทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย

ส่วนการบ้านชุดสุดท้ายคือชุดที่ 10 มีคำถามปลายเปิดอยู่ 1 ข้อ โดยผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ให้ดังนี้ “เซลล์เม็ดเลือดแดงมีการแบ่งเซลล์จาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง และถ้ามีเซลล์เม็ดเลือดแดงเริ่มต้นทั้งหมด 100 เซลล์ เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่ามีเซลล์เม็ดเลือดแดงทั้งหมดกี่เซลล์” จากการตรวจการบ้านในข้อนี้พบว่าจากนักเรียนที่ส่งการบ้านทั้งหมด 26 คน มีอยู่ 20 คนที่ตอบได้ถูกต้อง โดยวิธีการที่นักเรียนทั้ง 20 คนตอบสามารถสรุปเป็นวิธีการได้ 2 วิธี คือ กลุ่มแรกใช้การเขียนอธิบายเป็นในรูปของลำดับที่แสดงจำนวนเซลล์ในแต่ละชั่วโมง ซึ่งได้ลำดับคือ 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 25600, 51200 จากลำดับดังกล่าวจะได้จำนวนเซลล์ในชั่วโมงที่ 10 เท่ากับ 51200 เซลล์ ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่นักเรียนจำนวนทั้งหมด 16 คน เลือกทำ ส่วนนักเรียนอีก 4 คน ใช้วิธีการหาพจน์ทั่วไปของลำดับนี้ก่อนแล้วจึงค่อยคำนวณหาว่าชั่วโมงที่ 10 ได้จำนวนเซลล์เท่ากับเท่าใด จากการให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนในการบ้านชุดนี้ พบว่าสามารถให้คะแนนทุกคนได้ในทุกองค์ประกอบย่อยของเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยมีนักเรียนอยู่ 6 คน ที่ได้ระดับคะแนน 2 และมีเพียง 3 คน เท่านั้นที่ได้ระดับคะแนน 4 ส่วนนักเรียนที่เหลืออีก 17 คน ได้ระดับคะแนน 3

ขั้นที่ 3 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลการปฏิบัติเกี่ยวกับแนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดของการสะท้อนผล ดังนี้

แนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

แนวทางการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในวงจรนี้มีอยู่ 2 ลักษณะ โดยลักษณะแรกเป็นการใช้คำถามปลายเปิดสำหรับการประเมินนักเรียนเป็นกลุ่ม ซึ่งมีการใช้คำถามปลายเปิดในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อหาแนวทางในการตอบปัญหาดังกล่าว ส่วนอีกลักษณะหนึ่งเป็นการใช้คำถามปลายเปิดใน

การประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยแทรกคำถามปลายเปิดในการบ้านแต่ละชุดที่มอบหมายให้นักเรียนทำ ซึ่งเห็นได้ว่าการใช้คำถามปลายเปิดทั้งสองลักษณะจะได้ผลดีไม่น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของคำถามปลายเปิดที่ใช้ว่าเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงศักยภาพในด้านทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด จากการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อหาแนวทางในการตอบคำถามปลายเปิดเห็นได้ว่าคำถามแรกเป็นคำถามที่เน้นที่การคำนวณเป็นหลัก โดยนักเรียนต้องคำนวณหาว่าระหว่าง 101-1000 มีจำนวนที่หารด้วย 3 ลงตัวทั้งหมดกี่จำนวน ซึ่งคำถามลักษณะนี้ทำให้นักเรียนได้พุดคุยหรือแลกเปลี่ยนแนวคิดกันค่อนข้างน้อย โดยสังเกตได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มที่ต่างคนต่างคิดของตนเองก่อน โดยไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่วนคำถามปลายเปิดอีกข้อพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับคำถามปลายเปิดข้อแรก อาจเป็นผลมาจากคำถามที่ไม่ยากจนเกินไปและนักเรียนมีความสนใจและอยากรู้ว่า 558 เป็นจำนวนที่อยู่ในพจน์ใดพจน์หนึ่งของลำดับที่กำหนดให้หรือไม่ รวมถึงคำถามดังกล่าวเป็นคำถามที่นักเรียนไม่รู้คำตอบหรือวิธีการทำด้วยตนเองในทันที จึงทำให้เกิดการพุดคุยเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดกันมากขึ้น

จากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนผ่านบันทึกการเรียนรู้ 7 เกี่ยวกับคำถามที่ใช้ในการอภิปราย จากนักเรียนที่ส่งบันทึกการเรียนรู้ทั้งหมด 30 คน พบว่า 22 คนให้ข้อคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่าคำถามที่ใช้ในข้อแรกค่อนข้างยากทำให้ต้องใช้เวลาในการคิดคำนวณมาก ส่วนคำถามข้อที่สองเป็นคำถามที่เมื่ออ่านโจทย์แล้วทำให้อยากรู้ว่า 558 อยู่ในลำดับนั้นหรือไม่ ส่วนอีก 8 คนให้ข้อคิดเห็นว่าคำถามทั้งสองข้อค่อนข้างยาก และต้องให้เพื่อนภายในกลุ่มช่วยอธิบายจึงเข้าใจวิธีการคิดหรือวิธีการทำ นอกจากนี้ในบันทึกการเรียนรู้ดังกล่าวยังได้สอบถามนักเรียนที่ทำหน้าที่บันทึกผลการอภิปรายซึ่งมีทั้งหมด 7 คน ว่าจากที่นักเรียนเป็นผู้บันทึกผลการอภิปราย ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาหรือกิจกรรมที่เพื่อนทำหรือไม่ อย่างไรบ้าง พบว่าทุกคนต่างตอบคล้ายกันว่า ถึงแม้จะเป็นผู้บันทึกผลก็เกิดการเรียนรู้ได้ เนื่องจากการได้ฟังเพื่อนในกลุ่มพุดแสดงความคิดเห็นกันแล้วจึงค่อยสรุปเขียนลงในบันทึกผลการอภิปราย ดังนั้นจึงต้องมีความเข้าใจในสิ่งที่เพื่อนนำเสนอด้วยทุกครั้ง รวมถึงเพื่อนมีการอธิบายวิธีการคิดให้ฟังด้วยจึงเข้าใจมากขึ้น จากประเด็นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการให้นักเรียนบันทึกผลการอภิปรายเพียงอย่างเดียวก็สามารถทำให้นักเรียนที่ทำหน้าที่บันทึกผลเกิดการเรียนรู้ได้ และยังส่งเสริมให้กิจกรรมกลุ่มดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในการอภิปรายเพื่อหาแนวทางการตอบคำถามปลายเปิดแต่ละข้อหากมีการเปลี่ยนผู้บันทึกผลการอภิปรายด้วยทุกครั้งน่าจะเป็นผลดี เพราะวิธีการดังกล่าวเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนที่ทำหน้าที่เป็นผู้บันทึกผลได้ฝึกทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

ส่วนการใช้คำถามปลายเปิดในการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยแทรกคำถามปลายเปิดในการบ้านแต่ละชุดที่มอบหมายให้นักเรียนทำนั้น พบว่าคำถามปลายเปิดที่ใช้สามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นคำถามปลายเปิดในลักษณะที่ให้นักเรียนยกตัวอย่างลำดับตามที่กำหนดให้ ส่วนคำถามปลายเปิดอีกกลุ่มนั้นเป็นการยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือสถานการณ์ แล้วให้นักเรียนเป็นผู้พิจารณาหรือตัดสินใจว่าเหตุการณ์หรือสถานการณ์ใดถูกต้อง พร้อมกับแสดงเหตุผลประกอบการอธิบาย จากคำถามปลายเปิดทั้งสองลักษณะพบว่าคำถามลักษณะแรกนักเรียนมีการให้เหตุผลที่ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์น้อยมากเมื่อเทียบกับคำถามในลักษณะที่สอง จึงทำให้ไม่มีข้อมูลที่ผู้วิจัยสามารถนำไปให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลของนักเรียนได้มากนัก ส่วนคำถามในลักษณะที่สองมีความท้าทายมากกว่าคำถามในลักษณะแรกและเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอธิบายเพื่อสนับสนุนสิ่งที่ตนเองตอบ ไม่ว่าจะเป็นการยกตัวอย่างการวาดรูปประกอบการอธิบาย ซึ่งทำให้นักเรียนได้ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ประกอบการอธิบายมากกว่าคำถามปลายเปิดในลักษณะที่ให้อยกตัวอย่าง

เกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ในส่วนของเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยใช้ในวงจรนี้ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ เมื่อนำไปใช้ในการให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่าสามารถใช้ได้ค่อนข้างดีเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินในลักษณะที่ใช้ในวงจรที่ 2 เนื่องจากผู้วิจัยสามารถแยกให้คะแนนของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบได้อย่างชัดเจน ทำให้ลดปัญหาในการพิจารณาว่าคะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลของนักเรียนแต่ละคนควรอยู่ในระดับใด จึงทำให้การให้คะแนนด้วยเกณฑ์การประเมินดังกล่าวค่อนข้างยุติธรรมและมีความชัดเจนมากขึ้น แต่ในคำถามบางข้อผู้วิจัยไม่สามารถใช้เกณฑ์การประเมินดังกล่าวให้คะแนนได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลสำหรับประเมินในบางองค์ประกอบย่อยของเกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากผู้วิจัยไม่ได้ปรับเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ให้มีความสอดคล้องกับคำถามปลายเปิดที่ใช้ในแต่ละข้อ จึงทำให้การใช้เกณฑ์การประเมินสำหรับให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในบางข้อไม่ได้ผลเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามการใช้เกณฑ์การประเมินในลักษณะดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสามารถรับรู้ได้อย่างชัดเจนว่านักเรียนแต่ละคนต้องมีการปรับปรุงหรือมีจุดบกพร่องในองค์ประกอบย่อยใดบ้าง จึงทำให้สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาจุดบกพร่องดังกล่าวได้

สรุปผลวงจรที่ 3

จากการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งในวงจรนี้มีแนวทางการนำไปใช้อยู่ 2 แนวทาง คือ ใช้ประเมินนักเรียนในชั้นเรียนเป็นกลุ่มกับใช้ประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลผ่านการบ้านแต่ละชุดที่มอบหมายให้นักเรียนทำ การใช้คำถามปลายเปิดทั้งสองแนวทางนั้นใช้ได้ผลดีเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อคำถามที่ใช้ โดยคำถามที่กำหนดเป็นสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ประเมินหรือตัดสินว่าสถานการณ์ใดถูกต้องเป็นคำถามที่ใช้ได้ผลดี เนื่องจากคำถามลักษณะดังกล่าวเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดหรือความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มาสนับสนุนแนวคิดของตนเองได้อย่างหลากหลาย รวมทั้งเป็นลักษณะคำถามที่ท้าทายให้ผู้เรียนได้ค้นหาคำตอบ ส่วนเกณฑ์การประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ได้ผลดีและมีความชัดเจนในการให้คะแนนทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นเกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ เนื่องจากผู้ประเมินสามารถพิจารณาหรือตัดสินได้อย่างชัดเจนว่าในแต่ละองค์ประกอบย่อยที่กำหนดขึ้นนักเรียนแต่ละคนควรได้ระดับคะแนนใด แต่อย่างไรก็ตามคำถามปลายเปิดบางข้อยังไม่สามารถใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังกล่าวได้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเกณฑ์ที่ใช้ไม่ได้ปรับให้มีความสอดคล้องกับคำถามปลายเปิดในแต่ละข้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved