

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มุ่งหวังเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการเรียนการสอน ซึ่งรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยสามารถลำดับขั้นตอน ได้ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 ขั้นตอนการทดลองบทเรียนคอมพิวเตอร์
- 3.5 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล
- 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปลูกปัญญา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2556 ระดับชั้นละ 40 คน ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้คือ

3.1.2.1 กลุ่มตัวอย่างสำหรับหาคุณภาพเครื่องมือ

กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดลองอ่านเนื้อหาจากเอกสาร บทเรียน เพื่อตรวจสอบ สำนวน ลักษณะทางภาษา การสื่อความหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปลูกปัญญา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2556 ที่เคยผ่านการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับ ที่มากกว่า 100,000 การบวกและการลบ การคูณ การหาร มาแล้ว จำนวน 10 คน

กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มตัวอย่างสำหรับหาคุณภาพของแบบทดสอบ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปลูกปัญญา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2556 ที่เคยผ่านการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 การบวกและการลบ การคูณ การหาร มาแล้ว จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

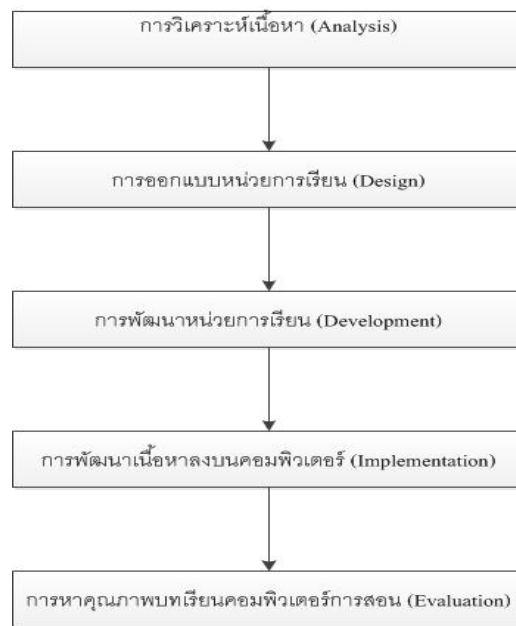
3.1.2.2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับหาประสิทธิภาพและประสิทธิผล

กลุ่มที่ 1 สำหรับการทดสอบกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบปัญหา ข้อบกพร่อง และอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองหาประสิทธิภาพจริง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปลูกปัญญา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2556 ที่ไม่เคยผ่านการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 การบวกและการลบ การคูณ การหาร จำนวน 10 คน

กลุ่มที่ 2 สำหรับหาประสิทธิภาพของบทเรียน ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปลูกปัญญา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2556 ที่ไม่เคยผ่านการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 การบวกและการลบ การคูณ การหาร จำนวน 30 คน

3.2 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียช่วยสอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (Computer Instruction Package : CIP) ตามทฤษฎีของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน แบบ IMMCIP : Interactive Multimedia Computer Instruction Package ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่เน้นการสอนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ประกอบไปด้วย 16 ขั้นตอนย่อย ซึ่งจัดอยู่ในกรอบ 5 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ [10]

3.2.1 การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)

3.2.1.1 ขั้นที่ 1 สร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart)

โดยเริ่มจากเขียนชื่อวิชาไว้ตรงกลางกระดาน แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้น ๆ จำนวน 4-5 คน ช่วยกันระดมสมองบอกหัวเรื่องที่ควรจะสอนในวิชานั้น เขียนโยงกับชื่อวิชาอย่างอิสระ หรือหากเป็นหัวเรื่องย่อย ก็ให้โยงกับหัวเรื่องหลักต่อไป โดยไม่ทำการลอกแบบของตำราเล่มใดเล่มหนึ่งเลย แผนภูมิที่ได้เรียกว่า แผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.1

3.2.1.2 ขั้นที่ 2 สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart)

จากแผนภูมิระดมสมอง นำมาทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของทฤษฎี หลักการและเหตุผล ความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันอย่างละเอียด อาจมีการตัด-เพิ่มหัวเรื่องตามเหตุ-ผล และความเหมาะสม จนสามารถอธิบายและตอบคำถามได้ ผลที่ได้เป็นแผนภูมิที่เรียกว่า แผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.2

3.2.1.3 ขั้นที่ 3 สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart)

นำหัวเรื่องต่าง ๆ จากแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) มาเขียนเป็นโครงข่ายตามหลักการเทคนิคโครงข่ายโดยคำนึงถึงลำดับการเรียนรู้เนื้อหาก่อน-หลัง ความต่อเนื่องของเนื้อหา หรือเนื้อหานั้นสามารถเรียนเนื้อหาขนานกันได้แล้วทำการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหาโดยวิธีการ

วิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) จนสมบูรณ์ ผลที่ได้จะเป็นโครงข่ายเนื้อหาที่ต้องการ เรียกว่า แผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.3

3.2.2 การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ (Design)

3.2.2.1 ขั้นที่ 4 การกำหนดกลวิธีการนำเสนอและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Strategic Presentation Plan and Behavior Objective)

โดยเริ่มจากนำ แผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) มาพิจารณากลุ่มหัวเรื่องที่สามารรถจัดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ (Module) เดียวกันได้ ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด ดีเป็นกรอบ ๆ ไว้จนครบหัวเรื่องบนโครงข่ายเนื้อหา จากนั้นนำกรอบหน่วยการเรียนรู้ (Module) มาจัดลำดับการนำเสนอตามอันดับและความสัมพันธ์ให้เป็นแนวทางเดียวกับแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ซึ่งจะได้ผลเป็นแผนภูมิบทเรียน (Course Flow Chart) แสดงให้เห็นถึงลำดับการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ (Module) ทั้งรายวิชา

3.2.2.2 ขั้นที่ 5 สร้างแผนภูมิกำหนดการสอนในแต่ละหน่วย (Module Presentation Chart)

ซึ่งนับว่าเป็นการออกแบบการสอน (Instruction Design) จะต้องออกแบบลำดับการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนตามหลักการสอนจริง อันเป็นส่วนสำคัญมากในการประกันคุณภาพการเรียนจากบทเรียน IMMCAI

3.2.3 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ (Development)

3.2.3.1 เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development)

โดยเขียนเป็นกรอบ ๆ จะต้องเขียนไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเฉพาะถ้าเป็น Interactive Multi Media : IMM จะต้องกำหนด ข้อความ ภาพ เสียง สี ฯลฯ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ไว้ให้สมบูรณ์

3.2.3.2 ขั้นที่ 7 จัดทำลำดับเนื้อหา (Storyboard Development)

เป็นการนำเอากรอบเนื้อหาหรือที่เขียนเป็น Script ไว้ มาเรียบเรียงลำดับการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งจะเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ การลำดับกรอบนี้นับว่าสำคัญมาก

3.2.3.3 ขั้นที่ 8 นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาตรวจสอบหาความถูกต้อง (Content Correctness)

โดยเฉพาะการสร้าง IMCI จะเป็นการเขียนตำราใหม่ทั้งเรื่อง ควรอาศัยผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้น ๆ (Subject Specialist) เป็นผู้ตรวจสอบให้ จากนั้นนำเนื้อหาไปทดลองหาค่า Content Validity และ Reader Reliability โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายมาทดสอบด้วย แล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์

3.2.3.4 ขั้นที่ 9 การสร้างแบบทดสอบส่วนต่าง ๆ

ต้องนำมาหาความยากง่าย อำนาจจำแนกความเที่ยง และความเชื่อมั่นทุกแบบทดสอบ และต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์ ผลที่ได้ทั้งหมด ทั้งเนื้อหา (ที่จัดอยู่ในโครงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ด้วยแล้ว) และแบบทดสอบต่าง ๆ รวมกันจะเป็นตัวบทเรียน (Courseware)

3.2.4 การพัฒนาเนื้อหาลงบนคอมพิวเตอร์ (Implementation)

มี 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.2.4.1 ขั้นที่ 10 เลือก Software

หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสมและสามารถสนองต่อความต้องการที่กำหนดไว้เป็น ผู้จัดการเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์

3.2.4.2 ขั้นที่ 11 จัดเตรียมรูปภาพ

เสียง หรือการถ่ายวิดีโอหรือภาพนิ่ง หรือ Caption ไว้ให้พร้อมที่จะใช้งาน โดยสร้างเป็นแฟ้ม ๆ

3.2.4.3 ขั้นที่ 12 จัดการนำ Courseware

เข้าในโปรแกรม (Coding) ด้วยความประณีตและด้วยทักษะที่ดีทำการ Edit ภาพ เสียง VDO ให้เรียบร้อยสมบูรณ์ ซึ่งจะได้เป็นบทเรียน 1 วิชา บนคอมพิวเตอร์ตามที่ต้องการ (Subject CAI Software)

3.2.5 การประเมินผล (Evaluation)

มี 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.2.5.1 ขั้นที่ 13 การตรวจสอบคุณภาพของ Package (Quality Evaluation)

จัดการให้คณะผู้เชี่ยวชาญทาง IMCAI ตรวจสอบคุณภาพของ Package แล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์

3.2.5.2 ขั้นที่ 14 ทำการทดลองการดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพ

ด้วยกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายจำนวนไม่เกิน 10 คน ทำการปรับปรุง และนำผลมากำหนดกลวิธีการหาประสิทธิภาพจริงต่อไป

3.2.5.3 ขั้นที่ 15 ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ (Efficiency E1 / E2)

ของ Package และหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Effectiveness) จากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายไม่น้อยกว่า 30 คน หากได้ผลตามเป้าหมายที่ต้องการเป็นอันใช้ได้

3.2.5.4 ขั้นที่ 16 จัดทำคู่มือการใช้ Package (User Manual)

หรือ Package Instruction ในคู่มือการใช้ควรประกอบไปด้วยหัวข้อเรื่องดังนี้ บทนำ อุปกรณ์ที่ใช้เรียน การกำหนดหน้าจอคอมพิวเตอร์ก่อนเข้าบทเรียน เป้าหมายของบทเรียน ข้อมูลเสริมที่สำคัญ ข้อควรระวัง ข้อมูลผู้พัฒนาบทเรียน และวันที่เผยแพร่บทเรียน เมื่อได้พัฒนาตาม 16 ขั้นตอนและเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ตามที่ได้มุ่งหวังไว้ เป็นอันว่าได้พัฒนา IMMCAI Package ที่มีคุณภาพสำเร็จและสามารถนำออกเผยแพร่(Publication) ใช้งานต่อไปได้ แต่ควรมีระบบติดตามผล (Follow up) เพื่อนำผลมาประกอบการปรับปรุงงานต่อไป

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แบบทดสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้

3.3.1.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหา

พิจารณาเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้และแยกแยะวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่า แต่ละหน่วยการเรียนรู้ นั้น ต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมอะไร ซึ่งผู้วิจัยได้นำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ มาทำการวิเคราะห์ว่าวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละข้อนั้น ต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่ในระดับใด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา 3 ท่าน เป็นผู้กำหนดพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งพฤติกรรมในการวัดผลครั้งนี้เป็นการวัดพฤติกรรม ในด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) มี 6 ด้าน คือ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า โดยการสร้างตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหา ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์วัตถุดิบประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหา

พฤติกรรม วัตถุดิบประสงค์	ความจำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำนวนนับที่มากกว่า 100,000						
1. นักเรียนสามารถเขียนและอ่านตัวเลขฮินดูอารบิกได้อย่างถูกต้อง	✓					
2. นักเรียนสามารถเขียนและอ่านตัวเลขไทยได้อย่างถูกต้อง	✓					
3. นักเรียนสามารถเขียนและอ่านตัวเลขจำนวนเพื่อแสดงเป็นตัวอักษรได้		✓				
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การบวกและการลบ						
1. นักเรียนสามารถบวกจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง			✓			
2. นักเรียนสามารถลบจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง			✓			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การคูณจำนวนนับ						
1. นักเรียนสามารถคูณจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง			✓			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การหารจำนวนนับ						
1. นักเรียนสามารถหารจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง			✓			

3.3.1.2 การกำหนดน้ำหนักของวัตถุดิบประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่จะออกข้อสอบ

หลังจากทำการวิเคราะห์วัตถุดิบประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาแล้ว นำตารางที่ได้มาทำการกำหนดน้ำหนักของพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบตามวัตถุดิบประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา 3 ท่าน ร่วมกันพิจารณาน้ำหนักในแต่ละเนื้อหา ตามพฤติกรรมว่าจะมีค่าเท่าไรโดยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะระบุลงในตารางที่สร้างไว้ ให้ความสำคัญแต่ละข้อที่คะแนนเต็ม 10 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยความสำคัญของเนื้อหาแต่ละข้อ นำค่าเฉลี่ยมาแปลงเป็นจำนวนข้อสอบ ทำการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ใช้วัดตามความเหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การกำหนดน้ำหนักของพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ

พฤติกรรม วัตถุประสงค์	ความจำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	น้ำหนัก (10)
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 จำนวนนับที่มากกว่า 100,000							
1. นักเรียนสามารถเขียนและอ่านตัวเลข ฮินดูอารบิกได้อย่างถูกต้อง		✓					5
2. นักเรียนสามารถเขียนและอ่านตัวเลข ไทยได้อย่างถูกต้อง		✓					3
3. นักเรียนสามารถเขียนและอ่านตัวเลข จำนวนเพื่อแสดงเป็นตัวอักษรได้			✓				2
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การบวกและการลบ							
1. นักเรียนสามารถบวกจำนวนนับได้อย่าง ถูกต้อง			✓				5
2. นักเรียนสามารถลบจำนวนนับได้อย่าง ถูกต้อง			✓				5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การคูณจำนวนนับ							
1. นักเรียนสามารถคูณจำนวนนับได้อย่าง ถูกต้อง			✓				10
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การหารจำนวนนับ							
1. นักเรียนสามารถหารจำนวนนับได้อย่าง ถูกต้อง			✓				10

3.3.1.3 การกำหนดรูปแบบของคำถาม

การกำหนดรูปแบบของคำถาม ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญทางการวัดผล และผู้เชี่ยวชาญทางการสอนนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เพื่อกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นว่า ควรใช้แบบทดสอบที่มีข้อสอบในลักษณะของคำถามเป็นชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) เพราะถือเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดผลที่มีคุณภาพและมีความเป็นปรนัย ใช้วัดผลการเรียนรู้ได้

อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งข้อสอบแบบเลือกตอบเป็นข้อสอบที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน เพราะสามารถวัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ และตรวจให้คะแนนได้แน่นอน สำหรับจำนวนตัวเลือกนั้น เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยจึงใช้ข้อสอบชนิด 4 ตัวเลือก

3.3.1.4 การเขียนข้อสอบ

ในการเขียนข้อสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักการและรูปแบบการเขียนข้อสอบที่ถูกต้องตามที่ได้กำหนดไว้ คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก แล้วจึงเริ่มดำเนินการเขียนข้อสอบ และจากผลการวิเคราะห์จำนวนข้อสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้แล้วจะต้องทำการเขียนข้อสอบหน่วยละ 10 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 40 ข้อ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องออกในแต่ละข้อตามที่กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้แต่ละหน่วย รวมจำนวนข้อสอบที่ต้องออกทั้งสิ้น จำนวน 40 ข้อ

3.3.1.5 การตรวจทานข้อสอบ

นำข้อสอบที่เขียนไว้มาทบทวน โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาอีกครั้ง ซึ่งจะพิจารณาความถูกต้องของข้อสอบว่า สามารถวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามที่กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้หรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนหรือไม่ ตัวถูก ตัวลวง เหมาะสมเข้าเกณฑ์เพียงใด แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำเพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3.3.1.6 การพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Item Objective Congruence)

นำข้อสอบทั้งหมดที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้จำนวน 3 ท่านดังนี้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา คือ คุรุวรสิทธิ์ วัฒนฤณภูมิ ผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 คือ ครูปราณี จินนฤทธิ์ และผู้เชี่ยวชาญทางการวัดผลวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา คือ ครูวรรณ นันทปรีชา ทำการพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อว่าเหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หรือไม่ ซึ่งจะให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการประเมิน โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้ดังนี้

คะแนน +1 ถ้าเห็นว่าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 ถ้าเห็นว่าไม่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

สำหรับแบบวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Congruence) ดังแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ก.1

จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาทำการวิเคราะห์หาค่า IOC โดยหาค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อ ถ้ามีค่าเฉลี่ยมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าใช้ได้ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จากข้อสอบทั้งหมด 40 ข้อ สามารถสรุปได้ว่า ข้อสอบที่ออกไว้นั้นสามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีจำนวน 40 ข้อ ได้ค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ทุกข้อ จึงได้ข้อสอบครบจำนวนตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้

3.3.1.7 จัดพิมพ์แบบทดสอบ

นำเอาข้อสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (IOC) และผ่านเกณฑ์หรือมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อ มาจัดเรียงและพิมพ์เป็นแบบทดสอบ โดยมีการกำหนดคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ ตลอดจนจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

3.3.1.8 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้เพื่อวิเคราะห์หาข้อสอบที่มีคุณภาพ

นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มนักเรียนสำหรับทดลองกระบวนการย่อย ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่ใช้เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบ คือ นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปลูกปัญญา ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาปีที่ 4 มาก่อน โดยทำการคัดเลือกด้วยวิธีการเลือกแบบสุ่ม (Random Sampling) จำนวน 30 คน จากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านกระบวนการทดสอบแล้วมาวิเคราะห์ หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1. นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่ายของแบบทดสอบการหาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty) เป็นการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ โดยข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ถ้าความยากมีค่าเกิน 0.80 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบนั้นง่ายเกินไป แต่ถ้าข้อสอบมีความยากต่ำกว่า 0.20 ถือว่า ข้อสอบนั้นยากเกินไป ตามเกณฑ์ที่กำหนดอยู่ในช่วงระดับ 0.20 - 0.80 ซึ่งผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่ายของข้อสอบจำนวน 40 ข้อ ปรากฏว่ามีข้อสอบทั้ง 40 ข้อ มีค่าดัชนีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.53 – 0.80 ดังแสดงในภาคผนวก ก.2

2. นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกการหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณลักษณะของข้อสอบที่ต้องวิเคราะห์ โดยอำนาจจำแนกหมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบที่ใช้แยกคนที่เรียนเก่ง เก่งปานกลาง อ่อน และอ่อนมาก ค่าอำนาจจำแนกนี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 โดยทั่วไปแล้วข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกใช้ได้จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 และถ้าข้อสอบข้อนั้นมีค่าอำนาจจำแนกใกล้ +1 ก็แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ถูกต้องสูงมาก แต่ถ้าข้อสอบนั้นมีค่าอำนาจจำแนกเป็นลบหรือค่าใกล้ 0 แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นจำแนกคนเก่งคนอ่อน ได้ไม่ดี ซึ่งผลการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบจำนวน 40 ข้อ ปรากฏว่าข้อสอบทั้ง 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกมากกว่าหรือเท่ากับ 0.25 ดังแสดงในภาคผนวก ก.2

3. ทำการตรวจสอบข้อสอบในแต่ละหน่วย ให้ครบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตรวจสอบแบบทดสอบในแต่ละหน่วยว่าข้อสอบที่ได้ตามเกณฑ์ มีจำนวนครบตามที่ตั้งไว้ในวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อสอบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหน่วยพบว่า ข้อสอบที่มี เกณฑ์ใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ครบตามจำนวนที่ตั้งไว้ในวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. ทำการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบนำแบบทดสอบไปทดลองเพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ โดยข้อสอบที่ผ่านการทดลอง มีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ครบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้จนได้จำนวนข้อสอบตามที่ต้องการ

5. ทำการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) คือความคงที่ของการวัดผล (Consistency) ไม่ว่าจะวัดกี่ครั้ง ผลที่ได้จะต้องเท่ากัน ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขเดียวกัน โดยการหาความเชื่อมั่นนี้ถือเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา สำหรับการวัดผลต้องพยายามให้ได้ค่าความเชื่อมั่นสูง เพราะจะทำให้มีความเชื่อมั่นว่า ข้อสอบนั้นสามารถวัดผลได้จริง ความเชื่อมั่นของข้อสอบที่สมบูรณ์ที่สุดจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป็น 1.00 ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น มีวิธีการให้เลือกหลายวิธีด้วยกัน แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ได้เลือกใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson 1937) KR-20 ซึ่งเป็นสูตรที่หาความเชื่อมั่นให้ง่ายขึ้น โดยมีเงื่อนไขว่าแบบทดสอบที่หาความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้จะต้องมีคะแนนที่ทำถูกต้อง 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนนเท่านั้น และเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว ส่วนผลของการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งหมด จะต้องมีความมากกว่า 0.70 จึงจะถือเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าเป็นแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นซึ่งผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบดังแสดงในภาคผนวก ก.4

6. การออกแบบระบบการจัดการข้อสอบและการสอบ (Testing Management System : TMS) เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนเป็นบทเรียนสำเร็จรูปประเภทหนึ่ง ซึ่งภายในตัว

บทเรียนจะต้องมีความสมบูรณ์ในตัวเอง คือ ผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาสาระต่างๆ ได้ด้วยตนเองจนจบ และเมื่อเรียนจบแล้ว สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้

ซึ่งข้อสอบทั้งหมดนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบโดยใช้แบบทดสอบชนิด 4 ตัวเลือก สำหรับแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยผู้วิจัยได้มีการออกแบบให้มีการจัดเก็บข้อสอบทั้งหมดลงในฐานข้อมูล (Database) เดียวกัน ซึ่งภายในฐานข้อมูลจะทำการเรียกข้อสอบทั้งหมดออกมาใช้งาน ซึ่งในการสุ่มแต่ละครั้งก็จะได้ข้อสอบที่สลับข้อไปมาไม่ซ้ำกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจยิ่งขึ้นแล้วทำการประเมินผลเพื่อย้อนผลกลับ รวมทั้งใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วย

3.3.1.9 บันทึกข้อสอบที่มีคุณภาพลงในฐานข้อมูลคลังข้อสอบ

นำข้อสอบที่มีคุณภาพบันทึกลงในฐานข้อมูลคลังข้อสอบ โดยมีการจัดเก็บตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อประโยชน์ในการนำข้อสอบจากฐานข้อมูลคลังข้อสอบไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบหลังเรียน โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีตและถูกต้อง มีคำชี้แจงละเอียดอย่างชัดเจน เข้าใจง่าย สำหรับแบบทดสอบในคลังข้อสอบมีจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 40 ข้อ โดยระบบการจัดการข้อสอบจะทำการสุ่มข้อสอบขึ้นมาจากคลังข้อสอบ

3.3.1.10 แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test)

แบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินประสิทธิผลของการเรียนภายหลังการเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ แล้ว (E_{post}) หรือ (E_2) มีวิธีการสร้างแบบเดียวกัน คือ ใช้วิธีการเรียกดึงข้อสอบจากฐานข้อมูลคลังข้อสอบที่จัดเตรียมไว้ในระบบการจัดการข้อสอบ จำนวน 40 ข้อ ใช้เป็นแบบทดสอบหลังเรียน

3.3.2 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียน มีดังนี้

3.3.2.1 รวบรวมข้อมูลและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เพื่อกำหนดเป็นแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนและผู้วิจัยได้ขอคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.อลิสรา ทรงศรีวิทยา เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาเพื่อวัดความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน

3.3.2.2 กำหนดประเด็นที่ต้องการประเมิน

โดยยึดเกณฑ์ในการสร้างแบบประเมิน สำหรับวางแผนทางในการสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียน ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและกำหนดประเด็นในการประเมินคุณภาพบทเรียนไว้ 6 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านแบบทดสอบ ด้านการนำเสนอ ด้านตัวอักษร ด้านภาพประกอบ ด้านเสียงประกอบ และเสียงบรรยาย ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา

- 1.1 ความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1.2 ความถูกต้องของเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้
- 1.3 การจัดลำดับเนื้อหาของแต่ละหน่วยมีความเหมาะสม
- 1.4 การใช้ภาษาในการเขียนสื่อการเรียนรู้ถูกต้องเหมาะสม
- 1.5 การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายให้เข้าใจง่าย
- 1.6 จำนวนตัวอย่างมีความเหมาะสม

2. ด้านแบบทดสอบ

- 2.1 ความชัดเจนของคำสั่งแบบทดสอบ
- 2.2 ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด
- 2.3 ความเหมาะสมของจำนวนแบบทดสอบ
- 2.4 ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับเนื้อหา
- 2.5 ชนิดของแบบทดสอบที่เลือกใช้
- 2.6 ตัวคำถามและตัวลงมีความเหมาะสม
- 2.7 ไม่มีข้อผิดพลาดในคำถามและตัวลง

3. ด้านการนำเสนอ

- 3.1 การนำเข้าสู่บทเรียนมีความน่าสนใจ
- 3.2 บทเรียนมีการออกแบบให้ใช้ง่าย เมนูไม่สับสน
- 3.3 การออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม
- 3.4 แจ้งวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนทราบชัดเจน
- 3.5 บทเรียนมีความน่าสนใจชวนให้ติดตาม
- 3.6 การใช้ภาษาสามารถสื่อความหมายให้เข้าใจง่าย
- 3.7 สีของพื้นหลังบทเรียน
- 3.8 ความเหมาะสมของปุ่มต่างๆที่ใช้ในบทเรียน
- 3.9 การเปลี่ยนหน้าจอมีความเหมาะสม

4. ด้านตัวอักษร

- 4.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในบทเรียน

- 4.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในบทเรียน
- 4.3 สีของตัวอักษรโดยภาพรวมที่ใช้ในบทเรียน
- 4.4 ความชัดเจนของหัวข้อต่างๆในบทเรียน
5. ด้านภาพประกอบ
 - 5.1 ภาพที่ใช้ประกอบการอธิบายช่วยสร้างความเข้าใจดี
 - 5.2 ภาพที่ใช้สอดคล้องกับเนื้อหาที่น่าสนใจ
 - 5.3 ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับเนื้อหา
 - 5.4 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน
 - 5.5 ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหวประกอบบทเรียน
6. ด้านเสียงประกอบและเสียงบรรยาย
 - 6.1 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบบทเรียน
 - 6.2 ความเหมาะสมของเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน
 - 6.3 ระดับความดังของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบบทเรียน
 - 6.4 ระดับความดังของเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน
 - 6.5 ความสอดคล้องของเสียงดนตรีประกอบบทเรียนและเนื้อหาของบทเรียน

3.3.2.3 ออกแบบและสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียน

โดยที่ผู้วิจัยกำหนดแบบประเมินที่สร้างขึ้นเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) ตามแบบ Likert's Scale กำหนดระดับความคิดเห็นไว้ 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพดี
3	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพปานกลาง
2	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพพอใช้
1	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพควรปรับปรุง

3.3.2.4 ตรวจสอบความเหมาะสมและสำนวนของภาษาที่ใช้

เมื่อสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำไปให้ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความเหมาะสมและสำนวนของภาษาที่ใช้ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องตามที่ได้รับคำแนะนำมา

3.3.2.5 ทำการจัดพิมพ์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนการสอน

วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ฉบับสมบูรณ์ เพื่อเตรียมไว้ใช้ในการเก็บข้อมูลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนต่อไป

3.3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน มีดังนี้

3.3.3.1 ทำการรวบรวมข้อมูล

โดยศึกษาจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน โดยมีการปรับแก้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่พัฒนาขึ้น

3.3.3.2 ทำการกำหนดประเด็นที่ต้องการสอบถามกลุ่มตัวอย่าง

ที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและกำหนดหัวข้อประเด็นในการสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนที่พัฒนาขึ้นไว้ 4 ด้านคือ

1. ลักษณะทั่วไปของบทเรียน
 - 1.1 ง่ายต่อการใช้งาน
 - 1.2 หน้าจอและเมนูมีความเหมาะสมในการใช้งาน
 - 1.3 คำแนะนำการใช้งานช่วยให้เข้าใจวิธีการใช้บทเรียน
 - 1.4 มีเมนูหลักและเมนูย่อยทำให้สะดวกในการใช้
 - 1.5 บทเรียนมีความน่าสนใจชวนให้ติดตาม
 - 1.6 เมนูมีเนื้อหาของบทเรียนช่วยให้ใช้งานง่าย
 - 1.7 เมนูที่ใช้มีส่วนช่วยให้ทราบถึงเนื้อหาที่จะได้เรียน
 - 1.8 สีและแบบอักษรที่ใช้ในบทเรียนอ่านง่าย
 - 1.9 ออกจากบทเรียนหรือเลิกใช้งาน สามารถทำได้ง่าย
2. การนำเข้าสู่บทเรียน
 - 2.1 การยกตัวอย่างทำให้ทราบภาพรวมของเนื้อหา
 - 2.2 การยกตัวอย่างทำให้เกิดความสนใจ
 - 2.3 การยกตัวอย่างมีส่วนช่วยให้บทเรียนน่าติดตาม
 - 2.4 การยกตัวอย่างช่วยกระตุ้นความสนใจ

3. ด้านภาพประกอบ

- 3.1 ภาพที่ใช้ประกอบการอธิบายช่วยสร้างความเข้าใจดี
- 3.2 ภาพที่ใช้ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย
- 3.3 จำนวนภาพมีเพียงพอกับเนื้อหา
- 3.4 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน
- 3.5 ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหวประกอบบทเรียน

4. ด้านเสียงประกอบและเสียงบรรยาย

- 4.1 เสียงดนตรีที่ใช้ประกอบบทเรียนมีความน่าสนใจ
- 4.2 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียนมีความน่าสนใจ
- 4.3 ระดับความดังของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบบทเรียน
- 4.4 ระดับความดังของเสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน
- 4.5 ความสอดคล้องของเสียงดนตรีประกอบบทเรียนและเนื้อหาของบทเรียน

3.3.3.3 ออกแบบและสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียน

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) ตามแบบ Likert's Scale กำหนดระดับความคิดเห็นของความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชา คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก ปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด โดยมีการแบ่งสเกล ดังนี้

5	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ใน	ระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ใน	ระดับมาก
3	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ใน	ระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ใน	ระดับน้อย
1	หมายถึง	ความพึงพอใจอยู่ใน	ระดับน้อยที่สุด

3.3.3.4 ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และถ่านวนภาษาที่ใช้

เมื่อได้สร้างแบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบถึงความถูกต้องเหมาะสมและถ่านวนภาษาที่ใช้ เพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และทำการแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.3.5 จัดพิมพ์แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนฉบับสมบูรณ์

เพื่อรอการนำไปใช้เก็บข้อมูลในการวิจัยต่อไป

3.4 ขั้นตอนการทดลองบทเรียนคอมพิวเตอร์

3.4.1 การดำเนินการทดลองกลุ่มย่อย

การดำเนินการทดลองกลุ่มย่อย เป็นการดำเนินการทดลองเพื่อหาจุดบกพร่องที่พบในระหว่างกระบวนการทดลอง พร้อมทั้งดำเนินการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปดำเนินการทดลองจริง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ ที่จัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานที่เป็นกลุ่มทดลองย่อย โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 10 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ยังไม่เคยเรียนเนื้อหาของบทเรียนนี้มาก่อน โดยใช้คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อผู้เรียน 1 คน และก่อนที่จะทำการศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนนี้ ได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ก่อนที่จะทำการศึกษาเนื้อหาวิชาทั้งหมดของบทเรียนนี้

2. หลังจากนั้นให้นักเรียนทั้งหมด 10 คน ทำการศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนไปพร้อมๆ กัน ภายใต้การควบคุมของอาจารย์ผู้สอน ภายในเวลาที่กำหนดเพื่อจะได้ตรวจสอบความผิดพลาดต่างๆ เช่น เมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับรายละเอียดของเนื้อหา หรือการสื่อความหมาย จะหยุดให้มีการซักถาม และบันทึกจุดบกพร่อง พร้อมแนวทางแก้ไข เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปแก้ไขในด้านกระบวนการของการทดลองบทเรียน ก่อนนำไปทดลองจริง

3. เมื่อศึกษาเนื้อหาบทเรียนจนจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้ว กำหนดให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ของแต่ละหน่วยบทเรียน

4. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ (Post-test) เพื่อทำการประเมินผลการเรียนเป็นขั้นสุดท้าย

5. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ (Post-test) มาทำการวิเคราะห์ผล เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียน จากการทดลองแบบกลุ่มย่อย

6. ทำการปรับปรุงรายละเอียดในการนำเสนอเนื้อหา พร้อมทั้งแก้ไขจุดบกพร่องที่พบในระหว่างกระบวนการทดลองกลุ่มย่อย ก่อนนำไปดำเนินการทดลองจริง

3.4.2 การดำเนินการทดลองจริง

การดำเนินการทดลองจริง เป็นการดำเนินการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และระดับความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้ปรับปรุงหลังจากทำการทดลองแบบกลุ่มย่อยแล้วมาทำการทดลองจริงกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่จัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยให้กลุ่มผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบที่จัดเตรียมไว้ในรูปแบบของเอกสาร (Paper-base) โดยกำหนดให้ทำด้วยเวลา 20 นาที หลังจากนั้น นำผลการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ โดยถ้าพบว่า ได้คะแนนน้อยกว่า 20% จะถือว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิภาพทางการเรียน ซึ่งคะแนนที่สอบพบว่า มีผู้ที่คะแนนสอบก่อนเรียน น้อยกว่า 20% จำนวน 6 คน จึงนำคะแนนที่ได้มาเรียงลำดับจากผู้ที่ได้คะแนนน้อยที่สุดไปหามากที่สุดแล้วนับนักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ ลำดับที่ 1 ลงมาถึงลำดับที่ 30 มาเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลองจริง จำนวน 30 คน โดยกำหนดให้ผู้เรียน ทำการศึกษบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อผู้เรียน 1 คน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลผลคะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดลองจริง เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการเรียนรู้ของผู้เรียนในลำดับต่อไป

2. ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาในแต่ละหน่วย ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 เครื่อง พร้อมทั้งการอธิบายเกี่ยวกับวิธีการเปิดใช้งานบทเรียนให้ผู้เรียนทราบ

3. ให้ผู้เรียนเรียนเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดและเมื่อเรียนจบแล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดเวลาในการศึกษาหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมดไว้ 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง จำนวนนับที่มากกว่า 100,000 กำหนดเวลาในการศึกษา 30 นาที และให้เวลา 10 นาที ไว้ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ส่วนหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการบวกและการลบ กำหนดเวลาในการศึกษา 20 นาที และให้เวลา 10 นาที ไว้ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ส่วนหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการคูณจำนวนนับ กำหนดเวลาในการศึกษา 20 นาที และให้เวลา 10 นาที ไว้ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ส่วนหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการหารจำนวนนับ กำหนดเวลาใน

การศึกษา 20 นาที และให้เวลา 10 นาที ไว้ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เมื่อนักเรียนทำการศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนเรียบร้อยแล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยกำหนดเวลาในการทำไว้ 20 นาที

4. ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 นี้ หลังจากทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ (Post-test) เรียบร้อยแล้ว ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนมาวิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3.5 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

3.5.1 การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบ ด้วยการหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งมีสูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

3.5.1.1 หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำแบบทดสอบที่ได้ออกแบบไว้ จำนวน 80 ข้อ ให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน โดยจัดทำแบบวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของข้อสอบ (Content Validity) ตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) รวบรวมได้จากภาคผนวก ก.1 โดยเลือกทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการพิจารณา

+1	เมื่อเห็นว่าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
0	เมื่อไม่แน่ใจว่าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
-1	เมื่อเห็นว่าไม่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เชี่ยวชาญตอบแบบวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของข้อสอบเรียบร้อยแล้ว จึงนำผลที่ได้มาคำนวณด้วยสูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{N}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่าง ข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรมหรือเนื้อหา
 $\sum R_i$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งผลของค่าเฉลี่ยที่ได้ ถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าใช้ได้

3.5.1.2 การหาค่าความยากง่าย หรือดัชนีค่าความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty)

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) เรียบร้อยแล้ว มาจัดพิมพ์ลงกระดาษและนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปลูกปัญญา ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มาแล้ว จำนวน 10 คน และนำคำตอบที่นักเรียนตอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายเป็นรายข้อ โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ P หมายถึง ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
 R หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
 N หมายถึง จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อนั้น

ซึ่งความหมายของระดับความยากง่าย มีดังต่อไปนี้ คือ

มากกว่า 0.80	แปลว่า	ง่ายมาก (ตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80	แปลว่า	ค่อนข้างง่าย
0.41 - 0.59	แปลว่า	ปานกลาง
0.20 - 0.40	แปลว่า	ค่อนข้างยาก
ต่ำกว่า 0.20	แปลว่า	ยากมาก (ปรับปรุง หรือตัดทิ้ง)

3.5.1.2 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบของนักเรียนแต่ละคนมาทำการจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนสูง และกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำ ด้วยการคำนวณ 25% ของนักเรียนที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 30 คน ผลที่ได้ คือ 8 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดแบ่งกลุ่มของนักเรียนออกเป็นกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนในกลุ่มคะแนนสูง จำนวน 8 คน และกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนในกลุ่มคะแนนต่ำ จำนวน 8 คน รวมทั้งหมดมีจำนวน 16 คน จากจำนวนนักเรียน 30 คน และนำคะแนนของนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมาคำนวณ โดยใช้สูตร ดังนี้

สูตรการคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกแบบง่าย คือ

$$D = \frac{R_U}{n_U} - \frac{R_L}{n_L}$$

เมื่อ	D	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	R_U	หมายถึง	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	หมายถึง	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N_U	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง
	N_L	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

โดยข้อสอบที่ดีนั้นจะมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 1.00

3.5.1.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบของสูตร กูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson 1937) KR-20

ผู้วิจัยได้นำคะแนนของกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดสอบกระบวนการทดลอง จำนวน 30 คน มาทำการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร หาค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ ดังนี้

$$\sigma^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N^2}, N = 30$$

เมื่อ	X	หมายถึง	คะแนนที่ผู้ทำข้อสอบแต่ละคนทำได้
	N	หมายถึง	จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ

หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาเข้าสู่สูตรของวิธี คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) KR-20 คือ

$$r_u = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right]$$

เมื่อ	k	หมายถึง	จำนวนข้อของข้อสอบ
	p	หมายถึง	สัดส่วนของจำนวนผู้ตอบข้อสอบถูก
	q	หมายถึง	สัดส่วนของจำนวนผู้ตอบข้อสอบผิด
	σ	หมายถึง	ค่าความแปรปรวนของคะแนนในแบบทดสอบ

ผลของการวิเคราะห์การหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งชุด จะต้องมีย่านค่ามากกว่า 0.70 จึงจะถือเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่น

3.5.2 การวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียน

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน โดยใช้เครื่องมือที่เป็นแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน ซึ่งเป็น การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert's Scale) คือ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ดี ปานกลาง คือ

5	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพดี
3	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพปานกลาง
2	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพพอใช้
1	หมายถึง	บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนมีคุณภาพควรปรับปรุง

โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของการรับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และการแปลผลคะแนนเฉลี่ย สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
n	หมายถึง	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ
X_i	หมายถึง	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
$\sum_{i=1}^n X_i$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนน

ซึ่งข้อกำหนดเกณฑ์การประเมิน มีดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย อยู่ระหว่าง	4.50 – 5.00	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
คะแนนเฉลี่ย อยู่ระหว่าง	3.50 – 4.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย อยู่ระหว่าง	2.50 – 3.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย อยู่ระหว่าง	1.50 – 2.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
คะแนนเฉลี่ย อยู่ระหว่าง	1.00 – 1.49	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.5.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชา คณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังกระบวนการเรียนเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เมื่อนักเรียนเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และเมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้แล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งสามารถกำหนดเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพ โดยใช้สัญลักษณ์ E_1/E_2

$$E_1 / E_2$$

E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างกระบวนการเรียน โดยคิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วย

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลังการเรียนรู้ครบทั้งวิชา โดยคิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ หรือทดสอบหลังเรียน

บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (CIP) จะมีประสิทธิภาพ $E_1/E_2 = 80/80$ หรือมากกว่า โดยนำคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน มาทำการหาประสิทธิภาพของบทเรียนโดยใช้สูตร ดังนี้

สูตร
$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^M E_{1i}}{M}$$

โดยที่ E_{1i} หาได้จากสูตร
$$E_{1i} = \frac{\frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{n_i} \times 100}{A_i} \quad E_2 = \frac{\frac{\sum_{k=1}^{n_k} x_k}{n_k} \times 100}{B}$$

เมื่อ E_1 หมายถึง	ประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างกระบวนการเรียน เป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด
E_{1i} หมายถึง	ประสิทธิภาพจากการทดสอบระหว่างเรียนของหน่วยการเรียนรู้ที่ i คิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยย่อย i ของนักเรียน ทั้งหมด
E_2 หมายถึง	ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลังการเรียนรู้ครบทั้งวิชาคิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้หรือทดสอบหลังเรียน
x_{ij} หมายถึง	คะแนนรวมของนักเรียนคนที่ j ระหว่างเรียนหน่วยเรียนที่ i
A_i หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหน่วยเรียนที่ i
B หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังบทเรียน หรือ Post-test
n หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
M หมายถึง	จำนวนหน่วยการเรียนรู้ในวิชานั้น

ซึ่งเกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพ กำหนดค่าความแปรปรวนไว้ $\pm 2.5\%$ จากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

3.5.4 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้นำคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำข้อสอบก่อนกระบวนการเรียนและหลังกระบวนการเรียน มาทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียนโดย

บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (CIP) จะมีประสิทธิภาพ = $E_{\text{post}} - E_{\text{pre}} \geq 60$

E_{post} หมายถึง ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนหลังการเรียนรู้ครบทั้งวิชา คิดจาก ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วย การเรียนหรือทดสอบหลังเรียน = E_2

E_{pre} หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของผู้เรียนก่อนการเรียนรู้วิชา โดยคิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน

ซึ่งในการคำนวณหาประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ของผู้เรียน ใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตร} \quad E_{\text{post}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{nB} \times 100$$

เมื่อ	X_i	หมายถึง	คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i
	n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

$$\text{สูตร} \quad E_{\text{pre}} = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{nC} \times 100$$

	X_k	หมายถึง	คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนคนที่ k
	n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	C	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

3.5.5 การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ

สำหรับการหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนที่สร้างขึ้น เป็นการหาค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งจะทำการหลังจากที่ได้รวบรวมแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามไว้หลังจากการเรียนรู้

บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนนี้เสร็จแล้ว จำนวน 30 คน จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาคำนวณแล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแบบ ลิเคอร์ท (Likert's Scale) คือ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่อนข้างมาก ปานกลาง ค่อนข้างน้อย และน้อย โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน สำหรับสูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

สูตร
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

โดยที่	$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
	n	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
	x_i	หมายถึง	คะแนนของผู้เรียนแต่ละคน
	$\sum_{i=1}^n x_i$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนน

ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ดังต่อไปนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 สถิติพื้นฐาน

1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$\bar{x}$	=	ค่าเฉลี่ย
n	=	จำนวนข้อมูล
x_i	=	คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

S.D.	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum (x_i - \bar{x})^2$	=	ผลรวมของคะแนนลบด้วยคะแนนเฉลี่ย
N	=	จำนวน

3.6.2 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. สถิติที่นำมาหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหาที่จะนำมาพัฒนาเป็นสื่อการเรียนการสอน มีดังนี้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence)

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

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	คือ	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
	n	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติที่ใช้ในการหาค่าระดับความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร

เมื่อ	P	หมายถึง	ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ
	R	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
	N	หมายถึง	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

3. สถิติที่ใช้ในการหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อ

โดยใช้สูตร
$$D = (R_U - R_L)/N_U$$

เมื่อ	D	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
	R_U	=	จำนวนที่ผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	=	จำนวนที่ผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N_U	=	จำนวนที่ผู้ตอบทั้งหมดของกลุ่มสูง

4. สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson) ดังนี้

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

$$\gamma_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n pq_i}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	γ_{tt}	=	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	=	จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
	p	=	สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก
	q	=	1-p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด
	S_t^2	=	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

$$S_t^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n^2}$$

3.6.3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมติฐาน

1. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอนมัลติมีเดีย (E_1/E_2) ใช้สูตร

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

$$E_1 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_1}{n}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \left(\frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_2}{n}}{B} \times 100 \right)$$

เมื่อ	E1	=	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	E2	=	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	X1	=	คะแนนของแบบฝึกหัด
	X2	=	คะแนนของแบบทดสอบ
	A	=	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
	B	=	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
	N	=	จำนวนผู้เรียน

2. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียก่อนและหลังเรียนจากกลุ่มเดิม

ใช้สูตร
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ	$\bar{x}_1, \bar{x}_2$	แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2
	S_p^2	แทนความแปรปรวนร่วม (Pooled variance)

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$$

n_1, n_2 แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2
 df แทนั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)