

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติสำหรับการศึกษาทางไกล มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างโมเดลข้อสอบและออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) พัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ และ 3) ตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างโมเดลข้อสอบและออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติสำหรับชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระยะที่ 3 การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์

ระยะที่ 1 การสร้างโมเดลข้อสอบและออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การวิจัยในระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโมเดลข้อสอบ และออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีวิธีดำเนินการวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การสร้างข้อสอบต้นแบบ

การสร้างข้อสอบต้นแบบเพื่อนำไปสร้างโมเดลข้อสอบมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ระดับพฤติกรรม และเนื้อหา สำหรับใช้สร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ซึ่งเนื้อหาดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาชุดวิชา 96102 คณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 6 เรื่องหลัก ได้แก่ (1) อนุพันธ์ (2) เซต (3) สมการ (4) อสมการ (5) เรขาคณิตวิเคราะห์ และ (6) เมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์

2) เขียนลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (Item Specification) ของเนื้อหาข้อสอบทุกเรื่องที่ถูกกำหนดไว้สำหรับนำมาใช้สร้างข้อสอบ เรื่องละ 7 ข้อ รวมทั้งสิ้น 42 ข้อ ซึ่งรายละเอียดของลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ประกอบด้วย ชื่อเนื้อหา วัตถุประสงค์ ระดับพฤติกรรม ลักษณะคำถาม ลักษณะตัวถูก และตัวอย่างข้อสอบ โดยไม่เขียนลักษณะตัวถูก

3) สร้างข้อสอบเฉพาะคำถาม และตัวถูก ตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (Item Specification) ที่กำหนด พร้อมทั้งนำข้อสอบเฉพาะคำถาม และคำตอบ ที่สร้างขึ้นไปสัมภาษณ์ ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 10 คน จากหลากหลายสถาบัน ได้แก่ (1) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (3) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ (4) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล (5) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนพนัสพิทยาคาร (6) แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน วิชาเอกคณิตศาสตร์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และ (7) สาขาวิชา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยสัมภาษณ์ในประเด็นเกี่ยวกับ ความเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือความผิดพลาดของผู้เรียนในการทำข้อสอบจากประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้สอน เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการสร้างตัวถูก ซึ่งผลจากการสัมภาษณ์สรุปได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 สรุปผลการสัมภาษณ์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์

เนื้อหา	ประเด็นความคลาดเคลื่อนของผู้เรียน
1. อนุพันธ์	
1) การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่กำหนดให้โดยใช้สูตรการหาอนุพันธ์ผลบวกหรือผลลบ	(1) ไม่หาอนุพันธ์ของค่าคงที่ (2) สับสนเกี่ยวกับการดำเนินการกับเลขชี้กำลังกำลังระหว่างการหาอนุพันธ์ และการอินทิเกรต
2) การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่กำหนดให้โดยใช้สูตรการหาอนุพันธ์ผลคูณ	(1) จำสูตรการหาอนุพันธ์ผลคูณคลาดเคลื่อน (2) สับสนเกี่ยวกับการดำเนินการกับเลขชี้กำลังกำลังระหว่างการหาอนุพันธ์ และการอินทิเกรต
2. เซต	
1) การบอกการเป็นสมาชิกของเซตและสับเซต	(1) เขียนแจกแจงสับเซตโดยลืมเขียนเซตว่างและเซตที่โจทย์ถาม (2) สับสนระหว่างสับเซตและสับเซตแท้ (3) สับสนระหว่างสับเซตและเพาเวอร์เซต
2) การดำเนินการของเซต	(1) จำการดำเนินการของเซตสลับกันระหว่างยูเนียนและอินเตอร์เซกต์ (2) สับสนการหาผลต่างของเซตว่าคำตอบคือสมาชิกของเซตใดที่ไม่เป็นสมาชิกของเซตใด

เนื้อหา	ประเด็นความคลาดเคลื่อนของผู้เรียน
	(3) ไม่ดำเนินการใดๆ กับ เครื่องหมายคอมพลีเมนต์ (4) สับสนการหาคอมพลีเมนต์ว่าคำตอบคือสมาชิกของเซตใดที่ไม่เป็นสมาชิกของเซตใด
3. สมการ	
1) การแก้สมการเชิงเส้น	(1) สับสนเรื่องการย้ายข้างสมการของเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของตัวแปร และเครื่องหมายของค่าคงที่ ทำให้ย้ายข้างเครื่องหมายของตัวเลขค่าดังกล่าวผิดพลาด (2) กรณีที่โจทย์กำหนดให้ทางด้านซ้ายของสมการ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเป็นเศษส่วน และบวกกับค่าคงที่ ผู้เรียนมักจะแก้สมการโดยนำเลขตัวส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ไปคูณกับค่าคงที่ที่อยู่ด้านขวาของสมการ
2) การแก้สมการควอดราติก	(1) แยกตัวประกอบแล้วไม่กลับเครื่องหมายของค่าคงที่ก่อนที่จะเขียนคำตอบ (2) จำสูตรคำนวณคลาดเคลื่อน (3) แทนตัวเลขในสูตรคำนวณคลาดเคลื่อน
4. อสมการ	
1) การแก้อสมการเชิงเส้น	(1) สับสนเรื่องการย้ายข้างอสมการของเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของตัวแปร และเครื่องหมายของค่าคงที่ ทำให้ย้ายข้างเครื่องหมายของตัวเลขค่าดังกล่าวผิดพลาด (2) กรณีที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรเป็นค่าลบเมื่อแก้อสมการแล้วลืมกลับเครื่องหมายอสมการ
2) การแก้อสมการเชิงเส้นที่มีพจน์อสมการอยู่ในเครื่องหมายแอบโซลูท (Absolute)	(1) แก้อสมการสลับวิธีการระหว่างเครื่องหมายอสมการ “มากกว่า/มากกว่าหรือเท่ากับ” และ “น้อยกว่า/น้อยกว่าหรือเท่ากับ” (2) กรณีที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรเป็นค่าลบเมื่อแก้อสมการแล้วลืมกลับเครื่องหมายอสมการ
5. เรขาคณิตวิเคราะห์	
1) การหาระยะห่างระหว่างจุดสองจุด	(1) จำสูตรคำนวณคลาดเคลื่อน (2) คำนวณเลขผิดโดยเฉพาะจุดสองจุดที่อยู่ในจุดภาคที่ 2, 3 และ 4

เนื้อหา	ประเด็นความคลาดเคลื่อนของผู้เรียน
	(3) กรณีโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับวงกลม ถ้าโจทย์ถามความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ผู้เรียนมักลืมนำระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่คำนวณได้ไปคูณด้วย 2
2) การหาจุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด	(1) จำสูตรคำนวณคลาดเคลื่อน (2) คำนวณเลขผิดโดยเฉพาะจุดสองจุดที่อยู่ในจตุภาคที่ 3
6. เมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์	
1) การดำเนินการทางเมทริกซ์	(1) คูณเมทริกซ์ผิดตำแหน่ง (2) ทราנסโพสเมทริกซ์ตำแหน่ง (3) คูณค่าสเกลาร์ผิดเมทริกซ์
2) การหาค่าดีเทอร์มิแนนต์	(1) นำสมาชิกของเมทริกซ์มาดำเนินการผิดตำแหน่ง (2) กรณีการหาค่าดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ขนาด 3X3 เลือกสมาชิกแถวแนวนอนผิดแถวมาต่อท้ายเมทริกซ์

4) เขียนลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (Item Specification) ของเนื้อหาข้อสอบแต่ละเรื่อง ที่ถูกกำหนดไว้สำหรับนำมาใช้สร้างข้อสอบให้สมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย ชื่อเนื้อหา วัตถุประสงค์ ระดับพฤติกรรม ลักษณะคำถาม ลักษณะตัวถูก ลักษณะตัวลวง และตัวอย่างข้อสอบ โดยตัวอย่างของลักษณะเฉพาะของข้อสอบที่ผู้วิจัยเขียนขึ้นแสดงได้ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหา	อนุพันธ์
วัตถุประสงค์	คำนวณอนุพันธ์ของฟังก์ชันโดยใช้บทนิยามของอนุพันธ์หรือสูตรสำหรับการหาอนุพันธ์ได้
ระดับพฤติกรรม	ความเข้าใจ
ลักษณะคำถาม	กำหนดฟังก์ชันให้มีรูปแบบดังต่อไปนี้ แล้วให้หาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง $f(x) = ax^{n_1} + bx^{n_2} + c$ โดยที่ a, b, c เป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ในช่วง -9 ถึง 9 และไม่เท่ากับ 0 และ $a \neq b \neq c$ และ a, b ไม่เท่ากับ 1 และ -1 n_1, n_2 เป็นจำนวนเต็มบวกอยู่ในช่วง 2 ถึง 9 และ $n_1 > n_2$
ลักษณะตัวถูก	หาอนุพันธ์โดยใช้สูตรการหาอนุพันธ์ผลบวกหรือผลลบ
ลักษณะตัวลวง	ตัวลวงรูปแบบที่ 1 : ดำเนินการหาอนุพันธ์กับทุกพจน์ของฟังก์ชันในรูปแบบ $(a)(n_1)x^{n_1} + (b)(n_2)x^{n_2}$ โดยการนำเลขชี้กำลังคูณกับสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร จากนั้นกำหนดให้เลขชี้กำลังมีค่าเท่าเดิม พร้อมทั้งหาอนุพันธ์ค่าคงที่ ตัวลวงรูปแบบที่ 2 : ดำเนินการหาอนุพันธ์กับทุกพจน์ของฟังก์ชันในรูปแบบ $(a)(n_1)x^{n_1+1} + (b)(n_2)x^{n_2+1}$ โดยการนำเลขชี้กำลังคูณกับสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร จากนั้นปรับค่าเลขชี้กำลังเพิ่มขึ้น 1 ค่า พร้อมทั้งหาอนุพันธ์ค่าคงที่ ตัวลวงรูปแบบที่ 3 : ดำเนินการหาอนุพันธ์กับทุกพจน์ของฟังก์ชันในรูปแบบ $(a)(n_1)x^{n_1-1} + (b)(n_2)x^{n_2-1} + c$ โดยการนำเลขชี้กำลังคูณกับสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร จากนั้นปรับค่าเลขชี้กำลังลดลง 1 ค่า และไม่หาอนุพันธ์ค่าคงที่ ตัวลวงรูปแบบที่ 4 : ดำเนินการหาอนุพันธ์กับทุกพจน์ของฟังก์ชันในรูปแบบ $(a)(n_1)x^{n_1+1} + (b)(n_2)x^{n_2+1} + c$ โดยการนำเลขชี้กำลังคูณกับสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปร จากนั้นปรับค่าเลขชี้กำลังเพิ่มขึ้น 1 ค่า และไม่หาอนุพันธ์ค่าคงที่
ตัวอย่างข้อสอบ	อนุพันธ์ของฟังก์ชัน $f(x) = 2x^5 + 5x^3 - 8$ มีค่าเท่ากับข้อใด 1. $10x^4 + 15x^2$ 2. $10x^5 + 15x^3$ 3. $10x^6 + 15x^4$ 4. $10x^4 + 15x^2 - 8$ 5. $10x^6 + 15x^4 - 8$
ตัวถูก	1.

หมายเหตุ : สำหรับลักษณะเฉพาะของข้อสอบข้ออื่น ๆ แสดงในภาคผนวก ก

5) สร้างข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (Item Specification) จำนวน 60 ข้อ และนำข้อสอบที่สร้างขึ้นไปสัมภาษณ์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 10 คน อีกครั้ง ในประเด็นความเหมาะสมของ คำถาม ตัวถูก และตัวลวงที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งปรับข้อสอบตามข้อเสนอแนะจากการ สัมภาษณ์

6) ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อสอบที่สร้างขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 3 คน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และความสอดคล้องของข้อสอบกับลักษณะเฉพาะของข้อสอบ จากการ พิจารณาของผู้เชี่ยวชาญพบว่าข้อสอบมีดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.60 ทุกข้อ หลังจากปรับ ข้อสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำข้อสอบที่สร้างขึ้นทั้ง 60 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่ม ตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ลงทะเบียนชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ สำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 30 คน ต่อไป

7) วิเคราะห์คุณภาพข้อสอบรายข้อ และรายฉบับ พร้อมทั้งคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพ จำนวน 42 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อสอบต้นแบบสำหรับสร้างโมเดลข้อสอบต่อไป ซึ่งผลการวิเคราะห์ คุณภาพข้อสอบทั้ง 60 ข้อ ในภาพรวมพบว่า ข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.14 – 0.87 มีค่า อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.67 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.81 โดย ข้อสอบที่ถูกคัดเลือกไปใช้เป็นข้อสอบต้นแบบจำนวน 42 ข้อ หลังจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 30 คน มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.70 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.87 ซึ่งเนื้อหาข้อสอบต้นแบบแสดงได้ใน บทที่ 4 ดังตารางที่ 4-1

2. การสร้างโมเดลข้อสอบชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การสร้างโมเดลข้อสอบชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีขั้นตอนการดำเนินการที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) นำข้อสอบต้นแบบ และลักษณะเฉพาะของข้อสอบที่สร้างขึ้น จำนวน 42 ข้อ ไปใช้ เป็นข้อมูลสำหรับสร้างโมเดลข้อสอบ

2) เลือกรูปแบบโมเดลข้อสอบตามหลักการของ Gierl et al. (2008) ที่ต้องการสร้าง โดย วิเคราะห์เนื้อหาของข้อสอบต้นแบบ และลักษณะเฉพาะของข้อสอบแต่ละข้อว่า มีความสอดคล้องกับ ประเภทของโมเดลข้อสอบโมเดลใดใน 10 โมเดล ดังตารางที่ 3-3 แล้วจึงดำเนินการสร้างโมเดล ข้อสอบตามโครงสร้างของประเภทโมเดลนั้น ๆ

ตารางที่ 3-3 ประเภทและคุณสมบัติของโมเดลข้อสอบ

ประเภทโมเดล ข้อสอบ	คุณสมบัติของโมเดลข้อสอบ
โมเดลที่ 1	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่เปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ และโจทย์เนื้อหาเดียวกันสามารถมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถสร้างจากการสุ่มคำตอบจากกลุ่มของคำตอบถูก (ตัวถูก) และกลุ่มของคำตอบลวง (ตัวลวง) โดยที่ไม่ได้นำค่าตัวแปรของโจทย์มาใช้คำนวณในการสร้างตัวเลือก</p>
โมเดลที่ 2	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่เปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถสร้างจากการนำตัวแปรที่สุ่มค่าได้มาคำนวณตามรูปแบบที่กำหนด หรือตัวเลือกสามารถสร้างจากค่าตัวแปรที่สุ่มได้โดยตรงโดยไม่ผ่านการคำนวณ</p>
โมเดลที่ 3	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่เปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถกำหนดให้คงที่เหมือนกับข้อสอบต้นแบบ</p>
โมเดลที่ 4	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ และโจทย์เนื้อหาเดียวกันสามารถมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : สามารถสร้างจากการสุ่มคำตอบจากกลุ่มของคำตอบถูก (ตัวถูก) และกลุ่มของคำตอบลวง (ตัวลวง) โดยที่ไม่ได้นำค่าตัวแปรของโจทย์มาใช้คำนวณในการสร้างตัวเลือก</p>
โมเดลที่ 5	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ</p>

ประเภทโมเดล ข้อสอบ	คุณสมบัติของโมเดลข้อสอบ
	<p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถสร้างจากการนำตัวแปรที่สุ่มค่าได้มาคำนวณตามรูปแบบที่กำหนด หรือตัวเลือกสามารถสร้างจากค่าตัวแปรที่สุ่มได้โดยตรงโดยไม่ผ่านการคำนวณ</p>
โมเดลที่ 6	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปร เฉพาะตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถกำหนดให้คงที่เหมือนกับข้อสอบต้นแบบ</p>
โมเดลที่ 7	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปรผสมทั้งตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ และตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ และโจทย์เนื้อหาเดียวกันสามารถมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : สามารถสร้างจากการสุ่มคำตอบจาก กลุ่มของคำตอบถูก (ตัวถูก) และกลุ่มของคำตอบลวง (ตัวลวง) โดยที่ไม่ได้นำค่าตัวแปรของโจทย์มาใช้คำนวณในการสร้างตัวเลือก</p>
โมเดลที่ 8	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปรผสมทั้งตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ และตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถสร้างจากการนำตัวแปรที่สุ่มค่าได้มาคำนวณตามรูปแบบที่กำหนด หรือตัวเลือกสามารถสร้างจากค่าตัวแปรที่สุ่มได้โดยตรงโดยไม่ผ่านการคำนวณ</p>
โมเดลที่ 9	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็นส่วนคงที่ และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยส่วนที่เปลี่ยนค่าได้ดังกล่าวสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปรผสมทั้งตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ และตัวแปรที่ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ</p> <p><u>ตัวเลือก</u> : ตัวเลือกสามารถกำหนดให้คงที่เหมือนกับข้อสอบต้นแบบ</p>
โมเดลที่ 10	<p><u>โจทย์</u> : โจทย์สามารถกำหนดให้คงที่เหมือนกับข้อสอบต้นแบบ โดยที่โจทย์เนื้อหาเดียวกันสามารถมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ</p>

ประเภทโมเดล ข้อสอบ	คุณสมบัติของโมเดลข้อสอบ
	ตัวเลือก : สามารถสร้างจากการสุ่มคำตอบจาก กลุ่มของคำตอบถูก (ตัวถูก) และกลุ่มของคำตอบลวง (ตัวลวง) โดยที่ไม่ได้นำค่าตัวแปรของโจทย์ มาใช้คำนวณในการสร้างตัวเลือก

3) สร้างโมเดลข้อสอบโดยการเชื่อมโยงเนื้อหาข้อสอบต้นแบบเข้ากับองค์ประกอบทั้ง 5 ส่วนของโมเดลข้อสอบแต่ละประเภทที่เลือกไว้ พร้อมทั้งกำหนดรายละเอียดเนื้อหาของโมเดลข้อสอบทั้ง 5 ส่วน ดังนี้

(1) โจทย์ (Stem) : นำเนื้อหาโจทย์ของข้อสอบต้นแบบมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดส่วนคงที่และส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้

(2) ส่วนประกอบ (Elements) : กำหนดรายละเอียดเนื้อหาโจทย์ของโมเดลข้อสอบ ในส่วนที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ ดังนี้

1. ชื่อตัวแปร และชนิดของตัวแปร
2. ค่าตัวแปร ขอบเขตของค่าตัวแปร และค่ายกเว้นตัวแปร
3. ค่าเงื่อนไขระหว่างตัวแปร

(3) ตัวเลือก (Options) : กำหนดรายละเอียดเนื้อหาตัวเลือกทั้ง 5 ตัวเลือก ของแต่ละโมเดล ซึ่งตัวเลือกดังกล่าวจะมีเนื้อหาในรูปแบบใดขึ้นอยู่กับเนื้อหาของข้อสอบต้นแบบ และประเภทของโมเดลข้อสอบที่สอดคล้องกับข้อสอบต้นแบบที่เลือกไว้

(4) ข้อมูลเสริม (Auxiliary Information) : ข้อมูลเสริมสามารถกำหนดได้ที่ตำแหน่งโจทย์และตัวเลือกของโมเดลข้อสอบ ซึ่งแต่ละโมเดลข้อสอบจะมีข้อมูลเสริมหรือไม่ หรือมีในรูปแบบใดขึ้นอยู่กับเนื้อหาของข้อสอบต้นแบบ โดยข้อมูลเสริมดังกล่าวได้แก่ ภาพ และตาราง

(5) เฉลย (Key) : การกำหนดคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบข้อนั้น ๆ ตามที่โจทย์กำหนด

4) ตรวจสอบคุณภาพโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น โดยดำเนินการดังนี้

(1) สร้างแบบประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบ โดยประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) มาเป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบของแต่ละรายการประเมิน โดยคะแนน -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และคะแนน 1 หมายถึง สอดคล้อง

(2) นำแบบประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน ผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินก่อนนำไปใช้ประเมินจริง

(3) ประเมินคุณภาพของโมเดลข้อสอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วย (1) ประธานชุดวิชาหรืออาจารย์ผู้สอนที่เป็นผู้แทนคณะกรรมการบริหารชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 คน (2) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และ (3) ผู้เชี่ยวชาญทางการวัดและประเมินผล ที่นอกจากจะมีคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลแล้ว ยังต้องมีคุณวุฒิด้านคณิตศาสตร์ด้วย จำนวน 1 คน รวมทั้งหมด 3 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพของโมเดลข้อสอบพร้อมทั้งทำแบบประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบ โดยผู้วิจัยส่งเอกสารแบบประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบดังกล่าว พร้อมกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์และทางไปรษณีย์ ซึ่งรายการประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบ มีประเด็นพิจารณาทั้งสิ้น 5 ประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 ความสอดคล้องระหว่างประเภทของโมเดลข้อสอบตามหลักการของ Gierl et al. (2008) ที่กำหนดกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้นจัดอยู่ในประเภทของโมเดลข้อสอบตามหลักการของ Gierl et al. (2008) ตามที่กำหนดไว้หรือไม่

ประเด็นที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของข้อสอบต้นแบบกับเนื้อหาของโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น ซึ่ง เป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น วัดเนื้อหาเดียวกันหรือไม่

ประเด็นที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่นำมาสร้างข้อสอบต้นแบบกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น สร้างจากวัตถุประสงค์การเรียนรู้เดียวกันหรือไม่

ประเด็นที่ 4 ความสอดคล้องระหว่างระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นำมาสร้างข้อสอบต้นแบบ กับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น สร้างจากระดับพฤติกรรมการเรียนรู้เดียวกันหรือไม่

ประเด็นที่ 5 ความสอดคล้องระหว่างความยากของข้อสอบต้นแบบกับความยากของโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น มีความยากเท่าเทียมหรือใกล้เคียงกันหรือไม่

(4) วิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งโมเดลข้อสอบทุกข้อหรือทุกโมเดล ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องของทุกรายการประเมิน เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

(5) สรุปผลการประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบ

3. การออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นการออกแบบพื้นที่จัดเก็บข้อมูลกลาง สำหรับนำไปสร้างข้อสอบคู่ขนานของชุดวิชาดังกล่าว ผ่านโครงสร้างของโมเดลข้อสอบ ซึ่งคลังข้อมูลจะถูกออกแบบให้เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการสร้างโมเดลข้อสอบ ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยคลังข้อมูลจะเก็บข้อมูลในรูปแบบของค่าตัวแปรชนิดตัวอักษร (Character) หรือตัวแปรชนิดข้อความ (String) ที่นำไปใช้สร้างโมเดลข้อสอบไว้ร่วมกันที่ส่วนกลาง เพื่อรองรับให้ทุกโมเดลข้อสอบสามารถใช้ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในคลังข้อมูลดังกล่าวร่วมกันได้ โดยที่ผู้สร้างโมเดลข้อสอบไม่ต้องเสียเวลาในการสร้างค่าตัวแปรของข้อมูลใหม่ทุกครั้งให้กับโมเดลข้อสอบที่กำลังสร้างขึ้น หากตัวแปรใดถูกสร้างไว้ในคลังข้อมูลแล้ว ผู้ใช้งานก็สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของโมเดลข้อสอบนั้น ๆ ได้ทันที โดยโมเดลข้อสอบข้อใดจะใช้ข้อมูลตัวแปรใดในคลังข้อมูลข้อสอบนั้น ขึ้นอยู่กับบริบทของเนื้อหาข้อสอบที่นำมาสร้างโมเดลข้อสอบโมเดลนั้น ๆ ด้วย ดังนั้นการออกแบบคลังข้อมูลจึงต้องออกแบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าตัวแปรชนิดตัวอักษร หรือตัวแปรชนิดข้อความ ของโมเดลข้อสอบได้ และให้ทุกโมเดลข้อสอบสามารถใช้ข้อมูลที่จัดเก็บร่วมกันเพื่อนำไปใช้กำหนดค่าตัวแปรได้

เพื่อให้คลังข้อมูลมีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น การออกแบบคลังข้อมูลสามารถดำเนินการได้ดังนี้

- 1) ศึกษาองค์ประกอบข้อมูลและรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลในคลังข้อมูลข้อสอบ
- 2) ศึกษาวิธีการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลในคลังข้อมูลกับข้อมูลตัวแปรสำหรับใช้สร้างโมเดลข้อสอบ
- 3) ออกแบบองค์ประกอบของคลังข้อมูล
- 4) ออกแบบรูปแบบการจัดเก็บ การลบ การแก้ไข ข้อมูลในคลังข้อมูล
- 5) ออกแบบขั้นตอนการสร้างคลังข้อมูล ผ่านระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานที่พัฒนาขึ้น
- 6) ออกแบบขั้นตอนการนำข้อมูลจากคลังข้อมูลไปใช้งาน

อย่างไรก็ตาม การออกแบบคลังข้อมูลชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังกล่าว เป็นเพียงการออกแบบเพื่อรองรับการสร้างโมเดลข้อสอบในระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานอัตโนมัติให้มีความสะดวกในการสร้างโมเดลข้อสอบมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ซึ่งผู้ใช้งานอาจจะใช้งานข้อมูลที่มีในคลังข้อมูลหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความประสงค์ และบริบทของเนื้อหาข้อสอบที่นำมาสร้างโมเดลข้อสอบนั้น ๆ ด้วย

ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ

การวิจัยในระบายนี้นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ ซึ่งระบบดังกล่าวจะถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้สร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติ ภายใต้หลักการสร้างข้อสอบอัตโนมัติและการสร้างโมเดลข้อสอบของ Gierl et al. (2008) ทั้ง 10 ประเภท (โมเดลที่ 1 – โมเดลที่ 10) และนำโมเดลข้อสอบที่สร้างในการวิจัยระยะที่ 1 จำนวน 42 ข้อ รวมทั้งคลังข้อมูลข้อสอบที่ได้ออกแบบไว้ มาเป็นข้อมูลในการพัฒนาและทดสอบระบบพร้อมด้วย ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. วิเคราะห์และออกแบบระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) ด้วยการศึกษารายงาน งานวิจัย และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการทำงานหลักดังต่อไปนี้

(1) สามารถสร้างโมเดลข้อสอบตามหลักการของ Gierl et al. (2008) ได้ครบทั้ง 10 ประเภท

(2) สามารถสร้างคลังข้อมูลข้อสอบเพื่อใช้จัดเก็บข้อมูลค่าตัวแปรต่าง ๆ ของโมเดลข้อสอบที่จะนำไปเป็นส่วนประกอบของเนื้อหาข้อสอบแต่ละข้อได้

(3) สามารถสร้างข้อสอบคู่ขนานอัตโนมัติจากโมเดลข้อสอบและเงื่อนไขที่กำหนดได้ จากนั้นนำเสนอผลวิเคราะห์และออกแบบระบบดังกล่าวในรูปแบบแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

2) ออกแบบระบบฐานข้อมูล (Database Design) เพื่อรองรับหรือจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติ

3) ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถโต้ตอบหรือสื่อสารกับระบบที่พัฒนาขึ้นได้อย่างสะดวก

2. พัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ

การพัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ มีขั้นตอนการดำเนินการที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) พัฒนาระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

2) ทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดทุกฟังก์ชันการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing)

3) จัดทำคู่มือการใช้งาน

3. ตรวจสอบคุณภาพของระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

การตรวจสอบคุณภาพของระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สร้างแบบประเมินคุณภาพระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ ที่มีรูปแบบเป็นมาตราประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2) นำแบบประเมินคุณภาพระบบที่สร้างขึ้น ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน ผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินก่อนนำไปใช้ประเมินจริง

3) ประเมินคุณภาพระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวต้องมีคุณวุฒิทางด้าน วิทยาการคอมพิวเตอร์ หรือเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และมีประสบการณ์ทำงานเกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 คน และ (3) ประธานชุดวิชาหรืออาจารย์ผู้สอนที่เป็นผู้แทนคณะกรรมการบริหารชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 คน ทำการทดสอบการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งทำแบบประเมินคุณภาพระบบ โดยผู้วิจัยส่งเอกสารแบบประเมินคุณภาพระบบ คู่มือการใช้งานระบบ และระบบที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว ให้ผู้เชี่ยวชาญผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์และทางไปรษณีย์ ซึ่งรายการประเมินคุณภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น มีประเด็นพิจารณาทั้งสิ้น 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการออกแบบระบบ (2) ด้านการทำงานของระบบ (3) ด้านการใช้งานระบบ และ (4) ด้านคู่มือการใช้งานระบบ

4) วิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยดังกล่าว ไปเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพว่ารายการประเมินนั้นๆมีคุณภาพอยู่ที่ระดับใด ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นต้องมีผล

การประเมินคุณภาพ ตั้งแต่ **ระดับมากขึ้นไป** ทุกรายการประเมินจึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 ถึง 5.00 หมายถึง ระบบมีคุณภาพในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 4.50 หมายถึง ระบบมีคุณภาพในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 ถึง 3.50 หมายถึง ระบบมีคุณภาพในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 ถึง 2.50 หมายถึง ระบบมีคุณภาพในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 ถึง 1.50 หมายถึง ระบบมีคุณภาพในระดับน้อยที่สุด

5) สรุปผลการประเมินคุณภาพระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

6) นำระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปให้ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องทดลองใช้งานระบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

(1) สร้างแบบประเมินการใช้งานระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ สำหรับผู้ใช้งาน ที่มีรูปแบบเป็นมาตราประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

(2) นำแบบประเมินการใช้งานระบบที่สร้างขึ้น ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน ผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินก่อนนำไปใช้ประเมินจริง

(3) ประเมินการใช้งานระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง จำนวน 10 คน ประกอบด้วย (1) อาจารย์ผู้สอนชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 คน และ (2) อาจารย์ที่ปฏิบัติงานด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 5 คน ทำการทดลองใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งทำแบบประเมินการใช้งานระบบ โดยผู้วิจัยส่งเอกสารแบบประเมินการใช้งานระบบ คู่มือการใช้งานระบบ และระบบที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว ให้ผู้ใช้งานผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรายการประเมินการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้น มีประเด็นพิจารณาทั้งสิ้น 2 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านการใช้งานระบบ และ (2) ด้านคู่มือการใช้งานระบบ

(4) วิเคราะห์ผลประเมินการใช้งานระบบจากผู้ใช้งาน โดยการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยดังกล่าว ไปเทียบกับเกณฑ์ระดับความคิดเห็นว่ารายการประเมินนั้น ๆ มีความคิดเห็นอยู่ที่ระดับใด ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นต้องมีผลการประเมินการใช้งาน ตั้งแต่ **ระดับมากขึ้นไป** ทุกรายการประเมินจึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน โดยใช้โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 ถึง 5.00 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 4.50 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 ถึง 3.50 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 ถึง 2.50 หมายถึง เห็นด้วยในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 ถึง 1.50 หมายถึง เห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด

(5) สรุปผลการประเมินการใช้งานระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดย
ใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น

ระยะที่ 3 การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบ ที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์

การวิจัยในระยะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบ
จำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบทดสอบต้นแบบ และ (2) แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์
(ระบบสร้างข้อสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่ผู้วิจัยพัฒนา
ขึ้น) ซึ่งการวิจัยในระยะที่ 3 มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. สร้างแบบทดสอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

การสร้างแบบทดสอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยดำเนินการโดยกำหนดให้
ระบบคอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบจำนวน 42 ข้อ ตามรูปแบบของโมเดลข้อสอบที่ได้สร้างไว้แล้วจาก
ข้อสอบต้นแบบทุกข้อในการวิจัยระยะที่ 1 โดยกำหนดเงื่อนไขให้โมเดลข้อสอบแต่ละข้อ สามารถ
นำไปสร้างข้อสอบได้จำนวน 1 ข้อต่อหนึ่งโมเดลข้อสอบ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อสอบทั้งหมดที่
โมเดลข้อสอบนั้น ๆ สามารถสร้างได้ ซึ่งตัวแทนข้อสอบของแต่ละโมเดลข้อสอบดังกล่าว ระบบจะ
สร้างด้วยวิธีการสุ่มค่าตัวแปรต่างๆ ภายใต้ขอบเขตตัวแปรที่กำหนดไว้ในแต่ละโมเดล จากนั้นนำ
ข้อสอบทั้ง 42 ข้อ มาจัดฉบับเป็นแบบทดสอบเพื่อนำไปตรวจสอบความเป็นคู่ขนานเทียบกับข้อสอบ
ต้นแบบต่อไป

2. ตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของข้อสอบรายข้อระหว่างข้อสอบจากแบบทดสอบ ต้นแบบกับข้อสอบจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างข้อสอบจากแบบทดสอบต้นแบบ (แบบทดสอบ
ฉบับ A) กับข้อสอบจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น (แบบทดสอบฉบับ
B) ผู้วิจัยดำเนินการในรูปแบบให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบเป็นรายข้อ จาก
แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับดังกล่าว โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สร้างแบบประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบ โดยประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความ
สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) มา

เป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพโมเดลข้อสอบของแต่ละรายการประเมิน โดยคะแนน -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง, คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และคะแนน 1 หมายถึง สอดคล้อง

2) นำแบบประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทางการวัดและประเมินผลจำนวน 3 คน ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินก่อนนำไปใช้ประเมินจริง

3) ประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบเป็นรายข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วย (1) ประธานชุดวิชาหรืออาจารย์ผู้สอนที่เป็นผู้แทนคณะกรรมการบริหารชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 คน (2) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และ (3) ผู้เชี่ยวชาญทางการวัดและประเมินผล ที่นอกจากจะมีคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลแล้ว ยังต้องมีคุณวุฒิด้านคณิตศาสตร์ด้วย จำนวน 1 คน รวมทั้งหมด 3 คน ทำการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ พร้อมทั้งทำแบบประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบ โดยผู้วิจัยส่งเอกสารแบบประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบ ดังกล่าว พร้อมกับข้อสอบที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญผ่านช่องทางอิเล็กทรอนิกส์และทางไปรษณีย์ ซึ่งรายการประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบ มีประเด็นพิจารณาทั้งสิ้น 4 ประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของข้อสอบต้นแบบกับเนื้อหาของข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นวัดเนื้อหาเดียวกันหรือไม่

ประเด็นที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่นำมาสร้างข้อสอบต้นแบบกับข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสร้างจากวัตถุประสงค์การเรียนรู้เดียวกันหรือไม่

ประเด็นที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นำมาสร้างข้อสอบต้นแบบกับข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสร้างจากระดับพฤติกรรมการเรียนรู้เดียวกันหรือไม่

ประเด็นที่ 4 ความสอดคล้องระหว่างความยากของข้อสอบต้นแบบกับความยากของข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการประเมินว่าข้อสอบต้นแบบกับข้อสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีความยากเท่าเทียมหรือใกล้เคียงกันหรือไม่

4) วิเคราะห์ผลการประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งข้อสอบที่มีความเป็นคู่ขนานกัน ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องของทุกรายการประเมิน เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

5) สรุปผลการประเมินความเป็นคู่ขนานของข้อสอบ

3. ตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยการทดลองสอบ

การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยการทดลองสอบ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) นำแบบทดสอบต้นแบบ (แบบทดสอบฉบับ A) จำนวน 1 ฉบับ และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น (แบบทดสอบฉบับ B) จำนวน 1 ฉบับ ให้นักศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชที่ลงทะเบียนชุดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 30 คน ทำการทดสอบ โดยให้เวลาทดสอบฉบับละ 2 ชั่วโมง พัก 2 ชั่วโมง ก่อนทำแบบทดสอบฉบับถัดไป ซึ่งการทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบในรูปแบบออนไลน์ที่ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดสอบเองไม่เกี่ยวข้องกับการจัดสอบที่มหาวิทยาลัยฯ ดำเนินการ โดยจะจัดสอบในช่วงเวลา 1 เดือนก่อนมหาวิทยาลัยฯ จัดสอบปลายภาค กำหนดการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 กำหนดการทดสอบ

เวลา	การจัดการทดสอบ	
09.00 – 11.00 น.	นักศึกษาคนที่ 1-15 ทำแบบทดสอบฉบับ A	นักศึกษาคนที่ 16-30 ทำแบบทดสอบฉบับ B
11.00 – 13.00 น.	พัก	
13.00 – 15.00 น.	นักศึกษาคนที่ 1-15 ทำแบบทดสอบฉบับ B	นักศึกษาคนที่ 16-30 ทำแบบทดสอบฉบับ A

2) ตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ผลจากการทำแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ของนักศึกษา มาดำเนินการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับดังกล่าว ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

(1) ความแตกต่างของค่าความยากรายข้อและค่าความยากเฉลี่ยรายฉบับ

ดำเนินการโดยนำค่าความยากของแบบทดสอบฉบับ A และค่าความยากของแบบทดสอบฉบับ B มาทดสอบความแตกต่าง โดยการเปรียบเทียบค่าความยากดังกล่าวเป็นรายข้อทุกข้อ รวมทั้งเปรียบเทียบค่าความยากเฉลี่ยทั้งฉบับ ด้วยสถิติ Dependent t-test

(2) ความแตกต่างของค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยรายฉบับ

ดำเนินการโดยนำค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบฉบับ A และค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบฉบับ B มาทดสอบความแตกต่าง โดยการเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยดังกล่าวด้วยสถิติ Dependent t-test

(3) ความแตกต่างของค่าความแปรปรวนรายข้อและรายฉบับ

ดำเนินการโดยนำค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบฉบับ A และค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบฉบับ B มาทดสอบความแตกต่าง โดยการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนดังกล่าวเป็นรายข้อทุกข้อ รวมทั้งเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนทั้งฉบับ ด้วยสถิติ F-test

(4) ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบ

ดำเนินการโดยนำค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบฉบับ A และค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบฉบับ B มาทดสอบความแตกต่าง โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบดังกล่าว ด้วยสถิติ Dependent t-test

(5) ค่าความเชื่อมั่นแบบสมมูล (Equivalent Reliability) ของแบบทดสอบ

ดำเนินการโดยนำคะแนนแบบทดสอบฉบับ A และคะแนนแบบทดสอบฉบับ B มาหาความสัมพันธ์กัน ด้วยสถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation) แล้วพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบ

(6) ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ

คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson 20 (KR_{20}) แล้วนำมาพิจารณาว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่

(7) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (Standard error of measurement) ของแบบทดสอบ

คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ โดยใช้สูตรคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดที่แสดงไว้ในบทที่ 2 แล้วนำมาพิจารณาว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่

3) สรุปผลการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบต้นแบบกับแบบทดสอบที่สร้างจากระบบคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น