

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาผลของผังกราฟิกที่มีต่อการเรียนรู้เนื้อหาวิชาสังคัมศึกษาและความคงทนในการเรียนรู้วิชาสังคัมศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ รวมทั้งสามารถดำเนินการได้ด้วยความสะดวก ประหยัดและมีคุณภาพสูงสุด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีการทดลองดังรายละเอียดที่จะนำเสนอตามลำดับคือ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบบแผนการวิจัย แบบแผนทางสถิติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การดำเนินการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 ของโรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง ประชากรกลุ่มเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 ของโรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพัทลุง เขต 1 จำนวน 450 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เลือกมาจากประชากรกลุ่มจำนวน 180 คน ซึ่งมีวิธีดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. สุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรสุ่ม (Random Selection) โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก โดยดำเนินการดังนี้

1.1 นำคะแนนจากการสอบวัดผลวิชาสังคัมศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 มัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนทั้ง 450 คน มาจัดเรียงคะแนนที่ได้จากมากไปหาน้อย

1.2 แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาสูงและกลุ่มที่มีระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาดำ โดยกำหนดนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดมา ร้อยละ 20 เป็นกลุ่มที่มีระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาสูง และนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดขึ้นไป ร้อยละ 20 เป็นกลุ่มที่มีระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาดำ

1.3 สํารวจนักเรียนในข้อ 1.2 แล้วทำบัญชีรายชื่อนักเรียนของแต่ละระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาได้นักเรียนที่มีระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาสูง 90 คน และนักเรียนที่มีระดับคะแนนทางวิชาสังคัมศึกษาดำ 90 คน รวม 180 คน

1.4 สุ่มนักเรียนแต่ละระดับคะแนนทางวิชาสังคมศึกษาจากข้อ 1.3 โดยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักเรียนที่ได้รับการสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม

ระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	จำนวนนักเรียน
ระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง	80
ระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ	80
รวม	160

2. สุ่มเข้ากลุ่มทดลอง (Random Assignment) โดยสุ่มแยกนักเรียนจากแต่ละระดับคะแนนทางวิชาสังคมศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน เพื่อเข้ารับเงื่อนไขการทดลอง 2 เงื่อนไขโดยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลากแบบไม่ใส่กลับ ครั้งละ 1 ฉลาก ใส่กองที่ 1 และกองที่ 2 แล้วจดชื่อ นามสกุล แยกตามเงื่อนไขการทดลองของทั้งสองระดับคะแนนทางวิชาสังคมศึกษาโดยกำหนดหมายเลขให้กับเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

หมายเลข 1 การสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม

หมายเลข 2 การสอนแบบปกติ

แบบแผนการวิจัย

1. แบบแผนการทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบสองตัวประกอบที่มีการทดสอบครั้งเดียวหลังการทดลอง (Posttest-Only Experiment in Factorial Design) ซึ่งมีลักษณะดังภาพประกอบ 6

กลุ่ม	การสุ่ม	Treatment	การทดสอบหลังการทดลอง
E ₁	R	X ₁ Y ₁	O ₁
E ₂	R	X ₁ Y ₂	O ₂
E ₃	R	X ₂ Y ₁	O ₃
E ₄	R	X ₂ Y ₂	O ₄

ภาพประกอบ 6 แบบแผนการวิจัยแบบสองตัวประกอบที่มีการทดสอบครั้งเดียวหลังการทดลองดัดแปลงจาก ทักแมน (Tuckman, 1978 : 135)

เมื่อ	R	แทน	การกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่ม
	$E_1 - E_4$	แทน	กลุ่มทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด
	X	แทน	การสอนแปรค่าเป็น 2 แบบ คือ
	X_1	แทน	การสอนผังกราฟิกแบบไขแมงมุม
	X_2	แทน	การสอนแบบปกติ
	Y	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แปรค่าเป็น 2 ระดับ คือ
	Y_1	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
	Y_2	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
	O	แทน	ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง
	O_1	แทน	ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนผังกราฟิกแบบไขแมงมุมและมีระดับคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
	O_2	แทน	ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนผังกราฟิกแบบไขแมงมุมและมีระดับคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
	O_3	แทน	ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนแบบปกติและมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนสูง
	O_4	แทน	ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนแบบปกติและมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนต่ำ

2. แบบแผนการวิจัยแบบอนุกรมเวลา (Time – Series Design) ใช้ในการทดลองสำหรับวัดความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงจาก (Christensen, 1988 : 273) ดังภาพประกอบ 7

$X_1 Y_1$	O_1	O_{11}
$X_1 Y_2$	O_2	O_{21}
$X_2 Y_1$	O_3	O_{31}
$X_2 Y_2$	O_4	O_{41}

เมื่อ	X_1	แทน การสอน โดยใช้ผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม
	X_2	แทน การสอนแบบปกติ
	Y_1	แทน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
	Y_2	แทน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
	O_1	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม และมีระดับคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
	O_2	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม และมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
	O_3	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนแบบปกติและมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
	O_4	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนแบบปกติและมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
	O_{11}	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม และมีระดับคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง หลังเรียนจบไปแล้ว 2 สัปดาห์
	O_{21}	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม และมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ หลังเรียนจบไปแล้ว 2 สัปดาห์
	O_{31}	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนแบบปกติและมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง หลังเรียนจบไปแล้ว 2 สัปดาห์
	O_{41}	แทน ผลการเรียนรู้เนื้อหาหลังการทดลอง โดยการสอนแบบปกติและมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ หลังเรียนจบไปแล้ว 2 สัปดาห์

แบบแผนทางสถิติ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบแผนทางสถิติแบบแฟกทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ 2×2 (การสอน \times ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) Completely Randomized Factorial Design โมเดลกำหนด (Fixed Model) (Kirk, 1982 :293-297) ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การสอน (A) มี 2 วิธี คือ
 - 1.1 การสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม (a_1)
 - 1.2 การสอนแบบปกติ (a_2)
2. ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (B) แปรค่าออกเป็น 2 ระดับ คือ
 - 2.1 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง (b_1)
 - 2.2 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (b_2)
3. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ การเรียนรู้เนื้อหาวิชาสังคมศึกษาและความคงทนในการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนกิจกรรมเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการสร้างผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม จำนวน 3 แผน การสอน
2. แผนการสอนสำหรับการสอนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม ตามรายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 แผนการสอน
3. แผนการสอนสำหรับการสอนแบบปกติ ตามรายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 แผนการสอน
4. แบบทดสอบวัดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาสังคมศึกษาและความคงทนในการเรียนรู้วิชาสังคมศึกษาที่ครอบคลุมบทเรียน เรื่อง ท้องถิ่นของเรา จำนวน 40 ข้อ
5. คู่มือครูในการใช้ผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม
6. คู่มือนักเรียนในการใช้ผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม
7. แผ่นเฉลย
8. กระดาษคำตอบ

9. นาฬิกาจับเวลา

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนกิจกรรมเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการสร้างผังกราฟิกแบบโยแมงมุม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง ดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสาร หนังสือ คู่มือและงานวิจัยที่เกี่ยวกับผังกราฟิกแบบโยแมงมุม

1.2 สร้างแผนกิจกรรมสำหรับการฝึกทำผังกราฟิกแบบโยแมงมุม จำนวน 3 แผน ซึ่งแต่ละแผนกิจกรรม มีเนื้อหา ดังนี้

1.2.1 แผนกิจกรรมที่ 1 เนื้อหาที่ใช้ ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานของการทำผังกราฟิกแบบโยแมงมุม

1.2.2 แผนกิจกรรมที่ 2 เนื้อหาที่ใช้ ประกอบด้วย โรคที่เกิดในมนุษย์

1.2.3 แผนกิจกรรมที่ 3 เนื้อหาที่ใช้ ประกอบด้วย ลักษณะสำคัญของโรค

1.3 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติแผนการสอนสำหรับการทำผังกราฟิกแบบโยแมงมุม จะใช้ช่วงเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการดำเนินการทดลอง โดยจัดกิจกรรมเตรียมความพร้อมและการสอนผังกราฟิกแบบโยแมงมุม จำนวน 3 แผน แผนละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที

1.4 ผู้วิจัยนำแผนกิจกรรมที่สร้างเสร็จแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แผนการสอนโดยใช้ผังกราฟิกแบบโยแมงมุม

เป็นแผนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับ การสอน โดยการใช้ผังกราฟิกแบบโยแมงมุม ตามรายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 แผน คือ

แผนการสอนที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของจังหวัดพัทลุง

แผนการสอนที่ 2 เรื่อง สภาพทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดพัทลุง

แผนการสอนที่ 3 เรื่อง ลักษณะประชากรและการประกอบอาชีพ

แผนการสอนที่ 4 เรื่อง โบราณสถาน โบราณวัตถุและสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง

แผนการสอนที่ 5 เรื่อง สังคมและวัฒนธรรมของจังหวัดพัทลุง

โดยในแต่ละแผนการสอนจะประกอบไปด้วย สารสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระสำคัญ

กิจกรรมการเรียนการสอน สื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน การประเมินผลและการวัดผลการเรียนการ

สอน และบันทึกผลหลังการสอน โดยแต่ละแผนใช้เวลาการสอนแผนละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที แผนการสอนโดยใช้การผังกราฟิกแบบโยแมงมุมสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาและทำการวิเคราะห์หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ตามหนังสือสังคมนตรีศึกษา รายวิชา 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง
2. ศึกษาและวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนการสอน และความคิดรวบยอดจากเนื้อหา ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง
3. สร้างแผนการสอนโดยใช้ผังกราฟิกแบบโยแมงมุม เนื้อหาวิชาสังคมนตรีศึกษา รายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 5 แผน โดยแต่ละแผนใช้เวลาการสอนแผนละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที โดยทุกแผนการสอนจะประกอบไปด้วยสาระสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน การประเมินผลและการวัดผลการเรียนการสอน
4. นำแผนการสอนที่สร้างขึ้นเสร็จแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและความสอดคล้องของเนื้อหา วัตถุประสงค์ กิจกรรม เวลา การวัดและประเมินผลแล้ว ผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไข
5. นำแผนการสอนที่ปรับปรุงแล้วทั้ง 5 แผน ไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสตรีพัทลุง จังหวัดพัทลุง จำนวน 74 คนที่ไม่ใช่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรม และเวลา
6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองสอน มาปรับปรุงให้สมบูรณ์แล้วพิมพ์เป็นฉบับจริง เพื่อนำไปทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3. การสร้างแผนการสอนแบบปกติ

เป็นแผนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับ การสอน โดยการสอนแบบปกติตามหนังสือสังคมนตรีศึกษารายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 แผนการสอน คือ

- แผนการสอนที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของจังหวัดพัทลุง
- แผนการสอนที่ 2 เรื่อง สภาพทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดพัทลุง
- แผนการสอนที่ 3 เรื่อง ลักษณะประชากรและการประกอบอาชีพ
- แผนการสอนที่ 4 เรื่อง โบราณสถาน โบราณวัตถุ และสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง
- แผนการสอนที่ 5 เรื่อง สังคมและวัฒนธรรมของจังหวัดพัทลุง

โดยแต่ละแผนการสอนจะประกอบไปด้วยสาระสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระสำคัญ กิจกรรม การเรียนการสอน สื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน การประเมินผลและการวัดผลการเรียนการสอน และบันทึกผลหลังการสอน โดยแต่ละแผนใช้เวลาการสอนแผนละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที แผนการสอนแบบปกติสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ตามหนังสือสังคัมศึกษา รายวิชา 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง

2. ศึกษาและวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียน การสอน และความคิดรวบยอดจากเนื้อหา ท้องถิ่นของเรา 1

3. สร้างแผนการสอนตามรายคาบของ เนื้อหาวิชาสังคัมศึกษา เรื่อง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ท้องถิ่นของเรา 1 จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 แผนการสอน โดยแต่ละแผนใช้เวลาการสอนแผน ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที โดยทุกแผนการสอนจะประกอบไปด้วยสาระสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่ออุปกรณ์การเรียนการสอน การประเมินผลและ การวัดผลการเรียนการสอน และบันทึกผลหลังการสอน

4. นำแผนการสอนที่สร้างขึ้นเสร็จแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมและความสอดคล้องของเนื้อหา วัตถุประสงค์ กิจกรรม เวลา การวัดและประเมินผลแล้ว ผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแผนการสอนมาปรับปรุงให้สมบูรณ์แล้วพิมพ์เป็นฉบับจริง เพื่อนำไปทดลองกับ นักเรียนที่เป็นกลุ่มควบคุม

4. การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เนื้อหาวิชาสังคัมศึกษาและความคงทนในการเรียนรู้วิชา สังคัมศึกษา

แบบวัดการเรียนรู้เนื้อหาและความคงทนในการเรียนรู้วิชาสังคัมศึกษาตามรายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 40 ข้อ ใช้ทดสอบหลังการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ สร้างขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างข้อสอบ ได้แก่ เทคนิคการเขียนข้อสอบของชวาล แพร์ดกุล (2520 : 11 - 406) เทคนิคการเขียนคำถามเลือกตอบ ของชวาล แพร์ดกุล (2521 : 53 - 386)

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสังคัมศึกษา รายวิชา ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัด พัทลุง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งในส่วนของจุดประสงค์และรายละเอียดของเนื้อหา

3. สร้างแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของแผนการสอน จำนวน 60 ข้อ
4. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ทางการวัดผลประเมินผลและการสอนวิชา สังคมศึกษา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบการใช้คำถาม ตัวเลือกและประเมินความสอดคล้องระหว่าง ข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
5. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในเขตการศึกษา 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน
6. นำกระดาษคำตอบตรวจให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบแต่ละข้อ
7. คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 40 ข้อ
8. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้แล้วจำนวน 40 ข้อ ไปทดลองกับนักเรียนในกลุ่มทดลอง นำร่อง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR - 20 ของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) และหาค่าความเชื่อมั่น ซึ่ง ต้องไม่ต่ำกว่า .60 (Ebel and Frisbie, 1986 : 83)

การทดลองนำร่อง

ผู้วิจัยทำการทดลองนำร่อง โดยใช้แผนการสอนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้แผนการสอน ผังกราฟีก่อนการทำการทดลองจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาของกระบวนการทดลองที่อาจเกิดขึ้น เป็นการทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย เช่น แผนการสอนโดยใช้แผนผังกราฟิก แบบไขแมงมุม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตลอดจนฝึกความชำนาญของผู้วิจัย ความเหมาะสมของเวลา โดยดำเนินการทดลองนำร่องดังนี้

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จากโรงเรียนสตรี พัทลุง จังหวัดพัทลุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพัทลุง เขต 1
2. ดำเนินการทดลองเหมือนจริง เพื่อหาข้อบกพร่อง ความเหมาะสมของเนื้อหา
3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองสอน มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์แล้วพิมพ์เป็นฉบับจริง เพื่อนำไปทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.1.1 แผนกิจกรรมเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการสร้างผังกราฟิก

แบบไขว้แมงมุม จำนวน 3 แผน

1.1.2 แผนการสอนสำหรับการสอนผังกราฟิกแบบไขว้แมงมุม ตามรายวิชา ส 071

ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 5 แผนการสอน

1.1.3 แผนการสอนสำหรับการสอนแบบปกติ ตามรายวิชา ส 071

ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่องจังหวัดพัทลุงจำนวน 5 แผนการสอน

1.1.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครอบคลุมบทเรียน ตามรายวิชา

ส 071 ท้องถิ่นของเรา 1 เรื่อง จังหวัดพัทลุง จำนวน 40 ข้อ

1.1.5 แผ่นเฉลย

1.1.6 กระดาษคำตอบ

1.1.7 นาฬิกาจับเวลา

1.2 เตรียมนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่จะเข้ารับการทดลองของแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.3 เตรียมห้องทดลอง สภาพห้องเรียนที่ใช้ในการดำเนินการทดลองไม่มีเสียงรบกวนมี
แสงสว่างเพียงพอ และอากาศถ่ายเทได้สะดวก จำนวน 2 ห้องเรียน

1.4 เตรียมจัดตารางเวลาในการทดลอง เนื่องจากผู้วิจัยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้น
เพื่อขจัดความลำเอียงในเรื่องของเวลาและลำดับการทดลองโดยใช้วิธีถ่วงสมดุลระหว่างกลุ่ม
ทดลอง (Intragroup Counterbalancing) (ดัดแปลงมาจาก Christensen, 1985 : 136) ในการจัดลำดับ
การทดลองแต่ละกลุ่มดังตาราง 2

ตาราง 2 เวลาดำเนินการทดลองของแต่ละกลุ่มทดลอง

วันที่	การทดลอง	กลุ่มตัวอย่าง	เวลา
1	แผนที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของจังหวัดพัทลุง	A	08.30-09.30
	แผนที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของจังหวัดพัทลุง	B	10.30-11.30
2	แผนที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของจังหวัดพัทลุง	C	08.30-09.30
	แผนที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของจังหวัดพัทลุง	D	10.30-11.30
3	แผนที่ 2 เรื่อง สภาพทางภูมิศาสตร์	B	08.30-09.30
	แผนที่ 2 เรื่อง สภาพทางภูมิศาสตร์	C	10.30-11.30
4	แผนที่ 2 เรื่อง สภาพทางภูมิศาสตร์	D	08.30-09.30
	แผนที่ 2 เรื่อง สภาพทางภูมิศาสตร์	A	10.30-11.30
5	แผนที่ 3 เรื่อง ประชากรและการประกอบอาชีพ	C	08.30-09.30
	แผนที่ 3 เรื่อง ประชากรและการประกอบอาชีพ	D	10.30-11.30
6	แผนที่ 3 เรื่อง ประชากรและการประกอบอาชีพ	A	08.30-09.30
	แผนที่ 3 เรื่อง ประชากรและการประกอบอาชีพ	B	10.30-11.30
7	แผนที่ 4 เรื่อง โบราณสถานและโบราณวัตถุ	D	08.30-09.30
	แผนที่ 4 เรื่อง โบราณสถานและโบราณวัตถุ	A	10.30-11.30
8	แผนที่ 4 เรื่อง โบราณสถานและโบราณวัตถุ	B	08.30-09.30
	แผนที่ 4 เรื่อง โบราณสถานและโบราณวัตถุ	C	10.30-11.30
9	แผนที่ 5 เรื่อง สถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง	A	08.30-09.30
	แผนที่ 5 เรื่อง สถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง	B	10.30-11.30
10	แผนที่ 5 เรื่อง สถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง	C	08.30-09.30
	แผนที่ 5 เรื่อง สถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดพัทลุง	D	10.30-11.30
11	แผนที่ 6 เรื่อง สังคมและวัฒนธรรมพัทลุง	B	08.30-09.30
	แผนที่ 6 เรื่อง สังคมและวัฒนธรรมพัทลุง	C	10.30-11.30
12	แผนที่ 6 เรื่อง สังคมและวัฒนธรรมพัทลุง	D	08.30-09.30
	แผนที่ 6 เรื่อง สังคมและวัฒนธรรมพัทลุง	A	10.30-11.30
13	ทดสอบหลังการทดลองพร้อมกันทุกกลุ่ม 09.00 – 10.00 น.		

เมื่อ กลุ่มตัวอย่าง A สอน โดยผังกราฟิกแบบไฮแมงมุมที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
 กลุ่มตัวอย่าง B สอน โดยผังกราฟิกแบบไฮแมงมุมที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
 กลุ่มตัวอย่าง C สอนแบบปกติที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง
 กลุ่มตัวอย่าง D สอนแบบปกติที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

2. ขั้นเตรียมการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยตนเอง โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและต่ำ ที่สอน โดยใช้ผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม จะมีการเตรียมความพร้อม โดยการใช้กิจกรรมการสร้างแผนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุม จำนวน 3 แผน แผนละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการฝึกความพร้อมในการสร้างแผนผังกราฟิก จำนวน 9 คาบ

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้การสร้างแผนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุมแล้ว ผู้วิจัยทำการสอน โดยใช้แผนผังกราฟิกแบบไฮแมงมุมกับกลุ่มทดลอง และการสอนแบบปกติกับกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 5 แผน แผนละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการทดลอง 15 คาบ เมื่อสิ้นสุดการทดลองผู้วิจัยทำการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง 1 ชั่วโมง ก่อนดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้แนะนำตัวเองและพูดคุยกับนักเรียนเพื่อสร้างความคุ้นเคย ชี้แจงทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับการทดลอง และเมื่อเสร็จสิ้นการสอนแต่ละแผน ผู้วิจัยแสดงความขอบคุณในการให้ความร่วมมือของนักเรียน นัดแนะเวลาขอความร่วมมือในการทดลองครั้งต่อไป

3. ขั้นทดสอบหลังการทดลอง

ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังจากผู้ทดลองได้รับเงื่อนไขการทดลองสิ้นสุดลง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยแจกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมกระดาษคำตอบให้แก่ นักเรียนทุกคน
2. ให้นักเรียนลงมือทำแบบทดสอบจนหมดเวลา และทำให้ดีที่สุด ซึ่งผลการทดลองนี้จะไม่มีผลต่อตัวนักเรียนทั้งสิ้น
3. เมื่อหมดเวลา ผู้วิจัยจะเก็บกระดาษคำตอบ โดยแยกไว้เป็นชุด ๆ ตามกลุ่มการทดลอง ผู้วิจัยกล่าวแสดงความขอบใจนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543 : 249)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 การหาค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตร ดังนี้ (Nitko, 1983 : 288-292)

$$P = \frac{N_U + N_L}{T_U + T_L}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ
	N_U	แทน	จำนวนของคนตอบถูกในกลุ่มที่ได้คะแนนสูง
	N_L	แทน	จำนวนของคนตอบถูกในกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ
	T_U	แทน	จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มที่ได้คะแนนสูง
	T_L	แทน	จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ

1.3 การค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตรดังนี้ (Nitko, 1983 : 288-292)

$$D = P_U - P_L$$

เมื่อ	D	แทน	อำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ
	P_U	แทน	สัดส่วนระหว่างจำนวนคนในกลุ่มที่ตอบถูกกับจำนวนคนในกลุ่มสูงทั้งหมด
	P_L	แทน	สัดส่วนระหว่างจำนวนคนในกลุ่มที่ต่ำที่ตอบถูกกับจำนวนคนในกลุ่มต่ำทั้งหมด

1.4 การหาค่าความตรง โดยใช้สูตร K-20 ของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) (Ebel and Frisbie, 1986 : 77)

$$r_{11} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	r_{11}	แทน	ค่าความตรงของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

2.1 การหาค่ามัธยฐานเลขคณิต (Arithmetic Mean) ของคะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ใช้สูตรดังนี้ (Hinkle ; Wiersma and Jurs, 1982 : 67)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่ามัธยฐานเลขคณิต
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกจำนวน
	N	แทน	จำนวนข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของคะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ใช้สูตรดังนี้ (Hinkle ; Wiersman and Jurs, 1982 : 63)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

เมื่อ	SD	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน	คะแนนทุกจำนวน
	\bar{x}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.3 หาค่าความแปรปรวน (Variance) ของคะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มใช้สูตร ดังนี้ (Hinkle ; Wiersman and Jurs, 1982 : 61)

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{X})^2}{N-1}$$

เมื่อ	S^2	แทน	ค่าความแปรปรวน
	X	แทน	คะแนนทุกจำนวน
	\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.4 ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Test of Homogeneity of Variance) ของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้วิธีการทดสอบของ ฮาร์ทเลย์ (Hartley's Test) ใช้สูตรดังนี้ (Kirk, 1982 : 78)

$$F_{\max} = \frac{S_j^2 \text{largest}}{S_j^2 \text{smallest}}$$

เมื่อ	F_{\max}	แทน	ค่าความเป็นเอกพันธ์ของวิธีการทดสอบของ ฮาร์ทเลย์
	$S_j^2 \text{largest}$	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มการทดลองที่มีค่าสูงสุด
	$S_j^2 \text{smallest}$	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มการทดลองที่มีค่าต่ำสุด

2.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบแฟคทอเรียลสุ่มสมบูรณ์ โมเดลกำหนด 2×2 (Completely Randomized Factorial Design) ใช้สูตรของเคิร์ก (Kirk, 1982 : 355)

สูตรคำนวณ

$$\begin{aligned} SS_{TO} &= [\Delta BS] - [Y] \\ SS_A &= [A] - [Y] \\ SS_B &= [B] - [Y] \end{aligned}$$

$$SS_{AB} = [AB] - [A] - [B] + [Y]$$

$$SS_{WCELL} = [ABS] - [AB]$$

สัญลักษณ์ในการคำนวณ

$$[ABS] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q Y_{ijk}^2$$

$$[Y] = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q Y_{ijk} \right)^2}{npq}$$

$$[A] = \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^q Y_{ijk} \right)^2}{nq}$$

$$[B] = \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p Y_{ijk} \right)^2}{np}$$

$$[AB] = \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{ijk} \right)^2}{n}$$

เมื่อ	Y_{ijk}	แทน	คะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการทดลองแต่ละคน
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการทดลองแต่ละกลุ่ม
	p	แทน	ระดับของตัวแปร A (กลวิธีการเรียน)
	q	แทน	ระดับของตัวแปร B (ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q Y_{ijk}^2 \quad \text{แทน} \quad \text{ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวนยกกำลังสอง}$$

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q Y_{ijk} \right)^2 \quad \text{แทน} \quad \text{ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง}$$

$$\sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^q Y_{ijk} \right)^2}{np}$$

แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนรวมแต่ละ
ระดับของตัวแปร A

$$\sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p Y_{ijk} \right)^2}{np}$$

แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนรวมแต่ละ
ระดับของตัวแปร B

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{ijk} \right)^2}{n}$$

แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคะแนนยกกำลังสอง
ของคะแนนในแต่ละเซลล์ AB

ตาราง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบเฟคทอเรียลคู่สมบูรณ์โมเดลกำหนด 2 x 2

Source	SS	df	MS	F
A	SSA	p - 1	SSA / p - 1	MSA / MSWCELL
B	SSB	q - 1	SSB / q - 1	MSB / MSWCELL
AB	SSAB	(p - 1)(q - 1)	SSAB / (p - 1)(q - 1)	MSAB / MSWCELL
Within cell	SSWCELL	pq(n - 1)	SSWCELL / pq(n - 1)	
Total	SSTO	npq - 1		

2.6 ทดสอบผลการทดสอบรอง (Simple Main Effects Test) หลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว ถ้าพบว่ามีกริยาร่วมระหว่างตัวแปรทั้งสอง (วิธีการเรียน x ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบผลการทดสอบรอง เพื่อที่จะทดสอบดูว่าแต่ละระดับของตัวแปรมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (Kirk, 1995 : 378 – 380)

$$\text{SSA at } b_1 = \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{ij1}\right)^2}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p Y_{ij1}\right)^2}{np}$$

$$\text{SSA at } b_2 = \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{ij2}\right)^2}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p Y_{ij2}\right)^2}{np}$$

$$\text{SSB at } a_1 = \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{i1k}\right)^2}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^q Y_{i1k}\right)^2}{nq}$$

$$\text{SSB at } a_2 = \sum_{k=1}^q \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{i2k}\right)^2}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^q Y_{i2k}\right)^2}{nq}$$

เมื่อ	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการทดลองในแต่ละกลุ่ม
	p	แทน	ระดับของตัวแปร A (การสอน)
	q	แทน	ระดับของตัวแปร B (ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

ตาราง 4 การวิเคราะห์การทดสอบผลการทดสอบรอง

Source	SS	df	MS	F
A	SSA	$p - 1$	$SSA / p - 1$	MSA / MSWCELL
B	SSB	$q - 1$	$SSB / q - 1$	MSB / MSWCELL
AB	SSAB	$(p - 1)(q - 1)$	$SSAB / (p - 1)(q - 1)$	MSAB / MSWCELL
A at b_1	SSA at b_1	$p - 1$	$SSA \text{ at } b_1 / p - 1$	MSA at b_1 / MSWCELL
A at b_2	SSA at b_2	$p - 1$	$SSA \text{ at } b_2 / p - 1$	MSA at b_2 / MSWCELL
B at a_1	SSB at a_1	$q - 1$	$SSB \text{ at } a_1 / q - 1$	MSB at a_1 / MSWCELL
B at a_2	SSB at a_2	$q - 1$	$SSB \text{ at } a_2 / q - 1$	MSB at a_2 / MSWCELL
Within cell	SSWCELL	$pq(n - 1)$	$SSWCELL / pq(n - 1)$	
Total	SSTO	$npq - 1$		