

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

การพัฒนาระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)

ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Development)

ขั้นที่ 4 การทดลองใช้ (Implementation)

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)

การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นกระบวนการแรกสุดที่ผู้วิจัยใช้ในการพัฒนาระบบการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ วิเคราะห์ถึงเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบการสอนที่สามารถ พัฒนาให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาได้เกิดความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาจาก 3 แหล่งที่มาสำคัญ ได้แก่ เอกสาร และ วรรณกรรมทางวิชาการ สภาพจริงของการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเขียน โปรแกรม คอมพิวเตอร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณสมบัติผู้เรียน สภาพการเรียนการสอน และ แนวทางการสอนเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผู้ทรงคุณวุฒิ วิธีการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 เรียงตามลำดับ ดังนี้

1. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า เอกสาร และวรรณกรรมทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียน การสอนที่สามารถพัฒนาทักษะความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษา และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า เอกสาร และวรรณกรรมในหัวข้อ 1) ทักษะพื้นฐานของ โปรแกรมเมอร์ 2) คุณลักษณะของครูสอน คอมพิวเตอร์ 3) คอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน และจุดประสงค์การเขียน โปรแกรม 4) แนวคิด เกี่ยวกับการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการปฏิบัติ 5) แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน ปัญญาเลิศ 6) แนวคิดเกี่ยวกับระบบและวิธีการเชิงระบบ และ 7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียน การสอนวิชาคอมพิวเตอร์ และการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. ดำเนินการศึกษาถึงสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษากับโรงเรียนกรณีศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาการเขียนโปรแกรม จำนวน 3 แห่ง โดยใช้วิธีการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม (Non Participation Observation) และการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Non Structural Interview) โดยผู้วิจัยได้ขออนุญาตผู้บริหารของโรงเรียนดังกล่าวอย่างเป็นทางการเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อเข้าไปทำการสังเกตการณ์การสอนของครูผู้สอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรม ซึ่งระหว่างการสังเกตการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการจดบันทึกถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการจัดการเรียนการสอนทั้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับครูผู้สอน นักเรียน วัสดุอุปกรณ์การเรียนรู้ บรรยากาศในการเรียนรู้ ทักษะของผู้เรียนและผู้สอน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน และแนวทางในการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งได้ดำเนินการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการทั้งครูผู้สอน และผู้เรียนโดยมุ่งเน้นทำความเข้าใจถึงปัญหาและอุปสรรคในด้านต่างๆเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หลังจากที่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลที่ได้ทั้งจากการวิธีการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม (Non Participation Observation) และการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Non Structural Interview) แล้วทำการวิเคราะห์ถึงสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นจริงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)

3. นำองค์ความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 – 2 ข้างต้น มาวิเคราะห์ในเชิงบูรณาการร่วมกันเพื่อเป็นการทำความเข้าใจถึงคุณสมบัติในการเรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนทั้งในด้านบุคลิกภาพ ด้านความรู้ความสามารถทางวิชาการ และด้านการจัดการเรียนการสอนแล้วดำเนินการสร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) ความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณสมบัติผู้เรียน สภาพการเรียนการสอน และแนวทางการสอนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อสอบถามความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วย กลุ่มครูคอมพิวเตอร์ที่สอนในระดับมัธยมศึกษา อาจารย์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัย และ โปรแกรมเมอร์ 1) กลุ่มครูแกนนำคอมพิวเตอร์ของ สสวท. จำนวน 10 คน 2) กลุ่มอาจารย์ที่สอนวิชาเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน และ 3) กลุ่มโปรแกรมเมอร์ที่มีประสบการณ์ทำงานในบริษัทชั้นนำ จำนวน 3 คน

หลังจากนั้นนำข้อมูลจากแบบสอบถามมาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ การหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เพื่อพรรณนาถึงลักษณะของคุณสมบัติของผู้เรียนที่เหมาะสมในการเรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)

เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการต่อเนื่องจากขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) โดยการนำข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้มาดำเนินการกำหนดขอบเขต และกรอบของระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความสอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากที่ได้ขอบเขต และกรอบที่ชัดเจนแล้วจึงดำเนินการยกร่าง และออกแบบระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยผู้วิจัยเอง แล้วจึงนำระบบการสอนฉบับยกร่างดังกล่าวไปดำเนินการตรวจสอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อดำเนินการปรับปรุง แก้ไขระบบการสอนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด วิธีการศึกษาในขั้นตอนที่ 2 เรียงตามลำดับ ดังนี้

1. กำหนดขอบเขต และกรอบของระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยวิเคราะห์จากองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในขั้นการวิเคราะห์
2. ดำเนินการยกร่างระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ส่วนที่ 1 ระบบคัดกรองผู้เรียน และส่วนที่ 2 ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้การยกร่างระบบดังกล่าว ผู้วิจัยยังไม่ได้กำหนดเนื้อหา และรายละเอียดชัดเจนเกี่ยวกับระบบมากนัก เป็นเพียงแต่ยกร่างให้เห็นถึงหัวข้อสำคัญ ๆ ที่จำเป็นจะต้องมีในระบบการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวเท่านั้น
3. นำร่างระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้พัฒนาขึ้น มาดำเนินการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และข้อคิดเห็นกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 4 คน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ สิมมาพัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทธิ์ชัย อ่อนมิ่ง และ ดร.ณอมศักดิ์ ศรีจันทร์หา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 4 คน ได้แก่ ดร.เรวัตร ใจสุทธิ อาจารย์จีระศักดิ์ สุวรรณโณ อาจารย์นิพนธ์ ศุภศรี และ อาจารย์จินดาพร หมวกหมื่น ไวย ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา จำนวน 4 คน ได้แก่ อาจารย์พันทวี บุญยหอม อาจารย์ณฤมล อมรินทร์รัตน์ อาจารย์ชลงศักดิ์ ฤกษ์วัลย์ และ อาจารย์บุญเลิศ ฉิมเพชร

ในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และข้อคิดเห็นดังกล่าว ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้เกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดของกิจกรรมการสอนในแต่ละองค์ประกอบย่อยของระบบการสอนที่มีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้นในบริบทของโรงเรียน และองค์ความรู้เกี่ยวกับแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นจากระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่น่าจะเกิดขึ้น

4. ดำเนินการออกแบบระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

5. ดำเนินการกำหนดถึงแนวทางในการวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และวัดความสามารถทางการเรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่เกิดขึ้นจากระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

6. นำระบบและแนวทางในการวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และความสามารถทางการเรียนเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากการเรียนรู้ด้วย ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ไปให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ได้ดำเนินการสนทนากลุ่ม (Focus group) ได้ประเมินค่าเพื่อให้คะแนนด้วยแบบประเมินระบบการสอนจากการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group)

ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Development)

การพัฒนาระบบการสอน (Development) เป็นการดำเนินการกำหนดรายละเอียดที่ชัดเจนเกี่ยวกับลักษณะของกิจกรรมที่จะต้องถูกระบุไว้ในระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พร้อมทั้งดำเนินการเพื่อตรวจสอบถึงข้อบกพร่อง และข้อจำกัดของระบบการศึกษาดังกล่าว ด้วยการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนขนาดเล็ก และขนาดกลาง และเป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นจากระบบการศึกษาดังกล่าว วิธีการศึกษาในขั้นตอนที่ 3 เรียงตามลำดับ ดังนี้

1. กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนที่อยู่ในระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างชัดเจน ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยย่อยต่าง ๆ ได้แก่ หน่วยสนับสนุน หน่วยประเมินศักยภาพ และจัดกลุ่ม หน่วยปรับพื้นฐาน หน่วยเรียนรู้เนื้อหาใหม่ และฝึกทักษะพื้นฐาน หน่วยฝึกประสบการณ์ และทักษะขั้นสูง และหน่วยวัด และประเมินผล ซึ่งแต่ละหน่วยจะทำงานสอดคล้องสัมพันธ์กัน

2. การสร้างชุดคู่มือการใช้ระบบการสอนให้มีความสะดวก และง่ายต่อผู้ใช้ ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนประกอบของระบบการสอน การทำงานของระบบการสอน หน้าที่ของผู้สอน และผู้เรียน

3. นำระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นบางส่วน ไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนขนาดเล็ก จำนวน 10 คน ที่ไม่ใช่ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคการศึกษา ที่ 1/ 2554 โรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาถึงปัญหา และอุปสรรค จุดเด่นและ จุดด้อยของระบบดังกล่าว แล้วนำมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. นำระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้ดำเนินการปรับแก้จากกลุ่มผู้เรียนขนาดเล็ก แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนขนาดใหญ่ จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2/ 2554 โรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาถึงปัญหาและอุปสรรค จุดเด่น และจุดด้อยของระบบดังกล่าว แล้วดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการสอนให้มีความมีประสิทธิภาพมากที่สุด

5. กำหนดกรอบที่ชัดเจนและดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จาก 1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับภาษาซี เบื้องต้น และองค์ประกอบโปรแกรมภาษาซี 2) แบบทดสอบแบบอัตนัยเกี่ยวกับความเข้าใจ เรื่อง ภาษาซีเบื้องต้น และ 3) การฝึกปฏิบัติการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือวัด ความสามารถทางการเรียนเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความสามารถด้านภาษาแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 2) แบบทดสอบความสามารถ ด้านภาษาแบบอัตนัย 3) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 4) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบอัตนัย 5) แบบทดสอบความถนัดด้านการแก้ปัญหา แบบอัตนัย 6) แบบทดสอบเขาวงกตแบบอัตนัย 7) แบบทดสอบด้านการวางแผน และขั้นตอน ลำดับงานแบบอัตนัย และ 8) แบบทดสอบความสามารถด้านการพิมพ์สัมผัสภาคปฏิบัติ วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีรายละเอียดดังนี้

5.1 ดำเนินการศึกษาเอกสาร และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในประเด็นต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้อย่างละเอียด ประกอบกับศึกษางานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน หรือดำเนินการวัดในตัวแปรลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อตรวจสอบลักษณะของเนื้อหาที่ดำเนินการวัด และลักษณะการวัดว่าทำการวัดในลักษณะอย่างไร เพื่อที่จะกำหนดการวัดในการวิจัยครั้งนี้

5.2 กำหนดนิยาม (Define) ของตัวแปรที่จะทำการวัดทั้งหมดตามขอบเขตทางทฤษฎี แล้วดำเนินการออกข้อคำถามตามลักษณะที่กำหนดไว้ ซึ่งในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดวิธีการวัด 2 ชนิด ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบแบบอัตนัย แล้วนำข้อคำถามในแบบทดสอบดังกล่าวไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบถึงความเหมาะสม ความสอดคล้องในเชิงทฤษฎีเบื้องต้น แล้วผู้วิจัยดำเนินการปรับแก้ข้อคำถามต่าง ๆ ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาคณะศึกษาศาสตร์

5.3 ดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อคำถาม สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งที่กำหนดให้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบแบบอัตนัย ดำเนินการตรวจสอบโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ช่วยตรวจสอบถึงความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามที่ได้พัฒนาขึ้นกับเนื้อหาในทฤษฎี ด้วยเทคนิคการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence: *IOC*) แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า *IOC* มากกว่า .60 ขึ้นไป

โดยมีสูตรในการหาดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 248 – 249)

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

เมื่อ	<i>IOC</i>	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\frac{\sum R}{N}$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
		แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ผลการทดสอบ พบว่า ทั้งแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบแบบอัตนัย มีค่า *IOC* ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกข้อคำถาม (รายละเอียดดังภาคผนวก จ)

5.4 นำแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบแบบอัตนัย ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน เพื่อดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบต่อไป โดยแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ผู้วิจัยได้ดำเนินการหา

5.4.1 ค่าความยากง่าย (*p*) โดยใช้เทคนิค 27% ของจุฑา เทห์ ฟาน คัดเลือกข้อซึ่งมีความยากง่ายระหว่าง .20 – .80 ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (วรณี แกมเกตุ, 2551, หน้า 223)

$$p = \frac{R_H + R_L}{2}$$

เมื่อ	p	แทน	ดัชนีความยากง่ายของข้อสอบ
	R_H	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

5.4.2 ดำเนินการหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% ของจุง เตห์ ฟาน คัดเลือกข้อที่มีอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ (วรรณิ์ แกมเกตุ, 2551, หน้า 223)

$$r = \frac{R_H - R_L}{N}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_H	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

5.4.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับจากข้อที่มีคุณสมบัติความยากง่าย และอำนาจจำแนกโดยใช้สูตร KR20 ของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน (ถ้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ, 2538, หน้า 198)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum p_i q_i}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
	p_i	แทน	สัดส่วนของผู้ทำถูกในแต่ละข้อ
	q_i	แทน	สัดส่วนของผู้ทำผิดในแต่ละข้อ หรือ $1 - p_i$
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบทั้งฉบับ

สำหรับผลการหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พบทุกข้อคำถามมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 – .80 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อมากกว่า .20 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมากกว่า .70

สำหรับแบบทดสอบแบบอัตนัยผู้วิจัยจะดำเนินการสัมภาษณ์ (Interview) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างถึงความเหมาะสม ความยากง่าย แล้วนำมาดำเนินการปรับปรุงข้อคำถามให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 การทดลองใช้ (Implementation)

เป็นขั้นตอนของนำระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่พัฒนาเสร็จสิ้นแล้วในขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบการสอน (Development) นำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นห้องเรียนผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ – วิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน เพื่อดำเนินการตรวจสอบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้ระบบ โดยมีการดำเนินการดังนี้

1. เข้าสู่ระบบการสอนตามหน่วยย่อยของระบบ โดยมีหน่วยสนับสนุนเป็นหน่วยที่ทำหน้าที่สนับสนุนทรัพยากรต่างๆ ให้กับระบบโดยรวมในการเรียน
2. เข้าสู่หน่วยประเมินศักยภาพและจัดกลุ่ม ทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อวัดความสามารถในด้านที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรม แบ่งเป็น

2.1 ทดสอบความสามารถด้านภาษา เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบเพื่อวัดความสามารถด้านภาษา แบ่งเป็น ด้านความสัมพันธ์ และการแยกแยะความหมายของคำและการใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรม

2.2 ทดสอบความสามารถด้านตัวเลข เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบเพื่อวัดความสามารถด้านการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็นการวัดความสามารถด้านการจัดอันดับตัวเลข และความเข้าใจโจทย์ปัญหา

2.3 ทดสอบความสามารถด้านการเขียนโปรแกรม เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ และเลือกตอบเพื่อวัดความสามารถที่จำเป็นต่อการเขียนโปรแกรม 3 ด้านคือ

2.3.1 แบบทดสอบด้านเหตุผล เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการจัดประเภทและเปรียบเทียบความหมายของคำ

2.3.2 แบบทดสอบด้านการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถด้านหาวิธีปัญหา และ ปัญหาตัวเลข

2.3.3 แบบทดสอบด้านความคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถด้านการสร้างสรรค์ภาพ ภาษา และตัวเลข

2.4 ทดสอบความสามารถด้านการพิมพ์สัมผัสอักษร เป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติ โดยการทดสอบนี้ ผู้ทดสอบจะต้องทดสอบกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมทดสอบการพิมพ์สัมผัส เพื่อวัดความสามารถในการพิมพ์สัมผัส โดยวัดจากการพิมพ์ได้ถูกต้อง และเสร็จภายในเวลาที่กำหนด หรือ พิมพ์โดยใช้โปรแกรมประมวลผลคำ และทดสอบจากแบบวัดที่กำหนดให้เมื่อวัดความสามารถเบื้องต้นของผู้เรียนแล้ว จะสามารถประเมินศักยภาพของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนต่อไป

3. เข้าสู่หน่วยปรับความรู้พื้นฐาน โดยการประเมินความสามารถเบื้องต้นจากหน่วยประเมินศักยภาพ ผู้เรียนจะทราบว่าตนเองมีระดับความสามารถในการเขียน โปรแกรมในระดับใด ผู้สอนจะเป็นผู้แนะนำในการให้ความรู้เพิ่มเติม หรือเพิ่มความสามารถในด้านใด ซึ่งจะต้องดำเนินการจัดกิจกรรมปรับพื้นฐานหรือเสริมความรู้แก่ผู้เรียน

4. ทดสอบก่อนเรียน

5. เข้าสู่หน่วยการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ และฝึกทักษะพื้นฐาน แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

5.1 ระยะที่ 1 ระยะการเรียนรู้คำสั่ง และ ฝึกพิมพ์รหัส โปรแกรม

5.2 ระยะที่ 2 ระยะเรียนรู้และฝึกทักษะ

6. เข้าสู่หน่วยฝึกประสบการณ์และฝึกฝนทักษะขั้นสูง

7. ทดสอบหลังเรียน

8. เข้าสู่หน่วยประเมินผล รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้สอนประเมินผลและบันทึกผลการเรียนลงในแบบฟอร์ม

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการพิจารณาถึงจุดเด่น และข้อบกพร่องของระบบการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วดำเนินการแก้ไขเพื่อให้เป็นระบบสำหรับการใช้งานจริงในขั้นตอนสุดท้าย

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินการวิจัย โดยนำระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้ผ่านการทดลองใช้ และปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนสุดท้ายแล้ว มาดำเนินการเพื่อประเมินผล (Evaluation) ถึงประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัย เพื่อตรวจสอบว่า ระบบที่ได้พัฒนาเสร็จแล้ว สามารถนำไปใช้เพื่อการพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของนักเรียนได้จริงหรือไม่ ในขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเรียงตามลำดับดังนี้

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสตรีวิทยา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีลักษณะเฉพาะ คือ เป็นนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในห้องเรียนสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ – วิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมดจำนวน 35 คน โดยผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนทั้งหมดเป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง (Experimental Group)

แบบแผนการทดลอง (Experimental Design)

เพื่อเป็นการประเมินผลถึงประสิทธิภาพของระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นว่าจะสามารถทำให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้หรือไม่ ผู้วิจัยได้นำเทคนิคของการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) แบบ One Group Pretest – posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 249) เข้ามาใช้ โดยแบบแผนการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยจะต้องดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย 1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับภาษาซีเบื้องต้น และองค์ประกอบโปรแกรมภาษาซี 2) แบบทดสอบแบบอัตนัยเกี่ยวกับความเข้าใจ เรื่อง ภาษาซีเบื้องต้น 3) แบบวัดความสามารถด้านการเขียน โปรแกรม ซึ่งประกอบด้วยแบบวัดย่อย

3.1) แบบทดสอบความสามารถด้านภาษาแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 3.2) แบบทดสอบความสามารถด้านภาษาแบบอัตนัย 3.3) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 3.4) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบอัตนัย 3.5) แบบทดสอบความถนัดด้านการแก้ปัญหาแบบอัตนัย 3.6) แบบทดสอบเขาวัวปัญญาแบบอัตนัย 3.7) แบบทดสอบด้านการวางแผน และขั้นตอนลำดับงานแบบอัตนัย และ 3.8) แบบทดสอบความสามารถด้านการพิมพ์สัมผัสภาคปฏิบัติ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วมาทำการทดสอบนักเรียนก่อนที่จะเริ่มให้นักเรียนได้ทำการใช้ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และหลังจากที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ใช้ระบบการศึกษาดังกล่าวเสร็จสิ้นแล้วผู้วิจัยจึงให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดำเนินการเปรียบเทียบว่า ระหว่างก่อน และหลัง การใช้ระบบการสอน นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นหรือไม่ หากนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แสดงว่าระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีประสิทธิภาพ แบบแผนการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 3 – 1

ตารางที่ 3 – 1 แบบแผนการทดลอง แบบ One – group Pretest – posttest Design

กลุ่ม	การทดสอบก่อนการทดลอง	สอนโดยใช้ระบบ	การทดสอบหลังการทดลอง
E	T1	X	T2

ความหมายของสัญลักษณ์

E แทน กลุ่มทดลอง

T1 แทน การทดสอบความสามารถก่อนใช้ระบบการสอน

X แทน การสอนโดยใช้ระบบการสอน

T2 แทน การทดสอบความสามารถหลังใช้ระบบการสอน

กระบวนการดำเนินการทดลอง

1. ดำเนินการติดต่อประสานงาน อย่างไม่เป็นทางการไปยังครูประจำวิชาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้เข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้ เมื่อได้รับการตอบรับแล้วผู้วิจัยจึงดำเนินการขอหนังสือเชิญอย่างเป็นทางการจากงานบัณฑิตศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขอความอนุเคราะห์อย่างเป็นทางการไปยังผู้บริหาร และครูประจำวิชา ทั้งนี้กลุ่มเป้าหมายดังกล่าว เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ผู้วิจัยได้พิจารณาตามเกณฑ์ที่ได้ทำการศึกษาแล้วว่า เป็นกลุ่มเป้าหมายที่มีความเหมาะสมในการใช้ระบบการสอนดังกล่าวได้

2. ดำเนินการชี้แจงรายละเอียดกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายถึงวัตถุประสงค์การวิจัย และกระบวนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียด เพื่อให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และขอความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนที่ไม่ต้องการร่วมการวิจัยครั้งนี้แสดงความประสงค์ที่จะไม่ร่วมโครงการวิจัยได้ แต่ทั้งนี้พบว่า นักเรียนทุกคนมีความประสงค์ที่จะเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ทุกคน

3. ดำเนินการประเมินถึงความสามารถทางการเรียนเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความสามารถด้านภาษาแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 2) แบบทดสอบความสามารถด้านภาษาแบบอัตนัย 3) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 4) แบบทดสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบอัตนัย 5) แบบทดสอบความถนัดด้านการแก้ปัญหาแบบอัตนัย 6) แบบทดสอบเชาว์ปัญญาแบบอัตนัย 7) แบบทดสอบด้านการวางแผน และขั้นตอนลำดับงานแบบอัตนัย และ 8) แบบทดสอบความสามารถด้านการพิมพ์สัมผัสภาคปฏิบัติเพื่อทำการทดสอบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความรู้

ความสามารถเพียงพอที่จะเรียนเกี่ยวกับการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือไม่ โดยวัดจากคะแนนที่ได้ หากนักเรียนได้คะแนนเกินร้อยละ 50 ก็ถือว่ามีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะเรียนได้ ซึ่งจากการวัดพบว่ามึนักเรียนจำนวน 35 คน ที่มีคะแนนความสามารถทางการเรียนเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อเข้าไปเป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง

4. ดำเนินการวัดความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จาก 1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับภาษาซีเบื้องต้น และองค์ประกอบ โปรแกรมภาษาซี 2) แบบทดสอบแบบอัตนัยเกี่ยวกับความเข้าใจ เรื่อง ภาษาซีเบื้องต้น และ 3) การฝึกปฏิบัติการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กับนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 35 คน ก่อนที่จะเริ่มใช้ระบบการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

5. ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 35 คน ได้ใช้ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งประกอบด้วย หน่วยที่ 1 หน่วยสนับสนุน (ส่วนที่ 1 หน่วยย่อยสนับสนุนพื้นฐาน และส่วนที่ 2 หน่วยย่อยสนับสนุนหน่วยอื่นๆ) หน่วยที่ 2 หน่วยประเมินศักยภาพ และจัดกลุ่ม หน่วยที่ 3 ปรับพื้นฐาน หน่วยที่ 4 หน่วยเรียนรู้เนื้อหาใหม่และฝึกฝนทักษะพื้นฐาน หน่วยที่ 5 หน่วยฝึกประสบการณ์ และฝึกฝนทักษะขั้นสูง และหน่วยที่ 6 หน่วยวัด และประเมินผล

5. หลังจากให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ทำการใช้ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเป้าหมายทำการวัดความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จาก 1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับภาษาซีเบื้องต้น และ องค์ประกอบ โปรแกรมภาษาซี 2) แบบทดสอบแบบอัตนัยเกี่ยวกับความเข้าใจ เรื่อง ภาษาซีเบื้องต้น และ 3) การฝึกปฏิบัติการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

6. ผู้วิจัยนำคะแนนความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมาดำเนินการเปรียบเทียบเพื่อศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการใช้ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistic) และสถิติอ้างอิง (Inferential Statistic)

ในการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่ออธิบายถึงลักษณะทั่วไปของกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง

2. ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายถึงคะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งก่อน และหลังการทดลองใช้ระบบการสอน มีสูตรดังนี้

สูตรการหาค่าเฉลี่ย (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 73)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้

$\sum fx$ แทน ผลรวมของคะแนนที่ได้

N แทน จำนวนข้อมูล

สูตรการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 79)

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

เมื่อ SD แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum$ แทน จำนวนนักเรียน

x แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

N แทน จำนวนนักเรียน

3. สถิติทดสอบ $t - test$ Dependent เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ระหว่างก่อน และหลังการใช้ระบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีสูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 104)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าวิกฤต ค่าที่พิจารณาใน t – Distribution
 $\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบ
 ก่อนเรียนและหลังเรียน
 N แทน จำนวนคู่ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยบูรพา
 Burapha University