

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี ที่มีต่อผลการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โดยวิธีการดำเนินการศึกษาตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 วิทยาลัยอาชีวศึกษาโปลีเทคนิคตรัง จำนวน 7 คน

3.2 แบบแผนการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีแบบแผนการทดลอง (Experimental Design) โดยใช้รูปแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดลองก่อนและหลัง (One-group pretest-posttest design) ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540 : 60-61)

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
EXP	T ₁	X	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

EXP	แทน	กลุ่มทดลอง (Experimental Design)
T ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
X	แทน	การทดลอง (Treatment) ใช้แบบฝึกเสริมทักษะ
T ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ 2 แผน ใช้เวลาในการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง
2. แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี 1 เล่ม ประกอบด้วย ชุดฝึกจำนวน 2 ชุด
3. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ประจำชุดฝึก จำนวน 2 ชุด ชุดละ 20 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียน 40 ข้อ

3.4 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ แนวคิดและหลักการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เรียนด้วยแบบฝึกเสริมทักษะ

3.4.1.2 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการรับและแสดงผลข้อมูล , คำสั่งควบคุม

3.4.1.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการรับและแสดงผลข้อมูล , คำสั่งควบคุม

3.4.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผนที่สร้างขึ้น นำเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าเหมาะสมหรือไม่ และให้ความคิดเห็นสำหรับการปรับปรุงแก้ไข จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

3.4.1.4.1 นายสุนิต บุญธรรม ผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาจารย์ประจำแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคตรังและเป็นอาจารย์พิเศษมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

3.4.1.4.2 นางมาลินี ชัญเสน ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายบริหารงานวิชาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาปอ์เทคนิคตรัง

3.4.1.4.3 นางวิไลลักษณ์ บำรุงภักดิ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หัวหน้าสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาปอ์เทคนิคตรัง

3.4.1.5 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งหนึ่งเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขเป็นฉบับสมบูรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4.2 แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี

ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี มีขั้นตอนดังนี้

3.4.2.1 วิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาสร้างจากผลการเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ , รายวิชาการเขียนโปรแกรมภาษาซี ที่ผู้วิจัยได้ทำการสอนในภาคเรียนที่ผ่านมา ซึ่งผลการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 พบว่าเป็นเนื้อหาวิชาที่นักศึกษาเริ่มเรียนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิชานี้เป็นวิชาแรก นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่เข้าใจองค์ประกอบของภาษาซี จำลักษณะโครงสร้างไม่ได้ ใช้คำสั่งในการรับข้อมูลและแสดงผลไม่ถูกต้อง จำรูปแบบคำสั่งต่างๆ ไม่ได้ จึงทำให้เขียนโปรแกรมภาษาซีผิดพลาดบ่อย และผลการเรียนในเนื้อหาการเรียนรู้นี้เหล่านี้น่าจะต่ำเมื่อทดสอบจะไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ

3.4.2.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบฝึก ในรายละเอียดของความหมาย ลักษณะของแบบฝึกที่ดี องค์ประกอบของแบบฝึก หลักการนำแบบฝึกไปใช้ในการเรียนการสอน ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบฝึก และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.4.2.3 สร้างแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 1 เล่ม ประกอบด้วยชุดฝึก จำนวน 2 ชุด โดยภายในแต่ละชุดมีส่วนประกอบดังนี้

3.4.2.3.1 คำชี้แจง

3.4.2.3.2 คำแนะนำสำหรับนักเรียน

3.4.2.3.3 สารสำคัญ

3.4.2.3.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

3.4.2.3.5 เนื้อหาการเรียนรู้

3.4.2.3.6 ตัวอย่าง

3.4.2.3.7 แบบฝึก

3.4.2.3.8 แบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึกหลังเรียนและเฉลย

แบบทดสอบหลังเรียน

3.4.2.3.9 เฉลยแบบฝึก

3.4.2.3.10 แบบบันทึกคะแนนแบบฝึกเสริมทักษะ

3.4.2.4 นำแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีที่สร้างขึ้น นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ (ใช้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมในขั้นของการตรวจประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้) ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) ของโครงสร้างทางภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา ความเหมาะสมของแบบฝึก คำสั่ง คำชี้แจง และความยากง่ายของภาษาที่ใช้ ในการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ มีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

คะแนน +1	หมายถึง	สอดคล้อง / เหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้
คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง / เหมาะสม ที่จะนำไปใช้ได้
คะแนน -1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง / ไม่เหมาะสม ที่จะนำไปใช้

3.4.2.5 เมื่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของแบบฝึกเสริมทักษะแล้ว ผู้วิจัยรวบรวมคะแนนความคิดเห็น และนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence : IOC) โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกข้อประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยได้ค่า IOC ของแบบฝึกเสริมทักษะ เท่ากับ 1.00 ซึ่งหมายถึงแบบฝึกเสริมทักษะชุดนี้สามารถใช้ได้

3.4.2.6 นำแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้วโดยใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ภาคค่ำ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ดังนี้

3.4.2.6.1 ครั้งที่ 1 ทดลองรายบุคคล (1 : 1) กับนักศึกษานักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ภาคค่ำ จำนวน 3 คน เป็นนักศึกษา เก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน แล้วนำข้อมูลมาปรับปรุงเรื่องการใช้ภาษา คำสั่ง และความยากง่าย

3.4.2.6.2 ครั้งที่ 2 ทดลองกลุ่มเล็กกับนักศึกษานักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ภาคค่ำ จำนวน 6 คน กับนักศึกษา โดยมีนักศึกษาละกัณระหว่างผู้เรียนเก่ง 3 คน ปานกลาง 3 คน และอ่อน 3 คน แล้วสนทนากลัณในเรื่องความยากง่ายของเนื้อหา แบบฝึกหัด คำสั่ง คำชี้แจง และการใช้ภาษา พร้อมทั้งจดบันทึกข้อสังเกตและปัญหา

3.4.2.6.4 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 มาปรับปรุงจนได้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี ฉบับที่สมบูรณ์เพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษา และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

3.4.3 แบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึกและแบบทดสอบหลังเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึกและแบบทดสอบหลังเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.4.3.1 ศึกษาเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทำแบบฝึกเสริมทักษะ และจุดประสงค์ในการเรียนด้วยแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี

3.4.3.2 ศึกษาวิธีสร้างข้อสอบ การวัดผลและประเมินผล

3.4.3.3 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา

3.4.3.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึกและแบบทดสอบหลังเรียนเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยแบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึก 2 ชุดมีจำนวนชุดละ 10 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 40 ข้อ

3.4.3.5 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึกและแบบทดสอบหลังเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ (ใช้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมในขั้นของการตรวจประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้) พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม (Index of item objective congruence : IOC) ใช้เกณฑ์กำหนดคะแนนความคิดเห็นดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 248-249)

คะแนน +1	หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
คะแนน 0	หมายถึง	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
คะแนน -1	หมายถึง	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3.4.3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับผลการเรียน โดยหาค่า IOC ซึ่งกำหนดเกณฑ์ไว้เท่ากับ .50 โดยได้ค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลการเรียน เท่ากับ 1.00 ซึ่งหมายถึงแบบทดสอบวัดผลการเรียนนี้สามารถใช้ได้

3.4.3.7 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและหาค่า IOC แล้วมาทดลองใช้ (Tryout) กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจที่กำลังเรียนอยู่ระดับชั้นปีที่ 2 อยู่ภาคค่ำ ปีการศึกษา 2560 ที่เรียนวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านมาแล้วและไม่ใช้กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย จำนวน 14 คน

3.4.3.8 นำแบบทดสอบที่ได้ไปวัดผลการเรียนกับนักศึกษา กลุ่มประชากรในการทดลองต่อไป

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้รายงานได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.5.1 ผู้วิจัยได้จัดทำแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี เพื่อศึกษาผลของการใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี และนักศึกษาที่เรียนโดยการใช้แบบฝึกเสริมทักษะมีผลผลการเรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ นำแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี ชุดนี้ไปทดลองกับประชากร ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจวิทยาลัยอาชีวศึกษาปอ์เทศนคตรัง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 7 คน ที่เรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.2 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี ตามขั้นตอนดังนี้

3.5.2.1 ทดสอบวัดความสามารถในการเขียนโปรแกรมภาษาของนักศึกษาก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 40 ข้อ และบันทึกคะแนนที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.5.2.2 ดำเนินการสอนกลุ่มทดลอง (กลุ่มประชากร) ด้วยแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 แผน และแบบฝึก จำนวน 2 ชุด ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และทำแบบฝึกหัดประจำแบบฝึกแต่ละชุด เมื่อเรียนด้วยแบบฝึกเสริมทักษะจบแต่ละชุดแล้ว ให้ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลการเรียนประจำชุดฝึกชุดนั้น โดยผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีในลักษณะที่กล่าวมา จนครบแบบฝึกทั้ง 2 ชุด บันทึกคะแนนที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.5.2.3 เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 40 ข้อ และบันทึกคะแนนที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการเรียนรู้วิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ สำหรับข้อมูลทางสังคมศาสตร์ตามขั้นตอน ดังนี้

3.6.1 หาประสิทธิภาพของแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีโดยหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) ตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

3.6.2 หาดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี

3.6.3 เปรียบเทียบผลการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระหว่างคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (t – test for One Sample)

3.6.4 เปรียบเทียบผลการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดสอบที่แบบไม่อิสระ (t – test pair)

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัย ใช้สถิติดังนี้

3.7.1 สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

3.7.1.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย คำนวณจากสูตร (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2552 : 34)

$$\mu = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ	μ	แทน	ค่าเฉลี่ยของประชากร
	$\sum x$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของประชากร
	N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมดของประชากร

3.7.1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีสูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2552 : 60)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N} - (\mu)^2}$$

เมื่อ	σ	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลัง
	$(\mu)^2$	แทน	ค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนประชากรทั้งหมด หรือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.7.2 การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี แบบทดสอบหลังเรียน ใช้สูตรการคำนวณดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539 : 248 - 249)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	คะแนนรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.7.3 การหาประสิทธิภาพของแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษา ใช้สูตรดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2537 : 494-500)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{A}$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum x$	แทน	คะแนนรวมของแบบฝึกหัดท้ายบท
	N	แทน	จำนวน คนในกลุ่มตัวอย่าง
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายบททุกชั้นรวม

และ

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{B}$$

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum x$	แทน	คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน
	N	แทน	จำนวน คนในกลุ่มตัวอย่าง
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลหลังเรียน

3.7.4 การหาดัชนีประสิทธิผล (EI) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2544 : 158)

3.7.4.1 กรณีรายบุคคล

$$EI = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}$$

3.7.4.2 กรณีรายกลุ่ม

$$EI = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

เกณฑ์ดัชนีประสิทธิผลที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3.7.5 เปรียบเทียบผลการเรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซี โดยการทดสอบด้วยค่าที (t-test pair)

$$t = \frac{\bar{d} - 0}{s_{\bar{d}}}$$

เมื่อ t = ค่าสถิติทดสอบที่
 $\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดก่อนลบด้วยคะแนนวัดหลัง
 $s_{\bar{d}}$ = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

โดยที่

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{s_d^2}{n}}$$

และ

$$s_d^2 = \frac{n \sum d^2 - (\sum d)^2}{n(n-1)}$$