

หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

MULTIMEDIA BOOK BY AUGMENTED REALITY  
ON OPTICAL FIBER COMMUNICATION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-ED-M-231-024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTIMEDIA BOOK BY AUGMENTED REALITY  
ON OPTICAL FIBER COMMUNICATION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION  
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-ED-M-231-024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2020

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
นักศึกษา	วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง
รหัสนักศึกษา	นางสาวกฤติรินทร์ วงษ์มานิตย์
ปริญญา	58603118
สาขาวิชา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
พ.ศ.	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์
	รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 2) แบบประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 50 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าความเชื่อถือได้เท่ากับ 0.87 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า t

ผลการวิจัยพบว่า 1) หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.59$ , S.D. = 0.50) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.46$ , S.D. = 0.50) 2) หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่สร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.22/81.61 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง สูงกว่าก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication
Student	Miss Kusarin Wongmanit
Student ID.	58603118
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2020
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Piya Supavarasuwat
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr. Peerawut Suwanjan

### ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to develop the Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication 2) to determine the efficiency of the Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication, and 3) to measure academic achievement by comparison before and after of the Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication. The sample used in the research was 36 3<sup>rd</sup> year students in the faculty of Industrial Education and Technology at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Instruments of this research were: 1) the Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication 2) the questionnaire for the evaluation of the quality of Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication, and 3) the achievement test of the Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication, comprising 50 items with an index of congruence (IOC), level of difficulty, and level of discrimination between 0.67 to 1.00, 0.40 to 0.80, and 0.20 to 0.80, respectively. The reliability coefficient was 0.87. The statistics utilized for data analysis were the mean, standard deviation, and t test.

The results revealed that: 1) When the Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication was evaluated by the experts, the content aspect was considered to be at a very good level ( $\bar{x} = 4.59$ , S.D.= 0.50) and the media production technique aspect was also considered to be at a good level ( $\bar{x} = 4.46$ , S.D.= 0.50 ). 2) The Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication had efficiency  $E_1/E_2$  of 82.22/81.61, Results according to the hypothesis. 3) the result of learning achievement from Multimedia Book by Augmented

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reality on Optical Fiber Communication concluded that post-test scores were significantly higher than pre-test scores of subject learning with Multimedia Book by Augmented Reality on Optical Fiber Communication .05 levels



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.ดร. พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อปฏิบัติต่างๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนเสร็จสมบูรณ์และถูกต้องที่สุด รวมถึงขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อมรชัย ชัยชนะ อาจารย์ประจำวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อพร่องของเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนั้นมีคุณภาพ ขอขอบพระคุณนางสาวดวงกมล อังอานวยศิริ ที่กรุณาให้คำแนะนำเทคนิค ช่วยเหลือในการสร้างหนังสือสื่อประสม เรื่องการออกแบบหนังสือสื่อประสมและหน้าปกของหนังสือสื่อประสม และเป็นกำลังให้คำแนะนำช่วยเหลือเกื้อกูล ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยอยู่เคียงข้าง ให้กำลังใจ ขอขอบใจนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (5 ปี) แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ปีการศึกษา 2562 ที่ให้ความร่วมมือเพื่อให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยนี้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กุศรินทร์ วงษ์มณีรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 สังเขปรายวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	6
2.2 การสื่อสารเส้นใยแสง.....	7
2.3 หลักการของเทคโนโลยีความเสมือน.....	11
2.4 การออกแบบและการสร้างหนังสือสื่อประสม.....	18
2.5 การหาประสิทธิภาพ.....	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงานวิจัย.....	28
3.1 ประชากรตัวอย่าง.....	28
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	28
3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย.....	29
3.4 การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	48
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริง เสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	51
4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน ของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	53
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	53
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	53
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....	61
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	71
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจ จำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ.....	77
ภาคผนวก ง แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน.....	96
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	124
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อ สารเส้นใยแสง.....	133
ประวัติผู้เขียน.....	137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กำหนดการเรียนรู้การสอนวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	7
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	45
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....	48
4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	49
4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	51
4.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน ของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	52
ค.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้.....	78
ค.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	82
ค.3 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N=30 ของแบบ ทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้.....	85
ค.4 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N=30 ของแบบ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	89
ค.5 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	92
ค.6 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน.....	94
จ.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....	125
จ.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	125
จ.3 คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้.....	127
จ.4 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	129
จ.5 คะแนนจากการทำการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียน.....	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเส้นใยแสง.....	7
2.2 อุปกรณ์พื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง.....	8
2.3 ตัวอย่างระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง.....	8
2.4 การใช้งานสายนำสัญญาณในเครื่องบิน ดาวเทียม และเรือ.....	9
2.5 เส้นใยแสง.....	10
2.6 การสื่อสารด้วยเส้นใยแสงไม่มีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า.....	10
2.7 การรักษาความปลอดภัยของสัญญาณ.....	11
2.8 แผนผังกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสริมร่วมกับสื่อการเรียนรู้.....	15
3.1 ลำดับขั้นตอนการสร้างหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	34
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้.....	39
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	43
ฉ.1 ปกหน้าของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง.....	134
ฉ.2 ตัวอย่างเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 1.....	134
ฉ.3 ตัวอย่างเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 2.....	135
ฉ.4 ตัวอย่างเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 3.....	135
ฉ.5 หน้าแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 มียุทธศาสตร์การพัฒนาคอนสั้สังคมแห่งการเรี้นรู้ตลอดชีวิตอย่างยั่งยืนให้มีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของคนไทยในช่วงทศวรรษ (คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2562) ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ซึ่งเป้าหมายการจัดกระบวนการเรี้นรู้ และพัฒนาการเรี้นรู้ของผู้เรี้นและกระตุ้นให้ผู้เรี้นเกิดการใฝ่รู้และมีทักษะในการเรี้นรู้ที่สอดคล้องกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสามารถเลือกเส้นทางการศึกษาหรือเส้นทางอาชีพการทำงานได้ (สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2562)

การศึกษาในปัจจุบันผู้เรี้นศึกษาโดยใช้หนังสือเป็นตัวนำเสนอ รูปแบบการเรี้นส่วนใหญ่มักจะเป็นการท่องจำตามทฤษฎีและรูปภาพประกอบที่เป็นภาพ 2 มิติในหนังสือ จึงทำให้ผู้เรี้นต้องจินตนาการตามเนื้อหา ส่งผลให้ผู้เรี้นไม่เข้าใจในเนื้อหาวิชา เกิดความเบื่อหน่ายและไม่กระตือรือร้นในการเรี้นรู้ หากการปรับปรุงรูปแบบการเรี้นการสอนใหม่ โดยการนำภาพสามมิติเข้ามาช่วยในการแสดงภาพประกอบในเนื้อหา จะทำให้ผู้เรี้นมองเห็นภาพและสามารถจินตนาการตามเนื้อหาที่เรี้นได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง เกิดความกระตือรือร้นในการเรี้น รวมทั้งสามารถทำความเข้าใจในเนื้อหาบทเรี้นได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น (ณัฐวี อดตฤกษ์ และนवल วงศ์วิวัฒน์ไชย. 2555) ซึ่งเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Augmented Reality : AR) เป็นเทคโนโลยีที่ผสมเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real World) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual World) โดยผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆ เช่น 3D MAX, Adobe Flash เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพเป็นภาพ 3 มิติ เช่น คน, สัตว์, สิ่งของ เป็นต้น ซึ่งมีมุมมองถึง 360 องศา สามารถหมุนได้รอบทิศทางทำให้ปรากฏเสมือนภาพจริงขึ้นมา

การเรี้นการสอนวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง เป็นวิชาพื้นฐานของหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการจัดการเรี้นการสอนจะเน้นด้านทฤษฎี ซึ่งการเรี้นการสอนนั้นมักจะมีรูปแบบการนำเสนอเป็นแบบรูปภาพนิ่ง อีกทั้งเนื้อหาในรายวิชาดังกล่าวค่อนข้างมีจำนวนมากและมีความซับซ้อน ทำให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกัน

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีความจริงเสมือนมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ซึ่งเทคนิคนี้ทำให้เป็นที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น่าสนใจ เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้การเรียนการสอนยังประกอบด้วย ภาพสามมิติทำให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจง่าย รวดเร็ว ถูกต้อง และมีมุมมองต่อการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่เพิ่มขึ้นจึงทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีสมมติฐานการวิจัย คือ

1.3.1 หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี ( $\bar{x} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป

1.3.2 หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นหนังสือสื่อประสมได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80

1.3.3 นักศึกษาที่ใช้หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 หรือน้อยกว่า

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการพัฒนาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยยึดหลัก 9 ขั้น ของ Robert Gagne มาเป็นกรอบเป้าหมายในการสร้างหนังสือสื่อประสมซึ่งมีขั้นตอน ในการสร้างดังนี้

### 1. เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บอกรวัตถุประสงค์ (Specify Objectives)
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior knowledge)
4. นำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)
5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)
6. กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)
8. ทดสอบความรู้ (Assess Performance)
9. การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีขอบเขตดังต่อไปนี้

### 1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (5 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง รหัสวิชา 03376612 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 36 คน

### 1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา ในการศึกษานี้ประกอบด้วย

1. ตัวแปรต้น คือ หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง
2. ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ, ประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 1.5.3 เนื้อหาวิชาเรียน

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเนื้อหาในการสร้างหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 หน่วยการเรียนดังต่อไปนี้ (อมรชัย ชัยชนะ. 2562)

- หน่วยที่ 1 บทนำ
- หน่วยที่ 2 หลักการเบื้องต้นของแสง
- หน่วยที่ 3 เส้นใยแสง
- หน่วยที่ 4 การสร้างเส้นใยแสง
- หน่วยที่ 5 เคเบิลเส้นใยแสงและการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 6 อุปกรณ์กำเนิดแสง

หน่วยที่ 7 อุปกรณ์รับแสง

หน่วยที่ 8 ระบบการสื่อสารเส้นใยแสง

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หมายถึง การนำเอาเนื้อหาวิชาการสื่อสารเส้นใยแสงมาผสมผสานกับแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือระบบ Android หรือ iOS โดยมีการนำเสนอภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวในรูปแบบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อสร้างความสนใจในการเรียนการสอนมากขึ้น
2. คุณภาพ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
3. ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญที่เกี่ยวข้องกับวิชาการสื่อสารเส้นใยแสงและ ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้
4. แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 ด้าน คือด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
5. แบบทดสอบก่อนเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความรู้ของนักศึกษา ก่อนเรียนด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยผ่านการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบแล้ว
6. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความรู้ของนักศึกษา หลังเรียนด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยผ่านการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบแล้ว ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก
7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ของผู้เรียนที่แสดงออกในรูปของคะแนนหรือระดับความสามารถในการทำแบบทดสอบหลังจากที่ศึกษาเนื้อหาด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสาร  
เส้นใยแสง หมายถึง ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบหลังเรียนของประชากร  
ตัวอย่างประสิทธิภาพตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80

$E_1$  หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ที่ได้จากการทำ  
แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้รวมกัน

$E_2$  หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ที่ได้จากการทำ  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนหนังสือสื่อประสมได้ถูกต้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 สังเขปรายวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง
- 2.2 การสื่อสารเส้นใยแสง
- 2.3 เทคโนโลยีความจริงเสริม
- 2.4 การออกแบบและการสร้างหนังสือสื่อประสม
- 2.5 การหาประสิทธิภาพ
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สังเขปรายวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง รหัสวิชา 03376612 จำนวน 3 หน่วยกิต เป็นวิชาบังคับ สำหรับนักศึกษา ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (5 ปี) แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้เวลาเรียน 15 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็นเรียน 3 คาบ/สัปดาห์ รวม 45 คาบ

##### 2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถบอกข้อดี ข้อเสียของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงได้
2. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถอธิบายชนิดและคุณสมบัติต่างๆ ของเส้นใยแสงได้
3. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถบอกรูปแบบและอธิบายการเดินทางแสงในเส้นใยแสงได้
4. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถอธิบายการเกิดและคำนวณหาจำนวน Propagation Mode ในเส้นใยแสงได้
5. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถอธิบายวิธีการสร้างเส้นใยแสงชนิดต่างๆ ได้
6. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการในการกำเนิดแสงและคุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสงได้
7. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการในการรับแสงและคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสงได้
8. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์แสงอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการส่งสัญญาณแสงและการออกแบบระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงได้

10. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการและขั้นตอนการทดสอบสายเคเบิลเส้นใยแสงก่อนนำไปใช้งานได้

### 2.1.2 คำอธิบายรายวิชา

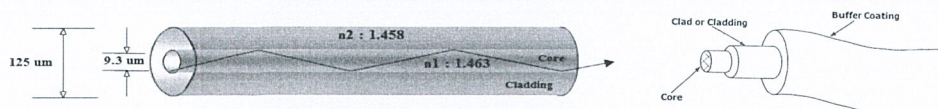
การศึกษาวิชาการสื่อสารเส้นใยแสงเกี่ยวกับการสื่อสารเส้นใยแสง ชนิดของเส้นใยแสง คุณลักษณะในการส่งสัญญาณของเส้นใยแสง วิธีการผลิตเส้นใยแสง การเชื่อมต่อเส้นใยแสง อุปกรณ์กำเนิดแสง อุปกรณ์รับแสง และอุปกรณ์แสงอื่นๆ ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง และการนำไปใช้งาน

ตารางที่ 2.1 กำหนดการเรียนการสอนวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	เนื้อหา
1-2	1	บทนำ
3-4	2	หลักการเบื้องต้นของแสง
5-6	3	เส้นใยแสง
7-8	4	การสร้างเส้นใยแสง
9-10	5	เคเบิลเส้นใยแสงและการเชื่อมต่อ
11-12	6	อุปกรณ์กำเนิดแสง
12-13	7	อุปกรณ์รับแสง
14-15	8	ระบบการสื่อสารเส้นใยแสง

## 2.2 การสื่อสารเส้นใยแสง

เส้นใยแสง คือ เส้นใยขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำแสง โดยมีโครงสร้างดังภาพที่ 2.1 ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 3 ส่วนคือ แกนใน (Core) เป็นส่วนที่แสงเดินทางสร้างจากแก้วหรือพลาสติก และส่วนที่ทำหน้าที่หุ้มแกนใน (Clad or Cladding) สร้างจากแก้วหรือพลาสติก โดยส่วนของ Clad นี้จะมีค่าดัชนีการหักเหน้อยกว่า Core ( $n_{core} > n_{clad}$ ) ประมาณ 0.2 ถึง 0.3% ซึ่งจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดของแสงได้ ด้านนอกสุดจะเป็นเปลือกหุ้ม (Buffer Coating) สำหรับป้องกันเส้นใยแสง โดยเปลือกหุ้มนี้จะทำจากพลาสติกหรือยางก็ได้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเส้นใยแสง

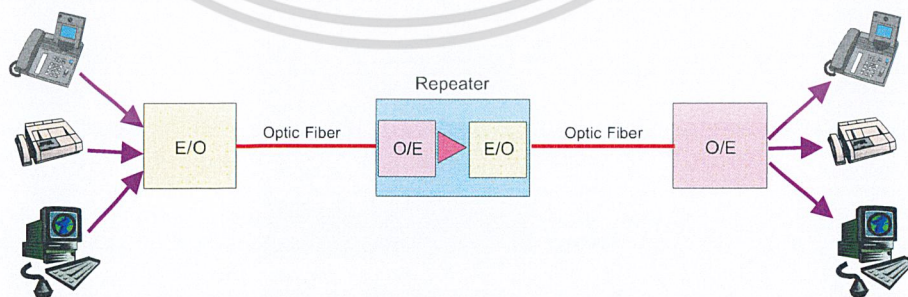
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

ในระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงนั้นจะประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานหลัก 3 ส่วนดังภาพที่ 2.2 คืออุปกรณ์กำเนิดแสง เส้นใยแสงและอุปกรณ์รับแสง โดยที่อุปกรณ์กำเนิดแสงอาจจะเป็น Light Emitting Diode (LED) หรือ เลเซอร์ไดโอดก็ได้ สำหรับส่วนของเส้นใยแสงนั้นก็จะมีอยู่ 2 ชนิดหลัก ๆ คือ เส้นใยแสงชนิดหลายโหมด (Multimode Optical Fiber) และเส้นใยแสงชนิดโหมดเดียว (Singlemode Optical Fiber) ซึ่งสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็นชนิดต่าง ๆ ได้อีกตามลักษณะของดัชนีการหักเห หรือ ชนิดของสารที่ใช้ทำเส้นใยแสง ในส่วนสุดท้ายคืออุปกรณ์รับแสงนั้น อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ได้แก่ Avalanche Photodiode (APD) หรือ Positive-Intrinsic-Negative (PIN) Photodiode



ภาพที่ 2.2 อุปกรณ์พื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขั้นตอนพื้นฐานในการทำงานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงจะเริ่มต้นด้วยการแปลงสัญญาณแสงอินฟราเรด แล้วทำการส่งสัญญาณดังกล่าวไปในเส้นใยแสง ซึ่งระหว่างเส้นทางการส่งที่มีระยะทางไกลมากและสัญญาณมีความแรงลดลงก็จะต้องมีใช้ตัวทวนสัญญาณ (Repeater) เมื่อสัญญาณมาถึงปลายทาง อุปกรณ์รับแสงก็จะแปลงสัญญาณแสงให้กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าดังเดิม

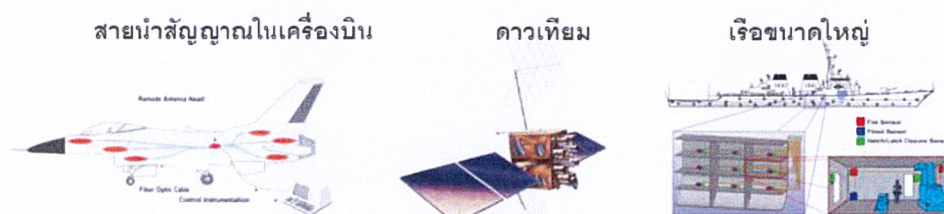
การมอดูเลตคลื่นแสงสำหรับการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงนั้นมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ การมอดูเลตแบบแอนะล็อก (Analog Modulation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนความเข้มของลำแสงที่ส่งออกมาอย่างต่อเนื่องจากอุปกรณ์กำเนิดแสง ชนิดที่ 2 คือ การมอดูเลตแบบดิจิทัล (Digital Modulation) จะเป็นการส่งสัญญาณแสงในลักษณะ On/Off โดยแสงที่ส่งออกมาจากอุปกรณ์กำเนิดแสงสว่าง/มืด สลับกันด้วยอัตราความเร็วสูง

## 2.2.2 ข้อดีของระบบการสื่อสารเส้นใยแสง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงกับการสื่อสารที่ใช้สัญญาณไฟฟ้า จะพบว่า การสื่อสารด้วยเส้นใยแสงจะมีข้อดีกว่าหลายประการดังนี้

1. มีแบนด์วิธที่กว้าง ความถี่คลื่นพาห้ของแสงที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารจะอยู่ในช่วง  $10^{13}$  ถึง  $10^{16}$  Hz (โดยทั่วไปอยู่ใกล้ช่วงอินฟราเรด คือ ที่ประมาณ  $10^{14}$  Hz) ซึ่งจะมีช่วงแบนด์วิธที่กว้างกว่าระบบที่ใช้เคเบิลโลหะมาก (เช่น เคเบิลโคแอกเซียลจะมีแบนด์วิธประมาณ 500 MHz) และถึงแม้ว่าในปัจจุบันเรายังไม่สามารถใช้งานแบนด์วิธของเส้นใยแสงที่มีอยู่ได้อย่างเต็มที่ แต่เราก็สามารถที่จะทำการมอดูเลตที่ความถี่หลาย GHz ในระยะการส่งประมาณ 100 กิโลเมตร และที่ความถี่หลายร้อย MHz ในระยะการส่งประมาณ 300 กิโลเมตร โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวทวนสัญญาณ

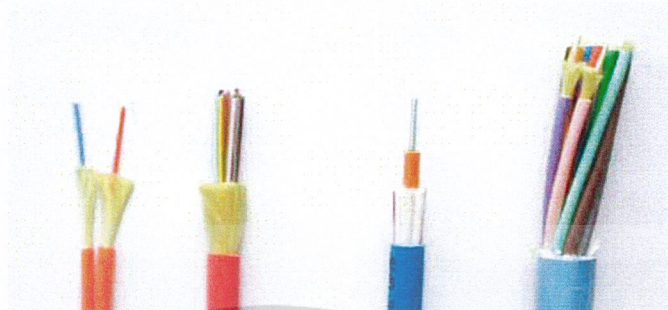
2. มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เนื่องจากเส้นใยแสงมีขนาดเล็กมาก คือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นผม ดังนั้นถึงแม้จะมีการนำเอาเส้นใยแสงมาห่อหุ้มด้วยวัสดุป้องกันต่าง ๆ ก็ยังคงมีขนาดเล็กกว่าเคเบิลทองแดง ซึ่งส่งผลให้การใช้ที่อรรถประโยชน์ขนาดเดียวกันสามารถที่จะวางเคเบิลที่ใช้เส้นใยแก้วนำแสงได้มากกว่าเคเบิลทองแดง ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการวางท่อเพิ่ม และยิ่งเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสายนำสัญญาณในเครื่องบิน ดาวเทียม หรือแม้แต่เรือ



ภาพที่ 2.4 การใช้งานสายนำสัญญาณในเครื่องบิน ดาวเทียม และเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม่นำกระแสไฟฟ้า เส้นใยแสงสร้างจากแก้วหรือบางชนิดอาจสร้างจากโพลีเมอร์ ซึ่งเป็นฉนวน ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับการสื่อสารในสภาพแวดล้อมที่ห้ามไม่ให้มีประกายไฟ



ภาพที่ 2.5 เส้นใยแสง

4. ไม่มีการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า เนื่องจากเส้นใยแสงสร้างจากสารที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน ดังนั้นจึงไม่เกิดการรบกวนจากสนามแม่เหล็ก (EMI) การรบกวนจากสัญญาณวิทยุ (RFI) หรือ พัลส์ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMP) ที่เกิดจาก Transient ของการสวิตช์ ดังนั้นการทำงานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงจะไม่ได้รับผลกระทบจากสัญญาณต่าง ๆ ดังกล่าว นอกจากนี้ยังไม่เกิดการแทรกสอดกันของแสงระหว่างเส้นใยแสง จึงไม่เกิด crosstalk ขึ้นเหมือนกับระบบการสื่อสารที่ใช้สายโลหะ



ภาพที่ 2.6 การสื่อสารด้วยเส้นใยแสงไม่มีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

5. การรักษาความปลอดภัยของสัญญาณ: ในทางทฤษฎีแล้ว หากมีความพยายามในการที่จะลักลอบเอาข้อมูลข่าวสารที่ส่งเป็นสัญญาณแสง ก็สามารถตรวจสอบได้เพราะสัญญาณแสงจะหายไป ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวทำให้เหมาะแก่การใช้งานทางทหาร ธนาคาร รวมถึงการส่งข้อมูลทั่วไป เช่น ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 การรักษาความปลอดภัยของสัญญาณ

6. การสูญเสียเนื่องจากการส่งสัญญาณต่ำ จากการพัฒนาการผลิตเส้นใยแสงในช่วงประมาณ 3 ทศวรรษที่ผ่านมาทำให้สามารถสร้างเส้นใยแสงที่มีการสูญเสียเนื่องจากการส่งสัญญาณหรือ การลดทอนต่ำมากคือประมาณ 0.2 dB/km ซึ่งข้อดีนี้ถือว่าเป็นข้อดีที่สำคัญที่สุดของเส้นใยแสง เพราะจะทำให้เราสามารถสร้างระบบที่มีระยะทางในการส่งข้อมูลได้ไกล โดยไม่ต้องมีตัวทวนสัญญาณ ส่งผลให้ราคาของระบบถูกลงและมีความซับซ้อนน้อยลงด้วย

7. ความน่าเชื่อถือของระบบและความง่ายในการบำรุงรักษา เนื่องจากความน่าเชื่อถือของระบบส่วนหนึ่งจะพิจารณาได้จากจำนวนของตัวทวนสัญญาณที่ใช้ในระบบดังกล่าว คือ ถ้ามีตัวทวนสัญญาณน้อย ก็ย่อมจะมีความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นน้อยตามไปด้วย ซึ่งโดยปกติในระบบมาตรฐานสำหรับการส่งสัญญาณด้วยเส้นใยแสงจะมีอัตราความผิดพลาดของบิต (BER) อย่างต่ำ  $10^{-9}$  แต่ในการใช้งานโดยทั่วไปจะมี BER  $10^{-11}$  ส่วนการส่งสัญญาณโดยสายทองแดงหรือไมโครเวฟจะมี BER เท่ากับ  $10^{-5}$  ถึง  $10^{-7}$  นอกจากนี้อุปกรณ์แสงต่าง ๆ ที่ใช้จะมีอายุการทำงานอยู่ที่ประมาณ 20 – 30 ปี จึงเป็นการลดเวลาและเงินที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาระบบลงด้วย

## 2.3 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Virtual Reality Technology) เป็นวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่เริ่มจากการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับกรทหารและจำลองการบินของประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 1960-1969 ปัจจุบันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ เช่น ทางด้านวิศวกรรม ด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ ความบันเทิง เป็นต้น และมีการแบ่งประเภทของระบบความจริงเสริมตามพื้นฐานวิธีที่ติดต่อกับผู้ใช้ ดังนี้ (พนิดา ตันศิริ 2552)

1. Desktop VR หรือ Window on World Systems (WoW) เป็นระบบความจริงเสมือนที่ใช้จอภาพของคอมพิวเตอร์ในการแสดงผล
2. Video Mapping เป็นการนำวิดีโอมาเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือนำเข้าข้อมูลของผู้ใช้ และใช้กราฟิกคอมพิวเตอร์นำเสนอการแสดงผลในโมเดลแบบสองมิติหรือสามมิติ โดยผู้ใช้อจะเห็นตัวเองและเปลี่ยนแปลงตัวเองจากจอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Immersive Systems เป็นระบบความจริงเสมือนสำหรับผู้ใช้ส่วนบุคคล โดยผู้ใช้นำอุปกรณ์ประเภทจอภาพสวมศีรษะ (Head-Mounted Display หรือ HMD) ได้แก่ หมวกเหล็กหรือหน้ากากมาใช้จำลองภาพและการได้ยิน

4. Telepresence เป็นระบบเสมือนจริงที่มีการนำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณระยะไกลที่อาจติดตั้งกับหุ่นยนต์เชื่อมต่อการใช้งานกับผู้ใช้

5. Augmented / Mixed Reality Systems เป็นการผสมผสานระหว่าง Telepresence ระบบความจริงเสริมและเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้

### 2.3.1 ความหมายของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

นิตยา กาญจนวรรณ (2535) กล่าวว่า ความจริงเสมือน คือการที่คอมพิวเตอร์แสดงภาพกราฟิกอย่างซับซ้อนขึ้นมาเป็นภาพ 3 มิติ และแสดงผลออกมาได้อย่างหลากหลาย ตั้งแต่บนจอคอมพิวเตอร์จนถึงจอแบบโรงภาพยนตร์ และแสดงภาพในเลนส์ภายในหมวกที่ผู้เล่นกำลังสวมใส่น้ำทิพย์ วิภาวิน (2542) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง

สร้างขึ้นเพื่อใช้งานเฉพาะอย่าง ความเสมือนจริงมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการบ่อนข้อมูล คือ คีย์บอร์ด มีหน่วยประมวลผล หรือซีพียู มีหน่วยความจำและอุปกรณ์แสดงผล มีลักษณะเหมือนแว่นตา มีซอฟต์แวร์ที่ใช้กับเครื่องโดยเฉพาะ

พุทธิพงศ์ จิตรปฎิมา (2442) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นการใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานที่เทียมซึ่งดูเสมือนจริง สถานที่เหล่านี้เรียกว่า โลกเสมือน (Virtual World) ซึ่งเราสามารถสำรวจโลกได้อย่างเสรีไปในที่ที่ต้องการ และยังสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุต่างๆ ได้เหมือนจริง ทั้งนี้เกิดจากการสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติทั้งสิ้น เพื่อสนองตอบประสาทสัมผัสของมนุษย์ทันทีในเวลานั้น คือ มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทันทีตามการกระทำของผู้ใช้ และเมื่อเรากระทำบางอย่าง เช่น เข้าใกล้วัตถุ วัตถุนั้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

กิตานันท์ มลิทอง (2543) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นกลุ่มเทคโนโลยีเชิงตอบโต้ที่ผลักดันให้ผู้ใช้เกิดความรู้สึกเสมือนเข้าร่วมอยู่ภายในสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้มีอยู่จริง หากแต่มีการสร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ พัฒนาการของความเป็นจริงเสมือนได้รับอิทธิพลมาจากแนวคิดต่างๆ หากแต่มีอำนาจมากเกี่ยวกับการที่จะนำเสนอสารสนเทศอย่างไรให้ดีที่สุดนั่นคือ ถ้าผู้ออกแบบสามารถใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่มีความค่อยเป็นค่อยไปในปฏิสัมพันธ์กับโลกทางกายภาพซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ล้อมรอบตัวเราแล้ว มนุษย์ก็จะสามารถรับและเข้าใจสารสนเทศได้ง่ายขึ้นถ้าสารสนเทศนั้นกระตุ้นการรับรู้สัมผัสของผู้รับ

ยีน ภู่วรรณ (2545) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นสภาวะเสมือนจริงใช้อธิบายถึงโลกแห่งเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่สร้างภาพจำลองแบบหลายมิติให้กับผู้ใช้เสมือนเข้าไปอยู่ในสภาวะนั้นจริงๆ หรืออยู่ในนั้นได้ และเมื่อเข้าไปอยู่ในนั้นจะทำให้รู้สึกว่าได้ตกเข้าไปอยู่ในโลกแห่งความฝันภายในสภาพแวดล้อมแบบเสมือนจริงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยา วัฒนสุโกประสิทธิ์ (2545) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกรู้สึกที่ได้รับจากการสัมผัสของมนุษย์ เช่น ภาพ เสียง และองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อให้มนุษย์รู้สึกเหมือนกับได้อยู่ในสภาพแวดล้อมจริง และสามารถสัมผัสกับสภาพแวดล้อมนั้นได้

พนิดา ตันศิริ (2553) กล่าวว่า ความจริงเสมือน เป็นการนำระบบความจริงเสมือนมาผนวกกับเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้ และเป็นนวัตกรรมที่มีมาตั้งแต่ปี ค.ศ.2004 จัดเป็นแขนงหนึ่งของงานวิจัยด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ว่าด้วยการเพิ่มภาพเสมือนของโมเดลสามมิติ ที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ลงไปในภาพที่ถ่ายมาจากกล้องวิดีโอเว็บแคม หรือกล้องโนโทรศัพท์มือถือแบบเฟรมต่อเฟรม ด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก ปัจจุบันเทคโนโลยีความจริงเสมือนถูกนำมาประยุกต์ใช้กับธุรกิจต่างๆ ทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ การตลาดการบันเทิง การสื่อสาร โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนมาผนวกเข้ากับเทคโนโลยีภาพผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ และแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ทำให้ผู้ใช้สามารถนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ในการทำงานแบบออนไลน์ ที่สามารถโต้ตอบได้ทันทีระหว่างผู้ใช้กับสินค้า หรืออุปกรณ์ต่อเชื่อมแบบเสมือนจริงของโมเดลแบบสามมิติ ที่มีมุมมองถึง 360 องศา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องไปสถานที่จริง

อภิชาติ อนุกุลเวช และภูวดล บัวบางพลู (2556) กล่าวว่า เทคโนโลยีเสมือนย่อมาจากคำว่า Augmented Reality (AR) อ่านว่า “อ็อกเมนท์เท็ดเรียลลิตี้” เป็นการนำเอาภาพกราฟิก ของคอมพิวเตอร์ของคอมพิวเตอร์ทั้งในรูปแบบที่เป็น 3D 2D หรือ Video มาซ้อนทับเข้ากับฉากหลังซึ่งเป็นภาพในเวลาจริง นอกจากนี้ยังกล่าวถึงความเป็นมาของ AR ว่ามีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่นเป็นอย่างมาก โดยเริ่มต้นแนวคิดนี้ตั้งแต่ปี 1990 และเป็นรูปธรรมในปี 1997 เป็นแนวคิดการผสมผสานสิ่งที่คอมพิวเตอร์แสดงผลด้วยตัวละครเสมือนกับพื้นหลังซึ่งเป็นโลกแห่งความจริงบนพื้นฐานของหลักการแกน 3 มิติ (X-Y-Z)

จากการให้ความหมายและคำจำกัดความจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่านดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ความเป็นจริงเสริม เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้คอมพิวเตอร์สร้างสิ่งต่างๆ ซึ่งเป็นภาพที่ดูเสมือนจริง โดยจะแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต มอนิเตอร์ โปรเจคเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผลที่ใช้งาน

### 2.3.2 ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถแบ่งประเภทตามส่วนวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยมาร์คเกอร์เป็นหลักในการทำงาน (Marker Based Augmented Reality)
2. การวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less Based Augmented Reality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

พินิตา ตันศิริ (2552) กล่าวว่า องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมแบบอาศัยมาร์คเกอร์ในการทำงาน ประกอบด้วย

1. มาร์คเกอร์ (Marker) หรือเรียกว่ามาร์คอัพ (Markup) หรือเออาร์โค้ด (AR-Code)
2. ตัวจับสัญญาณภาพ เช่น กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือหรือ ตัวจับสัญญาณ (Sensor) อื่นๆ
3. ส่วนแสดงผล เช่น จอภาพครอบศีรษะ จอภาพคอมพิวเตอร์ จอภาพโทรศัพท์มือถือ
4. ซอฟต์แวร์ในส่วนการประมวลผลเพื่อสร้างภาพ หรือวัตถุแบบสามมิติ

พื้นฐานหลักของ AR จำเป็นต้องรวบรวมหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detection) การตรวจจับการเต้นหรือการเคาะ (Beat Detection) การจดจำเสียง (Voice Recognize) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยนอกจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่าน Motion Detect แล้วการตอบสนองบางอย่างของระบบผ่านสื่อ่นั้น ต้องมีการตรวจจับเสียงของผู้ใช้ และประมวลผลด้วยหลักการ Beat Detection เพื่อให้เกิดจังหวะในการสร้างทางเลือกแก่ระบบ เช่น เสียงในการสั่งให้ตัว Interactive Media ทำงาน ทั้งนี้การสั่งการด้วยเสียงจัดว่าเป็น AR และในส่วนของ การประมวลผลภาพนั้น เป็นส่วนเสริมจากงานวิจัย ซึ่งเป็นส่วนย่อยของ AR เพราะเน้นไปที่การทำงานของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent : AI) ในการสื่อสารอารมณ์กับผู้ใช้บริการผ่านสีและภาพ

อภิชาติ อนุกุลเวช และภูวดล บัวบางพลู (2556) กล่าวว่า องค์ประกอบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามหลักการทำงานเป็น 4 ส่วน คือ

1. AR-Marker คือ ส่วนที่กำหนดมุมมองและตำแหน่งในการวางวัตถุเสมือนให้กับคอมพิวเตอร์ โดยมีหลักการออกแบบว่าต้องเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและภาพในไม่ซับซ้อนหรือเล็กเกินไป รูปภายในจะต้องมองในมุมทั้งสี่มุม จะต้องมีความแตกต่างกันหมดทุกมุมมองกระดาศที่ใช้ในการพิมพ์ควรใช้กระดาศไม่มันหรือสะท้อนแสง
2. กล้อง Webcam หรือกล้องแสดงภาพจริง ทำการจับภาพของ AR-Marker เพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล
3. เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งบรรจุโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์หา AR-Marker จากนั้นเลือกนำวัตถุเสมือนที่ได้ระบุไว้ตรงกับ AR-Marker
4. หน้าจอแสดงผลทำหน้าที่แสดงผลในเวลาจริง และวัตถุเสมือนที่ได้ทำการวางไว้ที่กล้องคอมพิวเตอร์ขึ้นมาแสดง

Ronald (1997) กล่าวว่า องค์ประกอบสำคัญของเทคโนโลยีเสมือนจริงไว้ว่าจะต้องประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 3 สิ่งด้วยกัน คือ มีความเสมือนจริง (Combines Real and Virtual) มีปฏิสัมพันธ์ในเวลาจริง (Interactive in Real Time) และมีลักษณะเป็น 3 มิติ (Registered in 3D)

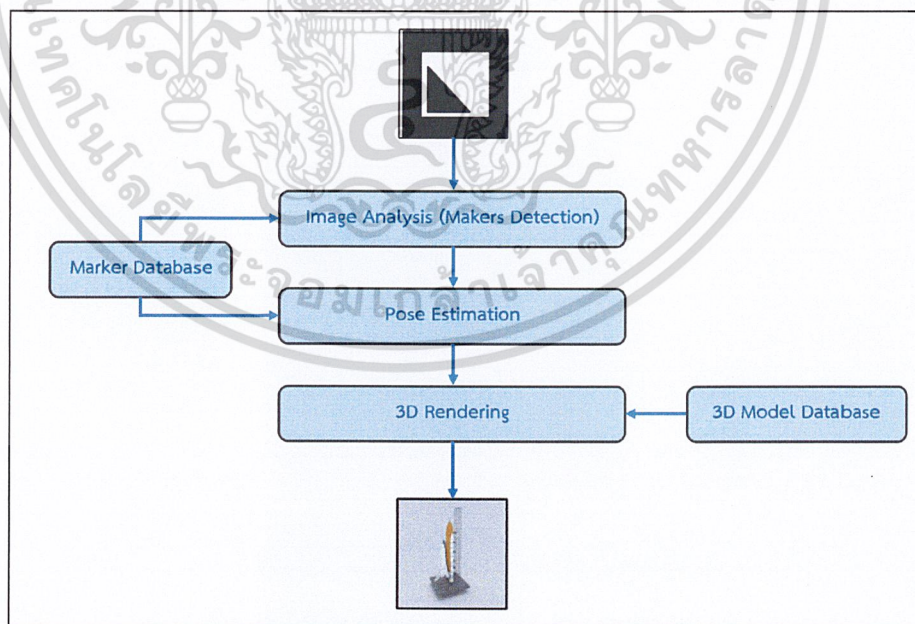
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.4 กระบวนการของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

อภิชาติ อนุกุลเวช และภูวดล บัวบางพลู (2556) กล่าวว่า กระบวนการภายในของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ประกอบด้วย 3 กระบวนการดังนี้

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์ (Marker) จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของมาร์คเกอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของมาร์คเกอร์
2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) ของมาร์คเกอร์เทียบกับกล้อง
3. การสร้างภาพสองมิติจากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้ จนได้ภาพกราฟิกซ้อนทับรูปจริงโดยมีรายละเอียดตามภาพที่ 2.8

พื้นฐานหลักของ AR จำเป็นต้องรวบรวมหลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับการเดินหรือการเคาะ การจดจำเสียง และการประมวลผลภาพ โดยนอกจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวผ่าน Motion Detect แล้วการตอบสนองบางอย่างของระบบผ่านสื่ออื่นนั้นต้องมีการตรวจจับเสียงของผู้ใช้และประมวลผลด้วยหลักการ Beat Detection เพื่อให้เกิดจังหวะในการสร้างทางเลือกแก่ระบบ เช่นเสียงในการสั่งให้ตัว Interactive Media ทำงานทั้งนี้การสั่งการด้วยเสียงจัดว่าเป็น AR และในส่วนของ การประมวลผลภาพนั้นเป็นส่วนเสริมจากงานวิจัยซึ่งเป็นส่วนย่อยของ AR เพราะเน้นไปที่การทำงานของปัญญาประดิษฐ์ ในการสื่ออารมณ์กับผู้ใช้บริการผ่านสีและภาพ



ภาพที่ 2.8 แผนผังกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับสื่อการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.5 การใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมทางการศึกษา

ขั้นตอนการสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงในหนังสือสำหรับการศึกษาร่างกายมนุษย์โดยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน (Pantida 2012) ดังนี้

1. การสร้างโมเดลโครงสร้างร่างกายมนุษย์ 3 มิติ (Create 3D-Anatomical Models) โครงสร้างร่างกายมนุษย์ดังกล่าวสร้างจากโปรแกรม Autodesk 3ds Max9 โดยการสร้างโมเดลจะผ่านการรับรองจากแพทย์นักวิชาการและศิลปินว่าโมเดล 3 มิติดังกล่าวมีความถูกต้องเหมาะสมสวยงาม

2. นำไฟล์โมเดลดังกล่าวออกมาให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ Collada ซึ่งลักษณะโมเดลจะส่งเสริมการศึกษาแบบร่วมมือที่ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับโมเดลดังกล่าวได้

3. สร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงด้วยโปรแกรมเทคโนโลยีเสมือนจริงโดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม FLARManagerLivrabries Version 1.1.0 ซึ่งทำงานร่วมกับไฟล์ Collada

4. สร้างมาร์กเกอร์โดยมาร์กเกอร์จะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมสีขาว-ดำ

5. พิมพ์มาร์กเกอร์ในรูปแบบเอกสารซึ่งผู้สร้างสามารถพิมพ์มาร์กเกอร์โปรแกรมวาดภาพทั่วไปหรือ Adobe Illustrator หรือ Adobe Photoshop โดยผู้สร้างควรบันทึกไฟล์มาร์กเกอร์ในรูปแบบ pattern (.pat)

6. โหลดไฟล์ Collada ทั้งหมดลงในโปรแกรมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมแล้วใช้งาน

Markus, Wang & Lee (2012) ได้เสนอแนะวิธีการออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงสำหรับการเรียนการสอนตามหลักการการศึกษาขั้นพื้นฐานโดยผู้วิจัยได้สรุปลักษณะที่สำคัญในการออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงทางการศึกษาไว้ดังนี้

1. ควรเลือกใช้อุปกรณ์ส่งเสริมการทำงานที่คล่องตัว (Mobile) ใช้งานได้ง่ายและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

2. ขั้นตอนการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงไม่ซับซ้อนใช้สัญลักษณ์การใช้งานที่เป็นสากลสามารถสื่อความหมายกับผู้เรียนได้ง่าย

3. ควรออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงให้สอดคล้องกับภูมิหลังของผู้เรียนหรือแน่ใจว่าผู้เรียนเคยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงหรือมีการทดสอบผู้เรียนก่อนสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อให้สามารถออกแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงได้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน

4. ควรแน่ใจว่าผู้เรียนทุกคนสามารถใช้งานเทคโนโลยีเสมือนจริงได้

5. สัญลักษณ์หรือข้อมูลต่างๆควรมีสีสันสดใสและกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจเนื่องจากสีจะช่วยให้ผู้เรียนต้องการเรียนหรือใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงได้นานกว่าสีขาว-ดำ

Steve, Gallayanee & Erik (2011) กล่าวว่าไว้ว่าบทบาทของเทคโนโลยีเสมือนจริงด้านการศึกษาไว้ว่าเทคโนโลยีเสมือนจริงช่วยส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้เกิด

สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (Learning Environments) ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยนำเสนอประสบการณ์ที่ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นได้เช่นสภาพภูมิศาสตร์สภาพภายในร่างกายของมนุษย์สถานการณ์จำลองต่างๆส่งเสริมความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนและระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์มีการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการเรียนการสอนในหลายแขนงเช่นการฝึกอบรมทางการแพทย์การจำลองการสำรวจวิศวกรรมเครื่องกลการออกแบบสถาปัตยกรรมจากการศึกษาข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นการนำข้อมูลดิจิทัลซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของข้อความภาพกราฟิกภาพเคลื่อนไหวเสียงคลิป์วิดีโอและโมเดล 3 มิติมาผนวกซ้อนทับสัญลักษณ์หรือมาร์กเกอร์โดยใช้สภาพแวดล้อมจริงในเวลาจริงเป็นฉากหลังแสดงข้อมูลนั้นนอกจากนี้ยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ผ่านโปรแกรมเทคโนโลยีเสมือนจริงผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

### 2.3.6 โลกเสมือนผสมโลกจริงกับการจัดการเรียนรู้

วิวัฒน์ มีสุวรรณ (2554) กล่าวว่า การนำเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมโลกจริงมาจัดการเรียนรู้เป็นมิติใหม่ทางการศึกษาทำให้ผู้เรียนมีความสนใจใฝ่รู้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ได้เพิ่มมากขึ้นเกิดปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงเข้าสู่ห้องเรียนนำเอาประสบการณ์เข้าสู่สถานการณ์จริงที่ผสมผสานกับสถานการณ์เสมือนจริงสามารถเรียนรู้เรื่องที่สุดคล้องกับความสามารถและความต้องการของตนเองสามารถสร้างความรู้และประสบการณ์ได้โดยตรง

มนุษย์มีการเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 ซึ่งการนำโลกเสมือนผสมโลกจริงจึงเป็นการตอบสนองต่อประสาทสัมผัสการรับรู้ทางตาและทางหูด้วยการแสดงผลผ่านจอภาพและอุปกรณ์สร้างเสียงและรวมไปถึงความหลากหลายของส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของโลกแห่งความจริงสภาพแวดล้อมในความเป็นจริงเสมือนส่วนมากจะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นแสดงทั้งบนจอคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์แสดงผล 3 มิติซึ่งเป็นการจำลองภาพบางอย่างและสามารถนำเสนอข้อมูลสารสนเทศที่หลากหลายตอบสนองต่อระบบประสาทสัมผัสด้วย

โลกเสมือนผสมโลกจริงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆเกี่ยวข้องในการศึกษาให้ข้อมูลสาระด้านการศึกษากับผู้เรียนได้ผู้เรียนสามารถสัมผัสประสบการณ์ใหม่ๆในมิติที่เสมือนจริงผู้เรียนเกิดกระบวนการร่วมกันเรียนรู้ครูผู้สอนเสริมสร้างความรู้ของผู้เรียนผ่านการสาธิตสนทนารูปแบบการเรียนรู้แบบปรับเปลี่ยนเป็นโลกเสมือนผสมโลกจริงมากขึ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจลึกซึ้งในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้

สถานศึกษานักการศึกษาผู้สอนเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในการนำเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงมาใช้เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่มีความหมายลึกมากขึ้นเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้เรียนรู้กับสถานที่หรือวัตถุที่เฉพาะเจาะจงเหมาะกับเนื้อหาที่เรียนรู้ด้วยภาพ 3 มิติโดยการผนวกเข้ากับการเรียนรู้แบบสำรวจด้วยเทคโนโลยีมือถือและอุปกรณ์ทันสมัยใหม่ที่ทำให้การเรียนสามารถจะขยายออกหรือย้ายการเรียนรู้นอกห้องเรียนมากขึ้นส่งเสริมการเรียนรู้อาจรูปแบบเดิมและในบางกรณีเทคโนโลยีโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสมือนผลงานโลกจริงสามารถผนวกเข้ากับรูปแบบการเรียนรู้อื่นๆเข้าไปเช่นการนำมาใช้กับเกม การศึกษานำมาใช้กับกิจกรรมส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและนำมาใช้กับการเรียนรู้แบบทำหาย

### 2.3.7 โปรแกรม ZAPPAR

Zappar เป็นโปรแกรมออนไลน์สำหรับพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) Zappar พัฒนาขึ้นโดย Dr. Simon Taylor และ Connell Gauld จากมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ ได้ร่วมก่อตั้งขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.2007 สร้างสำเร็จและปล่อยแอปพลิเคชันเมื่อปี ค.ศ.2011 ในปี ค.ศ.2013 ได้มีการผลิตคิวดิ้น Zapcode ขึ้น และในปี ค.ศ.2014 เปิดให้บุคคลทั่วไปสามารถสร้าง Zapcode เองได้ ซึ่งสามารถสร้าง Zapcode ผ่านเว็บไซต์ <https://zap.works/>

Zapcode เป็น marker ที่ซ่อนเนื้อหาในรูปแบบต่างๆ เมื่อสแกนภาพ Zapcode จากกล้องของสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Zappar ซึ่งรองรับทั้งระบบ iOS และ Android จะพบกับเนื้อหาที่ถูกซ่อนไว้ เช่น วิดีโอ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหวสามมิติ เว็บไซต์ เป็นต้น

ZapWorks เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสร้าง AR ประกอบไปด้วยเครื่องมือหลัก 3 ชนิด ได้แก่ WIDGETS, DESIGNER และ STUDIO ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้สามารถสร้างสรรค์งาน AR ได้หลากหลายรูปแบบและมีประสิทธิภาพ

#### 1. คุณสมบัติของ Zappar

ผู้สร้างสามารถอัปโหลดไฟล์วิดีโอแบบ YouTube และ Vimeo สามารถสร้างอัลบั้มรูปภาพสไตล์แกลเลอรี นามบัตรในลักษณะความเป็นจริงเสริม AR อีกทั้งสามารถเชื่อมโยงเว็บไซต์ Social Network และนำ Zapcode ไปบูรณาการกับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในส่วนรูปแบบไฟล์เสียงที่รองรับ ได้แก่ MP3, OGG, MP4 รูปแบบไฟล์ภาพที่รองรับ ได้แก่ PNG, JPEG ขนาดของภาพไม่เกิน 10MB/ภาพ รูปแบบไฟล์วิดีโอที่รองรับ ได้แก่ AVI, MP4, MOV, 3GP, FLV วิดีโอมีขนาดไม่เกิน 500MB/ไฟล์ ความยาวไม่ควรเกิน 10 นาที/ไฟล์ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ (สุพจน์ พวงศิริ : 2559)

## 2.4 การออกแบบและการสร้างหนังสือสื่อประสม

การออกแบบและการสร้างหนังสือสื่อประสมตามแนวความคิดของ Robert Gagne (อ้างใน ปรัชญนันท์ นิลสุข. 2554 : 85-93) สรุปลงเป็นขั้นตอนต่างๆ 9 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นที่ 1 เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention)** ก่อนที่จะเริ่มเรียนนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนควรที่จะได้รับแรงกระตุ้น และแรงจูงใจให้อยากที่จะเรียน ดังนั้นบทเรียนจึงควรเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ สี และเสียง หรือการประกอบกันหลายๆอย่างโดยสิ่งที่สร้างขึ้นมานั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อหาไปในตัว ตามลักษณะของบทเรียน การเตรียมตัวและการกระตุ้นผู้เรียนในขั้นแรกก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ การสร้าง Title ของบทเรียนนั่นเอง ข้อสำคัญประการหนึ่งในขั้นนี้คือ Title นั้น ควรออกแบบ เพื่อให้สายตาผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ

**ขั้นที่ 2 บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives)** การบอกวัตถุประสงค์ของการเรียนในบทเรียนนั้น นอกจากผู้เรียนจะารู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาแล้ว ยังเป็นการบอกผู้เรียนถึงโครงสร้างเนื้อหาอีกด้วย และการที่ผู้เรียนทราบถึงโครงร่างของเนื้อหาอย่างกว้างนี้เอง จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหา ให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาส่วนใหญ่ได้ ซึ่งจะมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้นและนอกจากจะมีผลดังกล่าวแล้ว การวิจัยยังพบว่าผู้เรียนที่ทราบวัตถุประสงค์ของการเรียนก่อนเรียน จะสามารถจำและเข้าใจเนื้อหาได้ดีกว่าอีกด้วย การบอกวัตถุประสงค์ทำได้หลายแบบ ตั้งแต่แบบที่เป็นวัตถุประสงค์กว้างๆ จนกระทั่งการบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

**ขั้นที่ 3 ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior knowledge)** ก่อนที่จะให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน ซึ่งในส่วนของเนื้อหาและแนวความคิดนั้นๆ ผู้เรียนอาจจะไม่มีพื้นฐานมาก่อน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบโปรแกรมควรจะต้องหาวิธีการประเมินความรู้เดิม ในส่วนที่จำเป็นที่จะรับความรู้ใหม่ ทั้งนี้นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว สำหรับผู้ที่มีพื้นฐานมาแล้วยังเป็นการทบทวน หรือให้ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนได้รู้มาก่อน เพื่อช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่อีกด้วย

ในขั้นทบทวนความรู้เดิมนี้นี้ ไม่จำเป็นว่าจะต้องเป็นการทดสอบเสมอไป หากเป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นเป็นชุดเรียนที่เรียนต่อๆ กันไปตามลำดับ การทบทวนความรู้เดิมอาจเป็นในรูปแบบของการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนถึงสิ่งที่ได้เรียนมาก่อนหน้านี้ การกระตุ้นดังกล่าวอาจแสดงด้วยคำพูด (คำอ่าน) หรือภาพ หรือเป็นการผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสม มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเนื้อหาด้วย

**ขั้นที่ 4 นำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)** การเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบคำพูดที่สั้น ง่าย และได้ใจความเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้คำพูด (คำอ่าน) เพียงอย่างเดียว ภาพช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้จริงอยู่ว่าบาง Concept นั้น มีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบวิธีหนึ่ง คือ วิธีการสร้างภาพจากความหมาย

**ขั้นที่ 5 ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)** ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดการระบบการเสนอเนื้อหาที่ดี สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม หรือความรู้เดิมของผู้เรียน ทฤษฎีได้กล่าวว่าการเรียนรู้ที่กระจำงชัด (Meaningful Learning) นั้น ทางเดียวที่จะเกิดขึ้นได้คือ การที่ผู้เรียนวิเคราะห์และตีความเนื้อหาใหม่ บนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมรวมกันเป็นความรู้ใหม่ พยายามหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนั้นยังต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาคำรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้น มีความกระจำงชัดเท่าที่จะทำได้ เทคนิคการใช้ภาพเปรียบเทียบดังกล่าวข้างต้น เทคนิคการใช้ตัวอย่าง (Example) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง (No Example) อาจช่วยให้ผู้เรียนแยกแยะ และเข้าใจแนวความคิดต่างๆ ชัดเจนขึ้น

**ขั้นที่ 6 กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)** ทฤษฎีการเรียนรู้หลายทฤษฎีที่กล่าวว่าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเพียงใดนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา การถามการตอบในด้านการจำนั้น ย่อมจะดีกว่าผู้เรียนโดยการอ่าน หรือการคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว

**ขั้นที่ 7 ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)** การให้ Feedback เป็นภาพการช่วยเร้าความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าภาพนั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามการให้ Feedback เป็นภาพ หรือ Visual Feedback นี้ อาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูว่าหากทำผิดมากๆ แล้วจะเกิดอะไรขึ้น

**ขั้นที่ 8 ทดสอบความรู้ (Access Performance)** เป็นการทดสอบความรู้ใหม่ ซึ่งอาจเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียน หรือการทดสอบช่วงท้ายของบทเรียน เป็นสิ่งจำเป็น การทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบสนองเอง การทดสอบเพื่อเก็บคะแนน หรือการทดสอบเพื่อวัดค่าว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์ต่ำสุด เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไปหรือยัง อย่างไรก็ตามหนึ่งก็ได้ การทดสอบดังกล่าว นอกจากจะเป็นการประเมินการเรียนรู้แล้ว ยังมีผลในการจำระยะยาวของผู้เรียนอีกด้วย ข้อสอบจึงควรเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน

**ขั้นที่ 9 การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)** ขั้นสุดท้ายนี้จะ เป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวน หรือซักถามปัญหา ก่อนจบบทเรียน ในขั้นนี้เองที่ผู้สอนจะได้แนะนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจจะแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นของ Robert Gagne นั้น เป็นเทคนิคการออกแบบที่ใช้ได้ทั่วไป แต่โดยตรงวัตถุประสงค์หลักแล้วสามารถใช้ได้กับการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบหนังสือสื่อประสม ก็คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนได้เกิดจากความรู้สึกใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง ดัดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะการเรียนรู้ในปัจจุบัน ขั้นการสอน 9 ขั้นนี้ ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับตามที่เรียงไว้และไม่จำเป็นต้องมีครบทั้ง 9 ขั้น ขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำกันจนน่าเบื่อหน่าย

## 2.5 การหาประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่าเพื่อเป็นการประกันว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์สอนเสริมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำต้องคำนึงถึงกระบวนการและผลลัพธ์ โดยกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีค่าเป็น  $E_1/E_2$

$E_1$  หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียนคิดเป็นร้อยละจากการตอบคำถามของแบบทดสอบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้ถูกต้อง

$E_2$  หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ การคำนวณหา ค่า  $E_1$  และ  $E_2$  มีสูตรการคำนวณดังนี้

1. การคำนวณค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ )

$$E_1 = \frac{\sum x}{N} \times 100 \quad (2.1)$$

$E_1$  หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียนคิดเป็นร้อยละจากการตอบคำถามของแบบทดสอบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้ถูกต้อง

$\sum X$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบแต่ละหน่วยการเรียนรู้

$N$  หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด

$A$  หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบแต่ละหน่วยการเรียนรู้

2. การคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ )

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100 \quad (2.2)$$

$E_2$  หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

$\sum F$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน

$N$  หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด

$B$  หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ให้ความเห็นเกี่ยวกับเกณฑ์ประสิทธิภาพที่เหมาะสมไว้ว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เป็นความรู้ความเข้าใจนั้นควรใช้เกณฑ์ 90/90 สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาที่เป็นวิชาทักษะควรใช้เกณฑ์ 80/80 ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์สอนเสริม การทดลองหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรต้องดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. แบบเดี่ยว (1 : 1) นำหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ไปทดลองกับผู้เรียน 1-3 คน โดยทดลองกับผู้เรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน การทดลองแต่ละครั้งต้องปรับปรุง สื่อการสอนให้ดีขึ้น

2. แบบกลุ่ม (1 : 10) นำหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน ที่มีความสามารถคละกัน แล้วทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น

3. ภาคสนาม (1 : 100) นำหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ไปทดลองใช้กับผู้เรียนตั้งแต่ 30-100 คน หากการทดลองภาคสนามให้ค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้จะต้องปรับปรุงหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสงและทำการทดสอบหาประสิทธิภาพซ้ำอีก

ในกรณีที่ประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสงที่สร้างขึ้นไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้เนื่องจากมีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ เช่น สภาพห้องเรียน ความพร้อมของผู้เรียน บทบาทและความชำนาญในการใช้หนังสือสื่อประสมที่สร้างขึ้น อาจอนุโลมให้มีระดับผิดพลาดได้ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ประมาณ 2.5 % - 5 %

ในการพัฒนาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งประสิทธิภาพของบทเรียน  $E_1/E_2$  ตามเกณฑ์ 80/80 และในการสร้างบทเรียนนี้มุ่งใช้ประโยชน์ในการทบทวนเนื้อหาให้สามารถศึกษาเนื้อหาได้ด้วยตนเอง

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

พิชิต อ้วนไตร (2553) การวิจัยครั้งนี้เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่องระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ จีเอสเอ็ม และซีดีเอ็มเอ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จำนวน 40 คนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม แบบประเมินคุณภาพ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่นและประสิทธิภาพของบทเรียนคือ  $E_1/E_2$

ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่องระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม และซีดีเอ็มเอ มีคุณภาพ ด้านเนื้อหา ( $\bar{X} = 4.50$ , S.D. = 0.46) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

( $\bar{X} = 4.51$ , S.D. = 0.46) จัดอยู่ในระดับดีมาก ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 84.58/86.25 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดคือ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 85/85 ดังนั้นบทเรียนจึงมีประสิทธิภาพช่วยสอนเสริมได้

ปาณิสรา รจิตบรรจง (2553) การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมแบบจำลองสถานการณ์ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมแบบจำลองสถานการณ์บนอินเทอร์เน็ต และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมแบบจำลองสถานการณ์ และกลุ่มควบคุมเรียนในชั้นเรียนปกติ โดยเนื้อหาของบทเรียนมีทั้งหมด 12 บท โดยกล่าวถึง ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์ วงจรไฟฟ้าต่างๆ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการอ่านค่าและการคำนวณค่าต่างๆ ของวงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นำเสนอเนื้อหาด้วยสื่อมัลติมีเดียและการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบกระบวนการ โปรแกรม Macromedia Flash โปรแกรม Adobe Photoshop โปรแกรม Camtasia Studio ใช้สำหรับสร้างเนื้อหาละจัดการสื่อ ในบทเรียนได้แก่ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว (Animation) การจำลองสถานการณ์จริง (Simulation) และการตัดต่อวิดีโอ และระบบ LMS Learn Square ใช้ในการจัดการบนเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีแรกรับเข้าจำนวน 70 คน ของภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน ผลการทดลอง พบว่าประสิทธิภาพ 83.05/84.37 สูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80 เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมแบบจำลองสถานการณ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมเรียนในชั้นเรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อำนาจ ชิตทอง (2555) ได้ทำการค้นคว้าอิสระการประยุกต์เทคนิคความเป็นจริงเสริมเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับโครงสร้างไม้ โดยการค้นคว้าแบบอิสระ เรื่อง การประยุกต์เทคนิคความเป็นจริงเสริมเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับโครงสร้างไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสื่อการสอนสำหรับอาจารย์ผู้สอนและผู้เรียนสามารถนำไปทบทวนและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างไม้ ในกระบวนการวิชาการเขียนแบบเบื้องต้น 1 โดยเลือกโมเดลจากโครงสร้างไม้ของบ้านทรงล้านนา แบบเรือนแฝดยกใต้ถุนสูง

ผู้ศึกษาได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาความจริงเสมือน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ เทคนิคการพัฒนาระบบด้วยภาษา Action Script 3.0 เพื่อใช้สำหรับการตรวจหามาร์คเกอร์ ที่ได้กำหนดไว้ และใช้หลักการคำนวณตำแหน่งเชิง 3 มิติ โดยการเปรียบเทียบภาพจากกล้องวิดีโอ (3D Pose Estimation) เพื่อแสดงผล 3 มิติบนมาร์คเกอร์ ส่วนที่สอง คือ การพัฒนาวัตถุ 3 มิติ (Model) ที่สามารถใช้เป็นสื่อการสอนเรื่องโครงสร้างไม้ ด้วยโปรแกรมด้าน 3 มิติ ก่อนนำมาใช้งานกับระบบที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาขึ้นมาร่วมกับมาร์คเกอร์ด้านการใช้งานผู้ใช้สามารถนำกล้องวิดีโอมาส่งกับมาร์คเกอร์ที่เตรียมไว้ จากนั้นระบบจะแสดงวัตถุ 3 มิติในจอภาพ

ผลการศึกษาจากการประเมินการใช้งานโดยผู้ใช้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สอนและกลุ่มผู้เรียน โดยสรุป คือ ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความน่าสนใจ และสามารถกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุดร้อยละ 76.00 และผู้ใช้งานมีความเข้าใจในบทเรียนภายหลังการใช้งานระบบมากขึ้นถึงร้อยละ 68.00

อันชรี ไชยหนูช (2555) บทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตแบบทบทวน วิชาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนบทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตแบบทบทวน วิชาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานโทรคมนาคม วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชูทิศ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียน  $E_1/E_2 = 80.21/82.88$  สอดคล้องกับสมมุติฐานที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตแบบทบทวน วิชาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 สามารถใช้เพื่อสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

อาทิตยา บุญเกิด (2557) ได้ทำการศึกษา เรื่องการสร้างบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริง วิชาคอมพิวเตอร์ เรื่องการใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวาสุเทวีจำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายด้วยการจับฉลากเลือกห้อง โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาคุณภาพบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริงวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ส่วนเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.31 อยู่ในระดับดี และด้านสื่อมัลติมีเดีย พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับดี ผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5 อีกทั้งผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริงวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน เนื่องจาก เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ มีความแปลกใหม่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคึกคัก ออกแบบได้น่าสนใจเหมาะสมกับผู้เรียน และอธิบายได้อย่างชัดเจน

เอกพจน์ เขียวคล้าย (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทเรียนสอนเสริม เรื่อง ระบบโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพประสิทธิภาพของบทเรียนสอนเสริม เรื่อง ระบบโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนสอนเสริม เรื่อง ระบบโทรศัพท์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ประชากรตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุมัติฯ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา เครื่องรับโทรทัศน์ จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนสอนเสริม เรื่อง ระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนสอนเสริม ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียน สอนเสริม เรื่อง ระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X}=4.59$ , S.D.=0.45) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X}=4.53$ , S.D.=0.42) 2) ประสิทธิภาพของบทเรียนสอนเสริม เรื่อง ระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล เท่ากับ 81.17/81.21 ซึ่งสอดคล้องเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (E1/E2) ไม่น้อยกว่า 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน เรื่อง ระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัลด้วยบทเรียนสอนเสริม หลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01

ธาดา คำฟูบุตร (2557) ทำวิจัยเรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนเรื่อง การใช้มัลติมีเตอร์เบื้องต้น ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการทางวิศวกรรม 1 คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 40 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากรายห้อง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น แบบประเมินคุณภาพของบทเรียน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถฝึกปฏิบัติ ด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงมาตรฐาน และค่าสถิติที่ทดสอบที่ (t-test) แบบ dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X}=4.67$ , S.D.=0.35) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X}=4.65$ , S.D.=0.50) 2) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ (82.83/81.85) นักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

การเรียนการสอนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนเรื่อง การใช้มัลติมีเตอร์ เบื้องต้น มีการนำเสนอเป็นแบบรูปภาพ และเสียง หากต้องการเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาของ บทเรียนมากขึ้นนั้นอาจจะเพิ่มเติมในส่วน ภาพเคลื่อนไหวและวิดีโอลงในเนื้อหาที่มีความยากต่อการ ทำความเข้าใจ ทั้งนี้อาจจะทำให้ให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

ศณฎา สีก่อม (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือน จริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยี ภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่ม ตัวอย่างที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ กับกลุ่มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนด้วยการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ (03376308) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกแบบเจาะจงได้กลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียน ซึ่งจัดเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน รวม 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง แบบประเมิน คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย เทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีผลการวิจัยดังนี้ 1) สื่อการเรียนรู้ด้วย เทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา อยู่ในระดับ ดีมาก ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D.=0.38) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.70$ , S.D.=0.32) 2) สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.78/82.10 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อ การเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง สูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ที่ระดับ .01

อานนท์ แทนไชยสง และ อภิชาติ เหล็กดี (2558) วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนา แอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนต์เตดเรียลลิตี้ 2) เพื่อ ประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนต์ เตดเรียลลิตี้ 3) เพื่อสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนต์เตดเรียลลิตี้

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) แอปพลิเคชันสื่อเสมือน เรื่องอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยี ออกเมนต์เตดเรียลลิตี้ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย แอปพลิเคชัน และหนังสือประกอบ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ 2) คุณภาพของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ใน ระดับมากที่สุด 3) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ชาญฤทธิ์ อรุณสวัสดิ์ (2560) ได้ทำการวิจัย เรื่อง สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือน จริง เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังน้ำการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยี ภาพเสมือนจริง เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ที่มีคุณภาพ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้ด้วย เทคโนโลยี ภาพเสมือนจริง เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยสื่อการเรียนรู้ ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังน้ำ แบบประเมินคุณภาพบทเรียนและแบบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 30 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาพลังงานที่ยั่งยืนซึ่งใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับสลากรายห้อง ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังน้ำ ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.04$ , S.D.=0.42) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.69$ , S.D.=0.29) ส่วนประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง โรงไฟฟ้า พลังน้ำมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.73/83.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดวงกลม อังอำนาจยศิริ (2560) ทำวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 32 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากแบบรายชื่อโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์ที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์ ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.54$ , S.D. = 0.58) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.61$ , S.D. = 0.33)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อบรรยายด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆดังนี้

- 3.1 ประชากร
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
- 3.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (5 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง รหัสวิชา 03376612 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 36 คน

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 3 ประเภทประกอบด้วย

1. หนังสือสื่อบรรยายด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง
2. แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของหนังสือสื่อบรรยายด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง
3. แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การสร้างเครื่องมือ

#### 3.3.1 หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

3.3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการสร้างหนังสือสื่อประสม โดยศึกษารายละเอียดตลอดจนวิธีการพัฒนาหนังสือสื่อประสม จากตำราเอกสาร และวิทยานิพนธ์

3.3.1.2 วิเคราะห์สังเขปรายวิชา การสื่อสารเส้นใยแสง รหัสวิชา 03376612 โดยรายวิชา สามารถนำเนื้อหา วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง ที่จะนำมาสร้างเป็นหนังสือสื่อประสม เนื่องจากเป็นวิชาที่ว่าด้วยการสื่อสารเส้นใยแสงและสามารถนำมาประยุกต์เป็นเข้ากับบทเรียนที่สร้างขึ้นได้

3.3.1.3 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้ดังนี้

- (1) เพื่อให้นักศึกษาสามารถบอกข้อดี ข้อเสียของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงได้
- (2) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายชนิดและคุณสมบัติต่างๆ ของเส้นใยแสงได้
- (3) เพื่อให้นักศึกษาสามารถบอกรูปแบบและอธิบายการเดินทางแสงในเส้นใยแสงได้
- (4) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการเกิดและคำนวณหาจำนวน Propagation Mode ในเส้นใยแสงได้
- (5) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายวิธีการสร้างเส้นใยแสงชนิดต่างๆ ได้
- (6) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการในการกำเนิดแสงและคุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสงได้
- (7) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการในการรับแสงและคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสงได้
- (8) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์แสงอื่นๆ ได้
- (9) เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการส่งสัญญาณแสงและการออกแบบระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงได้
- (10) เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการและขั้นตอนการทดสอบสายเคเบิลเส้นใยแสงก่อนนำไปใช้งานได้

3.3.1.4 ศึกษาค้นคว้ารวบรวมเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่องที่ทำวิจัยโดยกำหนดขอบเขตเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยค้นคว้าจากตำราวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง สื่ออินเทอร์เน็ต หรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง และสืบค้นข้อมูล รูปภาพ สื่อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.5 ปรีกษาอาจารย์ผู้สอนรายวิชาการสื่อสารเส้นใยแสง เพื่อตรวจสอบเนื้อหาของรายวิชาว่าบทเรียนและเนื้อหาที่ทำขึ้น สามารถนำไปใช้ในการเรียนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ หากยังไม่เหมาะสมจะได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมอีกครั้ง

3.3.1.6 หลังจากผ่านขั้นตอนการวางแผนสร้างหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง แล้วผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบบทเรียนและจัดลำดับของเนื้อหาในบทเรียนซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 8 หน่วยเรียน โดยมีเนื้อหาดังนี้

#### หน่วยที่ 1 บทนำ

- 1.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง
- 1.2 ข้อดีของระบบการสื่อสารเส้นใยแสง
- 1.3 ประวัติของการพัฒนาการสื่อสารด้วยแสง

#### หน่วยที่ 2 หลักการเบื้องต้นของแสง

- 2.1 ธรรมชาติของแสง
- 2.2 ความยาวคลื่นของแสง
- 2.3 คุณสมบัติของแสง

#### หน่วยที่ 3 เส้นใยแสง

- 3.1 ลักษณะของเส้นใยแสง
- 3.2 ลักษณะการเดินทางของแสงภายในเส้นใยแสง
- 3.3 ชนิดของเส้นใยแสง
- 3.4 คุณลักษณะในการส่งสัญญาณของเส้นใยแสง
- 3.5 โครงสร้างของเส้นใยแสง

#### หน่วยที่ 4 การสร้างเส้นใยแสง

- 4.1 การสร้างเส้นใยแสงด้วยวิธีการหลอมโดยตรง
- 4.2 การสร้างเส้นใยแสงจากแท่งแก้วพรีฟอร์ม

#### หน่วยที่ 5 เคเบิลเส้นใยแสงและการเชื่อมต่อ

- 5.1 การออกแบบเคเบิลเส้นใยแสง
- 5.2 ตัวอย่างของเส้นใยแสง
- 5.3 การเชื่อมต่อเส้นใยแสง

#### หน่วยที่ 6 อุปกรณ์กำเนิดแสง

- 6.1 หลักการในการกำเนิดแสงของอะตอม
- 6.2 การกำเนิดแสงและโครงสร้างของ LEDs
- 6.3 การกำเนิดแสงและโครงสร้างของ LDs
- 6.4 คุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์กำเนิดแสง
- 6.5 วงจรขับสำหรับอุปกรณ์กำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน่วยที่ 7 อุปกรณ์รับแสง

- 7.1 หลักการในการตรวจจับสัญญาณแสงของสารกึ่งตัวนำ
- 7.2 โครงสร้างของไดโอดรับแสงแบบ PIN
- 7.3 โครงสร้างของไดโอดรับแสงแบบ APD
- 7.4 คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง

## หน่วยที่ 8 ระบบการสื่อสารเส้นใยแสง

- 8.1 ระบบการสื่อสารเส้นใยแสงแบบแอนะล็อก
- 8.2 ระบบการสื่อสารเส้นใยแสงแบบดิจิทัล

หลังจากแบ่งหน่วยการเรียนรู้แล้วเขียนผังการทำงานโดยเริ่มตั้งแต่แนะนำการใช้หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง การเรียนตามหน่วยเรียนต่างๆ และการวัดผลท้ายหน่วยการเรียนรู้

### 3.3.1.7 จัดทำแบบร่าง (Story Board) ของบทเรียนจากผังการทำงานที่สร้างขึ้น

3.3.1.8 นำแบบร่างที่จัดทำขึ้นเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง หลังจากปรับปรุงแก้ไขแบบร่างตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเรียบร้อยแล้ว จึงนำแบบร่างไปสร้างเป็นหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

3.3.1.9 ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมด้านเนื้อหา ของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยนำบทเรียนที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมทำการพิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขหลังจากปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมแล้ว นำบทเรียนที่สร้างเสนอผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา 3 ท่าน ทำการพิจารณาและประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา ของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยมีรายชื่อดังต่อไปนี้

1. ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผศ.ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.1.10 ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยนำหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่สร้างขึ้น เสนอผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ทำการพิจารณาและประเมินคุณภาพ ทางด้านการผลิตสื่อของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใย แสง โดยมีรายชื่อดังต่อไปนี้

1. ดร.อภิชาติ อนุกุลเวช หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน วิทยบริการ และห้องสมุด แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
2. ผศ.ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ในการประเมิน คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้านจะต้องมีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ผลที่ได้ปรากฏว่า ทางด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 (รายละเอียดในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.1 - จ.2)

ปรับปรุงและแก้ไขตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ แนะนำสรุปได้ดังนี้

1. ควรแบ่งช่วงการนำเสนอของเนื้อหาให้มีความกระชับ
2. ควรปรับปรุงรูปแบบ ขนาดและตัวอักษร
3. ควรปรับปรุงเสียงบรรยายให้มีความชัดเจนไม่มีเสียงรบกวน
4. ควรปรับปรุงขนาดและความคมชัดของวีดีโอ
5. ควรปรับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ควรเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก

7. ควรปรับภาพให้มีถูกต้องและมีความสอดคล้องกับเนื้อหา

3.3.1.11 หลังจากทราบผลการประเมินคุณภาพทั้งทางด้านเนื้อหาและทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแก้ไขหนังสือสื่อประสม ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม แล้วจึงนำหนังสือสื่อประสม ที่ได้ไปทำการหาประสิทธิภาพโดยดำเนินการดังนี้

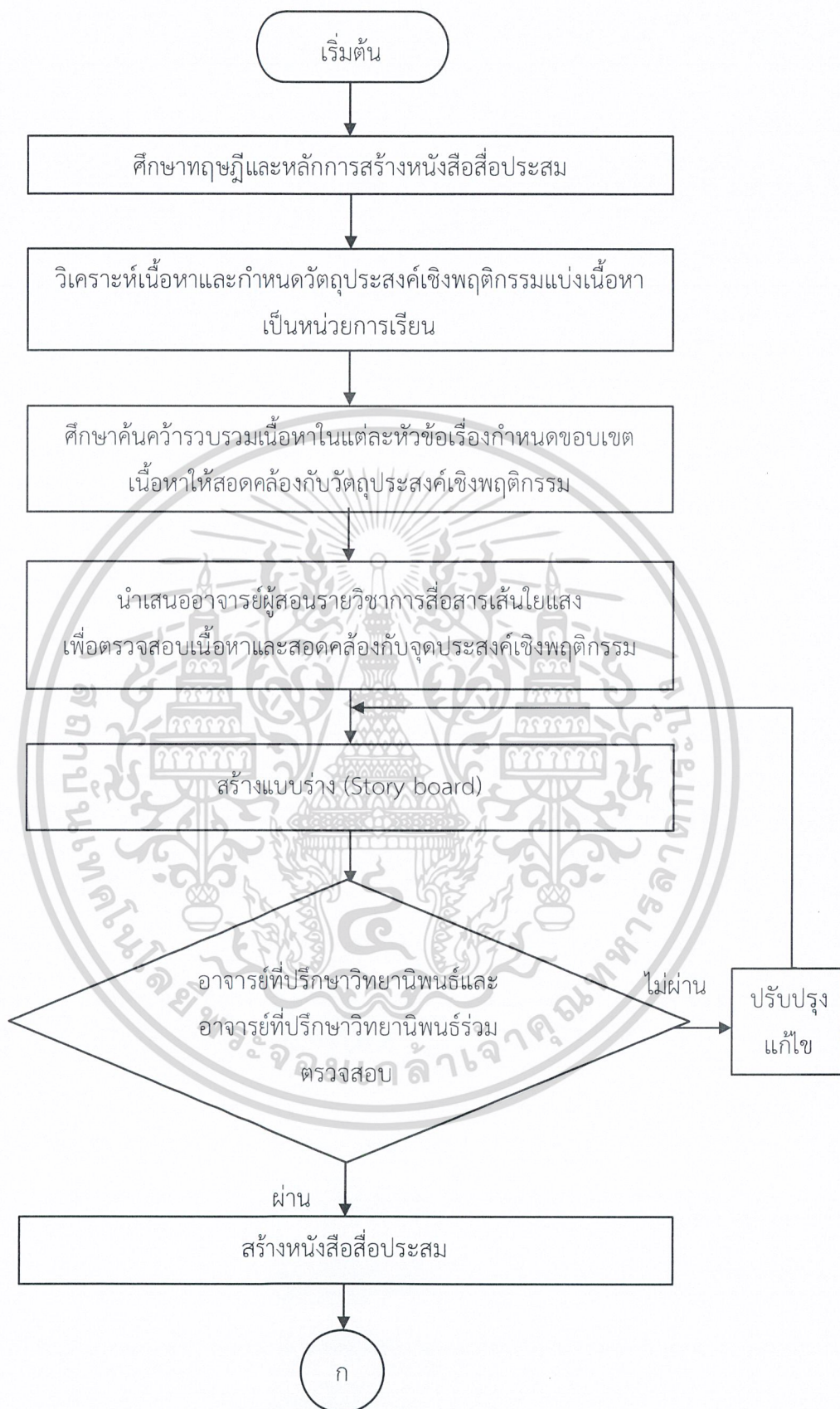
(1) ทดลองแบบเดี่ยว โดยใช้ผู้เรียนจำนวน 3 คน ที่ไม่ใช่ประชากรตัวอย่าง ซึ่งมีผลการเรียนอยู่ในระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน โดยเลือกจากผลการเรียนเฉลี่ยสะสมโดยให้ทดลองเรียนด้วยหนังสือสื่อประสมที่สร้างขึ้น และแสดงความคิดเห็นที่มีต่อหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง การทดลองครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาของการใช้หนังสือสื่อประสม หากจุดบกพร่อง เช่น การแสดงภาพกราฟิกช้าหรือเร็วเกินไปหรือไม่ การนำเสนอเนื้อหาที่ยากต่อการเข้าใจหรือไม่ เป็นต้น

(2) ทดลองแบบกลุ่ม โดยใช้ผู้เรียนจำนวน 6 คน ที่ไม่ใช่ประชากรตัวอย่าง ซึ่งมีผลการเรียนอยู่ในระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 2 คน โดยเลือกจากผลการเรียนเฉลี่ยสะสม โดยให้ทดลองเรียนด้วยหนังสือสื่อประสมที่สร้างขึ้น และแสดงความคิดเห็นที่มีต่อหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง การทดลองครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำความคิดเห็นของผู้เรียนทั้ง 6 คน มาทำการแก้ไขบทเรียนสอนเสริมที่สร้างขึ้น ให้มีความพร้อมก่อนที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยกับประชากรตัวอย่าง เพื่อตอบจุดประสงค์ของการวิจัยแล้วนำความคิดเห็นที่ได้ไปทำการปรับปรุงแก้ไข

(3) ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ

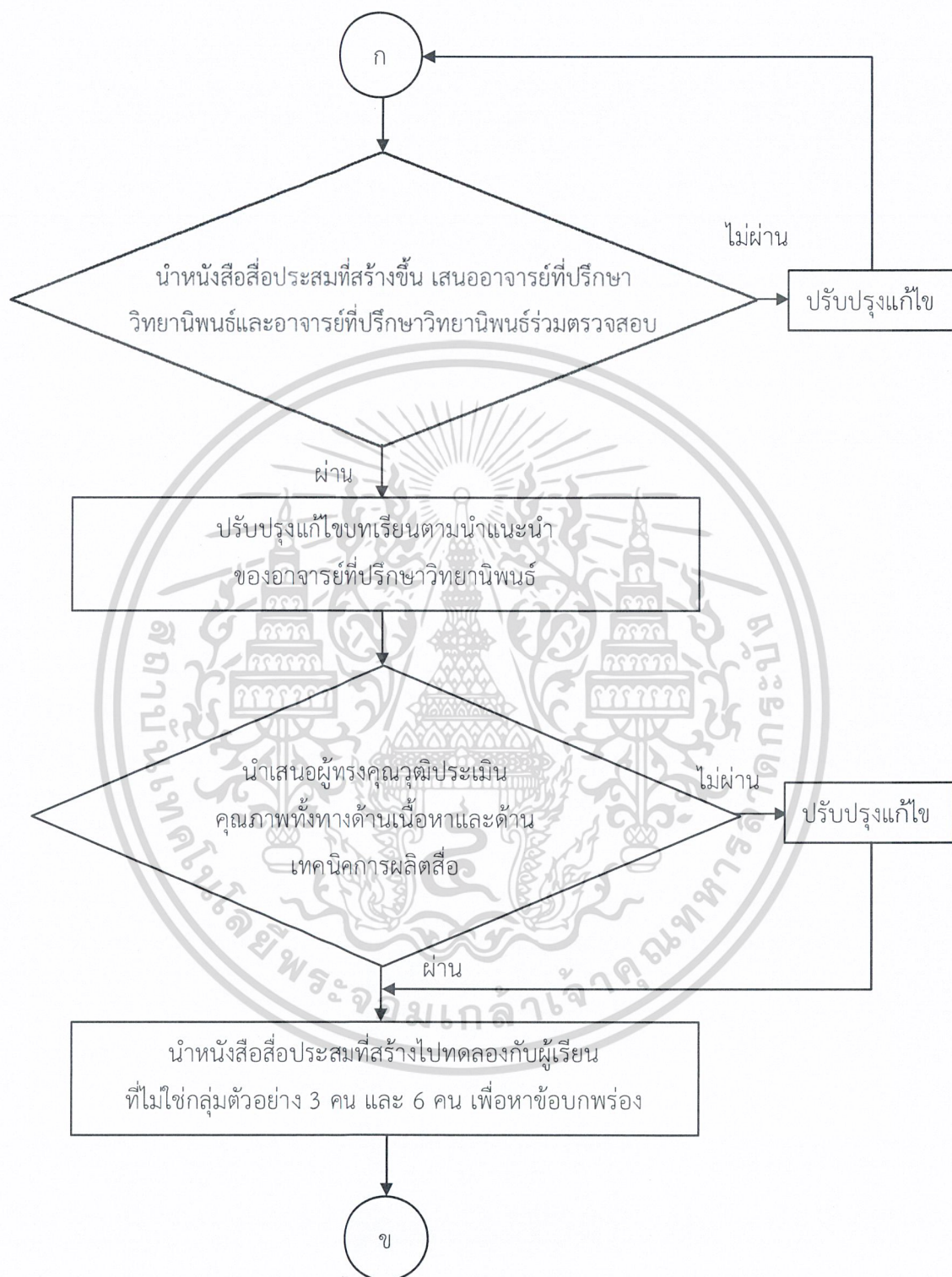
(4) ทดลองภาคสนาม เป็นการทดลองกับประชากรตัวอย่าง 36 คน เพื่อนำผลการทดลองไปตอบจุดประสงค์ของการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



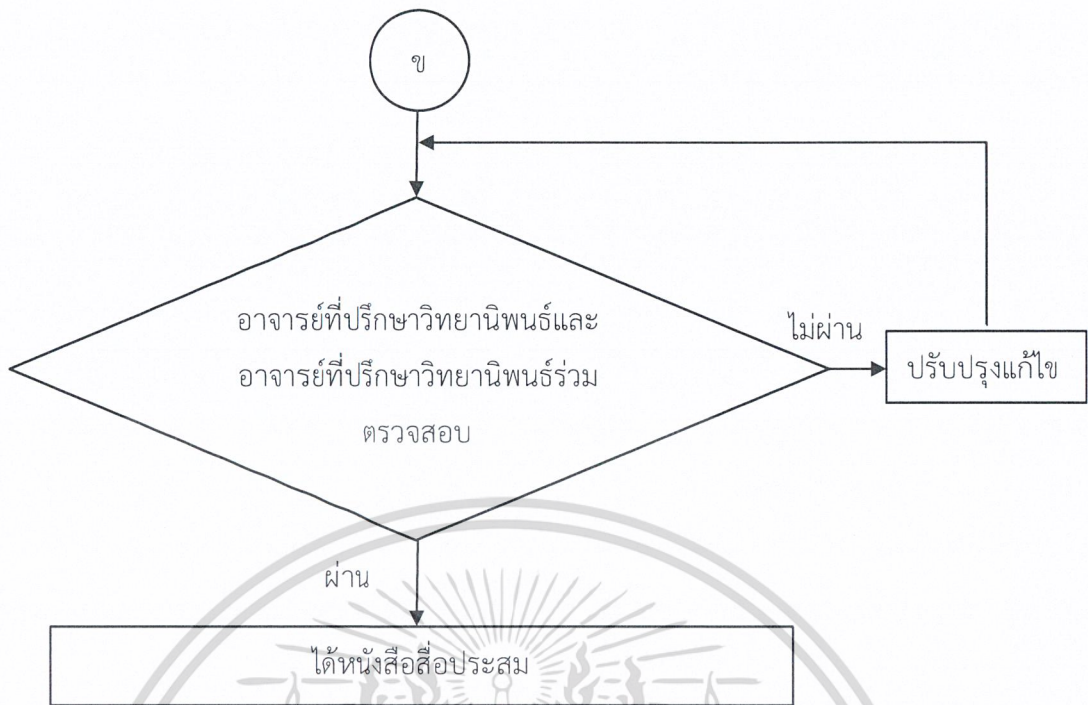
ภาพที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการสร้างหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม วิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

### 3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสม

การสร้างแบบประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสมมีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสม จากตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสม โดยผู้วิจัยได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ (รวิวรรณ ชินะตระกูล, 2535 : 123) โดยใช้วิธีของ Likert Scale ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 หนังสือสื่อประสมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 4 หนังสือสื่อประสมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ระดับ 3 หนังสือสื่อประสมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หนังสือสื่อประสมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1 หนังสือสื่อประสมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสม

ระดับ 4.50-5.00 คุณภาพของหนังสือสื่อประสมอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 3.50-4.49 คุณภาพของหนังสือสื่อประสมอยู่ในระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 2.50-3.49 คุณภาพของหนังสือสื่อประสมอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 1.50-2.49 คุณภาพของหนังสือสื่อประสมอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1.00-1.49 คุณภาพของหนังสือสื่อประสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.3.2.3 นำแบบประเมินคุณภาพของหนังสือสื่อประสม ฉบับร่างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบประเมินหาข้อบกพร่อง พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

### 3.3.3 การสร้างแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังภาพที่ 3.2

3.3.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างและเทคนิคการสร้างแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ จากเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและการสร้างแบบทดสอบ

3.3.3.2 ศึกษาเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของหนังสือสื่อประสมที่สร้างขึ้น

3.3.3.3 สร้างแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จำนวน 106 ข้อ

3.3.3.4 นำแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน พิจารณา (รายละเอียดในภาคผนวก ข) การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้ (พร้อมพรรณ อุทมสิน. 2538 : 84) ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตั้งแต่ 0.50 – 1.00

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (3.1)$$

IOC หมายถึง ดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$  หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

n หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวนข้อสอบ 106 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 100 ข้อ

3.3.3.5 นำแบบทดสอบที่ได้จำนวน 100 ข้อไปทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 30 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อ แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 โดยใช้สูตรดังนี้

1. การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2543 : 185)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ P หมายถึง ความยากง่าย  
R หมายถึง จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก  
N หมายถึง จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81 - 1.00 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

0.60 - 0.80 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ดี)

0.40 - 0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดีมาก)

0.20 - 0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ดี)

0.00 - 0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

2. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543 : 186)

$$D = \frac{R_U - R_L}{N} \quad (3.3)$$

เมื่อ D หมายถึง อำนาจจำแนกรายข้อ  
 $R_U$  หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง  
 $R_L$  หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน  
N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมด

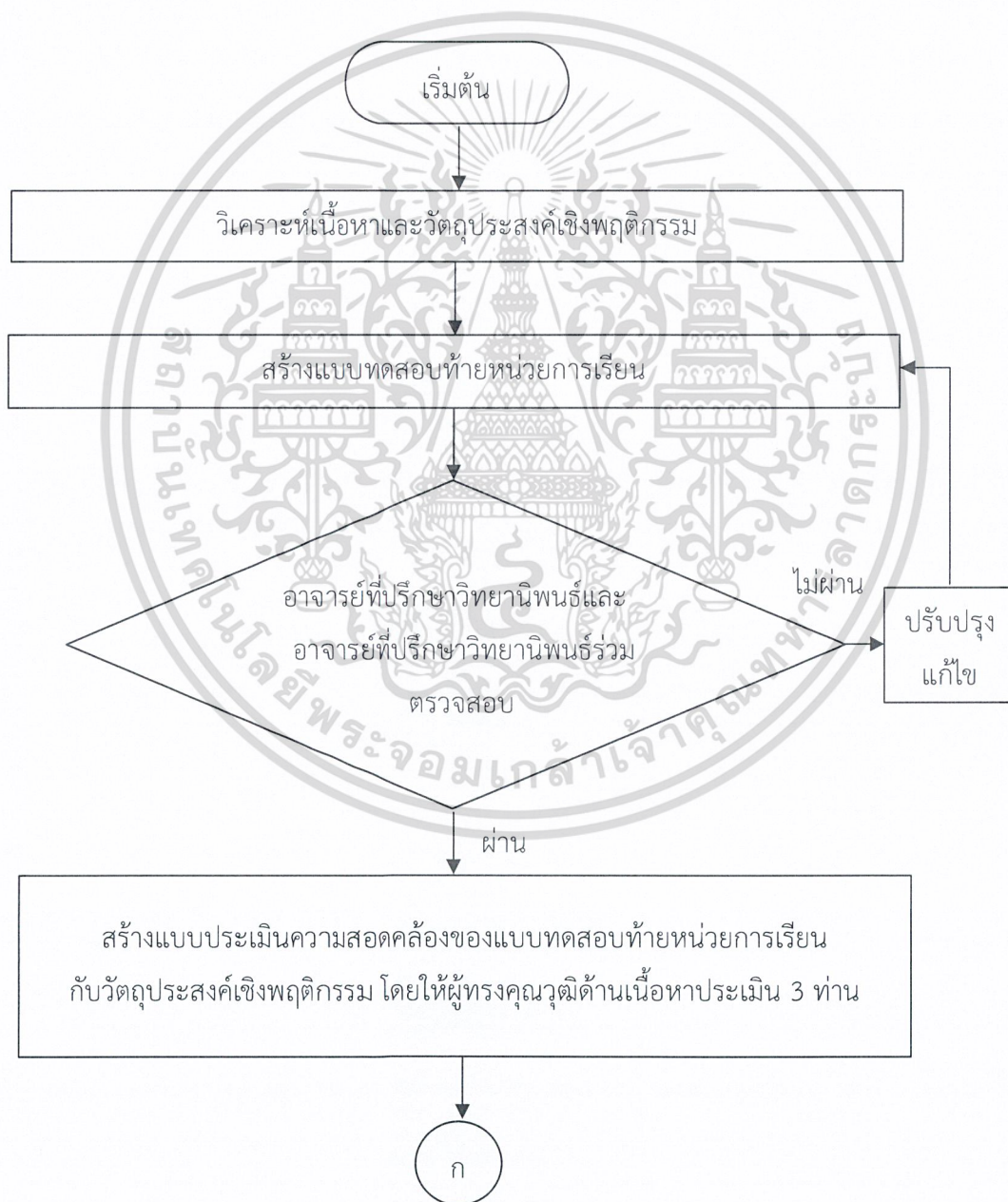
ขอบเขตของค่า D และความหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 0.4 ขึ้นไป อำนาจจำแนกสูง คุณภาพดีมาก
- 0.30-0.39 อำนาจจำแนกปานกลาง คุณภาพพอสมควร
- 0.20-0.29 อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ คุณภาพพอใช้ได้
- 0.00-0.19 อำนาจจำแนกต่ำ คุณภาพใช้ไม่ได้

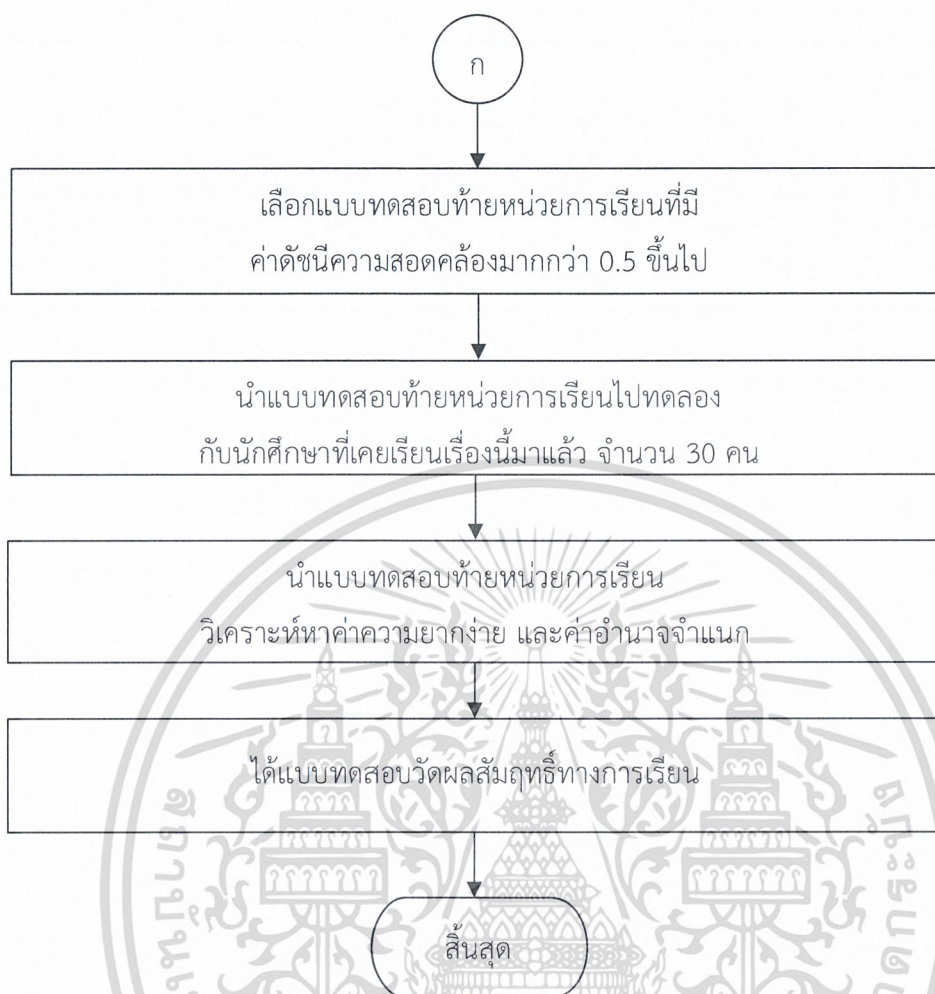
ผลการหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.80 ได้ข้อสอบจำนวน 92 ข้อ โดยเลือกเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 80 ข้อ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค ดังตารางที่ ค.3)

3.3.2.7 ได้แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 (ต่อ)

### 3.3.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังภาพที่ 3.3

3.3.4.1 ศึกษาวิธีการสร้างและเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและการสร้างแบบทดสอบ

3.3.4.2 ศึกษาเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของหนังสือสื่อประสมที่สร้างขึ้น

3.3.4.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จำนวน 76 ข้อ

3.3.4.4 นำแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา (รายละเอียดในภาคผนวก ข) การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยสูตรการคำนวณมีดังนี้ (พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2538 : 84) ซึ่งจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตั้งแต่ 0.50 – 1.00

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (3.1)$$

IOC หมายถึง ดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$  หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

$n$  หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

แสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวนข้อสอบ 76 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 70 ข้อ

3.3.4.5 นำแบบทดสอบที่ได้จำนวน 70 ข้อไปทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 30 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อ แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 โดยใช้สูตรดังนี้

1. การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (ลัวน สายยศและอังคณา สายยศ. 2543 : 185)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ P หมายถึง ความยากง่าย

R หมายถึง จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N หมายถึง จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81 - 1.00 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

0.60 - 0.80 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 0.40 - 0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดีมาก)  
 0.20 - 0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ดี)  
 0.00 - 0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

2. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543 : 186)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}} \quad (3.3)$$

เมื่อ	D	หมายถึง	อำนาจจำแนกรายข้อ
	$R_U$	หมายถึง	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
	$R_L$	หมายถึง	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
	N	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ขอบเขตของค่า D และความหมาย

- 0.4 ขึ้นไป อำนาจจำแนกสูง คุณภาพดีมาก  
 0.30-0.39 อำนาจจำแนกปานกลาง คุณภาพพอสมควร  
 0.20-0.29 อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ คุณภาพพอใช้ได้  
 0.00-0.19 อำนาจจำแนกต่ำ คุณภาพใช้ไม่ได้

ผลการหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.07 – 1.00 ได้ข้อสอบจำนวน 62 ข้อ โดยเลือกเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค ดังตารางที่ ค.4)

3.3.2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR.20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 125) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ มีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งฉบับเท่ากับ 0.89

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3.4)$$

เมื่อ	$r_{tt}$	หมายถึง	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	หมายถึง	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p	หมายถึง	สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบถูก
	q	หมายถึง	สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบผิด
	$S_t^2$	หมายถึง	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไม่เหมาะสมหรือมีข้อผิดพลาดใดๆ กรุณาแจ้งให้ทราบทันที ไม่อย่างนั้นจะถือว่ากรณินี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไม่เหมาะสมหรือมีข้อผิดพลาดใดๆ กรุณาแจ้งให้ทราบทันที ไม่อย่างนั้นจะถือว่ากรณินี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

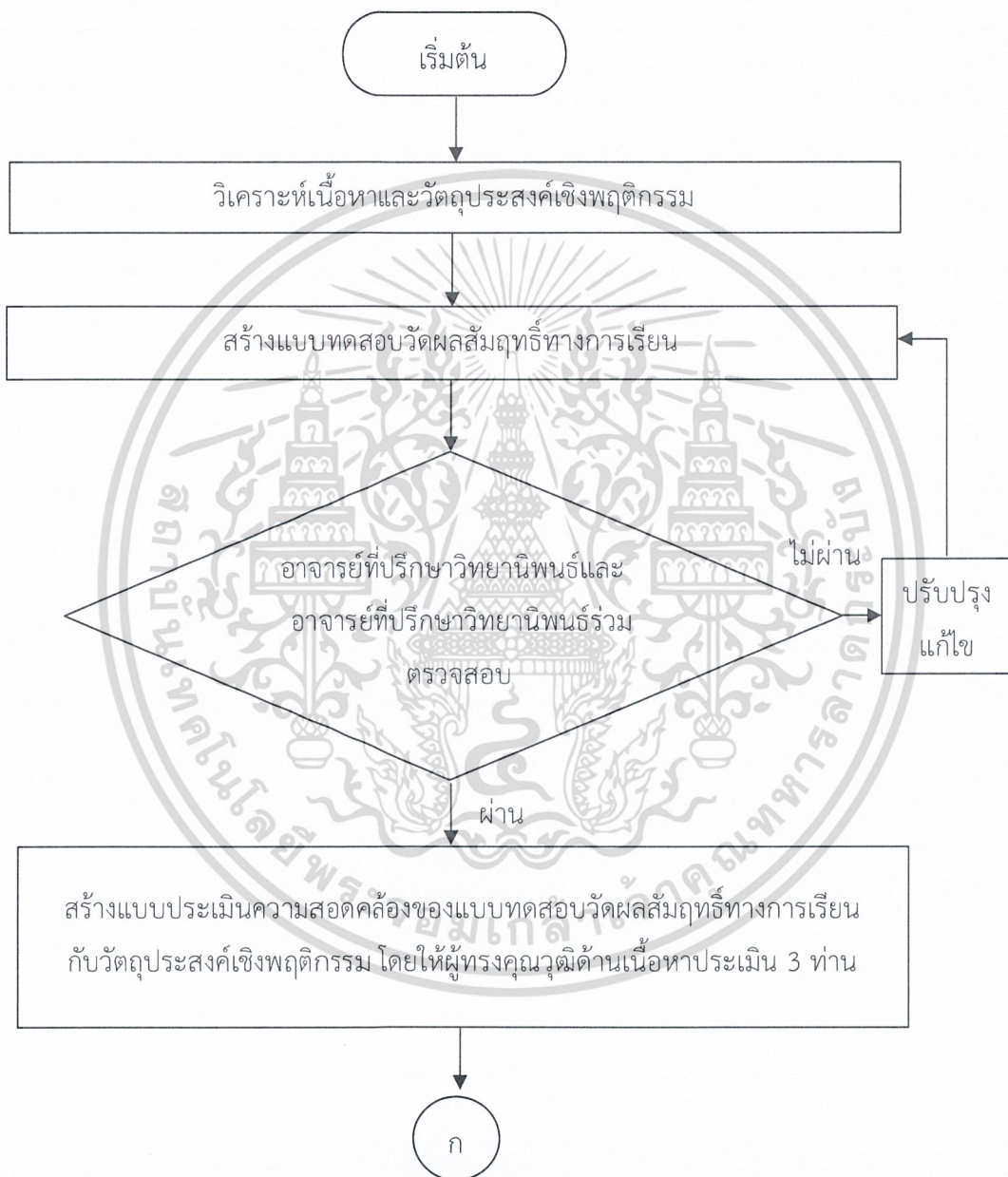
เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

0.7 – 1.0 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.4 – 0.6 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.3 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

3.3.2.7 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 (ต่อ)

### 3.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.4.1 ทำหนังสือขออนุญาต และขอความอนุเคราะห์จากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 กำหนดห้องที่ทำการใช้หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง พร้อมแจ้งให้ประชากรตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการใช้หนังสือสื่อประสม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ครั้งที่	เรื่อง	สถานที่	วัน/เวลา
1	บทนำ, หลักการเบื้องต้นของแสง	IE 3303	13/02/63, 09.00-12.00
2	เส้นใยแสง, การสร้างเส้นใยแสง	IE 3303	20/02/63, 09.00-12.00
3	เคเบิลเส้นใยแสงและการเชื่อมต่อ, อุปกรณ์กำเนิดแสง	IE 3303	27/02/63, 09.00-12.00
4	อุปกรณ์รับแสง, ระบบการสื่อสารเส้นใยแสง	IE 3303	12/03/63, 09.00-12.00
5	สอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	IE 3303	14/03/63, 09.30-11.00

3.4.3 ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการเรียนรู้พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้หนังสือสื่อประสม

3.4.4 ให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ด้วยตนเองตามลำดับเนื้อหา เมื่อเรียนเสร็จในแต่ละบท ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายแต่ละหน่วยการเรียนรู้

3.4.5 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสงโดยใช้ข้อมูลทางสถิติ  $E_1/E_2$

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ใช้สูตร  $E_1/E_2$  (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556 : 139)

$$E_1 = \frac{\sum x}{A} \times 100 \quad (3.5)$$

เมื่อ  $E_1$  หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้รวมกัน

$\sum x$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

$\sum F$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- N หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด
- A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้
- B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

$$E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100 \tag{3.6}$$

- เมื่อ  $E_2$  หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจาก เรียนหนังสือสัปดาห์ได้ถูกต้อง
- $\sum x$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้
- $\sum F$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนรู้
- N หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด
- A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้
- B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

3.5.2 สถิติที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนในการหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ 3.7 และสมการ 3.8 (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 : 103)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \tag{3.7}$$

- เมื่อ  $\sum x$  หมายถึง คะแนนรวม
- $X$  หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน
- N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ
- $\bar{X}$  หมายถึง ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิ

$$S.D. = \sqrt{\frac{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}{N(N-1)}} \tag{3.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	S.D	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\Sigma x$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
	X	หมายถึง	คะแนนนักเรียนแต่ละคน

3.5.3 สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนกับหลังเรียน ของประชากรตัวอย่างเป็นการเปรียบเทียบ ด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ t-test แบบ Dependent (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 112)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} \quad (3.9)$$

โดยที่  $df = N-1, \alpha = .01$

เมื่อ	D	หมายถึง	ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$\sum D$	หมายถึง	ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน
	$\sum D^2$	หมายถึง	ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนยกกำลังสอง
	N	หมายถึง	จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ

นำค่า t ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่า t ในตาราง ถ้าค่ามากกว่าแสดงว่าคะแนนการทดสอบหลังเรียน แตกต่างจากคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามระดับที่กำหนด

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการหาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

#### 4.1 ผลการหาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

การหาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ได้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งผลจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ในแต่ละด้าน ได้นำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการหาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.33	0.58	ดี
2	เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.33	0.58	ดี
3	เนื้อหา มีความถูกต้องและชัดเจน	4.67	0.58	ดีมาก
4	ปริมาณเนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.67	0.58	ดีมาก
5	ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา มีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
6	ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในการนำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก
7	ความถูกต้องของภาพที่ใช้ประกอบกับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
8	ความถูกต้อง เหมาะสมของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวประกอบเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
9	ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวม		4.59	0.50	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการหาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) มีค่าเท่ากับ 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเท่ากับ 0.50 แสดงว่าหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีรายการประเมินด้านเนื้อหาที่อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 6 รายการคือ ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม เนื้อหาที่มีความถูกต้องและชัดเจน ปริมาณเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในการนำเสนอ ความถูกต้องของภาพที่ใช้ประกอบกับเนื้อหา ความเหมาะสมของเวลา การนำเสนอเนื้อหา และมีรายการประเมินด้านเนื้อหาที่อยู่ในระดับดี จำนวน 3 รายการคือ เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน ความถูกต้อง เหมาะสมของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวประกอบเนื้อหา (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.1) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิต่างด้านเนื้อหาดังนี้ เพิ่มขนาดตัวอักษรของเนื้อหาหนังสือสื่อประสม เพิ่มความคมชัดให้กับภาพที่แสดงในหนังสือสื่อประสม ทำการปรับภาพที่แสดงให้มีความถูกต้องและมีความสอดคล้องกับเนื้อหา

ตารางที่ 4.2 ผลการคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ			
	1.1 รูปเล่มของสื่อมีความน่าสนใจ	4.33	0.58	ดี
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบ และวิธีการนำเสนอ	4.33	0.58	ดี
	1.3 ความเหมาะสมของ Marker ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล	4.33	0.58	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	1.4 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน	4.67	0.58	ดีมาก
	1.5 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอในแต่ละหัวข้อ	4.33	0.58	ดี
เฉลี่ยรวม		4.40	0.51	ดี
2	<b>ภาพประกอบสื่อ</b>			
	2.1 คุณภาพของภาพที่เพิ่มความคมชัด	4.67	0.58	ดีมาก
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพและคำอธิบาย	4.33	0.58	ดี
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในหนังสือสื่อประสม	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในหนังสือสื่อประสม	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวม		4.58	0.51	ดีมาก
3	<b>ตัวอักษรประกอบสื่อ</b>			
	3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
เฉลี่ยรวม		4.44	0.53	ดี
4	<b>วิดีโอประกอบสื่อ</b>			
	4.1 วิดีโอสอดคล้องกับเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
	4.2 วิดีโอมีขนาดเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
	4.3 วิดีโอมีความคมชัดเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
	4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวม		4.42	0.58	ดี
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.46	0.50	ดี

จากตารางที่ 4.2 ผลการด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อทั้ง 3 ท่าน โดยมีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) มีค่าเท่ากับ 4.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าเท่ากับ 0.50 แสดงว่าหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ซึ่งมีรายการประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 6 รายการ และมีรายการประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่อยู่ในระดับดี จำนวน 10 รายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.2) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อดังนี้ มีการปรับแบ่งช่วงการนำเสนอของเนื้อหาให้มีความกระชับ รูปแบบขนาด ตัวอักษร และภาพที่ใช้ในการนำเสนอปรับปรุงให้มีความคมชัด อีกทั้งยังได้ปรับปรุงด้านเสียงบรรยายให้มีความชัดเจนไม่มีเสียงรบกวน

#### 4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

ผู้วิจัยได้นำหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน โดยให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ด้วยตนเอง ซึ่งมีนำเสนอเนื้อหาประกอบด้วย 8 หน่วยการเรียนรู้ เมื่อนักศึกษาทำการเรียนเสร็จในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้ว จะทำแบบทดสอบเรียนท้ายหน่วยการเรียนรู้ของทุกหน่วยการเรียนรู้ เป็นจำนวน 80 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 และเมื่อผู้เรียนเรียนครบ 8 หน่วยการเรียนรู้ แล้วมีการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้ง 8 หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 50 ข้อ คิดคะแนนทั้งหมดเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ผลการหาประสิทธิภาพของหนังสือกับสมมติฐานการวิจัย
คะแนนทดสอบระหว่างเรียน ( $E_1$ )	80	65.78	82.22	เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด 80/80
คะแนนทดสอบหลังเรียน ( $E_2$ )	50	40.81	81.61	

จากตารางที่ 4.3 ผลจากคะแนนรวมนำมาคิดเป็นค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน ปรากฏว่าผลของคะแนนทดสอบระหว่างเรียน ( $E_1$ ) ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าร้อยละ 82.22 และผลของคะแนนทดสอบหลังเรียน ( $E_2$ ) ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าร้อยละ 81.61 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80 แสดงว่าหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.3 – จ.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนโดย  
หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

คะแนน แบบทดสอบ	จำนวน นักศึกษา	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ยรวม ( $\bar{x}$ )	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t
ก่อนเรียน	36	50	23.58	6.08	25.38*
หลังเรียน	36	50	40.81	2.20	

\*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ( $\alpha = .05$ , df. = 35)

จากตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนเรียนและ  
หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน ปรากฏว่าก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยรวม 23.58 ค่าเบี่ยงเบน  
มาตรฐาน 6.08 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยรวม 40.81 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.20 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนของหลังเรียนโดยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสาร  
เส้นใยแสงสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้  
(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ ดังตารางที่ จ.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยมีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปได้ดังนี้

### 5.1 สรุปผลวิจัย

1. ผลการหาคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อด้านละ 3 ท่าน ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพของหนังสือสื่อประสมในด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x}=4.59$ , S.D.= 0.50) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ( $\bar{x}=4.46$ , S.D.= 0.50) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ( $E_1/E_2$ ) ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยคะแนนแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ ( $E_1$ ) ได้จากผลการเรียนรู้ของนักศึกษาที่ทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้รวมกัน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.22 และคะแนนที่ได้จากการแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ( $E_2$ ) ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.61 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ t-test for Dependent Samples เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับที่ .05 หรือกล่าวได้ว่าหลังการเรียนด้วยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง นักศึกษาเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

### 5.2 การอภิปรายผลวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการพัฒนาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง สามารถแบ่งอภิปรายผลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ด้านคุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

จากผลการวิจัยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง พบว่าผลการวิเคราะห์ของผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากเนื้อหาที่ใช้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาที่มีความถูกต้อง มีความเหมาะสมกับระดับของนักศึกษา และลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหามีความเหมาะสม และจากผลการวิเคราะห์ของผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักศึกษาสามารถใช้หนังสือสื่อประสมได้ตลอดเวลาที่ต้องการศึกษา โดยสามารถเลือกศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ที่ต้องการศึกษาได้ตามอัธยาศัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงมล อัง อำนวยศิริ (2560 : 55-59) ทำวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศกรรม ชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 32 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากแบบบรายน้อย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์ที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์ ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.54, S.D. = 0.58$ ) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.61, S.D. = 0.33$ )

## 2. ด้านประสิทธิภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

จากผลการวิจัยหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง โดยนำไปทดลองกับประชากรตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (5 ปี) แขนงวิชาวิศกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาครุศาสตร์วิศกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 36 คน พบว่า ประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.22/81.61 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80 เนื่องจากหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ที่สร้างขึ้นได้ผ่านการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาตามลำดับ แต่ละขั้นตอนได้รับการเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและผู้ทรงคุณวุฒิ โดยได้แก้ไขข้อบกพร่องตามข้อเสนอแนะทางด้านเนื้อหาบทเรียนอย่างเหมาะสมก่อนไปทดลองใช้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธาดา คำฟูบุตร (2557) ทำวิจัยเรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนเรื่อง การใช้มัลติมีเตอร์เบื้องต้น โดยมีวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้น โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการทางวิศวกรรม 1 คณะ ครุศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 40 คน ซึ่งใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากรายห้อง ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์เบื้องต้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ (82.83/81.85)

### 3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $\bar{x} = 23.58$ , S.D.= 6.08) สูงกว่า ก่อนเรียน ( $\bar{x} = 40.81$ , S.D.= 2.20) ซึ่งค่า t เท่ากับ 25.38 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ได้ออกแบบมาสำหรับให้นักศึกษาเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างเป็นอิสระ สามารถเลือกเนื้อหาก่อนหลังได้ตามความต้องการ ลดความแตกต่างระหว่างผู้เรียน อีกทั้งยังสามารถทบทวนการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณรงค์กร สีจันทร์ (2559 : 138-144) ทำวิจัยเรื่อง บทเรียนบนแท็บเล็ต เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำพื้นฐาน พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนบนแท็บเล็ต เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำพื้นฐาน มีคะแนนหลังเรียน ( $\bar{x} = 41.77$ ) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ( $\bar{x} = 24.73$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง สามารถนำไปใช้ในการศึกษาได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถเลือกเนื้อหาที่ต้องการศึกษาได้ตามต้องการอีกด้วย
2. หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง สามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มเติม สำหรับทำเป็นสื่อการเรียนการสอนออนไลน์ เช่นหากในกรณีเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติหรือโรคระบาด ผู้เรียนสามารถเรียนออนไลน์ได้
3. หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง ในส่วนของหน่วยที่ 5 เคเบิลเส้นใยแสงและการเชื่อมต่อ สามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้การเชื่อมต่อเส้นใยแสงไปใช้ในการปฏิบัติได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). เทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. อรุณการพิมพ์.
- ขจรศักดิ์ บ่อมสนาม. (2544). “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การเชื่อมต่อเส้นใยแสง” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564. กรุงเทพมหานคร. สหมิตร.
- จงเจริญ แจ่มมาก. (2556). “การพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงภายนอกอาคาร” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน” วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน, หน้า 7-19.
- ชาญยุทธ์ อรุณสวัสดิ์. (2560). “สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง โรงไฟฟ้าพลังน้ำ” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณัฐวี อดุลยภูมิ และนवल วงศ์วิวัฒน์ไชย. (2555). “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อช่วยในการสอนเรื่องตัวอักษรภาษาอังกฤษ A-Z” ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ดวงกมล อังอานวยศิริ. (2560). “สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่อง การใช้งานมัลติมีเตอร์” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธาดา คำฟูบุตร. (2557). “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนเรื่อง การใช้มัลติมีเตอร์เบื้องต้น.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นันทรัตน์ ศรีน้อย. (2548). “การพัฒนาบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องกระบวนการผลิตเส้นใยแสง” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- น้ำทิพย์ วิภาวิน. (2542). ห้องสมุดยุคใหม่กับไอที. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- นิตยา กาญจนวรรณ. (2535). ภาษาไฮเทค. กรุงเทพฯ. แอด พับลิชชิง.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ. สุวีริยาสาส์นจำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปรัชญนันท์ นิลสุข. (2554). เทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ปานิสรา รจิตบรรจง. (2553). “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมแบบจำลองสถานการณ์บนอินเทอร์เน็ตในการปรับพื้นฐาน เรื่อง พื้นฐานวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พนิดา ต้นศิริ. (2552) “โลกเสมือนผสานโลกจริง (Augmented reality).” วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- พรเทพ เมืองแมน. (2544). “หลักการออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Authorwar” ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2538). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชิต อ้วนไตร. (2553). “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเรื่องระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ จีเอสเอ็ม และซีดีเอ็มเอ” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พุทธพงศ์ จิตรปฏิมา. (2542). คอมพิวเตอร์กราฟิกและภาพเคลื่อนไหว. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์นามมีบุ๊กส์
- มนุชา อ้อสกุล. (2546). “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ยีน ภู่วรรณ. (2545). พจนานุกรมคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2535). วิธีวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ. ภาพพิมพ์.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ. สุวีริยาสาส์น จำกัด.
- วิทยา วัฒนสุโขประสิทธิ์. (2545). “เทคโนโลยีเครื่องจักรกลเสมือน.” วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี.
- วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2554). “การเรียนรู้ด้วยการสร้างโลกเสมือนผสานโลกจริง.” วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศณฎา สีก่อม. (2559). “สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562.

อภิชาติ อนุกุลเวช และภูวดล บัวบางพลู. (2556). “องค์ประกอบของการพัฒนาสื่อ AR.” เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการผลิตสื่อดิจิทัลแบบเสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยี AR บนสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ตด้วยโปรแกรม Aurasma. การประชุมเชิงปฏิบัติการการดำเนินกิจกรรมบนระบบเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการพัฒนาการศึกษา WUNCA ครั้งที่ 27. วิทยาเขตกาญจนบุรี. กาญจนบุรี. มหาวิทยาลัยมหิดล.

อมรชัย ชัยชนะ. (2562). “การสื่อสารเส้นใยแสง” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อันชรี ไชยหนู. (2555). “บทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตแบบทบทวนวิชาการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อาทิตยา บุญเกิด. (2557). “การสร้างบทเรียนมัลติมีเดียร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศจริงวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง การใช้งานคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน.” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเรียนรู้และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อานนท์ แทนไชยสง และ อภิชาติ เหล็กดี. (2558). “การพัฒนาแอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนต์เดดเรียลลิตี้” มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อำนาจ ชิตทอง. (2555). “การประยุกต์เทคนิคความเป็นจริงเสริมเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับโครงสร้างไม้” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Markus S., Wang F. Y. & Lee B. G. (2012). “Development of Edutainment Content for Elementary School Using Mobile Augmented Reality” International Conference on Computer Research and Development, IPCSIT. Journal of Computer Research and Development IPCSIT. Vol.39, Singapore: IACSIT Press.

Pantida P. (2012). “Marker-Based Augmented Reality Magic Book for Anatomical Education” International Conference on Computer and Communication Technologies (ICCCT'2012). Phuket: Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Steve C. Y., Gallayanee Y. & Erik J. (2011). “Augmented reality: An overview and five directions for AR in education” Journal of Educational Technology



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก  
และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ภาคผนวก ง แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใย  
แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ประเมินและตรวจหนังสือสื่อที่ประเมินด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

### รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1. ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ผศ.ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1. ดร.อภิชาติ อนุกุลเวช หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน วิทยบริการ และห้องสมุด แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
2. ผศ.ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2558 ให้ดำเนินการดังนี้

นางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์ รหัสประจำตัว 58603118 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง (Multimedia Book by Augmented Reality on Optical fiber)" โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวารสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2558

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คำสั่งคณะกรรมการคุศศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ ๕๐๒ /2558

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ  
เค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของนางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของนางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์ รหัสประจำตัว 58603118  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและ  
ประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 

รศ.ปิยะ	ศุภรสาสุวัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ.ดร.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
  2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
 

ผศ.ดร.วินัย	โกล่า	ประธานกรรมการ
รศ.ปิยะ	ศุภรสาสุวัฒน์	กรรมการ
รศ.ดร.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	กรรมการ
รศ.ดร.กิติพงศ์	มะโน	กรรมการ
ดร.ภมร	ศิลาพันธ์	กรรมการ (กรรมการภายนอก)
  3. คณะกรรมการสอบสำรอง
 

ผศ.ดร.ไพบุลย์	พวงวงศ์ตระกูล	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
ผศ.ดร.ศุภวัฒน์	สวัญย์วิสุทธิ์	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตประจำ)
- ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ( ) พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)  
คนบตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ฮว 7004 / 1321 วันที่ ๔ กันยายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง  
ด้านเนื้อหา

เรียน ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ

ด้วยนางสาวกศรินทร์ วงษ์มานิตย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "หนังสือประสม วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง" โดยมี  
รศ.ดร.ปิยะ कुमारสูววัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่างานเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อ  
หนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงดังกล่าวเพื่อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อย  
เพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวกศรินทร์ วงษ์มานิตย์  
มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบ สื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเนื้อหา  
มาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

Smit Sath  
(ดร. วาที ศรีพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ฮา 7004 /1321 วันที่ 4 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง  
ด้านเนื้อหา

เรียน รศ.ดร.วิสุทธิ์ ตูมรัตนกนกพงศ์

ด้วยนางสาวอุศรินทร์ วงษ์มานิตย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "หนังสือประสม วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง" โดยมี  
รศ.ดร.ปิยะ สุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อ  
หนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อย  
เพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินขอท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวอุศรินทร์ วงษ์มานิตย์  
มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งได้แนบสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเนื้อหา  
มาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับทราบอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

  
(ดร.ราตรี ศรีพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ อว 7004 / 1321 วันที่ 4 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง  
ด้านเนื้อหา

เรียน ผศ.ดร.สมชาย หมีนสายญาติ

ด้วยนางสาวกุศรินทร์ วงษ์มานิตย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "หนังสือประสม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง" โดยมี  
รศ.ดร.ปิยะ ศุภวรรณวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าคุณเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อ  
หนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเนื้อหาที่มีความเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อย  
เพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวกุศรินทร์ วงษ์มานิตย์  
มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเนื้อหา  
มาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Somsak*  
สุระวุฒิ ศิริพันธ์

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติกรแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ อว 7004/1921

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

4 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง  
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน ดร.อภิชาติ อนุกุลเวช

สิ่งที่ส่งมาด้วย สื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ด้วยนางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "หนังสือประสม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง" โดยมี  
รศ.ดร.ปิยะ ศุภการสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อ  
หนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเนื้อหาว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อย  
เพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.วาทรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 083-611-9009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ อว 7004 /1321 วันที่ 4 กันยายน 2562


เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง  
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เขียน ผศ.ดร.ไพฑูริย์ พวงวรางครุกุล

ด้วยนางสาวกุศกรินทร์ วงษ์มานิตย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สอดคล้องเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง กำลังนำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "หนังสือประสม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง" โดยมี  
รศ.ดร.ปิยะ ศุภวรรณวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าคุณเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อ  
หนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงตามเนื้อหาที่แนบมาเพื่อหาข้อบกพร่องและแนะนำ  
เพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวกุศกรินทร์ วงษ์มานิตย์  
พร้อมกันนี้ได้แนบสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

  
(ดร.ไพฑูริย์ ศิริพันธุ์)

รองคณบดีฝ่ายสนับสนุนงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ อว 7004 /1321 วันที่ 4 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง  
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน รศ.อรรถพร อุทธิเกิด

ด้วยนางสาวศุครินทร์ วงษ์มานิตย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “หนังสือประสม วิชา การสื่อสารเส้นใยแสง” โดยมี  
รศ.ดร.ปิยะ ศุภวรสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อ  
หนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงท่านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อย  
เพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวศุครินทร์ วงษ์มานิตย์  
พร้อมกันนี้ได้แนบสื่อหนังสือประสมด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

  
(ดร.พิชิต ศรีพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินด้านเนื้อหา

### หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

#### คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเนื้อหาหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาเกี่ยวกับประเมินหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา สอบถาม ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง บานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

#### หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินด้านเนื้อหา**  
**หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง**

**ตอนที่ 1** ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสงกรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
		5	4	3	2	1
1	เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
3	เนื้อหา มีความถูกต้องและชัดเจน					
4	ปริมาณเนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
5	ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา มีความเหมาะสม					
6	ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในการนำเสนอ					
7	ความถูกต้องของภาพที่ใช้ประกอบกับเนื้อหา					
8	ความถูกต้อง เหมาะสมของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวประกอบเนื้อหา					
9	ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา					
	รวม					

**ตอนที่ 2** ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
 (.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ**  
**หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง**

**คำชี้แจง**

1. แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เกี่ยวกับประเมินหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ สอบถาม ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

**หมายเหตุ**

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นางสาวกฤติพร วังษ์มานิตย์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ**  
**หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง**

\*\*\*\*\*

**ตอนที่ 1** ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อเกี่ยวกับ หนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	พอ ใช้	ควร ปรับปรุง
		5	4	3	2	1
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ					
	1.1 รูปเล่มของสื่อมีความน่าสนใจ					
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบ และวิธีการนำเสนอ					
	1.3 ความเหมาะสมของ Marker ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล					
	1.4 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน					
	1.5 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอในแต่ละหัวข้อ					
2	ภาพประกอบสื่อ					
	2.1 คุณภาพของภาพที่ใช้มีความคมชัด					
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพและคำอธิบาย					
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในสื่อการเรียนรู้					
	2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้					
3	ตัวอักษรประกอบสื่อ					
	3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
	3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร					
	3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
4	วิดีโอประกอบสื่อ					
	4.1 วิดีโอสอดคล้องกับเนื้อหา					
	4.2 วิดีโอมีขนาดเหมาะสม					
	4.3 วิดีโอมีความคมชัดเหมาะสม					
	4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย					
	<b>รวม</b>					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของด้านเทคนิคการผลิตสื่อของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

.....

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิง  
พฤติกรรม ของแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
หน่วยที่ 1	1	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	*2	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	9	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 2	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	12	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
หน่วยที่ 3	1	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*5	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	6	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*9	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	12	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 4	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	5	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*8	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	13	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
หน่วยที่ 5	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	8	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	12	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 6	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*9	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	12	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 7	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

หน่วยการเรียน	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ผลการประเมิน	
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3				
หน่วยที่ 7 (ต่อ)	*3	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง	
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	9	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
	13	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	
	หน่วยที่ 8	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
4		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
5		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
6		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
7		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
8		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
9		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
10		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
11		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
12		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	
13		1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง	

จากตารางแสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวนข้อสอบ 106 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 100 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิง  
พฤติกรรม ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หน่วยการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
หน่วยที่ 1	*1	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	2	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 2	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 3	1	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*3	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*7	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
หน่วยที่ 3 (ต่อ)	12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	13	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 4	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*7	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 5	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	9	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 6	1	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
หน่วยที่ 6 (ต่อ)	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*6	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 7	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	*4	0	0	1	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
หน่วยที่ 8	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

จากตารางแสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวนข้อสอบ 76 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 70 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N=30 ของ  
แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

หน่วย การ เรียน	ข้อ ที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยาก ง่าย (P)	แปลความ หมาย ความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	แปล ความ หมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน
หน่วย ที่ 1	1	12	5	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	2	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	3	12	6	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	4	12	5	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	5	12	8	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	6	11	7	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*7	12	10	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	8	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	9	10	6	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	10	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	11	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	12	12	5	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
หน่วย ที่ 2	1	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	2	11	6	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	3	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	4	12	6	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	5	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*6	14	11	0.83	ง่ายมาก	0.20	พอใช้ได้	ไม่ยอมรับ
	7	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	8	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	9	11	6	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	10	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	11	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	12	13	6	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	13	12	5	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

หน่วย การ เรียน	ข้อ ที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยาก ง่าย (P)	แปลความ หมาย ความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	แปล ความ หมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน
หน่วย ที่ 3	1	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	2	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	3	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	4	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	5	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	6	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	7	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	8	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	9	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*10	15	14	0.97	ง่ายมาก	0.07	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	11	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	12	11	1	0.40	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	13	13	1	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ	0.80	ดีมาก	ยอมรับได้
หน่วย ที่ 4	*1	14	12	0.87	ง่ายมาก	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	2	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	3	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	4	12	5	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	*5	14	12	0.87	ง่ายมาก	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	6	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	7	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	8	12	8	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	9	11	5	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	10	11	4	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	11	13	6	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	12	12	8	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
หน่วย ที่ 5	1	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	2	12	6	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

หน่วย การ เรียน	ข้อ ที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยาก ง่าย (P)	แปลความ หมายความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	แปล ความหมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน	
หน่วย ที่ 5 (ต่อ)	3	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
	4	12	0	0.40	ยากง่ายพอเหมาะ	0.80	ดีมาก	ยอมรับได้	
	5	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
	6	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
	7	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้	
	8	15	8	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้	
	9	15	1	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.93	ดีมาก	ยอมรับได้	
	10	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
	11	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
	12	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้	
	13	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
	หน่วย ที่ 6	*1	13	11	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
		2	9	6	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
3		13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
4		11	3	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ	0.53	ดีมาก	ยอมรับได้	
5		11	3	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ	0.53	ดีมาก	ยอมรับได้	
6		14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
7		15	5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้	
8		13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
9		15	5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้	
10		13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้	
11		14	8	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้	
12		15	5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้	
หน่วย ที่ 7	1	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้	
	2	15	5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้	
	3	14	5	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ยอมรับได้	
	4	13	7	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

หน่วย การ เรียน	ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยาก ง่าย (P)	แปลความ หมายความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	แปล ความหมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน
หน่วยที่ 7 (ต่อ)	5	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	6	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	7	13	5	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.53	ดีมาก	ยอมรับได้
	8	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	9	13	7	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	10	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	11	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	12	12	9	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
หน่วยที่ 8	1	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*2	14	12	0.87	ง่ายมาก	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	3	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	4	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	5	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	6	15	5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	7	15	6	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ยอมรับได้
	8	14	5	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ยอมรับได้
	9	13	7	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	*10	12	10	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ยอมรับได้
	11	14	8	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	12	14	4	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	13	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N=30 ของ  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หน่วย การ เรียน	ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยาก ง่าย (P)	แปลความ หมายความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก (R)	แปล ความหมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน
หน่วยที่ 1	1	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	2	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	3	13	3	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	4	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	5	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	*6	12	11	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.07	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	7	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
หน่วยที่ 2	1	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	2	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	3	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	4	12	7	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	5	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	6	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*7	15	14	0.97	ง่ายมาก	0.07	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	8	11	6	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
หน่วยที่ 3	1	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	2	13	10	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	3	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	4	15	8	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	5	15	8	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	6	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	7	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	8	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*9	12	10	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	10	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	11	15	8	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

หน่วย การ เรียน	ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยากง่าย (P)	แปลความ หมายความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (R)	แปล ความหมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน
หน่วยที่ 3 (ต่อ)	12	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	13	11	1	0.40	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
หน่วยที่ 4	1	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	2	13	8	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	*3	13	11	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	4	13	5	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.53	ดีมาก	ยอมรับได้
	*5	13	11	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	6	14	7	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.47	ดีมาก	ยอมรับได้
	7	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
หน่วยที่ 5	1	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	2	15	5	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	3	15	6	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ยอมรับได้
	4	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	5	13	7	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	6	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	7	14	8	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	8	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	9	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	10	12	9	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	11	14	4	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	12	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	13	14	4	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
หน่วยที่ 6	1	13	9	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	2	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	*3	14	12	0.87	ง่ายมาก	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	4	15	0	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ	1.00	ดีมาก	ยอมรับได้
	5	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

หน่วย การเรียนรู้	ข้อที่	กลุ่ม เก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่ม อ่อน (R <sub>L</sub> )	ความ ยากง่าย (P)	แปลความ หมายความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (R)	แปล ความหมาย อำนาจ จำแนก	ผลการ ประเมิน
หน่วยที่ 6 (ต่อ)	6	14	9	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	7	14	10	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.27	พอใช้ได้	ยอมรับได้
หน่วยที่ 7	1	12	6	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	2	11	6	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ	0.33	พอสมควร	ยอมรับได้
	3	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	4	11	8	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	5	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	6	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้
	7	15	1	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.93	ดีมาก	ยอมรับได้
หน่วยที่ 8	1	12	9	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	*2	15	11	0.87	ง่ายมาก	0.27	พอใช้ได้	ไม่ยอมรับ
	3	14	2	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.80	ดีมาก	ยอมรับได้
	4	14	4	0.60	ยากง่ายพอเหมาะ	0.67	ดีมาก	ยอมรับได้
	*5	12	10	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.13	ใช้ไม่ได้	ไม่ยอมรับ
	6	9	6	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ	0.20	พอใช้ได้	ยอมรับได้
	7	14	2	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ	0.80	ดีมาก	ยอมรับได้
	8	15	9	0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่มเก่ง ( $R_U$ )	กลุ่มอ่อน ( $R_L$ )	ความยาก ง่าย (P)	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	ค่า (q)	ค่า (pq)	ผลการ ประเมิน
1	14	9	0.77	0.33	0.23	0.18	ยอมรับได้
2	14	10	0.80	0.27	0.20	0.16	ยอมรับได้
3	13	3	0.53	0.67	0.47	0.25	ยอมรับได้
4	13	8	0.70	0.33	0.30	0.21	ยอมรับได้
5	14	10	0.80	0.27	0.20	0.16	ยอมรับได้
6	14	10	0.80	0.27	0.20	0.16	ยอมรับได้
7	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
8	12	7	0.63	0.33	0.37	0.23	ยอมรับได้
9	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
10	11	6	0.57	0.33	0.43	0.25	ยอมรับได้
11	13	8	0.70	0.33	0.30	0.21	ยอมรับได้
12	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
13	15	8	0.77	0.47	0.23	0.18	ยอมรับได้
14	14	10	0.80	0.27	0.20	0.16	ยอมรับได้
15	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
16	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
17	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
18	15	8	0.77	0.47	0.23	0.18	ยอมรับได้
19	15	9	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับได้
20	11	1	0.40	0.67	0.60	0.24	ยอมรับได้
21	14	9	0.77	0.33	0.23	0.18	ยอมรับได้
22	13	8	0.70	0.33	0.30	0.21	ยอมรับได้
23	13	5	0.60	0.53	0.40	0.24	ยอมรับได้
24	14	7	0.70	0.47	0.30	0.21	ยอมรับได้
25	11	8	0.63	0.20	0.37	0.23	ยอมรับได้
26	14	9	0.77	0.33	0.23	0.18	ยอมรับได้
27	14	9	0.77	0.33	0.23	0.18	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (R <sub>U</sub> )	กลุ่มอ่อน (R <sub>L</sub> )	ความยาก ง่าย (P)	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	ค่า (q)	ค่า (pq)	ผลการ ประเมิน
28	15	5	0.67	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
29	15	6	0.70	0.60	0.30	0.21	ยอมรับได้
30	13	7	0.67	0.40	0.33	0.22	ยอมรับได้
31	11	8	0.63	0.20	0.37	0.23	ยอมรับได้
32	14	8	0.73	0.40	0.27	0.20	ยอมรับได้
33	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
34	12	9	0.70	0.20	0.30	0.21	ยอมรับได้
35	14	4	0.60	0.67	0.40	0.24	ยอมรับได้
36	14	4	0.60	0.67	0.40	0.24	ยอมรับได้
37	13	9	0.73	0.27	0.27	0.20	ยอมรับได้
38	14	9	0.77	0.33	0.23	0.18	ยอมรับได้
39	15	0	0.50	1.00	0.50	0.25	ยอมรับได้
40	15	9	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับได้
41	14	9	0.77	0.33	0.23	0.18	ยอมรับได้
42	12	6	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับได้
43	11	6	0.57	0.33	0.43	0.25	ยอมรับได้
44	11	8	0.63	0.20	0.37	0.23	ยอมรับได้
45	15	9	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับได้
46	15	1	0.53	0.93	0.47	0.25	ยอมรับได้
47	12	9	0.70	0.20	0.30	0.21	ยอมรับได้
48	14	2	0.53	0.80	0.47	0.25	ยอมรับได้
49	14	4	0.60	0.67	0.40	0.24	ยอมรับได้
50	9	6	0.50	0.20	0.50	0.25	ยอมรับได้
<b>รวม</b>	664	356				10.40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	x	x <sup>2</sup>
กลุ่มสูงคนที่ 1	48	2304
กลุ่มสูงคนที่ 2	48	2304
กลุ่มสูงคนที่ 3	47	2209
กลุ่มสูงคนที่ 4	47	2209
กลุ่มสูงคนที่ 5	46	2116
กลุ่มสูงคนที่ 6	46	2116
กลุ่มสูงคนที่ 7	45	2025
กลุ่มสูงคนที่ 8	45	2025
กลุ่มสูงคนที่ 9	45	2025
กลุ่มสูงคนที่ 10	45	2025
กลุ่มสูงคนที่ 11	44	1936
กลุ่มสูงคนที่ 12	43	1849
กลุ่มสูงคนที่ 13	43	1849
กลุ่มสูงคนที่ 14	40	1600
กลุ่มสูงคนที่ 15	37	1369
กลุ่มต่ำคนที่ 1	36	1296
กลุ่มต่ำคนที่ 2	35	1225
กลุ่มต่ำคนที่ 3	33	1089
กลุ่มต่ำคนที่ 4	32	1024
กลุ่มต่ำคนที่ 5	32	1024
กลุ่มต่ำคนที่ 6	32	1024
กลุ่มต่ำคนที่ 7	32	1024
กลุ่มต่ำคนที่ 8	31	961
กลุ่มต่ำคนที่ 9	30	900
กลุ่มต่ำคนที่ 10	29	841
กลุ่มต่ำคนที่ 11	28	784
กลุ่มต่ำคนที่ 12	28	784
กลุ่มต่ำคนที่ 13	26	676
กลุ่มต่ำคนที่ 14	22	484

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	x	x <sup>2</sup>
กลุ่มต่ำคนที่ 15	20	400
รวม	$\Sigma(x) = 1,115$	$\Sigma(x^2) = 43,497$

$$S_t^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(30 \times 43,497) - (1,115)^2}{30(30-1)}$$

$$S_t^2 = 70.90$$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

$$r_{tt} = \frac{40}{39} \left[ 1 - \frac{10.40}{59.27} \right]$$

$$r_{tt} = 0.87$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

**บทที่ 1 เรื่อง บทนำการสื่อสารเส้นใยแสง**

- ระบบสื่อสารพื้นฐานมีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
  - ข้อมูลข่าวสาร -> เครื่องส่ง -> ช่องทางสื่อสาร -> เครื่องปรับแต่งสัญญาณ -> เครื่องรับ -> ข้อมูลข่าวสาร
  - ข้อมูลข่าวสาร -> เครื่องส่ง -> เครื่องรับ -> ข้อมูลข่าวสาร
  - ข้อมูลข่าวสาร -> เครื่องบีบอัดสัญญาณ -> ช่องทางสื่อสาร -> เครื่องรับ -> ข้อมูลข่าวสาร
  - ข้อมูลข่าวสาร -> เครื่องส่ง -> ช่องทางสื่อสาร -> เครื่องรับ -> ข้อมูลข่าวสาร
- การมอดูเลตคลื่นแสงสำหรับการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงนั้นมีกี่ชนิด
  - 1 ชนิด
  - 2 ชนิด
  - 3 ชนิด
  - 4 ชนิด
- ข้อใดคือตัวทวนสัญญาณ
  - Single
  - Repeater
  - Amplifier
  - Modulation
- ข้อใดคือตัวช่วยในการขยายข้อมูลข่าวสารให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อเคลื่อนที่ในช่องทางสื่อสารได้สะดวกขึ้น
  - Single
  - Repeater
  - Amplifier
  - Modulation
- จำนวนโหนดของแสงภายในเส้นใยแสงขึ้นอยู่กับข้อใด
  - ชนิดของแสง
  - ค่าดัชนีหักเหของแสง
  - จำนวนชั้นของสาย
  - ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยแสง
- ข้อใด ไม่ใช่ ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบสื่อสารพื้นฐาน
  - เครื่องรับ
  - เครื่องส่ง
  - ข้อมูลข่าวสาร
  - เครื่องบีบอัดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อดีของการสื่อสารสัญญาณแสง คืออะไร

ก. แบนด์วิทแคบมาก

ข. แบนด์วิทกว้างมาก

ค. อุปกรณ์ใช้พลังงานสูง

ง. ต้องมีอุปกรณ์เชื่อมต่อยุ่งยาก

8. ข้อดีของการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง ซึ่งไม่มีการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้านั้นจะไม่เกิดการรบกวนจากสิ่งใด

ก. สัญญาณวิทยุ (RFI)

ข. สนามแม่เหล็ก (EMI)

ค. พัลส์ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (EMP)

ง. ถูกทุกข้อ

9. ใครคือผู้คิดค้นพัฒนาระบบโทรศัพท์

ก. N.S. Kapany

ข. Baird & Hansell

ค. Willebrord Snell

ง. Alexander Graham Bell

10. Willebrord Snell ได้ค้นพบกฎของแสงว่าอย่างไร

ก. แสงสามารถสอดแทรกและกระจาย ในตัวกลางได้

ข. แสงเดินทางไปตามลำธารที่มีความโค้งได้เช่นเดียวกับการเดินทางเป็นเส้นตรง

ค. การแผ่พลังงานของแสงเป็นลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่ต่อเนื่อง

ง. แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงผ่านวัตถุโปร่งแสงได้ และจะสะท้อนกลับในขณะที่ตกกระทบวัตถุทึบแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 เรื่อง หลักการเบื้องต้นของแสง

1. เพราะเหตุใดจึงนิยมเลือกใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 1.3 และ 1.55 ไมครอน ในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

ก. เป็นช่วงที่มีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำ และมีค่า dispersion ต่ำ

ข. เป็นช่วงที่มีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำ และมีค่า dispersion สูง

ค. เป็นช่วงที่มีค่าการลดทอนสัญญาณสูง และมีค่า dispersion สูง

ง. เป็นช่วงที่มีค่าการลดทอนสัญญาณสูง และมีค่า dispersion ต่ำ

2. แสงที่เดินทางมีความยาวคลื่นเพียงความยาวคลื่นเดียว แสงนี้เรียกว่าอะไร

ก. Polychromatic

ข. Monochromatic

ค. Transverse Wave

ง. Diffuse Reflection

3. แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งเคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยความเร็วประมาณเท่าใด

ก. 186,000 ไมล์ต่อวินาที

ข. 286,000 ไมล์ต่อวินาที

ค. 386,000 ไมล์ต่อวินาที

ง. 486,000 ไมล์ต่อวินาที

4. ช่วงแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสื่อสารเส้นใยแสงที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงใด

ก. 0.8  $\mu\text{m}$  - 1.7  $\mu\text{m}$

ข. 3  $\mu\text{m}$  - 30  $\mu\text{m}$

ค. 0.8 nm - 1.7 nm

ง. 3 nm - 30 nm

5. ถ้ามุมตกกระทบของแสงมีค่ามากกว่ามุมวิกฤติ แสงจะเป็นอย่างไร

ก. หักเห

ข. สะท้อน

ค. เบี่ยงเบน

ง. ถูกดูดกลืน

6. ค่าดัชนีการหักเหของแสง (Index of Refraction) คือข้อใด

ก. อัตราส่วนระหว่างความเร็วแสงใน Core และความเร็วของแสงใน Cladding

ข. อัตราส่วนระหว่างความเร็วแสงในสุญญากาศและความเร็วของแสงในตัวกลาง

ค. อัตราส่วนระหว่าง สปส.การสะท้อนในสุญญากาศและ สปส.การสะท้อนในตัวกลาง

ง. อัตราส่วนระหว่าง สปส.การสะท้อนแสงใน Core และสปส.การสะท้อนแสงใน Cladding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คลื่นแสงมีคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นอย่างไร

ก. เส้นทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแสงจะหมุนวนทางซ้าย

ข. เส้นทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแสงจะหมุนวนทางขวา

ค. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแสงจะขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง

**ง. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแสงจะตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง**

8. จาก Snell's Law ( $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ) การเกิดการสะท้อนกลับหมดของแสงจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ ค่าดัชนีการหักเหของตัวกลางที่ 1 มีค่ามากกว่าค่าดัชนีการหักเหของตัวกลางที่ 2 ( $n_1 > n_2$ )

และ  $\theta_1 > \theta_c$  ซึ่งจะส่งผลให้  $\theta_2$  มีค่าเท่ากับ  $90^\circ$  หรือมากกว่า เพราะฉะนั้นจะได้ค่า  $\theta_c$  เท่าไหร่

ก.  $\theta_c = \sin^{-1}(n_2 / n_1)$

ข.  $\theta_c = \sin^{-1}(n_1 / n_2)$

ค.  $\theta_c = \sin(n_2 / n_1)$

ง.  $\theta_c = \sin(n_1 / n_2)$

9. จงอธิบายความหมายของ **Total Internal Reflection**

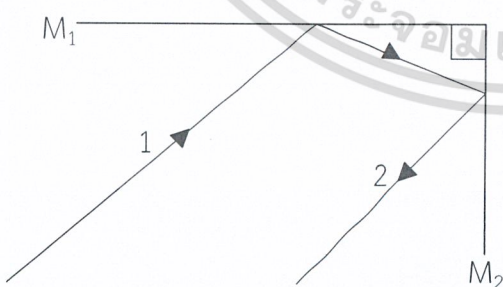
ก. การสะท้อนกลับหมดของแสง

ข. การสะท้อนกลับแบบหักเหของแสง

ค. ระยะเวลาของดัชนีการสะท้อนของแสงขาว

ง. ระยะเวลาของดัชนีการหักเหของแสงขาว

10. กระจกเงาราบสองบานวางตั้งฉากกันดังภาพ ฉายแสงตกกระทบบน  $M_1$  แล้วสะท้อนออกมา รังสีสะท้อน (2) เป็นรังสีสะท้อนครั้งสุดท้าย ข้อใดถูกต้อง



ก. รังสีสะท้อน (2) ไม่จำเป็นต้องขนานกับรังสีตกกระทบบน (1)

ข. รังสีสะท้อน (2) ต้องทำมุมมากกว่า  $0$  องศา กับรังสีตกกระทบบน (1)

ค. รังสีสะท้อน (2) ต้องตัดกับรังสีตกกระทบบน (1) ถ้า  $M_1$  ตั้งฉากกับ  $M_2$

**ง. รังสีสะท้อน (2) ต้องขนานกับรังสีตกกระทบบน (1)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3 เรื่อง เส้นใยแสง

1. โครงสร้างที่สำคัญของเส้นใยแสงคือข้อใด

ก. เป็นแก้วบริสุทธิ์เนื้อเดียวกันตลอดทั้งเส้น เพื่อทำให้มีค่าการลดทอนต่ำ

ข. มีโค้ตติ้ง (coating) โดยรอบเส้นใยแสง เพื่อทำให้เกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (TIR) ขณะนำแสง

ค. โครงสร้างประกอบด้วยวัสดุ 2 ชั้น ชั้นในตรงกลางเรียกว่าคอร์ (core) จะต้องมีค่าดัชนีหักเหต่ำกว่าแคลดดิ้ง (cladding) ซึ่งอยู่ชั้นนอกโดยรอบคอร์เสมอ

ง. โครงสร้างประกอบด้วยวัสดุโปร่งแสง 3 ชั้น ชั้นในตรงกลางเรียกว่าคอร์ (core) จะมีค่าดัชนีหักเหมากกว่าแคลดดิ้ง (cladding) ซึ่งอยู่ชั้นนอกโดยรอบคอร์ และด้านนอกสุดเป็นเปลือกหุ้ม (Buffer Coating)

2. ข้อใดกล่าวถึงเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวถูกต้องที่สุด

ก. ค่าของ V-number  $\leq 2.405$

ข. มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า  $15 \mu\text{m}$  ขึ้นไปเสมอ

ค. ค่าของ NA ต้องมีค่ามาก ๆ เพราะต้องให้แสงเดินทางในแนวแกนกลางของเส้นใยแสง

ง. ต้องเป็นชนิด step index เท่านั้น มิฉะนั้น เส้นใยแสงจะเป็นชนิดโหมดรวม (MM) แทนที่

3. ข้อใดกล่าวถึงเส้นใยแสงชนิด Step Index ได้ถูกต้องที่สุด

ก. เป็นเส้นใยแสงชนิด Single Mode เท่านั้น

ข. แสงโหมดที่สูงขึ้นในคอร์จะเดินทางเป็นเส้นตรงเสมอ

ค. ดัชนีหักเหของคอร์มีค่ามากที่สุดในแนวแกนกลาง และมีค่าลดลงเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องเมื่อระยะรัศมีมีค่ามากขึ้น

ง. ดัชนีหักเหของคอร์มีค่ามากที่สุดในแนวแกนกลาง และมีค่าลดลงเป็นขั้นๆ ไม่ต่อเนื่อง เมื่อระยะรัศมีมีค่ามากขึ้น

4. การมีแบนด์วิดท์กว้างที่สุด และไม่เกิดการแผ่ออกระหว่างโหมดเป็นลักษณะของเส้นใยแก้วชนิดใด

ก. Step-index

ข. Multi-mode

ค. Single-mode

ง. Graded-index

5. สารเจือปนในข้อใด ไม่ใช่ สารที่เจือปนใน Silica Glass Optical Fiber

ก. Boron (B)

ข. Fluorine (F)

ค. Astatine (P)

ง. Germanium (Ge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อใด **ไม่ใช่** คุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสง

- ก. มีการสูญเสียของแสงต่ำ
- ข. มีความกว้างแถบ (Bandwidth) กว้าง

**ค. มีการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอก**

ง. เป็นตัวกลางที่ใช้แสงเป็นพาหนะในการสื่อสารข้อมูล

7. การเดินทางของแสงภายในเส้นใยแสงซึ่งในแต่ละจุดมีการสะท้อนของแสงเกิดการเปลี่ยนทิศทางไปเท่ากับมุม  $2\gamma$

**ก. การเดินทางแบบเกลียว**

- ข. การเดินทางแบบกลม
- ค. การเดินทางแบบตรง
- ง. การเดินทางแบบเมอร์เรียม

8. ข้อใดคือค่าตัวเลขที่บ่งบอกขนาดของรับแสงที่ส่งเข้าสู่เส้นใยแสงได้ถูกต้อง

- ก. Non Aperture
- ข. Non Absorption

**ค. Numerical Aperture**

ง. Numerical Absorption

9. เส้นใยแก้วมีค่าดัชนีแกนใน 1.479 และค่าดัชนีแกนนอก 1.465 จงคำนวณหาค่า Numerical Aperture (NA)

- ก. 0.014
- ข. **0.203**
- ค. 1.009
- ง. 2.167

10. Coupling Loss คือการสูญเสียสัญญาณแสงแบบใด

- ก. การสูญเสียสัญญาณแสงเมื่อเส้นใยแสงโค้งงอ
- ข. การสูญเสียสัญญาณแสงโดยการดูดกลืนแสงจากวัสดุที่เป็นคอร์
- ค. การที่สัญญาณแสงที่ความยาวคลื่นต่างกันเดินทางในเส้นใยแสงด้วยความเร็วไม่เท่ากัน
- ง. การสูญเสียแสงที่เกิดจากการคัปปลิงสัญญาณระหว่างเส้นใยแสงกับแหล่งกำเนิดแสง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### บทที่ 4 เรื่อง การสร้างเส้นใยแสง

1. แท่งแก้วพรีฟอร์ม (Preform) หมายถึงข้อใด

ก. เส้นใยแก้วเปลือย

ข. การดึงเส้นใยแสง

**ค. แท่งแก้วที่มีโครงสร้างภายในเหมือนเส้นใยแก้ว แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า**

ง. แท่งแก้วทรงกระบอกเล็กตันที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากันตลอดเนื้อสาร ใช้ในการผลิตคอร์ของเส้นใยแก้ว

2. คุณสมบัติในการดึงเส้นใยแสง (Fiber Drawing) หากเส้นใยแสงมีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการ ต้องแก้ไขระบบอย่างไร

ก. ลดความเร็วในการดึงให้ช้าลง

ข. ใช้แท่งพรีฟอร์มที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

**ค. เพิ่มความเร็วในการดึงให้มากขึ้น**

ง. ลดอุณหภูมิความร้อนที่เผาแท่งพรีฟอร์ม

3. การสร้างเส้นใยแสงด้วยวิธีการหลอมโดยตรง จะถูกหลอมในเข้าหลอมที่อุณหภูมิประมาณเท่าไร

ก.  $900\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,300\text{ }^{\circ}\text{C}$

ข.  $1,400\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,800\text{ }^{\circ}\text{C}$

ค.  $1,900\text{ }^{\circ}\text{C} - 2,300\text{ }^{\circ}\text{C}$

ง.  $2,400\text{ }^{\circ}\text{C} - 2,800\text{ }^{\circ}\text{C}$

4. การเคลือบเส้นใยแสงด้วยโค้ตติ้ง (coating) กระทำตอนไหนในกระบวนการผลิตเส้นใยแสง

ก. ขณะทำแท่งพรีฟอร์ม

ข. ไข่ร่วมกับไอสารระเหยขณะ collapse

**ค. อยู่ในขั้นตอนการดึงเส้นใยหลังจากแก้วแข็งตัว**

ง. ขณะนำเส้นใยแสงมาประกอบรวมกันเป็นสายเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. FBG (Fiber Bragg Grating) มีความหมายอย่างไร

ก. เส้นใยแสงที่ส่วนของคอร์ถูกเจือ (Doped) ด้วยธาตุเจอร์เมเนียม เป็นต้น

ข. เกรตติงที่สร้างบนแท่งแก้วโปร่งแสงขนาดใหญ่ เช่น พรีฟอร์ม

**ค. เส้นใยแสง ที่ถูกทำให้ส่วนของคอร์มีค่าดัชนีหักเหแตกต่างกันเป็นชั้นๆ โดยส่วนนี้อาจมีช่วงความยาวเพียงค่าหนึ่ง ไม่ตลอดทั้งเส้น**

ง. เส้นใยแสง ที่ถูกทำให้ส่วนของเคลตติงมีค่าดัชนีต่างกันเป็นชั้นๆ ตามแนวของรัศมี

6. วิธีใดเป็นวิธีแรกที่ใช้สร้างแท่งแก้วพรีฟอร์มเพื่อใช้สร้างเส้นใยแสงที่มีการสูญเสียต่ำกว่า  $20 \text{ dBkm}^{-1}$

ก. VAD

ข. OVPO

ค. MCVD

ง. PCVD

7. ข้อใดหมายถึงการผลิตเส้นใยแสงด้วยวิธี MCVD

ก. การหลอมผงแก้วเหลวแล้วดึงออกเป็นเส้นใยแก้ว

ข. การลนไฟปลายแท่งแก้วให้ร้อนแล้วดึงออกเป็นเส้นใย

ค. การเจาะแท่งแก้วแล้วใส่แก้วที่มีค่าดัชนีหักเหที่ต้องการแทนที่ลงไป

**ง. การใช้ไอระเหยสารเคมีเหลวทำปฏิกิริยา เพื่อจับตัวเป็นเนื้อแก้วตามโครงสร้างของเส้นใยแสง**

8. วิธีใดในการสร้างแท่งพรีฟอร์มที่สามารถสร้างชั้นของแก้วได้มากที่สุด

ก. VAD

ข. OVPO

ค. MCVD

ง. PCVD

9. วิธีใดเป็นวิธีการสร้างเส้นใยแสงที่มีค่าการลดทอนสัญญาณแสงต่ำที่สุดที่ความยาวคลื่น 1181 nm

ก. VAD

ข. OVPO

ค. MCVD

ง. PCVD

10. วิธี IVPO เป็นวิธีเดียวกับการสร้างเส้นใยแสงวิธีใด

ก. VAD

ข. OVPO

ค. MCVD

ง. PCVD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 5 เรื่อง เคเบิลเส้นใยแสงและการเชื่อมต่อ

1. อุปกรณ์ภายในเคเบิลใยแสงที่จัดรวมเส้นใยแสงเข้าไว้ด้วยกันและทำให้เส้นใยแสงมีอิสระในการเคลื่อนไหวเรียกว่าอะไร

- ก. Stripper                      ข. Strander                      ค. Loose Tube                      ง. Filler Loose

2. เคเบิลเส้นใยแสงที่ใช้ภายในอาคาร ส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบใด

- ก. Slot Type                      ข. Tight Buffer                      ค. Loose Buffer                      ง. Ribbon Type

3. เคเบิลเส้นใยแสงที่นิยมใช้งานในระบบข่ายสายต่อนอก จะนิยมออกแบบลักษณะใด

- ก. ตัวรับตั้งอยู่ตรงกลางของสายเคเบิล  
 ข. ตัวรับตั้งอยู่ด้านบนของสายเคเบิล  
 ค. ตัวรับตั้งอยู่ด้านล่างของสายเคเบิล  
 ง. ตัวรับตั้งอยู่ต้นทางและปลายทางของสายเคเบิล

4. การหุ้มเคเบิลเส้นใยแสงด้วยเคฟลาร์ (Kevlar) มีประโยชน์อย่างไร

- ก. รับแรงกดได้เพิ่มขึ้น  
ข. รับแรงดึงได้เพิ่มขึ้น  
 ค. ทนความร้อนได้เพิ่มขึ้น  
 ง. ลดการสูญเสียของข้อมูล

5. ส่วนประกอบของเคเบิลเส้นใยแสง ที่มีลักษณะคล้ายท่อกลม แต่มีลักษณะตันและไม่มีเส้นใยแสงอยู่ภายใน ใช้สำหรับพันร่วมกับท่อกลมเพื่อให้เกิดโครงสร้างสมมาตรภายในเคเบิล เรียกว่าอะไร

- ก. Rip Cord                      ข. Filler loose  
 ค. Aramid Yarn                      ง. Tension Member

6. วิธีใดที่ใช้ในการหุ้มเส้นใยแสงแบบกลมที่มีการเติมเจลป้องกันน้ำ

- ก. Slotted Cove                      ข. Tight Buffer Jacket  
 ค. Loose Buffer Jacket                      ง. Filled Loose Buffer Jacket

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อใด ไม่ใช่ การตอบสนองความต้องการหลักของเคเบิลใยแสง

ก. ป้องกันเส้นใยแสง

**ข. การออกแบบเส้นใยแสง**

ค. เพิ่มความแข็งแรงให้กับเส้นใยแสง

ง. สามารถเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่อยู่ภายในเคเบิลได้ง่าย

9. ตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใดนิยมใช้งานกับระบบการสื่อสารเส้นใยแสงระยะไกลมากที่สุดคือข้อใด

ก. MU

ข. ST

ค. SC

**ง. FC**

10. จากภาพ คือ ตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใด



ก. MU

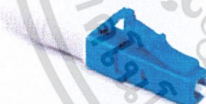
ข. ST

ค. LC

ง. FC

11. ข้อใดคือตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบ FC

ก.



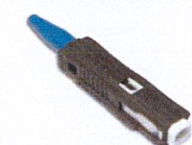
ข.



**ค.**



ง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6 เรื่อง อุปกรณ์กำเนิดแสง

1. Stimulated Level มีความหมายว่าอย่างไร

ก. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานต่ำสุด

**ข. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานชั้นสูงกว่า**

ค. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานชั้นกลางๆ

ง. ถูกทุกข้อ

2. ข้อใดกล่าวถึงเครื่องกำเนิดแสง แบบ Free electron laser (FEL) ไม่ถูกต้อง

ก. ให้ลำอิเล็กตรอนพลังงานสูงหนึ่งพันอิเล็กตรอนโวลต์ (keV)

ข. อิเล็กตรอนที่ใช้ในระบบ FEL ต้องเป็นอิเล็กตรอนอิสระเท่านั้น

ค. เส้นทางของแสงจะผ่านระบบแม่เหล็กที่มีสนามแม่เหล็กในทิศตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่

**ง. ไม่สามารถเลือกปรับค่าความยาวของคลื่นแสงได้**

3. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานชั้นสูงกว่าเรียกว่าอะไร

ก. Stimulated level

ข. Ground state level

ค. Stimulated emission

ง. Spontaneous emission

4. หากอุณหภูมิของตัว LD มีค่าเพิ่มขึ้นขณะทำงาน จะทำให้เกิดสิ่งใด

ก. LD จะพังทันที

**ข. LD จะต้องการกระแสขั้วเพิ่มขึ้น**

ค. LD จะไม่เปล่งแสงเลเซอร์ออกมา

ง. LD จะไม่เปล่งแสงใดๆ ออกมาเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อป้อนแรงดันไบอัสตรงให้กับ Homojunction LEDs จะทำให้เกิดสิ่งใด

**ก. ช่องว่างระหว่าง P-N มีขนาดแคบลง**

ข. ช่องว่างระหว่าง P-N มีขนาดกว้างขึ้น

ค. สารกึ่งตัวนำ P จะปลักสารกึ่งตัวนำชนิด N

ง. สารกึ่งตัวนำ N จะปลักสารกึ่งตัวนำชนิด P

6. ข้อใด **ไม่ใช่** องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการกำเนิดแสงของ LDs

**ก. การทำให้อุณหภูมิต่ำในการทำงานเพิ่มขึ้น**

ข. วัสดุหรือสารที่ต้องการกระตุ้นเพื่อให้เกิดการปล่อยแสง

ค. การทำให้เกิดการกลับกันของจำนวนอิเล็กตรอนโดยขบวนการ "ปั๊ม"

ง. การทำให้เกิด LASER oscillation เพื่อขยายแสงที่เกิดจากการกระตุ้นให้ปล่อยแสง

7. เมื่อ LD จะต้องการกระแสขั้วเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ความเข้มแสงเท่าเดิม จะเกิดสิ่งใดขึ้น

**ก. อุณหภูมิของตัว LD มีค่าเพิ่มขึ้นขณะทำงาน**

ข. อุณหภูมิของตัว LD มีค่าต่ำลงขณะทำงาน

ค. อุณหภูมิของตัว LD มีค่าคงที่ขณะทำงาน

ง. ไม่มีข้อถูก

8. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของแสงธรรมดา **ไม่ใช่** คุณสมบัติของแสงเลเซอร์

ก. เป็นแสงโคฮีเรนต์ (Coherent)

ข. เป็นแสงที่มีทิศทาง (Directivity)

**ค. คลื่นแสงมีเฟสไม่ตรงกัน (Out of Phase)**

ง. อาจเป็นแสงที่อยู่ในช่วงที่ตามนุษย์มองเห็นเท่านั้น

9. ค่ากระแสที่น้อยที่สุดที่ขับ LD ให้เปล่งแสงเลเซอร์ออกมา คือข้อใด

ก. Direct Current ของ LD

ข. Starting Current ของ LD

**ค. Threshold Current ของ LD**

ง. Alternating Current ของ LD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ข้อความใดกล่าว ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับ LED และ Laser

ก. Laser เกิดจากปรากฏการณ์ Stimulated Emission

ข. LED เกิดจากปรากฏการณ์ Spontaneous Emission

**ค. Threshold Current คือ Minimum Drive Current ที่จะทำให้เกิด sponetanus emission**

ง. วิธีที่ช่วยเพิ่มจำนวน Photon ที่ออกมาของ Laser คือการนำกระจก เพื่อให้มีการสะท้อนไปมาของ Photon จึงทำให้แสงที่วิ่งออกมา มีกำลังงานสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 7 เรื่อง อุปกรณ์รับแสง

1. ไดโอดรับแสงแบบ PIN จะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำใดบ้าง

- ก. 1 ชนิด คือ Positive  
 ข. 2 ชนิด คือ Positive และ Intrinsic

**ค. 3 ชนิด คือ Positive, Intrinsic และ Negative**

ง. 4 ชนิด คือ Positive, Intrinsic, Negative และ Absorption

2. ข้อใด ไม่ใช่ สารกึ่งตัวนำที่ประกอบในโครงสร้างไดโอดแบบ PIN

- ก. Positive                      ข. Intrinsic                      ค. Negative                      **ง. Photodiode**

3. Photodetector ชนิดใดมีความไวในการรับสัญญาณ (Sensitivity) สูงที่สุด

- ก. PIN                      ข. FP-LD                      ค. DFB                      **ง. APD**

4. ปรากฏการณ์ “Avalanche Effect” ของโฟโตนิกดีเทคเตอร์ คือการเกิดเหตุการณ์ใด

- ก. เกิดการขยายของแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในตัวไดโอด PIN  
 ข. เกิดการขยายของแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในตัวไดโอด APD  
 ค. เกิดการขยายของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในตัวไดโอด PIN  
**ง. เกิดการขยายของกระแสไฟฟ้าขึ้นภายในตัวไดโอด APD**

5. โครงสร้างของไดโอดแบบ APD การเกิดช่วงอัตรายขยาย หรือ ช่วงอวาลานซ์ หมายถึงอะไร

- ก. สารพีที่มีความหนาแน่นของโฮลสูง เพื่อให้สนามไฟฟ้าบริเวณสารพี-เอ็นมีค่ามาก**  
 ข. สารพีที่มีความหนาแน่นของโฮลต่ำ เพื่อให้สนามไฟฟ้าบริเวณสารพี-เอ็นมีค่ามาก  
 ค. สารพีที่มีความหนาแน่นของโฮลสูง เพื่อให้สนามไฟฟ้าบริเวณสารพี-เอ็นมีค่าน้อย  
 ง. สารพีที่มีความหนาแน่นของโฮลต่ำ เพื่อให้สนามไฟฟ้าบริเวณสารพี-เอ็นมีค่าน้อย

6. อุปกรณ์ภาครับแสงชนิด APD ถูกออกแบบให้สามารถตรวจรับกำลังของสัญญาณแสงต่ำสุดที่ 0.1

ไมโครวัตต์ ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับกี่ dBm

- ก. -10 dBm                      ข. -20 dBm                      ค. -30 dBm                      **ง. -40 dBm**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อความใดกล่าว ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับ PIN Detector

ก. Sensitivity of Receiver คือค่าต่ำสุดของ Input Signal ที่ทำให้ได้ SNR = 1dB

ข. Noise จาก Photodetector มาจาก shot noise, dark current noise, and thermal noise

ค. ในการส่งสัญญาณแสงแบบ digital มาตรฐานส่วนใหญ่มักจะกำหนดค่า Maximum BER อยู่ที่ประมาณ  $10^{-9}$  หรือว่า ค่า Q-factor ประมาณ 6

ง. เมื่อตัวต้านทางโหลดที่ต่อกับ Detector มีค่ามากขึ้น จะทำให้ค่า SNR จาก Thermal Noise ลดลง

8. อุปกรณ์ภาครับแสงชนิด APD โดย APD นั้นย่อมาจากอะไร

ก. Atom Photodiode

ข. Avalanche Processor

ค. Amplifier Photodiode

ง. Avalanche Photodiode

9. ข้อใดคือสัญญาณรบกวนอุปกรณ์แสงที่มีค่าต่ำสุด

ก. สัญญาณรบกวนสารกึ่งตัวนำ (bulk noise)

ข. สัญญาณรบกวนควันตัม (quantum noise)

ค. สัญญาณรบกวนบริเวณผิว (surface noise)

ง. สัญญาณรบกวนกระแสมืด (dark current noise)

10. สารที่ใช้สร้างอุปกรณ์รับแสง โดยสารเจอร์มานเนียมจะรับแสงได้ดีในช่วงความยาวคลื่นใด

ก. 1.0 – 1.6  $\mu\text{m}$

ข. 1.7 – 2.2  $\mu\text{m}$

ค. 2.3 – 2.8  $\mu\text{m}$

ง. 2.9 - 3.4  $\mu\text{m}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 8 เรื่อง ระบบการสื่อสารเส้นใยแสง

1. การส่งสัญญาณแอนะล็อกโดยการมัลติเพล็กซ์อาจใช้ระบบ FDM ร่วมกับระบบใด

- ก. AM                                      ข. FM                                      ค. SCM                                      ง. TDM

2. การส่งสัญญาณแอนะล็อกหลายช่องสัญญาณในระบบเคเบิลที่จะนิยมใช้เทคนิควิธีการใดในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

- ก. Frequency Division Multiplex                                      ข. Time Division Multiplex  
ค. Subcarrier Multiplex                                      ง. ถูกทั้ง ก. และ ข.

3. สัญญาณรบกวนทางความเข้มสัมพันธ์ หรือ RIN โดย RIN นั้นย่อมาจากอะไร

- ก. Rate Intensity Noise                                      ข. Relative Intensity Noise  
ค. Reliability Intensity Noise                                      ง. Reflectometer Intensity Noise

4. ในระบบสื่อสารทางแสงแบบดิจิทัลจะวัดความผิดพลาดของข้อมูลในรูปแบบใด

- ก. ในรูปของการผิดพลาดบิต                                      ข. ในรูปของการตรวจจับข้อมูล  
ค. ในรูปของสัญญาณรบกวนที่รับได้                                      ง. ในรูปของความเร็วในการส่งข้อมูล

5. PCM ย่อมาจากอะไร

- ก. Pulse Code Multiplexing                                      ข. Pulse Code Modulation  
ค. Pre-amplifier Code Modulation                                      ง. Pre-amplifier Code Multiplexing

6. ข้อดีของระบบการสื่อสารเส้นใยแสงแบบดิจิทัล คือมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงกว่า และมีอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) สูงกว่าประมาณเท่าไร

- ก. 10 - 20 dB                                      ข. 20 - 30 dB                                      ค. 30 - 40 dB                                      ง. 40 - 50 dB

7. การแปลงรหัส (Line Coding) สำหรับรหัสไบนารีที่นิยมนำมาใช้สามารถแบ่งออกเป็นกี่แบบ

- ก. 2 แบบ                                      ข. 3 แบบ                                      ค. 4 แบบ                                      ง. 5 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ในระบบสื่อสารทางแสงแบบแอนะล็อกแบนด์วิธมักหมายถึงข้อใด

ก. แบนด์วิธของเครื่องส่ง

ข. แบนด์วิธของเครื่องรับ

ค. แบนด์วิธของสัญญาณไฟฟ้า

ง. แบนด์วิธของสัญญาณรบกวน

9. การบำรุงรักษาเคเบิลเส้นใยแสงข้อใดคือจุดอ่อนของเส้นใยแสงที่ควรหลีกเลี่ยงเมื่อนำมาใช้งาน

ก. แรงที่มากกระทำทางด้านข้าง และการที่น้ำซึมเข้าไปภายในเส้นใยแสง

ข. แรงที่มากกระทำทางด้านข้าง และการที่น้ำซึมออกจากภายในเส้นใยแสง

ค. แรงที่มากกระทำทางด้านใน และการที่น้ำซึมเข้าไปภายในเส้นใยแสง

ง. แรงที่มากกระทำทางด้านใน และการที่น้ำซึมออกจากภายในเส้นใยแสง

10. เครื่องมือที่เรียกว่า "OTDR" ย่อมาจากอะไร

ก. Optical Typical Diode Rate

ข. Optical Time Domain Relative

ค. Optical Typical Diode Reflectometer

ง. Optical Time Domain Reflectometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. เส้นใยแสงแบ่งตามความสามารถในการนำแสงออกได้เป็นกี่ชนิด

- ก. 1 ชนิด                      ข. 2 ชนิด                      ค. 3 ชนิด                      ง. 4 ชนิด

2. ระบบมาตรฐานการส่งสัญญาณโดยสายทองแดงหรือไมโครเวฟ จะมีอัตราความผิดพลาดของบิต (BER) ประมาณเท่าใด

- ก.  $10^{-1} - 10^{-3}$                       ข.  $10^{-3} - 10^{-5}$                       ค.  $10^{-5} - 10^{-7}$                       ง.  $10^{-7} - 10^{-9}$

3. แปลงข้อมูลข่าวสารให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้เคลื่อนที่ได้ในช่องทางสื่อสาร คือหน้าที่ของหลักการใด

- ก. เครื่องรับ                      ข. เครื่องส่ง  
ค. ข้อมูลข่าวสาร                      ง. เครื่องบีบอัดสัญญาณ

4. ข้อดีของเส้นใยแสงที่สร้างจากสารที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนนั้นเพื่อป้องกันสิ่งใด

- ก. Talk                      ข. Crosstalk                      ค. Crossmode                      ง. Crossindex

5. เส้นใยแสงที่ใช้ในปีค.ศ. 1951 นี้ไม่เหมาะกับระบบการสื่อสารเพราะเหตุใด

- ก. มีอัตราการสูญเสียสูงถึง 1,000 dB/km.                      ข. มีอัตราการสูญเสียสูงถึง 2,000 dB/km.  
ค. มีอัตราการสูญเสียสูงถึง 3,000 dB/km.                      ง. มีอัตราการสูญเสียสูงถึง 4,000 dB/km.

6. แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งเคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยความเร็วประมาณเท่าใด

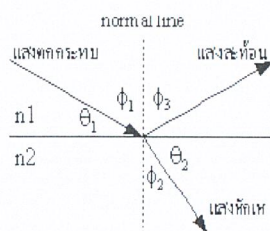
- ก.  $3 \times 10^3$  เมตรต่อวินาที                      ข.  $3 \times 10^6$  เมตรต่อวินาที  
ค.  $3 \times 10^8$  เมตรต่อวินาที                      ง.  $3 \times 10^9$  เมตรต่อวินาที

7. ข้อใด ไม่ใช่ ช่วงแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้สำหรับการสื่อสารเส้นใยแสง

- ก. 1000 nm                      ข. 1300 nm                      ค. 1310 nm                      ง. 1550 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.



จากภาพ ข้อใดคือความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบและมุมหักเห ตามกฎของสเนลล์ (Snell Law)

ก.  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

ข.  $n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$

ค.  $n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$

ง.  $n_1 \cos \phi_1 = n_2 \cos \phi_2$

9.  $\theta_c = \sin^{-1}(n_2 / n_1)$  สมการนี้ได้จากคุณสมบัติใดของแสง

ก. การกระจายของแสง

ข. การสะท้อนแบบปกติ

ค. การสะท้อนกลับหมด

ง. การสะท้อนแบบกระจาย

10. ข้อใดบอกความหมายของเส้นใยแสง (optical fiber) ที่ใช้ในระบบสื่อสาร ได้ดีที่สุด

ก. ทำจากวัสดุโปร่งแสง มีลักษณะเป็นท่อกลมตัน ขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 125 ไมครอน

ข. ทำจากวัสดุโปร่งแสง มีลักษณะเป็นท่อกลมมีรูกลวงตรงกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งเส้นประมาณ 125 ไมครอน

ค. เป็นท่อนำแสงทรงกระบอก มีความสามารถนำแสงได้ดีมาก โดยทุกค่าความยาวคลื่นจะมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนสัญญาณเท่ากัน

ง. แท่งแก้วใสทรงกระบอกขนาดเล็กมาก ประกอบด้วยแก้วเนื้อเดียวกันตลอดภาคตัดขวาง

11. เส้นใยแสงที่สร้างจาก Silica Glass เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะใด

ก. เพื่อมีอัตราการสูญเสียสูง และคุณลักษณะในการส่งสัญญาณคงที่

**ข. เพื่อมีอัตราการสูญเสียต่ำ และคุณลักษณะในการส่งสัญญาณคงที่**

ค. เพื่อมีอัตราการสูญเสียสูง และคุณลักษณะในการส่งสัญญาณไม่คงที่

ง. เพื่อมีอัตราการสูญเสียต่ำ และคุณลักษณะในการส่งสัญญาณไม่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ในระบบสื่อสารความเร็วสูงทางแสงระยะไกล ควรเลือกเส้นใยแสงชนิดใด

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| ก. Multi Mode Step Index   | ข. Single Mode Step Index   |
| ค. Multi Mode Graded Index | ง. Single Mode Graded Index |

13. ส่วนของ Cladding จะมีค่าดัชนีการหักเหน้อยกว่า Core ประมาณเท่าไร

- |                |                       |
|----------------|-----------------------|
| ก. 0.0% - 0.1% | ข. <u>0.2% - 0.3%</u> |
| ค. 0.4% - 0.5% | ง. 0.5% - 0.6%        |

14. Single-Mode มีลักษณะเป็นอย่างไร

ก. มีแบนด์วิดท์ที่กว้างที่สุด และไม่เกิดการแผ่ออกระหว่างโหมด

ข. มีแบนด์วิดท์แคบที่สุด และไม่เกิดการแผ่ออกระหว่างโหมด

ค. มีแบนด์วิดท์ที่กว้างที่สุด และเกิดการแผ่ออกระหว่างโหมด

ง. มีแบนด์วิดท์แคบที่สุด และเกิดการแผ่ออกระหว่างโหมด

15. การเดินทางของแสงแบบเกลียวเป็นอย่างไร

ก. จำนวนโหมดของแสงภายในเส้นใยแสงจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

ข. แสงที่ตกกระทบ หักเห และสะท้อนเดินทางอยู่บนระนาบเดียวกัน

ค. การเดินทางของแสงไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน

ง. การเดินทางของแสงภายในเส้นใยแสงซึ่งในแต่ละจุดมีการสะท้อนของแสงเกิดการเปลี่ยนทิศทางไปเท่ากับมุม  $2\gamma$

16. ข้อใดอธิบายความหมายของ Numerical Aperture (NA) ได้ดีที่สุด

ก. ขนาดของลำแสงที่ถูกส่งเข้าสู่เส้นใยแก้วในแต่ละครั้ง

ข. ค่าตัวเลขที่บ่งบอกขนาดช่องรับแสงที่ส่งเข้าสู่เส้นใยแก้วได้

ค. ค่ากำลังแสงอินพุตที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าสู่เส้นใยแก้ว

ง. ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. จงคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยแสงแบบโหมตเดี่ยว เมื่อมีค่า Numerical Aperture เท่ากับ 0.22 สำหรับความยาวคลื่นแสง 1550 นาโนเมตร

ก. 5 ไมโครเมตร

ข. 6 ไมโครเมตร

ค. 8 ไมโครเมตร

ง. 10 ไมโครเมตร

18. การที่สัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันเดินทางในเส้นใยแก้วด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการสูญเสียอะไร

ก. Scattering Loss

ข. Absorption Loss

ค. Chromatic Dispersion

ง. Intermodal Dispersion

19. Absorption คือการสูญเสียสัญญาณแสงแบบใด

ก. การสูญเสียสัญญาณแสงเมื่อเส้นใยแก้วโค้งงอ

ข. การสูญเสียสัญญาณแสงโดยการดูดกลืนแสงจากวัสดุที่เป็นคอร์

ค. การที่สัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันเดินทางในเส้นใยแก้วด้วยความเร็วไม่เท่ากัน

ง. การสูญเสียแสงที่เกิดจากการคัปปลิงสัญญาณระหว่างเส้นใยแสงกับแหล่งกำเนิดแสง

20. แท่งพรีฟอร์ม (Preform) หมายถึงอะไร

ก. การนำเส้นใยแก้วมาขึ้นรูป (Form)

ข. แท่นให้ความร้อนสำหรับดึงเส้นใยแก้ว

ค. แท่งแก้วทรงกระบอกเล็กตันที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากันตลอดเนื้อสาร

ง. แท่งแก้วที่มีโครงสร้างภายในเหมือนเส้นใยแก้ว แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าประมาณ 1-2 เซนติเมตร

21. การสร้างเส้นใยแสงจะต้องประกอบด้วยสารที่โปร่งแสง ในช่วงความยาวคลื่นที่ใช้งาน จะต้องอยู่ในช่วงใด

ก. 0.1  $\mu\text{m}$ . – 0.7  $\mu\text{m}$ .

ข. 0.8  $\mu\text{m}$ . – 1.6  $\mu\text{m}$ .

ค. 1.7  $\mu\text{m}$ . – 2.4  $\mu\text{m}$ .

ง. 2.5  $\mu\text{m}$ . – 3.2  $\mu\text{m}$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. การเกิด microbending ที่รอยต่อระหว่างคอร์และแคลดดิ้ง ทำให้ฉีกรอยต่อไม่เรียบ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากอะไร

**ก. กระบวนการเคลือบโค้ดดิ้งไม่ดี**

ข. การเลือกใช้สารหรือวัสดุที่ไม่เหมาะสมในการทำแคลดดิ้ง

ค. ความเร็วในการดึงเส้นใยแก้วมีค่าคงที่เป็นเวลานานเกินไป

ง. การได้ปสารเข้าไปในส่วนของคอร์มีความผิดพลาดไปจากที่ออกแบบไว้

23. วิธีใดที่สามารถสร้างเส้นใยแสงแบบ Single Mode ที่มีการสูญเสียต่ำที่สุด

ก. VAD

ข. PCVD

ค. OVPO

**ง. MCVD**

24. วิธี IVPO ในการผลิตเส้นใยแก้ว โดย IVPO ย่อมาจากคำว่าอะไร

ก. Inside Visual Phase Oxidation

ข. Inside Video Phase Oxidation

ค. Inside Volume Phase Oxidation

**ง. Inside Vapor Phase Oxidation**

25. การสร้างชั้นแก้ววิธีใดที่ใช้คลื่นไมโครเวฟช่วยในการสร้าง

ก. VAD

**ข. PCVD**

ค. OVPO

ง. MCVD

26. โครงสร้างของเคเบิลใยแสงที่สอดเส้นใยแสงให้เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในท่อเล็กๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 มม. เรียกว่า

ก. Tight Buffer

ข. Ribbon Type

**ค. Loose Buffer**

ง. Composite Buffer

27. ท่อตันเทียมที่ใส่รวมกับท่อหลวมที่บรรจุเส้นใยแสง ภายในสายเคเบิลใยแสง มีชื่อเรียกว่าอะไร

ก. Stripper

ข. Strander

ค. Loose Tube

**ง. Filler Loose**

28. วงล้อเล็กๆ คล้ายหลอดด้ายขนาดใหญ่ ที่ใช้หมุนเก็บเส้นใยแสงที่ถูกเคลือบด้วย Coating ก่อนนำไปผลิตสายเคเบิล เรียกว่าอะไร

ก. Drum

**ข. Bobbin**

ค. Cleaver

ง. Strander

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29. Fiber connector ที่ดี ควรมีคุณสมบัติอย่างไร

- ก. มีค่า insertion loss มากๆ และ return loss น้อยๆ
- ข. มีค่า insertion loss มาก ๆ และ return loss มากๆ
- ค. มีค่า insertion loss น้อย ๆ และ return loss น้อยๆ
- ง. มีค่า insertion loss น้อยๆ และ return loss มากๆ**

30. ความผิดพลาดจากการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใดที่มีผลกระทบต่อ การส่งผ่านของสัญญาณแสงมากที่สุด

- ก. เกิดช่องว่างระหว่างการเชื่อมต่อเส้นใยแสง
- ข. เกิดมุมหักเหระหว่างการเชื่อมต่อเส้นใยแสง
- ค. เกิดการซ้อนทับระหว่างการเชื่อมต่อเส้นใยแสง
- ง. เกิดการออฟเซตของแกนระหว่างการเชื่อมต่อเส้นใยแสง**

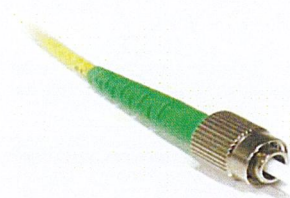
31. การเชื่อมต่อเส้นใยแสงในข้อใดที่มีการสูญเสียของแสงน้อยที่สุด

- ก. การเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้ไฟฟ้า
- ข. การเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้เปลวไฟ
- ค. การเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้ร่องรูปตัววี
- ง. การเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้ร่องรูปตัววีที่มีแผ่นแก้วประกบด้านบน**

32. ตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใดนิยมใช้กับเส้นใยแสงแบบ Multi Mode

- ก. MU
- ข. ST
- ค. SC
- ง. FC

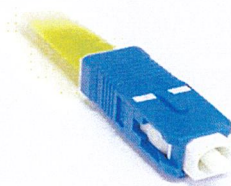
33. จากภาพ คือ ตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใด



- ก. MU
- ข. ST
- ค. SC
- ง. FC**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34. จากภาพ คือ ตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบใด



ก. MU

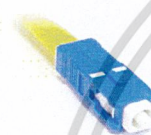
ข. ST

ค. SC

ง. FC

35. ข้อใดคือตัวเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบ LC

ก.



ข.



ค.



ง.



36. แหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบสื่อสารแบบดิจิทัลคือแบบใด

ก. LD

ข. LED

ค. LDR

ง. LDB

37. Ground state level มีความหมายว่าอย่างไร

ก. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานต่ำสุด

ข. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานชั้นสูงกว่า

ค. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานชั้นกลางๆ

ง. ไม่มีข้อถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38. การกำเนิดแสงของแอลอีดีอาศัยหลักการใด

ก. Stimulated Level

ข. Ground State Level

ค. Stimulated Emission

ง. Spontaneous Emission

39. โครงสร้างอะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆ ถ้านิวเคลียสมีอิเล็กตรอนอยู่ในระดับที่มีพลังงานต่ำสุดเรียกว่าอะไร

ก. Stimulated Level

ข. Ground state Level

ค. Stimulated Emission

ง. Spontaneous Emission

40. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสง

ก. อายุการใช้งาน (Lifetime)

ข. ความเป็นเชิงเส้น (Linearty)

ค. กำลังเอาต์พุต (Output Power)

ง. สเปกตรัมของสัญญาณอินพุต (Input Spectrum)

41. Photodiode มีกี่ชนิด อะไรบ้าง

ก. ชนิดเดียว คือ APD

ข. 2 ชนิด คือ PIN และ APD

ค. 3 ชนิด คือ APD, BPD และ CDP

ง. 5 ชนิด คือ PIN, APD, IPN, PDA และ NIP

42. สัญญาณรบกวนชนิดใดที่อาจเกิดขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำ (bulk dark current) หรือที่ (surface dark current) คือข้อใด

ก. สัญญาณรบกวนสารกึ่งตัวนำ (bulk noise)

ข. สัญญาณรบกวนควันตัม (quantum noise)

ค. สัญญาณรบกวนบริเวณผิว (surface noise)

ง. สัญญาณรบกวนกระแสมืด (dark current noise)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43. โครงสร้างของไดโอด PIN มีการไบอัสกลับเพื่อวัตถุประสงค์ใด

- ก. เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่
- ข. เพื่อลดปริมาณการสูญเสียของแรงดัน

**ค. เพื่อแยกโฮลและอิเล็กตรอนออกจากกัน**

- ง. เพื่อให้เกิดความสมดุลในการไหลของกระแสและแรงดัน

44. วงจรสำหรับอุปกรณ์รับแสงที่ดีจะมีสัญญาณรบกวนต่ำจะต้องเป็นวงจรแบบใด

- ก. วงจรที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง
- ข. วงจรที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำ
- ค. วงจรที่มีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูง
- ง. วงจรที่มีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ

45. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง

- ก. มีสัญญาณรบกวนควอนตัม
- ข. มีความไวสูงในช่วงความยาวคลื่นที่ใช้งาน
- ค. ไม่สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าจากสัญญาณแสงได้**
- ง. มีความไวสูงในการตอบสนองต่อสัญญาณอินพุต เพื่อให้เหมาะสมกับแบนด์วิดท์

46. ข้อใด ไม่ใช่ สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในเครื่องส่งสำหรับการสื่อสารทางแสงแบบแอนะล็อก

- ก. ความเพี้ยนทางฮาร์โมนิกส์
- ข. สัญญาณรบกวนทางความเข้มสัมพันธ์
- ค. อัตราส่วนของคลื่นพาห်ต่อสัญญาณรบกวน(C/N)
- ง. อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N)**

47. เส้นใยแสงที่เหมาะสมกับระบบการสื่อสารทางแสงแบบแอนะล็อกคือแบบใด

- ก. เส้นใยแสงหลายโหมดที่มีดัชนีหักเหแบบขั้น
- ข. เส้นใยแสงโหมดเดียวที่มีดัชนีหักเหแบบขั้น**
- ค. เส้นใยแสงโหมดเดียวที่มีดัชนีหักเหแบบเกรด
- ง. เส้นใยแสงหลายโหมดที่มีดัชนีหักเหแบบเกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48. ข้อใดคือข้อดีของระบบการสื่อสารเส้นใยแสงแบบดิจิตอล

ก. ต้องมีการเข้ารหัสก่อนสำหรับการส่งสัญญาณ PCM

ข. ราคาของระบบและความซับซ้อนจะสูงกว่าระบบแอนะล็อก

**ค. วงจรที่ใช้ในการมอดูเลตแบบ PCM สามารถใช้งานร่วมกันได้**

ง. การแปลงจากสัญญาณแอนะล็อกเดิมเป็นสัญญาณ PCM จะต้องใช้แบนด์วิดท์ในการส่งสูงกว่าการส่งสัญญาณแอนะล็อกเดิม

49. การแปลงรหัสแบบ Return-to-Zero มีวิธีการอย่างไร

**ก. ข้อมูล 1 จะกลับลงมาเป็น 0 ในระหว่างคาบสัญญาณ**

ข. ข้อมูล 0 จะกลับลงมาเป็น 1 ในระหว่างคาบสัญญาณ

ค. ข้อมูล 1 จะไม่กลับลงมาเป็น 0 ในระหว่างคาบสัญญาณ

ง. ข้อมูล 0 จะไม่กลับขึ้นมาเป็น 1 ในระหว่างคาบสัญญาณ

50. อุปกรณ์ OTDR ใช้สำหรับการบำรุงรักษาเคเบิลเส้นใยแสง แบบใด

ก. การป้องกันน้ำด้วยระบบอัดแก๊ส

ข. การตรวจสอบคุณสมบัติของฉนวน

ค. การป้องกันน้ำด้วยระบบไมโครเวฟ

**ง. การตรวจสอบหาตำแหน่งที่เคเบิลชำรุด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม  
วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3			
1	เนื้อหาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2	เนื้อหาความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
3	เนื้อหาความถูกต้องและชัดเจน	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
4	ปริมาณเนื้อหาความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
5	ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหาความเหมาะสม	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
6	ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในการนำเสนอ	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
7	ความถูกต้องของภาพที่ใช้ประกอบกับเนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
8	ความถูกต้อง เหมาะสมของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวประกอบเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
9	ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด					4.59	0.50	ดีมาก

ตารางที่ จ.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม  
วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3			
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ						
	1.1 รูปเล่มของสื่อมีความน่าสนใจ	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบ และวิธีการนำเสนอ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	1.3 ความเหมาะสมของ Marker ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	1.4 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
	1.5 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอในแต่ละหัวข้อ	5	4	4	4.33	0.58	ดี
เฉลี่ยรวม					4.40	0.51	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			- X	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3			
2	ภาพประกอบสื่อ						
	2.1 คุณภาพของภาพที่ใช้มีความคมชัด	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพและคำอธิบาย	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในสื่อการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของสีใช้ในสื่อการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	เฉลี่ยรวม				4.58	0.51	ดีมาก
3	ตัวอักษรประกอบสื่อ						
	3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความชัดเจนของตัวอักษร	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	เฉลี่ยรวม				4.44	0.53	ดี
4	วิดีโอประกอบสื่อ						
	4.1 วิดีโอสอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	4.2 วิดีโอมีขนาดเหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	4.3 วิดีโอมีความคมชัดเหมาะสม	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	4.4 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	เฉลี่ยรวม				4.42	0.51	ดี
	เฉลี่ยรวมทั้งหมด				4.46	0.50	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.3 คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

คนที่	หน่วยที่								คะแนนเต็ม 80 คะแนน	คิดเป็น 100%
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	7	9	10	9	7	10	9	10	71.00	88.75
2	8	10	10	10	7	9	6	9	69.00	86.25
3	7	10	9	8	9	9	8	9	69.00	86.25
4	7	9	9	9	7	10	9	8	68.00	85.00
5	7	8	8	9	8	9	9	7	65.00	81.25
6	7	7	6	9	8	9	9	8	63.00	78.75
7	8	7	9	9	9	9	10	10	71.00	88.75
8	9	10	8	8	8	8	9	9	69.00	86.25
9	9	8	8	8	9	9	8	9	68.00	85.00
10	10	8	7	8	9	8	7	8	65.00	81.25
11	8	6	8	8	9	9	9	8	65.00	81.25
12	10	10	9	9	9	8	8	8	71.00	88.75
13	9	8	10	9	8	8	10	9	71.00	88.75
14	6	6	8	9	7	10	7	9	62.00	77.50
15	10	8	8	8	9	8	9	8	68.00	85.00
16	9	8	8	9	9	9	8	8	68.00	85.00
17	9	7	8	7	9	9	8	7	64.00	80.00
18	8	9	8	7	7	9	8	8	64.00	80.00
19	7	8	7	9	8	8	8	9	64.00	80.00
20	9	9	6	9	7	9	9	7	65.00	81.25
21	8	8	9	8	8	7	9	8	65.00	81.25
22	8	7	7	9	8	8	7	8	62.00	77.50
23	6	7	8	9	8	7	6	9	60.00	75.00
24	9	9	7	7	9	8	9	8	66.00	82.50
25	7	6	7	10	10	8	9	9	66.00	82.50
26	9	8	8	9	8	7	9	8	66.00	82.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.3 (ต่อ)

คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้										
คนที่	หน่วยที่								คะแนนเต็ม 80 คะแนน	คิดเป็น 100%
	1	2	3	4	5	6	7	8		
27	7	7	9	9	8	7	8	8	63.00	78.75
28	7	7	6	9	8	9	9	8	63.00	78.75
29	9	8	9	9	10	8	7	8	68.00	85.00
30	9	9	8	9	10	8	7	7	67.00	83.75
31	8	8	9	8	8	8	7	8	64.00	80.00
32	10	6	6	9	9	8	8	8	64.00	80.00
33	8	8	6	8	8	8	8	8	62.00	77.50
34	7	8	8	9	8	8	7	7	62.00	77.50
35	8	7	6	9	8	9	9	9	65.00	81.25
36	7	6	8	10	9	9	8	8	65.00	81.25
เฉลี่ยรวม									65.78	82.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		
คนที่	คะแนนเต็ม (50 คะแนน)	คิดเป็น 100%
1	44.00	88.00
2	43.00	86.00
3	43.00	86.00
4	42.00	84.00
5	40.00	80.00
6	38.00	76.00
7	45.00	90.00
8	43.00	86.00
9	43.00	86.00
10	41.00	82.00
11	41.00	82.00
12	44.00	88.00
13	44.00	88.00
14	37.00	74.00
15	42.00	84.00
16	42.00	84.00
17	40.00	80.00
18	40.00	80.00
19	39.00	78.00
20	41.00	82.00
21	40.00	80.00
22	37.00	74.00
23	37.00	74.00
24	42.00	84.00
25	42.00	84.00
26	41.00	82.00
27	38.00	76.00
28	39.00	78.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 (ต่อ)

คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		
คนที่	คะแนนเต็ม (50 คะแนน)	คิดเป็น 100%
29	42.00	84.00
30	42.00	84.00
31	40.00	80.00
32	40.00	80.00
33	37.00	74.00
34	38.00	76.00
35	41.00	82.00
36	41.00	82.00
ค่าเฉลี่ย	40.81	81.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.5 คะแนนจากการทำการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียน

ลำดับ	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง (D)	D <sup>2</sup>
1	32.00	44.00	12.00	144
2	32.00	43.00	11.00	121
3	30.00	43.00	13.00	169
4	29.00	42.00	13.00	169
5	19.00	40.00	21.00	441
6	17.00	38.00	21.00	441
7	35.00	45.00	10.00	100
8	30.00	43.00	13.00	169
9	29.00	43.00	14.00	196
10	22.00	41.00	19.00	361
11	20.00	41.00	21.00	441
12	33.00	44.00	11.00	121
13	32.00	44.00	12.00	144
14	16.00	37.00	21.00	441
15	29.00	42.00	13.00	169
16	29.00	42.00	13.00	169
17	18.00	40.00	22.00	484
18	18.00	40.00	22.00	484
19	18.00	39.00	21.00	441
20	20.00	41.00	21.00	441
21	20.00	40.00	20.00	400
22	16.00	37.00	21.00	441
23	16.00	37.00	21.00	441
24	27.00	42.00	15.00	225
25	26.00	42.00	16.00	256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.5 (ต่อ)

ลำดับ	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง (D)	D <sup>2</sup>
26	25.00	41.00	16.00	256
27	17.00	38.00	21.00	441
28	18.00	39.00	21.00	441
29	28.00	42.00	14.00	196
30	28.00	42.00	14.00	196
31	19.00	40.00	21.00	441
32	18.00	40.00	22.00	484
33	16.00	37.00	21.00	441
34	17.00	38.00	21.00	441
35	25.00	41.00	16.00	256
36	25.00	41.00	16.00	256
รวม	849.00	40.81	620.00	11258.00
ค่าเฉลี่ย	23.58	40.81	17.22	312.72
เบี่ยงเบน	6.08	2.20		

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

$$t = \frac{620}{\sqrt{36(11258) - 620^2}}$$

$$t = 25.38$$

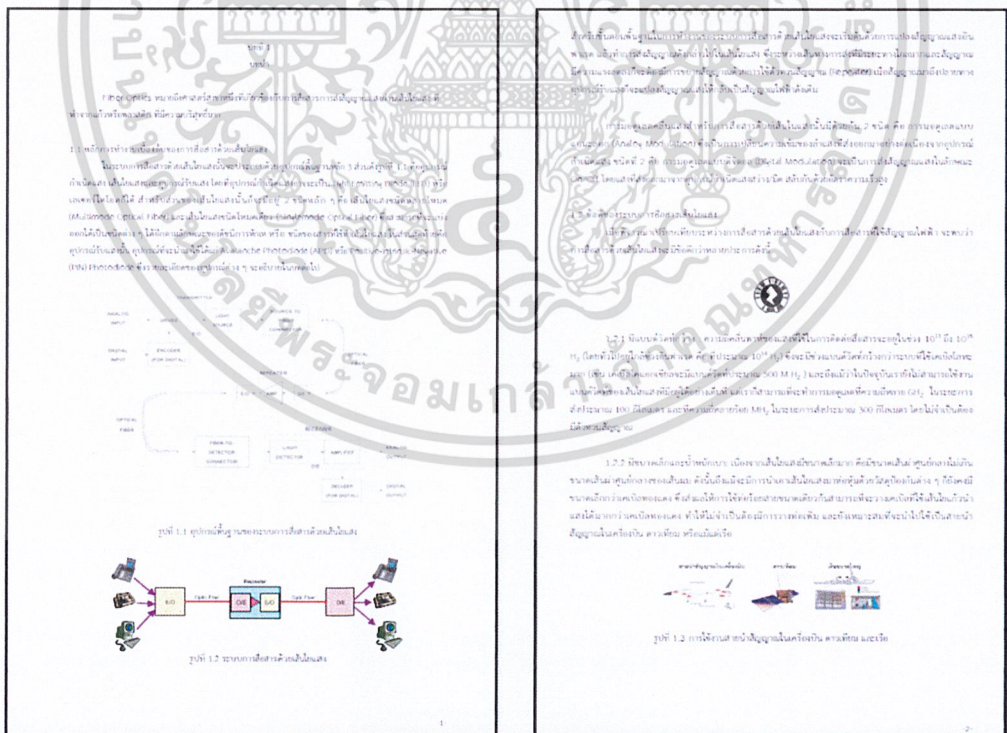
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๑.1 ปกหน้าของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง

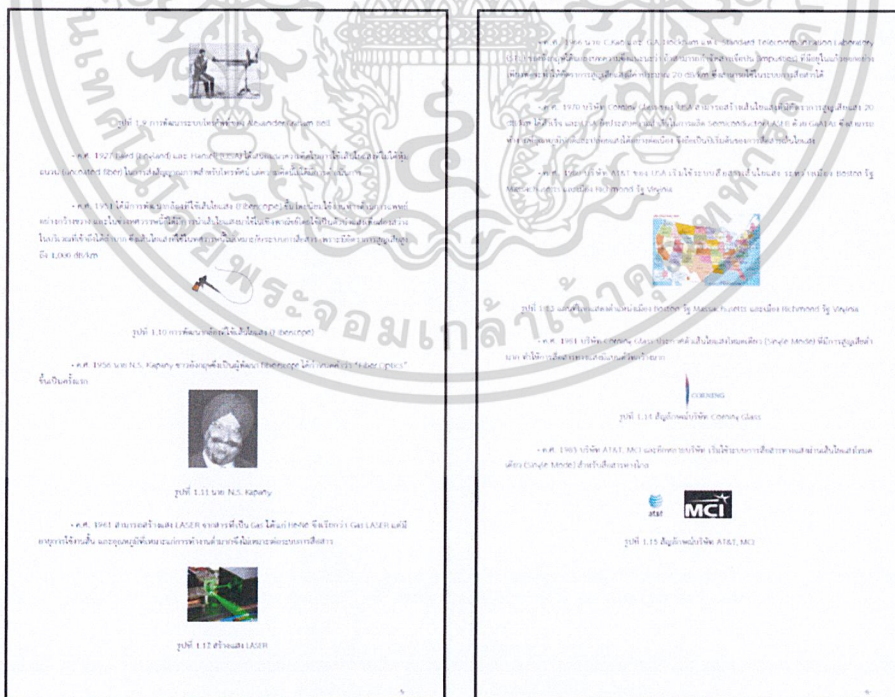


ภาพที่ ๑.2 ตัวอย่างเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสารเส้นใยแสง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

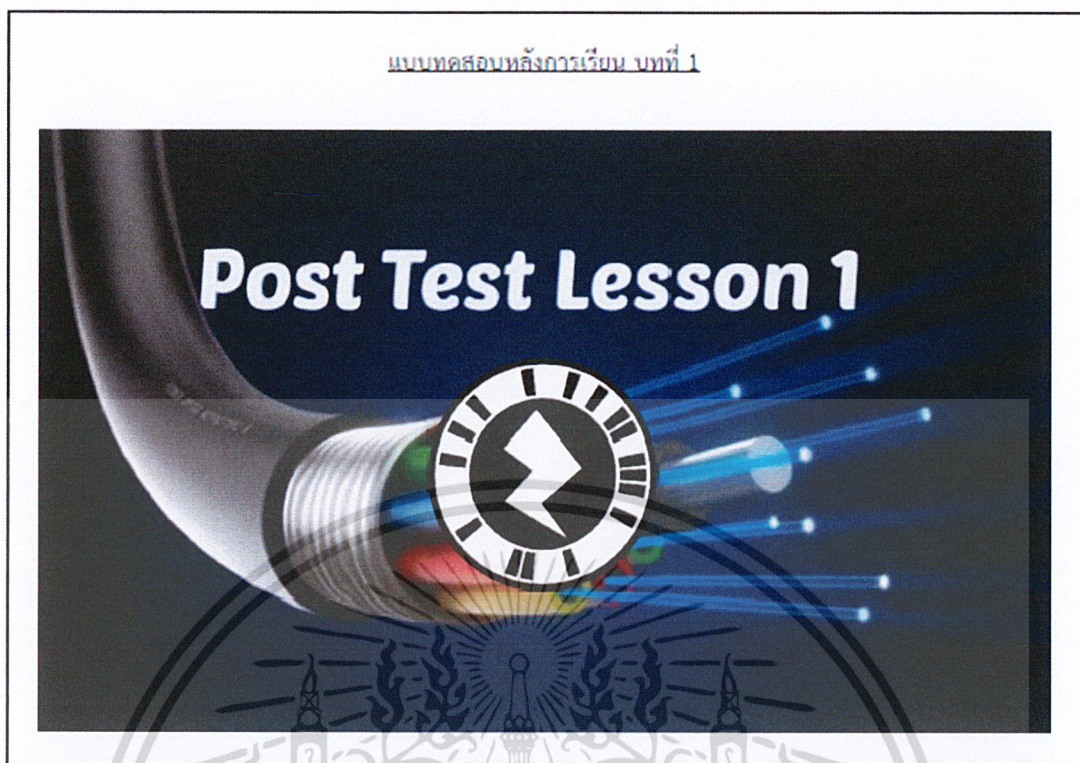


ภาพที่ ๓.3 ตัวอย่างเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสาร เส้นใยแสง 2



ภาพที่ ๓.4 ตัวอย่างเนื้อหาของหนังสือสื่อประสมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิชาการสื่อสาร เส้นใยแสง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ.5 หน้าแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวกฤษรินทร์ วงษ์มานิตย์
วัน เดือน ปี เกิด	4 มีนาคม 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 29/60 ซอยหทัยราษฎร์ 39 ถนนหทัยราษฎร์ แขวงสามวา ตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียน นวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตรอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2562 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตรอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	ปี พ.ศ. 2558 – 2560 : ตำแหน่ง Network Quality Officer บริษัท จัส เทล เน็ตเวิร์ค จำกัด ปี พ.ศ. 2560 – ปัจจุบัน : ตำแหน่ง IoT Business Development บริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้