

การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงาน  
แสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF A SOLAR ROBOT TRAINING SET  
FOR UPPER SECONDARY EDUCATION STUDENTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-ED-M-232-046

การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงาน  
แสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF A SOLAR ROBOT TRAINING SET  
FOR UPPER SECONDARY EDUCATION STUDENTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะครุศาสตรบัณฑิต  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในท้องถิ่นเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF A SOLAR ROBOT TRAINING SET  
FOR UPPER SECONDARY EDUCATION STUDENTS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRONICS  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2015

KMITL-2015-ED-M-232-046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วย  
พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย  
Development of a Solar Robot Training Set  
for Upper Secondary Education Students

นักศึกษา

นายสมชาย ทองคำ

รหัสประจำตัว

53631603

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา






อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.กิติพงษ์	มะโน	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
ดร.สมชาย	หมั่นสายญาติ	
รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

16 มิถุนายน 2558 เวลา 10.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้องเรียนสมาคมศิษย์เก่า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่.....เดือน.....2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
นักศึกษา	นายสมชาย ทองคำ
รหัสประจำตัว	53631603
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพรวมทั้งประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมโครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 จัดการแข่งขันโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เอกสารประกอบการฝึกอบรม สื่อนำเสนอ แบบทดสอบ และแบบประเมินรายการความสามารถ เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งหมดได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ ผลจากการวิจัยพบว่าชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาในระดับดี ( $\bar{X} = 4.31$ , S.D. = 0.58) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.55$ , S.D. = 0.43) และมีประสิทธิภาพเป็น ร้อยละ 90 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of a Solar Robot Training Set for Upper Secondary Education Students
Student	Mr.Somchai Tongkam
Student ID.	53631603
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2015
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya
Thesis Co-Advisor	Dr.Somchai Maunsaiyat

## ABSTRACT

The purposes of this research were to create and evaluate the quality as well as the efficiency of a solar robot training set for upper secondary education students. The efficiency of a solar robot training set was specified as 80% of the students who should pass the test with scores at least 80%. The participants in the study consisted of 20 upper secondary education students who had registered in a solar robot speed contest for the 2<sup>nd</sup> level of secondary education during the 2013. The event was arranged by Chandrakasem Rajabhat University. The tools utilized for this study were a solar robot training kit, a training document, a presentation, an achievement test and the behavioral observation checklist. The research results showed that the quality in term of the content of the training set for upper secondary education was at the good level ( $\bar{X} = 4.31$  , S.D. = 0.58), while the media production technique was at the great level ( $\bar{X} = 4.55$  , S.D. = 0.43). Overall, the efficiency of the solar robot training set for upper secondary education students revealed that 90% of the students passed the test with scores at least 80%, which was in accordance with the specified criteria in research hypothesis.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีก็ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสติน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์วิชัย จิตต์ประสงค์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมนึก ธัญญาวินิชกุล ดร.ภาณุวัฒน์ ชิมะลาวงศ์ อาจารย์สัมพันธ์ แผล่งป่าหมื่น อาจารย์อภิชาติ หาจัตูร์สี และอาจารย์ธวัช จันทรสุวรรณ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่อการวิจัย ขอขอบคุณวิทยากร อาจารย์ภัทรารุส บุญประคองและทีมงานผู้ช่วยวิทยากร นักศึกษา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม รุ่นที่ 24 และขอขอบใจนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขันโครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่าง ให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ ท่านอาจารย์เฉลิม ศรีสุวรรณ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สมชาย ทองคำ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์.....	5
2.2 ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์.....	20
2.3 การพัฒนาชุดฝึกอบรม.....	27
2.4 การวัดและการประเมินผล.....	40
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	51
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	58
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	63
4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	68
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	68
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	69
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	71
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก .....	75
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....	76
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูล .....	85
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพ.....	96
ภาคผนวก ง แบบประเมินความสอดคล้อง.....	103
ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ.....	113
ภาคผนวก ฉ ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ .....	121
ประวัติผู้เขียน.....	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ.....	23
2.2 แสดงการจำแนกวิธีการฝึกอบรม โดยยึดวัตถุประสงค์ และลักษณะการเรียนรู้.....	33
4.1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....	63
4.2 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	65
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	66
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทดสอบ.....	67
ข.1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา.....	86
ข.2 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	88
ข.3 แสดงผลประเมินการทำแบบทดสอบของผู้เข้ารับการฝึกอบรม.....	90
ข.4 แสดงผลประเมินระดับรายการความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรม.....	92
ข.5 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	94
ข.6 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินรายการความสามารถกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	95
ฉ.1 แสดงรายการอุปกรณ์ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หุ่นยนต์เคลื่อนไหวยู่กับที่.....	7
2.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้.....	8
2.3 มอเตอร์หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา.....	12
2.4 มอเตอร์หมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกา.....	13
2.5 เฟืองชนิดต่างๆ .....	14
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีเฟืองทดรอบ.....	15
2.7 สวิตช์โยก 2 ทาง.....	16
2.8 ตัวต้านทานและสัญลักษณ์.....	16
2.9 แสดงค่าแถบสีของตัวต้านทาน .....	17
2.10 ตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์.....	18
2.11 ไดโอดและสัญลักษณ์.....	18
2.12 ทราานซิสเตอร์และสัญลักษณ์.....	19
2.13 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.....	20
2.14 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ .....	21
2.15 กราฟกระแสกับแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์.....	25
2.16 กราฟกระแสและแรงดันที่อุณหภูมิและความเข้มแสงค่าต่างๆ .....	25
2.17 กระบวนการฝึกอบรม.....	32
3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	53
3.2 ต้นแบบหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์.....	54
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	56
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถสำหรับชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยม ศึกษาตอนปลาย.....	58
ฉ.1 ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	122
ฉ.2 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวกบรอบชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์....	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ไม่เพียงเฉพาะแต่ในกลุ่มของนักวิจัยและพัฒนาโดยตรง ยังมีกลุ่มเด็กและเยาวชนที่ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ดังเช่น งานประกวดแข่งขันหุ่นยนต์ รวมทั้งนิทรรศการต่างๆ ที่จัดขึ้นจำนวนมากในแต่ละปี ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา อาทิ การแข่งขันหุ่นยนต์สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) การแข่งขันหุ่นยนต์ก๊วยชิ่งแชมป์แห่งประเทศไทย การแข่งขันหุ่นยนต์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) (ส.ส.ท) ชิงแชมป์แห่งประเทศไทย และโครงการแข่งขันสิ่งประดิษฐ์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) “สปีดโซล่าเซลล์...ขับเคลื่อนความเร็วด้วยพลังงานแสงอาทิตย์” จัดขึ้นในงานเทคโนโลยีและนวัตกรรมของไทยประจำปี พ.ศ.2555 (TechnoMart & InnoMart 2012) ณ ศูนย์นิทรรศการและประชุมไบเทค บางนา (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 : 1) เป็นการแข่งขันทักษะหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทำภารกิจตามที่กำหนด โดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เจ้าของโครงการได้มอบหมายให้สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม เป็นผู้ดำเนินการแข่งขัน และมีการประชาสัมพันธ์เชิญชวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและประกาศนียบัตรวิชาชีพจากสถานศึกษาทั่วประเทศให้เข้าร่วม มีสถานศึกษาจำนวน 19 แห่งตอบรับและส่งทีมเข้าร่วมแข่งขันจำนวน 23 ทีม

จากการแข่งขันในโครงการ “สปีดโซล่าเซลล์...ขับเคลื่อนความเร็วด้วยพลังงานแสงอาทิตย์” สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ซึ่งเป็นผู้ดำเนินการแข่งขันดังกล่าว ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์จากแข่งขัน อันเป็นการเปิดโอกาสให้เยาวชนได้มีส่วนร่วมในการแสดงออกทางความคิด อีกทั้งหลังจากสิ้นสุดการแข่งขัน ยังมีอุปกรณ์ที่ใช้งานได้ อาทิ สนามแข่งขันหลอดไฟ โคมไฟ โครงเหล็ก สามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ดำเนินโครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาอย่างต่อเนื่องเป็นครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ.2556 โดยใช้ชื่อโครงการว่า “โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2” ซึ่งจัดขึ้นในกิจกรรมวันวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ประจำปี 2556 โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณเพิ่มเติมจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในการดำเนินโครงการดังกล่าว (มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2556 : 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยเป็นหนึ่งในคณะผู้ดำเนินการประกวดแข่งขัน “สปีดโซล่าเซลล์...ขับเคลื่อนความเร็วด้วยพลังงานแสงอาทิตย์” ที่ได้ดำเนินการสำเร็จล่วงไปแล้วนั้น พบว่า นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาบางส่วนที่เข้าร่วมแข่งขัน ยังขาดทักษะ ความชำนาญและความรู้เกี่ยวกับการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ทางไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ทางกล อาจเนื่องด้วยเพราะพื้นฐานความรู้ที่มีอยู่ไม่มาก รวมทั้งการขาดบุคลากรซึ่งสามารถให้คำปรึกษาหรือชี้แนะแนวทางในด้านความรู้พื้นฐานการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้ ส่งผลให้สิ่งประดิษฐ์ที่ใช้แข่งขันหลายทีม ไม่มีประสิทธิภาพ ไม่สามารถปฏิบัติการกิจในการแข่งขันให้สำเร็จล่วงได้

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมให้ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะพื้นฐานทางด้านระบบไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ทางกลสำหรับการประดิษฐ์หุ่นยนต์ให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เข้ารับการฝึกอบรม นำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 หรือการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์ที่จัดโดยหน่วยงานอื่นๆ รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปถ่ายทอดในกลุ่มเพื่อนนักเรียนที่สนใจต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคุณภาพในระดับดีขึ้น

1.3.2 ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดยร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายครั้งนี้ อาศัยแนวความคิดจากขั้นตอนการออกแบบตามคู่มือพัฒนาชุดฝึกซีบีเอสที ของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม (2543 : 55-59) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เรียนรู้ (Know)
2. แสดง (Show)
3. ปฏิบัติ (Do)
4. ทบทวน (Review)
5. ผ่าน (Pass Through)

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

### 1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 จำนวน 49 คน

1.5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 จำนวน 20 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (ณรงค์ โพธิ์พุกษานันท์. 2551 : 173)

### 1.5.2 ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

- 1.5.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์และการใช้งาน
- 1.5.2.2 ความรู้เบื้องต้นในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแข่งขัน
- 1.5.2.3 การขับเคลื่อนมอเตอร์และวงจรควบคุม
- 1.5.2.4 การประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1.6.1 ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สื่อนำเสนอภาพเคลื่อนไหว แบบทดสอบพร้อมเฉลย และแบบประเมินรายการความสามารถ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.2 แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.6.3 คุณภาพ หมายถึง คุณภาพด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1.6.4 แบบทดสอบ หมายถึง แบบประเมินความรู้ความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างหลังจากการฝึกอบรมด้วยชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 25 ข้อ

1.6.3 แบบประเมินรายการความสามารถ หมายถึง แบบวัดภาคปฏิบัติ ที่มีขั้นตอนการปฏิบัติการด้วยชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และเกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถ จำนวน 20 รายการ

1.6.6 ประสิทธิภาพ หมายถึง เกณฑ์การประเมินของชุดฝึกอบรมเรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านการทดสอบ ด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.6.7 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึงผู้ที่ทำงานหรือผู้ปฏิบัติการสอนทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ ฟิสิกส์ เครื่องกล ที่มีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 5 ปี และมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์
- 2.2 ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.3 การพัฒนาชุดฝึกอบรม
- 2.4 การวัดและการประเมินผล
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์

##### 2.1.1 หุ่นยนต์คืออะไร

หุ่นยนต์มีความหมายได้หลากหลาย โดยอาจกำหนดความหมายได้จากลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์หรือวัตถุประสงค์ในการสร้างและใช้หุ่นยนต์ จึงมีความหมายแตกต่างกันออกไป ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายของคำว่าหุ่นยนต์จากหลากหลายหน่วยงานและบุคคลที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ได้ดังนี้

หุ่นยนต์ คือ อะไรก็ตามที่เป็นเครื่องจักรกลแล้วใช้ทำงานแทนมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นการทำงานอัตโนมัติและการทำงานโดยใช้มนุษย์ควบคุม หรือสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานได้เอง มีลักษณะโครงสร้างและรูปแบบแตกต่างกัน ในแต่ละประเภทจะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่างๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ สถาบันหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแห่งอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ คือเครื่องจักรใช้งานแทนมนุษย์ที่ออกแบบให้สามารถตั้งลำดับการทำงาน การใช้งานได้หลายหน้าที่ ใช้เคลื่อนย้ายวัสดุ ส่วนประกอบ เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ ตลอดจนการเคลื่อนที่ได้หลากหลายตามที่ตั้งลำดับการทำงาน เพื่อใช้งานหลายประเภท

สมาคมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้ให้ความหมายของหุ่นยนต์ตามประเภทของระบบหุ่นยนต์ได้เป็น

1. หุ่นยนต์ควบคุมด้วยมนุษย์ หมายถึง เครื่องจักรที่ถูกควบคุมด้วยมนุษย์ให้เกิดการเคลื่อนไหว
2. หุ่นยนต์ทำงานเป็นลำดับ หมายถึง เครื่องจักรที่ทำงานเป็นลำดับการทำงานที่แน่นอนโดยทำงานซ้ำไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หุ่นยนต์ที่โปรแกรมได้ หมายถึง เครื่องจักรที่สามารถเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้
4. หุ่นยนต์ควบคุมด้วยข้อมูล หมายถึง หุ่นยนต์ที่ถูกควบคุมด้วยชุดของข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อใช้ในการคำนวณให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่
5. หุ่นยนต์ที่มีประสาทสัมผัส หมายถึง หุ่นยนต์ที่ใช้การส่งสัญญาณจากเซนเซอร์มาควบคุมการทำงาน
6. หุ่นยนต์ที่ปรับตัวเองได้ หมายถึง หุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยการตัดสินใจของข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่เป็นประสาทสัมผัสของหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถปรับตัวเองได้
7. หุ่นยนต์ชาญฉลาด หมายถึง หุ่นยนต์ที่ใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการทำงาน
8. ระบบเครื่องกลอัจฉริยะ เป็นการนำระบบเครื่องกลมารวมกับระบบอิเล็กทรอนิกส์ทำให้เครื่องกลสามารถเคลื่อนไหวและกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. 2550 : 7-8)

หุ่นยนต์ คือ สิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และทางเครื่องกล สร้างขึ้นมาเพื่อทำงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานให้หลากหลาย อาจเป็นการทำงานแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติซึ่งมีการควบคุมโดยตรงจากมนุษย์ มีโครงสร้าง รูปแบบการทำงาน หน้าที่การทำงานแตกต่างกันออกไป ตามวัตถุประสงค์ของผู้ที่สร้างหุ่นยนต์ (ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. 2551 : 1)

เดชกฤตี มณีธรรม (2552 : 3) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีหุ่นยนต์ คือการประยุกต์งานทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยรวมไปถึงการออกแบบเครื่องจักรกล ทฤษฎีการควบคุม ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ การโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ปัญญาประดิษฐ์ ตลอดจนการทำงานร่วมกับมนุษย์

### 2.1.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

อดีตกาลในยุคที่หุ่นยนต์ยังไม่เกิดขึ้นในโลก มนุษย์ก็จินตนาการไว้ว่าถ้ามีอะไรสักอย่างมาทำงานแทนมนุษย์ก็ดีมาก จึงเกิดคำว่าโรบอทขึ้น โดยมาจากคำว่า ROBOT ในภาษาเช็กแปลว่าทำงานเยี่ยงทาส ซึ่งเกิดขึ้นในละครเวทีเรื่อง Rassum's Universal Robot ในปี ค.ศ. 1920 โดยนักแสดงละครชาวเช็กชื่อคาเวล คาเปค โดยเนื้อเรื่องว่าด้วย มนุษย์ได้ประดิษฐ์เครื่องจักรมาทำงานเป็นทาสมนุษย์แล้วต่อมาเครื่องจักรเหล่านั้นก็มีความคิดเหมือนมนุษย์ จึงลุกขึ้นมาต่อต้านไม่ยอมเป็นทาสรับใช้ ในสมัยก่อนเรื่องนี้โด่งดังมาก คำว่าโรบอทจึงเป็นที่รู้จัก

ต่อมาในปี ค.ศ.1942 นักเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ชื่อไอแซค อสิมอฟ ได้เขียนนิยายสั้นวิทยาศาสตร์เรื่อง Runaround ซึ่งได้นำคำว่าโรบอทมาใช้ และต่อมาได้ถูกรวบรวมไว้ในนิยายวิทยาศาสตร์ที่โด่งดังชื่อ I-Robot ทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้รู้จักคำว่าโรบอทครั้งแรกผ่านทางนิยายวิทยาศาสตร์ โรบอทจึงเป็นที่สนใจและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายเป็นแนวคิดและจินตนาการในการประดิษฐ์และสร้างหุ่นยนต์ในเวลาต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ที่เป็นตัวเป็นตนเกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ.1940 – 1950 ได้มีการสร้างหุ่นยนต์ที่ชื่อ Elsie the tortoise ประดิษฐ์ขึ้นโดย เกร วอลเตอร์ เป็นการนำมอเตอร์ไฟฟ้ามาประกอบเป็นเครื่องจักรเคลื่อนที่ได้ด้วยล้อและในเวลาเดียวกันนี้ ได้มีการสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตัวแรกชื่อ ซาคีย์ เคลื่อนที่ด้วยล้อเหมือนกัน แต่เหนือกว่าคือสามารถคิดเองได้และมีเซนเซอร์ช่วยตัดสินใจในการเคลื่อนที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยเทคโนโลยีสแตนฟอร์ด

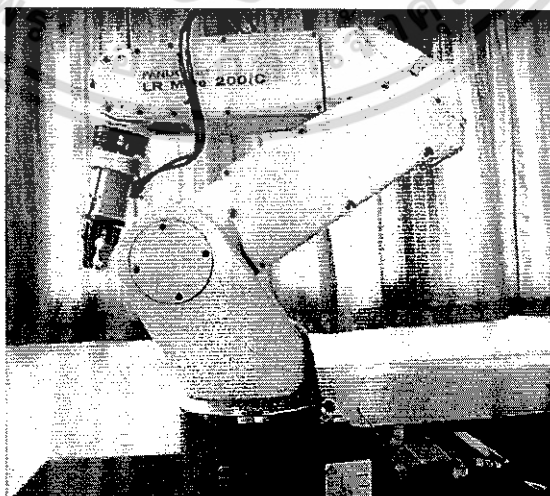
นอกเหนือจากหุ่นยนต์ที่เป็นล้อแล้ว ในปี ค.ศ.1960 ได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์เดินด้วยขาตัวแรกที่มีขนาดใหญ่ที่ชื่อว่า General Electric Walking Truck มีน้ำหนักมาถึง 3000 ปอนด์ สามารถเดินได้ด้วย 4 ขา ด้วยความเร็ว 4 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณการขยับขาพัฒนาโดยวิศวกรของบริษัทเจเนอรัล อิเล็กทริก ชื่อ ราฟ โมเซอร์ ทำให้ทั่วโลกรู้สึกตื่นตัวในหุ่นยนต์อย่างมาก

หลังจากที่ได้เริ่มมีการประดิษฐ์หุ่นยนต์ขึ้นมาให้ทั่วโลกตื่นตัวแล้ว ในแวดวงอุตสาหกรรมก็ได้เริ่มมีความคิดที่จะเพิ่มแรงงานขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยแรงงานของมนุษย์ จึงมีการคิดค้นสร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมตัวแรกชื่อ ยูนิเมท พัฒนาและสร้างโดย จอร์จ ดีโวล และโจ แองเกิลเบอเกอร์ ในช่วงปี ค.ศ.1950 – 1960 ทำให้เกิดหุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรมตัวแรกขึ้นในโลก

ต่อมา โจ แองเกิลเบอเกอร์ ได้แยกตัวเองออกมาตั้งบริษัทสร้างหุ่นยนต์ที่ชื่อว่ายูนิเมชั่น และประสบความสำเร็จในการสร้างและพัฒนาทำให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายจน โจ แองเกิลเบอเกอร์ ได้รับการยกย่องและมีสมญานามว่าเป็น “บิดาของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม” (ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. 2549 : 2-6)

### 2.1.3 ประเภทของหุ่นยนต์

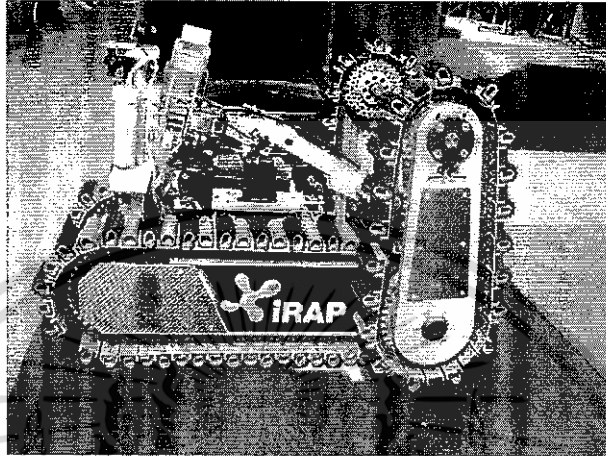
โดยส่วนใหญ่แล้วการแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ จะแบ่งตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง (2550 : 11-12) ได้แบ่งประเภทของหุ่นยนต์ ดังนี้



ภาพที่ 2.1 หุ่นยนต์เคลื่อนไหวอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะทางเท่านั้น มิใช่ให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หุ่นยนต์ที่เคลื่อนไหวอยู่กับที่ ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนด้วยตนเอง หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักมากและใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากภายนอก เช่นหุ่นยนต์แขนกลที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและใช้ในทางการแพทย์ เป็นต้น แต่ถ้าหุ่นยนต์ประเภทนี้ติดล้อหรือขาเข้าไปแล้วสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระก็จะจัดอยู่ในหุ่นยนต์อีกประเภทหนึ่ง



ภาพที่ 2.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้

2. หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ ซึ่งมักใช้ล้อหรือขาในการขับเคลื่อน ส่วนใหญ่มักจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในห้องทดลองและใช้เพื่อเรียนรู้ หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักเบาและใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากภายใน

วิธีการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ประเภทนี้อาจมีวิธีการที่แตกต่างจากการเคลื่อนที่ของมนุษย์ หรืออาจมีการเลียนแบบการเคลื่อนที่ของมนุษย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการสร้างและปัจจัยหลายอย่าง การขับเคลื่อนของหุ่นยนต์มีวิธีการอยู่หลายแบบ

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ การเคลื่อนที่ด้วยล้อของหุ่นยนต์นั้นเป็นที่สงสัยว่าจะเรียกว่าเป็นรถได้หรือไม่ ซึ่งความแตกต่างระหว่างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยล้อกับรถคือ หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยล้อ จะมีความสามารถในการช่วยงานของมนุษย์ แตกต่างจากรถที่มีความสามารถเพียงเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาเท่านั้น หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อเป็นพื้นฐานสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพราะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ง่าย ทั้งการเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระ แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องการเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระ

หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยการเดิน เป็นหุ่นยนต์ที่ถูกพัฒนาจากหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระ ซึ่งหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยการเดินจะมีความสามารถในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระได้ดีกว่าหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยล้อ หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยการเดินมักจะเป็นการเดินด้วยขา ตั้งแต่ 2 ขา หรือมากกว่า แต่จำเป็นต้องออกแบบกลไกในการเดินที่มีความซับซ้อนมากขึ้นตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ทั้งสองประเภทที่กล่าวมาข้างต้นจะมีส่วนประกอบของโครงสร้างและการทำงานที่สัมพันธ์กัน โดยจะมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. โครงร่าง คือโครงหลักที่กำหนดรูปร่างของหุ่นยนต์ ซึ่งอาจสร้างจากไม้ พลาสติก อลูมิเนียม อะคริลิก ฟิวเจอร์บอร์ด และแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นต้น
2. ตัวเคลื่อนที่ เป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ ได้แก่ ล้อและขาที่ใช้ประกอบในการขับเคลื่อน
3. ตัวขับเคลื่อน เป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์เกิดการขับเคลื่อนซึ่งได้แก่ มอเตอร์ เกียร์ สายพาน เป็นต้น
4. ชุดควบคุม คือตัวที่ทำหน้าที่ตัดสินใจ และควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
5. เซนเซอร์ คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อ่านค่าจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ หุ่นยนต์ โดยจะส่งค่าที่อ่านได้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น เซนเซอร์แสง เซนเซอร์เสียง เซนเซอร์สัมผัส เป็นต้น
6. แหล่งจ่ายไฟ คือส่วนทำหน้าที่จ่ายพลังงานทั้งหมดให้กับหุ่นยนต์ ได้แก่ แบตเตอรี่ โซล่าเซลล์ และแหล่งจ่ายไฟต่างๆ เป็นต้น

#### 2.1.4 ประโยชน์ของหุ่นยนต์

ปัจจุบันสามารถที่จะพบหุ่นยนต์ได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เนื่องจากเทคโนโลยีที่พัฒนาเร็วขึ้น ทำให้พบเห็นหุ่นยนต์รูปแบบต่างๆ มากขึ้น ซึ่งหุ่นยนต์เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้ทำงานแทนมนุษย์ในงานที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้หรืองานที่ต้องเสี่ยงอันตราย ซึ่งการใช้งานของหุ่นยนต์สามารถแบ่งตามประเภทของงานได้ดังนี้

1. ในโรงงานอุตสาหกรรม งานอุตสาหกรรมนั้นมีความต้องการด้านแรงงานสูง ดังนั้นการจ้างคนงานมากขึ้นจึงเป็นการทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และงานอุตสาหกรรมบางงานเป็นงานที่อันตรายเกินกว่ามนุษย์จะทำได้ หรือเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำและความรวดเร็วในการทำงานสูง หุ่นยนต์จึงเป็นทางเลือกในงานอุตสาหกรรมและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยการทำงานของหุ่นยนต์จะเป็นลักษณะการทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้เช่น หุ่นยนต์เชื่อมโลหะในโรงงานผลิตรถยนต์ เป็นต้น
2. ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสำรวจใต้ท้องทะเลลึกหรือบริเวณภูเขาไฟ เป็นงานอันตรายที่เกินความสามารถของมนุษย์ที่จะลงสำรวจเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ทำให้มีการออกแบบหุ่นยนต์ให้ทนต่อสภาพแวดล้อมสามารถควบคุมได้ในระยะไกล และมีเซนเซอร์ในการวัดและเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้
3. ในโรงพยาบาล ในทางการแพทย์ได้มีการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการผ่าตัด เนื่องจากความต้องการในการทำงานที่ความละเอียดสูง เช่น การผ่าตัดสมอง ซึ่งจำเป็นที่ต้องการความละเอียดมาก หุ่นยนต์จึงเป็นอีกเครื่องมือสำหรับแพทย์ โดยการทำงานของหุ่นยนต์จะเป็นลักษณะแขนกลที่ควบคุมผ่านแพทย์อีกทีหนึ่ง โดยการทำงานจะเน้นเรื่องความปลอดภัยและความละเอียดในการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในงานการทหารและความมั่นคง หุ่นยนต์ที่นำมาใช้ทางการทหารจะเป็นลักษณะการควบคุมการทำงานจากระยะไกล ในเขตอันตรายที่เสี่ยงต่อความปลอดภัยของมนุษย์ เช่นการเก็บกู้วัตถุระเบิด หรือเป็นงานในลักษณะสอดแนม ซึ่งต้องติดตั้งกล้องหรือเซ็นเซอร์ไว้ที่หุ่นยนต์ ซึ่งเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการทหารนี้มักเป็นเทคโนโลยีที่เป็นความลับ

5. ในงานบันเทิงและการแสดง การใช้หุ่นยนต์ในการแสดง เพราะหุ่นยนต์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมได้มาก และยังใช้หุ่นยนต์ในการสร้างเทคนิคพิเศษของภาพยนตร์อีกด้วย

6. ในที่อยู่อาศัย แนวคิดที่นำหุ่นยนต์เข้ามาเป็นคนรับใช้ภายในบ้านนั้น ปัจจุบันได้เริ่มมีการพัฒนาให้มีความสามารถในรูปแบบของปัญญาประดิษฐ์มากขึ้น ซึ่งในอนาคตอาจมีหุ่นยนต์รับใช้ในแทบทุกบ้าน และนอกจากนั้นยังมีหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยง ซึ่งจะถูกตั้งโปรแกรมให้มีการเคลื่อนที่ให้มีการแสดงออกเหมือนสัตว์เลี้ยงเช่น สุนัข แมว ปลา เป็นต้น

### 2.1.5 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นมาเลียนแบบการทำงานของมนุษย์ แม้ว่าหุ่นยนต์บางชนิดจะมีรูปร่างแปลกตา ไม่ตรงกับลักษณะรูปร่างของมนุษย์หรือสัตว์ แต่ลักษณะโครงสร้างส่วนมากก็ยังเป็นการเลียนแบบโครงสร้างของมนุษย์ เช่นส่วนร่างกาย ที่มีแขน ขา กล้ามเนื้อ ส่วนประสาทสัมผัสที่มีตา หู จมูก มีสมองในการประมวลผลและที่สำคัญต้องการพลังงาน ซึ่งหุ่นยนต์จะมีการเลียนแบบส่วนประกอบที่คล้ายมนุษย์ดังนี้

โครงร่าง เปรียบเสมือนร่างกายของมนุษย์ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าหุ่นยนต์จะเป็นหุ่นยนต์ที่ทำงานอย่างไร มีขนาดและหน้าตาอย่างไร ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ทำโครงร่างก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการสร้างเช่น ความแข็งแรง ความทนทานต่อสภาพอากาศแวดล้อม น้ำหนัก เป็นต้น

กลไกการขับเคลื่อนและการเคลื่อนไหว เปรียบเสมือนอวัยวะของมนุษย์ เช่นกล้ามเนื้อ และส่วนของแขนและขา ซึ่งได้รับแรงขับเคลื่อนจากมอเตอร์และสามารถเคลื่อนที่ได้โดยการเดินด้วยขา การเคลื่อนที่ด้วยล้อ รวมทั้งแขนกลในการทำงานสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นต้น

การตรวจจับหรือเซ็นเซอร์ เป็นส่วนที่เปรียบเสมือนประสาทสัมผัสของมนุษย์ เช่น ตา หู จมูก ส่วนหุ่นยนต์ก็จะมีเซ็นเซอร์ที่คอยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่นเซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์เสียง เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ เป็นต้น

การควบคุมและประมวลผล ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของมนุษย์ที่มีหน้าที่ในการคิดประมวลผล และการตัดสินใจ โดยการตัดสินใจก็จะเป็นการรับข้อมูลมาจากส่วนของเซ็นเซอร์ และนำค่าที่ได้มาทำการประมวลผลและตัดสินใจว่า จะทำอะไรต่อไปเมื่อเซ็นเซอร์เกิดการเปลี่ยนแปลง ปัจจุบันส่วนประมวลผลของหุ่นยนต์จะเป็นการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาจเป็นอุปกรณ์และวงจรรีเลย์ทรอนิกส์

แหล่งจ่ายพลังงาน เปรียบเสมือนอาหารและพลังงานที่มนุษย์ต้องการ ซึ่งหุ่นยนต์ก็ต้องการพลังงานเพื่อไปเลี้ยงในส่วนต่างๆ โดยอาจได้มาจากถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น

ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้เป็นหุ่นยนต์ต้นแบบในการฝึกอบรมให้ความรู้แก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีส่วนประกอบต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 2.1.5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์เปรียบเสมือนกล้ามเนื้อของหุ่นยนต์ เมื่อติดตั้งมอเตอร์เข้ากับชุดของล้อแล้ว หุ่นยนต์จะสามารถวิ่งไปได้ ถ้าติดตั้งมอเตอร์เข้ากับคั่นโยกและข้อต่อของหุ่นยนต์ แขนของหุ่นยนต์ก็สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งลักษณะและรายละเอียดของมอเตอร์มีอยู่มากมาย จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการใช้งานบางอย่างนั้นสามารถเห็นได้ชัด แต่หลายๆ อย่างก็สังเกตได้ยาก รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า การไหลของกระแสไฟฟ้า ความเร็วและแรงบิด

##### 2.1.5.1.1 แรงดันไฟฟ้า

มอเตอร์ทุกตัวจะถูกจำแนกตามแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะมีค่าอัตราแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 – 6 โวลต์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคุณภาพสูงบางชนิดถูกออกแบบมาสำหรับค่าแรงดันเฉพาะค่าหนึ่ง เช่น 12 หรือ 24 โวลต์ มอเตอร์ที่ได้รับความสนใจจากนักสร้างหุ่นยนต์มากที่สุดเป็นมอเตอร์ที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำอยู่ในช่วง 1.5 – 12 โวลต์

มอเตอร์ส่วนใหญ่สามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ มอเตอร์ 12 โวลต์ มักจะใช้งานที่ 8 โวลต์ ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ แต่จะให้กำลังน้อยกว่าปกติและหมุนช้า มอเตอร์ส่วนใหญ่จะไม่ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 50% ของอัตราที่กำหนดไว้ เช่นเดียวกันถ้ามอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ ทำงานที่แรงดัน 16 โวลต์ อัตราเร็วของการหมุนก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งการทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าที่กำหนดมากกว่า 30% – 40% เป็นสิ่งที่ไม่ควรทำเพราะการหมุนด้วยความเร็วที่สูงมากจะทำให้เกิดความร้อนสูงจนมอเตอร์เสียหายอย่างถาวรได้

##### 2.1.5.1.2 การไหลของกระแสไฟฟ้า

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับจากแหล่งจ่ายไฟ เมื่อพิจารณามอเตอร์ขณะกำลังทำงานร่วมกับโหลดต่างๆ ปริมาณกระแสไฟฟ้าในขณะที่มอเตอร์ยังไม่ต่อกับโหลดใดๆ จะมีค่าต่ำ แต่สำหรับมอเตอร์แบบเดียวกันที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจาก 300 เป็น 500 หรือ 1000% ของมอเตอร์ตัวที่ไม่มีโหลดอยู่

สำหรับมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรซึ่งเป็นชนิดที่นิยมมากที่สุด ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามโหลดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ โดยเมื่อมีงานที่มอเตอร์มากขึ้นเท่าใด ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต้องมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อถึงจุดหนึ่งที่มอเตอร์ทำงานเต็มที่ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะไม่เพิ่มขึ้น เพลางจะหยุดหมุนและกำลังของมอเตอร์ก็จะตก ซึ่งมีมอเตอร์บางชนิดที่มีการกำหนดอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในขณะที่มอเตอร์หยุดกลางคัน ซึ่งเป็นสภาวะที่แย่ที่สุดและปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะไม่มากเกินไป

#### 2.1.5.1.3 อัตราเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อัตราเร็วในการหมุนของมอเตอร์ ถูกกำหนดให้มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่มีอัตราเร็วปกติอยู่ในช่วง 4,000 – 7,000 รอบต่อนาที และมีมอเตอร์ที่ออกแบบมาให้ใช้กับวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เช่นใช้ในเครื่องบินปีกเทปและเครื่องบินซีดี ซึ่งทำงานด้วยอัตราเร็ว 2,000 – 3,000 รอบต่อนาที สำหรับมอเตอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์ ความเร็วที่กล่าวมานั้นมีค่ามากเกินไป แต่สามารถลดให้ต่ำลงได้โดยใช้เฟืองหลายๆ ตัวต่อเข้าด้วยกัน

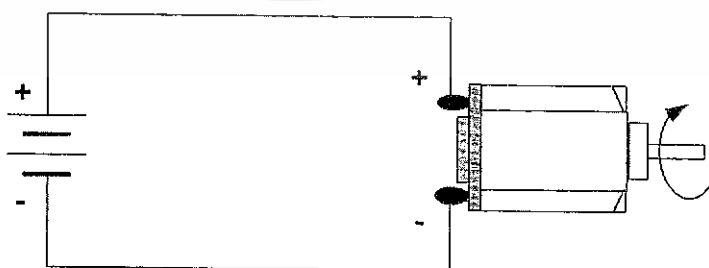
#### 2.1.5.1.4 แรงบิด

แรงบิด คือแรงที่มอเตอร์ให้กับโหลดที่ต่ออยู่ ยิ่งออกแรงบิดมากโหลดก็มาก และมอเตอร์จะหมุนเร็วขึ้น เมื่อลดแรงบิดมอเตอร์จะหมุนช้าลง แต่ยังคงให้โหลดเท่าเดิม และเมื่อลดแรงบิดลงอีกมอเตอร์จะมีกำลังไม่พอและจะหยุดหมุนกลางคันแต่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่จึงทำให้มอเตอร์ร้อน บางครั้งแรงบิดก็เป็นสิ่งยุ่งยากในการออกแบบลักษณะมอเตอร์ แต่ก็ไม่ได้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดไป บริษัทผู้ผลิตมอเตอร์ได้ทำการตั้งค่าเฉลี่ยมาตรฐานเอาไว้แล้ว มอเตอร์ที่ใช้กับงานอุตสาหกรรมจะถูกกำหนดไว้แบบหนึ่ง ส่วนที่ใช้กับงานอื่นๆ ถูกกำหนดไว้ในแบบที่แตกต่างกัน (แม้คคอมพ์, กอร์ดอน. แปลจากเรื่อง The Robot Builder's Bonanza โดย วาที ปริยพงศ์. 2547 : 142-147)

#### 2.1.5.1.5 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นมอเตอร์ที่สามารถหมุนได้ทันที เมื่อมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม ส่วนทิศทางการหมุนขึ้นอยู่กับขั้วแรงดันที่ป้อน หากต้องการให้มอเตอร์เปลี่ยนทิศทางการหมุนสามารถทำได้โดยการสลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ก็จะเปลี่ยนทิศทางการหมุน และการทำให้มอเตอร์หยุดหมุนทำได้โดยการปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้าออกจากมอเตอร์

มอเตอร์หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา เป็นวิธีการควบคุมมอเตอร์ให้หมุนโดยมีทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา โดยมีวิธีการต่อขั้วของแบตเตอรี่ให้ตรงกันกับขั้วของมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนโดยมีทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา

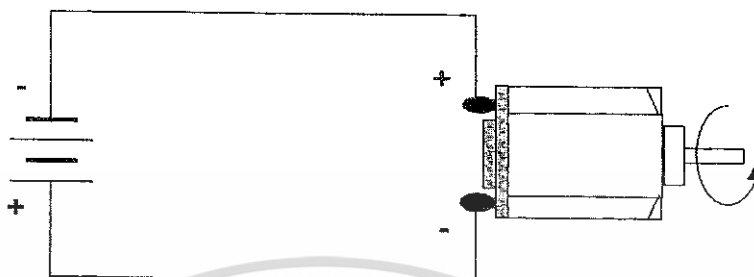


ภาพที่ 2.3 มอเตอร์หมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา

(ที่มา : ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2551 : 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์หมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เป็นวิธีการควบคุมมอเตอร์ให้มิติศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยมีวิธีการต่อขั้วของแบตเตอรี่ให้ตรงกันข้ามกับขั้วของมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนโดยมิติศทางทวนเข็มนาฬิกา



ภาพที่ 2.4 มอเตอร์หมุนทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

(ที่มา : ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. 2551 : 15)

#### 2.1.5.2 เฟืองและทดรอบ

เฟืองเป็นอุปกรณ์ส่งกำลังชนิดหนึ่ง ที่สามารถส่งกำลังโดยทางตรงและทางอ้อม การส่งกำลังทางตรงของเฟือง เช่น การส่งกำลังจากเฟืองตัวที่ 1 กับเฟืองตัวที่ 2 ขบกันอยู่ ทำให้มีอัตราทดคงที่และไม่เกิดการสั่นไหลขณะส่งกำลัง สำหรับการส่งกำลังทางอ้อมของเฟือง เช่น การส่งกำลังจากเฟืองตัวที่ 1 ไปยังเฟืองตัวที่ 2 โดยผ่านการส่งถ่ายกำลังจากสายพานหรือโซ่ เป็นต้น การส่งกำลังของเฟืองสามารถส่งกำลังจากการหมุนของเพลานึงไปยังการหมุนอีกเพลานึงที่ขนานกัน หรือสามารถส่งกำลังจากการหมุนของมอเตอร์โดยตรงได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์ สำหรับความเร็วรอบในการหมุนของเฟือง ควรใช้ความเร็วรอบที่ต่ำจนถึงความเร็วรอบปานกลาง เฟืองไม่เหมาะกับการส่งถ่ายกำลังที่ความเร็วรอบสูงๆ เพราะขณะเฟืองทำงานจะมีเสียงดัง และอาจทำให้เฟืองเกิดความเสียหายหรือสึกหรอได้ เฟืองที่ใช้สำหรับส่งกำลังมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ โดยผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของงานและคุณสมบัติของเฟืองนั้นๆ เฟืองที่ใช้ส่งกำลังโดยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น เฟืองตรง เฟืองเฉียง เฟืองหนอน เฟืองดอกจอก เฟืองก้างปลา และเฟืองสะพาน

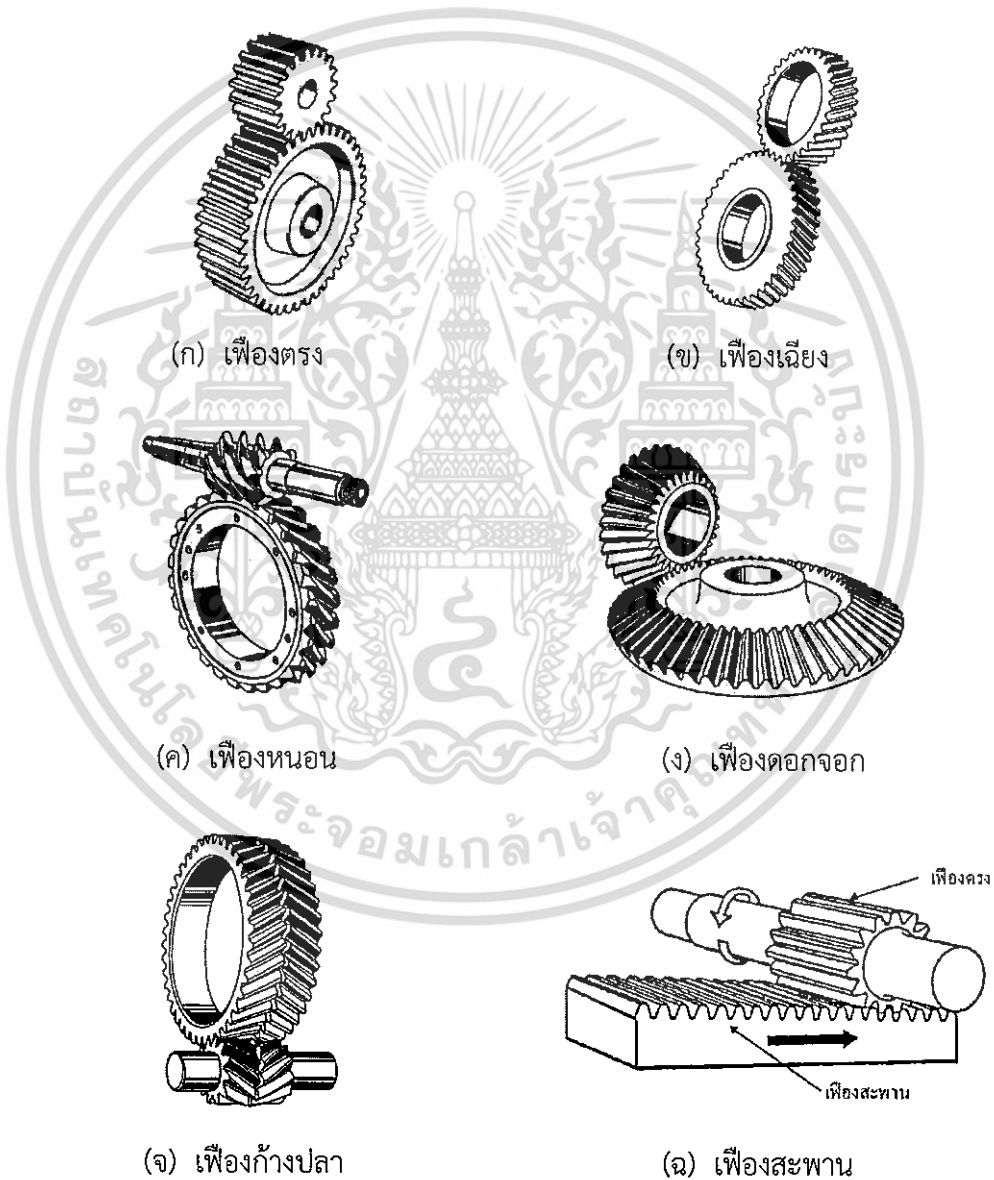
ความเร็วในการทำงานปกติของมอเตอร์จะมากกว่าความเร็วที่ใช้ในหุ่นยนต์มาก ระบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์หากเคลื่อนที่เร็วเกินไปจะทำให้ออกนอกเส้นทางไปชนกับผนังหรือสิ่งอื่นๆ ได้ จึงต้องมีวิธีลดความเร็วของมอเตอร์ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีคือ สร้างมอเตอร์ที่ใหญ่ขึ้นหรือใช้เฟืองทดรอบ

เฟืองทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ ประการแรกคือเฟืองสามารถสร้างระยะทางของการหมุนระหว่างเฟืองที่ต่อเข้าด้วยกันให้มากหรือน้อยกว่า อีกทั้งยังสามารถทำให้กำลังเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

ขึ้นอยู่กับการจัดวางตำแหน่งของเฟืองและเฟืองยังสามารถส่งแรงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ แต่ก็ เป็นเพียงประโยชน์รองเมื่อเทียบกับการใช้ประโยชน์ด้านอื่น

การต่อเฟืองเล็กเข้ากับเฟืองใหญ่ เฟืองเล็กจะถูกขับเคลื่อนโดยตรงจากมอเตอร์ เมื่อเฟืองเล็ก หมุนครบ 1 รอบ เฟืองใหญ่จะหมุนได้ครึ่งรอบ หรือกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่า ถ้ามอเตอร์และเฟืองเล็ก หมุนด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที เฟืองใหญ่จะหมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที หรือกล่าวได้ ว่าอัตราส่วนของเฟืองคือ 2 ต่อ 1

ถ้าเฟืองที่ขับเคลื่อนกับเฟืองที่ถูกขับเคลื่อนมีขนาดเดียวกัน ความเร็วในการหมุนก็จะไม่ เพิ่มขึ้นหรือลดลง และจะไม่มีผลกระทบต่อแรงบิดแต่อย่างใด (เดชฤทธิ์ มณีธรรม. 2552 : 19-21)



ภาพที่ 2.5 เฟืองชนิดต่างๆ

(ที่มา : <https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/neuxha-sara>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เฟืองที่มีซี่ฟันน้อยกว่าเพื่อขับเคลื่อนเฟืองที่มีซี่ฟันมากกว่าจะทำให้รอบหมุนลดลงและแรงบิดเพิ่มมากขึ้น จำนวนของฟันมากขึ้นเท่าใดรอบหมุนก็จะน้อยลงเท่านั้นแต่แรงบิดจะเพิ่มมากขึ้น แต่หากใช้รับโหลดมากเกินไปกำลังจะทำให้เฟืองเสียหายได้

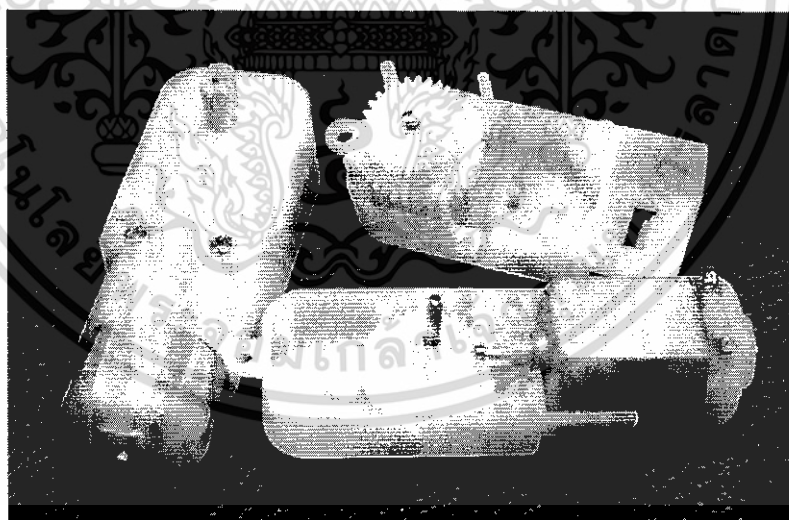
อัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันของเฟืองใหญ่ต่อจำนวนฟันของเฟืองเล็กเรียกว่าอัตราทด ส่วนอัตราส่วนระหว่างเฟืองต้นแรงและเฟืองตามเรียกว่าอัตราหมุน

$$\text{อัตราทด} = \frac{\text{จำนวนฟันของเฟืองใหญ่}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองเล็ก}}, \quad \text{อัตราหมุน} = \frac{\text{จำนวนฟันของเฟืองต้นแรง}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองตาม}}$$

### 2.1.5.3 มอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบ

การใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการติดตั้งเฟืองทดรอบเป็นชุดอยู่แล้วนั้นทำได้ง่ายมาก ดังในภาพที่ 2.6 ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาในการหาเฟืองทดรอบที่เหมาะสมกับมอเตอร์ และยังสามารถนำไปติดตั้งกับงานอื่นได้อีกด้วย ในการเลือกมอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบโดยส่วนใหญ่จะสนใจในเรื่องอัตราเร็วที่ได้จากเฟืองทดรอบ ซึ่งไม่ใช่ความเร็วรอบจริงของมอเตอร์ แรงบิดขณะทำงานและแรงบิดช่วงหยุดกลางคันของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ระบบเฟืองทดรอบส่วนใหญ่จะมีเพลาด้านทางออกอยู่ตรงข้ามกับเพลาด้านทางเข้า แต่ในชุดอื่นๆ ทางออกกับทางเข้าจะอยู่ด้านเดียวกัน ชุดเฟืองทดรอบที่วางเยื้องจากแนวเพลานอื่นอื่นๆ จะเรียกว่าเป็นการขับเคลื่อนแบบเปลี่ยนทิศทางเป็นมุมฉาก



ภาพที่ 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีเฟืองทดรอบ

### 2.1.5.4 สวิตช์โยก 2 ทาง

สวิตช์โยกแบบ 2 ทาง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปิดปิดวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีขาใช้งาน

3 ขา สามารถเปิด-ปิด วงจรไฟฟ้าโดยการโยกขึ้น-ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 สวิตช์โยก 2 ทาง

#### 2.1.5.5 อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญอย่างมากในการควบคุมหุ่นยนต์ให้ทำงานตามต้องการหรือสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานของหุ่นยนต์ได้ตลอดเวลา เช่น ควบคุมตำแหน่ง ควบคุมความเร็ว ควบคุมระยะทาง เป็นต้น

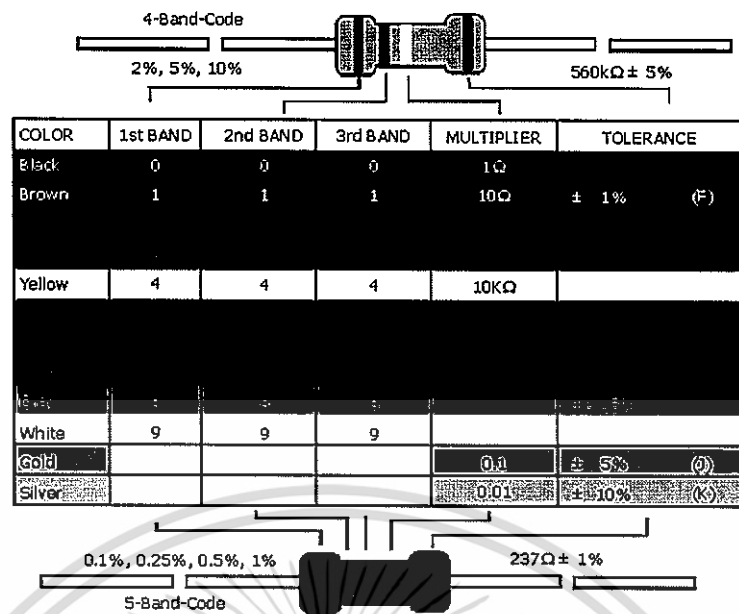
##### 2.1.5.5.1 ตัวต้านทาน

ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีคุณสมบัติในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จำเป็นจะต้องมีตัวต้านทานในวงจรเสมอ เพราะตัวต้านทานเป็นตัวจำกัดกระแส มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm หรือ  $\Omega$ ) ถ้าตัวต้านทานมีค่าน้อยกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านได้มาก แต่ถ้าตัวต้านทานมีค่ามากกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านได้น้อย ตัวต้านทานจะต้องมีการคำนวณและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวงจร เพราะถ้าวงจรได้รับกระแสมากเกินไป อาจทำให้อุปกรณ์บางตัวเสียหาย



ภาพที่ 2.8 ตัวต้านทานและสัญลักษณ์

ตัวต้านทานที่เป็นแถบสีสามารถอ่านค่าจากแถบสีของตัวต้านทานได้ว่ามีค่าเท่าใด เพื่อที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวงจร แถบสีของตัวต้านทานจะมี 2 ลักษณะ คือ ตัวต้านทานชนิด 4 แถบสี และตัวต้านทานชนิด 5 แถบสี แถบสีของตัวต้านทานสามารถอ่านค่าได้ดังในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงค่าแถบสีของตัวต้านทาน

(ที่มา : [http://www.kmitl.ac.th/~s2010977/Lab%20auto%20\(electronic\)1.htm](http://www.kmitl.ac.th/~s2010977/Lab%20auto%20(electronic)1.htm))

#### 2.1.5.5.2 ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุหรือคาปาซิเตอร์ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งแบ่งออกเป็นตัวเก็บประจุชนิดมีขั้ว และชนิดไม่มีขั้ว คุณสมบัติของตัวเก็บประจุคือการเก็บประจุและคายประจุ ความจุที่บอกไว้ในตัวเก็บประจุส่วนมากมักเป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้โดยตรง แต่ตัวเก็บประจุบางชนิดที่บอกค่าความจุด้วยรหัสทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้โดยตรง ในการอ่านค่าความจุเพื่อความถูกต้องในการนำไปใช้งานมีหลักในการอ่านค่าดังนี้

วิธีแรก อ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุได้โดยตรงจากตัวถัง

วิธีที่สอง อ่านค่าความจุที่บอกเป็นรหัส ซึ่งเป็นตัวเลขที่ไม่เป็นจุดทศนิยมและไม่ขึ้นต้นด้วยศูนย์ ซึ่งมักถูกระบุไว้กับตัวเก็บประจุชนิดไม่มีขั้ว ค่าความจุต่างๆ การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบนี้ ตัวเลขสองตัวแรกจะเป็นตัวเลขบอกค่า ตัวเลขตัวที่สามเป็นตัวเลขบอกจำนวนเลขศูนย์ที่เติมเข้าไปและจะมีหน่วยเป็นพิโคฟารัด (pF)

ตัวเก็บประจุบางตัวอาจมีตัวอักษรกำกับไว้หลังรหัส เป็นตัวอักษรที่บอกค่าความผิดพลาดของค่าความจุนั้นว่า ผิดพลาดกี่เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะแทนด้วยตัวอักษร 4 ตัวหลักที่นิยมใช้คือ J , K , L , M ซึ่งมีความหมายดังนี้

อักษร J หมายถึง ค่าความผิดพลาด ±5%

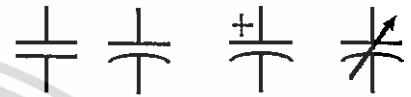
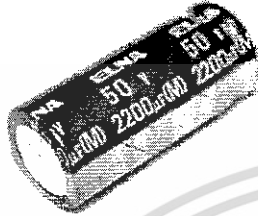
อักษร K หมายถึง ค่าความผิดพลาด ±10%

อักษร L หมายถึง ค่าความผิดพลาด ±15%

อักษร M หมายถึง ค่าความผิดพลาด ±20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุจะมีหน่วยเป็นฟารัด ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ F โดยหน่วยความจุที่นิยมใช้คือ ไมโครฟารัด ( $\mu\text{F}$ ) โดยตัวเก็บประจุแบบไม่มีขั้วส่วนมากมักระบุค่าความจุด้วยรหัสซึ่งได้อธิบายไว้ข้างต้น สำหรับตัวเก็บประจุแบบมีขั้วหรือตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นส่วนมากจะระบุขั้ว และค่าความจุไว้ที่ตัวถังโดยตรง



(ก) ตัวเก็บประจุ

(ข) สัญลักษณ์

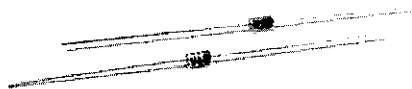
ภาพที่ 2.10 ตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์

#### 2.1.5.5.3 ไดโอด

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานชนิดหนึ่ง ที่ผลิตขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ แบ่งออกเป็นหลายชนิดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม คุณสมบัติหลักของไดโอดคือ จะนำกระแสหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวไดโอดได้ทิศทางเดียวเท่านั้น

ไดโอดจะมีขาต่อใช้งาน 2 ขา คือขาแอนโนด (Anode : A) และขาแคโทด (Cathode : K) โดยไดโอดจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขาแอนโนดไปยังขาแคโทดเท่านั้น วิธีสังเกตขั้วไดโอดให้สังเกตด้านที่แถบคาดไว้จะเป็นขั้วลบหรือแคโทด ส่วนด้านที่ไม่มีแถบจะเป็นขั้วบวกหรือแอนโนด

ในทางปฏิบัติไดโอดจะมีแรงดันตกคร่อมที่ตัวไดโอด ซึ่งถ้าเป็นไดโอดชนิดเจอร์มันเนียมจะมีแรงดันตกคร่อมประมาณ 0.3 โวลต์และถ้าเป็นไดโอดชนิดซิลิกอนจะมีแรงดันตกคร่อมประมาณ 0.7 โวลต์



(ก) ไดโอด

(ข) สัญลักษณ์

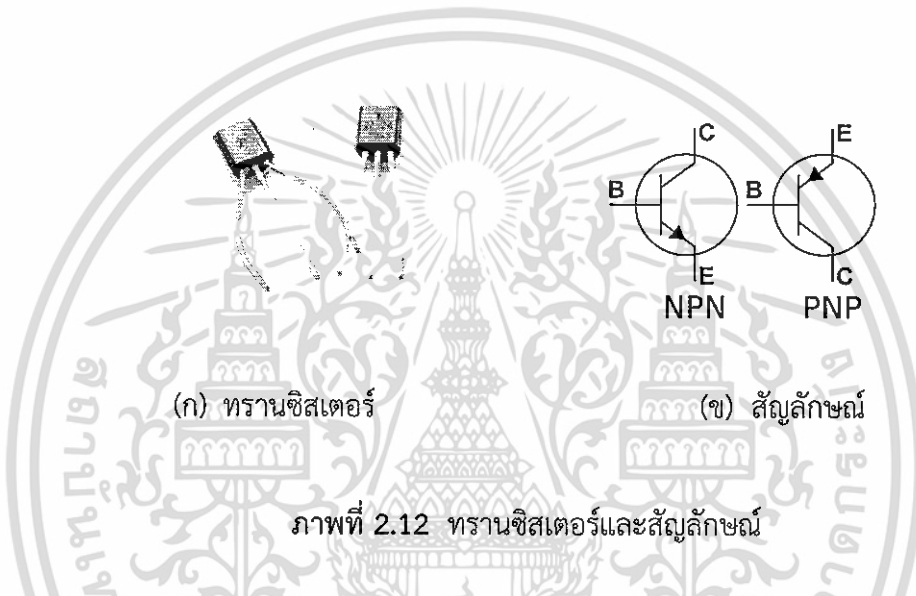
ภาพที่ 2.11 ไดโอดและสัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.1.5.5.4 ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ แบ่งประเภทตามโครงสร้างได้ 2 ชนิดคือ เอ็นพีเอ็น (NPN) และพีเอ็นพี (PNP) มีขาต่อใช้งาน 3 ขาดด้วยกันคือขาเบส (Base : B) ขาคอลเลคเตอร์ (Collector : C) และขาอิมิตเตอร์ (Emitter : E) โดยการจัดวางขาของทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์อาจไม่เหมือนกัน ซึ่งสามารถเทียบดูขาทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์ได้จากหนังสือคู่มือทรานซิสเตอร์ หน้าที่หลักของทรานซิสเตอร์คือเป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรรขยาย

สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็นและพีเอ็นพี จะมีความแตกต่างกันที่หัวลูกศรที่สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ ถ้าหัวลูกศรชี้ออกจากตัวจะเป็นชนิดเอ็นพีเอ็น และถ้าหัวลูกศรชี้เข้าหาตัวจะเป็นทรานซิสเตอร์ชนิดพีเอ็นพี

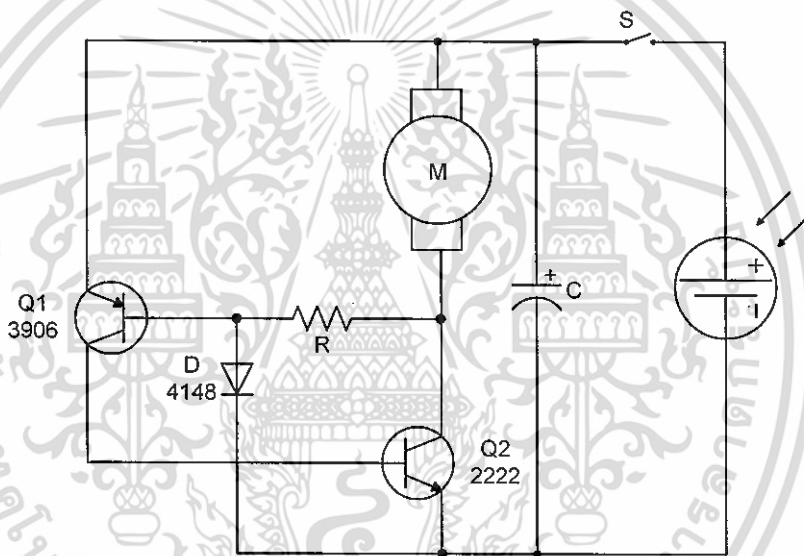


การใช้งานทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น จะต้องป้อนไฟบวกเข้าขาคอลเลคเตอร์ ป้อนไฟลบเข้ากับขาอิมิตเตอร์และป้อนไฟบวกเข้าที่ขาเบส จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลจากขาคอลเลคเตอร์มายังขาอิมิตเตอร์ได้ กระแสที่ไหลเข้าขาเบสเพียงเล็กน้อย จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมากผ่านขาคอลเลคเตอร์มายังอิมิตเตอร์ อัตราส่วนของกระแสทั้งสองนี้คืออัตราขยายกระแสซึ่งเป็นความสามารถในการขยายของทรานซิสเตอร์ สำหรับการใช้งานทรานซิสเตอร์แบบพีเอ็นพี ไม่แตกต่างจากทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น แต่ในการทำงานนั้นจะต้องป้อนไฟลบให้กับขาคอลเลคเตอร์ ป้อนไฟบวกให้กับขาอิมิตเตอร์ (เดชฤทธิ มณีธรรม, 2552 : 39-44)

#### 2.1.6 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

จากคุณสมบัติในการนำกระแสของทรานซิสเตอร์ สามารถนำมาออกแบบการใช้งานเป็นสวิตช์เปิดปิดมอเตอร์ ร่วมกับแหล่งจ่ายพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังภาพที่ 2.13 ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ในสภาวะที่มีความเข้มของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอ หลักการทำงานของวงจร คือเมื่อมีการกดสวิตช์ S กระแสไฟฟ้าจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์จะไหลเข้าสู่วงจรและตัวเก็บประจุ C จะเริ่มเก็บสะสมประจุไฟฟ้าที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์ เหมือนการเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 จะยังคงไม่ทำงาน เมื่อตัวเก็บประจุสะสมประจุไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ ตัวต้านทานและ ไบอัสให้ไดโอดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อกระแสไบอัสไดโอดเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งนำกระแสผ่านไปได้ กระแสที่ไหลผ่านไดโอดจะเกิดเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ให้ทำงานเสมือนเป็นสวิตช์ปิดและส่งผ่านกระแสไฟฟ้าไหลออกทางขาคอลเลคเตอร์ไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 ให้ทำงานเสมือนเป็นสวิตช์ปิด และชักนำให้กระแสไฟฟ้าจำนวนมากจากตัวเก็บประจุคายออกมาไหลผ่านมอเตอร์และทรานซิสเตอร์ Q2 ทำให้มอเตอร์หมุน และตัวเก็บประจุก็จะเริ่มสะสมประจุไฟฟ้าอีกครั้งและวนรอบทำงานแบบเดิมไปซ้ำๆ ไปตลอดเวลา จนกว่าจะมีการเปิดสวิตช์ S การทำงานของวงจรจึงจะหยุดลงและมอเตอร์จะหยุดหมุน



ภาพที่ 2.13 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

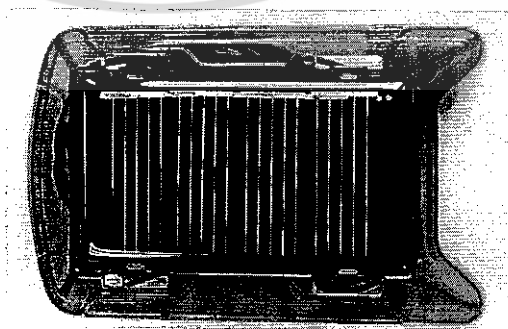
## 2.2 ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cells) เป็นสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า พาหะนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ ด้วยโครงสร้างหัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ เพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้า ที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อต่อขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับโหลด เช่น หลอดไฟฟ้า หรือมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลสู่โหลดเหล่านั้น และทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้นทำงานได้ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2539 : 145-163)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นไฟฟ้าโดยตรง อาศัยกระบวนการโฟโตโวลตาอิก ซึ่งเกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในสารกึ่งตัวนำมีค่าแตกต่างกัน เมื่อได้รับแสงที่มีพลังงานมากพอ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่าโฟตอน จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น โครงสร้างที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะเหมือนกับไดโอดทั่วไป ประกอบด้วยรอยต่อระหว่างวัสดุสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันสองชั้น ได้แก่สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นชั้นบวก และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเป็นชั้นลบ สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานในลักษณะดังกล่าวส่วนมากเป็นซิลิกอนเพราะเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำ ที่มีราคาถูกที่สุด เนื่องจากซิลิกอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง สามารถลุงได้จากหินและทราย และมีใช้งานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ทำทรานซิสเตอร์ และวงจรรวมไอซี ที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากผลึกซิลิกอนมีประสิทธิภาพสูงประมาณ 12 - 15% ซึ่งเพียงพอต่อการประยุกต์ใช้งาน เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนจะมีราคาถูกที่สุด เพราะซิลิกอนที่ไม่เป็นผลึกหรือเป็นสารอะมอร์ฟัสนั้น จะมีลักษณะเป็นฟิล์มบาง ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ เตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำและผลิตได้ง่าย แต่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนนี้ มีประสิทธิภาพการแปรพลังงานไม่สูงนักเพียง 5 - 10% จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ เป็นต้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้เปล่า ไม่มีของเสีย ที่จะทำให้เกิดมลพิษในขณะที่ใช้งาน เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวใดๆ ขณะทำงาน จึงไม่มีปัญหาด้านความสึกหรอ หรือต้องการการบำรุงรักษา เหมือนอุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบอื่นๆ เช่น เครื่องปั่นไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซล นอกจากนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ยังมีน้ำหนักเบา จึงให้อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนักได้ดีที่สุด

เซลล์แสงอาทิตย์มีข้อเสียในเรื่องประสิทธิภาพ เพราะให้กำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยไม่มากนัก จึงใช้พื้นที่รับแสงอาทิตย์ค่อนข้างมาก เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าเพียงพอต่อการใช้งาน ประกอบกับราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ทำให้ยังไม่เป็นที่นิยมใช้งานอย่างกว้างขวางนัก



ภาพที่ 2.14 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์คือ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทุกหนทุกแห่ง ที่มีแสงอาทิตย์ ไม่ว่าจะเป็นบนภูเขา ในทะเล หรือในท้องถื่นทุรกันดาร ที่ไฟฟ้าจากระบบสายส่งเข้าไม่ถึง เซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ ที่มีประโยชน์ต่อการใช้งานเฉพาะ เช่น ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแก่สถานีทวนสัญญาณบนภูเขา หรือในทะเล ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเครื่องมือสื่อสาร เครื่องมืออุตุนิยมวิทยาเครื่องสูบน้ำ ตู้เย็นเก็บเวชภัณฑ์ในท้องถื่นห่างไกล เซลล์แสงอาทิตย์จึงมีบทบาทสูงในการพัฒนาชนบท และเหมาะสมอย่างยิ่งกับประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งยังมีการกระจายของเทคโนโลยีไม่ทั่วถึง

### 2.2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน กับการผลิตจากสารประกอบชนิดอื่นๆ เช่น แกลเลียมอาเซไน แคดเมียมเทลลูไรด์ เป็นต้น กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่อยู่ในรูปของผลึกและแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก แบบที่เป็นรูปผลึกยังสามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดเป็นก้อนผลึกและแบบฟิล์มบาง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกทั้งสองชนิดยังแบ่งออกเป็นชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยว และชนิดซิลิกอนหลายผลึก ส่วนแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือเป็นชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน

ส่วนกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่ทำมาจากซิลิกอน เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ซึ่งมีราคาแพง จึงไม่นิยมนำมาใช้ทั่วไปบนพื้นโลก จึงเหมาะสำหรับใช้งานบนดาวเทียม หรืออวกาศ สามารถร่วมกับระบบรวมแสงที่มีความเข้มของแสงสูงๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาด้วยกระบวนการผลิตที่ทันสมัยใหม่ ทำให้มีราคาถูกลง และคาดว่าจะมีการนำมาใช้งานมากขึ้นในอนาคต (บรรจบ สุขประภากรณ. 2553 : 5)

กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

#### 2.2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้สร้างโดยการนำเอาซิลิกอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมากถึง 99.999% ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) จากผลึกตั้งต้น ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไปก็จะนำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็นรอยต่อพี-เอ็น ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการดิฟฟิวชันที่อุณหภูมิระดับ 1000 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็จะขึ้นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ และขั้นสุดท้ายก็จะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด

### 2.2.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึก

เซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายผลึกได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว ซิลิคอนแบบหลายผลึกก็คือก้อนซิลิคอนที่เกิดจากการรวมตัวกันของชิ้นเล็กๆ (ขนาดระดับไมโครเมตร-มิลลิเมตร) ของผลึกเดี่ยวของซิลิคอน การนำไปทำเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะคล้ายกับกรรมของแบบผลึกเดี่ยว คือนำไปตัดเป็นเวเฟอร์หนาขนาด 300-400 ไมโครเมตร แล้วก็ทำการสร้างรอยต่อพี-เอ็นต่อไป

### 2.2.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสมีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบางไม่ใช่เวเฟอร์ ในการผลิตจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซไซเลน ( $\text{SiH}_4$ ) ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีภาชนะที่บรรจุสาร เช่น โดยพลาสมา เพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นแก้ว สแตนเลส หรือพลาสติก ที่ได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส ซิลิคอนจะทับถมสะสมบนแผ่นเกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากใส่ก๊าซที่มีโบรอน เช่น  $\text{B}_2\text{H}_6$  เข้าไปด้วย ก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิดพี และถ้าหากใส่ก๊าซที่มีฟอสเฟต เช่น  $\text{PH}_3$  ก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิดเอ็น ด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของอะมอร์ฟัสซิลิคอนขึ้นได้อย่างค่อนข้างง่ายตาย หลังจากนั้นก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้าให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	ประสิทธิภาพของเซลล์	ประสิทธิภาพของโมดูล
แบบผลึกเดี่ยว	15 - 24 %	10 - 14 %
แบบหลายผลึก	10 - 17 %	9 - 12 %
แบบอะมอร์ฟัส	8 - 13 %	6 - 9 %

### 2.2.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

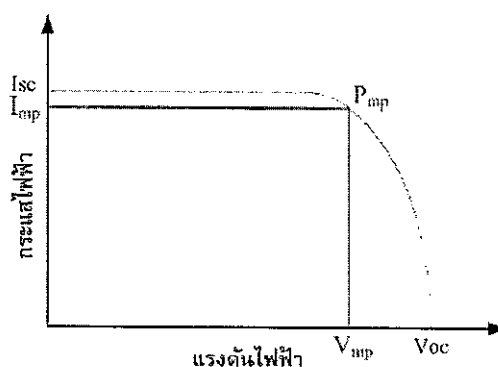
โครงสร้างหลักโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่ หัวต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Si) เมื่อมีการเติมสารเจือฟอสฟอรัส (P) จะมีสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอน ซึ่งมีประจุลบ และเมื่อซิลิคอนเติมด้วยสารเจือโบรอน (B) จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮล ซึ่งมีประจุบวก ดังนั้นเมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพี และชนิดเอ็น มาต่อกัน ก็จะเกิดหัวต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน จึงทำจากผลึกซิลิคอนเป็นฐานหนาประมาณ 300 ไมครอน (หรือประมาณ 0.3 มิลลิเมตร) ด้านรับแสงจะมีชั้นแพร์ซิม ที่มีการนำไฟฟ้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปเผยแพร่ในสื่อใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงข้ามกับฐานซึ่งหนาเพียง 0.5 ไมครอน การออกแบบให้หัวต่อพีเอ็นเอ็นนี้ เป็นสิ่งจำเป็นเพราะต้องการให้แสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ทะลุทะลวงถึงหัวต่อให้ได้มากที่สุด หากหัวต่อพีเอ็นอยู่ลึกเกินไป จะทำให้จำนวนพาหะไฟฟ้า ที่เกิดจากการดูดกลืนแสง แพร่ซึมถึงหัวต่อพีเอ็นได้น้อยลง ส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้ มีจำนวนน้อยลงไปด้วย ขั้วไฟฟ้าที่อยู่ด้านรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีลักษณะเป็นก้างปลา หรือรูปแบบอื่นๆ เพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันสามารถรวบรวมพาหะนำไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นได้มากที่สุดด้วย ส่วนขั้วไฟฟ้านด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นขั้วโลหะเต็มหน้า ผิวด้านรับแสงที่นอกเหนือจากขั้วไฟฟ้าแบบก้างปลาแล้ว ยังมีชั้นด้านการสะท้อนแสงปิดทับ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนแสงให้มากขึ้น โดยมีให้แสงสะท้อนกลับ จึงเห็นเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสีเงินเข้ม เพราะมีชั้นโลหะออกไซด์ เป็นชั้นด้านการสะท้อนแสงนั่นเอง

### 2.2.3 ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อแสงตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดกระแส และแรงดันไฟฟ้าขึ้น ที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ ปกติผลึกฐานที่ใช้มักเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี ดังนั้นขั้วไฟฟ้านด้านหลังมักเป็นขั้วบวก (+) ในขณะที่สารกึ่งตัวนำด้านรับแสงมักเป็นชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าทางด้านรับแสงจึงเป็นขั้วลบ (-) เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้า ก็เกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น ปริมาณของกระแสไฟฟ้าจะขึ้นกับความเข้มแสง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว เมื่อถูกแสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงปกติ จะให้กระแสไฟฟ้าได้สูงประมาณ 2-3 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่เกิดขึ้น ที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน จะมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ซึ่งกำหนดได้จากชนิดของสารกึ่งตัวนำ เพราะเป็นค่าคงที่

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเป็นกระแสตรง โดยที่แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นกับความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิแผงเซลล์ ดังในภาพที่ 2.15 แสดงกราฟกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเทียบกับโหลดที่แปรค่าตั้งแต่สภาวะวงจรลัดถึงสภาวะวงจรเปิด โดยตัดแกนตั้งที่แรงดันเป็นศูนย์ จะได้ค่ากระแสที่สภาวะวงจรลัด (Short Circuit Current :  $I_{SC}$ ) ส่วนจุดตัดแกนนอนที่กระแสเท่ากับศูนย์จะได้ค่าแรงดันขณะวงจรเปิด (Open Circuit Voltage :  $V_{OC}$ ) เมื่อนำค่ากระแสคูณกับแรงดันก็จะได้กำลังของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งต้องมีจุดเดียวเป็นค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เรียกว่ากำลังไฟฟ้าที่จุดสูงสุด (Power at Maximum Point :  $P_{MP}$ ) ส่วนกระแสกับแรงดันที่จุดนี้เรียกว่ากระแสที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Current at maximum power point :  $I_{MP}$ ) กับแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Voltage at maximum power point :  $V_{MP}$ ) ตามลำดับ

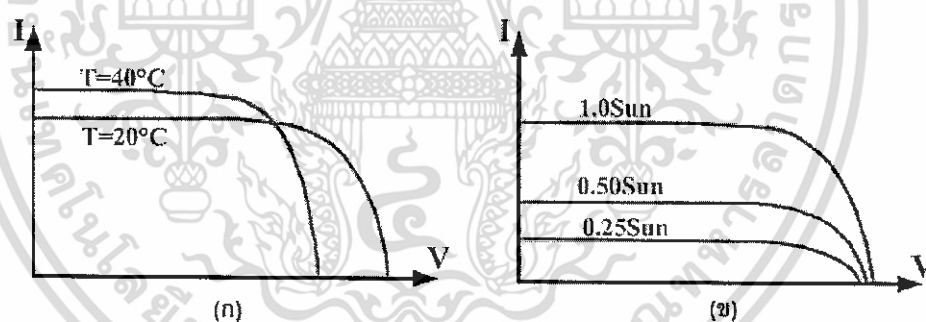


ภาพที่ 2.15 กราฟกระแสกับแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

(ที่มา : [http://www.ces.kmutt.ac.th/PV\\_text/Operator\\_CH1toCH5.pdf](http://www.ces.kmutt.ac.th/PV_text/Operator_CH1toCH5.pdf))

ผลกระทบจากความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิ

เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่ระดับแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.16 โดยที่ (ก) เป็นกรณีที่ความเข้มรังสีอาทิตย์คงที่แต่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง แต่กระแสไฟฟ้าวงจรลัดกลับมีค่าสูงขึ้น แต่จากรูป (ข) เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงจะทำให้กระแสวงจรลัดเพิ่มขึ้น และแรงดันวงจเปิดมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 2.16 กราฟกระแสและแรงดันที่อุณหภูมิและความเข้มแสงค่าต่างๆ

(ที่มา : [http://www.ces.kmutt.ac.th/PV\\_text/Operator\\_CH1toCH5.pdf](http://www.ces.kmutt.ac.th/PV_text/Operator_CH1toCH5.pdf))

## 2.2.4 การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบคือ

### 2.2.4.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ สามารถจำแนกตามประเภทของสัญญาณไฟฟ้าหรือแหล่งผลิตไฟฟ้าได้คือ ระบบไฟฟ้ากระแสตรง ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

#### 2.4.1.1.1 ระบบไฟฟ้ากระแสตรง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้แก่วงจรไฟฟ้าโดยไม่มีอุปกรณ์แปลงสัญญาณ ไฟฟ้าแต่อาจมีอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าประเภทอื่น เช่น หากระบบมีแบตเตอรี่ ต้องมีเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ร่วมในระบบหรืออาจมีเครื่องควบคุมและปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าในระบบเพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้าหรือเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าในระบบต้องเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น

#### 2.4.1.1.2 ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้แก่อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับซึ่งเรียกว่า อินเวอร์เตอร์ โดยส่วนใหญ่จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้า พร้อมทั้งควบคุมและปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าด้วย เครื่องใช้ไฟฟ้าในระบบจะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรืออาจมีเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงร่วมอยู่ด้วยในส่วนที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อนถูกแปลงโดยอินเวอร์เตอร์

#### 2.4.1.1.3 ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานเป็นระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกันระหว่างแหล่งพลังงานหลายแหล่ง เนื่องจากระบบที่มีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้งานเป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ เพราะต้องลงทุนสูง ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพและความเชื่อถือ ผลที่เกิดขึ้นกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน คือ ขนาดของระบบย่อยโดยเฉพาะแหล่งผลิตพลังงานในระบบลดลงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลง

#### 2.4.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกรอกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

#### 2.4.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกรอกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับกรอกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.5 อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากสารกึ่งตัวนำ และเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้โดยไม่มีเครื่องเคลื่อนไหวใดๆ เซลล์แสงอาทิตย์จะถูกปิดผนึกอย่างดี เพื่อป้องกันความชื้นจากบรรยากาศ ดังนั้นอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์จึงยืนยาว โดยเฉพาะเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากผลึกซิลิคอน ซึ่งจะมีอายุการใช้งานกว่า 25 ปี ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอนจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่า เนื่องจากวัสดุอะมอร์ฟัสยังไม่เสถียรภาพดีพอ ต้องการการพัฒนาคุณภาพอีกระยะหนึ่ง จึงมีอายุอยู่ระหว่าง 3-5 ปี ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ ส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกเลียมอาร์เซไนด์ จะมีอายุการใช้งานยืนยาวพอๆ หรือมากกว่าซิลิคอน เพราะทนต่อการแผ่รังสีในอวกาศได้ดีกว่า จึงเหมาะสำหรับใช้กับดาวเทียมและยานอวกาศ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2555)

## 2.3 การพัฒนาชุดฝึกอบรม

### 2.3.1 ความหมายของการฝึกอบรม

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ให้ความหมายไว้ว่า ฝึก หมายถึง ทำ (เช่น บอก แสดง พร่ำสอน หรือปฏิบัติ) เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ จนเป็นหรือมีความชำนาญ อบรม หมายถึง แนะนำ พร่ำสอน ให้ซึมซาบเข้าไปจนติดเป็นนิสัย แนะนำ ชี้แจงให้เข้าใจในเรื่องต้องการ บ่มนิสัย ชัดเกลานิสัย ตามความหมายนี้แสดงให้เห็นว่า การฝึกอบรมเป็นกิจกรรมที่มุ่งให้ผู้เข้ารับการอบรมเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย

พัฒนา สุขประเสริฐ (2541 : 4) กล่าวว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการสำคัญที่จะช่วยพัฒนาหรือฝึกฝนเจ้าหน้าที่หรือบุคลากรใหม่ที่เข้าทำงานหรือที่ปฏิบัติงานประจำอยู่แล้วในหน่วยงาน ให้มีความรู้ความสามารถ ทักษะหรือความชำนาญ ตลอดจนประสบการณ์ให้เหมาะสมกับการทำงาน รวมถึงก่อให้เกิดความรู้สึก เช่น ทศนคติหรือเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติงานอันจะส่งผลให้บุคลากรแต่ละคนในหน่วยงานหรือองค์การมีความสามารถเฉพาะตัวสูงขึ้นมีประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี ทำให้หน่วยงานหรือองค์การมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลดีขึ้น

เพ็ญจันทร์ สังข์แก้ว (2544 : 8) ได้สรุปว่าการฝึกอบรม คือ ยุทธวิธีหรือเครื่องมือ ที่องค์กรนำมาใช้พัฒนาบุคลากร ให้ปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยจัดกิจกรรมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ ความรู้ ทักษะ และเจตคติอย่างเป็นระบบ

สมคิด บางโม (2544 : 14) ให้ความหมายของ การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเฉพาะด้านของบุคคลโดยมุ่งเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ และทัศนคติ อันจะนำไปสู่การยกมาตรฐาน การทำงานให้สูงขึ้น ทำให้บุคคลมีความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่การงานและองค์การบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซูชัย สมितिโกร (2544 : 5-6) ให้ความหมายว่าการฝึกอบรม คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ อย่างเป็นระบบเพื่อพูนความรู้ ทักษะ ความสามารถ และเจตคติ อันจะช่วยปรับปรุงให้การปฏิบัติงาน มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

จงกลณี ชุตินาเทวินทร์ (2544 : 1) กล่าวว่า การฝึกอบรม คือ การจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อ ปรับพฤติกรรมอันเป็นการเพิ่มความสามารถในการทำงานของคนทั้งในเรื่องของความรู้ ทักษะ เจตคติ ความชำนาญในการปฏิบัติรวมทั้งความรับผิดชอบต่างๆ ที่บุคคลพึงมีต่อหน่วยงานและสิ่งอื่นๆ ที่ แวดล้อมเกี่ยวข้องกับตัวผู้ปฏิบัติงาน

โสภิตา สุวรรณะ (2547 : 46) กล่าวว่า การฝึกอบรม คือ ยุทธวิธี หรือเครื่องมือ ที่องค์กร นำมาใช้พัฒนาบุคลากรให้ปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยจัดกิจกรรมให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน คือ ความรู้ ทักษะ และเจตคติ อย่างมีกระบวนการและเป็นระบบ

ชาญ สวัสดิ์สาลี (2547 : 15) ได้ให้ความหมายของการฝึกอบรมว่าเป็นกระบวนการที่เป็น ระบบที่ช่วยเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถและทักษะในการปฏิบัติงานรวมถึงการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ และพฤติกรรมในการปฏิบัติงานของบุคคล (ผู้ปฏิบัติงาน) ให้ดีขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้บุคคลนั้นสามารถ ปฏิบัติงาน ที่อยู่ในหน้าที่รับผิดชอบได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น อันจะเป็น ประโยชน์ต่องาน ในปัจจุบันและงานที่กำลังจะได้รับมอบหมายให้ทำในอนาคตโดยตรง

นิรันดร์ จุลทรัพย์ (2547 : 153) กล่าวว่า การฝึกอบรมหมายถึง กิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อ ปรับปรุงและเพิ่มพูนความรู้ ทักษะความชำนาญ และเจตคติ ที่เหมาะสมให้เกิดขึ้นแก่บุคลากร อัน จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในลักษณะที่สอดคล้องกับเป้าหมายของ และสภาพแวดล้อม โดยทั่วไป เพื่อยกระดับมาตรฐานการทำงานให้สูงขึ้นและทำให้บุคลากรมีความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่ การงานมากขึ้น

สุทธิศักดิ์ โภคาพานิช (2553 : 18) กล่าวว่า การฝึกอบรม หมายถึง การจัดการกระบวนการ เรียนรู้อย่างเป็นระบบเพื่อพัฒนาความรู้ (Knowledge) ทักษะ (skill) ความสามารถ (Ability) และ เจตคติ (Attitude) ของบุคคลในองค์การ เพื่อให้บุคคลนั้นสามารถปฏิบัติงาน ที่อยู่ในหน้าที่รับผิดชอบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

### 2.3.2 วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมโดยทั่วไปมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มพูนความรู้ สร้างความเข้าใจ พัฒนาทักษะ และเปลี่ยนแปลงทัศนคติ เมื่อบุคคลได้รับการฝึกอบรมตามวัตถุประสงค์อย่างใดอย่าง หนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน จะทำให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตลอดจนเจตคติในการปฏิบัติงาน ทำ ให้การปฏิบัติงานได้ดีขึ้น เรียกย่อๆ ว่า KUSA ดังนี้ (ยงยุทธ เกษสาคร และสุภาพร พิศาลบุตร. 2546 : 71-72)

#### 2.3.2.1 เพิ่มพูนความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มพูนความรู้หรือสติปัญญาหรือเพื่อปรับปรุงแก้ไขความรอบรู้เพื่อการปฏิบัติงานของบุคคลในแต่ละระดับเกี่ยวกับการเข้าใจกฎหมาย กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ หน้าที่รับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานหรือบุคคล การเข้าใจการจัดการ การบริหาร รูปแบบการบริหาร ทำให้มีความรู้ คือ รู้ว่าสิ่งนั้นเป็นอะไรและสามารถจดจำไว้ได้ มีความเข้าใจ คือ เข้าใจ คือ รู้ในเหตุและผลของสิ่งที่ได้รู้นั้น สามารถอธิบายและขยายความได้อย่างถูกต้องและแจ่มชัด สามารถนำสิ่งที่รู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ นอกเหนือจากนี้แล้วการฝึกอบรมยังสามารถมุ่งสูงขึ้นให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถวิเคราะห์แยกแยะให้เห็นองค์ประกอบต่างๆ ที่กระจายกันอยู่เข้าเป็นแบบแผนหรือโครงสร้างใหม่ได้และที่สำคัญ คือ สามารถประเมินค่า คือ ตัดสินคุณค่าของสิ่งใดตามเกณฑ์ที่กำหนดได้

### 2.3.2.2 การสร้างความเข้าใจ

เพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจอาจขยายไปถึงการเพิ่มพูนขีดความสามารถในการนำไปใช้ปรับสถานการณ์จริงด้วย เป็นการเสริมความรู้ความสามารถในวิชาชีพ

### 2.3.2.3 พัฒนาทักษะ

การพัฒนาทักษะความชำนาญเป็นจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรมและการพัฒนามาช้านาน รวมถึงตั้งแต่การจัดลำดับความสำคัญของงานการแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้า การเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจทำให้สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและคล่องตัว จนมีความเชื่อมั่นว่าสามารถทำได้เองในสถานการณ์จริงของท้องถิ่นและความพร้อมของตน การเพิ่มจำนวนครั้งหรือความถี่ในการฝึกปฏิบัติ ทำให้มีประสบการณ์และทักษะในการทำงานสูงขึ้น ก่อให้เกิดความมั่นใจได้เป็นอย่างดีสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องโดยใช้เวลาน้อยลง

### 2.3.2.4 เปลี่ยนแปลงเจตคติ

เมื่อสร้างเจตคติที่ดีที่เหมาะสมแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ทำให้มีกำลังใจหรือมีขวัญที่ดีในการทำงาน สามารถทำงานของตนได้ด้วยความยินดีและพอใจ และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ด้วย ความสบายใจ การฝึกอบรมโดยทั่วไปมักมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงแก้ไขความรอบรู้ เพื่อการปฏิบัติงานและเพิ่มทักษะความชำนาญการแต่ละเลยการจูงใจบุคลากรให้ปฏิบัติงานในหน้าที่ให้ดีขึ้น ทั้งที่การจูงใจบุคลากรเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงเพราะหากบุคลากรมีความรู้และทักษะในการทำงาน แต่ขาดแรงจูงใจในการทำงานก็จะไม่นำความรู้และทักษะมาใช้ในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถและการขาดความจูงใจในการปฏิบัติงาน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่บุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมและการพัฒนาไม่นำความรู้และทักษะที่ได้รับมาใช้ในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถ ทำให้ฝึกอบรมไม่เกิดผลตามที่กำหนด

### 2.3.3 ความสำคัญของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมมีความสำคัญหลายประการ เครือวัลย์ ลิมอภิชาติ (อ้างในทองคำ เกตุโชติ. 2546 : 14-15) ได้สรุปไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การฝึกอบรมช่วยป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น โดยการสร้างเสริมความรู้ความเข้าใจกับบุคลากร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาระหว่างปฏิบัติงาน
2. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นแล้ว โดยการสร้างเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาต่างๆ
3. การฝึกอบรมเป็นการสร้างเสริมวิทยาการอันทันสมัยให้กับบุคลากรในหน่วยงานเพราะในปัจจุบันวิทยาการต่างๆ เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจึงจำเป็นต้องฝึกอบรมเพิ่มเติมอยู่เสมอ
4. การฝึกอบรมช่วยประหยัดรายจ่าย เนื่องจากการฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีที่จัดขึ้นในระยะเวลาสั้น ภายในงบประมาณจำกัด และได้ผลคุ้มค่าตามวัตถุประสงค์
5. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้บุคลากรเกิดการเรียนรู้ เพิ่มเติมประสบการณ์โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่องานประจำที่ปฏิบัติอยู่ เนื่องจากการฝึกอบรมใช้ระยะเวลาสั้น อาจจัดในเวลาหรือนอกเวลาทำงาน
6. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีก่อให้เกิดความสามัคคีระหว่างบุคลากรที่ทำงานในหน่วยงานเดียวกัน เนื่องจากการฝึกอบรมเปิดโอกาสให้บุคลากรได้แลกเปลี่ยนทรรศนะซึ่งกันและกัน ก่อให้เกิดความเข้าใจกันมากขึ้น
7. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้บุคลากรได้มีโอกาสพัฒนาท่าทีหรือบุคลิกภาพของตนให้เหมาะสมกับงานที่ปฏิบัติ
8. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้บุคลากรมีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความพร้อมที่จะทำงาน กล้าเผชิญอุปสรรค
9. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีที่สนับสนุนการศึกษาตลอดชีวิต
10. การฝึกอบรมเป็นกรรมวิธีที่ช่วยเหลือนักเรียนที่ลาออกเนื่องจากมีอุปสรรคไม่สามารถศึกษาต่อได้ เพราะว่าจำเป็นต้องรับตำแหน่งงานหนึ่ง จากความสำคัญของการฝึกอบรมดังกล่าวสรุปได้ว่าการฝึกอบรมมีความสำคัญต่อการพัฒนาส่วนร่วม ซึ่งหมายถึงหน่วยงาน สังคม ประเทศชาติ และการพัฒนาตนเองให้เป็นผู้มีสมรรถภาพสูงขึ้น ความสำคัญในการฝึกอบรมแต่ละครั้งจะมากหรือน้อยย่อมอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปัญหาและความจำเป็นในการฝึกอบรมวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม และกลุ่มผู้เข้ารับการฝึกอบรม เป็นต้น

#### 2.3.4 กระบวนการฝึกอบรม

คำว่า กระบวนการ ตามความหมายในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง กรรมวิธีหรือลำดับการกระทำซึ่งดำเนินต่อเนื่องกันไปจนสำเร็จลง ณ ระดับหนึ่ง เพื่อบรรลุถึงสิ่งใด (2544 : 20-22) กล่าวคือ กระบวนการในการทำงาน ไม่ว่าจะป็นงานใดๆ ก็ตามหมายถึง ขั้นตอนการทำงานนั้นๆ นับตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนกระทั่งงานแล้วเสร็จ ตามวัตถุประสงค์เป็นการทำงานที่เรียกว่าครบวงจรนั่นเอง กระบวนการฝึกอบรมแบ่งออกเป็นขั้นตอนที่สำคัญได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 การพิจารณาความจำเป็นของการฝึกอบรม คำถามแรกที่ผู้จะทำงาน หรือ ผู้วางแผนในการทำงานจะต้องถามตัวเอง และพยายามหาคำตอบให้ได้ก่อนลงมือทำงานใดๆ คืองานนี้คืออะไร เมื่อได้คำตอบมาแล้ว นักวางแผนหรือนักทำงานที่ดี ก็ไม่น่าจะพอใจเพียงการได้รับคำตอบนั้น แต่ควรมีคำถามและการแสวงหาคำตอบที่ก้าวไกล และลึกไปกว่านี้ เช่น ทำไมต้องทำงานนี้ มีคุณค่าเพียงใด มีความเป็นมาอย่างไร มีลักษณะอย่างไร ขอบข่ายแค่ไหน มีอะไรที่เอื้อ อะไรที่เป็นอุปสรรคบ้าง ฯลฯ คำถามทั้งหมดเหล่านี้ คือ การทำความรู้จักว่างานที่ทำคืออะไรนั่นเอง

ถ้าเป็นเรื่องของการฝึกอบรมอาจจะถามว่า จะอบรมใคร เรื่องอะไร ทำไมต้องฝึกอบรม ปัญหาของหน่วยงานคืออะไร มีสาเหตุใดบ้าง จะแก้ปัญหาโดยวิธีอื่นที่ไม่ใช่การฝึกอบรมจะได้หรือไม่ เมื่อฝึกอบรมแล้วจะได้รับประโยชน์อะไร เป็นต้น

คำที่มักจะนิยมใช้สำหรับขั้นตอนนี้ ได้แก่ การกำหนดปัญหา สภาพปัจจุบันและปัญหา หลักการและเหตุผล หลักการเหตุผลและความจำเป็น การวิเคราะห์จุดที่จะพัฒนา แต่ในที่นี้จะใช้ว่า การพิจารณาความจำเป็นของการฝึกอบรม ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อเตือนสตินักฝึกอบรมว่า การแก้ปัญหา หรือการพัฒนาขององค์กรที่เกี่ยวข้องกับบุคคล ผู้บริหารจะตัดสินใจเลือกวิธีการฝึกอบรมก็ต่อเมื่อแน่ใจแล้วว่า การฝึกอบรมสามารถแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างคุ้มค่าเท่านั้น

ขั้นที่ 2 การวางแผนฝึกอบรม เมื่อศึกษาพิจารณางานที่จะทำอย่างถี่ถ้วน จนรู้จักและเข้าใจงานนั้นเป็นอย่างดีแล้ว นักพัฒนางานจะไม่ทำตามวิธีเดิมที่เคยทำมาก่อน แต่จะตั้งคำถามต่อไปว่า แล้วจะทำด้วยวิธีใด ซึ่งก็คงมีหลายแนวทางให้เลือก เมื่อพิจารณาทรัพยากรที่มีอยู่ทั้งข้อดีและข้อจำกัด จึงต้องตัดสินใจเลือกแนวทางที่ดีที่สุด สถานการณ์ขณะนั้น การตัดสินใจลักษณะนี้จะมีอยู่ในทุกองค์ประกอบของงานที่จะทำ แล้วนำแนวทางปฏิบัติ วิธีปฏิบัติ หรือข้อกำหนดที่ตัดสินใจเลือก มาจัดลำดับขั้นตอนเป็นแผนงาน เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ภาระงานในขั้นตอนนี้ของการฝึกอบรม คือ การกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดหลักสูตร วิธีการฝึกอบรม เลือกวิทยากร กำหนดคุณสมบัติของผู้รับการฝึกอบรม กำหนดระยะเวลา สถานที่งบประมาณ ขั้นตอนการดำเนินงาน งานในขั้นตอนนี้ คือ การวางแผนงาน หรือการวางแผนจัดฝึกอบรม นั่นเอง

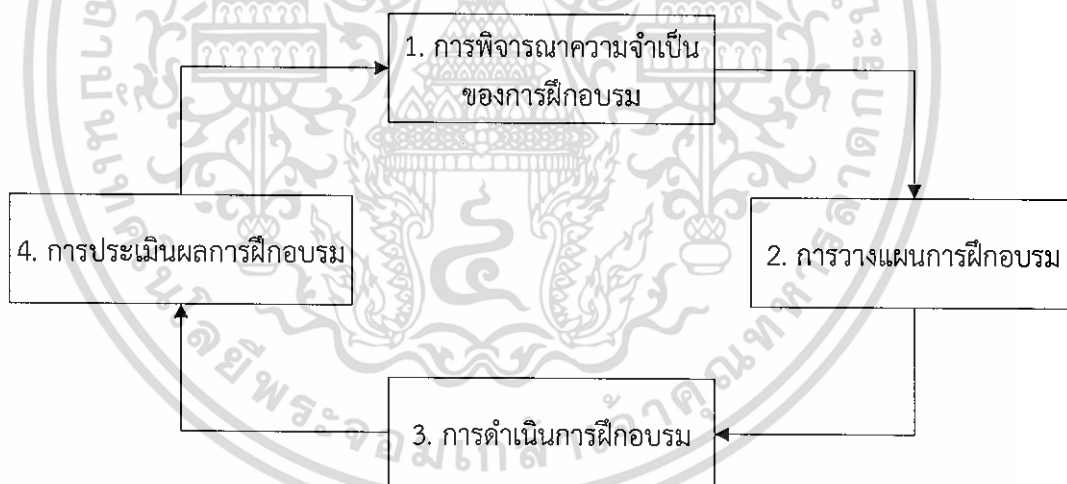
ขั้นที่ 3 การดำเนินการฝึกอบรม เมื่อวางแผนเสร็จขั้นตอนนี้ต่อไป คือ การลงมือทำงานตามแผนที่วางไว้ โดยทำด้วยความพึงพอใจและเต็มกำลังความรู้ความสามารถ การทำงานในขั้นนี้อาจมีบางสิ่งบางอย่าง ที่ไม่สามารถปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้ ถือเป็นเรื่องปกติธรรมดาของการคิด และการตัดสินใจล่วงหน้า ย่อมมีโอกาสผิดพลาดได้ หรือไม่สถานการณ์อาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้น จึงต้องมีการปรับลดเปลี่ยนไปตามเหตุผลและความจำเป็น

การดำเนินการฝึกอบรมในขั้นตอนนี้ได้แก่ การเตรียมการในด้านต่างๆ เช่น คน เงิน วัสดุ อุปกรณ์ การปฏิบัติงาน อำนาจการประสานงาน การแก้ปัญหาระหว่างการปฏิบัติ จนกระทั่งงานแล้วเสร็จตามแผนงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 การประเมินผลการฝึกอบรม ในการประเมินผลการฝึกอบรมหรือการประเมินผลการทำงานนั้น โดยปกติจะมีการทำงานไป ประเมินผลไป แก้ไขปรับปรุงไปในแต่ละกิจกรรมตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่การประเมินแบบนี้มักเป็นการประเมินผลที่ไม่มีการกำหนดรูปแบบออกมาอย่างชัดเจน สำหรับการประเมินที่กำหนดรูปแบบหรือวิธีการอย่างชัดเจนนั้น ส่วนใหญ่จะทำงานในขั้นการดำเนินงานตามแผนที่กล่าวมาแล้ว โดยจะทำการประเมินกันในหลายระดับหลายช่วงเวลา นับตั้งแต่การประเมินความพร้อมก่อนปฏิบัติงานหรือก่อนการฝึกอบรม ประเมินระหว่างการฝึกอบรม ประเมินเมื่อฝึกอบรมเสร็จ และทำประเมินเมื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมกลับไปทำงานตามปกติแล้วระยะเวลาหนึ่ง เพื่อพิจารณาตรวจสอบว่ามีการดำเนินงานตามแผน และบรรลุผลตามวัตถุประสงค์อย่างไรหรือไม่

กระบวนการฝึกอบรมมีขั้นตอนสำคัญ 4 ประการ คือ การพิจารณาความจำเป็นของการฝึกอบรม การวางแผนฝึกอบรม การดำเนินการฝึกอบรมและการประเมินผลการอบรม แต่ละขั้นตอนจะมีกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติอีกหลายประการ ด้วยเหตุนี้จึงอาจแบ่งกระบวนการฝึกอบรมออกเป็นขั้นตอนมากกว่านี้ และใช้ชื่อแต่ละขั้นตอนแตกต่างกันออกไป ซึ่งไม่ใช่เรื่องแปลกแต่อย่างใด ข้อสำคัญอยู่ที่คุณภาพของการปฏิบัติตามกระบวนการหรือขั้นตอนที่กำหนดไว้มากกว่า ซึ่งขั้นตอนทั้งสี่ของกระบวนการฝึกอบรม อาจนำมาเขียนเป็นภาพที่ต่อเนื่องกันได้เป็นวงจร ดังนี้



ภาพที่ 2.17 แสดงกระบวนการฝึกอบรม

จากภาพจะเห็นได้ว่ากระบวนการขั้นแรก เริ่มด้วยการพิจารณาความจำเป็นของการฝึกอบรมเพื่อนำผลมาประกอบการพิจารณาวางแผนงานในขั้นที่ 2 แล้วจึงดำเนินการฝึกอบรมตามแผนในขั้นที่ 3 และประเมินผลการฝึกอบรมเพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานกับผลที่คาดว่าจะได้รับ และนำข้อมูลไปพิจารณาปรับปรุงแก้ไขระหว่างการฝึกอบรมหรือใช้ประโยชน์ในการจัดฝึกอบรมคราวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชูชัย สมิติไกร (2544 : 175) ได้จำแนกวิธีการฝึกอบรม โดยยึดวัตถุประสงค์ และลักษณะการเรียนรู้ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการจำแนกวิธีการฝึกอบรม โดยยึดวัตถุประสงค์ และลักษณะการเรียนรู้

วัตถุประสงค์	ลักษณะการเรียนรู้	
	แบบรายบุคคล	แบบกลุ่ม
ความรู้	โปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตนเองการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์	การบรรยาย การอภิปรายรายกลุ่ม การอธิบายเป็นคณะ การระดมสมอง การทำคะแนนศึกษา
ทักษะและความสามารถ	การฝึกอบรมในโครงการ แบบฝึกหัดรายบุคคล การฝึกโดยใช้อุปกรณ์จำลอง	การสาธิต กรณีศึกษา การจำลองสถานการณ์ การแสดงบทบาทสมมติ การแสดงแบบพฤติกรรม
ทัศนคติ	การฝึกอบรมในงาน	การอภิปรายกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมติ การแสดงพฤติกรรม

จากตารางสามารถจำแนกวิธีการฝึกอบรมออกเป็น 6 รูปแบบ ได้แก่ การฝึกอบรมจำแนกตามวัตถุประสงค์ด้านความรู้แบบรายบุคคล การฝึกอบรมจำแนกตามวัตถุประสงค์ด้านความรู้แบบกลุ่ม การฝึกอบรมจำแนกตามวัตถุประสงค์ด้านทักษะและความสามารถแบบรายบุคคล การฝึกอบรมจำแนกตามวัตถุประสงค์ด้านทักษะและความสามารถแบบรายกลุ่ม การฝึกอบรมจำแนกตามวัตถุประสงค์ด้านทัศนคติแบบรายบุคคล การฝึกอบรมจำแนกตามวัตถุประสงค์ด้านทัศนคติแบบรายกลุ่ม

### 2.3.5 รูปแบบวิธีการฝึกอบรม

การกำหนดวิธีการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรม การเลือกวิธีการฝึกอบรมที่เหมาะสมจะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์บทบาทของวิธีการฝึกอบรมมีอิทธิพลต่อการฝึกอบรม เช่น ช่วยกระตุ้นให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความต้องการในการเรียนรู้ ช่วยทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมไม่รู้สึกรู้หาย แต่กลับกระตือรือร้นช่วยส่งเสริมการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้รับการอบรม ช่วยให้เกิดความรู้สึกร่วมกันซึ่งกันและกัน

วิธีการฝึกอบรมหรือเทคนิคการฝึกอบรม คือ วิธีการสอนหรือกลวิธีในการถ่ายทอดประสบการณ์ ความรู้ หรือแนวทางในการที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ จนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย อันพึงประสงค์ตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่กำหนดไว้ สรุปได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีการฝึกอบรมโดยใช้วิทยากรเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้
  - 1.1 การบรรยาย
  - 1.2 การอภิปรายเป็นคณะ
  - 1.3 การประชุมปาฐกถาหรือการประชุมทางวิชาการ
  - 1.4 การสาธิต
  - 1.5 การสอนงาน
  - 1.6 การปฐมนิเทศหรือการแนะนำงาน
  - 1.7 การอภิปราย
2. วิธีการฝึกอบรม โดยใช้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้
  - 2.1 การระดมสมองหรือการระดมความคิด
  - 2.2 การประชุมกลุ่มย่อย
  - 2.3 กรณีศึกษา หรือการศึกษาเฉพาะกรณี
  - 2.4 การประชุมใหญ่ หรือการประชุมแบบฟอรัม
  - 2.5 เกมส์การบริหาร
  - 2.6 การแสดงบทบาทสมมติ
  - 2.7 การสัมมนา
  - 2.8 การศึกษาดูงานนอกสถานที่ หรือการพัฒนาทักษะ
  - 2.9 การประชุมเชิงปฏิบัติการ
  - 2.10 การฝึกประสาทสัมผัส หรือเทคนิคการอบรมด้านความรู้สึก
  - 2.11 การใช้กิจกรรมนันทนาการ
  - 2.12 การฝึกอบรมในงาน
  - 2.13 การฝึกหัดงาน
  - 2.14 การโยกย้ายสับเปลี่ยนงาน
  - 2.15 สถานการณ์จำลอง
  - 2.16 การประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
  - 2.17 การประชุมแก้ปัญหา
  - 2.18 การอภิปรายแบบพวงวาฬ
  - 2.19 การสัมภาษณ์
  - 2.20 การฝึกปฏิบัติ
  - 2.21 การสอนโดยโปรแกรมสำเร็จรูป
  - 2.22 การตั้งเป็นคณะกรรมการ
  - 2.23 คณะทำงาน
  - 2.24 การให้ทำแบบฝึกหัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.25 การฝึกการบริหารในเวลาจำกัด
- 2.26 การประชุมโต๊ะกลม
- 2.27 เทคนิคแบบห้องค้นคว้าทดลอง
- 2.28 การสอนแบบตัวต่อตัว
- 2.29 กระบวนการกลุ่มสัมพันธ์
- 2.30 เทคนิคการจัดทีมผู้ฟัง
- 2.31 วิธีประสบการณ์
- 2.32 กลุ่มซักถาม
- 2.33 การแสดงละครสั้น
- 2.34 การชี้แจงปัญหาข้อข้องใจ
- 2.35 การฝึกงาน

เพ็ญจันทร์ สังข์แก้ว (2544 : 69-70) ได้กล่าวไว้ว่าขั้นตอนในการกำหนดวิธีการฝึกอบรมของหลักสูตรการฝึกอบรมมีหลักในการดำเนินการดังนี้

#### 1. การเลือกวิธีการฝึกอบรม

1.1 ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ กล่าวคือ วัตถุประสงค์ที่เป็นพฤติกรรม ด้านความรู้ ความคิด ด้านความรู้สึกและด้านทักษะการปฏิบัติ ย่อมต้องใช้วิธีการฝึกอบรมแตกต่างกัน เช่น วัตถุประสงค์ที่เป็นความรู้ความเข้าใจ อาจใช้วิธีบรรยาย สาธิต วัตถุประสงค์ที่เป็นทักษะปฏิบัติ อาจใช้วิธีแบ่งกลุ่มย่อยปฏิบัติงาน วัตถุประสงค์ที่เป็นความรู้สึก อาจใช้วิธีศึกษาเหตุการณ์จริงนอกสถานที่

1.2 เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาแต่ละเรื่องแต่ละตอนย่อมมีวิธีการอบรมที่แตกต่างกัน

1.3 เหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ทั้งในด้านพื้นฐานประสบการณ์เดิม ความต้องการ ความสนใจ

1.4 เหมาะสมกับเวลาและสถานที่

1.5 เหมาะสมกับความสามารถและความถนัดของวิทยากร

1.6 เหมาะสมกับอุปกรณ์

2. หลักการเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพื่อประกอบการเลือกวิธีการฝึกอบรม คือ ผู้เข้ารับการอบรมจะเรียนรู้ได้ดี

2.1 เมื่อผู้เข้ารับการอบรมมีส่วนร่วมหรือได้ลงมือปฏิบัติ

2.2 เมื่อบทเรียนถูกจัดเป็นขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มต้นต่อเนื่องกันไปเป็นสำคัญ

2.3 เมื่อผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้สึกที่ดี

2.4 เมื่อผู้เข้ารับการอบรมมีพื้นฐานความรู้เดิมพอเพียง

2.5 เมื่อมีกิจกรรมที่หลากหลาย ไม่ทำซ้ำแบบเดิมจนบ่อยครั้งเกินไป

2.6 เมื่อมีสื่อประกอบกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.6 หลักและทฤษฎีการผลิตชุดฝึกอบรม

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2529 : 292-293) ได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการผลิตชุดการสอน ซึ่งนำมาใช้ในการผลิตชุดฝึกอบรม ดังนี้

#### 2.3.6.1 ความแตกต่างระหว่างบุคคล

นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยาในด้านความแตกต่างระหว่างบุคคลมาใช้ เพราะถือว่าการสอนนั้น ไม่สามารถบั่นผู้เรียนให้แบ่นแม่พิมพ์เดียวกันได้ในเวลาที่เท่ากัน เพราะผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของเขา และใช้เวลาเรียนในเรื่องหนึ่งๆ ที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างเหล่านี้มีความแตกต่างในด้านความสามารถ สติปัญญา ความต้องการ ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ และสังคม ด้วยเหตุผลที่คนเรามีความแตกต่างกันดังกล่าว ผู้สร้างชุดการสอนจึงพยายามจะหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการจะทำให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ในชุดนั้นๆ ซึ่งวิธีที่เหมาะสมที่สุดวิธีหนึ่งคือ การจัดการสอนรายบุคคลหรือการจัดการสอนตามเอกัตภาพ หรือการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งล้วนแต่เป็นวิธีสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามความแตกต่างของแต่ละคน

#### 2.3.6.2 การนำสื่อประสมมาใช้

เป็นการนำเอาสื่อการสอนหลายประเภทมาใช้สัมพันธ์กันอย่างมีระบบ ความพยายามอันนี้เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนจากเดิมที่เคยยึดครูเป็นแหล่งให้ความรู้หลัก มาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียน เรียนด้วย การใช้แหล่งความรู้จากสื่อประเภทต่าง

#### 2.3.6.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ จิตวิทยาการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้

1. เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. ตรวจสอบผลการเรียนของตนเองว่าถูกหรือผิดได้ทันที
3. มีการเสริมแรง คือ ผู้เรียนจะเกิดความภาคภูมิใจ ตีใจที่ตนเองทำได้ถูกต้อง เป็นการให้กำลังใจที่เรียนต่อไป ถ้าตนเองทำไม่ถูกต้อง จะได้ทราบเวลาที่ถูกต้องนั้นคืออะไร จะได้ไตร่ตรองพิจารณาทำให้เกิดความเข้าใจซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความท้อถอยหรือสิ้นหวังในการเรียน เพราะเขามีโอกาสที่จะทำสำเร็จได้เหมือนคนอื่น

#### 4. เรียนรู้ไปทีละขั้น ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง

#### 2.3.6.4 การใช้วิธีวิเคราะห์ระบบ

โดยจัดเนื้อหาวิธีให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียน ทุกสิ่งทุกอย่างที่จัดไว้ในชุดการสอนจะสร้างขึ้นอย่างมีระบบ มีการตรวจเช็คทุกขั้นตอนและทุกอย่างจะต้องสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นอย่างดี มีการทดลองปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเป็นที่เชื่อถือได้จึงจะนำออกใช้

### 2.3.7 ประเภทของชุดฝึกอบรม

#### 2.3.7.1 ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2521 : 118) ได้แบ่งประเภทของชุดการสอนเป็น 4 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.7.1.1 ชุดการสอนประกอบการบรรยาย

เป็นชุดการสอนที่มุ่งช่วยขยายเนื้อหา สาระการสอนแบบบรรยายได้ชัดเจนขึ้นชุดการสอนแบบนี้นิยมใช้กับการฝึกอบรมและการสอนในระดับอุดมศึกษา

### 2.3.7.1.2 ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม

เป็นชุดการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรม เช่น การสอนแบบศูนย์การเรียนรู้

### 2.3.7.1.3 ชุดการสอนรายบุคคล

เป็นชุดการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจออกมาในรูปของหน่วยงานย่อยหรือโมดูล

### 2.3.7.1.4 ชุดการสอนทางไกล

เป็นชุดการสอนที่ผู้สอนกับผู้เรียนอยู่ต่างถิ่นต่างเวลากัน มุ่งสอนให้ผู้เรียนศึกษาได้ด้วยตนเอง ในชุดการสอนประกอบด้วยสื่อสิ่งพิมพ์ รายการวิทยุโทรทัศน์ ชุดการสอนทางไปรษณีย์ เป็นต้น

## 2.3.7.2 ชม ภูมิภาค (2524 : 101-102) ได้แบ่งประเภทของชุดการสอนเป็น 3 ประเภท

### 2.3.7.2.1 ชุดการสอนประกอบการบรรยาย

ชุดการสอนประกอบการบรรยายหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ชุดการสอนสำหรับครู คือ เป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรมและสื่อการเรียนให้ครูใช้ประกอบการบรรยาย เพื่อเปลี่ยนบทบาทของครูให้พุดน้อยลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกิจกรรมการเรียนมากยิ่งขึ้น ชุดการสอนนี้จะมีเนื้อหาวิชาเพียงหน่วยเดียว

### 2.3.7.2.2 ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมแบบกลุ่ม

ชุดการสอนแบบนี้เน้นที่ตัวผู้เรียน ได้ประกอบกิจกรรมร่วมกันและอาจจัดการเรียนในรูปศูนย์การเรียนรู้ ชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่มแต่ละ กลุ่มประกอบด้วยชุดย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วย ในแต่ละศูนย์มีสื่อการเรียนหรือบทเรียนครบชุดตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น สื่อการเรียนอาจจัดในรูปของรายบุคคลหรือผู้เรียนทั้งศูนย์ใช้ร่วมกันก็ได้ ผู้ที่เรียนจากชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม อาจต้องการความช่วยเหลือกันและกันได้เองระหว่างประกอบกิจกรรมการเรียน หากมีปัญหาผู้เรียนสามารถซักถามครูได้เสนอ

### 2.3.7.2.3 ชุดการสอนรายบุคคล

เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับขั้นความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบประเมินผลความก้าวหน้า และศึกษาชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ระหว่างผู้เรียน ผู้สอน พร้อมทั้งจะให้ความช่วยเหลือทันทีในฐานะผู้ประสานงานหรือผู้ชี้แนะแนวทางการเรียน

## 2.3.8 องค์ประกอบของชุดฝึกอบรม

ขนาด พงศ์นพรัตน์ อ่างใน พรเทพ บุญประเสริฐ (2550 : 26-27) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดฝึกอบรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.8.1 คำนำ

เป็นคำอธิบายขั้นต้นของชุดฝึกอบรม โดยจะอธิบายถึงเรื่องทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกอบรม เช่น เหตุผลและความจำเป็นในการสร้างชุดฝึกอบรม วัตถุประสงค์ของชุดฝึกอบรม คุณค่าหรือประโยชน์ของชุดฝึกอบรม คุณสมบัติของผู้เข้าอบรม เป็นต้น

### 2.3.8.2 หลักสูตร

เป็นคำอธิบายหลักสูตรและรายละเอียดเช่น วัตถุประสงค์ของหลักสูตร หัวข้อวิชา วัตถุประสงค์รายวิชา ประเด็นสำคัญ วิธีการฝึกอบรม ระยะเวลาในการฝึกอบรม กำหนดการฝึกอบรม จำนวนผู้เข้าอบรม ลักษณะเด่นของหลักสูตร ผู้เข้าอบรมควรศึกษา เอกสารหรือมีประสบการณ์หรือเคยผ่านการฝึกอบรมอะไรก่อนหน้าเข้าฝึกอบรมหลักสูตรนี้เป็นต้น

### 2.3.8.3 คำชี้แจงสำหรับผู้ใช้

เป็นการอธิบายแนะนำผู้ใช้หรือวิทยากรว่าจะใช้ชุดฝึกอบรมซึ่งได้แก่ ขบวนการอุปกรณ์ และเอกสารอย่างไร โดยจะกล่าวถึงส่วนประกอบต่างๆ ของชุดฝึกอบรม ชี้แจงสิ่งที่วิทยากรควรปฏิบัติเพื่อจะดำเนินการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งที่วิทยากรและผู้เข้าอบรมจะต้องจัดเตรียม หรือจัดหาไว้ก่อนล่วงหน้า เพื่อกระตุ้นให้มีการตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์และเอกสารก่อนนำไปใช้ ถ้ายังไม่มีอาจยืมอุปกรณ์จากหน่วยงานที่รับผิดชอบหรือเตรียมวัสดุสิ้นเปลือง เช่น แผ่นใส ปากกา ดินสอ กระดาษ และสื่อการสอนอื่นที่ได้จัดเตรียมไว้ในชุดฝึกอบรม

### 2.3.8.4 การจัดห้องฝึกอบรม

เป็นการอธิบายถึงการจัดห้องฝึกอบรม หรือสัมมนาที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนและกิจกรรม พร้อมทั้งทำแผนผังให้เห็นชัดเจน เพื่อนำไปจัดได้อย่างถูกต้อง

### 2.3.8.5 แผนการสอน

เป็นการอธิบายแนวทางที่จะช่วยให้วิทยากรเตรียมไว้ล่วงหน้าว่าจะต้องเตรียมเนื้อหาสาระรวมทั้งวิธีการสอนอย่างไร เพื่อนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะกำหนดขั้นตอนการสอนที่วิทยากรมุ่งหวังให้ผู้เข้าอบรมได้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

### 2.3.8.6 วัสดุอุปกรณ์และเอกสารประกอบ

เป็นวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม เช่น แผ่นใส แผนภูมิ เครื่องฉายแผ่นใส จอภาพ เป็นต้น และเป็นเอกสารที่ใช้ในการฝึกอบรม คู่มือผู้เข้าอบรมหรือเอกสารอ่านประกอบก่อนและระหว่างฝึกอบรม โดยระบุชื่อเอกสารและที่มาของเอกสารเหล่านั้น

### 2.3.8.7 การประเมินผล

เป็นการอธิบายวิธีการประเมินผลของการฝึกอบรมและตัวอย่างเช่น แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรมสำหรับผู้เข้าอบรม แบบประเมินผลรายวิชาเพื่อประเมินเนื้อหา เทคนิคการฝึกอบรม และวิทยากร หลังจากการฝึกอบรมแต่ละวัน แบบประเมินโครงการภายหลังการเสร็จสิ้นการฝึกอบรมแล้ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.8.8 การติดตามผล

เป็นการอธิบายวิธีการติดตามผลหลังจากผู้เข้าอบรมได้กลับไปปฏิบัติงานแล้วซ้กระยะหนึ่ง โดยอาจใช้แบบสอบถามหรือการสัมภาษณ์ เป็นต้น

### 2.3.9 ประโยชน์ของชุดฝึกอบรม

1. เมื่อส่วนราชการจัดการฝึกอบรมมากขึ้น การใช้ชุดฝึกอบรมที่มีมาตรฐาน จะทำให้การฝึกอบรมเป็นไปในแนวเดียวกัน

2. ช่วยวิทยากรในการศึกษา เนื้อหาและสอน โดยใช้วิธีการสอนหลายเทคนิคตามที่ระบุไว้ในชุดฝึกอบรม ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ที่กล่าวว่า วิธีการสอนหลายๆ วิธีจะทำให้ไม่น่าเบื่อ ผู้เข้าอบรมสามารถประกอบกิจกรรมได้หลายๆ อย่างตามความเหมาะสมของเนื้อหา

3. ช่วยให้วิทยากรสามารถตอบได้ตามวัตถุประสงค์ และยังช่วยให้วิทยากรรู้แผนในการสอน และกิจกรรมของผู้เข้าอบรมทุกขั้นตอน

4. วิทยากรสามารถเตรียมการได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นการประหยัดเวลา เพราะมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการสอนอยู่ในชุดฝึกอบรม ซึ่งนำไปใช้ได้ทันที หรืออาจมีตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถนำไปผลิตได้

5. ช่วยให้วิทยากรจัดห้องฝึกอบรมได้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีการสอน

6. ช่วยให้วิทยากรสามารถประเมินพฤติกรรมของผู้เข้าอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรมที่เตรียมไว้ในชุดการฝึกอบรม พร้อมทั้งให้คำตอบด้วย ทั้งนี้เพื่อจะได้ทราบว่า การฝึกอบรมบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่

### 2.3.10 การใช้ชุดฝึกอบรมที่เหมาะสม

การออกแบบตามคู่มือพัฒนาชุดฝึกซีบีเอสที่ให้มีคุณภาพ จำเป็นต้องใช้แบบจำลองการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบบจำลองที่สำคัญ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. เรียนรู้ (Know) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนรู้มากที่สุด โดยการศึกษาชุดการฝึกเริ่มจากความสามารถพื้นฐาน และการคิดการเรียนรู้ตามรายการความสามารถที่กำหนดไว้ในชุดฝึก

2. แสดง (Show) วิทยากรหรือครูฝึกสามารถทำให้ผู้เข้ารับการฝึกเข้าใจข้อมูลมากยิ่งขึ้นโดยการยกตัวอย่างที่มีความหมายและเหมาะสม หรือแสดงให้เห็นตัวอย่าง การแสดงหรือการนำเสนอตัวอย่างที่มีการวางแผนอย่างดี จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกจดจำความหมายได้นานขึ้น

3. ปฏิบัติ (Do) ผู้เข้ารับการฝึกต้องลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อแสดงให้เห็นว่าเกิดการเรียนรู้ โดยการทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ตามที่กำหนดในใบงาน

4. ทบทวน (Review) การทบทวนจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกได้รับรู้ถึงผลการตอบสนองของการปฏิบัติ ระหว่างการฝึกปฏิบัติผู้เข้ารับการฝึกจะได้ทราบว่า การปฏิบัติได้นำทักษะต่างๆ มาใช้ได้จริงและได้รับผลตอบสนองของการปฏิบัตินั้นๆ ในทันที จะช่วยเสริมสร้างลักษณะนิสัยที่ดี หลังจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับรู้ถึงผลการตอบสนองแล้ว ควรให้มีการปฏิบัติทักษะนั้นๆ ซ้ำจนกว่าผู้เข้ารับการฝึกจะทำได้ถูกต้องทั้งหมดและมีความมั่นใจในตัวเอง

5. ผ่านระบบการฝึก (Pass Through) ผู้เข้ารับการฝึกต้องทดสอบการปฏิบัติว่าสามารถแสดงทักษะได้อย่างถูกต้อง

## 2.4 การวัดและการประเมินผล

### 2.4.1 การประเมินคุณภาพ

เพื่อให้ทราบว่าคุณภาพของชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมา ใช้งานได้ตามที่ต้องการหรือไม่จะต้องมีการประเมินคุณภาพของสื่อ (พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธิกุล, 2529 : 171-173) ดังนี้

#### 2.4.1.1 องค์ประกอบในด้านการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)

ด้านวัตถุประสงค์

1. ครอบคลุมวัตถุประสงค์
2. เหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

ด้านเนื้อหา

1. เนื้อหาถูกต้องไม่มีจุดผิด
2. เนื้อหาแยกย่อยได้
3. เนื้อหาเรียงลำดับเป็นตรรกะ

ประสิทธิภาพและประสิทธิผล ในการสื่อความหมาย

1. บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
2. สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอย ให้มีความหมายและเป้าหมายมากขึ้น
3. สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดีและสั้นลง
4. ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น
5. ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น

#### 2.4.1.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน

ด้านผู้เรียน

1. สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
2. สื่อที่ใช้เหมาะสมกับการรับรู้ของผู้เรียน

ด้านผู้สอน

1. สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการสอน
2. สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน

#### 2.4.1.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมและการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ด้านวัสดุอุปกรณ์

1. ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น
2. ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น
3. อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบส่วนใหญ่หาได้ตามสถานศึกษาทั่วไป

### ด้านเวลา

1. เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
2. เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่อไม่มากเกินไป

### ด้านการใช้งาน

1. สามารถนำไปใช้ได้ง่ายและสะดวก
2. ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน
3. ไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่นๆ ขณะนำไปใช้งาน

### 2.4.2 เกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

ชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ จำเป็นต้องมีการกำหนดแจกแจงกลุ่มเป้าหมายและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของหัวเรื่องที่จะสร้างให้ชัดเจนเพื่อจะใช้เป็นกรอบกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของหัวข้อย่อยต่อไป และเป็นตัวกำกับในการสร้างแบบทดสอบในการตรวจวัดผลของการเรียนรู้

ประสิทธิภาพของชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์จะถูกกำหนดเกณฑ์โดยที่ครูฝึกได้มีความคาดหวังว่าผู้เข้ารับการฝึกจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เข้ารับการฝึกทั้งหมด ซึ่งกำหนดเกณฑ์ไว้ที่ 80 เปอร์เซ็นต์หลังการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการฝึกทั้งหมด

ประสิทธิภาพของกระบวนการ คือ การประเมินพฤติกรรมอย่างต่อเนื่องของผู้เข้ารับการฝึก ได้แก่ การประกอบกิจกรรมในงานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นๆ ที่ครูฝึกกำหนด

### 2.4.3 การสร้างแบบทดสอบสำหรับชุดฝึกอบรม

การทดสอบหรือการสอบเพื่อวัดผลใดๆ ให้ดีมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับนั้นจะต้องมีเครื่องมือวัดผลที่เหมาะสม ซึ่งเครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้นั้นคือ แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อความที่สร้างอย่างมีระบบเพื่อใช้วัดพฤติกรรมของผู้เข้าฝึกรวมอาจจะวัดทางด้านสมอง ทางด้านอารมณ์ และทางด้านของความเคลื่อนไหวทางด้าน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 170)

การสร้างแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม สำหรับในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ยึดหลักการสร้างแบบทดสอบโดยใช้มาตรฐานเดียวกันกับการสร้างแบบทดสอบชุดฝึกอบรมอีเลิร์นนิ่ง มีขั้นตอนดังนี้ (มนต์ชัย เทียนทอง อ่างโนวัชรพงษ์ ไชยเจริญ. 2550 : 16-21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3.1 ศึกษาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในชุดฝึกอบรม ประกอบด้วย พฤติกรรมที่ให้ผู้เข้าฝึกอบรมแสดงออกในหลายลักษณะ เช่น ทางด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย หรือจิตพิสัย ซึ่งแต่ละด้านก็ยังแบ่งออกเป็นระดับต่างๆ กัน ผู้สร้างข้อสอบจะต้องทำการวิเคราะห์พฤติกรรมนั้น เพื่อสรุปพฤติกรรมที่ต้องการทั้งหมดแล้วทำการเลือกพฤติกรรมที่เด่นชัดเหมาะสมนำไปออกข้อสอบต่อไป

### 2.4.3.2 กำหนดรูปแบบของข้อสอบ

พฤติกรรมของผู้เข้าฝึกอบรมที่ได้จากการศึกษาในข้อแรกจะทำให้ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่าเน้นทางด้านใด ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยหรือจิตพิสัย รูปแบบของข้อสอบในแต่ละด้านจึงแตกต่างกัน เช่น ด้านพุทธิพิสัยอาจจะสอบแบบข้อเขียน ด้านทักษะพิสัยอาจสอบ ทั้งข้อเขียนและทักษะปฏิบัติ นอกจากนี้ในแต่ละด้านยังแบ่งระดับความยากง่าย รูปแบบของข้อสอบจึงต้องกำหนดหลายรูปแบบ เช่น แบบให้อธิบาย แบบให้เติมคำ แบบเลือกตอบ แบบถูก-ผิด เป็นต้น เพื่อให้ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรม ตามสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

สำหรับรูปแบบของข้อสอบที่เหมาะสมกับชุดฝึกอบรมมากที่สุด คือข้อสอบแบบเลือกตอบ เนื่องจากง่ายต่อการตัดสินผล อย่างไรก็ตามข้อสอบรูปแบบอื่นๆ ก็สามารถใช้ได้กับระบบนิพนธ์ชุดฝึกอบรมสมัยใหม่ ประเภทของข้อสอบ จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

ข้อสอบอัตนัย มีลักษณะให้ผู้ตอบหรือเขียนบรรยายคำตอบตามความคิดของตนเอง ข้อสอบแบบอัตนัยแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบไม่จำกัดคำตอบ ลักษณะของข้อสอบชนิดนี้จะให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างอิสระสามารถแสดงความรู้ความสามารถ และความคิดเห็นที่มีอยู่ได้อย่างเต็มที่เหมาะสำหรับการวัดสมรรถภาพทางด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การประเมินค่าและการวัดด้านเจตคติ

2. แบบจำกัดคำตอบ ลักษณะของข้อสอบชนิดนี้จะให้ผู้ตอบ ตอบข้อคำถามเฉพาะเรื่องแบบเฉพาะเจาะจง หรือตอบอย่างรวบรัดอยู่ในขอบเขตที่กำหนดให้

ข้อสอบปรนัย หมายถึง ลักษณะของข้อสอบที่มีความเป็นปรนัยอยู่ในตัวกล่าวคือ มีคำถามที่ชัดเจนผู้เข้าฝึกอบรมทุกคนอ่านแล้วแปลความหมายตรงกันมีการตรวจให้คะแนนที่มีเกณฑ์แน่นอนไม่ว่าใครจะเป็นผู้ตรวจก็ตามส่วนอีกลักษณะหนึ่งของข้อสอบปรนัยก็คือ เวลาที่ใช้ในการสอบต่อข้อน้อยกว่าข้อสอบแบบอัตนัย การเขียนตอบจะใช้เวลาสั้นๆ จึงเหมาะกับชุดฝึกอบรมซึ่งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการตัดสินผลคำตอบ สามารถใช้ได้ทั้งข้อสอบปกติ และข้อสอบแบบวัดความเร็ว

ก) แบบตอบสั้นๆ เหมาะสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการวัดพฤติกรรมในด้านความรู้ความจำ เช่น การจำคำศัพท์ นิยาม ชื่อ หรือชิ้นส่วน และอื่นๆ เป็นต้น

ข) ข้อสอบแบบจับคู่ เหมาะสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการวัดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ เช่น นิยาม ชื่อ รูปร่าง ลักษณะอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยส่วนคำถาม และส่วนคำตอบให้เลือกจับคู่

ค) ข้อสอบแบบถูก-ผิด เหมาะสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการวัดความเป็นไปได้เพียง 2 กรณีเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นถูก-ผิด, จริง-ไม่จริง, ใช่-ไม่ใช่ ลักษณะของข้อสอบจะเป็นลักษณะคำบอกกล่าว ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความสมบูรณ์ของประโยค แล้วให้ผู้ตอบทำรหัสใส่ในช่องว่างหน้าข้อโดยทั่วไปมักใช้เครื่องหมาย ✓ ✕ หรือใช้อักษรย่อ ถ ผ

ง) ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่มีลักษณะส่วนตัวคำถาม และส่วนตัวเลือกอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบนี้สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ตลอดจนการประเมินผล สามารถออกข้อสอบได้ครอบคลุมเนื้อหาวิชา การตรวจและการให้คะแนนสะดวก ง่าย และมีความแน่นอน

#### 2.4.3.3 เตรียมงานและเขียนข้อสอบฉบับร่าง

เมื่อได้รูปแบบของข้อสอบแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเตรียมงานเขียนข้อสอบ โดยเขียนเป็นฉบับร่างก่อน จะต้องเขียนให้มากกว่าที่ต้องการจริง จากนั้นคัดเลือก ข้อที่คาดว่าถูกต้องและเหมาะสมไปใช้สอบจริง แล้วต้องวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบอีกครั้งหนึ่งหลังจากสอบเสร็จ

#### 2.4.3.4 วิเคราะห์ข้อสอบ

เมื่อสร้างข้อสอบเสร็จแล้วควรมีการทบทวนตรวจทาน ในด้านความยากง่ายของข้อคำถาม เบื้องต้น ตรวจสอบรูปแบบภาษาที่ใช้ เนื้อหาในข้อสอบคำสั่งถูกต้องเข้าใจง่ายหรือไม่ เฉลยถูกต้องหรือไม่ ผู้ออกแบบข้อสอบจะต้องทำการแก้ไขปรับปรุงข้อสอบก่อนนำไปใช้จริง และจะต้องผ่านการวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบก่อน โดยกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้ข้อสอบก็คือกลุ่มประชากรที่เคยผ่านการศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้มาแล้วในจำนวนที่เหมาะสมสำหรับการหาคุณภาพของข้อสอบที่ใช้ในชุดฝึกอบรม จะต้องพิจารณาค่าสถิติต่างๆ ดังนี้

##### 2.4.3.4.1 ค่าความเที่ยงตรง

ค่าความเที่ยงตรง หมายถึง การที่แบบทดสอบนั้นสามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการ หรือวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ค่าความเที่ยงตรงจำแนกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หมายถึง การที่ชุดฝึกอบรมนำเสนอเนื้อหาในเรื่องอะไรก็ออกแบบทดสอบวัดในเรื่องนั้น เช่น ชุดฝึกอบรมนำเสนอ เรื่อง เทคโนโลยีการสร้างระบบเครือข่ายภายในองค์กร เมื่อต้องการทราบว่าผู้เข้าฝึกอบรมบรรลุเป้าหมายในการเรียนเพียงใด ก็ออกแบบทดสอบวัดความรู้ในเรื่องดังกล่าว แทนที่จะไปออกแบบทดสอบวัดเนื้อหาเรื่องอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่ตรงตามเนื้อหาหรือไม่ ก็ให้นำแบบทดสอบไปเปรียบเทียบกับรายละเอียดของหลักสูตรว่ามีเนื้อหาวิชาครอบคลุมหรือไม่เพียงใด ถ้าวัดได้ครอบคลุมก็แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง หมายถึง แบบทดสอบใดๆ ที่สามารถวัดได้ตามลักษณะหรือตามโครงสร้างนั้นๆ เช่น แบบทดสอบวัดความเป็นผู้นำบุคลิกภาพ เป็นต้น ถ้าสามารถสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดลักษณะสิ่งเหล่านี้ได้แสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง ซึ่งความเป็นผู้นำและบุคลิกภาพประกอบด้วยองค์ประกอบหลายด้าน และมีความสัมพันธ์กันถ้าเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้าฝึกอบรมที่มีความเที่ยงตรงตามโครงสร้างก็คือแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ครอบคลุมพฤติกรรมต่างๆ ของผู้เข้าฝึกอบรมตามกำหนดไว้ในหลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ เป็นความเที่ยงตรงแบบอาศัยเกณฑ์ที่ต้องการเป็นหลัก จำแนกออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1. ความเที่ยงตรงตามสภาพ หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตามสภาพความเป็นจริง เช่น ถ้าผู้เข้าฝึกอบรมคนหนึ่งเป็นคนเรียนเก่งมาก ไม่ว่าจะชุดฝึกอบรมจะถามอะไรก็จะตอบได้หมด และเมื่อทำแบบทดสอบหลังชุดฝึกอบรมก็ทำได้คะแนนสูงในกรณีเช่นนี้แสดงว่าแบบทดสอบหลังชุดฝึกอบรมฉบับนั้นมีความเที่ยงตรงตามสภาพเป็นจริง

2. ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์ต่างๆ ล่วงหน้า ถ้าแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์แล้วเมื่อนำไปทดสอบกับผู้เข้าฝึกอบรมกลุ่มตัวอย่างก็สามารถพยากรณ์อนาคตของผู้เข้าฝึกอบรมกลุ่มนั้นได้ถูกต้อง สำหรับการหาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบที่ใช้ในชุดฝึกอบรมส่วนใหญ่มักจะพิจารณาเฉพาะความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเป็นหลัก เนื่องจากความเที่ยงตรงประเภทนี้มีผลต่อคุณภาพของชุดฝึกอบรม หากแบบทดสอบออกได้ตรงตามเนื้อหาที่น่าเสนอก็น่าจะเป็นหลักประกันได้ว่ามีคุณภาพระดับหนึ่ง

#### 2.4.3.4.2 ความเป็นปรนัย

ความเป็นปรนัย หมายถึง ความชัดเจนของแบบทดสอบหรือข้อคำถามที่ทุกคนอื่นแล้วตีความตรงกัน รวมทั้งการตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์ที่แน่นอนไม่ว่าผู้ใดตรวจก็ตามลักษณะของแบบทดสอบที่มีความเป็นปรนัย จึงเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่

1. ความแจ่มชัดในความหมายของคำถาม
2. ความแจ่มชัดในวิธีการตรวจ
3. ความแจ่มชัดในการแปลความหมายของคะแนน

แม้ว่าความเป็นปรนัยของแบบทดสอบจะไม่มีเครื่องมือ หรือวิธีการที่แน่นอนตายตัวในการบ่งชี้คุณภาพ อย่างไรก็ตาม การหาคุณภาพด้านนี้ของแบบทดสอบจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากการทำให้เกิดคุณภาพทางด้านความเชื่อมั่นสูง และความเที่ยงตรงในการวัดนับตั้งแต่คำชี้แจง และเงื่อนไขในการทำแบบทดสอบ จนถึงข้อคำถามต่างๆ ต้องมีความชัดเจนว่าต้องการสิ่งใด คำตอบที่ต้องการเป็นอะไรไม่ว่าผู้ใดอ่านก็ตามจะเข้าใจความหมายได้ตรงกันว่าถามอะไร และการตรวจให้คะแนนต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่แน่นอนรวมทั้งการแปลความหมายของคะแนนที่ได้ต้องมีความชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบทดสอบที่ใช้กับชุดฝึกอบรมที่ผู้เข้าฝึกอบรมเป็นผู้ควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งหมดความชัดเจนของข้อคำถาม หรือแบบทดสอบต่างๆ ที่ใช้ในชุดฝึกอบรม จะต้องผ่านการหาคุณภาพ โดยผ่านการทดลองใช้เพื่อหาความเหมาะสมกับผู้เข้าฝึกอบรมกลุ่มเป้าหมายโดยตรง หรือผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมาก่อน

ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี (ภัทรา นิคมานนท์, 2535 : 7)

1. ความเที่ยงตรง เป็นลักษณะสำคัญที่สุดที่ทำให้เครื่องมือวัดผลนั้นมีคุณภาพดี เพราะเป็นการแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัดได้ตรงและครบถ้วนตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาที่ต้องการวัด ตรงตามจุดมุ่งหมาย ตรงตามสภาพความเป็นจริงและวัดแล้วสามารถนำผลการวัดไปพยากรณ์หรือคาดคะเนอนาคตได้

2. มีความเชื่อมั่นสูง เครื่องมือวัดผลที่ดี วัดสิ่งเดียวกันหลายๆ ครั้งผลที่ได้จากการวัดจะเหมือนกันหรือแตกต่างกันน้อยมาก

3. ความเป็นปรนัย เครื่องมือที่มีความเป็นปรนัยจะมีความชัดเจนในตัวเอง เช่น ข้อสอบที่มีความเป็นปรนัยจะมีความชัดเจนอยู่ 3 ประการ คือ คำถามชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจตรงกันกับคำตอบแน่นอน ใครตรวจก็ให้คะแนนตรงกัน ประกอบสุดท้ายคือ แปลความหมายคะแนนได้ตรงกัน

4. มีความยากง่าย ไม่ยากเกินไปและไม่ง่ายเกินไป ข้อสอบข้อใดที่มีคนตอบถูกมากแสดงว่าง่าย ข้อที่มีคนตอบถูกน้อยแสดงว่ายาก ค่าความยากง่ายของข้อสอบ ( $p$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ข้อสอบที่ดีมีค่า  $p$  อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ซึ่งหมายถึงข้อสอบที่ค่อนข้างยากปานกลางและค่อนข้างง่าย

5. มีอำนาจจำแนก สามารถแบ่งแยกผู้สอบได้ถูกต้อง ข้อสอบที่ดีอำนาจจำแนก หมายถึง ข้อสอบที่คนเก่งตอบถูก คนอ่อนตอบผิด ข้อสอบที่จำแนกกลับคนเก่งจะตอบผิดแต่คนอ่อนตอบถูก และข้อสอบที่จำแนกไม่ได้ คือ คนเก่งและคนอ่อนตอบถูกและผิดพอๆ กัน อำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 ค่า  $r$  เป็นเครื่องหมายลบ ความหมายว่าจำแนกจำนวนคนในกลุ่มเก่งตอบถูกน้อยกว่าคนอ่อน  $r$  มีเครื่องหมายบวกความหมายว่าจำแนกจำนวนคนในกลุ่มเก่งตอบถูกมากกว่าคนอ่อน ข้อสอบที่ดีควรมีค่า  $r$  อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 1.00

6. ประสิทธิภาพ คือเครื่องมือที่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุดเชื่อถือได้ โดยใช้วิธีการที่สะดวก รวดเร็ว คล่องตัว แต่เสียเวลาน้อยลงทุนน้อยและใช้แรงงานน้อย

7. มีความยุติธรรม ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้เปรียบเสียเปรียบกันระหว่างผู้ถูกวัดด้วยกัน

8. ให้คำถามลึก ข้อสอบที่ดี ต้องถามให้ผู้สอบใช้ความสามารถในการคิดค้นด้วยความเต็มใจ

9. ใช้คำถามช่วย มีลักษณะที่ทำให้ผู้สอบอยากคิด อยากตอบและทำด้วยความเต็มใจ

10. คำถามจำเพาะเจาะจง ไม่ถามกว้างเกินไปหรือถามคลุมเครือให้คิดได้หลายแง่หลายมุม

#### 2.4.3.4.3 การกำหนดระดับความสามารถในการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักการตั้งคำถามตามแนวคิด บลูมและคณะ (Bloom, et al, 1956 : 10-24) สามารถจำแนกได้เป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถทางสมองในการจดจำหรือระลึกถึงเรื่องราวต่างๆ ตามเนื้อหาที่ได้เรียนหรือได้มีประสบการณ์มาแล้ว จากการเรียนการสอนหรือโดยวิธีใดๆ ก็ตาม อาจถามตามตำราหรือตามประสบการณ์ที่ได้รับการสอนซึ่งการแสดงออกถึงความรู้ความจำเป็นอาจแสดงออกได้ด้วยการเขียนหรือพูด เช่น การที่ผู้เรียนคนหนึ่งได้รับสอนว่า คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดที่สำคัญที่สุด คือ ความเที่ยงตรง แสดงว่าผู้เรียนคนนั้นมีพฤติกรรมเรียนรู้ด้านความรู้ความจำ พฤติกรรมด้านความรู้ ความจำสามารถจำแนกได้ดังนี้

ความรู้ในเรื่องเฉพาะ มีอยู่ 2 ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ หรือนิยามเฉพาะคำเทคนิคของวิชานั้น ๆ เป็นความรู้เกี่ยวกับความหมายของคำ กลุ่มคำเครื่องหมาย รูปภาพ อักษรย่อต่างๆ รวมทั้งลักษณะที่ใช้เฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

2. ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริงเฉพาะเรื่อง เป็นความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่างที่ปรากฏในเนื้อเรื่องหรือตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น เช่น การถามสูตร กฎ ความจริง ข้อเท็จจริง เรื่องราว วัน เวลา สถานที่ ฯลฯ เช่น น้ำเต๋อนที่อุณหภูมิกองศาเซลเซียส ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ได้ค่าเท่าไร

ความรู้เกี่ยวกับแนวทางและวิธีดำเนินการ ประกอบด้วย 5 ประเภท คือ

1. ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผนธรรมเนียมประเพณี ความนิยมที่ปฏิบัติกันมาจนเป็นที่ยอมรับของสังคม

2. ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนหรือแนวโน้ม หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนของการปฏิบัติ ลำดับการเกิดเหตุการณ์ก่อนหลัง มองเห็นความจริงที่เกิดขึ้นในอดีตปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต เช่น การเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย , น้อยไปมาก

3. ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการจำกัดประเภทจัดหมวดหมู่ เรื่องราว เหตุการณ์ลักษณะเด่นของสิ่งต่างๆ ตามความมุ่งหมายหรือปัญหาที่กำหนด เช่น ข้อใดเป็นสัตว์ที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกันกับม้า

4. ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์หรือคุณสมบัติของสิ่งต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบ วินิจฉัย เปรียบเทียบหรือตัดสินสิ่งต่าง ๆ เช่น คุณลักษณะใดไม่จำเป็นสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

5. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติ หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีการปฏิบัติและกระบวนการที่นำมาใช้เพื่อได้ผลในการกระทำสิ่งนั้น ๆ เช่น ในการวางแผนออกข้อสอบต้องทำอะไรเป็นลำดับแรก

ความรู้เกี่ยวกับความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง ประกอบด้วยความรู้ 2 ประเภท คือ

1. ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยายหลักวิชา เป็นความสารณในการสรุปเป็นคติหรือหัวใจของเรื่องราวพร้อมทั้งสามารถขยายคติหรือหัวใจของเรื่องนั้นๆ ไปยังสถานการณ์อื่นๆ หรือไปสัมพันธ์กับเรื่องอื่นๆ

2. ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง เป็นความสามารถในการผสมผสานความรู้ย่อย เข้าเป็นความรู้ที่โครงสร้างใหญ่เดียวกัน

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถของทางสมองในการอธิบายหรือถ่ายทอดตัวความรู้ออกมาในรูปแบบใหม่ที่มีเค้าเหมือนเดิม หรือเป็นการผสมผสานความรู้ความจำออกไปให้กว้างไกล จากความรู้เดิมอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งที่จะมีความเข้าใจเรื่องใด ๆ นั้น ในการแสดงออกกว่าเป็นผู้ที่มีความเข้าใจเรื่องราวต่างๆ กัน ทำได้โดยการแสดงพฤติกรรมออกมาใน 3 ลักษณะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแปรความ หมายถึง ความสามารถในการสื่อความหมาย เรื่องราวเหตุการณ์ต่างๆ โดยใช้ภาษาหรือวิธีการใหม่ที่ยังคงให้เรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นมีความหมายเช่นเดิม อาจทำจากง่ายไปยาก ยากไปง่าย จากข้อความยาวๆ ให้เป็นคำสั้นๆ เป็นต้น

2. การตีความ หมายถึง ความสามารถในการสื่อความหมายด้วยการอธิบายความหมายหรือสรุปเรื่องราวต่าง ๆ แล้วนำมาผสมผสาน เรียบเรียงใหม่ หรือนำมากล่าวอีกนัยหนึ่งภายใต้ขอบเขตเนื้อหาหรือเรื่องราวที่ตีความนั้น

3. การขยายความ หมายถึง ความสามารถในการขยายเนื้อหาหรือแนวคิดให้กว้างไกลกว่าขอบเขตของข้อมูลเดิมที่มีอยู่ รวมไปถึงความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนเหตุการณ์อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งต้องอาศัยความสามารถด้านการแปลความและการตีความมาประกอบกัน จึงสามารถขยายเรื่องราวหรือ เหตุการณ์นั้น ๆ ได้

3. การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และความเข้าใจในเรื่องราวใด ๆ ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วไปแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาใหม่ในการทำงานนั้นได้ ต้องสามารถจำความรู้ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะความรู้ในวิธีดำเนินการและความรู้รวบรวมยอดมาผสมผสานกับความเข้าใจด้านการแปลความ ตีความ และขยายตัวความรู้นั้นๆ ให้มาเกี่ยวข้องกับสิ่งที่จะแก้ปัญหานั้นได้ จึงจะสามารถแก้ปัญหาใหม่ได้

4. การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกเรื่องราว เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไรบ้าง โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งมาวิเคราะห์ จนทำให้สามารถมองเห็นถึงลำดับขั้น หรือความสัมพันธ์กันระหว่างส่วนประกอบย่อยๆ ได้อย่างชัดเจน พฤติกรรมด้านการวิเคราะห์แบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญหรือวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะความสำคัญหรือองค์ประกอบย่อยของเรื่องราวที่สำคัญ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาค้นหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่รวมกันอยู่ในเรื่องราวนั้นๆ ว่าเป็นองค์ประกอบย่อยอะไรหรือเกี่ยวกับอะไร

3. การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาหลักการ ยึดกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่ทำให้เรื่องราวหรือโครงสร้างของสิ่งต่างๆ สามารถรวมกันอยู่ได้

5. การสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมหรือประกอบส่วนย่อยของสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้กลายเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์หรือประสบการณ์หรือแนวคิดที่มีรูปแบบโครงสร้างใหม่ชัดเจน มีลักษณะแตกต่างไปจากส่วนประกอบย่อยๆ จากของเดิมที่รูปร่าง สมบัติ หน้าที่ ประโยชน์ เป็นต้น ส่วนย่อยๆ นั้นอาจจะเป็นข้อความหรือแผนงานพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์

6. การประเมินค่า หมายถึง ความสามารถในการตัดสินคุณค่าของเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ ว่ามีคุณค่า ดี เลว หรือ เหมาะสมหรือไม่อย่างไร โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดเองไว้เพื่อให้เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานในการเปรียบเทียบ พฤติกรรมด้านการประเมินค่าต้องอาศัยเกณฑ์ประกอบการตัดสิน ซึ่งมี 2 ลักษณะ

1. การประเมินค่าโดยเกณฑ์ภายใน หมายถึง การตัดสินคุณค่าหรือประเมินค่าของเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ภายในมาจากเนื้อหาหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่อง มาใช้เป็นเหตุผลหรือหลักในการตัดคุณค่าหรือลงข้อสรุป
2. การประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก หมายถึง การตัดสินคุณค่าหรือประเมินค่าของเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ภายนอกที่ไม่ได้ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องนั้นๆ แต่ในเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นมาใหม่มาใช้เป็นเหตุผลหรือหลักการในตัดสินคุณค่าหรือลงข้อสรุป

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนิวรรณ พลรักษ์ (2556 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์พื้นฐาน สำหรับผู้ที่สนใจในด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ (1) ศึกษาประเด็นของปัญหาในการเรียนรู้เรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ (2) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างชุดฝึกอบรมประกอบด้วย แผนการจัดฝึกอบรมระยะเวลา 2 วัน 12 ชั่วโมง คู่มือประกอบการฝึกอบรมประกอบด้วย ใบเนื้อหาและใบงาน ชุดทดลองหุ่นยนต์พื้นฐาน โปรแกรมนำเสนอและแบบทดสอบ (3) ทำการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน (4) นำไปใช้กับกลุ่มทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรม โดยใช้ นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2/2555 และผู้สนใจทั่วไป จำนวนทั้งหมด 20 คน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด และชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 78.16/75.00 ซึ่งพบว่าใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80 ซึ่งสามารถนำชุดฝึกอบรมนี้ไปใช้ในการฝึกอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ณศิริ เตชะเสน (2554 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและประสิทธิภาพของ วิดีทัศน์ ซีดี เพื่อการฝึกอบรมเรื่อง ความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนฝึกอบรมและหลังฝึกอบรมด้วย วิดีทัศน์ ซีดี เพื่อการฝึกอบรมเรื่อง ความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ พนักงานใหม่ทุกแผนกของบริษัท จีพีวี เอเชีย (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 30 คน ซึ่งยังไม่เคยผ่านการฝึกอบรมเรื่อง ความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรมมาก่อน เนื้อหาของวิดีโอทัศน์ ซีดี ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม เนื้อหาและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์โดยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบหลังการฝึกอบรม ดำเนินการทดลองโดยให้ผู้ฝึกอบรมทำแบบทดสอบก่อนการฝึกอบรม ศึกษาเนื้อหาของวิดีโอ ซีดี และทำแบบทดสอบท้ายการฝึกอบรมแต่ละหน่วย เมื่อศึกษาจบทุกหน่วยแล้วให้ทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม ผลการวิจัยสรุปว่า

1. วิดีทัศน์ ซีดี เพื่อการฝึกอบรมเรื่อง ความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.33 : 80.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80 : 80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ฝึกอบรมหลังฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เกษา อยู่แก้ว (2552 : บทคัดย่อ) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการติดตั้งและการโปรแกรมซุ่มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2551 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ที่กำลังศึกษาในวิชาโทรศัพท์ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเรื่อง การติดตั้งและการโปรแกรมซุ่มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ชุดฝึกปฏิบัติการติดตั้งและการโปรแกรมซุ่มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ แบบทดสอบภาคทฤษฎีและแบบประเมินรายการความสามารถปฏิบัติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเรื่อง การติดตั้งและการโปรแกรมซุ่มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ผลการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมชุดฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเรื่อง การติดตั้งและการโปรแกรมซุ่มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ จำนวน 19 คน (คิดเป็นร้อยละ 95) ผ่านการทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติด้วยคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 92.65 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 สามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าชุดฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเรื่อง การติดตั้งและการโปรแกรมซุ่มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการฝึกทักษะต่อไป

สุรศักดิ์ พรหมน้อย (2552 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาคุณภาพและประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องมือแพทย์ในห้องผู้ป่วยหนัก โดยมีสมมติฐานว่าชุดฝึกอบรมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดด้วยคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ พยาบาลที่ปฏิบัติงานในห้องผู้ป่วยหนัก โรงพยาบาลประจำสำนักงานประกันสังคม (กองประสานการแพทย์ฯ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน ปี 2549) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือ พยาบาลที่ปฏิบัติงานในห้องผู้ป่วยหนัก โรงพยาบาลชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จำนวน 15 คน สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Flash version 8.0 โดยบรรจุลงในแผ่น CD-ROM ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาภาคปฏิบัติการใช้งานเครื่องช่วยหายใจและเครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้าและ EKG มอนิเตอร์

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.27$ , S.D. = 0.77) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.36$ , S.D. = 0.58) ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องมือแพทย์ในห้องผู้ป่วยหนัก พบว่าผู้เข้าอบรมทั้งหมด จำนวน 15 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 100 สามารถผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนร้อยละ 90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นชุดฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องมือแพทย์ในห้องผู้ป่วยหนัก สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประมาณ ล้อมวงค์ (2551 : บทคัดย่อ) วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การใช้งานออสซิลโลสโคป ฟลูดรูน 9500 ปี สำหรับการสอบเทียบ ซึ่งเนื้อหาชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ประกอบด้วย 4 หน่วยการฝึกดังนี้ คือ หน่วยการฝึกที่ 1 โครงสร้างและหน้าที่ปุ่มปรับต่างๆ หน่วยการฝึกที่ 2 การเตรียมการติดตั้ง หน่วยการฝึกที่ 3 การตั้งค่าเมนูการใช้งานบนหน้าจอ และหน่วยการฝึกที่ 4 การสอบเทียบเครื่องตรวจวัดออสซิลโลสโคป ฟลูดรูน 9500 ปี กับเครื่องออสซิลโลสโคป เลอครอย รุ่นแอลซี 334

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย พนักงานช่างเทคนิคในฝ่ายประกันคุณภาพและประเมินผลิตภัณฑ์ บริษัท พูจิตส์ (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 20 คน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1) แบบทดสอบภาคทฤษฎี 2) แบบวัดรายการความสามารถภาคปฏิบัติ 3) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ 4) เครื่องฝึก 5) คู่มือการฝึก

ผลการทดลองพบว่า เมื่อผู้เข้ารับการฝึกได้ศึกษาชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่สร้างขึ้นแล้ว และทำแบบทดสอบภาคทฤษฎี จำนวน 24 ข้อ ผู้เข้ารับการฝึกสามารถผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 86.67 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 จากนั้นผู้เข้ารับการฝึกดังกล่าวจึงจะเข้ารับการประเมินด้วยแบบวัดความสามารถจากผู้ฝึก ผลการประเมินพบว่าผู้เข้ารับการฝึกที่ผ่านเกณฑ์การประเมินภาคปฏิบัติจำนวน 19 คน ได้รับคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 91.54 จากจำนวนผู้เข้ารับการฝึกทั้งหมด 20 คน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกสามารถผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการงานวิจัย

ในการดำเนินการงานวิจัย การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย และรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 ที่จัดขึ้นโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จำนวน 49 คน

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 ที่จัดขึ้นโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จำนวน 20 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเฉพาะหัวหน้าทีมที่เข้าร่วมในโครงการ

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถสำหรับชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2.1 การสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการสร้างชุดฝึกอบรมและการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.1.2 กำหนดหน่วยการฝึกอบรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

หน่วยที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์และการใช้งาน

หน่วยที่ 2 ความรู้เบื้องต้นในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแข่งขัน

หน่วยที่ 3 การขับเคลื่อนมอเตอร์และวงจรควบคุม

หน่วยที่ 4 การประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขัน

3.2.1.3 กำหนดกิจกรรมการฝึกอบรม โดยกำหนดหน่วยการฝึกอบรมที่ 1 - 3 เป็นส่วนบรรยายให้ความรู้โดยวิทยากรประกอบการใช้คู่มือการฝึกอบรมและสื่อนำเสนอที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ส่วนหน่วยที่ 4 จะเป็นขั้นตอนของการปฏิบัติการด้วยชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.1.4 สร้างชุดฝึกอบรมต้นแบบ ตามเนื้อหาของแต่ละหน่วยการฝึกอบรม ให้สอดคล้องกับกิจกรรมและวิธีการฝึกอบรม

3.2.1.5 นำชุดฝึกอบรมต้นแบบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา

3.2.1.6 ปรับปรุงชุดฝึกอบรมให้สมบูรณ์ ตามคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

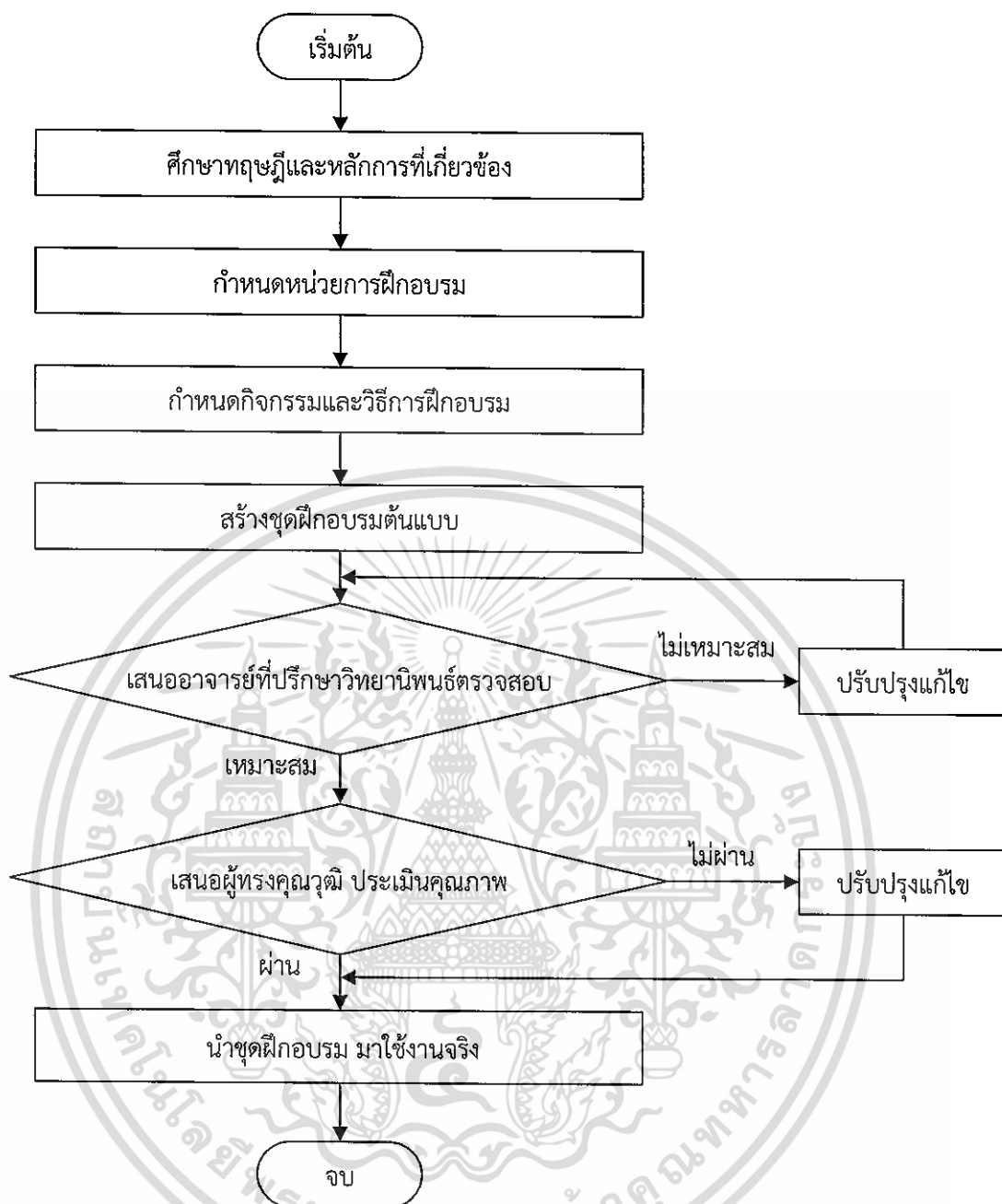
3.2.1.7 นำชุดฝึกอบรมที่สร้างเสร็จสมบูรณ์เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อประเมินคุณภาพ

3.2.1.8 วิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น จากผลประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.2.1.9 นำชุดฝึกอบรมมาใช้งานจริง กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

จากขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

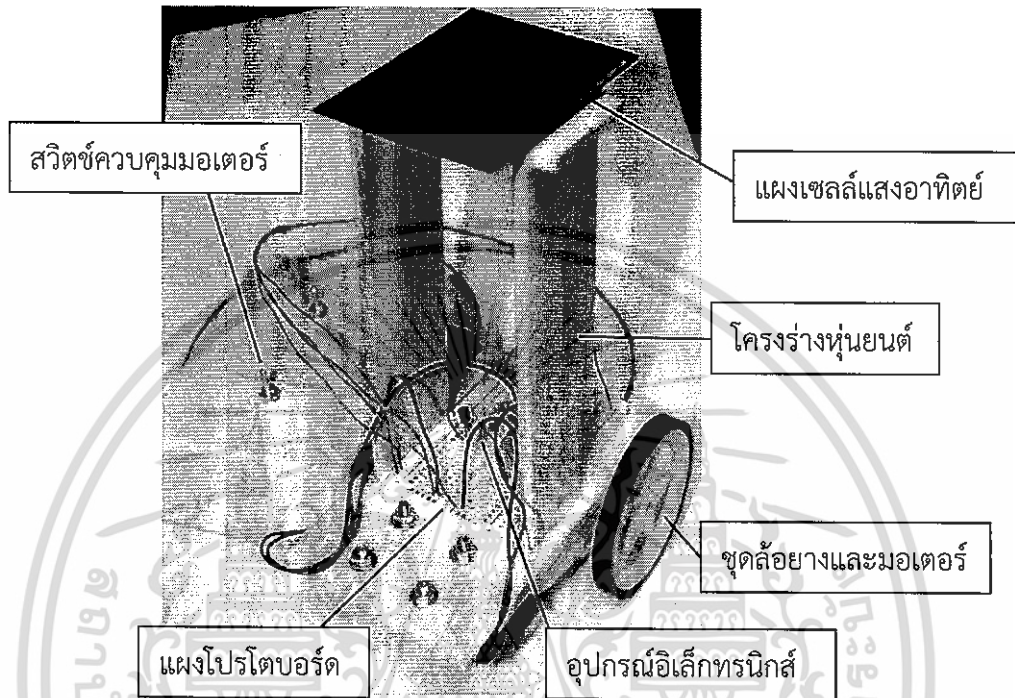


ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ในการออกแบบสร้างหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปด้วยแหล่งพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หุ่นยนต์ต้องสามารถขับเคลื่อนในพื้นที่ที่มีความร้อนจากแสงหรือแหล่งกำเนิดแสงตลอดเวลา ประกอบกับพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งอาจมีผลต่อการขับเคลื่อนมอเตอร์ ดังนั้นเมื่อน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์มีมากจะส่งผลให้โหลดขณะที่มอเตอร์ทำงานมีสูงขึ้น ต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนมอเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย เหตุนี้ในการสร้างหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนจากเซลล์แสงอาทิตย์ในครั้งนี้ จึงเลือกแผ่นไม้เป็นโครงร่างหลักของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสร้างได้ง่าย มีน้ำหนักเบาและทนต่อความร้อนจากแสงได้ดี โดยเมื่อนำมาประกอบกับอุปกรณ์หลักในการขับเคลื่อน ซึ่งมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมล้อยาง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ล้ออิสระสร้างความสมดุลในการเคลื่อนที่และแผงประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะได้เป็นหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ต้นแบบ ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ต้นแบบหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

3.2.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมเรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.2.2.2 ออกแบบโดยการกำหนดวัตถุประสงค์และหัวข้อแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

4 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดี

3 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

1 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จัดระดับค่าเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง ดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง ดี

2.50-3.49 หมายถึง ปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง พอใช้

1.00-1.49 หมายถึง ควรปรับปรุง

3.2.2.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2.2.4 นำแบบประเมินคุณภาพที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา

3.2.2.5 ปรับปรุงแบบประเมินคุณภาพที่สร้างขึ้น ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.2.2.6 นำแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิใช้ประเมินคุณภาพ จำนวน 6 ท่าน ดังนี้  
ด้านเนื้อหา

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. ผศ.สมนึก ธัญญาวินิชกุล    | ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายสำนักงานอธิการบดี<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม                        |
| 2. อาจารย์วิชัย จิตต์ประสงค์ | ประธานหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์<br>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม |
| 3. นายธวัช จันทรสุวรรณ       | ผู้จัดการ ร้านอโต้โทรนิคเซอร์วิส ดีเวลลอปเม้นท์<br>เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร               |

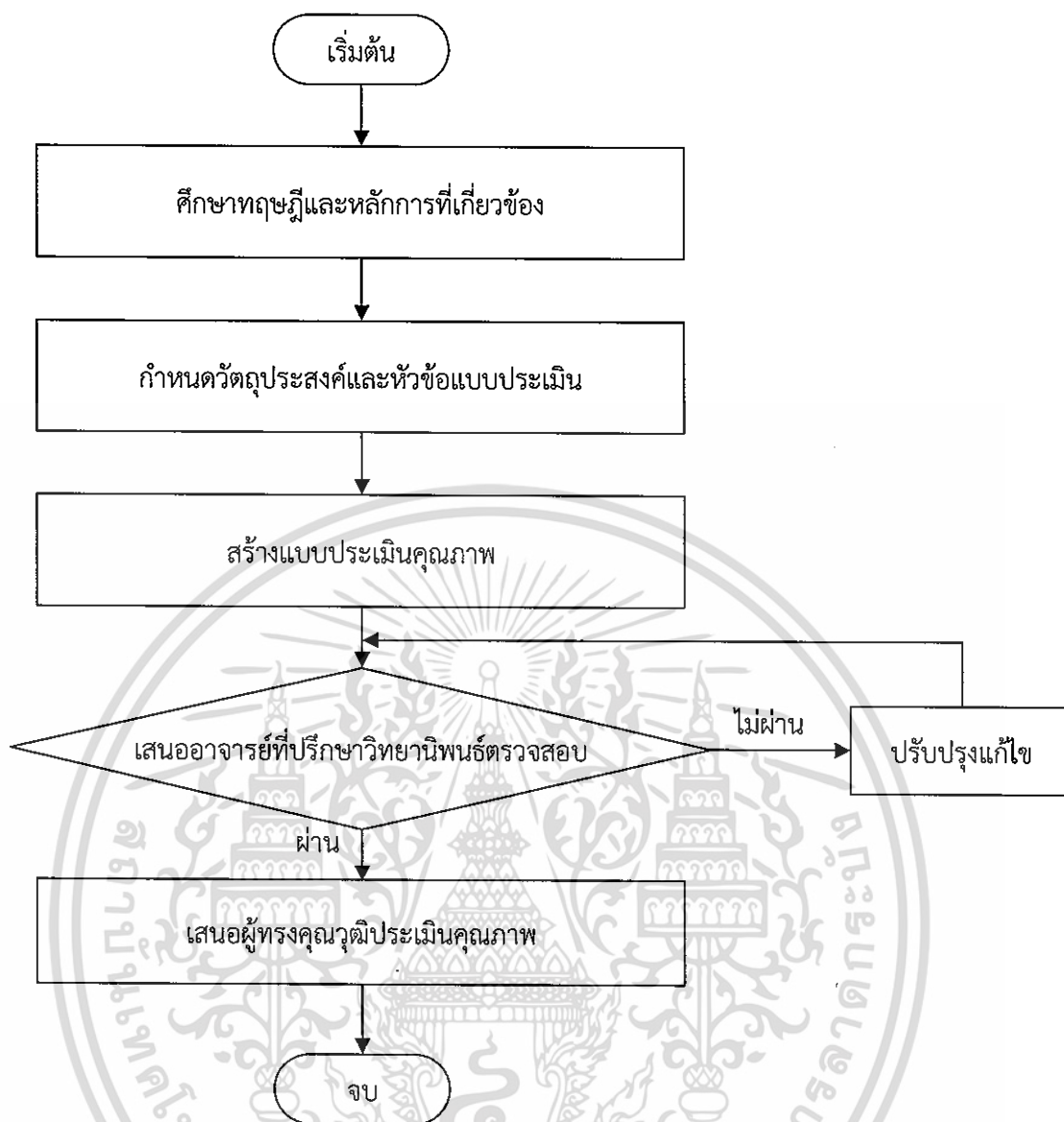
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. ดร.ภาณุวัฒน์ ชิมะลาวงศ์       | ประธานหลักสูตรสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม               |
| 2. อาจารย์สัมพันธ์ แผล่งป่าหมื่น | รองผู้อำนวยการ สำนักส่งเสริมวิชาการและ<br>งานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม          |
| 3. อาจารย์อภิชาติ หาจตุรัส       | อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์<br>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม |

จากขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปได้ดังภาพที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2.3 การสร้างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ สำหรับชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถสำหรับชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.2.3.2 วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ครอบคลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 สร้างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ ให้สอดคล้องกับเนื้อหา โดยยึดตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สร้างเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อและ สร้างแบบประเมินการรายการความสามารถ จำนวน 20 รายการ โดยจัดระดับความสามารถ ดังนี้

ระดับ 3 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ต้องขอคำแนะนำจากผู้ฝึกอบรม

ระดับ 2 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยต้องขอคำแนะนำจากผู้ฝึกอบรม

ระดับ 1 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง แต่ต้องได้รับคำแนะนำจากผู้ฝึกอบรมอย่างใกล้ชิด

ระดับ 0 ไม่สามารถปฏิบัติงานได้

3.2.3.4 นำแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อ ตรวจสอบหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีรายนามดังต่อไปนี้

1. ผศ.สมนึก ธัญญาวินิชกุล ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายสำนักงานอธิการบดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

2. อาจารย์วิชัย จิตต์ประสงค์ ประธานหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

3. นายธวัช จันทร์สุวรรณ ผู้จัดการ ร้านอโต้โทรนิคเซอร์วิส ดีเวลลอปเม้นท์

เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร

การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์ในการกำหนดความคิดเห็น ดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

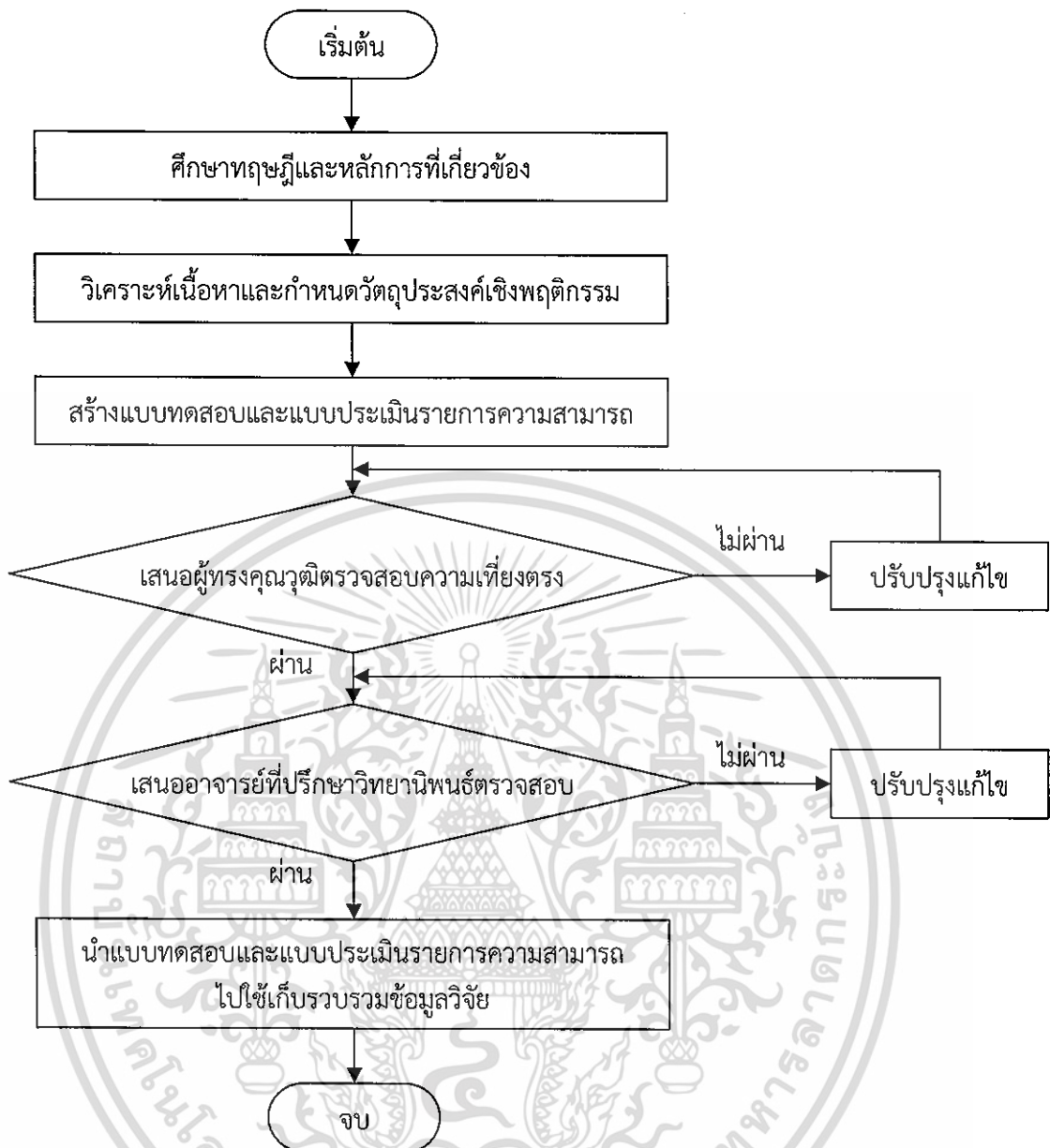
นำผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ มาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.2.3.5 นำแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ ข้อที่มีดัชนีความสอดคล้อง เฉลี่ยต่ำกว่า 0.5 มาปรับปรุงแก้ไข

3.2.3.6 นำแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ เสนออาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขให้ได้แบบทดสอบที่สมบูรณ์

3.2.3.7 นำแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถที่สมบูรณ์ไป ใช้เก็บรวบรวม ข้อมูลการวิจัย

จากขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถสำหรับชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3.1.1 ติดต่อขอรับหนังสือการขออนุญาตและการขอความอนุเคราะห์ ในการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 ท่าน จากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.1.2 นำชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินคุณภาพ

3.3.1.3 นำผลการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ มาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่สร้างขึ้น

### 3.3.2 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2.1 ติดต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือการขออนุญาตและการขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในกิจกรรมค่ายอบรมเทคนิควิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 โดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

3.3.2.2 นำหนังสือการขออนุญาตและการขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นำเสนอคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2.3 มอบชุดฝึกอบรมให้กับวิทยากรผู้ทำการฝึกอบรม ในกิจกรรมค่ายอบรมเทคนิควิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน ในวันที่ 14 กรกฎาคม 2556 ณ ห้องประชุมจันทร์จรัส ชั้น 3 อาคารสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

3.3.2.4 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเฉพาะหัวหน้าทีมแต่ละทีม ที่เข้าร่วมกิจกรรมค่ายอบรมเทคนิควิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน จำนวน 20 คน พร้อมแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบก่อนการเก็บข้อมูล

3.3.2.5 ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้กลุ่มตัวอย่างฟังการบรรยายประกอบสื่อนำเสนอ พร้อมเอกสารประกอบการฝึกอบรม จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจากแบบทดสอบภาคทฤษฎีจำนวน 25 ข้อ และแบบประเมินรายการความสามารถ 20 รายการ ในขณะที่ฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีผู้ช่วยวิทยากรทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้รับการฝึกอบรมตามรายการความสามารถและบันทึกผล

3.3.2.6 นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบและผลการประเมินรายการความสามารถ มาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาทำการวิเคราะห์ผลค่าทางสถิติของแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแปลความหมาย (John W.Best.1977) ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพดี

2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพพอใช้

1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์กำหนดของคุณภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือต้องได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไป

#### 3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามแบบการทดลองขั้นต้น กลุ่มเดียวมีการวัดเฉพาะหลังให้สิ่งทดลอง (พรณี สิกิวิวัฒน์. 2553 : 286) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบภาคทฤษฎีจำนวน 25 ข้อ คะแนนเต็ม 25 คะแนน และให้ผู้ฝึกอบรมประเมินความสามารถจากการประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 20 รายการ คะแนนเต็ม 60 คะแนน และนำผลคะแนนรวมที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ โดยเกณฑ์กำหนดของประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายคือเมื่อทำการทดสอบแล้ว ร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยมีสถิติที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.1 การหาดัชนีความสอดคล้อง (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์, 2526 : 89-91)

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

เมื่อ	IOC	หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
	$\sum R$	หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
	N	หมายถึง จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

### 3.5.2 การหาค่าร้อยละ (รวีวรรณ ชินะตระกูล, 2542 : 163)

$$P = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3.2)$$

เมื่อ	P	หมายถึง ร้อยละ
	f	หมายถึง ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นค่าร้อยละ
	N	หมายถึง จำนวนคะแนนทั้งหมด

### 3.5.3 การหาค่าเฉลี่ย (รวีวรรณ ชินะตระกูล, 2542 : 163)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.3)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
	$\sum X$	หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	หมายถึง จำนวนข้อมูล

### 3.5.4 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวีวรรณ ชินะตระกูล, 2542 : 179)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	S.D.	หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	หมายถึง คะแนนของแต่ละข้อมูล
	$\bar{X}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
	$\Sigma$	หมายถึง ผลรวม
	n	หมายถึง จำนวนข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้เข้าฝึกอบรมในครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 ซึ่งจัดการแข่งขันโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จำนวน 20 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### 4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เสนอผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเนื้อหา 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ 3 ท่าน ผลการประเมินสรุปได้ดังตารางที่ 4.1-4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับหัวข้อการฝึกอบรม	4.67	0.58	ดีมาก
2. เนื้อหามีความเหมาะสมกับหัวข้อการฝึกอบรม	4.00	0.00	ดี
3. เนื้อหาครอบคลุมสำหรับการปฏิบัติการ	4.33	1.10	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
5. ลำดับและวิธีการนำเสนอมีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
6. ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
7. รูปภาพที่ใช้มีความชัดเจนและเหมาะสม	4.33	1.10	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
8. คำอธิบายรูปภาพละเอียดชัดเจน	4.33	1.10	ดี
9. การกระตุ้นให้ผู้รับการฝึกอบรมมีความคิดสร้างสรรค์	4.33	0.58	ดี
10. ลักษณะหัวใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม	4.00	0.00	ดี
11. คำชี้แจงลำดับขั้นการปฏิบัติการมีความชัดเจน	4.33	0.58	ดี
12. แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.33	0.58	ดี
13. แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถมีความครอบคลุมตามเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
14. คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน	4.00	0.00	ดี
15. ผู้รับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง	4.33	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.31	0.58	ดี

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน คุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 คือ วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับหัวข้อการฝึกอบรมรวมทั้งลำดับและวิธีการนำเสนอมีความเหมาะสม รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 คือ ความถูกต้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม การกระตุ้นให้ผู้รับการฝึกอบรมมีความคิดสร้างสรรค์ คำชี้แจงลำดับขั้นการปฏิบัติการมีความชัดเจน แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความครอบคลุมตามเนื้อหา รวมทั้งผู้รับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง

รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 คือ เนื้อหามีความเหมาะสมกับหัวข้อการฝึกอบรม ลักษณะหัวใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรมรวมทั้งคำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
สื่อนำเสนอและมัลติมีเดีย			
1. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของภาพในด้านสื่อความหมาย	4.33	0.58	ดี
4. ความสอดคล้องของรูปภาพและเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
5. เทคนิคการนำเสนอเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
6. การใช้สีเส้นเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
7. ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้	4.33	0.58	ดี
8. ลักษณะตั้งใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม	4.67	0.58	ดีมาก
ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์			
9. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
10. รูปร่างและขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
11. อุปกรณ์ประกอบชุดฝึกครบถ้วนสมบูรณ์	5.00	0.00	ดีมาก
12. ชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในเอกสารประกอบการฝึกอบรม	5.00	0.00	ดีมาก
13. ชุดฝึกมีความเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม	4.67	0.58	ดีมาก
14. ชุดฝึกมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการ	4.33	0.58	ดี
15. ชุดฝึกมีความสะดวกในการปฏิบัติการ	4.00	1.00	ดี
16. การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
17. ชุดฝึกเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต	4.33	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.55	0.43	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน คุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า รายการประเมินสื่อนำเสนอและมัลติมีเดียที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 0.00 คือการใช้สีสันทันเหมาะสม รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 คือความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร ความเหมาะสมของสีตัวอักษร เทคนิคการนำเสนอเนื้อหา รวมทั้งลักษณะจูงใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม ส่วนรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 คือความสอดคล้องของรูปภาพและเนื้อหา

รายการประเมินชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 คือรูปร่างและขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม อุปกรณ์ประกอบชุดฝึกครบถ้วนสมบูรณ์รวมทั้งชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในเอกสารประกอบการฝึกอบรม รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 คือชุดฝึกมีความเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม ส่วนรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.00 คือชุดฝึกมีความสะดวกในการปฏิบัติการ

#### 4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตามที่ได้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ทดลองใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 20 คน โดยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมศึกษาจากการบรรยายประกอบสื่อนำเสนอและภาพเคลื่อนไหว จากนั้นทำการทดสอบภาคทฤษฎีจำนวน 25 ข้อ และประเมินรายการความสามารถจำนวน 20 รายการจากการประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 และมีรายละเอียดผลคะแนนดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เกณฑ์ 80%	จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
ผ่าน	18	90
ไม่ผ่าน	2	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทดสอบ

คนที่	คะแนนภาคทฤษฎี (รวม 25 คะแนน)	คะแนนภาคปฏิบัติ (รวม 60 คะแนน)	คะแนนทั้งหมด (รวม 85 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	เกณฑ์ 80%
1	22	59	81	95.29	ผ่าน
2	23	59	82	96.47	ผ่าน
3	23	60	83	97.64	ผ่าน
4	23	56	79	92.94	ผ่าน
5	24	60	84	98.82	ผ่าน
6	20	55	75	88.23	ผ่าน
7	21	55	76	89.41	ผ่าน
8	21	60	81	95.23	ผ่าน
9	20	60	80	94.12	ผ่าน
10	18	49	67	78.82	ไม่ผ่าน
11	18	48	66	77.65	ไม่ผ่าน
12	23	60	83	97.65	ผ่าน
13	22	53	75	88.23	ผ่าน
14	22	55	77	90.59	ผ่าน
15	23	58	81	95.29	ผ่าน
16	24	57	81	95.29	ผ่าน
17	19	58	77	90.59	ผ่าน
18	23	55	78	91.76	ผ่าน
19	22	55	77	90.59	ผ่าน
20	20	58	78	91.76	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย			78.05	91.82	ผ่าน

ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการทดสอบของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 20 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมดจากการทดสอบภาคทฤษฎีและแบบประเมินรายการความสามารถ คิดเป็นร้อยละ 91.82 โดยมีผู้เข้ารับการฝึกอบรมผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปเป็นหัวข้อดังนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 อภิปรายผลการวิจัย
- 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีสมมติฐานของการวิจัยเบื้องต้นว่าชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่สร้างขึ้น มีคุณภาพในระดับดีขึ้นไปและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดยร้อยละ 80 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเข้าร่วมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 เลือกเฉพาะหัวหน้าทีมที่เข้าร่วมในโครงการแข่งขัน จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) ชุดฝึกอบรมเรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย ชุดฝึกการประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เอกสารประกอบการฝึกอบรม สื่อนำเสนอและภาพเคลื่อนไหว 2) แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ 3) แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถ

การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านคุณภาพของชุดฝึกอบรม โดยมอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 ท่าน ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมตามแบบการทดลองขั้นต้น กลุ่มเดียววัดผลหลังการทดลอง กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2556 ณ ห้องประชุมจันทร์ประภัสส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ในกิจกรรมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โดยมอบชุดฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นให้คณะวิทยากรใช้เพื่อฝึกอบรมกลุ่มตัวอย่างในกิจกรรมดังกล่าว และเก็บข้อมูลจากแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการอบรมภาคทฤษฎี จากนั้นให้ผู้ช่วยวิทยากรบันทึกคะแนนรายการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถของผู้เข้าฝึกอบรมในระหว่างขั้นตอนปฏิบัติการฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการทางสถิติ อันประกอบด้วย การหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. คุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 4.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยคือ คุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป

2. คุณภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 4.55 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยคือ คุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป

3. ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยทดลองใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 20 คน เป็นร้อยละ 90 ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าคุณภาพด้านเนื้อหาจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 เมื่อพิจารณาระดับคุณภาพโดยเฉลี่ยทั้งสองด้านอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับหัวข้อการฝึกอบรม ลำดับวิธีการนำเสนออย่างเหมาะสมและการใช้สื่อสนับสนุนนำเสนอและมัลติมีเดียอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณศิริ เตชะเสน (2554 : 294) ซึ่งพบว่าวีดิทัศน์ ซีดี เพื่อการฝึกอบรม เรื่องความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม มีคุณภาพโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 เนื่องจากเนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีการจัดแบ่งเนื้อหาในการนำเสนอดีและรูปแบบการนำเสนอต่อความเข้าใจ ทำให้ผู้เข้าฝึกอบรมเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

ผลจากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 20 คน ด้วยชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบทดสอบและผลการประเมินรายการความสามารถ มาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติเพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น พบว่าหลังจากกลุ่มตัวอย่างผ่านการฝึกอบรมแล้วมีผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบและได้ผลการประเมินรายการความสามารถผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 80 ขึ้นไป จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ในสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีรายละเอียดเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน มีสื่อนำเสนอที่แนะนำขั้นตอนการปฏิบัติไว้อย่างละเอียด และใช้สื่อมัลติมีเดียเคลื่อนไหวในการสาธิตการสร้างสิ่งประดิษฐ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของอนิวรรณ พลรักษ์ (2556 : 54) ซึ่งพบว่าผู้รับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อโปรแกรมนำเสนอด้วยเพาเวอร์พอยต์ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.71) จากความพึงพอใจทั้งหมด 4 ด้านของชุดฝึกอบรมเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์เบื้องต้น แสดงว่าการใช้ภาพสื่อความหมายซึ่งมีทั้งภาพเคลื่อนไหวและภาพสาธิต สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ฝึกอบรมและเสริมสร้างความเข้าใจได้เป็นอย่างดี หลังจากเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ผู้รับการฝึกอบรมสามารถกลับไปประดิษฐ์หุ่นยนต์เพื่อเข้าร่วมแข่งขันในโครงการได้เป็นอย่างดี สามารถขับเคลื่อนไปปฏิบัติภารกิจในการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การแข่งขันมีความสนุกสนาน และได้รับความสนใจจากผู้ชมอย่างมาก เนื่องจากในการพัฒนาชุดฝึกอบรมตามแนวคิดในคู่มือพัฒนาชุดฝึกซีบีเอสที ซึ่งเป็นการออกแบบให้ผู้รับการฝึกอบรมได้เรียนรู้ จากแสดงตัวอย่างของวิทยากรและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผลตอบสนองจากการปฏิบัติทำให้ผู้รับการฝึกอบรมได้ทบทวนนำไปปรับปรุง จนสามารถผ่านการทดสอบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกษา อยู่แก้ว (2552 : 100) เรื่องการสร้างชุดฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเรื่อง การติดตั้งและการโปรแกรมขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยอาศัยแนวความคิดจากขั้นตอนการออกแบบตามคู่มือพัฒนาชุดฝึกซีบีเอสที พบว่าชุดฝึกทักษะดังกล่าวมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยร้อยละ 95 ของนักเรียนที่เข้ารับการฝึกอบรมสามารถผ่านเกณฑ์การทดสอบร้อยละ 80 ขึ้นไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประมาณ ล้อมวงค์ (2551 : 64) เรื่องการพัฒนาชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์เรื่อง การใช้งานเครื่องออสซิลโลสโคป ฟลัค รุ่น 9500 ปี สำหรับการสอบเทียบ ผลการวิจัย พบว่า พนักงานช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการใช้เครื่องออสซิลโลสโคปของ บริษัท พูจิตสี ประเทศไทย จำกัด จำนวน 20 คน ร้อยละ 95 สามารถการใช้งานเครื่องออสซิลโลสโคป ฟลัค รุ่น 9500 ปี สำหรับการสอบเทียบได้ หลังจากผ่านการฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่สร้างขึ้นและสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ พรหมน้อย (2552 : 79) เรื่องชุดฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องมือแพทย์ในห้องผู้ป่วยหนัก ผลการวิจัยพบว่า พยาบาลที่ปฏิบัติงานในห้องผู้ป่วยหนัก โรงพยาบาลชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จำนวน 15 คน ร้อยละ 100 สามารถผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนร้อยละ 90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สามารถนำชุดฝึกอบรมดังกล่าวไปใช้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อสังเกตจากการแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ครั้งที่ 2 ประจำปี 2556 ผลการแข่งขันปรากฏว่าทีมที่ได้รับรางวัลชนะเลิศ ประกอบด้วยนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่อยู่ในกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่อาจจะสรุปได้ว่าผู้รับการฝึกอบรมที่ผ่านเกณฑ์การประเมินจากการวิจัยด้วยคะแนนสูงสุด จะสามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในทางกลับกันผู้รับการฝึกอบรมที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน อาจกลับไปทบทวนทักษะ แก่ไขจากข้อบกพร่องของตนเองที่พบในระหว่างการฝึกอบรม ทำให้สร้างสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จในการแข่งขันได้ สอดคล้องกับแนวคิดในคู่มือพัฒนาชุดฝึกซีบีเอสที่ อันประกอบไปด้วยขั้นตอน เรียนรู้ -> แสดง -> ปฏิบัติ -> ทบทวน -> ผ่าน

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ใช้ในการอบรมให้ความรู้แก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในกิจกรรมค่ายอบรมเทคนิคและวิธีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน โครงการประกวดแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์ ระดับมัธยมศึกษา ที่จัดขึ้นโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
2. ใช้เพื่อการอบรมสร้างหุ่นยนต์หรือสิ่งประดิษฐ์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีความสนใจ
3. ใช้เผยแพร่เป็นสื่อออนไลน์เพื่อให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาหรือผู้ที่สนใจได้เข้ามาศึกษาด้วยตนเองได้

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในครั้งต่อไป สรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. ออกแบบชุดฝึกให้มีความสะดวกในการปฏิบัติการมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของการประกอบวงจรไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ควรออกแบบให้เป็นชุดวงจรสำเร็จรูป เพื่ออำนวยความสะดวกหรือออกแบบแยกส่วนชุดฝึกเป็นชุดคิทที่สามารถเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าได้โดยง่าย
2. เพิ่มชุดการเรียนรู้ในการควบคุมหุ่นยนต์แบบไร้สาย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มองค์ความรู้ต่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้มากขึ้น
3. เพิ่มระบบควบคุมอัตโนมัติหรือไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้การโปรแกรมควบคุมการทำงานของสิ่งประดิษฐ์แบบอัตโนมัติ
4. การขับเคลื่อนสิ่งประดิษฐ์ในการวิจัยครั้งนี้ มีข้อจำกัดคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถให้พลังงานไฟฟ้าได้เต็มประสิทธิภาพ สำหรับการใช้งานภายนอกอาคารในสภาวะที่มีแสงแดดจัด และการใช้งานภายในอาคารที่มีแสงจากหลอดไฟฮาโลเจนขนาด 100 วัตต์ขึ้นไปในระยะไม่เกิน 1 เมตร เท่านั้น จึงควรออกแบบการขับเคลื่อนสิ่งประดิษฐ์จากเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถทำงานได้ดีในสภาพแสงแบบอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. 2543. คู่มือการพัฒนาชุดฝึก CBST. กรุงเทพฯ : สำนักที่ปรึกษาโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการพัฒนาฝีมือแรงงาน.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2555. การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์. [Online]. Available : <http://www.dede.go.th/dede/>
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555. “โครงการ สปีดโซลาร์เซลล์..ขับเคลื่อนความเร็วด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”. เอกสารอัดสำเนา.
- เกชา อยู่แก้ว. 2552. “ชุดฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเรื่อง การติดตั้งและการโปรแกรมขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ.” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จงกลนี ชุตินาเทวินทร์. 2544. การอบรมเชิงพัฒนา. กรุงเทพฯ : พี.เอส. ลิฟวิ่ง.
- ชม ภูมิภาค. 2524. เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ประสานมิตร.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2521. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาญ สวัสดิ์สาลี. 2547. คู่มือนักฝึกอบรมมืออาชีพ : การจัดทำแผนการฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สวัสดิการสำนักงาน ก.พ.
- ชูชัย สมितिไกร. 2544. การฝึกอบรมบุคลากรในองค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณรงค์ โพธิ์ฤกษ์นันท์. 2551. ระเบียบวิธีวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : เอ็กซ์เปอร์เน็ท.
- ณศิริ เตชะเสน. 2554. “วิถีทัศน์ ซีดี เพื่อการฝึกอบรม เรื่องความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม.” วารสารคุรุศาสตร์อุตสาหกรรม. 10(2) : 290-296.
- เดชฤทธิ์ มณีธรรม. 2552. คัมภีร์หุ่นยนต์(ROBOT). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : บริษัท เพชรเกษมพรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- ทองคำ เกตุโชติ. 2546. “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบวงจรดิจิทัลด้วยภาษา VHDL ขั้นพื้นฐาน.” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2549. เรียนรู้การสร้างหุ่นยนต์ Step by Step. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ตเลิร์นนิ่ง.
- ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2550. 35 in 1 Robot Learning By Doing. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ตเลิร์นนิ่ง.
- ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง. 2551. สร้างหุ่นยนต์จากวัสดุเหลือใช้. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ตเลิร์นนิ่ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นิรันดร์ จุลทรัพย์. 2547. จิตวิทยาการประชุม อบรม สัมมนา. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- บรรจบ สุขประภาภรณ์. 2553. พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์. [Online]. Available : [http://www.ind.cru.in.th/article\\_all.asp](http://www.ind.cru.in.th/article_all.asp)
- บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2526. การทดสอบแบบเชิงเกณฑ์ : แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ประมาณ ล้อมวงศ์. 2551. “การพัฒนาชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์เรื่อง การใช้งานเครื่อง ออสซิลโลสโคป พลุค รุ่น 9500 ปี สำหรับการสอบเทียบ.” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรณี สิกิจวัฒน์. 2553. วิธีการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรเทพ บุญประเสริฐ. 2550. “การศึกษาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมสำหรับการตรวจสอบตำนิผ้า.” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พัฒนา สุขประเสริฐ. 2541. กลยุทธ์ในการฝึกอบรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธิกุล. 2529. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เพ็ญจันทร์ สังข์แก้ว. 2544. การบริหารการฝึกอบรม. กรุงเทพฯ : ริมบิงการพิมพ์.
- ภัทธา นิคมานนท์. 2535. การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : อักษราพิพัฒน์.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. 2556. รายงานผลการดำเนินงานโครงการประกวดแข่งขัน สิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์. สาขาวิชาเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- แม็คคอมป์, กอร์ดอน. 2547. “เส้นทางสู่นักประดิษฐ์หุ่นยนต์”. แปลโดย วาที ปรียพงศ์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- ยงยุทธ เกษสาคร และสุภาพร พิศาลบุตร. 2546. การพัฒนาบุคคลและการฝึกอบรม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : วี. เจ. พรินต์ติ้ง.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. การทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ที.พี.พรินท์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัชรพงษ์ ไชยเจริญ. 2550. “การพัฒนาหลักสูตรและชุดฝึกอบรมช่างติดตั้งสายใยแก้วนำแสง ระดับพื้นฐานงานออกแบบระบบไฟฟ้าสื่อสาร.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สมคิด บางโม. 2544. เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์.
- สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. 2539. “เซลล์แสงอาทิตย์.” สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. เล่ม 20. 145 - 163.
- สุทธิศักดิ์ โภคาพานิช. 2553. “การพัฒนานบนเรียนบนเว็บเพื่อการฝึกอบรม เรื่อง การประเมินผลและติดตามผลการฝึกอบรม สำหรับบุคลากรสำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์.” ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- สุรศักดิ์ พรหมน้อย. 2552. “ชุดฝึกอบรมเรื่อง การใช้เครื่องมือแพทย์ในห้องผู้ป่วยหนัก.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- โสภิตา สุวรรณะ. 2547. “การพัฒนาชุดฝึกอบรมด้วยตนเอง เรื่อง การปฏิบัติงานการเงินและบัญชี.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เสาวนีย์ ลีขาบัณฑิต. 2528. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อนิวรรณ พลรักษ์. 2556. “การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์พื้นฐาน.” หน้า 50-57. การประชุมหาดีใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4. สงขลา : สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- Best, J.W. 1977. Research in education. New Delhi : Prentice-Hall.
- Bloom, et al. 1956. Taxonomy of Educational Objectives. New York : David Mckay Company.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2556 ให้ดำเนินการดังนี้

นายสมชาย ทองคำ รหัสประจำตัว 53631603 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development of Solar Robot Training Set for Upper Secondary Education)” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. 2556

(รองศาสตราจารย์ ธีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)  
คณบดี



ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/ 2681

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๗ กรกฎาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.สมนึก ฉัญญาวินิชกุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัยนี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายสมชายทองคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๙-๘๒๙-๗๔๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/ 2681



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๗ กรกฎาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์วิชัย จิตต์ประสงค์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัยนี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสมชายทองคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

  
(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๕-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๕-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๙-๘๒๕-๗๔๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

กรกฎาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน นายธวัช จันทร์สุวรรณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัยนี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้นักวิจัยของ นายสมชายทองคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๙-๘๒๙-๗๔๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/ 2681



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๗ กรกฎาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ภาณุวัฒน์ ชิมะลาวงศ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัยนี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสมชาย ทองคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๙-๘๒๙-๗๔๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศร ๐๕๒๔๐๔/ 2681



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๗ กรกฎาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สัมพันธ์ แห่งป่าหมื่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัยนี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสมชาย ทองคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๙-๘๒๙-๗๔๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/2681



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๗ กรกฎาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์อภิชาติ หาจัตร์ส

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินชุดฝึกอบรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัยนี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสมชาย ทองคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

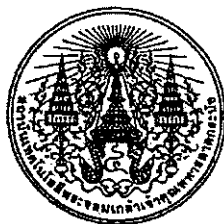
ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร. ๐๘๙-๘๒๙-๙๔๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ **2808**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

๒๗ กรกฎาคม 2556

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน คณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ  
2. ชุดฝึกอบรม

ด้วย นายสมชาย ทองคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2556 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายสมชาย ทองคำ ทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ชุดฝึกอบรมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เข้าร่วมโครงการแข่งขันสิ่งประดิษฐ์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานทางเลือกจากแสงอาทิตย์จัดโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร: 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร: 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร.089-829-7449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา
- ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
- ผลประเมินการทำแบบทดสอบของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
- ผลประเมินระดับรายการความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
- ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินรายการความสามารถกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนรวม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3				
1. วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับหัวข้อการฝึกอบรม	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
2. เนื้อหามีความเหมาะสมกับหัวข้อการฝึกอบรม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
3. เนื้อหาครอบคลุมสำหรับการปฏิบัติการ	5	5	3	13	4.33	1.10	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
5. ลำดับและวิธีการนำเสนอมีความเหมาะสม	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
6. ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
7. รูปภาพที่ใช้มีความชัดเจนและเหมาะสม	5	5	3	13	4.33	1.10	ดี
8. คำอธิบายรูปภาพละเอียดชัดเจน	5	5	3	13	4.33	1.10	ดี
9. การกระตุ้นให้ผู้รับการฝึกอบรมมีความคิดสร้างสรรค์	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
10. ลักษณะจุดใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
11. คำชี้แจงลำดับขั้นการปฏิบัติการมีความชัดเจน	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนรวม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3				
12. แบบทดสอบและแบบประเมินรายการ ความสามารถมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
13. แบบทดสอบและแบบประเมินรายการ ความสามารถ มีความครอบคลุมเนื้อหา	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
14. คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
15. ผู้รับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ได้จริง	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม					4.31	0.58	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนรวม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3				
สื่อนำเสนอและมัลติมีเดีย							
1. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของภาพในด้านสื่อความหมาย	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
4. ความสอดคล้องของรูปภาพและเนื้อหา	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
5. เทคนิคการนำเสนอเนื้อหา	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
6. การใช้สีสีนเหมาะสม	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
7. ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
8. ลักษณะจูงใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์							
9. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
10. รูปร่างและขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
11. มีอุปกรณ์ประกอบชุดฝึกครบถ้วนสมบูรณ์	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
12. ชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในเอกสารประกอบการฝึกอบรม	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนรวม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3				
13. ชุดฝึกมีความเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
14. ชุดฝึกมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการ	5	4	4	13	4.33	0.58	ดี
15. ชุดฝึกมีความสะดวกในการปฏิบัติการ	4	5	3	12	4.00	1.00	ดี
16. การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในชุดฝึกมีความเหมาะสม	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
17. ชุดฝึกเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม					4.55	0.43	ดีมาก

ตารางที่ ข.3 แสดงผลประเมินการทำแบบทดสอบของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

แบบทดสอบข้อที่	ผลประเมินการทำแบบทดสอบของผู้รับการฝึกอบรม คนที่ 1 - คนที่ 20																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
8	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลประเมินการทำแบบทดสอบของผู้รับการฝึกอบรม คนที่ 1 - คนที่ 20																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
24	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
25	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
คะแนนรวม	22	23	23	23	24	20	21	21	20	18	23	22	22	22	23	24	19	23	22	20

## ตารางที่ ข.4 แสดงผลประเมินระดับรายการความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ลำดับรายการความสามารถ	ผลประเมินระดับรายการความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรม คนที่ 1 - คนที่ 20																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3
7	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	3
8	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3
13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14	3	2	3	2	3	1	2	3	3	1	1	3	2	2	2	2	2	1	2	2
15	2	3	3	2	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3

## ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ลำดับรายการความสามารถ	ผลประเมินระดับรายการความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรม คนที่ 1 - คนที่ 20																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
19	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
คะแนนรวม	59	59	60	56	60	55	55	60	60	49	48	60	53	55	58	57	58	55	55	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ระดับความสอดคล้องจากผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	0	1	1	2	0.67	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	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	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	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
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินรายการความสามารถกับวัตถุประสงค์  
เชิงพฤติกรรม

รายการที่	ระดับความสอดคล้องจาก ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ระดับความสอดคล้อง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
กิจกรรมที่ 1 การประกอบโครงสร้างหุ่นยนต์						
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
กิจกรรมที่ 2 ทดลองการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์						
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	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
กิจกรรมที่ 3 ทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับตัวเก็บประจุ						
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
กิจกรรมที่ 4 ทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์						
12	1	1	1	3	1.00	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
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การพิจารณาระดับความมีคุณภาพ (ด้านเนื้อหา)

### ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีจำนวนทั้งหมด 15 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)
2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับเนื้อหาของเอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในแต่ละรายการว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ใด แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาระดับความคิดเห็น แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายความว่า มีคุณภาพดีมาก

ระดับ 4 หมายความว่า มีคุณภาพดี

ระดับ 3 หมายความว่า มีคุณภาพปานกลาง

ระดับ 2 หมายความว่า มีคุณภาพพอใช้

ระดับ 1 หมายความว่า มีคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)

### ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### คำชี้แจง

ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้มีคุณภาพเกี่ยวกับเนื้อหาของเอกสารประกอบการฝึกอบรมอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็น ตามความคิดเห็นของท่าน

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
		5	4	3	2	1
1	วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับหัวข้อการฝึกอบรม					
2	เนื้อหา มีความเหมาะสมกับหัวข้อการฝึกอบรม					
3	เนื้อหาครอบคลุมสำหรับการปฏิบัติการ					
4	ความถูกต้องของเนื้อหา					
5	ลำดับและวิธีการนำเสนอมีความเหมาะสม					
6	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม					
7	รูปภาพที่ใช้มีความชัดเจนและเหมาะสม					
8	คำอธิบายรูปภาพละเอียดชัดเจน					
9	การกระตุ้นให้ผู้รับการฝึกอบรมมีความคิดสร้างสรรค์					
10	ลักษณะจูงใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม					
11	คำชี้แจงลำดับขั้นการปฏิบัติการมีความชัดเจน					
12	แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
13	แบบทดสอบและแบบประเมินรายการความสามารถมีความครอบคลุมตามเนื้อหา					
14	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน					
15	ผู้รับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
( )

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การพิจารณาระดับความมีคุณภาพ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

### ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีจำนวนทั้งหมด 17 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)
2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับเทคนิคการผลิตสื่อของชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในแต่ละรายการว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ใด แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาระดับความคิดเห็น แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายความว่า มีคุณภาพดีมาก

ระดับ 4 หมายความว่า มีคุณภาพดี

ระดับ 3 หมายความว่า มีคุณภาพปานกลาง

ระดับ 2 หมายความว่า มีคุณภาพพอใช้

ระดับ 1 หมายความว่า มีคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

### ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### คำชี้แจง

ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้มีคุณภาพเกี่ยวกับเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็น ตามความคิดเห็นของท่าน

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
		5	4	3	2	1
สื่อนำเสนอและมัลติมีเดีย						
1	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
2	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
3	ความเหมาะสมของภาพในด้านสื่อความหมาย					
4	ความสอดคล้องของรูปภาพและเนื้อหา					
5	เทคนิคการนำเสนอเนื้อหา					
6	การใช้สีสีนเหมาะสม					
7	ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้					
8	ลักษณะจูงใจเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม					
ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์						
9	วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสม					
10	รูปร่างและขนาดของชุดฝึกมีความเหมาะสม					
11	อุปกรณ์ประกอบชุดฝึกครบถ้วนสมบูรณ์					
12	ชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาในเอกสารประกอบการฝึกอบรม					
13	ชุดฝึกมีความเหมาะสมกับผู้รับการฝึกอบรม					
14	ชุดฝึกมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการ					
15	ชุดฝึกมีความสะดวกในการปฏิบัติการ					
16	การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในชุดฝึกมีความเหมาะสม					
17	ชุดฝึกเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
 ( )

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

### ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### คำชี้แจง

กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “ระดับความสอดคล้อง” ในแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามที่ท่านพิจารณาแล้วมีความคิดเห็นว่าเป็นแบบทดสอบแต่ละข้อมีโจทย์หรือคำถาม และคำตอบ สามารถวัดความรู้ความเข้าใจได้ถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยพิจารณา ดังนี้

- 1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

#### หมายเหตุ

หากท่านทำเครื่องหมาย ลงในช่อง -1 ขอความกรุณาท่านช่วยให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป

ความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้ประเมิน

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

( )

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ชุดฝึกอบรมเรื่อง**  
**การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

**ตอนที่ 1 เซลล์แสงอาทิตย์และการใช้งาน**

เมื่อผ่านการอบรมหัวข้อนี้แล้ว ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ

- 1.1 บอกประวัติความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้
- 1.2 จำแนกชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ได้
- 1.3 อธิบายความเหมาะสมในการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ได้
- 1.4 บอกคุณลักษณะและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเซลล์แสงอาทิตย์ได้
- 1.5 บอกคุณสมบัติการเชื่อมต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ ได้
- 1.6 บอกขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้
- 1.7 บอกศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้

**ตอนที่ 2 ความรู้เบื้องต้นในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อการแข่งขัน**

เมื่อผ่านการอบรมหัวข้อนี้แล้ว ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ

- 2.1 บอกคุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- 2.2 บอกหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- 2.3 บอกหลักการทำงานของเฟืองและทดรอบได้
- 2.4 บอกคุณสมบัติของตัวต้านทานชนิดคงที่ได้
- 2.5 บอกคุณสมบัติของตัวเก็บประจุได้
- 2.6 บอกคุณสมบัติของไดโอดได้
- 2.7 บอกชนิดและคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ได้

**ตอนที่ 3 การขับเคลื่อนมอเตอร์และวงจรควบคุม**

เมื่อผ่านการอบรมหัวข้อนี้แล้ว ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ

- 3.1 บอกวิธีการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- 3.2 บอกวิธีการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสวิตช์ได้
- 3.3 บอกวิธีการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยทรานซิสเตอร์ได้
- 3.4 บอกวิธีการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบ	ระดับความสอดคล้อง		
	1	0	-1
<p>ข้อที่ 1 ผู้คนพบต้นกำเนิดของเซลล์แสงอาทิตย์คือบุคคลในข้อใด</p> <p>ก. กาลิเลโอและไอสไตน์      ข. ไอแซ็ค นิวตัน</p> <p>ค. แชนปินและเพียสัน      ง. เกรแฮม เบลล์และเอดิสัน</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.1)</p>			
<p>ข้อที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดมีประสิทธิภาพของเซลล์ต่ำที่สุด</p> <p>ก. แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว      ข. แบบซิลิกอนหลายผลึก</p> <p>ค. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน      ง. แบบสารประกอบ</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.2)</p>			
<p>ข้อที่ 3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก</p> <p>ก. แบบซิลิกอน      ข. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน</p> <p>ค. แบบผลึกเดี่ยว      ง. แบบสารประกอบ</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.3)</p>			
<p>ข้อที่ 4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานด้านอวกาศ</p> <p>ก. แบบซิลิกอนหลายผลึก      ข. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน</p> <p>ค. แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว      ง. แบบสารประกอบ</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.3)</p>			
<p>ข้อที่ 5 ข้อใดคือตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์</p> <p>ก. ความชื้นและอุณหภูมิ      ข. ความเข้มของแสง</p> <p>ค. การสะท้อนของแสง      ง. ความกดอากาศ</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.4)</p>			
<p>ข้อที่ 6 ข้อใดไม่เป็นจุดเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์</p> <p>ก. ไม่มีมลภาวะทางเสียง      ข. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ</p> <p>ค. มีราคาถูก      ง. ผลิตไฟฟ้าได้โดยตรงจากแสงแดด</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.4)</p>			



แบบทดสอบ	ระดับความสอดคล้อง		
	1	0	-1
<p>ข้อที่ 11 การต่อขั้วแบตเตอรี่ตรงข้ามกับขั้วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีผลอย่างไร</p> <p>ก. มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ข. มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา ค. มอเตอร์หยุดหมุน ง. มอเตอร์อาจเสียหายได้</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.2)</p>			
<p>ข้อที่ 12 ข้อใดเป็นผลที่เกิดจากการใช้งานเฟืองเพื่อส่งถ่ายกำลังที่ความเร็วรอบสูงมากๆ</p> <p>ก. เฟืองจะทำงานเสียงดัง ข. เฟืองอาจสึกหรอได้ ค. อาจทำให้เฟืองเสียหาย ง. ถูกทั้งหมด</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.3)</p>			
<p>ข้อที่ 13 ข้อใดกล่าวถึงคุณสมบัติของตัวต้านทานได้ถูกต้อง</p> <p>ก. จำกัดกระแสไฟฟ้า ข. เก็บและคายประจุไฟฟ้า ค. สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ง. กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.4)</p>			
<p>ข้อที่ 14 ข้อใดคือคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ</p> <p>ก. จำกัดกระแสไฟฟ้า ข. เก็บและคายประจุไฟฟ้า ค. สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ง. กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.5)</p>			
<p>ข้อที่ 15 ข้อใดกล่าวถึงคุณสมบัติของไดโอดได้ถูกต้อง</p> <p>ก. จำกัดกระแสไฟฟ้า ข. เก็บและคายประจุไฟฟ้า ค. สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ง. กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.6)</p>			
<p>ข้อที่ 16 ทรานซิสเตอร์แบ่งออกได้เป็นกี่ชนิด</p> <p>ก. 2 ชนิด ข. 3 ชนิด ค. 4 ชนิด ง. 5 ชนิด</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.7)</p>			
<p>ข้อที่ 17 ทรานซิสเตอร์สามารถใช้งานในลักษณะใด</p> <p>ก. ใช้เป็นสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ ข. ใช้จำกัดกระแสไฟฟ้า ค. ใช้จำกัดแรงดันไฟฟ้า ง. ใช้เก็บและคายประจุไฟฟ้า</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 2.7)</p>			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบ	ระดับความสอดคล้อง		
	1	0	-1
<p>ข้อที่ 18 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงมากกว่า 25% และมีราคาสูงมากคือเซลล์แสงอาทิตย์แบบใด</p> <p>ก. แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว      ข. แบบซิลิกอนหลายผลึก</p> <p>ค. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน      ง. แบบสารประกอบ</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.2)</p>			
<p>ข้อที่ 19 ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในข้อใดถูกต้อง</p> <p>ก. พลังงานแสง-&gt;ไฟฟ้ากระแสตรง</p> <p>ข. พลังงานแสง-&gt;ไฟฟ้ากระแสสลับ-&gt;ไฟฟ้ากระแสตรง</p> <p>ค. พลังงานแสง-&gt;พลังงานความร้อน-&gt;ไฟฟ้ากระแสตรง</p> <p>ง. พลังงานแสง-&gt;พลังงานนิวเคลียร์-&gt;ไฟฟ้ากระแสตรง</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.6)</p>			
<p>ข้อที่ 20 ภูมิภาคใดในประเทศไทยที่มีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีสูงที่สุด</p> <p>ก. ภาคเหนือ      ข. ภาคกลาง</p> <p>ค. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ      ง. ภาคตะวันตก</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 1.7)</p>			
<p>ข้อที่ 21 การควบคุมหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยล้อให้มอเตอร์ด้านซ้ายหมุนไปด้านหน้า และมอเตอร์ด้านขวาหยุดหมุน จะเป็นส่งผลการเคลื่อนที่อย่างไร</p> <p>ก. เลี้ยวซ้าย      ข. เลี้ยวขวา</p> <p>ค. เดินหน้า      ง. ถอยหลัง</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 3.1)</p>			
<p>ข้อที่ 22 การควบคุมหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยล้อให้มอเตอร์ด้านซ้ายหมุนไปด้านหลัง และมอเตอร์ด้านขวาหมุนไปด้านหลัง จะเป็นส่งผลการเคลื่อนที่อย่างไร</p> <p>ก. เลี้ยวซ้าย      ข. เลี้ยวขวา</p> <p>ค. เดินหน้า      ง. ถอยหลัง</p> <p>(วัตถุประสงค์ที่ 3.1)</p>			



**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ชุดฝึกอบรมเรื่อง**  
**การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

ตอนที่ 4 การประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขัน

เมื่อผ่านการอบรมหัวข้อนี้แล้ว ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถ

4.1 ประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขันได้

4.2 ประกอบวงจรขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการ  
แข่งขันได้

4.3 ประกอบวงจรเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับตัว  
เก็บประจุสำหรับหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขันได้

4.4 ประกอบวงจรเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับวงจร  
อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขันได้

4.5 ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการแข่งขันในสนามแข่งขันจำลองได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินรายการความสามารถ	ระดับความสอดคล้อง		
	1	0	-1
กิจกรรมที่ 1 การประกอบโครงร่างหุ่นยนต์			
- การประกอบชุดล้ออย่างกับชุดมอเตอร์เกียร์			
- การติดตั้งล้ออิสระบนฐานของหุ่นยนต์			
- การติดตั้งชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนกับฐานของหุ่นยนต์			
- การประกอบโครงร่างส่วนบนของหุ่นยนต์			
- การติดตั้งแผ่นโปรโตบอร์ดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์			
กิจกรรมที่ 2 ทดลองการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์			
- การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อสายสวิทช์ควบคุมมอเตอร์บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อมอเตอร์เข้ากับสวิทช์บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง			
กิจกรรมที่ 3 ทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับตัวเก็บประจุ			
- การเชื่อมต่อตัวเก็บประจุร่วมกับวงจรขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง			
กิจกรรมที่ 4 ทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์			
- การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อตัวเก็บประจุบนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อทรานซิสเตอร์ 2N3906 บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อทรานซิสเตอร์ 2N2222 บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อไดโอดบนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อตัวต้านทานบนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อสายสวิทช์ควบคุมมอเตอร์บนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเชื่อมต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงบนแผ่นโปรโตบอร์ด			
- การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### แบบทดสอบ ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อผู้สอบ ..... โรงเรียน .....

#### คำชี้แจง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงบนหัวข้อที่ท่านเลือก
2. ข้อสอบมีจำนวน 25 ข้อ โปรดทำให้ครบทุกข้อ

ข้อที่ 1 ผู้คนพบต้นกำเนิดของเซลล์แสงอาทิตย์คือบุคคลในข้อใด

- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| ก. กาลิเลโอและไอสไตน์ | ข. ไอแซค นิวตัน           |
| ค. แซปปีนและเพียสัน   | ง. เกรแฮม เบลล์และเอดิสัน |

ข้อที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดมีประสิทธิภาพของเซลล์ต่ำที่สุด

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| ก. แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว | ข. แบบซิลิกอนหลายผลึก |
| ค. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน  | ง. แบบสารประกอบ       |

ข้อที่ 3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก

- |                  |                        |
|------------------|------------------------|
| ก. แบบซิลิกอน    | ข. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน |
| ค. แบบผลึกเดี่ยว | ง. แบบสารประกอบ        |

ข้อที่ 4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานด้านอวกาศ

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| ก. แบบซิลิกอนหลายผลึก   | ข. แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน |
| ค. แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว | ง. แบบสารประกอบ        |

ข้อที่ 5 ข้อใดคือตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

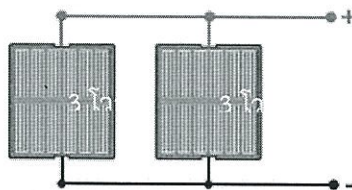
- |                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| ก. ความชื้นและอุณหภูมิ | ข. ความเข้มของแสง |
| ค. การสะท้อนของแสง     | ง. ความกดอากาศ    |

ข้อที่ 6 ข้อใดไม่เป็นจุดเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| ก. ไม่มีมลภาวะทางเสียง | ข. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ  |
| ค. มีราคาถูก           | ง. ผลิตไฟฟ้าได้โดยตรงจากแสงแดด |

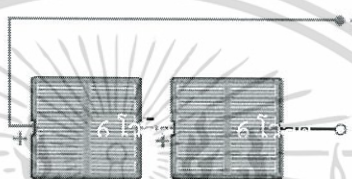
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่ 7 นำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดแรงดัน 3 โวลต์มาเชื่อมต่อกันแบบขนานดังภาพ จะมีแรงดันไฟฟ้าที่ปลายขั้วต่อ + และ - เท่าใด



- ก. 3 โวลต์                      ข. 6 โวลต์                      ค. 9 โวลต์                      ง. 12 โวลต์

ข้อที่ 8 นำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดแรงดัน 6 โวลต์มาเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมดังภาพ จะมีแรงดันไฟฟ้าที่ปลายขั้วต่อ + และ - เท่าใด



- ก. 3 โวลต์                      ข. 6 โวลต์                      ค. 9 โวลต์                      ง. 12 โวลต์

ข้อที่ 9 การทำงานของมอเตอร์ในหุ่นยนต์เปรียบได้กับส่วนใดของมนุษย์

- ก. สมอง                      ข. กล้ามเนื้อ                      ค. หัวใจ                      ง. จมูก

ข้อที่ 10 การกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นอยู่กับสิ่งใด

- ก. ปริมาณกระแสไฟฟ้า                      ข. การเชื่อมต่อตัวต้านทาน  
ค. ขั้วของแรงดันที่ป้อน                      ง. การเชื่อมต่อเฟืองทด

ข้อที่ 11 การต่อขั้วแบตเตอรี่ตรงข้ามกับขั้วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีผลอย่างไร

- ก. มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา                      ข. มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา  
ค. มอเตอร์หยุดหมุน                      ง. มอเตอร์อาจเสียหายได้

ข้อที่ 12 ข้อใดเป็นผลที่เกิดจากการใช้งานเฟืองเพื่อส่งถ่ายกำลังที่ความเร็วรอบสูงมากๆ

- ก. เฟืองจะทำงานเสียงดัง                      ข. เฟืองอาจสึกหรอได้  
ค. อาจทำให้เฟืองเสียหาย                      ง. ถูกทุกข้อ

ข้อที่ 13 ข้อใดกล่าวถึงคุณสมบัติของตัวต้านทานได้ถูกต้อง

- ก. จำกัดกระแสไฟฟ้า                      ข. เก็บและคายประจุไฟฟ้า  
ค. สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า                      ง. กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข้อที่ 23 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสวิตช์ จะใช้สวิตช์แบบใด

ก. สวิตช์ 2 ทาง

ข. สวิตช์ 3 ทาง

ค. สวิตช์ 2 ทาง 2 ขั้ว

ง. สวิตช์ 3 ทาง 3 ขั้ว

ข้อที่ 24 ข้อดีของการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยทรานซิสเตอร์คืออะไร

ก. มีความทนทาน

ข. ประหยัดค่าใช้จ่าย

ค. มอเตอร์ทำงานได้แม่นยำ

ง. มอเตอร์ทำงานได้นุ่มนวล

ข้อที่ 25 จุดประสงค์ของการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในการอบรมครั้งนี้ คืออะไร

ก. เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่

ข. แก้ปัญหาการขับเคลื่อนในพื้นที่ที่มีความเข้มของแสงไม่สม่ำเสมอ

ค. เพิ่มแรงบิดของมอเตอร์

ง. เพิ่มระดับแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบทดสอบ ชุดฝึกอบรมเรื่อง

การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| ข้อที่ 1 ตอบ ค.  | ข้อที่ 16 ตอบ ก. |
| ข้อที่ 2 ตอบ ค.  | ข้อที่ 17 ตอบ ก. |
| ข้อที่ 3 ตอบ ข.  | ข้อที่ 18 ตอบ ง. |
| ข้อที่ 4 ตอบ ง.  | ข้อที่ 19 ตอบ ก. |
| ข้อที่ 5 ตอบ ข.  | ข้อที่ 20 ตอบ ค. |
| ข้อที่ 6 ตอบ ค.  | ข้อที่ 21 ตอบ ข. |
| ข้อที่ 7 ตอบ ก.  | ข้อที่ 22 ตอบ ง. |
| ข้อที่ 8 ตอบ ง.  | ข้อที่ 23 ตอบ ค. |
| ข้อที่ 9 ตอบ ข.  | ข้อที่ 24 ตอบ ง. |
| ข้อที่ 10 ตอบ ค. | ข้อที่ 25 ตอบ ข. |
| ข้อที่ 11 ตอบ ข. |                  |
| ข้อที่ 12 ตอบ ง. |                  |
| ข้อที่ 13 ตอบ ก. |                  |
| ข้อที่ 14 ตอบ ข. |                  |
| ข้อที่ 15 ตอบ ง. |                  |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินรายการความสามารถ  
ชุดฝึกอบรม เรื่อง การสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับ  
มัธยมศึกษาตอนปลาย

\*\*\*\*\*

ชื่อผู้รับการฝึกอบรม .....

ชื่อผู้ฝึกอบรม .....

**คำชี้แจง**

1. ผู้ฝึกอบรมต้องทำการประเมินผลปฏิบัติการของผู้รับการฝึกอบรมตามที่กำหนด โดยอาศัยการสังเกต
2. ผู้ฝึกอบรมสังเกตพฤติกรรมของผู้รับการฝึกอบรมตามรายการความสามารถที่อยู่ในแบบประเมินรายการความสามารถ
3. ผู้ฝึกอบรมทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสามารถ เพื่อวัดพฤติกรรมของผู้รับการฝึกอบรมตามรายการความสามารถ

**รายละเอียดของระดับความสามารถ**

- ระดับ 3 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ต้องขอคำแนะนำจากผู้ฝึกอบรม
- ระดับ 2 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยต้องขอคำแนะนำจากผู้ฝึกอบรม
- ระดับ 1 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง แต่ต้องได้รับคำแนะนำจากผู้ฝึกอบรมอย่างใกล้ชิด
- ระดับ 0 ไม่สามารถปฏิบัติงานได้

**เกณฑ์การประเมิน**

ผู้รับการฝึกอบรมปฏิบัติการด้วยชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น ต้องผ่านการประเมินจากผู้ฝึกอบรมด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

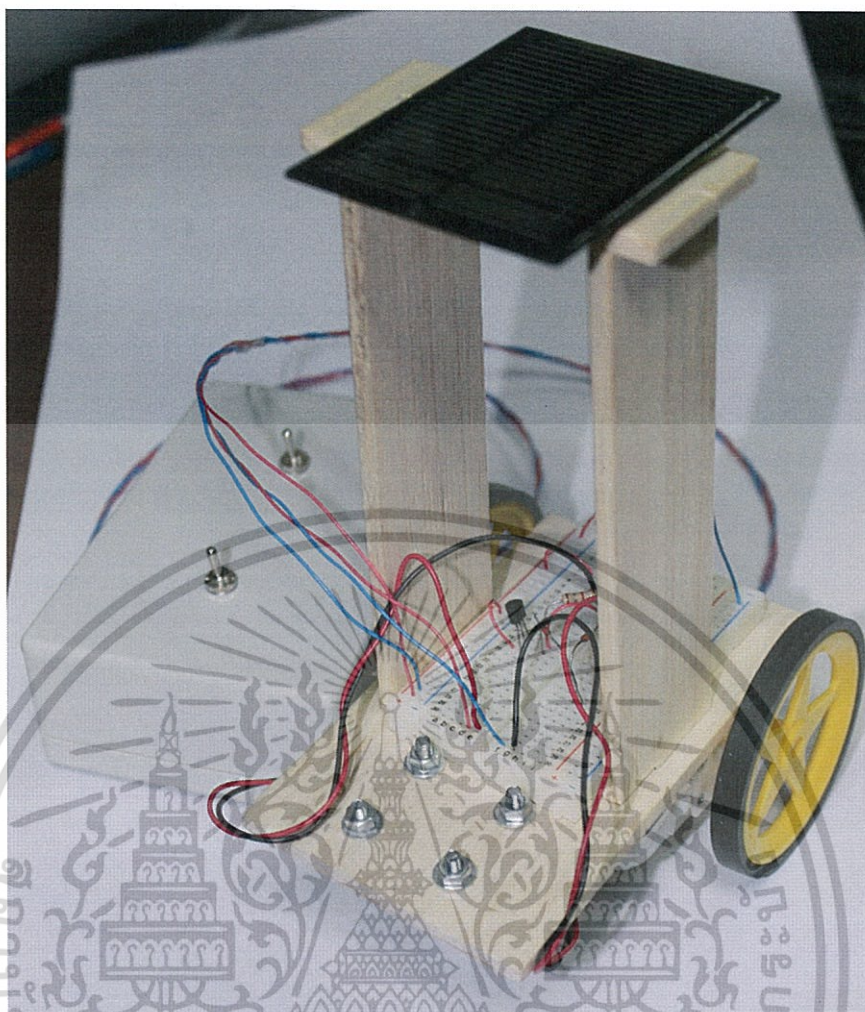
แบบประเมินรายการความสามารถ  
ชุดฝึกอบรม เรื่องการสร้างหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักเรียนระดับ  
มัธยมศึกษาตอนปลาย

ที่	รายการความสามารถ	ระดับความสามารถ			
		3	2	1	0
กิจกรรมที่ 1 การประกอบโครงร่างหุ่นยนต์					
1	การประกอบชุดล้อเข้ากับชุดมอเตอร์เกียร์				
2	การติดตั้งล้ออิสระบนฐานของหุ่นยนต์				
3	การติดตั้งชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนกับฐานของหุ่นยนต์				
4	การประกอบโครงร่างส่วนบนของหุ่นยนต์				
5	การติดตั้งแผ่นโปรโตบอร์ดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์				
กิจกรรมที่ 2 ทดลองการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์					
6	การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
7	การเชื่อมต่อสายสวิทช์ควบคุมมอเตอร์บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
8	การเชื่อมต่อมอเตอร์เข้ากับสวิทช์บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
9	การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง				
กิจกรรมที่ 3 ทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับตัวเก็บประจุ					
10	การเชื่อมต่อตัวเก็บประจุร่วมกับวงจรขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
11	การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง				
กิจกรรมที่ 4 ทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์					
12	การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
13	การเชื่อมต่อตัวเก็บประจุบนแผ่นโปรโตบอร์ด				
14	การเชื่อมต่อทรานซิสเตอร์ 2N3906 บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
15	การเชื่อมต่อทรานซิสเตอร์ 2N2222 บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
16	การเชื่อมต่อไดโอดบนแผ่นโปรโตบอร์ด				
17	การเชื่อมต่อตัวต้านทานบนแผ่นโปรโตบอร์ด				
18	การเชื่อมต่อสายสวิทช์ควบคุมมอเตอร์บนแผ่นโปรโตบอร์ด				
19	การเชื่อมต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงบนแผ่นโปรโตบอร์ด				
20	การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนสนามแข่งขันจำลอง				
รวมคะแนน					
รวมคะแนนทั้งหมด					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.1 ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

### รายการอุปกรณ์

ตารางที่ ฉ.1 แสดงรายการอุปกรณ์ชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	แผ่นไม้บัลซ่าสำเร็จรูป	1 ชุด
2	ชุดล้อยางสำหรับหุ่นยนต์ขนาดเล็ก	2 ชุด
3	ชุดมอเตอร์เกียร์ 3 โวลต์	2 ชุด
4	ล้อหมุนอิสระ	1 ล้อ
5	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 โวลต์	2 แผง
6	กล่องเอนกประสงค์	1 กล่อง
7	สวิตช์โยก	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ ฉ.1 (ต่อ)

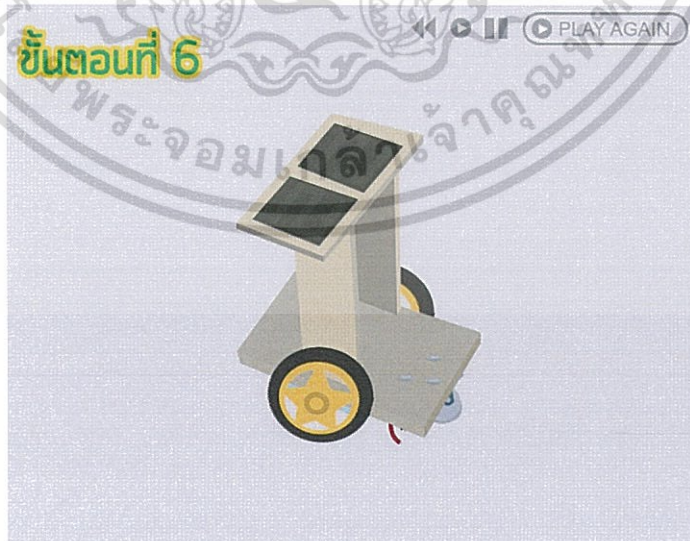
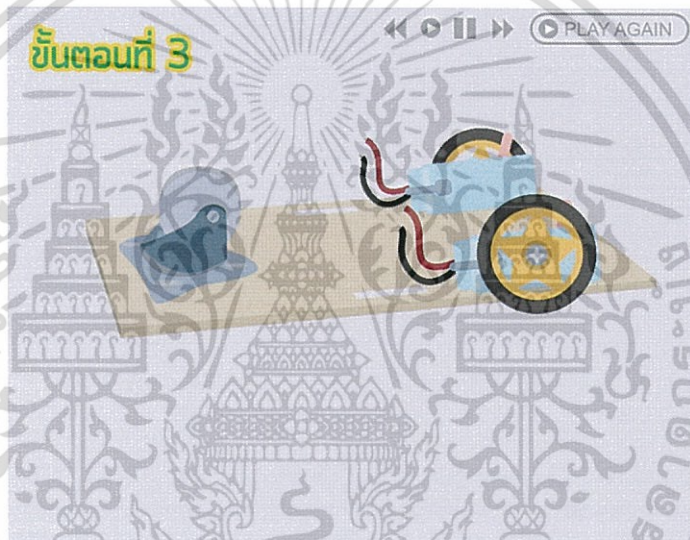
ลำดับที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน
8	ตัวเก็บประจุ 2200 ไมโครฟารัด	2 ตัว
9	ไดโอด เบอร์ 1N4148	2 ตัว
10	ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม	1 ตัว
11	ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N2222	1 ตัว
12	ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N3906	1 ตัว
13	แผงโปรโตบอร์ด	1 แผง
14	สายไฟเชื่อมต่อวงจร (แดง,น้ำเงิน)	2 ชุด

ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวประกอบชุดฝึกหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



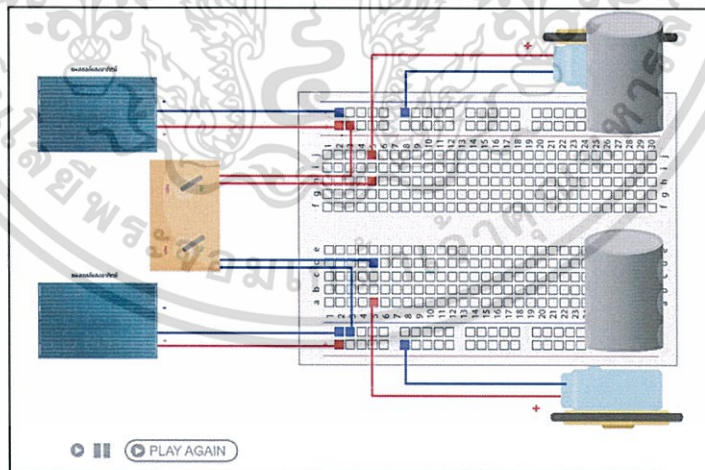
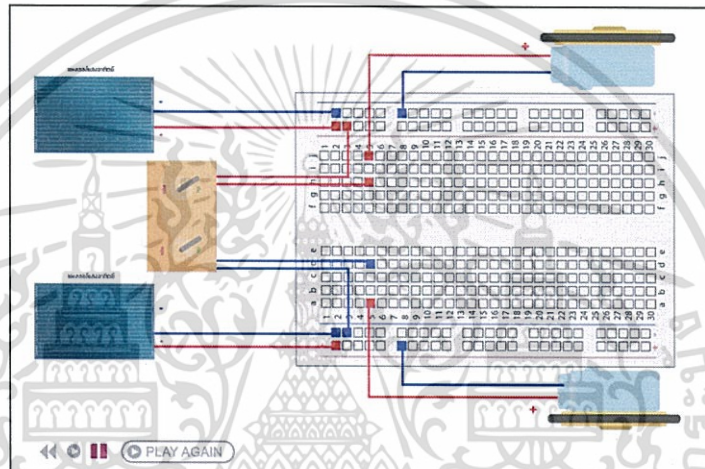
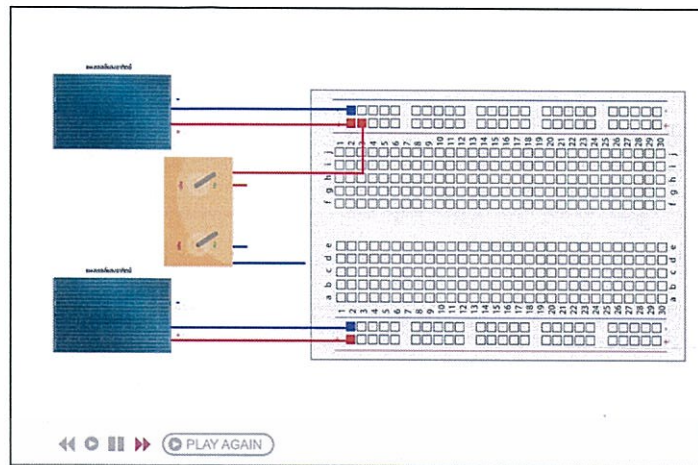
ภาพที่ ฉ.2 ตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวประกอบชุดฝึกประดิษฐ์หุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๑.๒ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายสมชาย ทองคำ
วัน-เดือน-ปี เกิด	15 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	ตำบลชำแระ อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	42/171 ซอยรัชดาภิเษก36 ถนนรัชดาภิเษก แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ (เทคนิคคอมพิวเตอร์) วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) สถาบันราชภัฏจันทรเกษม ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ.2546-2547 ช่างเทคนิค บริษัท เอกชัยดิษฐ์บริวซัน จำกัด พ.ศ.2547-ปัจจุบัน นักวิชาการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้