



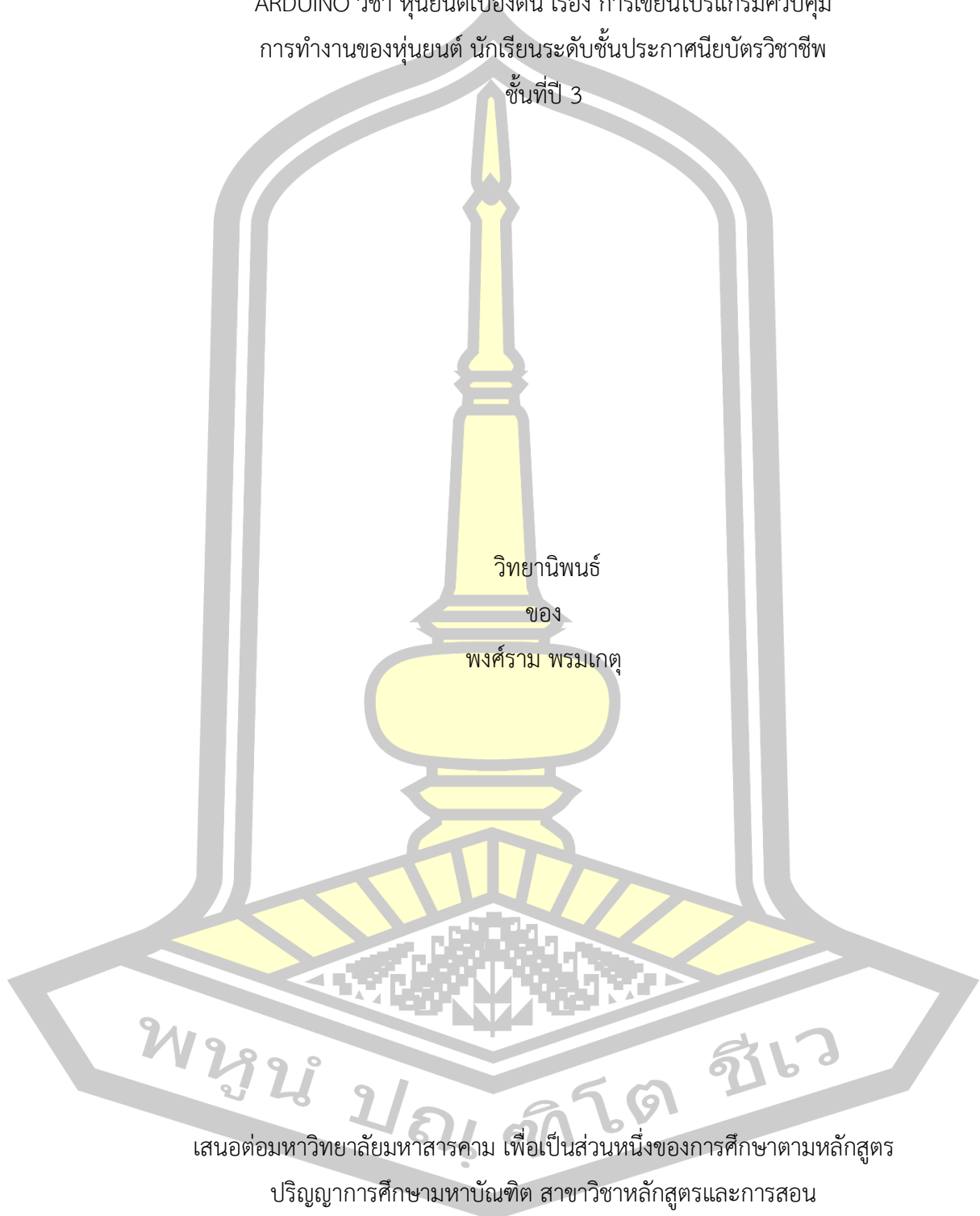
การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม  
ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุม  
การทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ชั้นที่ปี 3

วิทยานิพนธ์  
ของ  
พงศ์ราม พรหมเกตุ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน  
มิถุนายน 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม  
ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุม  
การทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ชั้นที่ 3



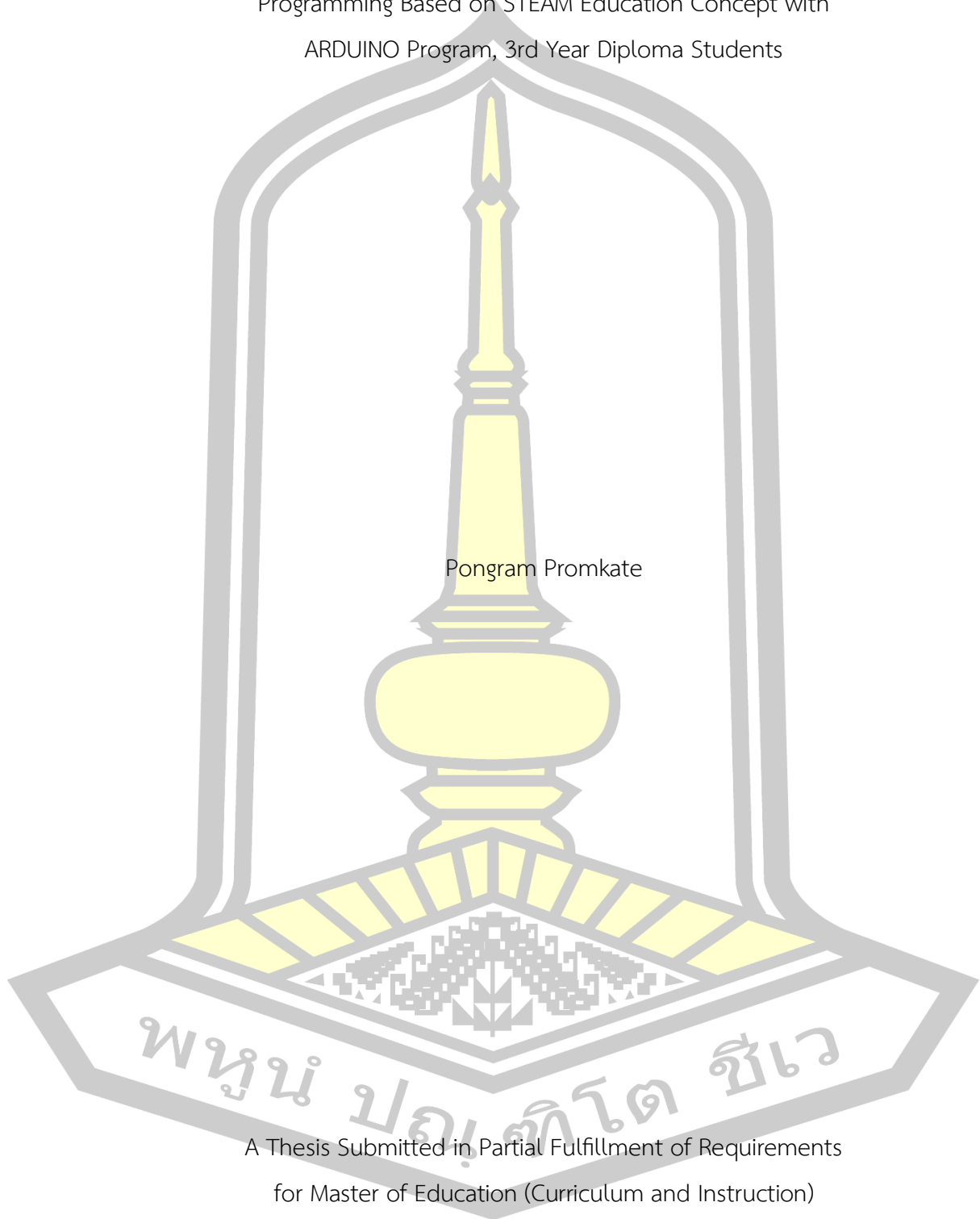
วิทยานิพนธ์  
ของ  
พงศ์ราม พรหมเกตุ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

มิถุนายน 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Learning Management Subject's Basic Robotic  
Programming Based on STEAM Education Concept with  
ARDUINO Program, 3rd Year Diploma Students



Pongram Promkate

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for Master of Education (Curriculum and Instruction)

June 2023

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายพงศ์ราม พรหมเกตู  
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา  
หลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ประสงค์ สายหงษ์ )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. สาคร อัมจักร )

กรรมการ

(รศ. ดร. ประเสริฐ เรือนนະการ )

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. กัลยา กุลสุวรรณ )

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแพง )

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พุทธ มนุ ชาติ ชาติ

<b>ชื่อเรื่อง</b>	การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นที่ปี 3		
<b>ผู้วิจัย</b>	พงศัรรม พรหมเกต		
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาคร อัจฉกร		
<b>ปริญญา</b>	การศึกษามหาบัณฑิต	<b>สาขาวิชา</b>	หลักสูตรและการสอน
<b>มหาวิทยาลัย</b>	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	<b>ปีที่พิมพ์</b>	2566

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ ร้อยละ 80/80 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ 3) ศึกษาทักษะปฏิบัติที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO กับเกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และ 4) ศึกษาความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.67-4.72 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ถึง 1.00 3) แบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีค่า IOC 1.00 และ 4) แบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีค่า IOC

1.00 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ t (t-test for dependent samples)

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้เท่ากับ 82.91/80.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะปฏิบัติและความมุ่งมั่นในการของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ค่าเฉลี่ยร้อยละด้านทักษะปฏิบัติมีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 82.06
4. นักเรียนมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานด้านการเรียน อยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.66$ , S.D. = 0.56) การควบคุมตนเองอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.63$  S.D.=0.66) แรงสนับสนุนจากโรงเรียน ( $\bar{x} = 4.62$ , S.D. = 0.64) แรงสนับสนุนจากครอบครัว ( $\bar{x} = 4.60$ , S.D. = 0.68) และแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน ( $\bar{x} = 4.56$ , S.D. = 0.69)

โดยสรุป การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลและส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในด้านทักษะปฏิบัติและความมุ่งมั่นในการทำสูงกว่าการเรียนแบบปกติ จึงควรสนับสนุนให้ครูนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนของผู้เรียนเป็นทางหนึ่งต่อไป

คำสำคัญ : การพัฒนาการจัดการเรียนรู้, แนวคิด STEAM Education, โปรแกรม ARDUINO, หุ่นยนต์เบื้องต้น

<b>TITLE</b>	Development of Learning Management Subject's Basic Robotic Programming Based on STEAM Education Concept with ARDUINO Program, 3rd Year Diploma Students		
<b>AUTHOR</b>	Pongram Promkate		
<b>ADVISORS</b>	Assistant Professor Sakorn Atthajakara , Ed.D.		
<b>DEGREE</b>	Master of Education	<b>MAJOR</b>	Curriculum and Instruction
<b>UNIVERSITY</b>	Maharakham University	<b>YEAR</b>	2023

### ABSTRACT

The objectives of this research were 1) STEAM education concept learning management courses introduction to robotics on programming to control the operation of the robot according to the criteria 80/80; 2) comparison of students' academic achievement during before and after learning that was managed according to the concept of STEAM Education with ARDUINO program introduction to robotics on robot control programming; 3) Comparison of practical skills that were managed learning according to the concept of STEAM Education with ARDUINO program with the criteria of 80% courses introduction to robotics on robot control programming; and 4) Study the commitment of students who have been taught learning according to the concept of STEAM Education with the ARDUINO program introduction to robotics on robot control programming. An example used is a 3rd year vocational certificate student in a major. Electrician, Roi Et Technical College enrolled in Basic robot 16 peoples. The research tools included 1) learning management plan based on the concept of STEAM Education with ARDUINO program has average suitability value is between 4.67 - 4.72; 2) learning achievement test with learning management plan based on the concept of STEAM Education with ARDUINO program introduction to robotics on programming the control of robot operation has IOC values between 0.67 to 1.00 3) practical skills assessment with learning management plan based on the concept of STEAM Education with ARDUINO program introduction to robotics on

robot control programming has IOC value 1.00; and 4) assessment of students' commitment to work according to the concept of STEAM Education with ARDUINO program Introduction to robotics on robot control programming has IOC value 1.00. Analyze data using statistics, including mean, percentage, standard deviation, and t-test for dependent samples.

The study was resulted as follows.

1. The efficiency of learning about programming the robot operation is 82.91/80.90, which meets the specified criteria.
2. Practical skills achievement and commitment of learners who were taught according to the STEAM Education concept with the ARDUINO program after learning were higher than before learning, with statistical significance of .05.
3. The average percentage of practical skills is the highest. It has a value of 82.06.
4. Students have a high level of commitment to academic work ( $\bar{x} = 4.66$ , S.D. = 0.56) and self-control is at a great level ( $\bar{x} = 4.63$  S.D. = 0.66) School support ( $\bar{x} = 4.62$ , S.D. = 0.64), family support ( $\bar{x} = 4.60$ , S.D. = 0.68) and peer support ( $\bar{x} = 4.56$ , S.D. = 0.69).

In summary, learning management based on the concept of STEAM Education with the ARDUINO program developed is efficient and effective and results in academic achievement. Therefore, teachers should be encouraged to apply STEAM Education with ARDUINO in teaching and learning management to increase students' learning efficiency.

Keyword : Development of Learning Management, STEAM Education Concept, ARDUINO Program, Basic Robotic



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร อัมจักร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ สายหงษ์ ประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนະการ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กุลสุวรรณ ที่กรุณาเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกในการ สอบวิทยานิพนธ์ได้กรุณาให้คำแนะนำชี้แนวทาง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งตั้งแต่ต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ นายอนุชิต สิงห์จันทร์ นายปรีชา หงส์ผาแก้ว นายมารุต อัมจักร ที่กรุณาเป็น ผู้เชี่ยวชาญ ให้คำแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ให้มีคุณภาพ

ขอขอบพระคุณ นายอาคม จันทรินาม ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด คณะครู บุคลากร ทุกท่าน และนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า ในวิทยาลัยเทคนิค ร้อยเอ็ด ที่อำนวยความสะดวกให้ผู้วิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพรชัย พรมเกตุ คุณแม่พิกุล พรมเกตุ นายสันติภาพ พรมเกตุ น้องชาย และขอบคุณญาติพี่น้องและเพื่อน ๆ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ที่เป็นกำลังใจ อยู่เบื้องหลังและให้การสนับสนุน ช่วยเหลือผู้วิจัยด้วยความรักความห่วงใยด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชา พระคุณบิดา มารดา ที่ได้ อบรมเลี้ยงดูให้โอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์อันทรงคุณค่าและจะนำไปพัฒนางานที่ รับผิดชอบเพื่อความก้าวหน้าของตนเอง และความเจริญของหน่วยงานต่อไป

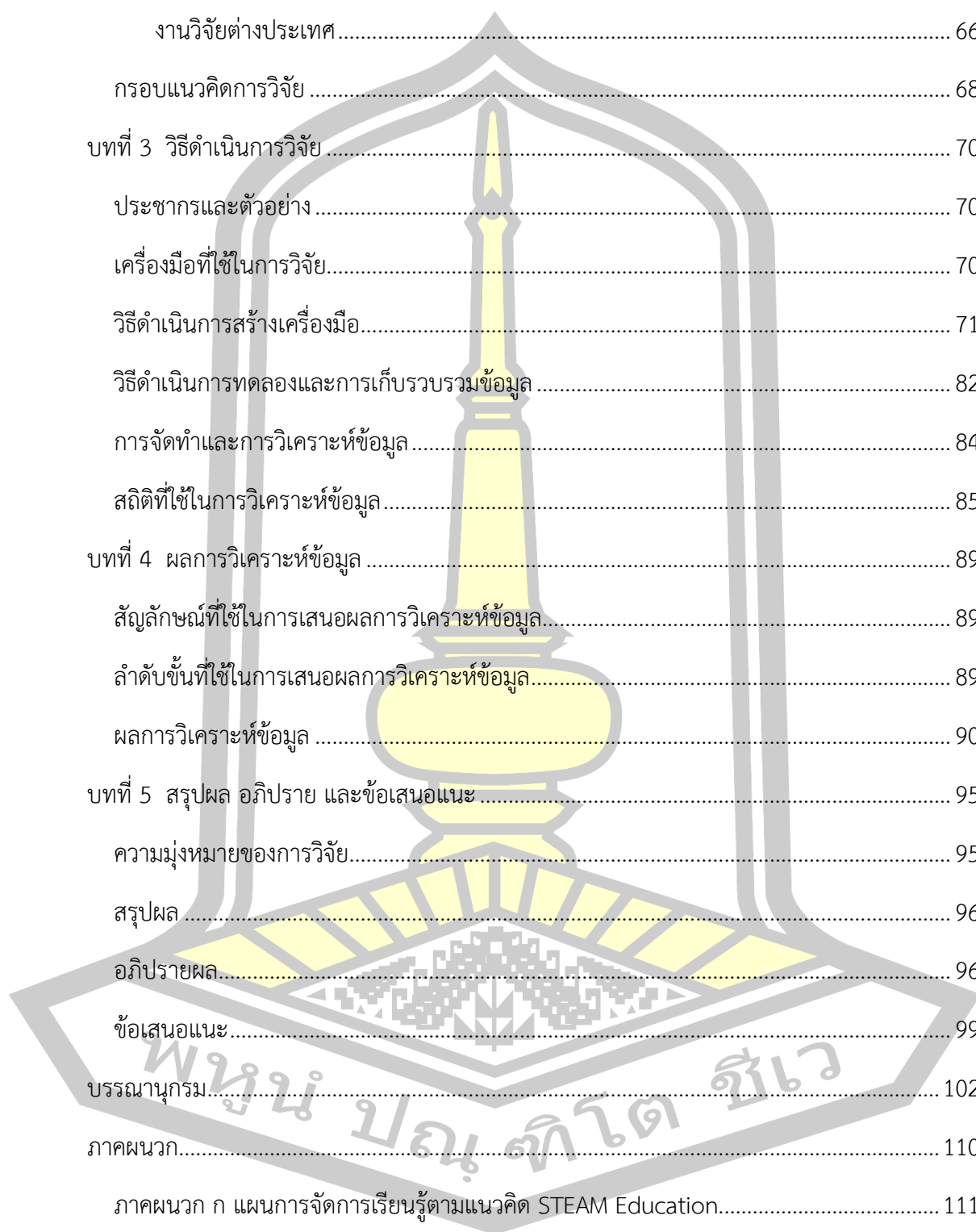
พงศ์ราม พรมเกตุ

พหุณ ปณ ทิโต ชีเว

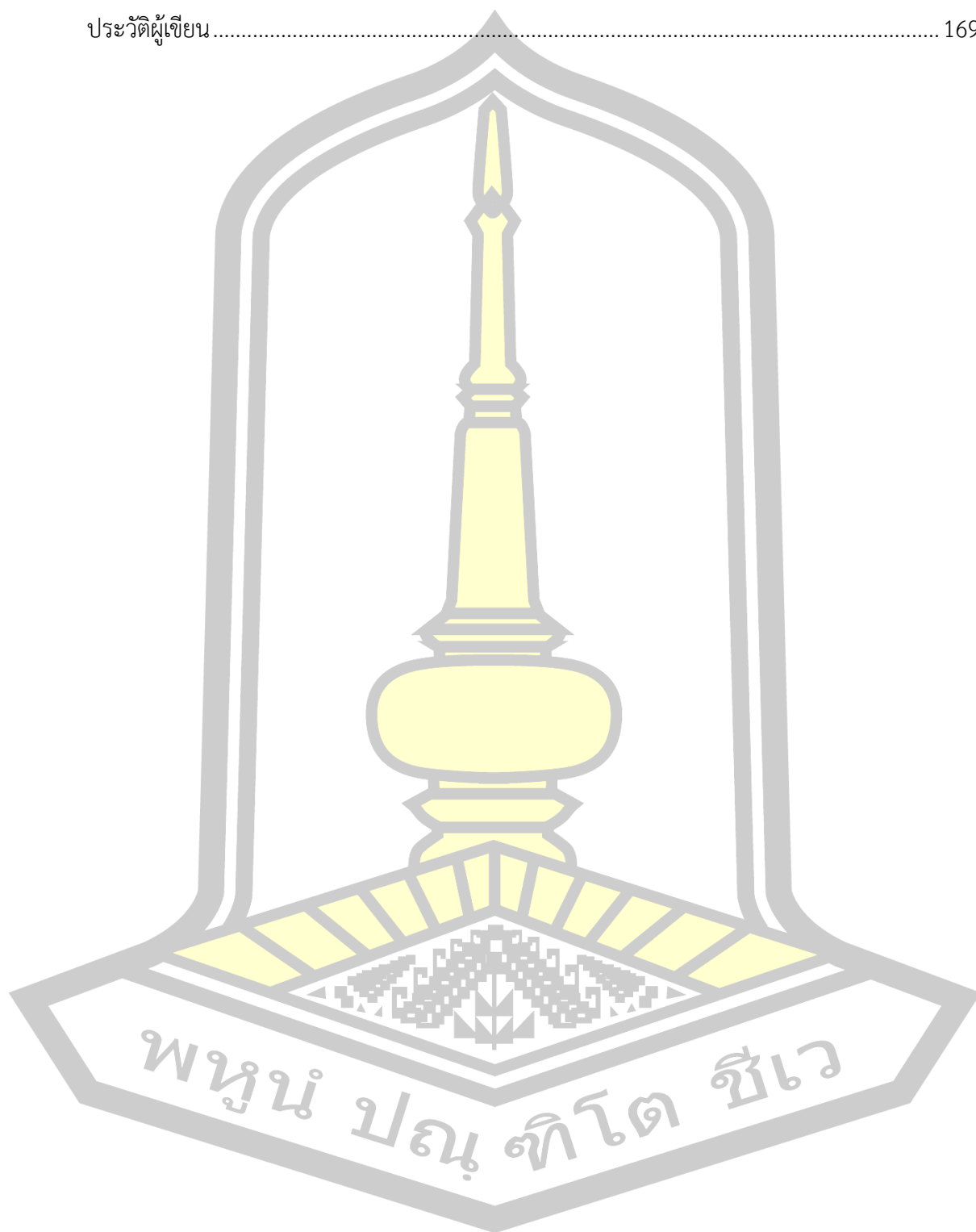
## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
สมมุติฐานของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562.....	10
วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น.....	18
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education.....	29
การหาประสิทธิภาพ.....	37
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	40
ทักษะปฏิบัติ.....	45
ความมุ่งมั่นในการทำงาน.....	53
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	60

งานวิจัยในประเทศ.....	60
งานวิจัยต่างประเทศ.....	66
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	68
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	70
ประชากรและตัวอย่าง.....	70
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	70
วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ.....	71
วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	82
การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	84
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	85
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
ลำดับขั้นที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	90
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	95
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	95
สรุปผล.....	96
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะ.....	99
บรรณานุกรม.....	102
ภาคผนวก.....	110
ภาคผนวก ก แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education.....	111
ภาคผนวก ข แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้และผลการประเมิน.....	155
ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	159



ภาคผนวก ง รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ..... 167  
ประวัติผู้เขียน..... 169

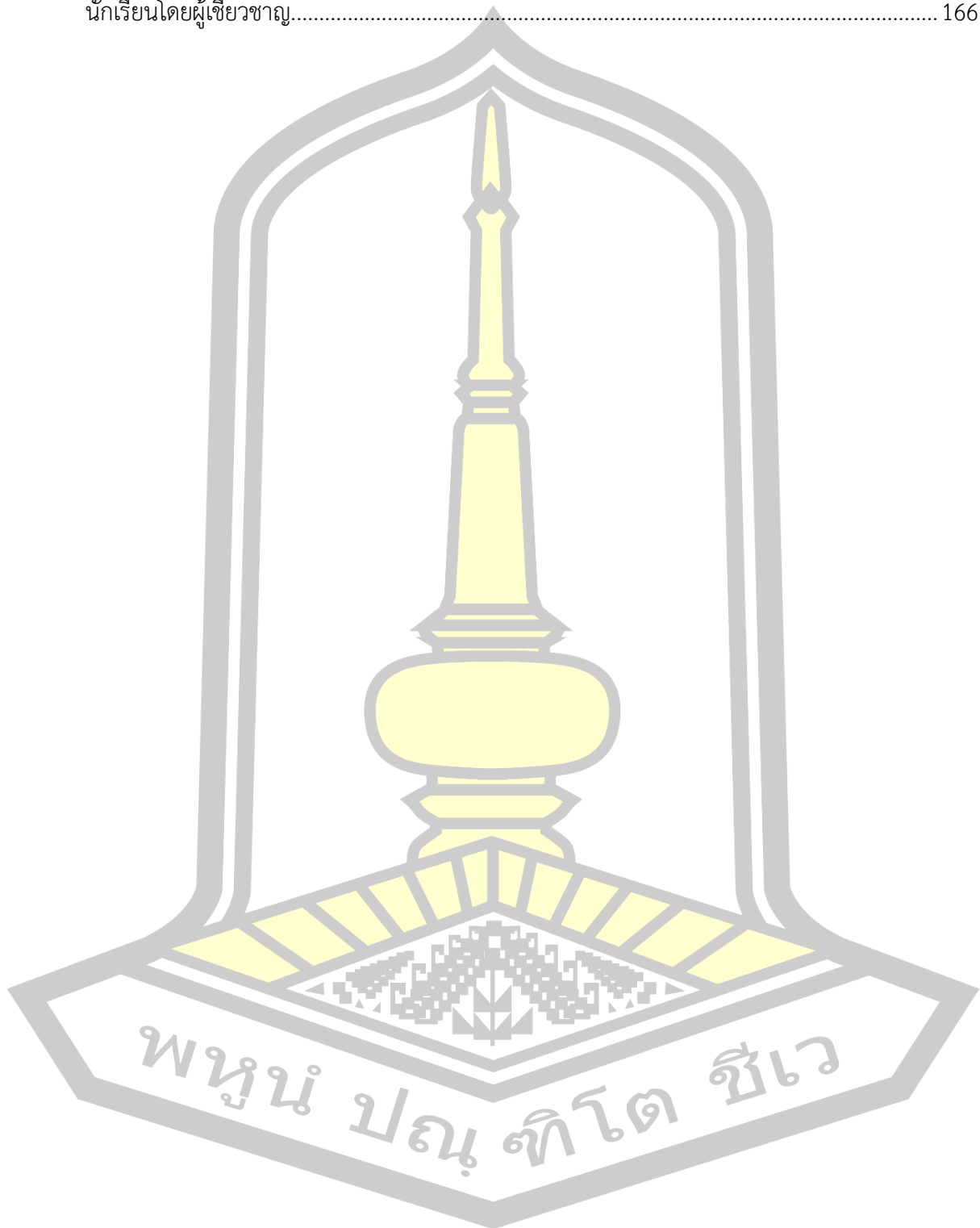


## สารบัญตาราง

หน้า

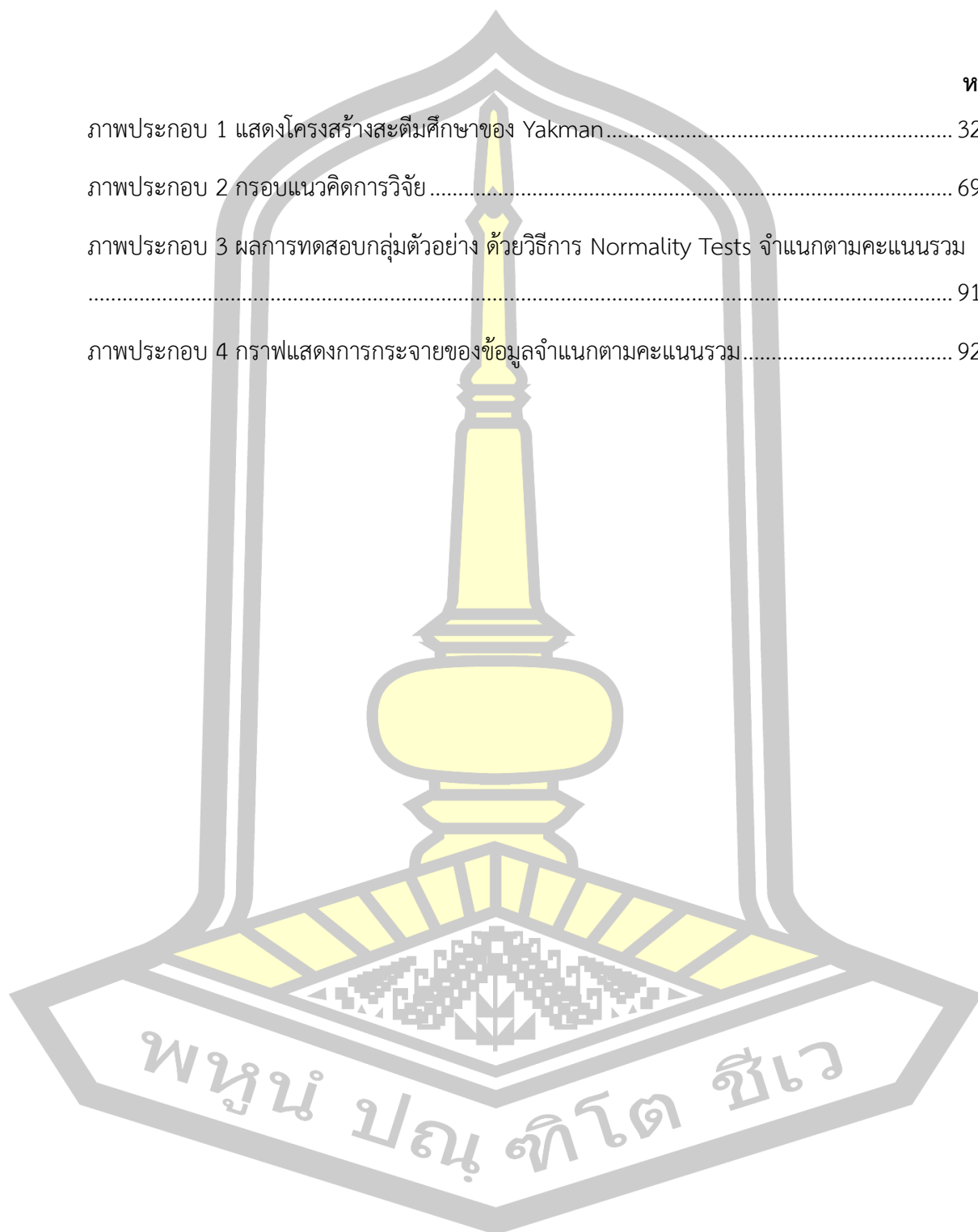
ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....	72
ตาราง 2 กำหนดการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....	74
ตาราง 3 วิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ในรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....	76
ตาราง 4 ปฏิทินการทดลอง.....	82
ตาราง 5 ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3.....	90
ตาราง 6 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO.....	93
ตาราง 7 การศึกษาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติเกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....	93
ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO.....	94
ตาราง 9 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์.....	158
ตาราง 10 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	160
ตาราง 11 ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	162
ตาราง 12 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	164
ตาราง 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินทักษะปฏิบัติของนักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	165

ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของ  
นักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ..... 166



## สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 แสดงโครงสร้างสะสมศึกษาของ Yakman.....	32
ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	69
ภาพประกอบ 3 ผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการ Normality Tests จำแนกตามคะแนนรวม .....	91
ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลจำแนกตามคะแนนรวม.....	92



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น กล่าวไว้ว่าเป็นรายวิชาที่ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง หลักการทำงาน วงจรควบคุม ประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ โดยใช้อุปกรณ์-อิเล็กทรอนิกส์ทดสอบการทำงานและการเขียนโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้นมุ่งเน้นให้แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น ออกแบบและประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็ก เขียนและทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก และมีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย เพื่อให้นักเรียนพัฒนาทักษะทางด้านทักษะฝีมือ ทักษะทางเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ ทักษะด้านคุณธรรม การกำหนดทักษะทั้งสามด้านจะถูกกำหนดด้วยวัตถุประสงค์และการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน โดยการเรียนการสอนแบบบูรณาการกับประชาคมอาเซียน เพื่อเตรียมความพร้อมและเข้าสู่ประชาคมอาเซียนได้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อยกระดับการศึกษารายวิชาของบุคคลให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ มาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ ตลอดจนยึดโยงกับมาตรฐานวิชาชีพ โดยเน้นการเรียนรู้สู่การปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับฝีมือ รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน ให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และสามารถประกอบอาชีพอิสระได้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกระบบและวิธีการเรียนได้อย่างเหมาะสม ตามศักยภาพ ตามความสนใจและโอกาสของตน ส่งเสริมให้มีการประสานความร่วมมือเพื่อการจัดการศึกษาและพัฒนาหลักสูตรร่วมกันระหว่างสถาบันสถานศึกษา หน่วยงาน สถานประกอบการและองค์กรต่าง ๆ ทั้งในระดับชุมชน ระดับท้องถิ่นและระดับชาติ

ในโลกปัจจุบันมนุษย์เป็นผู้ให้ความหมาย และกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสรรพสัตว์ หรือว่าสิ่งไม่มีชีวิตอื่น ๆ ที่เข้ามาปฏิสัมพันธ์กับเรา ในระยะหลังนี้เทคโนโลยีหุ่นยนต์เริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเรามากขึ้น โดยนักเทคโนโลยีมักจะทำหุ่นยนต์ออกเป็น 2 ประเภท คือ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม และหุ่นยนต์บริการ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมคือ



หุ่นยนต์ที่ในระบบการผลิตทั้งหลายที่เรามักจะเห็นในภาพโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งหุ่นยนต์อุตสาหกรรมนี้มีบทบาทในชีวิตเราอย่างเจียบ ๆ ในฐานะเครื่องจักรที่เป็นกำลังการผลิต สำหรับหุ่นยนต์บริการที่เราจะมาโฟกัสนั้น เรียกได้ว่าอยู่ในช่วงเริ่มต้นที่จะเข้ามามีบทบาทในชีวิตเรา เช่น ในร้านอาหาร ด้านสุขภาพ หรือ การทำความสะอาดในครัวเรือน

เนื่องด้วยไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีสถานการณ์โรคระบาดร้ายแรง COVID-19 เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อหลายประเทศ ประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในประเทศที่ประสบกับสถานการณ์โรคระบาดนั้น จึงเกิดมาตรการการป้องกันโรคระบาด ทำให้สถานศึกษาทั้งหมดทั่วประเทศไม่สามารถทำการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สถานศึกษาได้อย่างเต็มที่ ต้องใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของการเรียนออนไลน์ ส่งผลให้ครูผู้สอนไม่สามารถที่จะพัฒนาหรือปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนในวิชาที่ต้องเน้นไปในการใช้ทักษะปฏิบัติของนักเรียนได้ และการเรียนในรูปแบบออนไลน์ยังส่งผลให้นักเรียนขาดความมุ่งมั่นในการเรียนรู้ เนื่องจากครูผู้สอนไม่สามารถสื่อสารกับนักเรียนได้โดยตรง ไม่ทราบว่าการเรียนที่เรียนในคาบเรียนนั้นให้ความสนใจในการเรียนหรือไม่ หรือนักเรียนที่เรียนในรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น นั้นได้ทำกิจกรรมที่ต้องมีทักษะปฏิบัติด้วยตัวเองหรือป่าว และเมื่อกลับสู่สภาวะปกติ ด้วยวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูยังใช้วิธีถ่ายทอดความรู้ด้วยการบรรยายให้กับนักเรียน ปฏิบัติตามครูผู้สอนขณะสอนและให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดจากหนังสือ มุ่งวัดและประเมินผลด้วยความรู้ความเข้าใจ และผลสำเร็จของงานเฉพาะแต่ละบุคคล ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ขาดทักษะในการปฏิบัติ และขาดความมุ่งมั่นในการเรียน ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องหาการจัดการเรียนรู้ที่จะมีส่วนช่วยให้นักเรียนเหล่านั้น มีความรู้ มีทักษะปฏิบัติ และมุ่งมั่นในการทำงาน

การจัดการเรียนการสอนจึงมีส่วนสำคัญที่จะช่วยทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์แล้วเกิดการสร้างนวัตกรรมเองได้ การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา STEM Education (Yakman, 2008) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ส่วนสะเต็มศึกษา STEAM Education ก็เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ต่อยอดจากสะเต็มศึกษา ซึ่งตัว A ที่เพิ่มขึ้นมานั้นคือ Art เพื่อเพิ่มองค์ความรู้และทักษะทั้งศาสตร์และศิลป์ โดยในการบูรณาการด้านความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มีความสำคัญในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ แต่จะดียิ่งขึ้นถ้ามีศิลปะมาช่วยเสริมเรื่องความคิดสร้างสรรค์ สร้างแรงบันดาลใจ ความสุขในการเรียนรู้สู่การเติบโตอย่างสมดุลและเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาพัฒนาทักษะ

กระบวนการแก้ปัญหาและสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ได้ ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องปรับปรุงพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มที่ อันจะเป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก้าวหน้าขึ้น เป็นผลดีต่อการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและยังเป็นการพัฒนาความสามารถในทักษะปฏิบัติและความมุ่งมั่นในการทำงาน ดังเช่นงานวิจัยของ วรชมน ตังอ่วม (2561) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education ที่มีต่อเจตคติต่อวิชาเคมี และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง อัตราการเปิดปฏิกิริยาเคมี ผลปรากฏว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนต่อเจตคติต่อวิชาเคมี และคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และงานวิจัยของ นที ศิริจรรยาพงษ์ (2560) ได้ศึกษาพฤติกรรมการความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 9 ผลปรากฏว่า 1. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการความมุ่งมั่นในการทำงาน การควบคุมตนเอง การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากผู้ปกครอง และการได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน อยู่ในระดับมาก 2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมการความมุ่งมั่นในการทำงาน จำแนกตาม เพศ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเพียงพอของค่าใช้จ่าย และลักษณะการพักอาศัย พบว่า มีพฤติกรรมการความมุ่งมั่นในการทำงานไม่แตกต่างกัน 3. ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่สามารถทำนายพฤติกรรมการความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียน พบว่า การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน การได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว และการควบคุมตนเอง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ที่ใช้แนวคิด STEAM Education จากการบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและกิจกรรมต่าง ๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะเข้าด้วยกัน น่าจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ส่งผลให้เป็นสิ่งที่นักเรียนสงสัยใคร่รู้และช่วยให้พัฒนาความคิดเชิงพิจารณา เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหาให้นักเรียนไปเป็นกำลังของชาติที่จะพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

3. เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO กับเกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

4. เพื่อศึกษาความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

### สมมุติฐานของการวิจัย

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

### ขอบเขตของการวิจัย

#### 1. ประชากรและตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 4 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 66 คน

1.2 ตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 16 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ที่ระดับผลการเรียนไม่แตกต่างกัน

#### 2. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

##### 2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

##### 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 ทักษะปฏิบัติ

2.2.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

3. แผนสภาระการเรียนรู้อวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ประจำการศึกษา 2/2565 จำนวน 2 แผน เป็นเวลาจำนวน 8 ชั่วโมง

#### สาระสำคัญ

ฟังก์ชันเพื่อการใช้งานควบคุมหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot สามารถเลือกใช้งานบางฟังก์ชันตามความจำเป็น โดยการใช้งานทุกฟังก์ชันของภาษา C/C++ ของ Arduino สามารถศึกษาเพิ่มเติมจากเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของ Arduino คือ [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) หรือ [www.arduino.org](http://www.arduino.org) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท คือ

1. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล
2. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก
3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา
4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
6. ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2

#### กระบวนการเรียนรู้

##### ขั้นระบุและกำหนดปัญหา

ครูกำหนดสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

##### ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด

นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง หรือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหามในการสร้างหุ่นยนต์ได้ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหามาเป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาที่จะประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยได้ร่วมพิจารณากับครูผู้สอน

### ขั้นการค้นพบ

นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้การประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์

### ขั้นการประยุกต์ใช้

นักเรียนสร้างผลงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนคอยดูแลและให้คำปรึกษา

### ขั้นการนำเสนอ

นักเรียนนำเสนอผลงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ หน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

### ขั้นประเมินและปรับปรุง

นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วม ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินแบบรูบริค

## 4. การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education คือ แผนการจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้โดยบูรณาการและเชื่อมโยงกันของเนื้อหาในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหา มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) หมายถึง ครูกำหนดสถานการณ์ คำถามหรือปัญหาที่สำคัญ เพื่อตอบหรือแก้ปัญหาลักษณะเกี่ยวกับการประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) หมายถึง นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาในการประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ที่เลือกกำหนด วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทักษะกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม โดยการสร้างแผนที่ความคิด

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery) หมายถึง นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้การประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) หมายถึง นักเรียนสร้างผลงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนคอยดูแลและให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) หมายถึง นักเรียนนำเสนอผลงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ หน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) หมายถึง นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วม ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินแบบรูบริค

2. แผนการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนและสนองความต้องการของหลักสูตร ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 จำนวน 2 แผน เป็นเวลาจำนวน 8 ชั่วโมง

3. STEAM Education คือ รูปแบบการศึกษาที่พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและกิจกรรมต่าง ๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ผ่านการแก้ปัญหา การออกแบบ และผลงานอย่างสร้างสรรค์ ได้จำแนกองค์ประกอบของ STEAM ไว้ดังนี้

3.1 วิทยาศาสตร์ (Science) คือ สิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและสิ่งที่ได้รับผลกระทบ สาระแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ชีววิทยา ชีวเคมี เคมี ธรณีศาสตร์ การสอบสวน พิสูจน์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์

3.2 เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือนวัตกรรมการเปลี่ยนแปลง หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ได้แก่ เทคโนโลยีการเกษตรกรรม การก่อสร้าง การสื่อสาร ข้อมูลการผลิต การแพทย์ กำลังและพลังงาน พลังงานการผลิต และการขนส่ง

3.3 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ การใช้เหตุผลหลักการและการสร้างสรรค์ บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ การวิจัย การพัฒนา

การออกแบบ และการประดิษฐ์หรือ “การออกแบบภายใต้ข้อจำกัด” รวมถึงการบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมีโยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม ของเหลว อุตสาหกรรมและระบบ วัสดุ เครื่องกล กองทัพเรือ และมหาสมุทร

3.4 คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาที่เกี่ยวกับตัวเลข ความสัมพันธ์เชิงสัญลักษณ์ รูปแบบ รูปร่าง ความไม่แน่นอน และการใช้เหตุผล รวมถึง พีชคณิต แคลคูลัส การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เรขาคณิต ตัวเลขและการดำเนินงาน การแก้ปัญหา เหตุผลและหลักฐาน ทฤษฎีและตรีโกณมิติ

3.5 ศิลปะ (Arts) คือ การสื่อสาร การสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทักษะ และ ขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อมาจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต ทัศนศิลป์ ดนตรี การเคลื่อนไหว ร่างกาย นาฏศิลป์ การแสดง ภาษาวรรณกรรม รวมทั้งการศึกษาประวัติศาสตร์ ปรัชญาการเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา และเทววิทยา

4. โปรแกรม Arduino IDE คือ โปรแกรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมและสามารถทำการแปลงไฟล์ดังกล่าวเพื่อนำไปอัปโหลดลงยังบอร์ด Arduino ใช้หลักการการของโปรแกรมด้วยภาษา C โดยนักเรียนทำการสร้างโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ผ่านโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

5. ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education หมายถึง คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนบรรลุพฤติกรรมตามที่ได้ตั้ง ไว้ตามเกณฑ์ ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ร้อยละ 80/80 ประเมินหลังจากการทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด

80 ตัวแรก ( $E_1$ ) หมายถึง ค่าประสิทธิภาพกระบวนการที่นักเรียนทำได้จากงานและแบบฝึกปฏิบัติระหว่างการใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยรวมกับจิตพิสัยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ 80

80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) หมายถึง ค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ที่นักเรียนทำได้จากการประเมินหลังใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยนำคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ 80

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของความสามารถของบุคคลที่ต้องอาศัยทักษะ ความรอบรู้ ทักษะที่ได้จากการเรียนการสอน การฝึกฝน อบรมสั่งสอน ทำให้เกิดความสำเร็จหรือความสามารถในด้านต่าง ๆ คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

โดยจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ

7. ทักษะปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ด้วยความรวดเร็ว แม่นยำ ดำเนินงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ โดยวัดความถูกต้องของการใช้ฟังก์ชันคำสั่งต่าง ๆ ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จากแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เป็นการประเมินแบบ (Rubric Assessment) แบ่งเป็น 3 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

8. มุ่งมั่นในการทำงาน หมายถึง การกระทำที่นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจและความรับผิดชอบในการทำหน้าที่หรือภาระงานที่ได้รับมอบหมายของนักเรียนด้วยความเพียรพยายาม อุตุนทุ้มเทแรงกาย แรงใจ และกำลังสติปัญญา ไม่ย่อท้อ เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น โดยวัดความมุ่งมั่นในการทำงานระหว่างการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จากแบบประเมินระดับความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียน ลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) 5 ระดับ จำนวน 13 ข้อ





## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
2. วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education
4. การหาประสิทธิภาพ
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. ทักษะปฏิบัติการเขียนโปรแกรม
7. ความมุ่งมั่นในการทำงาน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
  - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ
9. กรอบแนวคิดการวิจัย

### หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและเนื้อหาของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 1. หลักการของหลักสูตร

1.1 เป็นหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพหลังมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่าด้านวิชาชีพที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ มาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือ ให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรม จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพได้ตรงตามต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ

1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกเรียนได้อย่างกว้างขวาง เน้นสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริง สามารถเลือกวิธีการเรียนตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเทียบโอนผลการเรียน สะสมผลการเรียน เทียบโอนความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยากร สถานประกอบการและสถานประกอบอาชีพอิสระ

1.3 เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชน

1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา สถานประกอบการ ชุมชนและท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการ โดยยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ และสอดคล้องกับสภาพยุทธศาสตร์ของภูมิภาค เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

## 2. จุดหมายของหลักสูตร

2.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เลือกวิธีการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตน สร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่นและประเทศชาติ

2.2 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต และการประกอบอาชีพ มีทักษะการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะการคิด วิเคราะห์และการแก้ปัญหา ทักษะด้านสุขภาวะและความปลอดภัย ตลอดจนทักษะการจัดการ สามารถสร้างอาชีพและพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

2.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น

2.4 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดี ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน การต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่นและประเทศชาติ ดำรงตนตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เข้าใจและเห็นคุณค่าของการอนุรักษ์ ศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น มีจิตสาธารณะและจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ดี

2.5 เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม มีจริยธรรม และวินัย ในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับงานอาชีพ

2.6 เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองของประเทศและของโลก มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ดำรงไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

### 3. หลักเกณฑ์การใช้ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

#### 3.1 การเรียนการสอน

3.1.1 การเรียนการสอนตามหลักสูตรนี้ ผู้เรียนสามารถลงทะเบียนเรียนได้ทุกวิธีเรียนที่กำหนดและนำผลการเรียนแต่ละวิธีมาประเมินผลร่วมกันได้ สามารถขอเทียบโอนผลการเรียน และขอเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ได้

3.1.2 การจัดการเรียนการสอนเน้นการปฏิบัติจริง สามารถจัดการเรียนการสอนได้หลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการ วิธีการและการดำเนินงาน มีทักษะการปฏิบัติงานตามแบบแผนในขอบเขตสำคัญและบริบทต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นงานประจำ ให้คำแนะนำพื้นฐานที่ต้องใช้ในการตัดสินใจ วางแผนและแก้ไขปัญหา โดยไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ในบางเรื่องสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาและการปฏิบัติงานในบริบทใหม่ รวมทั้งรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น ตลอดจนมีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ เจตคติและกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน

#### 3.2 การจัดการศึกษาและเวลาเรียน

ในการจัดการศึกษาในระบบปกติ ใช้ระยะเวลา 3 ปี การศึกษา การจัดเวลาเรียนให้ดำเนินการ ดังนี้

1. ในปีการศึกษาหนึ่ง ๆ ให้แบ่งภาคเรียนออกเป็น 2 ภาคเรียนปกติ หรือระบบทวิภาค ภาคเรียนละ 18 สัปดาห์ รวมเวลาวัดผล โดยมีเวลาเรียนและจำนวนหน่วยกิตตามที่กำหนด และสถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันอาจเปิดสอนภาคเรียนฤดูร้อนได้อีกตามที่เห็นสมควร

2. การเรียนในระบบชั้นเรียน ให้สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันเปิดทำการสอนไม่น้อยกว่าสัปดาห์ละ 5 วัน ๆ ละไม่เกิน 7 ชั่วโมง โดยกำหนดให้จัดการเรียนการสอนคาบละ 60 นาที

#### 3.3 โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 แบ่งเป็น 3 หมวดวิชา และกิจกรรมเสริมหลักสูตร ดังนี้

1. หมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง ไม่น้อยกว่า 22 หน่วยกิต
  - 1.1 กลุ่มวิชาภาษาไทย
  - 1.2 กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ
  - 1.3 กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
  - 1.4 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์
  - 1.5 กลุ่มวิชาสังคมศึกษา
  - 1.6 กลุ่มวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา

2. หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ ไม่น้อยกว่า 71 หน่วยกิต

- 2.1 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน
- 2.2 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ
- 2.3 กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก
- 2.4 ฝึกประสบการณ์สมรรถนะวิชาชีพ
- 2.5 โครงการพัฒนาสมรรถนะวิชาชีพ

3. หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 10 หน่วยกิต

4. กิจกรรมเสริมหลักสูตร (2 ชั่วโมง/สัปดาห์) - หน่วยกิต

3.4 การจัดการเรียน

เป็นการกำหนดรายวิชาตามโครงสร้างหลักสูตรที่จะดำเนินการเรียนการสอน ในแต่ละภาคเรียน โดยจัดอัตราส่วนการเรียนรู้ภาคทฤษฎีต่อภาคปฏิบัติในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ ประมาณ 20 : 80 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือกระบวนการจัดการเรียนรู้ของแต่ละสาขาวิชา ซึ่งมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. จัดรายวิชาในแต่ละภาคเรียน โดยคำนึงถึงรายวิชาที่ต้องเรียนตามลำดับ ก่อน-หลัง ความง่าย-ยาก ของรายวิชา ความต่อเนื่องและเชื่อมโยงสัมพันธ์กันของรายวิชา รวมทั้ง รายวิชาที่สามารถบูรณาการจัดการเรียนรู้ร่วมกันในลักษณะของงาน โครงการและหรือชิ้นงาน ในแต่ละภาคเรียน

2. จัดให้ผู้เรียนเรียนรายวิชาบังคับในหมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ ในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐานและกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ และกิจกรรมเสริมหลักสูตร ให้ครบตามที่กำหนดในโครงสร้างหลักสูตร

2.1 การจัดรายวิชาในหมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง ควรจัดกระจายทุก ภาคเรียน

2.2 การจัดรายวิชาในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน โดยเฉพาะรายวิชาที่เป็นพื้นฐานของการเรียนวิชาชีพ ควรจัดให้เรียนภายในภาคเรียนที่ 1

2.3 การจัดรายวิชาในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ควรจัดให้เรียนก่อน รายวิชาในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือกและรายวิชาในหมวดวิชาเลือกเสรี

3. จัดให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนรายวิชาในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือกและ หมวดวิชาเลือกเสรีตามความถนัด ความสนใจ เพื่อสนับสนุนการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ

4. จัดรายวิชาทวิภาคีที่นำไปเรียนและฝึกในสถานประกอบการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ โดยประสานงานร่วมกับสถานประกอบการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ

เพื่อพิจารณากำหนดภาคเรียนที่จัดฝึกอาชีพ รวมทั้งกำหนดรายวิชาหรือกลุ่มวิชาที่ตรงกับลักษณะงานของสถานประกอบการ รัฐวิสาหกิจหรือหน่วยงานของรัฐที่นำไปร่วมฝึกอาชีพในภาคเรียนนั้น ๆ

5. จัดรายวิชาฝึกงานในภาคเรียนที่ 5 หรือ 6 ครั้งเดียว จำนวน 4 หน่วยกิต 320 (เฉลี่ย 20 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ต่อภาคเรียน) หรือ จัดให้ลงทะเบียนเรียนเป็น 2 ครั้ง คือ ภาคเรียนที่ 5 จำนวน 2 หน่วยกิต และภาคเรียนที่ 6 จำนวน 2 หน่วยกิต รายวิชาละ 160 ชั่วโมง (เฉลี่ย 10 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ต่อภาคเรียน) ตามเงื่อนไขของหลักสูตรสาขาวิชานั้นในภาคเรียนที่จัดฝึกงานนี้ ให้สถานศึกษาพิจารณากำหนดรายวิชาฝึกงานหรือกลุ่มวิชาที่ตรงกับลักษณะงานของสถานประกอบการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ เพื่อนำไปเรียนและฝึกปฏิบัติในภาคเรียนที่จัดฝึกงานด้วยการฝึกงานในภาคเรียนฤดูร้อนสามารถทำได้ โดยต้องพิจารณาระยะเวลาในการฝึกให้ครบตามที่หลักสูตรกำหนด

6. จัดรายวิชาโครงการในภาคเรียนที่ 5 หรือ 6 ครั้งเดียว จำนวน 4 หน่วยกิต (12 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ต่อภาคเรียน) หรือจัดให้ลงทะเบียนเรียนเป็น 2 ครั้ง คือ ภาคเรียนที่ 5 และภาคเรียนที่ 6 รวม 4 หน่วยกิต (6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ต่อภาคเรียน) ตามเงื่อนไขของหลักสูตรสาขาวิชานั้น

7. จัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรในแต่ภาคเรียน ภาคเรียนละไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

8. จัดจำนวนหน่วยกิตรวมในแต่ละภาคเรียน ไม่เกิน 22 หน่วยกิต สำหรับการเรียนแบบเต็มเวลาและไม่เกิน 12 หน่วยกิต สำหรับการเรียนแบบไม่เต็มเวลา ส่วนภาคเรียนฤดูร้อนจัดได้ไม่เกิน 12 หน่วยกิต ทั้งนี้ เวลาในการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนปกติและภาคเรียนฤดูร้อน โดยเฉลี่ยไม่ควรเกิน 35 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ส่วนการเรียนแบบไม่เต็มเวลาไม่ควรเกิน 25 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

### 3.5 การพัฒนารายวิชาในหลักสูตร

3.5.1 หมวตวิชาสมรรถนะแกนกลาง สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันสามารถพัฒนารายวิชาเพิ่มเติมในแต่ละกลุ่มวิชา เพื่อเลือกเรียนนอกเหนือจากรายวิชาที่กำหนดให้เป็นวิชาบังคับได้ โดยสามารถพัฒนาเป็นรายวิชาหรือลักษณะบูรณาการ ผสมผสานเนื้อหาวิชาที่ครอบคลุมสาระของกลุ่มวิชาภาษาไทย กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาสังคมศึกษา กลุ่มวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มวิชานั้น ๆ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของหมวตวิชาสมรรถนะแกนกลาง

3.5.2 หมวตวิชาสมรรถนะวิชาชีพ สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันสามารถเพิ่มเติมรายละเอียดของรายวิชาในแต่ละกลุ่มวิชาในการจัดทำแผนการเรียนรู้ และ

สามารถพัฒนารายวิชาเพิ่มเติมในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือกได้ ตามความต้องการของ  
สถานประกอบการหรือยุทธศาสตร์ของภูมิภาค เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ  
ทั้งนี้ ต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์สาขาวิชาและสมรรถนะวิชาชีพสาขางานด้วย

3.5.3 หมวดวิชาเลือกเสรี สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันสามารถพัฒนา  
รายวิชาเพิ่มเติมได้ตามความต้องการของสถานประกอบการ ชุมชน ท้องถิ่น หรือยุทธศาสตร์ของ  
ภูมิภาค เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และหรือเพื่อการศึกษาต่อ ทั้งนี้  
การกำหนดรหัสวิชา จำนวนหน่วยกิตและจำนวนชั่วโมงเรียนให้เป็นไปตามที่หลักสูตรกำหนด

#### 4. ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาเมคคาทรอนิกส์

##### 4.1 จุดประสงค์สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์

4.1.1 เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษาและการสื่อสาร  
ทักษะการคิดและการแก้ปัญหา ทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิตในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ

4.1.2 เพื่อให้มีความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้หลักการบริหารและ  
การจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการทำงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับ  
การพัฒนายาชีพ เมคคาทรอนิกส์ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม  
และเทคโนโลยี

4.1.3 เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการงานพื้นฐานด้าน  
อุตสาหกรรม

4.1.4 เพื่อให้สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ในงานผลิตและงานบริการทาง  
เมคคาทรอนิกส์ ตามหลักการและกระบวนการในลักษณะครบวงจรเชิงธุรกิจ โดยคำนึงถึง  
การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

4.1.5 เพื่อให้สามารถเลือก ใช้ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในงานอาชีพ  
เมคคาทรอนิกส์

4.1.6 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานเมคคาทรอนิกส์ในสถานประกอบการและ  
ประกอบอาชีพอิสระ รวมทั้งการใช้ความรู้และทักษะพื้นฐานในการศึกษาต่อระดับสูงขึ้นได้

4.1.7 เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานและดำรงชีวิตโดยประยุกต์ใช้หลักปรัชญา  
เศรษฐกิจพอเพียง หลักการใช้พลังงานและทรัพยากรอย่างคุ้มค่า คำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเอง  
ผู้อื่นและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

4.1.8 เพื่อให้มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์  
ซื่อสัตย์สุจริต ประหยัด อดทน มีระเบียบวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม  
ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด สามารถพัฒนาตนเองและทำงานร่วมกับผู้อื่น

## 4.2 มาตรฐานการศึกษาวิชาชีพช่างเทคนิคทอนิกส์

คุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาระดับคุณวุฒิการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างเทคนิคทอนิกส์ประกอบด้วย

### 1. ด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1.1 ด้านคุณธรรม จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ ได้แก่ ความเสียสละ ความซื่อสัตย์สุจริต ความกตัญญูตักทวงที ความอดกลั้น การละเว้นสิ่งเสพติดและการพนัน การมีจิตสำนึกและเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพและสังคม ภูมิใจและรักษาเอกลักษณ์ของชาติ เคารพกฎหมาย เคารพสิทธิของผู้อื่น ประพฤติปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ของตนเอง ตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีจิตสาธารณะและจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม

1.2 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความรักสามัคคี มีมนุษยสัมพันธ์ ความเชื่อมั่นในตนเอง สนใจใฝ่รู้ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ชยัน ประหยัด อดทน พึ่งตนเอง ต่อต้านความรุนแรงและการทุจริต ปฏิบัติตนและปฏิบัติงาน โดยคำนึงถึงหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความปลอดภัย อาชีวอนามัย การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

### 2. ด้านสมรรถนะแกนกลาง

#### 2.1 ด้านความรู้ ได้แก่

2.1.1 หลักการใช้ภาษาและเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสื่อสาร

2.1.2 หลักการใช้เหตุผล คิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาและการจัดการ

2.1.3 หลักการดำรงตนและอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคม

2.1.4 หลักการปรับตัวและดำเนินชีวิตในสังคมสมัยใหม่

#### 2.2 ด้านทักษะ ได้แก่

2.2.1 ทักษะการสื่อสารโดยใช้ภาษาและเทคโนโลยีสารสนเทศ

2.2.2 ทักษะการคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

2.2.3 ทักษะทางสังคมและการดำรงชีวิตตามหลักศาสนา วัฒนธรรมและความเป็นพลเมืองและหลักการพัฒนาบุคลิกภาพและสุขอนามัย

#### 2.3 ด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ได้แก่

2.3.1 สื่อสารโดยใช้ภาษาไทย ภาษาต่างประเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศ ในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพ

2.3.2 แก้ไขปัญหาในงานอาชีพโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

2.3.3 ปฏิบัติตามหลักศาสนา วัฒนธรรม ค่านิยม คุณธรรม จริยธรรมทางสังคม และสิทธิหน้าที่พลเมือง

2.3.4 พัฒนาบุคลิกภาพและสุขอนามัย โดยใช้หลักการและกระบวนการด้าน สุขศึกษาและพลศึกษา

### 3. ด้านสมรรถนะวิชาชีพ

#### 3.1 ด้านความรู้ ได้แก่

- 3.1.1 หลักการทั่วไปของงานอาชีพเฉพาะและการวิเคราะห์เบื้องต้น
- 3.1.2 หลักการตัดสินใจ วางแผนและแก้ไขปัญหา
- 3.1.3 หลักการเลือกใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ในงานอาชีพ
- 3.1.4 หลักการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
- 3.1.5 หลักการจัดการงานอาชีพ

#### 3.2 ด้านทักษะ ได้แก่

- 3.2.1 ทักษะการเลือกและประยุกต์ใช้วิธีการ เครื่องมือและวัสดุขั้นพื้นฐานในการปฏิบัติงาน
- 3.2.2 ทักษะการปฏิบัติงานพื้นฐานอาชีพและงานเฉพาะตามแบบแผนที่กำหนด
- 3.2.3 ทักษะการคิด วิเคราะห์และแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน
- 3.2.4 ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้
- 3.2.5 ทักษะด้านสุขภาวะและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

#### 3.3 ด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ได้แก่

- 3.3.1 วางแผน ดำเนินงานตามหลักการและกระบวนการ โดยคำนึงถึง การบริหารงานคุณภาพ การอนุรักษ์พลังงาน ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม หลักอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
- 3.3.2 ปฏิบัติงานพื้นฐานอาชีพเมคคาทรอนิกส์ตามหลักการและกระบวนการ
- 3.3.3 เลือกใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ในงานอาชีพ ตามหลักการ และกระบวนการ โดยคำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัย
- 3.3.4 ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ เพื่อพัฒนาและสนับสนุนงานอาชีพ
- 3.3.5 เขียนแบบ อ่านแบบเทคนิค และเลือกใช้วัสดุอุตสาหกรรม ปรับแปรรูปชิ้นงานด้วยเครื่องมือกลเบื้องต้น
- 3.3.6 คำนวณพารามิเตอร์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



3.3.7 ทดสอบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องกลไฟฟ้า  
นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์

3.3.8 ควบคุมระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์

3.3.9 บริการซ่อมบำรุงรักษาเบื้องต้นในงานเมคคาทรอนิกส์

3.3.10 ผลิตชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ในงานเมคคาทรอนิกส์

สาขางานเมคคาทรอนิกส์

3.3.11 ตัดสินใจ วางแผนและแก้ปัญหาในงานอาชีพเมคคาทรอนิกส์  
ที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมในบางเรื่อง

3.3.12 ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพเทคโนโลยีสารสนเทศและ  
การสื่อสารในการแก้ปัญหาและการปฏิบัติงานเมคคาทรอนิกส์

3.3.13 ให้คำแนะนำพื้นฐานที่ต้องใช้ในการตัดสินใจและการปฏิบัติงานแก่ผู้ร่วมงาน  
จากการที่ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและเนื้อหาของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช  
2562 จึงสรุปได้ว่า หลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชา  
ช่างเมคคาทรอนิกส์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในด้านสมรรถนะวิชาชีพ ด้านทักษะ  
ตลอดไปจนถึงในด้านความรับผิดชอบหน้าที่ของตนเองและด้านคุณธรรมจริยธรรม เพื่อให้ผู้เรียน  
สามารถนำความรู้ความสามารถเหล่านั้นไปประกอบวิชาชีพและดำรงตนในชีวิตประจำวันได้  
**วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น**

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562  
จึงได้ดำเนินการศึกษาแผนการสอนรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20105-2121 ว่ามีเนื้อหา  
ตรงตามจุดประสงค์และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น (ปวช.)

พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ซึ่งจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้นมุ่งเน้นให้แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการ

ทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น ออกแบบและประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็ก เขียนและทดสอบ

โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก และมีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความ

ประณีต รอบคอบและปลอดภัย กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ

ฐานสมรรถนะอาชีพแท้ บูรณาการกับประชาคมอาเซียนและประเมินพฤติกรรมผู้เรียนอาชีวศึกษาตาม

ค่านิยมหลักของคนไทย 12 ประการ

1 จุดประสงค์รายวิชา

1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น

1.2 เพื่อให้มีทักษะเกี่ยวกับการประกอบ ทดสอบ ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

1.3 เบื้องต้นเพื่อให้มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัยเป็นระเบียบ สะอาดตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

## 2. สมรรถนะรายวิชา

2.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

2.2 ตรวจสอบและทดสอบการทำงาน วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

2.3 เขียนโปรแกรม ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น

แผนการเรียนรู้วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

แผนการเรียนรู้วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จำนวน 2 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง เป็นเวลาจำนวน 8 ชั่วโมง

### 1. สาระสำคัญ

ฟังก์ชันเพื่อการใช้งานควบคุมหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot สามารถเลือกใช้งานบางฟังก์ชันตามความจำเป็น โดยการใช้งานทุกฟังก์ชันของภาษา C/C++ ของ Arduino สามารถศึกษาเพิ่มเติมจากเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของ Arduino คือ [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) หรือ [www.arduino.org](http://www.arduino.org) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท คือ

1. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล
2. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก
3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา
4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
6. ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2

การทำงานของ Arduino Wireless Robot แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. จอยสติ๊กไร้สาย รุ่น PS2 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตามการควบคุมของบังคับจอยสติ๊ก PS2
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากจอยสติ๊ก PS2 เพื่อประมวลผลการทำงาน ส่งงานไปยังภาคขับเคลื่อนและชุดควบคุมการจับวัตถุ
3. ภาคขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อขับให้มอเตอร์หมุนรูปแบบต่าง ๆ (เดินหน้า ถอยหลัง หมุนซ้าย หมุนขวา)
4. ชุดควบคุมการจับวัตถุ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเคลื่อนที่ปากจับที่ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ โดยชุดจับวัตถุเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และปีบเข้า-ออก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่นิยมใช้งานและทำได้ง่ายจากฟังก์ชันการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตระกูล คือ วิธีการ PWM (Pulse Wide Modulator) ซึ่งกำหนดความเร็วของมอเตอร์ ด้วยการกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลส์ (ค่าเปอร์เซ็นต์ดิวตีไซเคิล : Duty Cycle) มีค่าตั้งแต่ 0% - 100%

## 2. จุดประสงค์การเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับบอร์ดขับมอเตอร์ L298 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง
3. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับจอยสติ๊ก PS2 ได้อย่างถูกต้อง
4. ประยุกต์โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจได้อย่างถูกต้อง

### สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. ประกอบหุ่นยนต์ Wireless Arduino Robot ได้ตามแบบที่กำหนด
  2. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน Arduino
- ## 3. สารการเรียนรู้
- 3.1 ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล
  - 3.2 ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก
  - 3.3 ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา
  - 3.4 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
  - 3.5 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
  - 3.6 ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2
  - 3.7 การทำงานของ Arduino Wireless Robot
  - 3.8 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีการ PWM
- ## 4. สื่อการเรียนรู้
- 4.1 ใบความรู้
  - 4.2 ใบงาน
  - 4.3 PowerPoint เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

## 5. กระบวนการเรียนรู้

### ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน

นำเสนอประเด็นการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อให้ทำงานได้อย่างหลากหลาย แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino ซึ่งใช้ภาษา C/C++ ของ Arduino ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน ซึ่งการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ สามารถเรียนรู้การใช้งานบางฟังก์ชัน ได้แก่ ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊ก แบบ PS2 ก็สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ขั้นกิจกรรม

อธิบายหลักการทำงานของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot จากแผนผังการทำงานที่กำหนดให้ศึกษา ประกอบ และเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ Wireless Arduino Robot ส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ กำหนดการแข่งขันหุ่นยนต์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบและสร้างสนามเพื่อใช้แข่งขัน

### ขั้นวิเคราะห์

ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มกันประกอบและปรับปรุงหุ่นยนต์ เพื่อเข้าแข่งขันในสนามที่ร่วมกันออกแบบและสร้าง โดยให้ผู้เรียนทำการวิเคราะห์และอภิปรายรูปแบบการออกแบบตัวหุ่นยนต์และการปรับปรุงโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อเข้าแข่งขัน นำเสนอหน้าชั้นเรียน มีผู้สอนเป็นอำนวยความสะดวกและติกรอบในการนำเสนอ

ทำแบบฝึกหัด

ทำแบบทดสอบ

### ขั้นสรุปและประเมินผล

ตรวจงานที่มอบหมาย

ตรวจแบบฝึกหัดท้ายบท

ตรวจแบบทดสอบ

## 6. กระบวนการวัดผลและประเมินผล

### การวัดผล

1. วัดผลจากการทำแบบฝึกหัด
2. วัดผลจากการทำแบบทดสอบ
3. วัดผลจากการทำใบงาน

### การประเมินผล

1. ทำแบบฝึกหัดถูกต้องไม่น้อยกว่า 60%
2. ทำแบบทดสอบถูกต้องไม่น้อยกว่า 60%
3. ทำใบงานถูกต้องไม่น้อยกว่า 80%

### 7. แหล่งความรู้

- 7.1 คำอธิบายรายวิชา
- 7.2 ประสบการณ์ของครูผู้สอน
- 7.3 เอกสาร/ตำรา/IT

### 8. บันทึกหลังการสอน

- 8.1 จุดประสงค์ (ผู้เรียนผ่านและไม่ผ่านการประเมินกี่คน)
- 8.2 สาเหตุและปัญหา
- 8.3 ข้อเสนอแนะและการแก้ไข (ใช้การซ่อมเสริมหรือใช้วิธีการใดในการแก้ไข)

### ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล

เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการกำหนดประเภทของขาพอร์ต การควบคุมทิศทางของมอเตอร์ตามขาพอร์ตที่ต้องการ

#### 1. ฟังก์ชัน pinMode

ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ ให้เป็นพอร์ตดิจิทัล

รูปแบบการใช้งาน pinMode (pin, mode)

พารามิเตอร์

pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO (2-13 โดยขา 0, 1 สำหรับ

การสื่อสาร)

mode คือ กำหนดโหมดการทำงานเป็น INPUT หรือ OUTPUT

(ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่)

ตัวอย่างเช่น

```
pinMode(13, OUTPUT) //กำหนดให้พอร์ต 13 เป็น Digital Output
```

```
pinMode(5, INPUT) //กำหนดให้พอร์ต 5 เป็น Digital Input
```

#### 2. ฟังก์ชัน digitalWrite

ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการให้เป็นพอร์ตดิจิทัล

รูปแบบการใช้งาน digitalWrite(pin,value)

พารามิเตอร์

pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO (2-13 โดยขา 0, 1 สำหรับการสื่อสาร)

value คือ กำหนดค่า OUTPUT กำหนดได้ 2 ค่า คือ LOW หรือ HIGH

ตัวอย่างเช่น

```
digitalWrite (13, LOW) //กำหนดค่าออกพอร์ต 13 เป็น LOW
```

```
digitalWrite(13, HIGH) //กำหนดค่าออกพอร์ต 13 เป็น HIGH
```

ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก

เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการกำหนดความเร็วของมอเตอร์ โดยใช้เทคนิค PWM

ในการควบคุม ซึ่งจะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ผ่านบอร์ดขับมอเตอร์ L298N

1. ฟังก์ชัน analogWrite

ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการให้สร้างสัญญาณ PWM

รูปแบบการใช้งาน analogWrite(pin,value)

พารามิเตอร์

pin อ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO (3, 5, 6, 9, 10, 11)

mode คือ ค่า Duty cycle มีค่า 0-255 (ตัวแปรแบบ Byte)

ตัวอย่างเช่น

```
- analogWrite (3, 127)
```

```
//กำหนดให้พอร์ต 3 ส่งสัญญาณ PWM ที่มี Duty cycle ประมาณ 50%
```

```
//สามารถคำนวณได้จาก (127/255)X100 = 49.80%
```

```
//กรณีที่มีมอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 3,600rpm (3,600 รอบ/นาที)
```

สามารถคำนวณความเร็วต่อรอบของมอเตอร์ได้จาก  $(50/100) \times 3,600 = 1,800\text{rpm}$

ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา

เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการใช้สำหรับหน่วงเวลาหรือคงสถานะของการทำงาน

เพื่อลดความผิดพลาดจากการกดปุ่มจอยสติ๊ก PS2 ซึ่งต้องกำหนดค่าที่เหมาะสมจึงจะทำงานได้ดี

1. ฟังก์ชัน delay

ใช้สำหรับหน่วงเวลาหรือคงสถานะของการทำงานที่กระทำผ่านมา

รูปแบบการใช้งาน delay(ms)

พารามิเตอร์

ms คือ ตัวเลขกำหนดระยะเวลาที่ต้องการหน่วงเวลา (1,000ms = 1

s = 1 วินาที)

ตัวอย่างเช่น

Delay (1500) //หน่วงเวลาหรือคงสถานการณ์ทำงาน

เป็นระยะเวลา 1.5 วินาที

ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในการรับส่งสัญญาณระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับจอยสติ๊ก PS2 โดยจะแสดงผลทางหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์

1. ฟังก์ชัน Serial.begin

เป็นฟังก์ชันการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม ใช้กำหนดค่าอัตราการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bits per second : bps)

รูปแบบการใช้งาน Serial.begin (int datarate);

พารามิเตอร์

Serial.begin คือ การกำหนดค่าอัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม

Int datarate คือ อัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม กำหนดเป็นตัวแปรชนิด int สามารถเลือกกำหนด ได้แก่ 300, 1200, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 หรือ 115200 bps

ตัวอย่างเช่น

- Serial.begin (9600); //กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม

9600 bps

2. ฟังก์ชัน Serial.print

ใช้พิมพ์ข้อมูลแบบแสดงข้อความต่อเนื่องในบรรทัดเดียวกัน ออกทางพอร์ตอนุกรม ใช้คู่กับฟังก์ชัน Serial.begin

รูปแบบการใช้งาน Serial.print (data);

พารามิเตอร์

Serial.print คือ พิมพ์ข้อมูลออกพอร์ตอนุกรม แบบต่อเนื่อง

data คือ ข้อมูลที่ต้องการพิมพ์ออก แสดงผลหน้าจอคอมพิวเตอร์

ตัวอย่างเช่น

- Serial.print (“Hello ROBOT”); //พิมพ์ข้อมูลข้อความ Hello

ROBOT ออกทางพอร์ตอนุกรม

### 3. ฟังก์ชัน Serial.println

ใช้พิมพ์ข้อมูลแบบขึ้นบรรทัดใหม่หลังจบข้อความออกทางพอร์ตอนุกรม

ใช้คู่กับฟังก์ชัน Serial.begin

รูปแบบการใช้งาน Serial.println (data);

พารามิเตอร์

Serial.println คือ พิมพ์ข้อมูลออกพอร์ตอนุกรม แบบขึ้นบรรทัดใหม่

data คือ ข้อมูลที่ต้องการพิมพ์ออก แสดงผลหน้าจอกอมพิวเตอร์

ตัวอย่างเช่น

- Serial.println (“Hello ROBOT”); //พิมพ์ข้อมูลข้อความ

Hello ROBOT ออกพอร์ตอนุกรม แบบขึ้นบรรทัดใหม่หลังจบข้อความ

ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ของชุดปากคืบ เพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ทั้งการยกชิ้นงานและหนีบจับชิ้นงาน

#### 1. ฟังก์ชัน Servo class

ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่ต่อกับ Arduino UNO โดยใช้ความสามารถของไลบรารี Servo.h เพื่อให้เรียกใช้งานในโปรแกรมได้ง่าย

รูปแบบการใช้งาน Servo class;

พารามิเตอร์

Servo คือ การเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์

class คือ ชื่อตัวแปรของ Servo class ซึ่งสามารถใช้ชื่ออื่นได้ เช่น

myservo หรือ servomotor หรือ servo1 หรืออื่น ๆ ที่ไม่ตรงกับคำสงวน

ตัวอย่างเช่น

- Servo myservo; //การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ในโปรแกรมจะต้อง

เรียกใช้ด้วยคำว่า myservo

#### 2. ฟังก์ชัน attach()

ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

รูปแบบการใช้งาน myservo.attach(pin);

พารามิเตอร์

myservo คือ การเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์จากการสร้างตัวแปรในฟังก์ชัน

Servo class;

attach คือ การกำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ



pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO แนะนำให้ใช้พอร์ต 2-13

ตัวอย่างเช่น

```
- myservo.attach(12); //กำหนดให้พอร์ต 12 ใช้งานในการสร้าง
```

สัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

3. ฟังก์ชัน write()

ใช้ส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ โดยการกำหนดเป็นองศา

รูปแบบการใช้งาน myservo.write(degrees);

พารามิเตอร์

myservo คือ การเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์จากการสร้างตัวแปรในฟังก์ชัน

Servo class;

write คือ การส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

degrees คือ องศาที่ต้องการให้เคลื่อนที่ไป มีค่าตั้งแต่ 0-180

ตัวอย่างเช่น

```
- myservo.write(90); //ส่งสัญญาณไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ชื่อ
```

myservo ให้ไปที่ตำแหน่ง 90 องศา

ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติคแบบ PS2

เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการควบคุมการรับส่งสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino กับจอยสติค PS2 ซึ่งฟังก์ชันที่ใช้งานเป็นฟังก์ชันที่ถูกเรียกมาจากไลบรารีชื่อ “PS2X”

ซึ่งการใช้งานฟังก์ชันต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจะต้องทำการผนวกไลบรารีดังกล่าวก่อน

1. ฟังก์ชัน PS2X

ใช้ประกาศเพื่อให้ทราบว่าต้องการใช้งานกับ Joystick รุ่นใด

ตัวอย่างเช่น

```
- PS2X ps2x; //เรียกใช้งาน Joystick PlayStation 2
```

รุ่น PlayStation 2

2. ฟังก์ชัน config\_gamepad

ใช้กำหนดขาเชื่อมต่อกับ Joystick

ตัวอย่างเช่น

```
- ps2x.config_gamepad(PS2_CLK, PS2_CMD, PS2_SEL, PS2_DAT,
```

false, false);

```
//กำหนดขาเชื่อมต่อกับ Joystick ได้แก่ ขา CLK, CMD, SEL, DAT
```

### 3. ฟังก์ชัน read.gamepad

ใช้อ่านค่าจาก Joystick

ตัวอย่างเช่น

```
- ps2x.read_gamepad(false, false); //อ่านค่าจาก Joystick
```

PlayStation 2

### 4. ฟังก์ชัน Button/ButtonPressed

ใช้กำหนดลักษณะการกดปุ่มจาก Joystick โดยกำหนดให้

Button การกดปุ่มค้าง ทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณอย่างต่อเนื่อง

ButtonPressed การกดปุ่ม 1 ครั้ง ทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณ

จำนวน 1 ชุด

ตัวอย่างเช่น

```
- ps2x.Button(PSB_CIRCLE)
```

//มีการกดปุ่ม วงกลม (CIRCLE) ค้าง ทำให้ Arduino UNO

ได้รับสัญญาณอย่างต่อเนื่อง

```
- ps2x.ButtonPressed(PSB_CIRCLE)
```

//มีการกดปุ่ม วงกลม (CIRCLE) จำนวนหนึ่งครั้ง ทำให้ Arduino

UNO ได้รับสัญญาณ 1 ชุด

```
//หรือกดปุ่ม วงกลม (CIRCLE) ค้าง ก็ยังทำให้ Arduino UNO
```

ได้รับสัญญาณ 1 ชุด เช่นเดิม

การทำงานของ Arduino Wireless Robot

Arduino Wireless Robot เป็นชุดหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาสำหรับการประกอบและพัฒนาโปรแกรม เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็กควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สายหรือแบบมีสาย ออกแบบการขับเคลื่อนแบบ Skid Stee ซึ่งมีจุดเด่นที่มีกำลังในการเคลื่อนที่สูง ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ดีในทุกสภาพพื้นผิว สามารถเปลี่ยนมอเตอร์เป็นรุ่น 120:1 เพื่อให้มีแรงบิดมากขึ้นหรือเปลี่ยนมอเตอร์เป็นรุ่น 48:1 เพื่อให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น การออกแบบ Arduino Wireless Robot คำนึงถึงการใช้งานและการซ่อมบำรุง อะไหล่ทุกชิ้นส่วนในตัวหุ่นยนต์มีจำหน่ายทางอินเทอร์เน็ต เช่น [www.arduinoall.com](http://www.arduinoall.com), [www.myarduino.com](http://www.myarduino.com) และ [www.arduitronics.com](http://www.arduitronics.com) ซึ่งจำหน่ายราคาถูกและการบริการจัดส่งทางขนส่งเอกชนหรือไปรษณีย์ ทำให้สะดวกรวดเร็วในการซ่อมบำรุง

การทำงานของ Arduino Wireless Robot แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. จอยสติ๊กไร้สาย รุ่น PS2 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามการควบคุมของบังคับจอยสติ๊ก PS2

2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากจอยสติ๊ก PS2 เพื่อประมวลผลการทำงาน ส่งงานไปยังภาคขับเคลื่อนและชุดควบคุมการจับวัตถุ

3. ภาคขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อขับให้มอเตอร์หมุนรูปแบบต่าง ๆ (เดินหน้า ถอยหลัง หมุนซ้าย หมุนขวา)

4. ชุดควบคุมการจับวัตถุ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเคลื่อนที่ปากจับที่ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ โดยชุดจับวัตถุเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และบีบเข้า-ออก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีการ PWM

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์สามารถทำได้ด้วยวิธีการลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ แต่วิธีการที่นิยมใช้งานและทำได้ง่ายจากฟังก์ชันการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตระกูล คือ วิธีการ PWM (Pulse Wide Modulator) ซึ่งกำหนดความเร็วของมอเตอร์ด้วยการกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลส์ (ค่าเปอร์เซ็นต์ดิวตีไซเคิล : Duty Cycle) มีค่าตั้งแต่

0% - 100%

Duty Cycle สามารถคำนวณค่าแรงดันเฉลี่ยได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- Duty Cycle 100%

$$= (100/100) \times 5V = 5V$$

แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 100% คือ 5V

- Duty Cycle 75%

$$= (75/100) \times 5V = 3.75V$$

แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 75% คือ 3.75V

- Duty Cycle 50%

$$= (50/100) \times 5V = 2.5V$$

แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 50% คือ 2.5V

- Duty Cycle 25%

$$= (25/100) \times 5V = 1.25V$$

แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 25% คือ 1.25V

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น นั้น เป็นการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงความหมายและหลักการของหุ่นยนต์ เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาพัฒนาในการสร้างหุ่นยนต์และออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้

## การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education

เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education เพื่อเป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 1. แนวคิดและความหมายของ STEAM Education

จากการสืบค้นเกี่ยวกับแนวคิดและความหมายของสะเต็มศึกษา มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

Yakman (2010) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสะเต็มศึกษากล่าวว่า คือ รูปแบบการศึกษาแบบบูรณาการที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีรายวิชาดั้งเดิม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาประกอบเป็นกรอบความคิดเพื่อวางแผนหลักสูตรบูรณาการ นอกจากนี้ยังระบุลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาว่า จะต้องประกอบไปด้วย 1) สถานการณ์ (Situation) 2) มีการออกแบบเชิงสร้างสรรค์เพื่อค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา (Creative design) และ 3) มีความดึงดูดเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา (emotional touch)

Fioriello (2010) ได้กล่าวว่า แนวคิด STEAM นั้นพัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนในวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Foundation : NSF) เป็นผู้ริเริ่มใช้คำ ดังกล่าว โดยในอดีตทั่วไป การจัดการเรียนการสอนนั้นจะแยกตามสาระวิชา ซึ่งต่างจากหลักการของสะเต็มนั้นจะนำสาระและสาขาวิชาทั้งสี่สาขามารวมกันโดยใช้เทคโนโลยีสื่อผสมผสาน ช่วยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และหาวิธีใหม่ในการแก้ปัญหาและนำไปประยุกต์ต่อสิ่งที่เรียนรู้ต่อไปได้

Riley (2014) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาคือแนวคิดทางการศึกษา (Education approach) สำหรับการเรียนรู้โดยใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และศิลปะ เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่กระบวนการสืบสอบ การอภิปราย และการคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้แล้ว การเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียนตลอดเวลา ควรมีการวางแผนแบบร่วมมือ รวมทั้งควรสร้างและปรับบทเรียนให้เชื่อมโยงมีการนำ เนื้อหาวิชามารวมกันผ่านผลงานที่แสดงออก และควรมีการประเมินตามสภาพจริง

Patrick (2018) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEAM Education) สะท้อนถึงสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความมุ่งมั่นที่จะสร้างแรงบันดาลใจ การมีส่วนร่วมและบริบทโลกแห่งความจริง ซึ่งผู้เรียนสามารถได้รับและใช้ทักษะ รวมทั้งความเข้าใจ

ทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย สำหรับวิธีการสอนยังคงเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและเน้นการเรียนรู้เป็นหลัก โดยเฉพาะการทำงานเป็นทีมและการสื่อสาร

All Education school (2018) กล่าวว่า STEAM ให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ผ่านงานศิลปะการออกแบบ โดยรวมไปถึงภาษา ศิลปะ สังคมศึกษา พลศึกษา ศิลปกรรมศาสตร์ และดนตรีด้วย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างรากฐานของ STEM โดยช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ Plan for kids ได้กล่าวว่า STEAM เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการเนื้อหาและทักษะความรู้ 4 สาขารวมเข้ากับศิลปะ (Arts) เข้าไปพัฒนาเป็นแนวการศึกษาที่ครอบคลุมบนพื้นฐานของการสนับสนุนให้เกิดการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) นับเป็นการ “หล่อหลอม” (Nurture) สิ่งที่นักเรียนสงสัยใคร่รู้ (Curiosity) และช่วยให้พัฒนาความคิดเชิงพิจารณา (Critical thinking) เพื่อเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหาอีกด้วย

สิริวรรณ จรัสรวีวัฒน์ (2560) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM เป็นการเปลี่ยนแปลงการวิจัยด้านศิลปะและการออกแบบ โดยยังใช้ STEM เป็นศูนย์กลาง และสามารถบูรณาการศาสตร์ทางด้านศิลปะและการออกแบบได้ดี ซึ่งเหมาะกับการศึกษาในระดับอุดมศึกษา รวมทั้งยังเป็นการสร้างศิลปินหรือนักออกแบบที่มีศักยภาพสู่ตลาดแรงงานต่อไป

ณัฐดนัย เนียมทอง (2561) ได้กล่าวว่า STEAM Education ก็เป็นแนวทางการศึกษาที่ต่อยอดจากการศึกษาแบบ STEM ซึ่งการบูรณาการกิจกรรมหรือการศึกษาต่าง ๆ นั้น จะมีลักษณะที่เชื่อมโยงกัน ทั้งนี้การบูรณาการด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมนั้นมีความสำคัญ แต่จะดีมากยิ่งขึ้นถ้าศิลปะเข้ามาช่วยเสริมเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ สร้างแรงบันดาลใจ และความสุขในการเรียนรู้สู่การเติบโต รวมทั้งการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) อาจนำไปสู่วินัยในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี และเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา ดังนั้นการบูรณาการทั้ง 4 ได้แก่ ทักษะวิทยาศาสตร์ ทักษะคณิตศาสตร์ ทักษะเทคโนโลยี และทักษะวิศวกรรม และเพิ่มทักษะทางศิลปะเข้าไปอีก 1 ทักษะ จะทำให้เกิดความคิดแบบองค์รวม (Holistic way) เกิดขึ้น

ดังนั้น จากข้อมูลข้างต้นสรุปแนวคิดและความหมายของสะเต็มศึกษา คือ รูปแบบการศึกษาที่พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและกิจกรรมต่าง ๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะเข้าด้วยกัน ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ผ่านการแก้ปัญหา การออกแบบ และผลงานอย่างสร้างสรรค์

## 2. องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education

จากการสืบค้นเกี่ยวกับองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีนักวิชาการชาวอเมริกา ชื่อ Georgette Yakman (Yakman, 2008) ได้ทำการพัฒนาแนวทางการจัดการศึกษาจาก STEM เป็น STEAM โดยเพิ่มตัวอักษร A เข้ามาโดยที่อักษร A หมายถึง ศิลปะหรือศาสตร์ ซึ่งรวมถึงเรื่องภาษา วรรณกรรม ปรัชญา จิตวิทยา สังคม และมนุษย์อีกด้วย และได้จำแนกองค์ประกอบของ STEAM ไว้ดังนี้

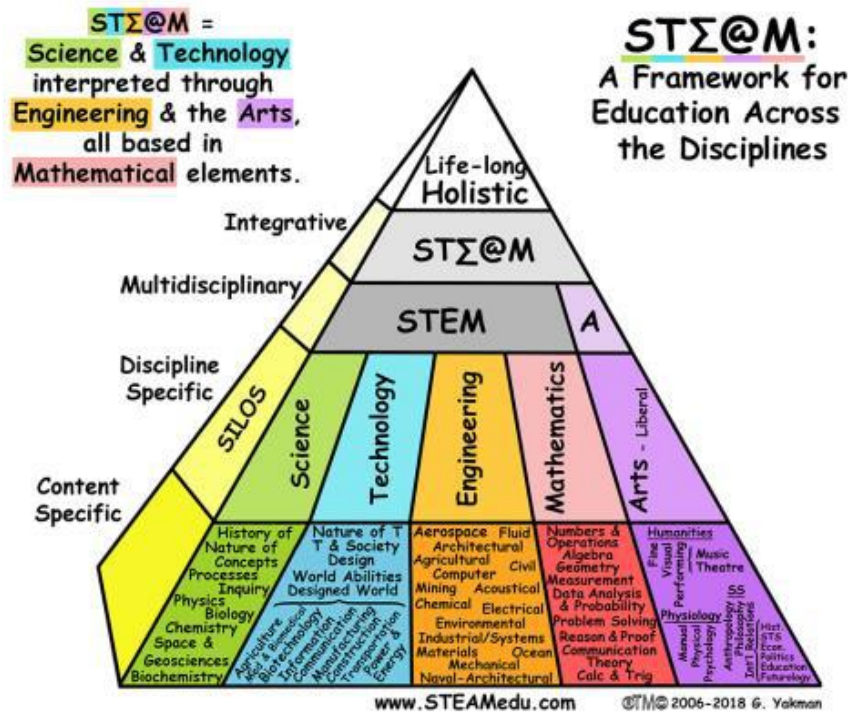
1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ สิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและสิ่งที่ได้รับผลกระทบ สาระแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ชีววิทยา ชีวเคมี เคมี ธรณีศาสตร์ การสอบสวน พิสูจน์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือนวัตกรรม การเปลี่ยนแปลงหรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ได้แก่ เทคโนโลยีการเกษตรกรรม การก่อสร้าง การสื่อสาร ข้อมูลการผลิต การแพทย์ กำลังและพลังงาน พลังงานการผลิต และการขนส่ง

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ การใช้เหตุผลหลักการและการสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ การวิจัย การพัฒนา การออกแบบ และการประดิษฐ์หรือ “การออกแบบภายใต้ข้อจำกัด” รวมถึงการบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมีโยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม ของเหลว อุตสาหกรรม และระบบ วัสดุ เครื่องกล กองทัพอากาศ และมหาสมุทร

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาที่เกี่ยวกับตัวเลข ความสัมพันธ์เชิงสัญลักษณ์ รูปแบบ รูปร่าง ความไม่แน่นอน และการใช้เหตุผล รวมถึง พีชคณิต แคลคูลัส การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เรขาคณิต ตัวเลขและการดำเนินงาน การแก้ปัญหา เหตุผลและหลักฐาน ทฤษฎี และตรีโกณมิติ

5. ศิลปะ (Arts) คือ การสื่อสาร การสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทักษะคิด และขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อมาจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต ทักษะศิลป์ ดนตรี การเคลื่อนไหว ร่างกาย นาฏศิลป์ การแสดง ภาษาวรรณกรรม รวมทั้งการศึกษาประวัติศาสตร์ ปรัชญาการเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา และเทววิทยา



ที่มา : Yakman (2008)

ภาพประกอบ 1 แสดงโครงสร้างสะเต็มศึกษาของ Yakman

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ มาเป็นองค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอน

### 3. ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจากการสืบค้น ศึกษาเอกสาร บทความต่าง ๆ มีนักวิชาการหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

Ministry of Education's online in New Zealand (2013) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดนอกกรอบ ได้แสดงความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ รู้สึกสะดวกสบายเมื่อได้การเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ส่งเสริมการทำงานร่วมกับผู้อื่น เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยี เกิดความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้นเกี่ยวกับโลกรอบตัว และรู้สึกมีอำนาจที่จะเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้น

Orow (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า สะเต็มศึกษาตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจต่อการค้นพบนวัตกรรม ในขณะที่ก็มีการเรียนรู้

วิชาเหล่านี้ในเวลาเดียวกัน นักเรียนจะพิจารณามุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาอย่างเฉพาะเจาะจง ในขณะที่การเรียนรู้แบบดั้งเดิมพัฒนาความรู้ตามข้อเท็จจริง สะเต็มศึกษาจะพัฒนาทักษะที่จำเป็น รวมทั้งความยืดหยุ่นของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์และการสื่อสาร การศึกษา ปี 2556 พบว่า เมื่อนำศิลปะศาสตร์บูรณาการกับวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) และเทคโนโลยี พบว่า นักเรียนประสบความสำเร็จเพิ่มขึ้นในสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่จะเป็นการเตรียมนักเรียนสำหรับอนาคต แต่ยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อการเรียนรู้อีกด้วย

University-Portland (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า สะเต็มศึกษาในห้องเรียนส่งเสริมให้นักเรียนเข้าสู่กระบวนการสร้างสรรค์ เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม เรียนรู้วิธีช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และหาวิธีใช้จุดแข็งและทักษะที่แตกต่างกัน รวมทั้งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างไตร่ตรองและการอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมเหล่านี้ นักเรียนเรียนรู้วิธีการแบ่งความรับผิดชอบ มีความประนีประนอมรับฟังและให้กำลังใจซึ่งกันและกัน นักเรียนบางคนเกิดความตื่นเต้นหรืออยากรู้ อยากเห็นมากขึ้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง เพิ่มการคิดเชิงวิพากษ์ คิดอย่างเป็นระบบผ่านปัญหา การใช้ข้อมูลที่เรียนรู้ตลอดทางเกี่ยวกับเทคโนโลยีและวิศวกรรม เพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด มีมุมมองการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่เหมือนใคร ใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการลองผิดลองถูก เรียนรู้วิธีเสี่ยง และหาวิธี “ คิดนอกกรอบ ” โดยมุ่งเน้นไปที่รายละเอียด พร้อมเรียนรู้ที่จะถอยกลับและมองภาพใหญ่ขึ้น แก้ปัญหาด้วยวิธีที่สร้างสรรค์ และจากการใช้ศิลปะในสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่า ศิลปะมีความหลากหลาย และเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรม เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์นั้น ศิลปะสามารถช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วม เนื่องจากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงสื่อศิลปะ ที่ชอบ เช่น ทัศนศิลป์ และดนตรี เข้ากับโครงการทางเทคนิคอื่น ๆ ที่อาจดูน่ากลัวในตอนแรก เช่น การสร้างแอปพลิเคชันหรือการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ นักเรียนสามารถผสมผสานความคุ้นเคยกับ สิ่งที่ไม่คุ้นเคย และได้รับทักษะใหม่จากการค้นพบโลกแห่งนวัตกรรมทางศิลปะได้เช่นกัน

University of San Diego (2019) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่า สะเต็มศึกษาไม่เพียงแต่สอนให้นักเรียนเรียนรู้ถึงวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และใช้ความคิดสร้างสรรค์เท่านั้น แต่ยังเตรียมนักเรียนให้ทำงานในสาขาที่กำลังจะ เติบโตในอนาคต (ตามข้อมูลของ Ann Arbor Public Schools Educational Foundation กระทรวงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกาประมาณ การว่างงานในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์ จะเติบโต 17% ในปี 2018) สะเต็มศึกษาสอนนักเรียนถึงวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณและ วิธีแก้ปัญหาและทักษะที่สามารถใช้ได้ตลอดชีวิตอีกด้วย



ดังนั้น จากข้อมูลข้างต้นสรุปการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความสำคัญในการดำเนินชีวิตของบุคคล เนื่องจากสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนคิดนอกกรอบ แสดงความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้น เพื่อแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย บนพื้นฐานการบูรณาการเนื้อหาวิชา รวมทั้งทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ นอกจากนี้ยังส่งเสริมและพัฒนา ทักษะในการดำเนินชีวิตในโลกอนาคต ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

#### 4. ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการสืบค้นเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้รายละเอียดไว้ถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น ผ่านกิจกรรมกระบวนการต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ต้องเน้น การบูรณาการและเชื่อมโยงกันได้ของเนื้อหาวิชาบนพื้นฐานของสะเต็มศึกษา เพื่อคิดแก้ไขปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ดังนี้

Riley (2014) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิด สะเต็มศึกษา ซึ่งยึดถือพื้นฐานการสอนที่มีการบูรณาการ โดยแต่ละเนื้อหาวิชาควรได้รับการสอนและ สามารถเชื่อมโยงกันได้ผ่านการประเมินผลและมาตรฐานการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจค้นหา (Investigate) ครูและนักเรียนร่วมกันสำรวจหัวข้อ ความคิด หรือปัญหาในขอบเขตเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง
2. ขั้นการค้นพบ (Discovery) ครูและนักเรียนสร้างแผนผังความคิด (Schema map) เกี่ยวกับหัวข้อความคิดหรือปัญหาที่เลือก ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นแนวโน้มของรูปแบบ ลำดับ หรือหัวข้อย่อยได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น
3. ขั้นเชื่อมต่อ (Connect) หลังจากสร้างแผนผังความคิด (schema map) แล้วให้เลือก 1-2 หัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหาที่เลือกมาเชื่อมโยงกัน โดยสามารถวัด ประเมินผลให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ของทั้งสองหัวข้อ/เนื้อหาที่เลือกมา
4. ขั้นสร้าง (Create) นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อหรือปัญหาที่ต้องการ ศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างผลงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท
5. ขั้นสะท้อน (Reflect) เมื่อนักเรียนสร้างผลงานผ่านบทเรียนและทำโครงการงาน หรืองานมอบหมายเสร็จสมบูรณ์ แล้วนักเรียนจะต้องไตร่ตรองและวิจารณ์งานของตนเอง รวมทั้ง ของเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินตนเอง ระบุริค (rubrics) แพ้มีสะสม ผลงาน และการประเมินแบบคู่ (peer reviews) นอกจากนี้ครูและผู้บริหารต้องมีส่วนร่วมในการ ประเมินผลกระบวนการจัดการเรียนการสอนของบทเรียนและผลงานด้วย

Riley (2016) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบวิธีการสร้างห้องเรียน STEAM ให้เป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered classroom) โดยครูควรวีด้กับคาถามว่า “อย่างไร” ในทุกขั้นตอน เพื่อการแก้ไขปัญหามี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครูและนักเรียนร่วมกันเลือกคำถามที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหา สิ่งสำคัญคือต้องให้ความสำคัญอย่างชัดเจนกับทั้งคำถามและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ STEAM ที่เลือก
2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์/รายละเอียด (Detail) เป็นขั้นตอนที่มองหาองค์ประกอบที่สนับสนุนปัญหาหรือคำถาม สังเกตความสัมพันธ์กับองค์ประกอบอื่น ๆ หรือสาเหตุของปัญหา รวมทั้งทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม
3. ขั้นการค้นพบ (Discovery) คือ การวิจัยเชิงรุก การลงมือปฏิบัติ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนค้นคว้าหาวิธีแก้ปัญห แต่ไม่ได้ทำงานตามวิธีแก้ปัญหามีอยู่เดิมแล้วอย่างสร้างสรรค์ ครูสามารถใช้ขั้นตอนนี้เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียนในทักษะหรือกระบวนการนั้น ๆ เพื่อสอนทักษะกระบวนการเหล่านั้นให้กับนักเรียน
4. ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) หลังจากนักเรียนเข้าใจปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์วิธีแก้ปัญห นักเรียนสามารถเริ่มสร้างวิธีการแก้ปัญหหรือองค์ประกอบของตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนในขั้นตอนการค้นพบสู่การปฏิบัติด้วยตนเอง
5. ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนต้องมีการนำเสนอผลงาน มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อรับฟังความคิดเห็นตามวิธีการแสดงออกตามมุมมองของนักเรียนในห้อง นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการให้และรับข้อมูล
6. ขั้นประเมินและปรับปรุง/เชื่อมโยง (Link) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเองจากการไตร่ตรอง นักเรียนสามารถแก้ไขงานได้ตามต้องการและสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น

College of Engineering, University of Colorado Boulder (2019)

ได้อธิบายขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรม เพื่อแก้ไขปัญหาย่างสร้างสรรค์ผ่าน 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Identify the need) นักเรียนทบทวนขั้นตอนของการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งหารือเกี่ยวกับความต้องการสำหรับโครงการ กำหนดปัญหาและตรวจสอบข้อกำหนดและข้อจำกัดของโครงการ

2. ขั้นดำเนินการวิจัย (Research the problem) นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหา เพื่อสร้างแนวความคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. ขั้นระดมสมอง (Brainstorm possible solutions) นักเรียนร่วมกันสร้างแผนผังความคิดและระดมสมอง เพื่อสร้างวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้อย่างสร้างสรรค์ให้ได้มากที่สุด

4. ขั้นประเมิน (Engineering analysis) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ไขปัญหที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมด เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหที่เป็นไปได้มากที่สุด 1 แนวทาง เพื่อใช้ดำเนินการสร้างสรรค์ชิ้นงานต่อไป

5. ขั้นสร้างและทดสอบต้นแบบ (Construct a prototype) นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมและสร้างต้นแบบ นักเรียนจะได้รับประสบการณ์การใช้วัสดุก่อสร้างที่มีอยู่ พร้อมทั้งนำเสนอต้นแบบชิ้นงานในชั้นเรียน

6. ขั้นดำเนินการประเมินและผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (Evaluate/ Manufacture a final Product) เมื่อนักเรียนได้ชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นแล้ว นักเรียนจะต้องประเมินการออกแบบการผลิตชิ้นงาน คณะทำงาน วัสดุ อุปกรณ์/เครื่องมือต่าง ๆ ด้วย

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้โดยบูรณาการและเชื่อมโยงกันของเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหามี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) ครูกำหนดสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญ เพื่อตอบหรือแก้ปัญหาดังกล่าว โดยทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้น ต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบกับสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่เลือกกำหนดวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทักษะกระบวนการที่นักเรียนต้องตอบคำถาม โดยการสร้างแผนที่ความคิด

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery) นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) นักเรียนสร้างผลงาน/ชิ้นงานหรืองานมอบหมาย โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนนำเสนอผลงาน/ชิ้นงาน หรือ งานมอบหมายหน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) นักเรียนสะท้อนความคิดเห็น ที่ได้รับการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงาน ของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำการประเมิน ผ่านการประเมินแบบบูรณาการ

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ได้เห็นถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อที่นำไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### การหาประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพ เพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. ความหมายของการหาประสิทธิภาพ

มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของประสิทธิภาพไว้ดังนี้

ดวงมาลา จาริขานนท์ (2551) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพไว้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง คุณภาพของสื่อที่เกิดจากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสื่อและเทคโนโลยีการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งประสิทธิภาพมาจากผลลัพธ์ของการคำนวณ ( $E_1$ ) เป็นตัวเลขแรกและ ( $E_2$ ) เป็นตัวเลขหลัง ถ้าตัวเลขเข้าใกล้ร้อยมากเท่าไร ยิ่งถือว่ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเท่านั้น เป็นเกณฑ์พิจารณาการรับรองประสิทธิภาพของสื่อการสอน

สมหมาย ศุภพิณี (2551) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพไว้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง คุณภาพของสื่อซึ่งนำไปจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ขึ้นมาสำหรับทดสอบ ทำให้ทราบว่าสื่อที่สร้างขึ้นมานั้นมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด

วิมล เหล่าเคน (2552) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง คุณภาพของสื่อการเรียนการสอนหรือนวัตกรรม ซึ่งนำไปจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง คุณภาพของสื่อที่เกิดจากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสื่อหรือนวัตกรรม ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งประสิทธิภาพจะมาจากผลลัพธ์ของการคำนวณ ( $E_1$ ) เป็นตัวเลขแรก และ ( $E_2$ ) เป็นตัวเลขหลัง โดยมีการกำหนดเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อพิจารณา รับรองประสิทธิภาพของสื่อการสอนนั้น ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้

$E_1$  คือ ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มระหว่างเรียน และแบบทดสอบย่อยประจำเนื้อหา

$E_2$  คือ ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

## 2. การหาประสิทธิภาพของสื่อ

การหาประสิทธิภาพของสื่อ เป็นการนำสื่อไปทดลองใช้ได้มีนักศึกษากล่าวไว้ดังนี้  
 เผชัญ กิจระการ (2544) ได้กล่าวถึงวิธีการหาประสิทธิภาพของสื่อที่สร้างขึ้น

2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) ในการบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักความรู้ และเหตุผล ในการตัดสินคุณค่าของสื่อการเรียนการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่า เป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความสามารถ ในด้านการนำไปใช้ ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะนำมาหาค่าประสิทธิภาพต่อไป

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของสื่อ เช่น บทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) บทเรียนสำเร็จรูป ชุดการสอน แผนการสอน แบบฝึกทักษะ เป็นต้น ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัด ส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการเรียน หรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงค่าตัวเลข 2 ตัว เช่น  $E_1/E_2 = 80/80$ ,  $E_1/E_2 = 90/90$ ,  $E_1/E_2 = 95/95$  เป็นต้น

เกณฑ์ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะ  
 ในที่นี้จะยกตัวอย่าง  $E_1/E_2 = 80/80$  ดังนี้

2.1 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนการหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ใช้สูตรดังนี้

$$\text{สูตร } E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$  แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยทุกชุด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$\text{สูตร } E_2 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

เมื่อ	$E_2$	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมหลังเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2.2 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้น ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 เช่น นักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 คน แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน ร้อยละ 80 ( $E_1$ ) ส่วน 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ ผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด (40 คน) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

2.3 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทาเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน เทียบกับคะแนนที่ได้ก่อนเรียน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ สามารถอธิบายได้ชัดเจนได้ดังนี้ สมมติว่านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบก่อนเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่าแตกต่างจากคะแนนเต็มเท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่ามีความแตกต่างของการสอบ 2 ครั้งนี้เท่ากับ  $85 - 10 = 75$  ดังนั้นค่าของ ( $E_2$ ) =  $(75/90) \times 100 = 83.33\%$  ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ( $E_2 = 80$ )

2.4 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 หลัง หลัง ( $E_2$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูกมีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าข้อไม่มีประสิทธิภาพและชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า เกณฑ์การหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอนขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชาและเนื้อหาที่นำมาสร้างสื่อ นั้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้หาประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรง

เชิงเนื้อหาและความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ โดยนำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก ( $E_1$ ) หมายถึง ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มระหว่างเรียนและแบบทดสอบย่อย ถือว่าเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ

80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) หมายถึง ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ถือว่าเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

### ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อนำไปวัดความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2542) ได้ระบุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ในหนังสือประมวลศัพท์ทางการศึกษาว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือมีฉะนั้นก็ต้องอาศัยความรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ

พรณี ชูทัย เจนจิต (2545) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคุณลักษณะและความสามารถของบุคคลที่พัฒนาการดีขึ้น อันเกิดจากการเรียนการสอน การฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถทางสมอง ความรู้ ทักษะ ความรู้สึกรู้สีก และค่านิยมต่าง ๆ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการศึกษาอบรม หรือจากการสอบ การวัดผลสัมฤทธิ์ จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือระดับความสัมฤทธิ์ผล (Level of Accomplishment) ของบุคคลว่า เรียนรู้แล้วเท่าไร มีความสามารถแค่ไหน ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอน คือ

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถดังกล่าวในรูปการกระทำจริงให้ออกเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปะศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น ซึ่งการวัดต้องใช้ “ข้อสอบภาคปฏิบัติ” (Performance Test)

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ (Content) อันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ “ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์” (ไพศาล หวังพานิช, 2523)

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของความสามารถของบุคคลที่ต้องอาศัยทักษะ ความรอบรู้ ทักษะคิด ที่ได้จากการเรียนการสอน การฝึกฝน อบรมสั่งสอน ทำให้เกิดความสำเร็จหรือความสามารถในด้านต่าง ๆ

## 2. องค์ประกอบ ตัวบ่งชี้ และการวัดผลทางการเรียนของผู้เรียน

ในการจัดการเรียนการสอนจะเน้นพัฒนาผู้เรียนให้เกิดพฤติกรรมใน 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย (Cognitive domain) จิตพิสัย (Affective domain) และทักษะพิสัย (Psychomotor domain) ตามแนวคิดของ Smith และ Piele (2006) ซึ่งแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย เป็นพฤติกรรมด้านความสามารถทางด้านสติปัญญาของบุคคล จำแนกได้ดังนี้

1.1 ความรู้ความจำ (Knowledge) คือ ความสามารถในการระลึกได้ถึงเรื่องราวต่าง ๆ ที่เคยมีประสบการณ์มาก่อนจะโดยวิธีการใดก็ตาม ซึ่งพฤติกรรมด้านนี้ยังจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ความรู้เฉพาะเรื่อง ความรู้ในวิธีดำเนินการ และความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นผลจากการเอาความรู้จากประสบการณ์ในชั้นความรู้ความจำมาผสมผสานจนกลายเป็นสมรรถภาพสมองชนิดใหม่ ซึ่งความเข้าใจมี 3 ลักษณะ คือ การแปลความ การตีความ และการขยายความ

1.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมาแล้วไปแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน แต่อาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับเรื่องที่เคยพบเห็นมาก่อนก็ได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถแยกแยะเรื่องราวต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ ทำให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจน สามารถค้นหาความจริงต่าง ๆ ที่แอบแฝงอยู่ในเนื้อเรื่องนั้น ๆ ได้ การวิเคราะห์มี 3 ลักษณะ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

1.5 การประเมิน (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินคุณค่าของแนวความคิดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายใดจุดมุ่งหมายหนึ่ง โดยเฉพาะพร้อมทั้งสามารถแสดงเหตุผลที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการตัดสินนั้น ๆ



1.6 การสร้างสรรค์ (Creation) เป็นการนำเอาองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สิ่งขึ้นไป มารวมกันเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน เพื่อให้เห็นโครงสร้างที่ชัดเจน แปลกใหม่ จากเดิม หรือสร้างสรรค์ความคิดจากองค์ประกอบดังกล่าว ซึ่งก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่แปลกใหม่ มีคุณค่าและเป็นประโยชน์

2. พฤติกรรมด้านจิตพิสัย เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้สึกรู้สึกนึกคิดทางจิตใจ อารมณ์ และคุณธรรมของบุคคล สามารถจำแนกเป็น 5 ระดับ คือ

2.1 การรับรู้ (Receiving of attending) มีลักษณะการตอบสนอง 3 ลักษณะ คือ การยอมรับ การตั้งใจที่จะรับรู้ และการเลือกสิ่งเร้าที่ต้องการรับรู้

2.2 การตอบสนอง (Responding) เป็นพฤติกรรมที่ต่อเนื่องจากความตั้งใจที่จะรับรู้ โดยไม่เพียงแต่จะตั้งใจรับรู้เท่านั้น แต่มีความปรารถนาหรือปฏิกิริยาที่จะโต้ตอบต่อสิ่งเร้า นั้น อย่างเต็มที่ และเกิดความพึงพอใจจากการตอบสนอง พฤติกรรมขั้นนี้จำแนกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ การยินยอมที่จะตอบสนอง ความเต็มใจที่จะตอบสนอง และความพอใจในการตอบสนอง

2.3 การสร้างคุณค่า (Valuing) เป็นขั้นที่บุคคลมองเห็นคุณค่าของการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือประสบการณ์ที่ได้ ขั้นนี้มีพฤติกรรมการแสดง 3 ลักษณะ ได้แก่ การยอมรับในคุณค่า การนิยมชมชอบในคุณค่า และการสร้างคุณค่า

2.4 การจัดระบบคุณค่า (Organization) หลังจากทีบุคคลได้สร้างค่านิยมของตนขึ้นมาแล้ว ก็พยายามนำค่านิยมนั้นมาจัดระบบให้เกิดเป็นระบบระเบียบขึ้น ลักษณะการจัดระบบคุณค่ามี 2 ลักษณะ คือ การสร้างความคิดรวบยอดของคุณค่า และการจัดระบบของคุณค่า

2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (Characterization by a value complex) เป็นการจัดระบบคุณค่าที่มีอยู่ในตัวเข้าเป็นระบบที่ถาวร ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมแสดงของบุคคล ไม่ว่าจะอยู่สถานการณ์ใด ๆ ก็แสดงพฤติกรรมตามค่านิยมที่ยึดถือตลอดไป การสร้างลักษณะมี 2 ลักษณะ คือ การสร้างลักษณะนิสัยชั่วคราว และการสร้างลักษณะนิสัยถาวร

3. พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความสามารถเชิงปฏิบัติการพฤติกรรมเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย จำแนกเป็น 5 ระดับ คือ

3.1 การรับรู้ (Perception) เป็นขั้นที่แสดงอาการรับรู้ที่จะเคลื่อนไหว โดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ หู ตา จมูก ลิ้น และสัมผัสทางกาย แม้จะมีสิ่งเร้าเข้ามากระตุ้น โดยผ่านทางประสาทสัมผัสพร้อม ๆ กัน ก็อาจเลือกที่จะรับรู้ มีการแปลความหมายสิ่งเร้า เพื่อตอบสนอง

3.2 การเตรียมพร้อม (Set) เป็นสภาพของบุคคลที่พร้อมจะแสดงพฤติกรรมออกมา สภาพความพร้อมมี 3 ด้าน คือ ความพร้อมด้านร่างกาย ด้านสมอง และด้านอารมณ์

### 3.3 การตอบสนองตามแนวทางที่กำหนดให้ (Guided response)

เป็นการแสดงออกในลักษณะของการเลียนแบบและการลองผิดลองถูก

3.4 ความสามารถด้านกลไก (Mechanism) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้กระทำตามที่เรียนมาและพัฒนาขึ้นมาจนมีสัมฤทธิ์ผล สามารถสร้างเทคนิควิธีสำหรับตนเองขึ้นมาเพื่อปฏิบัติต่อไป

### 3.5 การตอบสนองที่ซับซ้อน (Complex overt response)

เป็นความสามารถในการปฏิบัติในสิ่งที่ยุ่ยากซับซ้อนมากขึ้น และสามารถกระทำได้อย่างมั่นใจ ไม่ลังเลและทำได้ดีจนเป็นอัตโนมัติ

## 3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พอสรุปได้ดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2542) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า “เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดว่านักเรียนมีความรู้ หรือความสามารถที่เกิดจากการเรียนการสอนมากน้อยปานใด”

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2542) ได้ให้ความหมายแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่าเป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ความสามารถด้านต่าง ๆ เมื่อได้รับประสบการณ์เฉพาะอย่างไปแล้ว ซึ่งจะเป็นการวัดความสามารถทางวิชาการต่าง ๆ โดยมุ่งวัดว่านักเรียนมีความรู้หรือมีทักษะในวิชานั้นมากน้อยเพียงใด

ชาติรี เกิดธรรม (2542) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดปริมาณความรู้ ความสามารถ ทักษะเกี่ยวกับด้านวิชาการที่ได้เรียนรู้มาในอดีตว่ารับรู้ไว้ได้มากน้อยเพียงไร โดยทั่วไปแล้วมักใช้วัดหลังจากทำกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว เพื่อประเมินการเรียนการสอนว่าได้ผลอย่างไร

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของผู้เรียนที่ได้รับจากการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ

## 4. ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2542) ได้สรุปลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีไว้ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นลักษณะที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เครื่องมือวัดผลนั้นมีคุณภาพ เพราะเป็นการแสดงให้เห็นว่า เครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือวัดได้ตรงและครบถ้วนตามเนื้อหาที่ต้องการวัด วัดได้ตรงตามจุดประสงค์ วัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริง และวัดแล้วสามารถนผลการวัดไปพยากรณ์หรือคาดคะเนอนาคตได้

2. มีความเชื่อมั่นสูง (Reliability) เครื่องมือวัดผลที่ดีวัดสิ่งเดียวกันหลาย ๆ ครั้ง ผลที่ได้จากการวัดจะเหมือนกันหรือแตกต่างกันน้อยมาก

3. ความเป็นปรนัย (Objectivity) เครื่องมือที่มีความเป็นปรนัยจะมีความชัดเจนในตัวเอง เช่น ข้อสอบที่มีความเป็นปรนัยจะมีความชัดเจนอยู่ 3 ประการ คือ คำถามชัดเจน อ่านแล้วเข้าใจตรงกัน คำตอบแน่นอน ใครตรวจก็ให้คะแนนตรงกัน และประการสุดท้ายคือ แปลความหมายคะแนนได้ตรงกัน

4. มีความยากง่ายพอเหมาะ (Difficulty) ไม่ยากเกินไปและไม่ง่ายเกินไป ข้อสอบข้อใดที่มีคนตอบถูกมากแสดงว่าง่าย ข้อที่มีคนตอบถูกน้อยแสดงว่ายาก ค่าความยากง่ายของข้อสอบ ( $p$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ข้อสอบที่ดีมีค่า  $p$  อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ซึ่งเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยากปานกลางและค่อนข้างง่าย

5. มีอำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง สามารถแบ่งแยกคนออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ถูกต้อง ข้อสอบที่จำแนกได้ หมายถึง ข้อสอบที่คนเก่งตอบถูก คนอ่อนตอบผิด ข้อสอบที่จำแนกกลับ คนเก่งจะตอบผิดแต่คนอ่อนจะตอบถูก และข้อสอบที่จำแนกไม่ได้ คนเก่งและคนอ่อนจะตอบถูกและผิดพอ ๆ กัน ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนัก อำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่า  $r$  อยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 ค่า  $r$  เป็นเครื่องหมายลบ หมายความว่า จำแนกไม่ได้ คนเก่งตอบถูกน้อยกว่าคนอ่อน  $r$  เป็นเครื่องหมายบวก หมายความว่า จำแนกได้ คนเก่งตอบถูกมากกว่าคนอ่อน ข้อสอบที่มีค่า  $r$  ใกล้ศูนย์ ( $r = -0.19$  ถึง  $+0.19$ ) เป็นข้อสอบที่จำแนกไม่ได้ เพราะคนเก่งตอบถูกพอ ๆ กับคนอ่อน ข้อสอบที่ดีควรมีค่า  $r$  อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 1.00

6. มีประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ เครื่องมือที่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุด เชื่อถือได้มาก โดยใช้วิธีการที่สะดวก รวดเร็ว คล่องตัว แต่เสียเวลาน้อย ลงทุนน้อยและใช้แรงงานน้อย

7. มีความยุติธรรม (Fair) ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้เปรียบเสียเปรียบกันระหว่างผู้ที่ถูกวัดด้วยกัน

8. ใช้คำถามถามลึก (Searching) ข้อสอบที่ดีต้องการให้ผู้ตอบใช้ความสามารถคิดค้นก่อนที่จะตอบ

9. ใช้คำถามยั่วเย้า (Exemplary) มีลักษณะที่ทำให้ผู้สอบอยากคิดอยากตอบ ทำด้วยความเต็มใจ

10. คำถามจำเพาะเจาะจง (Definite) ไม่ถามกว้างกว้างเกินไปหรือถามคลุมเครือ ให้คิดหลายแง่หลายมุม

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีจะต้องมีลักษณะดังนี้ มีความเที่ยงตรง มีความเชื่อมั่นสูง ความเป็น

ปรนัย มีความยากง่ายพอเหมาะ มีอำนาจจำแนก มีประสิทธิภาพ มีความยุติธรรม ใช้คำถามถามลึก ใช้คำถามยั่วและคำถามจำเพาะเจาะจง

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลการวัดพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิด ความสามารถทั้งหลายของผู้เรียน คุณลักษณะด้านจิตพิสัยความสนใจ ทักษะคิดต่อเนื้อหาวิชาที่เรียนในโรงเรียนและระบบการเรียน ความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเองและลักษณะบุคลิกภาพ และคุณภาพการสอน การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนและการเสริมแรงของครู การแก้ไขข้อผิดพลาด และรู้ผลว่าตนเองกระทำได้ถูกต้องหรือไม่

### ทักษะปฏิบัติ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2551 : 87-103) สรุปการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติจากนักศึกษาดังนี้

การเรียนรู้ด้านวิชาชีพหลายสาขา เช่น การเขียนแบบ การซ่อมสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนการเล่นกีฬา ดนตรี ขับร้อง ล้วนต้องอาศัยความสามารถทางทักษะ และการฝึกซ้อมจนเกิดความชำนาญ การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนทางทักษะจึงเป็นสิ่งจำเป็น ก่อนจะได้กล่าวถึง การเรียนรู้ทักษะเราควรหันมาสนใจถึงลำดับขั้นของการเรียนรู้ จากการสังเกตเด็กเล็กที่เพิ่งเรียน เราจะเห็นได้ว่า เด็กจะหัดนับเลขได้ก่อนจะบวกและลบเลข แล้วจึงจะเรียนคูณและหารได้ เด็กเล็ก ๆ จะเริ่มต้นกลานก่อนจะตั้งไข่ และหัดแปลงเสียงได้ก่อนจะออกเสียงเป็นคำแล้วจึงจะเป็นประโยค

จากการศึกษาของกาเย่ (Gagne, 1977) ได้สรุปขั้นต่าง ๆ ของการเรียนรู้ไว้ทั้งหมด 8 ขั้นด้วยกัน โดยการเรียนรู้จะเริ่มจากการเรียนรู้ในลำดับขั้นที่ต่ำกว่า จะเกิดขึ้นก่อนการเรียนรู้ในลำดับขั้นที่สูงขึ้นไป ผู้เรียนควรจะเริ่มจากขั้นต่ำไปก่อน เพื่อให้เกิดผลในด้านการเรียนการสอน

1. การเรียนรู้สัญญาณ (signal learning) เป็นการเรียนรู้ในลักษณะนิสัยหรืออารมณ์ การทดลองการหลั่งน้ำลายของสุนัข เมื่อได้ยินเสียงสั่นกระดิ่ง เป็นตัวอย่างของการเรียนรู้สัญญาณ สิ่งที่เราสามารถสังเกตเห็นจากชีวิตประจำวันของเรา ได้แก่ การกะพริบตา เมื่อมีพองอากาศมา เราจะกะพริบตา ซึ่งพลาฟลอปเรียกว่า ปฏิกริยาสะท้อนที่ไม่ได้วางเงื่อนไข หมายถึง ไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากการเรียนรู้มาก่อน เมื่อมีเสียงกระดิ่งขึ้น ถ้าเราให้เสียงกริ่งพร้อมกับพองอากาศในลักษณะพร้อมกันและติดต่อกัน เสียงกริ่งก็คือสิ่งเร้าที่มีการวางเงื่อนไขเป็นสัญญาณ เราจะกะพริบตาแม้ว่าปราศจากพองอากาศมากระทบตา

2. การเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง (stimulus response learning) เป็นการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายต่อสิ่งเร้า เป็นการเน้นข้อต่อระหว่าง

สิ่งเร้าและการตอบสนอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กระทำเอง เช่น การทดลองจิกแป้นสีของนกพิราบจากการทดลองของสกินเนอร์ เป็นต้น

3. การเรียนรู้การ เชื่อมโยง (chaining) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองติดต่อกัน เป็นการเรียนรู้ในด้านทักษะ เช่น การเขียน การอ่าน การพิมพ์ดีด เล่นดนตรี เป็นต้น

4. การเชื่อมโยงทางภาษา (verbal association) เป็นการเชื่อมโยงความหมายทางภาษา โดยออกมาเป็นคำพูด แล้วจึงใช้ตัวอักษร เช่น การเขียน การใช้ภาษา รวมทั้งการเขียนตัวอักษรด้วย

5. การแยกประเภท (multiple discrimination learning) เป็นความสามารถในการแยกสิ่งเร้าและตอบสนองสิ่งเร้าได้ ผู้เรียนเห็นความแตกต่างของสิ่งของประเภทเดียวกัน เช่น การจำแนกความแตกต่างด้านทักษะและภาษา หรือสามารถแยกลักษณะของลายเส้นจากหมึกเขียนได้ เป็นต้น

6. การเรียนรู้ความคิดรวบยอด (concept learning) เป็นความสามารถที่ผู้เรียนมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งต่าง ๆ เช่น เมื่อนึกถึงวิทยุก็นึกถึงความถี่ของเสียง สามารถใช้ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ได้ และรับฟังข่าวสาระบันเทิงได้ เป็นต้น

7. การเรียนรู้หลักการ (principle learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการนำความคิดรวบยอดสองความคิดหรือมากกว่านั้นมาสัมพันธ์กัน แล้วสรุปตั้งเป็นกฎเกณฑ์ขึ้น เช่น ไฟฟ้าเป็นสื่อนำความร้อน

8. การเรียนรู้จากการแก้ปัญหา (problem-solving learning) การเรียนรู้ด้วยการแก้ปัญหา เกิดขึ้นจากที่ผู้เรียนนำหลักการที่มีประสบการณ์มาก่อนมาใช้ในการแก้ปัญหา เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมและปัญหา เช่น ไฟฟ้าเป็นสื่อนำความร้อน เราก็นำไฟฟ้ามาใช้ในการหุงต้มได้ เป็นต้น

จากลำดับขั้นการเรียนรู้ดังกล่าว กาเย (Gagne) ได้อธิบายถึงการเรียนรู้ในลักษณะการเชื่อมโยง (chain) ซึ่งเป็นการตอบสนองกลไก โดยยกตัวอย่างเกี่ยวกับการขับรถ ซึ่งประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้า

สิ่งเร้า	การตอบสนอง
สตาร์ทเครื่องยนต์	มองหน้าและหลัง
มองหน้าหลังเห็นถนนว่าง	หาตำแหน่งเกียร์ว่าง
เกียร์ว่าง	หมุนกุญแจสตาร์ทเครื่อง
เสียงเครื่องยนต์ดัง	ปล่อยกุญแจ
ปล่อยกุญแจ	เหยียบคันเร่ง

การตอบสนองดังกล่าว เป็นการสัมพันธ์ระหว่างอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นการตอบสนองทางกลไก (motor) การตอบสนองนี้เป็นลำดับขั้นต่อกัน ถ้าหากว่าเหยียบคันเร่ง ก่อนที่จะปล่อยเกนจ์ก็อาจมีปัญหา จึงเป็นไปตามลำดับก่อนหลัง การปล่อยเกนจ์จึงเป็นการตอบสนองที่สัมพันธ์กับสิ่งเร้า (คือ เสียงเครื่องยนต์ดัง) จะทำหน้าที่เป็นสิ่งเร้าหรือตัวกระตุ้นสำหรับการตอบสนองเป็นคู่ ๆ ต่อกันจนเป็นลูกโซ่

### 1. ความหมายของทักษะปฏิบัติ

Garrison และ Magoon (1972) ได้อธิบายความหมายของทักษะว่า เป็นแบบของพฤติกรรมที่กระทำไปด้วยความราบเรียบ รวดเร็ว แม่นยำ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาความสามารถของตน

Klausmeior และ Ripple (1971) ได้ให้ความหมายของทักษะไว้ว่า ทักษะเป็นระดับความคล่องแคล่วในการประกอบกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งให้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องตามลำดับ ผู้ที่มีความสามารถทางทักษะสูงจะมีลักษณะดังนี้

1. สามารถประกอบกิจกรรมนั้น ๆ ให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าจะมีความตั้งใจในการกระทำนั้นแต่เพียงน้อยก็ตาม
2. สามารถแยกแยะและมองเห็นแนวทางที่จะทำได้ดีกว่าเดิม
3. สามารถรู้ผลและตรวจสอบความถูกต้องได้เร็วและไม่ผิดพลาด
4. ทำได้รวดเร็วและมีการประสานงานกันดี
5. มีความคงที่ ทำได้สม่ำเสมอ แม้อยู่ในภาวะแวดล้อมต่างกัน

Page และ Thomas (1977) ได้อธิบายความหมายของทักษะว่า เป็นระบบและมีรูปแบบของการประสานต่อเนื่องกัน ทั้งกิจกรรมทางร่างกายและจิตใจ ซึ่งจะประกอบด้วยกระบวนการรับ (ได้แก่ อวัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ) กับกระบวนการแสดงออก (กล้ามเนื้อต่าง ๆ) ซึ่งเป็นการตอบสนองทักษะเป็นการใช้การรับรู้ด้านกลไก การใช้มือ และความสามารถทางสังคม ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อหาของทักษะนั้น

ดังนั้น ทักษะจึงเป็นแผนของพฤติกรรมที่มีการต่อเนื่องกัน ซึ่งจะประกอบด้วยสิ่งเร้าและการตอบสนองให้การประกอบกิจกรรมนั้นอย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

### 2. ลักษณะของทักษะปฏิบัติ

De Cecco (1974) ได้กล่าวถึงลักษณะของทักษะดังนี้

1. การตอบสนองแบบเชื่อมโยง (response chains) เป็นการตอบสนองทางกลไก ดังนั้น กาเย่ ได้อธิบายในลำดับขั้นการเรียนรู้การตอบสนองกลไกว่าเป็นการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ เช่น การเคลื่อนไหวของเท้าและมือ เป็นต้น เป็นการเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองทางกลไกตั้งแต่ 2 คู่ขึ้นไป โดยที่การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากสิ่งเร้าอย่างหนึ่ง

จะทำหน้าที่เป็นสิ่งเร้าหรือตัวกระตุ้นให้เกิดคู่ของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง เป็นคู่ ๆ ต่อไป

2. การเคลื่อนไหวที่ประสานกัน (movement coordination) เป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการประสานงานระหว่างการเคลื่อนไหวทางกลไกกับสายตา เราเรียกว่า ทักษะด้านกลไกการรับรู้ (perceptual-motor skill) ซึ่งเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการประสานงานระหว่างการรับรู้และกิริยาทางกลไก เช่น การเล่นฟุตบอล ดนตรี ซึ่งอาศัยการเคลื่อนไหวที่ประสานกันระหว่างแขนขาและตา เป็นต้น

3. แบบการตอบสนอง (response patterns) เมื่อผู้เรียนตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ แล้วจึงเอาส่วนต่าง ๆ เข้ามาเคลื่อนไหวให้ประสานกันจนเป็นกระบวนการตอบสนองทั้งหมด จึงมีคำกล่าวว่า ทักษะเป็นกระบวนการตอบสนองทั้งหมด เช่น การขับรถ จะประกอบด้วยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มือหมุนพวงมาลัย สายตามองดูถนน ขาเหยียบคันเร่ง และเบรก เราจึงต้องเรียนการใช้ส่วนต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ก่อน แล้วจึงนำส่วนต่าง ๆ เข้ามาเคลื่อนไหวประสานกันจนกลายเป็นกระบวนการตอบสนองที่ใหญ่ขึ้นในที่สุด

### 3. ประเภทของทักษะปฏิบัติ

นักจิตวิทยาได้แบ่งทักษะเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น Bernard (1972) ได้แบ่งทักษะเป็น 2 ประเภท

1. ทักษะทางกลไกการสัมผัส (sensorimotor skill) เป็นทักษะเกี่ยวกับการใช้กลไกกล้ามเนื้อและข้อต่อ เป็นการเคลื่อนไหวทางกลไกโดยอัตโนมัติ

2. ทักษะทางกลไกการรับรู้ (perceptual motor skill) เป็นทักษะในระดับที่ซับซ้อน ต้องอาศัยทั้งการรับรู้และการเคลื่อนไหวทางกลไก มักจะเป็นการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเกี่ยวข้องกับการจำและการคิด

Klausmeier และ ripple (1971) ได้แบ่งประเภทของทักษะตามองค์ประกอบทางกลไกกล้ามเนื้อ (motor component)

1. ทักษะที่ใช้กลไกกล้ามเนื้อมาก แต่ใช้การรับรู้น้อย เช่น การเดิน การวิ่ง การว่ายน้ำ เป็นต้น

2. ทักษะที่ต้องการใช้การรับรู้และกลไกทางกล้ามเนื้อทั้งคู่ กิจกรรมประเภทนี้จะต้องอาศัยการรับรู้ทางตา ทางหู เพื่อจะเป็นแนวทางนำไปสู่การตอบสนองทางกล้ามเนื้อ เช่น การเล่นดนตรี การพิมพ์ดีด เป็นต้น

3. ทักษะที่ต้องอาศัยการรับรู้น้อย แต่ใช้กลไกกล้ามเนื้อน้อย เช่น การอ่านหนังสือ เป็นต้น

4. กระบวนการทางสรีรวิทยาและจิตวิทยาในการใช้ทักษะปฏิบัติ

Lovell (1980) ได้อธิบายถึงการใช้ทักษะใด ๆ ก็ตาม ต้องเกี่ยวข้องกับ

2 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการทางสรีรวิทยา (physiological process) ส่วนของอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เฉพาะในการแสดงพฤติกรรม จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ อวัยวะสัมผัส ระบบประสาท และอวัยวะกลไก เมื่ออวัยวะสัมผัสซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องรับ (receptor) ได้รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่อินทรีย์ ระบบประสาทก็จะเปลี่ยนข้อมูลนั้นเป็นกระแสประสาท หรือคลื่น ส่งต่อไปยังสมอง โดยทางเส้นประสาท เมื่อถึงสมองแล้วก็จะมีการแปลความหมายของข้อมูลนั้นด้วย แล้วจึงส่งผลผ่านระบบประสาทออกมาเป็นพฤติกรรม โดยอวัยวะกลไกทำหน้าที่เป็นตัวกระทำ ซึ่งทำหน้าที่ตอบสนอง

2. กระบวนการทางจิตวิทยา (psychological process) เป็นกระบวนการที่ได้รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้รับเป็นกระแสคลื่น เพื่อให้เกิดการตัดสินใจและวิเคราะห์ความสำคัญข้อมูลนั้น การตัดสินใจนั้นจะเป็นเช่นไรขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่ผ่านมาและสิ่งที่เรียนรู้ ถ้าหากว่าสิ่งนั้นคล้ายกับสิ่งที่เราได้เรียนรู้มาก่อน เราก็จะประสบผลสำเร็จในการแปลข้อมูลและแสดงออกมาได้เหมาะสม

5. ขั้นตอนการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ

Haber และ Fried (1975) ซึ่งอ้างจาก Fitts ถึงการเรียนรู้ทักษะ มี 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นทำความเข้าใจ (cognitive phase) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจำเป็นต้องศึกษาให้เข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ของทักษะนั้นเสียก่อน คือ รู้ว่าจะทำอะไรจะปฏิบัติอย่างไร ผู้เรียนและผู้สอนต้องพยายามวิเคราะห์ทักษะนั้น ๆ และอธิบายถึงสิ่งที่คาดหวังว่าจะเกิดขึ้น

2. ขั้นฝึกหัดจน เป็นพฤติกรรมคงที่ (fixation phase) หลังจากที่เข้าใจวิธีการที่จะก่อให้เกิดทักษะแล้วก็เริ่มลงมือฝึกฝนแล้วพฤติกรรมต่าง ๆ ก็จะถูกแก้ไขให้ถูกต้อง จนกระทั่งพฤติกรรมที่ผิดพลาดลดลงเป็นศูนย์ พฤติกรรมที่ถูกก็จะคงที่และทำการฝึกหัดจนเกิดความชำนาญขึ้น

3. ขั้นปฏิบัติได้ อย่างอัตโนมัติ (autonomous phase) เป็นขั้นที่ทำได้ รวดเร็ว ถูกต้อง โอกาสผิดนั้นจะไม่เกิดขึ้นซึ่งเป็นขั้นที่เชี่ยวชาญมาก

6. ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการเรียนทักษะปฏิบัติ

เมื่อบุคคลกำลังเรียนทักษะใหม่ ๆ เพื่อจะให้บรรลุความสำเร็จในงานที่อาศัยความชำนาญเราจำเป็นต้องมีข้อมูล 3 อย่าง คือ

6.1 เขาจะต้องรู้อย่างแจ่มแจ้งว่า สิ่งที่เขาหวังจะได้รับผลสำเร็จนั้นคืออะไร ข้อมูลแบบนี้อาจจะได้จากภายนอก คือ จากโครงการ คำแนะนำ วัตถุประสงค์ที่ระบุไว้มาตรฐานต่าง ๆ ที่กำหนดไว้หรืออาจเกิดจากบุคคลผู้ชำนาญเองได้วินิจฉัยว่า การกระทำเช่นไรที่เขามุ่งที่จะให้สำเร็จ ตัวอย่างเช่น ในกรณีของศิลปินก่อนที่เขาจะเป็นผู้รอบรู้ในศิลปะนั้น เขาจำเป็นต้องได้รับ



คำอธิบายที่ชัดเจนจากผู้สอนเสียก่อนในการที่จะปฏิบัติงาน อันเป็นเป้าหมายของเขา เราไม่สามารถจะเรียนรู้การบินของเครื่องบินได้ ถ้าหากว่าเราไม่ได้เห็นภาพของการฝึกฝนที่ชัดเจนที่เราจะต้องเรียนรู้ การสาธิตก็เป็นวิธีสำคัญวิธีหนึ่งที่ครูจะใช้ถ่ายทอดวิชาความรู้เช่นนี้

6.2 ผู้เรียนต้องอาศัยข้อมูลความรู้สึกที่ป้อนเข้ามา (sensory input) จากผลงานนั้นผู้เรียนทักษะจำเป็นต้องอาศัยความช่วยเหลือทุกอย่างเท่าที่สามารถจะทำได้ เพื่อให้สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างความรู้ที่สัมพันธ์กับงาน อุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งจำแนกได้ว่าความรู้ใดที่ไม่จำเป็นต่อการปฏิบัติ ครูสอนขับรถยนต์จะต้องช่วยให้ผู้เรียนสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างโอกาสที่เหมาะสมในการเปลี่ยนเกียร์ และรวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการฟัง สายตา สรีระที่จะเกิดขึ้น วิธีการสาธิตนำมาใช้ได้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจมากขึ้น

6.3 ผู้เรียนต้องอาศัยความรู้และรู้ผล (feedback) เกี่ยวกับผลการกระทำของเขา ไม่เพียงแต่ว่าเขาจำเป็นต้องรู้ว่าการตอบสนองที่เหมาะสมเป็นเช่นไร อะไรเป็นการตอบสนองที่ควรได้ สร้างขึ้น ในแต่ละขั้นตอนการฝึกทักษะนั้นผู้เรียนควรได้รับรู้ถึงผลที่ได้ปฏิบัติไปแล้วด้วย ซึ่งการย้อนกลับมี 2 ประเภท คือ

6.3.1 การรับรู้ภายนอก (external feedback) ซึ่งผู้เรียนจะเห็น การเคลื่อนไหวของมือในการจับปากกา หรือได้ยินเสียงตนในขณะที่พูดว่าพอดีเพียงใด

6.3.2 การรับรู้ภายใน (internal feedback) เกิดขึ้นโดยอาศัยประสาทสัมผัส จากการเห็น การได้ยิน การสัมผัส การลิ้มรส หรือดมกลิ่น ซึ่งจำเป็นในการฝึกทักษะขั้นต่อไป

## 7. พื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ

7.1 การจัดลำดับของสิ่งเร้าและการตอบสนองแต่ละคู่ให้ต่อเนื่องกันเป็นลำดับอย่างเหมาะสม จะเป็นภาวะที่สำคัญที่จะช่วยให้การเรียนรู้ทักษะได้ผลดี การจัดสิ่งเร้าและการตอบสนองให้ใกล้ชิดต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ ก็จะทำให้กระบวนการตอบสนองเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ความใกล้ชิดนี้จะต้องคำนึงระยะเวลา (timing) การประสานกัน (coordination) และการจัดลำดับที่เหมาะสม (proper order)

7.2 การฝึกหรือการปฏิบัติ (practice) เป็นกระบวนการกระทำซ้ำบ่อย ๆ จนเกิดความชำนาญ เพราะการฝึกหัดและการปฏิบัติจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญมากขึ้น การฝึกแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

7.2.1 การฝึกแบบยาวโดยไม่ต้องพัก (massed practice) คือ การฝึกหัดกระทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งติดต่อกันไปจนเสร็จสิ้นไม่มีการหยุดช่วง

7.2.2 การฝึกกระยะสั้นสลับพัก (distributed practice) คือ การฝึกหัดโดยมีการหยุดพักเว้นระยะระหว่างการฝึกเป็นช่วง ๆ ตามกำหนดและความเหมาะสม จากงานวิจัยพบว่า การฝึกแบบสลับพักได้ผลดีกว่า และพบว่า การพักช่วงสั้นและช่วงยาวให้ผลไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้การพักในช่วงเวลาสั้น ๆ มีความสำคัญกว่าการยืดเวลาการปฏิบัติออกไป ช่วงเวลาของการพักจะมีผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการปฏิบัติงานว่ายาวนานเพียงใด

7.3 การรู้ผลของการปฏิบัติซึ่งเป็นการย้อนกลับ (feedback) ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบการกระทำของตนเองกับการกระทำอันเป็นมาตรฐานสำหรับทักษะนั้น ๆ ได้ ผู้เรียนที่รู้ผลการปฏิบัติย่อมเกิดแรงจูงใจเกิดความพอใจที่จะกระทำซ้ำ ๆ เมื่อเห็นผลงานที่ก้าวหน้ายิ่งขึ้น ฉะนั้น การรู้ผลการปฏิบัติจึงเป็นลักษณะหนึ่งของการเสริมแรง การรู้ผลการปฏิบัติแยกเป็น 2 ลักษณะ คือ

7.3.1 การรู้ผลจากผู้อื่น (extraneous feedback) ครูหรือผู้อื่นชมเชยให้กำลังใจ ผักกาด หรือบอกข้อบกพร่องให้ผู้เรียนรู้

7.3.2 การรู้ผลด้วยตนเอง (intravenous feedback) ให้ผู้เรียนสังเกตผลการฝึกของตนเอง

ความรู้ที่เกิดจากผลการกระทำต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ ทักษะที่จะเกิดขึ้นครูผู้สอนทักษะจะต้องให้ผู้เรียนได้มีความรู้จากผลการกระทำของตนเองตั้งแต่วินาทีแรก ธอร์นไดค์ (Thorndike) ได้ทดลองในด้านความรู้ที่ได้จากผลของการทดลองโดยใช้กลุ่ม 2 กลุ่ม ให้ลากเส้นดินสอมีความยาวตามที่กำหนดไว้เป็นเวลาหลายวัน ซึ่งในขณะที่ลากเส้นอยู่นั้นเขาจะต้องใช้ปากกาไว้ด้วย ผลที่ได้คือ กลุ่มหนึ่งเขียนออกมาแบบไม่เกิดความรู้จากผลของการกระทำนั้นเลย และการเขียนของพวกเขาแสดงให้เห็นว่าไม่มีการปรับปรุงขึ้นเลยในระหว่างนั้น แม้ว่าจะได้ฝึกมามากแล้วก็ตาม ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งได้เขียนออกมาเป็นคำพูด โดยผู้ทำการทดลองเป็นผู้บอกแก่พวกเขาว่าถูกหรือผิด หลังจากที่พวกเขาได้พยายามในแต่ครั้งนั้นแล้ว และกลุ่มนี้เองที่มีพัฒนาขึ้นมากกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง ความรู้ที่เกิดจากผลของการกระทำเป็นรูปแบบหนึ่งของการรู้ผล มิลเลอร์ (Miller) ได้แยกแยะให้เห็นความแตกต่างระหว่างรูปแบบ 2 ชนิด ซึ่งการรู้ผลของการกระทำและการรู้ผลของการเรียน บางครั้งการรู้ผลก็ได้นำมาใช้เพื่อการตอบสนองในทันทีทันใดที่ข้อมูลนั้นยังใช้อยู่ ความรู้ที่เกิดจากผลของการกระทำจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ที่จำเป็นในการที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขการกระทำของเขาในระหว่างการฝึกฝน เพื่อให้ได้ผลการตอบสนองที่มั่นคงและแน่นยิ่งขึ้น การเรียนรู้แบบนี้คล้ายกับการทดลองและการเรียนรู้แบบลองผิดลองถูก ผลตอบสนองที่ประสบความสำเร็จจะมีขึ้นอีกในอนาคตมากกว่าผลตอบสนองที่ไม่เป็นผลสำเร็จ สิ่งนี้ไม่ได้หมายความว่าผู้เรียนจำเป็นต้องปล่อยให้เรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ เองโดยอาศัยการลองผิดลองถูกก็ดูเหมือนจะนำไปสู่การสร้างผลงานที่พอไปได้ แต่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพนักถ้าเราฝึกพิมพ์ติดเองโดยไม่มีใครคอยให้คำแนะนำ เราก็คงจะกลายเป็นนักพิมพ์ติดที่สามารถพิมพ์โดยใช้นิ้ว 2 นิ้วที่คล่องแคล่วได้ แต่เราจะไม่ได้เรียนรู้โดยอาศัยการทดลองและการลองถูกลองผิดจนพิมพ์ได้เร็วมากเท่านักพิมพ์ที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้ว หน้าที่อันสำคัญอีกประการหนึ่งของผู้สอนก็คือ การให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนเพื่อว่าข้อผิดพลาดที่ไม่จำเป็นต่าง ๆ จะได้ถูกตัดทิ้งหรือแก้ไขเสียตั้งแต่ต้น

## 8. การถ่ายโยงการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ

บ่อยครั้งที่เราได้เรียนรู้ทักษะอย่างหนึ่งแล้วจะพบว่า เราจะได้ปฏิบัติทักษะนั้นอีก ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างหรือด้วยอุปกรณ์ที่ต่างกันบ้างเล็กน้อย เราอาจจะเรียนรู้การว่ายน้ำ ในสระน้ำและไปว่ายน้ำที่ทะเล หรือเราอาจจะหัดพิมพ์ดีดด้วยเครื่องพิมพ์ดีดธรรมดา แต่นายจ้างให้ใช้ เครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้า ในสองกรณีดังกล่าวนี้จะเป็นการถ่ายโยงความรู้ไปใช้ในทางที่ดีและสูงขึ้นของ ผลสำเร็จที่เกิดจากการฝึกฝนในสภาพแวดล้อมอย่างหนึ่งไปสู่การเรียนรู้ทักษะในสภาพแวดล้อม อีกอย่างหนึ่ง นักว่ายน้ำที่ว่ายน้ำในทะเลจะต้องต่อสู้กับคลื่นในทะเล แต่ตอนแรกเขาจะว่ายน้ำได้อย่าง ไม่มีความมั่นใจได้เท่ากับที่เขาว่ายน้ำในสระน้ำ อย่างไรก็ตามมีสถานการณ์บางอย่างที่อาจเกิดผลจาก การเชื่อมโยงไปใช้ในทางลบได้เช่นเดียวกัน ถ้าเราทำการตอบสนองอย่างเจาะจงต่อสิ่งเร้าโดยเฉพาะๆ เราจะมีแนวโน้มที่สร้างการตอบสนองในครั้งต่อไป เราจะพบว่าต้องเผชิญอยู่กับสิ่งเร้า นั้น ถ้าหากว่า จะต้องใช้การตอบสนองที่ต่างกันแล้วจะทำให้เรากังวลการตอบสนองนั้นอย่างไร สมมุติว่า เราเคยขับรถที่มีเกียร์ถอยหลังอยู่ทางซ้ายมือ ด้านบนเราจะเกิดการถ่ายโยงประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติ มาไปในทางลบเป็นระยะเวลาหนึ่ง ถ้าเราไปขับรถใหม่ที่มีเกียร์ถอยหลังอยู่ทางขวามือด้านล่าง ซึ่งจะทำให้เกิดความงงงวยมากที่สุด ถ้าต้องใช้การตอบสนองที่คล้ายคลึงกันมากแต่ในสถานการณ์ที่ แตกต่างกัน แม้จะมีส่วนคล้ายคลึงกันมากและต่างกันเพียงเล็กน้อยก็ตามก็เป็นจุดสำคัญ

## 9. การสอนทักษะปฏิบัติ

### การสอนทักษะปฏิบัติขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ทักษะนั้นต้องพิจารณาแยกแยะรายละเอียดของทักษะนั้นออกมา
  2. ตรวจสอบความสามารถเบื้องต้นที่เกี่ยวกับทักษะของผู้เรียนว่า มีอะไรเพียงใด ให้ทดสอบการปฏิบัติเบื้องต้นต่าง ๆ ตามลำดับก่อนหลัง
  3. จัดการฝึกหน่วยย่อยต่าง ๆ และฝึกหนักในหน่วยที่ขาดไปและอาจจะฝึกสิ่งที่เขาพอเป็นอยู่แล้วให้ชำนาญเต็มที่และให้ความสนใจในสิ่งที่ยังไม่ชำนาญ
  4. ขึ้นอธิบายและสาธิตทักษะให้ผู้เรียนเป็นการแสดงทักษะทั้งหมด
- ทั้งการอธิบายและการแสดงให้เห็นตัวอย่าง โดยให้ผู้เรียนดูภาพยนตร์หรือผู้เชี่ยวชาญแสดงให้ดู ในขั้นต้นไม่จำเป็นต้องอธิบายมาก ให้ผู้เรียนดูตัวอย่างและสังเกตเอง เพราะถ้าอธิบายมากจะเป็น สิ่งรบกวนการสังเกตของผู้เรียน การใช้ภาพยนตร์สอนทักษะต่าง ๆ นั้น ได้มีผู้สนใจศึกษากันมาก เช่น ใช้ภาพยนตร์ประเภทภาพช้าของการกระโดดสูงของแชมป์ยนสอนกระโดดสูง ใช้ภาพยนตร์สอน การตีเทนนิส ภาพยนตร์มีคุณค่าอย่างยิ่งในขั้นแรกของการเรียนและขั้นสุดท้ายของการเรียน เพราะเมื่อผู้เรียนมีทักษะในขั้นสูงแล้วก็อาจจะหันมาพิจารณารายละเอียดจากภาพยนตร์อีกครั้งหนึ่ง การใช้ภาพยนตร์นั้นเมื่อดูแล้วควรอภิปรายโดยให้ผู้เรียนอธิบายเป็นคำพูดของเขาเองและควรจะฉาย ให้ดูอีกครั้งก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ

### 5. ชั้นจัดภาวะเพื่อการเรียน 3 ประการ คือ

5.1 จัดลำดับขั้นสิ่งเร้าและการตอบสนองให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องตามลำดับก่อนหลัง สิ่งใดที่เกี่ยวกันต้องจัดให้ติดต่อกัน

5.2 การปฏิบัติต้องจัดกำหนดเวลาของการปฏิบัติให้ดี จะใช้เวลาแต่ละครั้งนานเท่าใด หรือแต่ละครั้งจะมีการหยุดพักมากน้อยเพียงใด การฝึกแต่ละอย่างอาจใช้ครั้งเดียวหรือหลายครั้งจะต้องคิดพิจารณาให้ดี จะใช้การปฏิบัติแบบแบ่งปฏิบัติหรือฝึกแบบรวดเร็วเดี๋ยวนั้นขึ้นอยู่กับขั้นต่าง ๆ ของการเรียน ทักษะในขั้นสุดท้ายของการเรียนทักษะอาจจะใช้การฝึกฝนนานได้

5.3 ให้รู้ผลของการปฏิบัติการรู้ผลนั้นมี 2 อย่าง คือ รู้จากคำบอกเล่าของครูผู้สอนและรู้ผลโดยตัวเอง ในขั้นแรก ๆ บอกเล่าว่าเขามีข้อบกพร่องอย่างไร แบบนี้เป็นกรรู้ผลจากภายนอก เป็นการบอกให้รู้ว่าจะแก้ไขอย่างไร พอผู้เรียนก้าวหน้าไปถึงขั้นที่สองและขั้นที่สาม คือมีความชำนาญมากขึ้น เขาจะสังเกตตัวเองเป็นการรู้ผลจากตัวเองโดยดูจากผลของการเคลื่อนไหว

### ความมุ่งมั่นในการทำงาน

#### 1. ความหมายของความมุ่งมั่นในการทำงาน

ความมุ่งมั่นในการทำงาน เป็นพฤติกรรมหนึ่งในคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่ควรมี และสำคัญ เนื่องจากการที่นักเรียนมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานจะนำไปสู่ความสำเร็จในด้านการเรียนและการดำเนินชีวิตได้ ซึ่งพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานได้มีนักวิชาการให้ความหมายไว้ดังนี้

พระอำนาจ อดุลกาโม (น้อยนิล) (2555 : 5) ได้ให้ความหมายของความมุ่งมั่นในการทำงานไว้ว่า เป็นความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำหน้าที่การงานด้วยความเพียรพยายาม อดทน เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553 : 23) ได้ให้ความหมายของความมุ่งมั่นในการทำงาน หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำหน้าที่การงานด้วยความเพียรพยายาม อดทน เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย โดยมีตัวชี้วัดสองข้อคือ 1) ตั้งใจและรับผิดชอบในหน้าที่การงาน และ 2) ทำงานด้วยความเพียรพยายามและอดทน เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย

โครงการการศึกษาศักยภาพของเด็กไทย ของกองวิจัยการศึกษา (2552 : 4-5) ได้ให้ความหมายของคำว่า มุ่งมั่นในการทำงาน หมายถึง ความตั้งใจและกระตือรือร้นโดยไม่ผัดวันประกันพรุ่ง โดยมีพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ ตอรับการทำงาน พุดหรือแสดงกิริยาท่าทางว่ายอมรับหรือเต็มใจ พึงพอใจที่จะทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย อาสาทำงาน พุดหรือ

แสดงกิริยาท่าทางว่าต้องการจะทำงานหนึ่งงานใด แม้ว่าจะไม่ใช่งานที่ได้รับมอบหมายโดยตรง ไม่ผิดวันประกันพรุ่ง ลงมือทำทันที โดยไม่ปล่อยให้วันเวลาผ่านไปอย่างไร้ค่า ไร้ประโยชน์ ทำงานที่ได้ เริ่มต้นไว้แล้วอย่างต่อเนื่องและสำเร็จตามเป้า

กรมวิชาการ (2545 : 4) ได้ให้ความหมายของความมุ่งมั่นในการทำงาน ไว้ว่า การมุ่งมั่นให้บรรลุเป้าหมาย หมายถึง ความสามารถในการใช้พลังงาน พลังใจ ด้วยความพยายาม ในการกระทำการสิ่งต่าง ๆ ให้บรรลุเป้าหมายอย่างสร้างสรรค์และเหมาะสม ไม่ยอมแพ้กับอุปสรรคหรือ ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างง่าย ๆ

ฉัตรลดา เพ็งผลา (2557: 16) ได้ให้ความหมายของ ความมุ่งมั่นในการเรียน หมายถึง การที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมความสนใจ มีความตั้งใจ เอาใจใส่ มีมานะพยายาม ทุ่มเท แรงกาย แรงใจ และกำลังสติปัญญา ไม่ย่อท้อ จนกว่าจะประสบผลสำเร็จได้

จากความหมายของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนนั้น เนื่องจาก นักเรียนมีหน้าที่หลักที่สำคัญ คือ การศึกษาเล่าเรียน และอีกหน้าที่หนึ่งคือ การปฏิบัติตน นอกเหนือจากการเรียน

ดังนั้น โดยสรุปผู้วิจัยให้สามารถสรุปความหมายของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ไว้ว่า การกระทำที่นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจและความรับผิดชอบในการทำหน้าที่หรือ ภาระงานที่ได้รับมอบหมายของนักเรียน ด้วยความเพียรพยายาม อุดหนุน ทุ่มเทแรงกาย แรงใจ และ กำลังสติปัญญา ไม่ย่อท้อ เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย

## 2. องค์ประกอบของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน

องค์ประกอบของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานนั้น คือ พฤติกรรมในรูปแบบ ต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเป็นพฤติกรรมความมุ่งมั่นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งได้มีผู้ให้แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบ ของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานไว้ดังนี้

ยงยุทธ ชมไชย (2557 : 12) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของความมุ่งมั่นในการทำงาน ไว้ว่า ต้องประกอบไปด้วย ความตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่การงาน เอาใจใส่ต่อ การปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ ปรับปรุงและ พัฒนาการทำงานด้วยตนเอง ตลอดจนการทำงานด้วยความเพียรพยายามและอดทน เพื่อให้งาน สำเร็จตามเป้าหมาย

ศศิธร ธนะบุตร (2557 : 6) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของความมุ่งมั่นในการทำงาน ไว้ว่า คุณลักษณะความมุ่งมั่นในการเรียนมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) องค์ประกอบด้านเจตคติ ต่อการเรียน มีพฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ การคิดเชิงบวก การเห็นคุณค่า การยอมรับ ความเชื่อมั่นและ ความรักและความศรัทธา (2) องค์ประกอบด้านแรงจูงใจในการเรียน มีพฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ การตั้งเป้าหมาย ความพยายาม ความอดทน ความเชื่อมั่นในตนเอง และความภาคภูมิใจในตนเอง

และ (3) องค์ประกอบด้านพฤติกรรมกรรมการเรียน มีพฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ ความกระตือรือร้น ความเอาใจใส่ การปรับตัว การวางแผน และการแก้ปัญหา

จากองค์ประกอบของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนนั้น มีองค์ประกอบที่สำคัญ ใน 2 ด้าน คือ

1. พฤติกรรมความมุ่งมั่นทางด้านการเรียน หมายถึง พฤติกรรมหรือการปฏิบัติตนของนักเรียนที่ตั้งใจ รับผิดชอบต่อหน้าที่ ต่อครู อาจารย์และเพื่อน ในการเรียนมีความอดทน ทุ่มเท ไม่ย่อท้อในการเรียน พยายามแก้ไขปัญหาคอุปสรรคในการเรียน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายและชื่นชมผลงานด้วยความภาคภูมิใจ

2. พฤติกรรมความมุ่งมั่นทางด้านการดำเนินชีวิต หมายถึง พฤติกรรมหรือการปฏิบัติตนของนักเรียนที่ตั้งใจ รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย จากบิดา มารดา ผู้ปกครอง ญาติพี่น้อง หรือเพื่อน นอกเหนือจากการเรียน ความอดทน ทุ่มเท ไม่ย่อท้อ พยายามแก้ไขปัญหาคอุปสรรคในการทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมาย และชื่นชมผลงานด้วยความภาคภูมิใจ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน

พฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งต่อนักเรียน จึงได้มีผู้ศึกษาและตั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานไว้ ดังนี้

ทฤษฎีความมุ่งมั่นในตนเอง (Self-determination) ของ Deci and Ryan (1985, อ้างถึงใน ศศิธร ธรรมบุตร, 2558 : 16-18) เป็นทฤษฎีที่ได้ถูกนำไปใช้ และทดสอบอย่างแพร่หลาย และมีการวิจัยกว่า 800 เรื่อง ในวารสารวิชาการที่เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจภายใน แรงจูงใจภายนอก และการขาดแรงจูงใจ ทฤษฎีนี้ถูกสร้างเป็นกรอบแนวคิดของการศึกษาทางจิตวิทยาสมัยใหม่ โดยอธิบายถึงการพัฒนาบุคลิกภาพ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการสร้างแรงจูงใจให้กับตนเอง ซึ่งสันนิษฐานว่า มนุษย์มีเรื่องของการเรียนรู้ ความสามารถ การพัฒนาตนเอง ประสบการณ์ และการมีสุขภาวะที่ดีมาตั้งแต่เกิด โดยมีลักษณะนิสัยที่จะไปสู่การเจริญเติบโต การเรียนรู้สิ่งที่ทำหายจากสภาพแวดล้อมทางสังคม และการรวมองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน ที่มาจากการประสบการณ์ใหม่ในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยา เพื่อนำไปสู่ความสอดคล้องที่ตรงกับความรู้สึกของตนเองและพัฒนาขึ้นจนกลายเป็นบุคลิกภาพของตนเอง การรับรู้ถึง ความรู้สึกในการควบคุมพฤติกรรมตั้งแต่เริ่มต้นเข้าร่วมการคงอยู่ของพฤติกรรม และการเลิกทำกิจกรรมยังรวมไปถึงแรงจูงใจของบุคคลที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทางสังคม เพื่อไปสู่การพัฒนาพฤติกรรม และการมีสุขภาวะที่ดีในตนเอง เช่น สุขภาพหรือคุณภาพชีวิตที่ดี ทั้งกายและใจ เป็นต้น

ดังนั้น ทฤษฎีความมุ่งมั่นในตนเองถือเป็นแนวทางหนึ่งของการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับบุคคลและสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างการกระทำของบุคคลกับสภาพแวดล้อมทางสังคมที่เป็นพื้นฐานในการทำนายการกำหนดตนเองในการปฏิบัติ พฤติกรรม เรียนรู้ประสบการณ์ และการพัฒนาตนเองให้สำเร็จตามเป้าหมาย ทฤษฎีความมุ่งมั่นในตนเอง จึงประกอบไปด้วยทฤษฎีย่อย 5 ทฤษฎีที่อธิบายถึงความชัดเจนในกระบวนการทางจิตวิทยาสังคม ได้แก่

1. Cognitive evaluation theory (CET) เป็นทฤษฎีที่อธิบายแรงจูงใจภายในที่มีพื้นฐานมาจากความพึงพอใจที่เกิดจากพฤติกรรมของตนเอง เป็นการกระทำจากตนเองหรือตอบสนองความรู้สึกเพื่อตนเอง ได้แก่ ความสนุกสนาน ความพึงพอใจและความสนใจ นอกจากนี้ยังอธิบายถึงลักษณะเฉพาะจากการประเมินปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมทางสังคมที่มีต่อการพัฒนาแรงจูงใจภายใน ซึ่งมีผลสัมพันธ์กับการรับรู้จากภายในตัวเอง เช่น ก่อให้เกิด ความสนุกสนาน ความท้าทาย และความพึงพอใจ

จากทฤษฎีแรงจูงใจภายใน พบว่า แรงจูงใจสามารถเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานได้ เนื่องจากบุคคลจะแสดงพฤติกรรมความมุ่งมั่นก็ต่อเมื่อเป็นความต้องการจากตนเองหรือความรู้สึกเพื่อตนเอง ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ชัดเจนที่จะแสดงออกถึงความมุ่งมั่นที่เกิดจากแรงจูงใจภายในตนเอง

2. Organismic integration theory (OIT) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงการมุ่งความสนใจตามความคิดที่มีอยู่ภายในตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่มาจากปัจจัยที่พัฒนาความหลากหลายที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของแรงจูงใจภายนอกลักษณะขององค์ประกอบที่อยู่ภายในตนเอง (Properties) การตัดสินใจ และผลลัพธ์

จากทฤษฎีที่อธิบายถึงการมุ่งสนใจตามความคิดที่มีอยู่ภายในตนเอง มีความเป็นไปได้ที่จะส่งผลถึงพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน เนื่องจากการแสดงพฤติกรรมที่เกิดจากแรงจูงใจภายนอกที่นำไปสู่การตัดสินใจ และผลลัพธ์ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ที่สำคัญคือเป้าหมายหรือความสำเร็จ

3. Causality orientation theory (COT) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงความแตกต่างของลักษณะนิสัยในการหล່หลอมตนเองจากสิ่งแวดล้อม ในการกำกับพฤติกรรมไปยังสิ่งที่ตั้งใจหรือต้องการ และจัดการกับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ โดยการสนับสนุนตนเองให้มีความมุ่งมั่นด้วยตนเอง ซึ่งมาจากการประเมิน 3 ลักษณะ ของการหล່หลอมจากเหตุผลภายในตนเอง (Causality orientations) ได้แก่ ด้านการหล່หลอมความมีอิสระ (Autonomy orientation) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่บุคคลได้ปฏิบัติหรือแสดงความต้องการของตนเองมาเป็นพฤติกรรมจากสิ่งที่ตนเองสนใจ หรือเห็นคุณค่าจากสิ่งที่เกิดขึ้น ด้านการหล່หลอมจากการถูกกำหนด (Control orientation) ได้แก่ พฤติกรรมที่บุคคลนั้นได้ปฏิบัติจากรางวัล สิ่งที่เป็นประโยชน์ และการได้รับการยอมรับ และสุดท้าย

ด้านการหล่อหลอมแบบไม่เกี่ยวกับบุคคลหรือขาดการจูงใจ (Impersonal or a motivated orientation) ที่แสดงลักษณะโดยความวิตกกังวลเกี่ยวกับเรื่องของความสามารถ การรับรู้เหตุผลภายในตนเอง จึงมีความสัมพันธ์กับการรับรู้ถึงพฤติกรรมการมีอิสระในตนเอง

จากทฤษฎีในความแตกต่างของลักษณะนิสัยในการหล่อหลอมตนเองจากสิ่งแวดล้อมในการกำกับพฤติกรรมไปยังสิ่งที่ตั้งใจ ต้องการ และจัดการกับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ โดยการสนับสนุนตนเองให้มีความมุ่งมั่นด้วยตนเอง ซึ่งตรงกับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน โดยตนเองเป็นคนกำหนดพฤติกรรมเป็นหลัก

4. Basic psychological needs (BPN) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงว่า มนุษย์ทุกคนมีความต้องการพื้นฐานทางจิตวิทยา และมีความสัมพันธ์ต่อความรู้สึกในการรับรู้ไปถึงจิตวิทยา สุขภาพ การเพิ่มขึ้นของการมีสุขภาวะที่ดี และส่งผลต่อความรู้สึกในความพึงพอใจต่อความต้องการขั้นพื้นฐาน ในความต้องการเป็นคนที่มีความสามารถรู้สึกถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมทางสังคม และปรารถนาถึงผลของความสำเร็จ ความรู้สึกของการรับรู้ว่าตนเองเป็นผู้ที่มีความสามารถคือสิ่งที่จำเป็นสำหรับบุคคลไปสู่ความท้าทาย การเรียนรู้ และการพัฒนา ความต้องการ ความมีอิสระในตนเอง หมายถึง การที่บุคคลได้เริ่มต้นในการปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งเป็นความรู้สึกจากการส่งเสริมถึงความจำเป็นสำหรับการจูงใจพฤติกรรมให้ปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง และความต้องการในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

จากทฤษฎีที่อธิบายถึงว่า มนุษย์ทุกคนมีความต้องการพื้นฐานทางจิตวิทยา เป็นความต้องการขั้นพื้นฐานที่คนจะรู้สึกถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม และความต้องการขั้นพื้นฐานก็จะเป็นตัวที่ทำให้บุคคลจำเป็นต้องแสดงพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานออกมา

5. Goal content theory (GCT) เป็นทฤษฎีที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่เด่นชัดจากเป้าหมายของแรงจูงใจภายในและแรงจูงใจภายนอก รวมไปถึงสิ่งที่มีผลกระทบต่อแรงจูงใจและสุขภาพ ซึ่งความแตกต่างนั้นเป็นเหตุผลของการแสวงหาเป้าหมายจากสิ่งที่เกิดขึ้นจากเหตุผลของการจูงใจจากภายในและภายนอก โดยมีสิ่งที่อยู่ตรงกลางของเหตุผลนั้นคือสมมุติฐานตามทฤษฎีความมุ่งมั่นในตนเองจึงมีขอบเขตของการศึกษา 2 ด้าน ได้แก่ ด้านแรงจูงใจที่สนใจถึงว่าทำไมหรือเหตุผลอะไรที่อยู่ภายใต้การเพิ่มขึ้นของพฤติกรรม และเนื้อหาของเป้าหมายว่าอะไรหรือการรับรู้วัตถุประสงค์ของเป้าหมายว่า ทำไมจึงทำให้เกิดความมุ่งมั่น การมีเป้าหมายทั้งสองลักษณะจึงเป็นสิ่งที่มีความแตกต่างจากความพึงพอใจต่อความต้องการพื้นฐาน

จากทฤษฎีที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่เด่นชัด จากเป้าหมายของแรงจูงใจภายในและแรงจูงใจภายนอก ซึ่งเน้นไปในเรื่องของเป้าหมาย และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานที่เน้นไปที่เป้าหมาย หรือความสำเร็จเป็นสำคัญ ซึ่งจากทฤษฎีที่กล่าวมาในภาพรวม พบว่า ทุกทฤษฎีล้วนแล้วเป็นส่วนประกอบที่นำไปสู่พฤติกรรมความมุ่งมั่น



ในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นแรงจูงใจภายในตนเองที่คอยกำหนดพฤติกรรมของตนเอง แรงจูงใจภายนอกที่มีอิทธิพลต่อสิ่งที่มุ่งความสนใจ การกำกับพฤติกรรมที่เกิดจากการกล่อหลอม หรือสิ่งแวดล้อมของแต่ละบุคคล ความต้องการพื้นฐานทางจิตวิทยาที่จะแสดงพฤติกรรมบางอย่าง และแรงจูงใจภายในและภายนอกที่กำหนดพฤติกรรมเพื่อไปสู่เป้าหมาย

#### 4. ปัจจัยที่มีผลต่อความมุ่งมั่นในการทำงาน

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานนั้นประกอบไปด้วย ปัจจัยในทางบวกและทางลบ ซึ่งปัจจัยทางบวกเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้แสดงออกถึงพฤติกรรมในความมุ่งมั่นในการทำงานได้มากขึ้น และปัจจัยทางลบ คือ ปัจจัยที่มีผลในการยับยั้ง หรือลด การแสดงออกของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ซึ่งมีปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

##### 1. ความสามารถในการเผชิญปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค

อารี พันธมณี (2546) กล่าวว่า ความสามารถในการเผชิญและ ฝ่าฟันอุปสรรค หรือการเอาชนะปัญหาและอุปสรรค หมายถึง บุคคลที่มีความอดทน จิตใจเข้มแข็ง และมีเป้าหมายชัดเจน แน่นอน มีความเข้าใจโลก สามารถอดทนต่อความเหนื่อยยากลำบาก ความเจ็บปวด การรอคอยอดทนต่อความเหนื่อยหน่าย มุ่งมั่น ฝ่าฟันอุปสรรคและแก้ปัญหาให้ได้

หทัยชนก พันพงค์ (2555) การควบคุมตนเอง เป็นควบคุม การแสดงออกของพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ด้วยตนเอง สามารถยับยั้งระงับพฤติกรรมได้ด้วยการแสดง พฤติกรรมด้านบวก ควบคุมพฤติกรรมตนเองโดยมุ่งหวัง ตั้งใจฝ่าฟันอุปสรรคให้การทำงานประสบความสำเร็จ ดังนั้น ความสามารถในการเผชิญปัญหาและอุปสรรคนั้นจะต้องมีความอดทน สามารถควบคุมตนเองได้ ในด้านของความคิด สติ อารมณ์ รวมถึงการแสดงออกของพฤติกรรม เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา ฝ่าฟันอุปสรรคที่พบเจอได้ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาเล็กน้อย หรืออาจจะเป็น ปัญหาปานกลาง หรืออาจจะเป็นปัญหาที่ใหญ่ได้ ซึ่งความสามารถในการเผชิญปัญหาและอุปสรรค ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการแสดงออกในด้านของความมุ่งมั่นในการทำงาน

##### 2. การสนับสนุนทางสังคม

วัฒนา พาผล (2551) ให้นิยามการสนับสนุนทางสังคมว่า หมายถึง การที่บุคคลได้รับการช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านอารมณ์ สิ่งของ ความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร เงินทอง แรงงาน จากบุคคลแวดล้อม

สมจิตร หนูเจริญกุล (2553) ได้แบ่งชนิดของแรงสนับสนุนทางสังคม เป็น 3 ชนิด

1. การสนับสนุนโดยการให้ข้อมูลข่าวสาร (Information Support) การให้ความรู้คำแนะนำเกี่ยวกับปัญหา และให้ข้อมูลป้อนกลับพฤติกรรมและการปฏิบัติของบุคคล

2. การสนับสนุนด้านอารมณ์ (Emotion Support) การให้ความสำคัญ การให้ความมั่นใจ และความรู้สึกที่จะพึงพาและไว้วางใจ ทำให้รู้สึกว่าได้ได้รับความเอาใจใส่หรือความรัก

3. การสนับสนุนที่เป็นรูปธรรม (Tangible Support) เป็นการให้สิ่งของ การให้รางวัล เพื่อให้บุคคลรู้สึกที่ไว้วางใจ สามารถที่จะพึงพาและไว้วางใจได้ ทำให้รู้สึกได้รับความเอาใจใส่หรือความรัก

จรรยาวัตร คมพัยค์ม์ (2531) ได้แบ่งแหล่งของการสนับสนุนทางสังคมเป็น 2 กลุ่ม

1. กลุ่มสังคมปฐมภูมิ ได้แก่ ครอบครัว ญาติพี่น้อง และเพื่อนบ้าน หรือเรียกรวมว่ากลุ่มที่มีความผูกพันกันตามธรรมชาติ

2. กลุ่มสังคมทุติยภูมิ ได้แก่ กลุ่มวิชาชีพและกลุ่มสังคมอื่น ๆ หรือเรียกรวมว่า กลุ่มที่ช่วยเหลือในวิชาชีพ

ไพศาล แยมวงษ์ (2555) การสนับสนุนทางสังคมของนักเรียนเกิดขึ้นจาก 3 กลุ่ม ได้แก่

1. อาจารย์ ได้แก่ ครู อาจารย์ ผู้ทำหน้าที่สอน ผู้ดูแลศูนย์เยาวชน
2. ครอบครัว ได้แก่ พ่อแม่ ผู้ปกครอง หรือญาติพี่น้อง
3. เพื่อน ได้แก่ เพื่อนร่วมชั้น เพื่อนร่วมวิชาชีพ เพื่อนที่ร่วม

กิจกรรม

โดยสรุป การสนับสนุนทางสังคม คือ การที่บุคคลได้รับการช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนในรูปแบบของข้อมูลข่าวสาร ด้านอารมณ์ หรือด้านของสิ่งของหรือรางวัล โดยเป็นการได้รับแรงสนับสนุนจาก ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อน ถ้าเป็นนักเรียนอาจจะรวมไปถึงการได้รับแรงสนับสนุนจาก ครู อาจารย์ ซึ่งการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมเหล่านี้ถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่นักเรียนจะสามารถแสดงพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

### 3. แรงจูงใจ

อารี พันธมณี (2546) ได้ให้นิยามแรงจูงใจว่า เป็นการนำปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นแรงจูงใจมาผลักดันให้บุคคลแสดงพฤติกรรมอย่างมีทิศทาง เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายหรือเงื่อนไขที่ต้องการ ปัจจัยต่าง ๆ ที่น่าอาจจะเป็นเครื่องล่อรางวัล การลงโทษ การทำให้เกิดการตื่นตัวรวมทั้งทำให้เกิดความคาดหวัง

มัลลิกา ต้นสอน (2544) ได้ให้นิยามแรงจูงใจว่า หมายถึง ความยินดีและความเต็มใจของบุคคลที่จะทุ่มเทความพยายาม เพื่อให้การปฏิบัติงานบรรลุเป้าหมายบุคคลที่มีแรงจูงใจ

วิวัฒน์ แสงเพชร (2560) แรงจูงใจในการทำงานคือ สิ่งที่เป็นพลังงาน กระตุ้นให้แต่ละบุคคลกระทำพฤติกรรม เป็นสิ่งที่ชี้ทิศทางหรือเพื่อให้บุคคลกระทำพฤติกรรม เพื่อบรรลุเป้าหมายของแต่ละคน และเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนรักษาพฤติกรรมนั้น ๆ ให้คงอยู่ แรงจูงใจ เป็นการสร้างแรงผลักดันให้บุคคลมีพฤติกรรมไปในทิศทางที่กำหนด เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายหรือเงื่อนไขที่ต้องการ ด้วยความยินดีและความเต็มใจของบุคคลที่จะทุ่มเททำงาน การที่บุคคลแสดงพฤติกรรมไปในทิศทางที่กำหนด เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย และกระทำด้วยความทุ่มเท และเต็มใจ สิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นการกระทำที่แสดงออกถึงพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานทั้งสิ้น

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานและประกอบไปด้วย ความสามารถในการเผชิญปัญหาและอุปสรรค การได้รับแรงสนับสนุน รวมไปถึงแรงจูงใจ

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยในประเทศ

นที ศิริจรรยาพงษ์ (2560) ได้ศึกษาพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) ศึกษาระดับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน การควบคุมตนเอง การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว และการได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 2) เปรียบเทียบพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียน จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเพียงพอของค่าใช้จ่าย และลักษณะการพักอาศัย 3) ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียน ได้แก่ การควบคุมตนเอง การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว และการได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 5 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 310 คน โดยผู้วิจัยกำหนดตัวอย่างโดยใช้สูตรของยามานะ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ตามสัดส่วนประชากรจำแนกตามโรงเรียนและเพศ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการวิเคราะห์พหุคูณตามลำดับความสำคัญของตัวแปรที่นำเข้าสู่สมการ ผลการวิจัยพบว่า 1. ผลการวิเคราะห์ระดับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน การควบคุมตนเอง

การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากผู้ปกครอง และการได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน อยู่ในระดับมาก 2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน จำแนกตาม เพศ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเพียงพอของค่าใช้จ่าย และลักษณะการพักอาศัย พบว่า มีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานไม่แตกต่างกัน 3. ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่สามารถทำนายพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียน พบว่า การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน การได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว และการควบคุมตนเอง สามารถร่วมทำนายพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้ร้อยละ 70.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กนกพร วิเศษรัตน์ (2562) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบทำนายสังเกต อธิบาย ร่วมกับสะเต็มศึกษาต่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าไหลวน โดยผู้วิจัยสร้างเครื่องมือเพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวน แต่เนื่อหาดังกล่าวมีมีโนทัศน์ที่ซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจพบประเด็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง การอธิบายการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก การสร้างชุดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง กระแสไฟฟ้าไหลวน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ร่วมกับสะเต็มศึกษา ใบกิจกรรมการเรียนรู้กับชุดทดลองที่มีลักษณะพื้นเอียง เพื่อปล่อยแม่เหล็กให้เคลื่อนที่ผ่านแผ่นโลหะที่จัดวางไว้ในช่องพลาสติกใสสามารถปรับขนาดได้ตามต้องการ ทำให้สามารถสังเกตและเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของแม่เหล็กขณะเคลื่อนที่ผ่านแผ่นวัสดุที่แตกต่างกันได้ชัดเจน ชุดการเรียนรู้นี้ถูกนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน แล้วทำการวิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบวัดความเข้าใจโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จากการอธิบายตามกฎฟาราเดย์และกฎของแรงลอเรนซ์ มีจำนวนลดลง โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 34.05 และร้อยละ 12.27 และสามารถอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กได้ถูกต้องมีจำนวนมากขึ้นร้อยละ 54.5 จาก ร้อยละ 4.6 และพบว่านักเรียนมีคะแนนรวมเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ร่วมกับสะเต็มศึกษา และชุดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาความเข้าใจเรื่องกระแสไฟฟ้าไหลวนของนักเรียนได้

มินตรา กระเป่าทอง (2560) ได้ศึกษาการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพ

ตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อหาดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 3) เพื่อเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็ม 4) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.31 - 0.76 และมีค่าความเที่ยง 0.92 4) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ทดสอบสมมุติฐาน โดยการใช้การทดสอบค่าแบบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่กำลังศึกษาอยู่ใน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า 1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.28/80.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.70 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับ สิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 4. ผลการศึกษา ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

โพธิวัฒน์ งามขจรวิวัฒน์ (2560) เป็นที่ทราบกันดีว่าในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ STEAM ไม่เพียงพอสำหรับการสร้างนวัตกรรมสำหรับโลกปัจจุบันและ อนาคต ดังนั้น ศิลปะและมนุษยศาสตร์จึงถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นสื่อกลางที่ชัดเจนของความคิด สร้างสรรค์ในการเป็น STEAM ในประเทศไทยและประเทศกำลังพัฒนาแทบไม่เคยเห็นการดำเนินการ ทั้งในโรงเรียนหรือนอกโรงเรียน ผู้วิจัยพัฒนา “STEAM Fab Model” ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมเสริม STEAM ที่นำไปสู่ความท้าทายที่ยอดเยี่ยม ผู้วิจัยสาธิตแบบจำลองโดยใช้การสร้างหุ่นยนต์เพื่อสังคม เป็นเครื่องมือในการผสมผสานความรู้แบบสหสาขาวิชาชีพ นอกเหนือจากการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แล้ว ยังมีการนำศิลปะ วัฒนธรรม และสังคมมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ การสะท้อนของนักเรียนและหุ่นยนต์ทางสังคมที่สร้างขึ้นระหว่างกิจกรรม เพื่อทำความเข้าใจว่า นักเรียนเรียนรู้และผสมผสานความรู้จากสาขาได้อย่างไร

สมรค์ อินทวิมลศรี (2560) ได้ศึกษาผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยา ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียน การสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 3. ศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิด สะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายการวิจัยเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียน มัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีการเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2. แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน สำหรับประเมินความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ และ 3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ 1. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป 2. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน 3. นักเรียนที่เรียน ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

ถนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย โดยการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมีโดยใช้ สถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย คือ 1) พัฒนาประสิทธิภาพของ ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมีเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมก่อนและหลังเรียนของ กลุ่มทดลอง โดยใช้วิธีการทางสถิติ t-test for Dependent Samples 3) เพื่อเปรียบเทียบทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้วิธีการทางสถิติ t-test for Independent Samples

4) ศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก จำนวน 2 ห้องเรียน ที่ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา 1 ห้องเรียน และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 1 ห้องเรียน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี 2) แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3) แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมีมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนดไว้ 2) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่ากลุ่มควบคุม 4) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีมาก

วรชมน ตั้งอ่วม (2561) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education ในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาเคมี และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education จำนวน 4 แผน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินเจตคติต่อวิชาเคมี แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ใบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน และใบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ด้วยการนำความรู้หรือทฤษฎีต่าง ๆ มาบูรณาการเพื่อสร้างชิ้นงาน วิธีการ หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ แล้วนำไปใช้แก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEAM Education ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาเคมี และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนเจตคติต่อวิชาเคมี และคะแนนทักษะการแก้ปัญหา หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้นักเรียนยังมีระดับดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียน ด้านทักษะการแก้ปัญหาในขั้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหาอยู่ในระดับสูง ( $<g> = 0.75$ )

รัชฎาภรณ์ จันทร์ทอง (2562) ได้ศึกษาการใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา (STEAM Education) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อน-หลังเรียนของนักเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษา 3) ศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษา 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 วิทยาลัยนาฏศิลปอ่างทอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 30 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ดำเนินการวิจัยโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการสอนสะเต็มศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพการจัดการความรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษามีค่าเท่ากับ 78.83/78.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (2) ผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (3) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 (4) ความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียน โดยใช้สะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดีมาก

ชญชนก ทาระเนตร (2565) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง โดยดำเนินการทดลองแบบ One group pre-test post-test design กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางละมุง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2563 จำนวน 40 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าทีแบบไม่อิสระ และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า 1. คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน



ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. คะแนนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

ภาวิณี เทียมดี, ปิยวรรณ พันสี และยุพธนา ชัยเจริญ (2565) ได้ศึกษาการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย 3 ประการ คือ 1) สร้างแผนการจัดการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปะ (A) และคณิตศาสตร์ (M) เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่ได้รับการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ปีที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test (Dependent Samples) ผลวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน มีค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82/81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ระดับ 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนโดยการจัดการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

งานวิจัยต่างประเทศ

Jin (2012) ได้ศึกษาการออกแบบเนื้อหาการเรียนรู้ออกแบบและปรับปรุงด้วยวิทยาการหุ่นยนต์สำหรับ STEAM Education ซึ่งได้อธิบายการออกแบบและการนำเนื้อหาทางการศึกษาไปใช้สนับสนุนกิจกรรมภาคปฏิบัติระดับ K-12 ภายใต้กระบวนการทัศน์ของการศึกษา STEAM แบบสหสาขาวิชาชีพ เนื้อหาที่ชื่อว่า SiCi-Campaign ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้เด็กสามารถสัมผัสประสบการณ์หลากหลายหัวข้อและค่านิยมทางอารมณ์พร้อม ๆ กัน ขณะที่พวกเขาสร้างแคมเปญของ

ตนเองด้วย นอกจากนี้ทักษะและความรู้ด้านไอที วิทยาการหุ่นยนต์ ศิลปะ และธรรมชาติ/สังคมศาสตร์ แล้วคาดว่าเด็ก ๆ จะเข้าใจคุณค่าของการแบ่งปันและการดูแลเอาใจใส่

Danah Henriksen (2014) ได้ศึกษาการก้าวไปข้างหน้าของ STEAM: ความคิดสร้างสรรค์ในแนวทางการสอน STEM ที่ยอดเยี่ยม โดยบทความนี้เน้นย้ำถึงคุณค่าของความคิดสร้างสรรค์และการเรียนรู้ด้วยศิลปะเป็นหลัก (STEAM education) โดยใช้ตัวอย่างหนึ่งจากการศึกษาวิจัยล่าสุดของครูในห้องเรียนที่สร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพอนาคตของการคิดเชิงนวัตกรรมในสาขาวิชา STEM นั้นขึ้นอยู่กับการทำลายความแตกต่างระหว่างสาขาวิชาที่มองว่าเป็น “ความคิดสร้างสรรค์” เช่น ศิลปะหรือดนตรี และสาขาวิชา STEM ที่แต่เดิมมองว่าเข้มงวดกว่าหรือเชิงตรรกะ-คณิตศาสตร์ (Cutterall, 2002) นักคิดที่เก่งที่สุดในสาขาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ก็เช่นกัน บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง ซึ่งได้รับอิทธิพลอย่างลึกซึ้งจากความสนใจและความรู้ด้านดนตรี ศิลปะ และสาขาที่คล้ายคลึงกัน (Caper, 1996; Root-Bernstein, 2003; Dail, 2013; Eger, 2013) ด้วยเหตุนี้ STEAM จึงต้องกลายเป็นกระบวนการที่จำเป็นสำหรับการสอนและการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์และมีศิลปะ ฉะนั้นเพื่อกำหนดการศึกษาแนวทางการสอนอย่างสร้างสรรค์ในหมู่ครูที่มีประสิทธิภาพสูง (ผู้ชนะ/ผู้เข้ารอบสุดท้ายของโครงการครูแห่งปีแห่งชาติ) บทความนี้กล่าวถึงกรณีศึกษาเดียวที่ดึงมาจากการศึกษานี้ และพิจารณาการสอน/การเรียนรู้วิทยาศาสตร์บนพื้นฐานศิลปะที่ใช้โดยหนึ่งในครูเหล่านี้ Michael Geisen ผู้ชนะรางวัลครูแห่งชาติประจำปี 2008 และครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมต้น

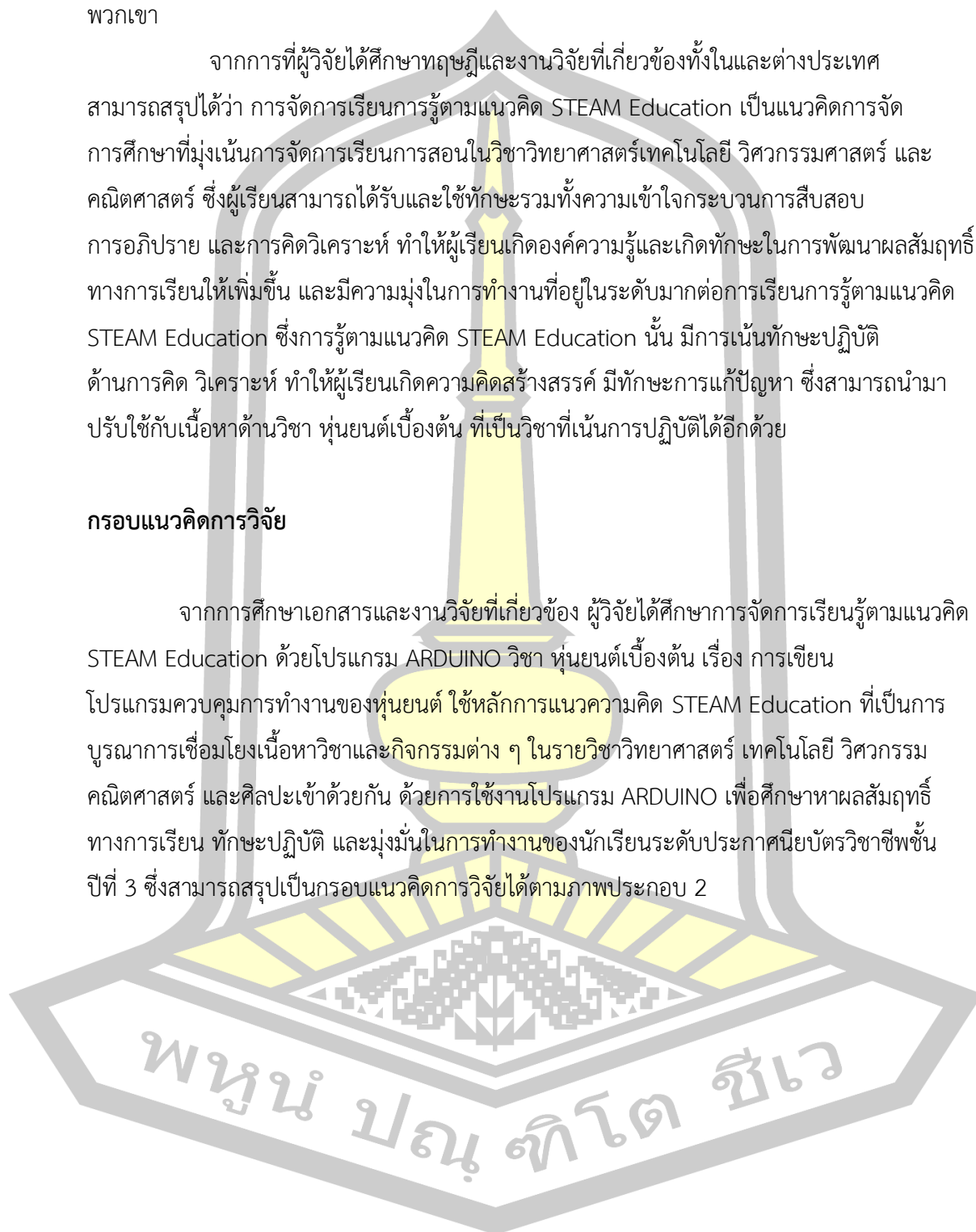
Tiryaki และ Adigüzel (2021) ได้ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์จาก STEM ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และทัศนคติของนักเรียน ในการศึกษาครั้งนี้ ผลกระทบของการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ที่ใช้ STEM ต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในหน่วยไฟฟ้า ชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ได้รับการตรวจสอบโดยใช้รูปแบบการซ้อนของวิธีการผสมนักเรียน จำนวน 60 คน โดยจำนวน 30 คน เป็นกลุ่มทดลองและอีก จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มควบคุม โดยเข้าร่วมหลักสูตรหลังเลิกเรียนในอิสตันบูลในปีการศึกษา 2018-2019 เข้าร่วมในการสมัครล่วงหน้าสองสัปดาห์และการสมัครสี่สัปดาห์ TOSRA วัดทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ และ “Torrance Creative Thinking Test” เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ถูกนำมาใช้เป็นแบบทดสอบก่อนและหลังข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวิเคราะห์ด้วย SPSS 21 นอกจากนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลลัพธ์ที่ได้คือพบว่า แอปพลิเคชันหุ่นยนต์ที่ใช้ STEM ช่วยเพิ่มความคิดสร้างสรรค์และทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการสัมภาษณ์แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสนุกกับการใช้แอปพลิเคชัน STEM ที่มีแอปพลิเคชันแทนความรู้เชิงทฤษฎี การใช้ซอฟต์แวร์หุ่นยนต์และซอฟต์แวร์ที่ซับซ้อน เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน พวกเขารู้สึกเหมือน

เป็นนักวิทยาศาสตร์ในระหว่างการศึกษา และแอปพลิเคชันก็ส่งผลต่อการเลือกอาชีพในอนาคตของพวกเขา

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM Education เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนสามารถได้รับและใช้ทักษะรวมทั้งความเข้าใจกระบวนการสืบสอบ การอภิปราย และการคิดวิเคราะห์ ทำให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้และเกิดทักษะในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้เพิ่มขึ้น และมีความมุ่งมั่นในการทำงานที่อยู่ในระดับมากต่อการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM Education ซึ่งการรู้ตามแนวคิด STEAM Education นั้น มีการเน้นทักษะปฏิบัติ ด้านการคิด วิเคราะห์ ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้กับเนื้อหาวิชา ทุนยนต์เบื้องต้น ที่เป็นวิชาที่เน้นการปฏิบัติได้อีกด้วย

### กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา ทุนยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ใช้หลักการแนวความคิด STEAM Education ที่เป็นการบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและกิจกรรมต่าง ๆ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะเข้าด้วยกัน ด้วยการใช้งานโปรแกรม ARDUINO เพื่อศึกษาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติ และมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ตามภาพประกอบ 2





### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ
4. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรและตัวอย่าง

1. ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 4 ห้อง เป็นนักเรียนทั้งหมด 66 คน

2. ตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 16 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. เครื่องมือสำหรับการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ จำนวน 2 แผน เป็นเวลาจำนวน 8 ชั่วโมง

## 2. เครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2.2 แบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เป็นการประเมินแบบ (Rubric Assessment) แบ่งเป็น 3 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

2.3 แบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) 5 ระดับ จำนวน 13 ข้อ

### วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการทดลองทั้ง 4 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาเทคนิคการทอนิกส์ ในรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 8 หน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหา หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยจัดแผนการเรียนรู้ตามตาราง 1

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล</li> <li>2. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก</li> <li>3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา</li> <li>4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม</li> <li>5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298 ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>2. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง</li> </ol>	4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2</li> <li>2. การทำงานของ Arduino Wireless Robot</li> <li>3. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีการ PWM</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับจอยสติ๊ก PS2 ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>2. ประยุกต์โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจ ได้อย่างถูกต้อง</li> </ol>	4
รวม 2 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 ชั่วโมง			

1.2 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งประกอบด้วย

1.2.1 สาระการเรียนรู้

1.2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.2.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education 6 ชั้น ดังนี้  
ชั้นที่ 1 ชั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus)

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail)

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery)

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application)

ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation)

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation)

1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ต้องการทดลองใช้ (Try-Out) เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินของลิเคอร์ท (Likert) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพและเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพและเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพและเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพและเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพและเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยให้ค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพและความเหมาะสมมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป เป็นเกณฑ์พิจารณายอมรับว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้

1.4 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย

1.4.1 นายอนุชิต สิงห์จันทร์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรม

1.4.2 นายปรีชา หงส์ผาแก้ว ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.4.3 นายมารุต อัมจักร ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ วิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ด เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ เพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้ (Try-Out)

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็กคือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ทุนยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจาก



การสุ่มอย่างง่าย จากกลุ่มนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนสูง กลาง และต่ำ ระดับละ 3 คน  
ตามตาราง 2

ตาราง 2 กำหนดการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง  
การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

วัน/เดือน/ปี	หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการ การเรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	จำนวน ชั่วโมง
13 ม.ค. 66	หน่วยที่ 8 การเขียน โปรแกรม ควบคุม การทำงานของ หุ่นยนต์	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 1	1. ฟังก์ชันอินพุตและ เอาต์พุตดิจิทัล 2. ฟังก์ชันเอาต์พุต แอนะล็อก 3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา 4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับ การสื่อสารผ่านพอร์ต อนุกรม 5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับ การควบคุม เซอร์โวมอเตอร์	1. ประกอบวงจรและ เขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับ บอร์ดขับเคลื่อน L298 ได้อย่างถูกต้อง 2. ประกอบวงจรและ เขียนโปรแกรม เพื่อ เชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง	4 ชั่วโมง เวลา 13.00- 17.00 น.
20 ม.ค. 66	หน่วยที่ 8 การเขียน โปรแกรม ควบคุม การทำงานของ หุ่นยนต์	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 2	1. ฟังก์ชันสำหรับการ รับสัญญาณจาก จอยสติ๊กแบบ PS2 2. การทำงานของ Arduino Wireless Robot 3. การควบคุม ความเร็วของมอเตอร์ ด้วยวิธีการ PWM	1. ประกอบวงจรและ เขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับ จอยสติ๊ก PS2 ได้อย่าง ถูกต้อง 2. ประยุกต์ โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจ ได้อย่างถูกต้อง	4 ชั่วโมง เวลา 13.00- 17.00 น.

1.6 วิเคราะห์ผลการทดลองใช้ (Try-Out) หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้  
ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ตามเกณฑ์ 80/80 แล้วนำเสนอต่อ

ประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา นายปรีชา หงส์ผาแก้ว ตรวจสอบความเหมาะสม และนำข้อเสนอไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

1.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แนวคิด STEAM Education ที่ได้รับ ข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เพื่อนำมตินำไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้จริงกับ ภาคสนาม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการ สุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 16 คน

1.9 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education หลังจากที่ได้ทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

1.10 วิเคราะห์ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.11 นำเสนอข้อมูลที่ได้จากทดลองแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุม การทำงานของหุ่นยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาเทคนิคช่างเทคนิค ในรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ของหุ่นยนต์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education

2.2 จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียน โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ของ Bloom's Taxonomy อาศัย ทฤษฎีการเรียนรู้และจิตวิทยาพื้นฐานว่า มนุษย์จะเกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้านคือ ด้านสติปัญญา ด้านร่างกายและด้านจิตใจ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ ซึ่งต้องการจำนวน 20 ข้อ จากค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ตามตาราง 3

ตาราง 3 วิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์  
ในรายวิชา หน่วยงานเบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
		ข้อสอบที่ ออก	ข้อสอบที่ ต้องการ
การเขียน โปรแกรมควบคุม การทำงานของ หุ่นยนต์	1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298 ได้อย่างถูกต้อง	10	7
	2. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง	8	5
	3. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับจอยสติ๊ก PS2 ได้อย่างถูกต้อง	5	3
	4. ประยุกต์โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจ ได้อย่างถูกต้อง	7	5
รวม		30	20

2.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตาม  
แนวคิด STEAM Education ที่ต้องการทดลองใช้ (Try-Out) เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุม  
วิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลนายมารุต อัจฉกร ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบทดสอบ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบข้อคำถามกับจุดประสงค์  
(Index-Objective Congruency : IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

(สมนึก ภัททิยธนี, 2544) ตามเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา นายปริษา หงษ์แก้ว เพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้ (Try-Out)

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็กคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย จากกลุ่มนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนสูง กลาง และต่ำ ระดับละ 3 คน

2.6 วิเคราะห์ผลการทดลองใช้ (Try-Out) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education จากนั้นหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Discrimination) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ เบรนนัน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ (B) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 จำนวน 20 ข้อ วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของ Lovett (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

2.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและครอบคลุมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 16 คน

2.9 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education หลังจากที่ได้ทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

2.10 วิเคราะห์ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.11 นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3. แบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาเทคนิคการช่าง ในรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education

3.2 จัดทำแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เป็นการประเมินแบบ (Rubric Assessment) แบ่งเป็น 3 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

3.3 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ต้องการทดลองใช้ (Try-Out) เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมนายอนุชิต สิงห์จันทร์ ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมินทักษะปฏิบัติ จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index-Objective Congruency : IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

(สมนึก ภัททิยธนี, 2544) ตามเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมนายอนุชิต สิงห์จันทร์ ให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้ (Try-Out)

3.5 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็กคือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย จากกลุ่มนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนสูง กลาง และต่ำ ระดับละ 3 คน

3.6 วิเคราะห์ผลการทดลองใช้ (Try-Out) แบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมครุอนุชิต สิงห์จันทร์ ตรวจสอบความเหมาะสมจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index-Objective Congruency : IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

ให้คะแนน +1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
ให้คะแนน 0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
ให้คะแนน -1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

(สมนึก ภัททิยธนี, 2544) ตามเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรม เพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

3.8 นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 16 คน

3.9 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการนำแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education หลังจากที่ได้ทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

3.10 วิเคราะห์ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.11 นำเสนอข้อมูลที่ได้จากทดลองแบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

4. แบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาเทคนิคการทออิเล็กทรอนิกส์ ในรายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education

4.2 จัดทำแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา พุ่ยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) 5 ระดับ ดังนี้

มากที่สุด หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้น อยู่ในระดับมากที่สุด

มาก หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้น อยู่ในระดับมาก

ปานกลาง หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้น อยู่ในระดับ ปานกลาง

น้อย หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้น อยู่ในระดับน้อย

น้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้น อยู่ในระดับน้อยที่สุด

4.3 นำแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ต้องการทดลองใช้ (Try-Out) เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลนายมารุต อัฒจักร ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงาน จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index-Objective Congruency : IOC) โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 (สมนึก ภัททิยธนี, 2544) เพื่อนำข้อเสนอนี้ไปปรับปรุงแก้ไข

4.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลนายมารุต อัฒจักร เพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้ (Try-Out)

4.5 นำแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็กคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา พุ่ยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย จากกลุ่มนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนสูง กลาง และต่ำ ระดับละ 3 คน

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลองใช้ (Try-Out) แบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลนายมารุต อัจฉกร ตรวจสอบความเหมาะสมจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index-Objective Congruency : IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

- ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์  
 ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์  
 ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

(สมนึก ภัททิยธนี, 2544) ตามเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

4.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ที่ได้รับข้อเสนอแนะจากประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลให้ถูกต้อง แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผล เพื่ออนุมัตินำไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

4.8 นำแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ไปทดลองใช้จริงกับภาคสนาม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ทุนยนต์เบื้องต้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 16 คน

4.9 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการนำแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education หลังจากที่ได้ทดลองใช้จริงกับภาคสนาม

4.10 วิเคราะห์ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยเกณฑ์ในการประเมินระดับของแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงาน ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลตามเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1981 อ้างถึงใน เรวดี นามทองดี, 2554) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง การมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง การมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง การมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง



ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง การมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน  
อยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง การมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน  
อยู่ในระดับน้อยที่สุด

4.11 นำเสนอข้อมูลที่ได้จากทดลองแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของ  
นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ต่อประธานและกรรมการควบคุม  
วิทยานิพนธ์

### วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้การวิจัยกึ่งทดลองแบบ One group Pre-Post test (อรพินทร์ ชูชม, 2552)
2. ปฏิทินการทดลอง

ตาราง 4 ปฏิทินการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการ	มกราคม 2566			
	1	2	3	4
จัดเตรียมกลุ่มทดลอง จัดทำตารางกำหนดวันเวลาในการทดลอง	√			
จัดเตรียมสถานที่และเครื่องมือในการทดลอง	√			
ปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ STEAM Education 6 ขั้นตอน		√		
ขั้นที่ 1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus)				
ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail)				
ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นพบ (Discovery)				
ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application)				
ขั้นที่ 5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation)				
ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation)				
จัดเตรียมผู้เรียน ให้ได้ฝึกปฏิบัติในการเรียนก่อนจัดการเรียนการสอนจริง			√	
ขึ้นดำเนินการทดลองใช้จริงกับภาคสนาม				√

2.1 ผู้วิจัยขอหนังสือราชการจากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด เพื่อขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือในการวิจัย

2.2 การเตรียมกลุ่มทดลองจัดทำบัญชีรายชื่อนักเรียน จัดทำตารางกำหนดวันเวลา ในการทดลอง พร้อมทั้งทำเรื่องการขออนุญาตทางวิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ดและอาจารย์ผู้สอน

2.3 จัดเตรียมสถานที่และเครื่องมือในการทดลองโดยประสานกับแผนก เมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด เพื่อขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ในการทดลอง

2.4 ผู้วิจัยปฐมนิเทศนักเรียนเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติในการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

2.5 เตรียมผู้เรียนโดยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ให้นักเรียนกลุ่มทดลองได้ฝึกปฏิบัติในการเรียนโดยใช้โปรแกรม ARDUINO ก่อนที่จะใช้จัดการเรียนการสอนจริงด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

2.5.1 ครูจัดแบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่มเล็ก ๆ พุดคุยกับเด็กเกี่ยวกับการทำงานของ คอมพิวเตอร์

2.5.2 ครูแนะนำให้นักเรียนรู้จักกฎระเบียบในการเข้าทำกิจกรรมใน ห้องปฏิบัติการ

2.5.3 ครูแนะนำให้นักเรียนรู้จักคำสั่งต่าง ๆ ในโปรแกรม ARDUINO

2.5.4 ครูสาธิตวิธีการใช้โปรแกรม ARDUINO

2.5.7 ให้นักเรียนเริ่มใช้โปรแกรม ARDUINO

2.5.8 การทำกิจกรรมกลุ่ม ควรทำหลังจากนักเรียนได้รับการฝึกฝนหรือ เรียนรู้ตลอดจนเกิดความเข้าใจ

2.5.9 เมื่อนักศึกษาค้นเคยและเริ่มใช้โปรแกรม ARDUINO ได้แล้วให้ดำเนินการ ในขั้นดำเนินการทดลองต่อไป

### 3. ขั้นตอนการทดลอง

ดำเนินการทดลอง กลุ่มทดลอง โดยการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

3.1 ให้นักเรียนกลุ่มทดลอง ทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pretest) แบบอัตนัย 2 ข้อ และปรนัย 20 ข้อ ที่ผู้วิจัย สร้างขึ้นและได้วิเคราะห์หาคุณภาพแล้วไปทดสอบกับ กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3/8 จำนวน 16 คน

เพื่อหาประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

3.2 ดำเนินการทดลอง กลุ่มทดลอง โดยเรียนจากแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

3.3 ทำการแนะนำกลุ่มทดลอง โดยอธิบายและแนะนำวิธีการใช้แผนการจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO โดยใช้เวลาการให้คำแนะนำ ประมาณ 15 นาที

3.4 ทำการทดลองโดยให้กลุ่มทดลอง ได้เรียนจากแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

3.5 ให้กลุ่มทดลอง ทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Posttest) แบบอัตนัย 2 ข้อ และปรนัย 20 ข้อ ครูผู้สอนทำการประเมินทักษะปฏิบัติ เป็นการประเมินแบบ (Rubric Assessment) แบ่งเป็น 3 ระดับ จำนวน 15 ข้อ และแบบสอบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงาน วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ โดยกระทำทันทีเมื่อสิ้นสุดการเรียน โดยใช้ชุดเดียวกันกับการสอบก่อนเรียนแต่สลับข้อ หลังจากเรียนด้วยการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

### การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

1.1 หาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard Deviation) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

1.2 หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ตามเกณฑ์ 80/80 (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2554)

1.3 วิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินด้าน ทักษะปฏิบัติ แบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงาน ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3

1.3.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์โดยการหา ค่าเฉลี่ยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด โดยใช้สูตร IOC (สมนึก ภัททิยธนี, 2544)

1.3.2 หาค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

1.3.3 หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของเบรนนัน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

1.3.4 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของ โลเวทท์ Lovett (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

## 2. ทดสอบสมมุติฐาน

2.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและความมุ่งมั่นในการทำงาน ระหว่างหลังทดลองและก่อนทดลองของกลุ่มที่เรียนกลุ่มเดียว โดยใช้ t-test (Dependent Sample) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) และ The Wilcoxon signed rank test (ประเสริฐ เรือนนงการ, 2559)

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตรดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2554)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum Y}{N} \times 100$$

เมื่อ	$E_1$	หมายถึง	ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียน
	$E_2$	หมายถึง	ประสิทธิภาพของผลการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมบทเรียน
	$\sum X$	หมายถึง	คะแนนรวมที่ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดได้ในระหว่างเรียน
	$\sum Y$	หมายถึง	คะแนนที่ผู้เรียนทำได้จากแบบทดสอบหลังเรียน
	N	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
	A	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดระหว่างเรียน
	B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Samples) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553)

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

เมื่อ t หมายถึง ค่า t-test  
D หมายถึง ค่าผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่  
n หมายถึง จำนวนตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ The Wilcoxon signed rank test (ประเสริฐ เรือนนงการ, 2559)

$$T^+ = \frac{n(n+1)}{2} - T^-$$

เมื่อ  $T^+$  หมายถึง  $\sum d_i$  ( $d_i$  เครื่องหมาย +)  
T หมายถึง  $\sum d_i$  ( $d_i$  เครื่องหมาย -)  
n หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

4. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

4.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index-Objective Congruency : IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2544) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
 $\sum R$  หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา

4.2 การหาค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยใช้สูตรดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P หมายถึง ระดับค่าความยาก  
R หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกทั้งหมด  
N หมายถึง จำนวนคนทั้งหมด

4.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Discrimination) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ เบนนแนน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ B หมายถึง ค่าอำนาจจำแนก  
U หมายถึง จำนวนผู้รอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ที่ตอบถูก  
L หมายถึง จำนวนผู้ไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ที่ตอบถูก  
N<sub>1</sub> หมายถึง จำนวนผู้รอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)  
N<sub>2</sub> หมายถึง จำนวนผู้ไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

4.4 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของ Lovett โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum X_i - \sum X_i^2}{(k-1) \sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ r<sub>cc</sub> หมายถึง ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์  
k หมายถึง จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบทั้งฉบับ  
X<sub>i</sub> หมายถึง คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

C หมายถึง คะแนนจุดตัด

## 5. สถิติพื้นฐาน

### 5.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ใช้สูตร (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2549)

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

เมื่อ  $\bar{X}$  หมายถึง ค่าเฉลี่ย  
 $\sum x$  หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของคะแนน  
 $N$  หมายถึง จำนวนคะแนนในข้อมูลนั้น

### 5.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ  $X$  หมายถึง คะแนนจากการทำข้อสอบของผู้เรียน  
 $N$  หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

### 5.3 ค่าร้อยละ ใช้สูตร

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ  $P$  หมายถึง ค่าร้อยละ  
 $f$  หมายถึง ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ  
 $N$  หมายถึง จำนวนความถี่ทั้งหมด

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับชั้นที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความและการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

$\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division)

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

E<sub>1</sub> แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียน

E<sub>2</sub> แทน ประสิทธิภาพของผลการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมบทเรียน

t แทน ค่า t-test

\*\* แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ระดับนัยสำคัญ .05

### ลำดับชั้นที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงานรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์



ตอนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบทักษะปฏิบัติที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงานกับเกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ทั้งนี้ ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สามารถสรุปได้ตามตาราง 5

ตาราง 5 ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3

ประสิทธิภาพ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียน E <sub>1</sub>	60	49.75	8.37	82.91
ประสิทธิภาพของผลการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมบทเรียน E <sub>2</sub>	100	76.60	7.61	80.90

ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ( $E_1/E_2$ ) = 82.91/80.90

จากตาราง 5 พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) เท่ากับ 82.91 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) เท่ากับ 80.90 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้เท่ากับ 82.91/80.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อทดสอบการกระจายของข้อมูล (Normal Distribution) จากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 16 คน โดยกำหนดสมมติฐานในการทดสอบ ดังนี้

$H_0$  = การกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติ (Normal Distribution)

$H_1$  = การกระจายของข้อมูลเป็นแบบไม่ปกติ (Non - Normal Distribution)

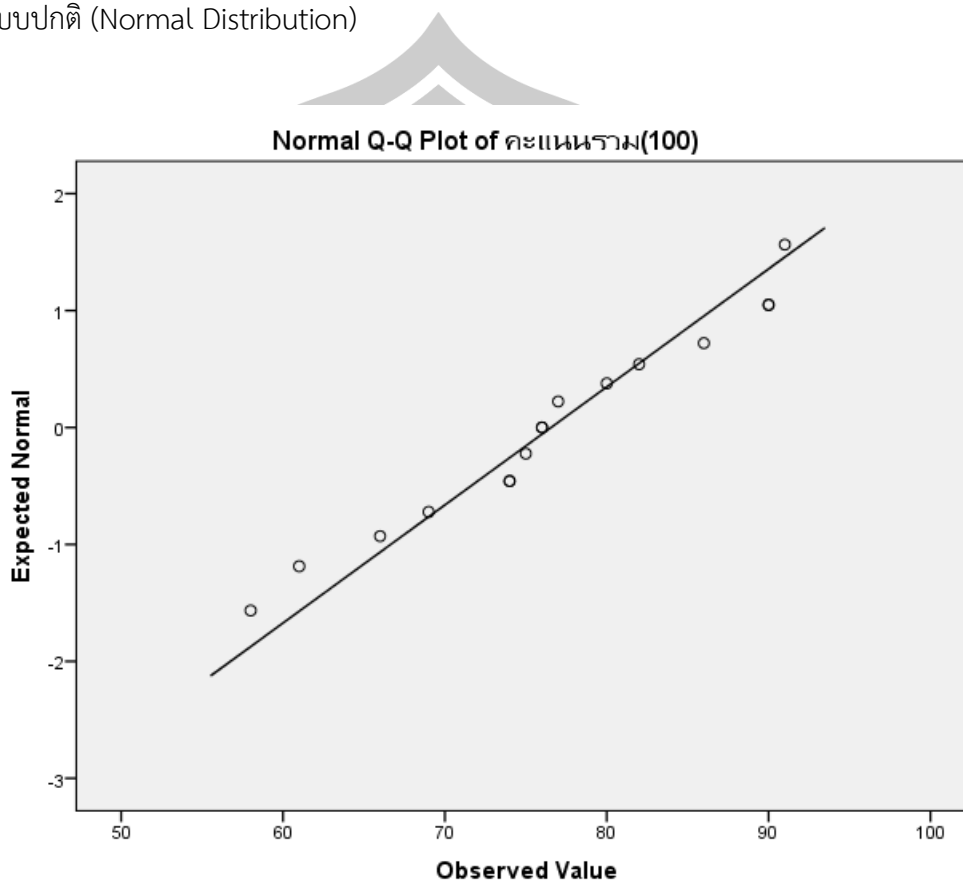
โดยผลการทดสอบมีดังนี้

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
คะแนนรวม(100)	.148	16	.200*	.953	16	.536
*. This is a lower bound of the true significance.						
a. Lilliefors Significance Correction						

ภาพประกอบ 3 ผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการ Normality Tests จำแนกตามคะแนนรวม

จากผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง ตามประกอบ 3 พบว่า การกระจายของข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คน มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ (ค่า Sig. ในช่องของตาราง Kolmogorov-Smirnov และ Shapiro-Wilk มากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) สรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐาน  $H_0$  ที่กำหนดว่าการกระจายของข้อมูล เป็นแบบปกติ (Normal Distribution)



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลจำแนกตามคะแนนรวม

จากภาพประกอบ 4 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลคะแนนรวมของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ทุนยนต์เบื้องต้น ปีการศึกษา 2565 จำนวน 16 คน มีการกระจายของข้อมูลในลักษณะแบบเส้นตรง (Linear) จึงสรุปได้ว่า มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ และมีข้อมูลเป็นแบบ Parametric ซึ่งสอดคล้องกับ ข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติเพื่อการวิจัย ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้จึงสามารถใช้สถิติอ้างอิง แบบ t-test (Dependent Sample) ตามตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

ตัวแปร	ก่อนเรียน		หลังเรียน		$\Sigma D$	$\Sigma D^2$	df	t	Sig.
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.					
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	16.20	1.79	24.43	1.04	249	2188	29	22.33*	.000*

\*\* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 6 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะปฏิบัติและความมุ่งมั่นในการของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาทักษะปฏิบัติที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงานกับเกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ตามตาราง 7

ตาราง 7 การศึกษาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติ เกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ตัวแปรที่ศึกษา	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์	$\bar{X}$	S.D.
ภาคทฤษฎี	40	32	32.56	5.14
ภาคปฏิบัติ	20	16	17.75	3.92
จิตพิสัย	20	16	20.00	.000
สอบปลายภาค	20	16	11.75	2.18
ภาพรวมทักษะปฏิบัติ	100	80	82.06	7.61

จากตาราง 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยภาพรวมทักษะปฏิบัติผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ( $\bar{X} = 82.06$ , S.D. = 7.61) โดยพบว่า ตัวแปรที่ศึกษาส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 ได้แก่ ภาคทฤษฎี

มีคะแนนเต็ม 40 คะแนน ( $\bar{X} = 32.56$ , S.D. = 5.14) ภาคปฏิบัติ มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ( $\bar{X} = 17.75$ , S.D. = 3.92) จิตพิสัย มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ( $\bar{X} = 20$ , S.D. = 0.00) ยกเว้นตัวแปร การสอบปลายภาคที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ( $\bar{X} = 11.75$ , S.D. = 2.18)

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุม การทำงานของหุ่นยนต์ ตามตาราง 8

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO

ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผล
พฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ด้านการเรียน	4.66	0.56	มากที่สุด
การควบคุมตนเอง	4.63	0.66	มากที่สุด
แรงสนับสนุนจากครอบครัว	4.60	0.68	มากที่สุด
แรงสนับสนุนจากโรงเรียน	4.62	0.64	มากที่สุด
แรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน	4.56	0.69	มากที่สุด

จากตาราง 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ด้านการเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.66$ , S.D. = 0.56) การควบคุมตัวเอง อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.63$ , S.D. = 0.66) แรงสนับสนุนจากโรงเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.62$ , S.D. = 0.64) แรงสนับสนุนจากครอบครัว อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.60$ , S.D. = 0.68) และแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.69) ตามลำดับ

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ภายหลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างการจัดการเรียนรู้วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะปฏิบัติที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงานกับเกณฑ์ร้อยละ 80 รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
4. เพื่อศึกษาความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

## สรุปผล

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าประสิทธิภาพที่ 82.91/80.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ตามที่กำหนดไว้ และจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่าหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ การเปรียบเทียบทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงานโดยส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 80 ( $\bar{X} = 82.06$ , S.D. = 7.61) ซึ่งนักเรียนมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ด้านการเรียน ( $\bar{X} = 4.66$ , S.D. = 0.56) การควบคุมตัวเอง ( $\bar{X} = 4.63$ , S.D. = 0.66) แรงสนับสนุนจากโรงเรียน ( $\bar{X} = 4.62$ , S.D. = 0.64) แรงสนับสนุนจากครอบครัว ( $\bar{X} = 4.60$ , S.D. = 0.68) และแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.69) อยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ

## อภิปรายผล

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยสามารถอภิปรายผล ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและความมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 มีประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียน  $E_1$  ที่ร้อยละ 82.91 และมีประสิทธิภาพของผลการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมบทเรียน  $E_2$  ที่ร้อยละ 80.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ตามที่กำหนดไว้ หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ระหว่างเรียน และทำให้เกิดทักษะปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มินตรา กระเป่าทอง (2560) ที่ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.28/80.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4 ที่สร้างชิ้นมีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.70 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้เรื่อง  
ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 4) ผลการศึกษา  
ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้  
แบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ  
ทางสถิติที่ระดับ 0.05

การที่ผลการวิจัยปรากฏเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ตามแนวคิดของ Riley (2016) ได้มีการอธิบาย  
ขั้นตอนการออกแบบวิธีการสร้างห้องเรียน STEAM ให้เป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered  
classroom) มี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ชั้นระบุสถานการณ์ (Focus) 2) ชั้นวิเคราะห์สถานการณ์/  
รายละเอียด (Detail) 3) ชั้นการค้นพบ (Discovery) 4) ชั้นการประยุกต์ใช้ (Application)  
5) ชั้นการนำเสนอ (Presentation) 6) ชั้นประเมินและปรับปรุง/เชื่อมโยง (Link) จึงทำให้  
ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์  
นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการ  
เรียนรู้พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อันเนื่องมาจากนักเรียนเกิดความรู้และ  
ความเข้าใจ สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้มากกว่าก่อนเรียน ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการวิจัย  
ของ วรพรรณ ตั้งอ่วม (2561) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education  
ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจและแก้ปัญหาอย่างเป็น  
ลำดับขั้นตอน ด้วยการนำความรู้หรือทฤษฎีต่าง ๆ มาบูรณาการเพื่อสร้างชิ้นงาน วิธีการ หรือ  
นวัตกรรมใหม่ ๆ แล้วนำไปใช้แก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้  
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEAM Education ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อ  
วิชาเคมี และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนน  
เจตคติต่อวิชาเคมี และคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้  
และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รวมถึงยังมีความ  
สอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิมพล ชื่นวงศ์ (2562) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของ  
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คำศัพท์เทคนิคสำหรับงานช่าง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียน เรื่อง คำศัพท์เทคนิคสำหรับงานช่าง สำหรับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ระหว่างการเรียนผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการสอน  
แบบปกติ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง คำศัพท์เทคนิคสำหรับงานช่าง



มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 85.20/84.00 ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้โดยมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง คำศัพท์เทคนิคสำหรับงานช่าง ระหว่างการเรียนผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการสอนแบบปกติ ซึ่งกลุ่มทดลองที่เรียนผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและกลุ่มควบคุมที่เรียนผ่านการสอนแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่เรียนผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลการวิจัยช่วยยืนยันได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นและยังช่วยทำให้เกิดความเพลิดเพลิน และแรงจูงใจในการเรียนภาษาอังกฤษแก่ผู้เรียนด้วย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับที่ ณัฐชนน โพธิ์อ่อน (2560) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหาคุณภาพและประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกทักษะ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกทักษะ เรื่อง การสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกทักษะ เรื่อง การสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เบื้องต้น ที่พัฒนาขึ้นด้านเนื้อหาคุณภาพระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.60$ , S.D. = 0.17) ด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.76$ , S.D. = 0.27) 2) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกทักษะ เรื่อง การสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เบื้องต้น ที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิภาพ  $E_1/E_2 = 81.20/81.81$  ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เบื้องต้น ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบฝึกทักษะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยภาพรวมผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ( $\bar{X} = 82.06$ , S.D. = 7.61) ยกเว้นการสอบปลายภาคที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ( $\bar{X} = 11.75$ , S.D. = 2.18) เกิดได้หลายสาเหตุ ได้แก่ นักเรียนอาจจะขาดการเตรียมตัวที่ดี มีข้อจำกัดในด้านเวลาการทำข้อสอบ การตั้งคำถามในข้อสอบที่เน้นในเรื่องของความรู้ ความเข้าใจ นักเรียนอาจจะถนัดในการปฏิบัติมากกว่าทฤษฎี เป็นต้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤตमुख ไชยศิริ (2559) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดการสอนโดยใช้รูปแบบทักษะปฏิบัติของซิมพ์สัน เรื่องการร้อยลูกปัดวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยีสำหรับนักศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดอ่างแก้ว (จิบ ปานขำ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลการประดิษฐ์ชิ้นงานด้วยชุดการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนทักษะปฏิบัติของซิมพ์สัน เรื่องการร้อยลูกปัด 2) เพื่อพัฒนาชุดการสอนให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (80/80) 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการเรียนด้วยชุดการสอน 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอน ผลการวิจัยพบว่า การประดิษฐ์ชิ้นงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนโดยใช้รูปแบบ

การสอนทักษะปฏิบัติของซิมพ์สัน เรื่อง การร้อยลูกปัด นักเรียนมีผลคะแนนทักษะการปฏิบัติงานเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เท่ากับ 3.80 อยู่ในระดับดีมาก และผลการพัฒนาชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 95.03/81.33 ตามเกณฑ์ 80/80 สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอน มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 2.59$ , S.D. = 0.49)

4. ความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ นักเรียนมีพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ด้านการเรียน ( $\bar{X} = 4.66$ , S.D. = 0.56) การควบคุมตัวเอง ( $\bar{X} = 4.63$ , S.D. = 0.66) แรงสนับสนุนจากโรงเรียน ( $\bar{X} = 4.62$ , S.D. = 0.64) แรงสนับสนุนจากครอบครัว ( $\bar{X} = 4.60$ , S.D. = 0.68) และแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.69) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความตั้งใจ และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ หรือภาระงานที่ได้รับมอบหมายของนักเรียน ด้วยความเพียร พยายาม อุตุนไม่ย่อท้อ มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมาย ซึ่งในขณะเดียวกันต้องได้รับแรงสนับสนุนจากเพื่อน ครู โรงเรียน และผู้ปกครองด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นแรงผลักดันเสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่อตัวนักเรียน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ นที ศิริจรยาพงษ์ (2560) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่สามารถทำนายพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียน พบว่า การได้รับแรงสนับสนุนจากโรงเรียน การได้รับแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อน การได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว และการควบคุมตนเอง สามารถร่วมทำนายพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้ร้อยละ 70.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#### ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ให้มีประสิทธิภาพ

1.1 การเลือกเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ จะต้องมีการศึกษาถึงรายละเอียดของหลักสูตร และมีการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการเรียนแบบปกติ เพื่อนำปัญหาและอุปสรรคนั้นมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการออกแบบหรือกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนรู้

1.2 เนื้อหาที่นำมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ควรมีความเหมาะสมกับผู้เรียนในด้านจิตวิทยา การเรียนรู้ การลำดับเนื้อหา และการนำเสนอเนื้อหา ควรจัดกระบวนการให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มากที่สุด

1.3 การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ต้องมีการทบทวน ตรวจสอบและแก้ไข โดยผ่านกระบวนการตรวจสอบประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ จากการทดลองใช้ปฏิบัติจริง เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ รวมถึงความยากง่ายของเนื้อหาของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการนำโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ไปใช้

2.1 โปรแกรม ARDUINO แม้ว่าจะสามารถใช้งานได้ดี แต่ยังคงมีจุดอ่อนและข้อจำกัดหลายประการ เช่น ปัญหาด้านความถี่อื่นแทรกหรือรบกวน ระบบโปรแกรมค้าง ภาควัดไฟไม่นิ่ง เป็นต้น ดังนั้นจึงเหมาะกับผู้ที่มีความต้องการศึกษาเรียนรู้ในเบื้องต้นหรือทดลองใช้งานระยะเริ่มแรก

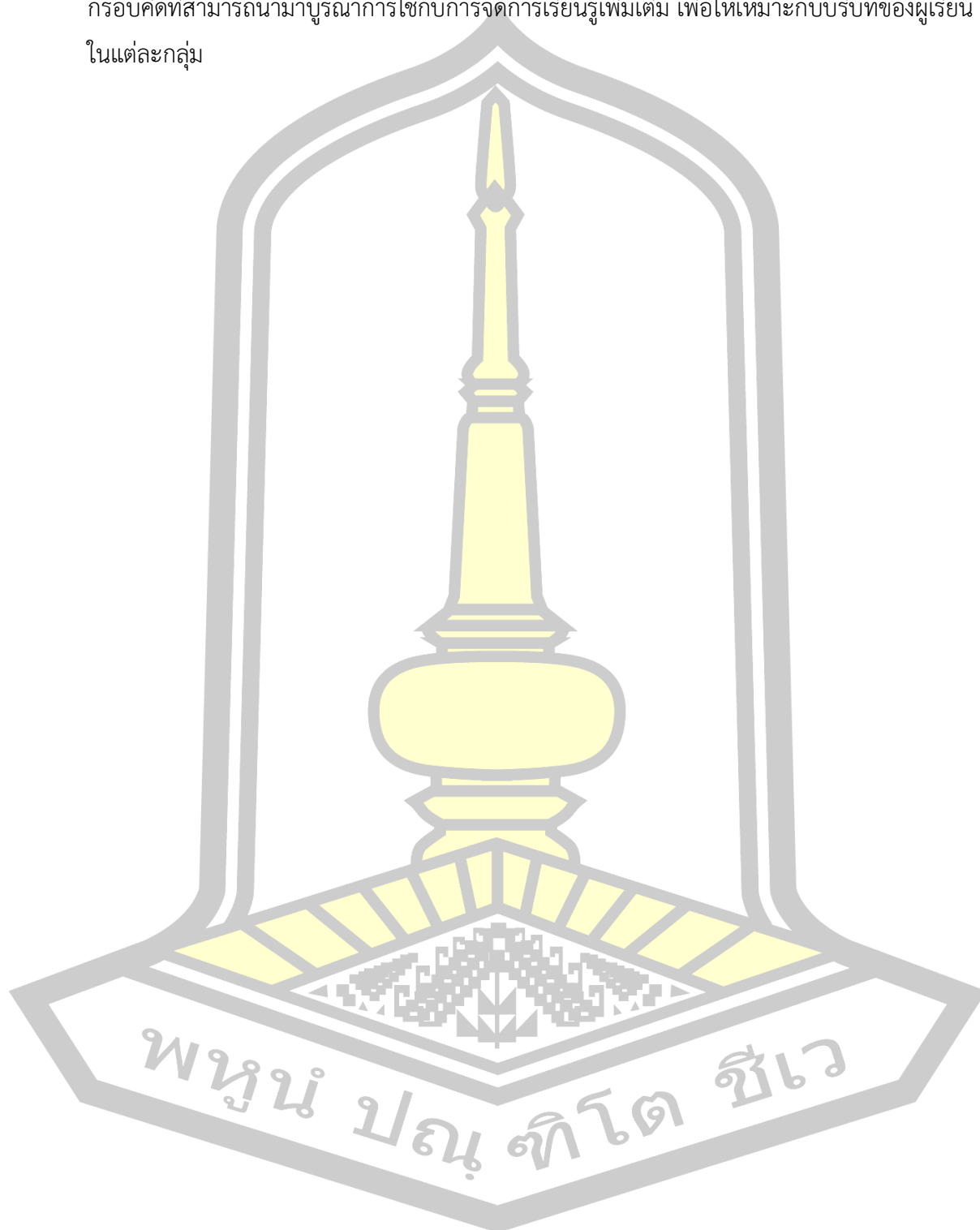
2.2 ก่อนการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม ARDUINO ผู้สอนควรให้คำแนะนำการใช้งานแก่ผู้เรียนอย่างเป็นระบบ อีกทั้งต้องอาศัยความเอาใจใส่ของผู้เรียนเองเป็นสำคัญ ดังนั้น บทบาทของผู้สอนจึงมีความสำคัญในการเป็นทั้งผู้ควบคุมและที่ปรึกษา (Consultant)

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

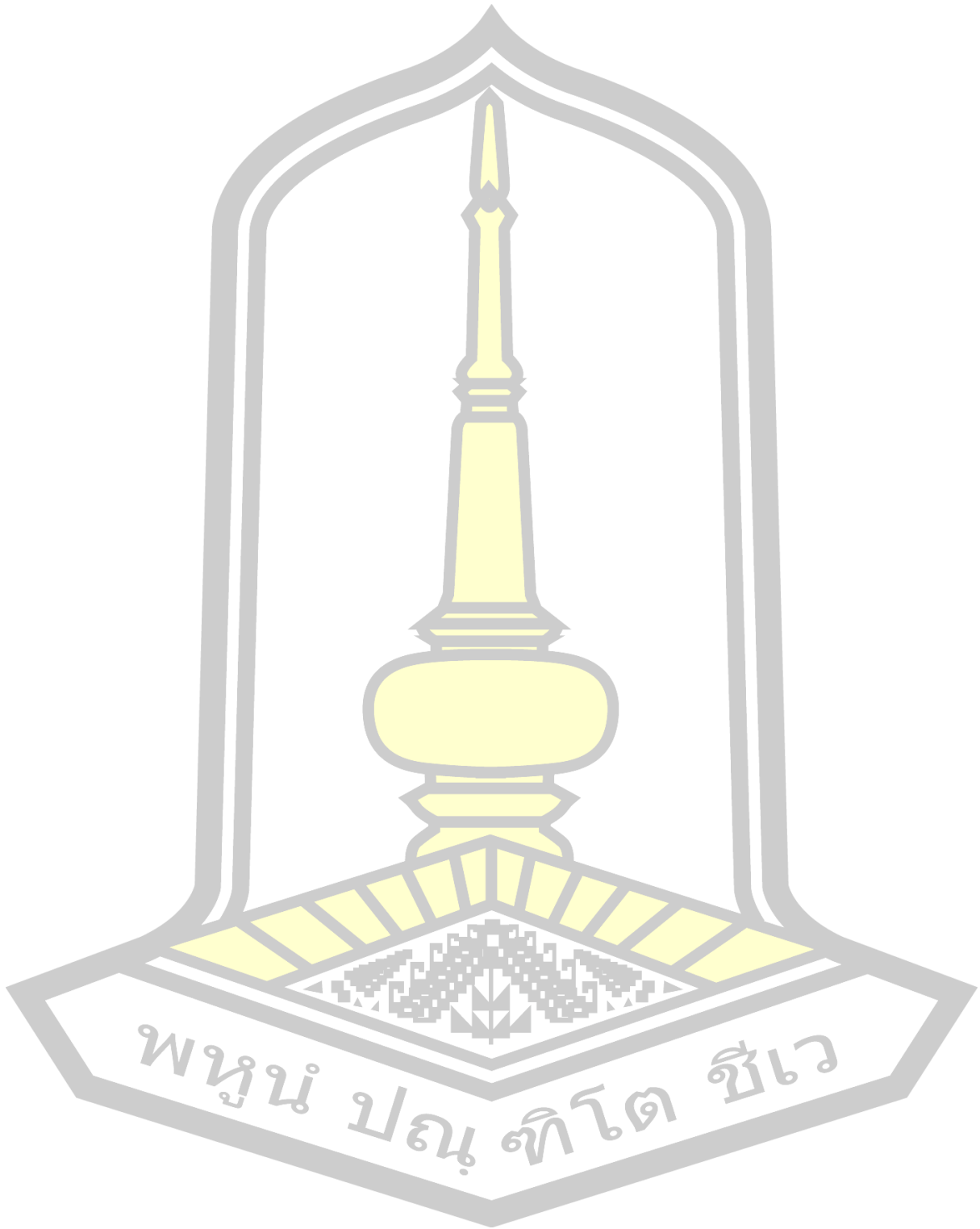
3.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้ ควรนำไปประยุกต์ใช้กับนักเรียนในกลุ่มอื่น ๆ เพื่อศึกษาว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ หรือแตกต่างไปจากการทดลองในการวิจัยครั้งนี้หรือไม่

3.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO สำหรับพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะปฏิบัติและมุ่งมั่นในการทำงาน รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ชั้นปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้ควรมีการศึกษาถึงโดยใช้แนวคิดอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้เกิดเป็นกรอบคิดที่สามารถนำมาบูรณาการใช้กับการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อให้เหมาะกับบริบทของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม



บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กนกพร วิเศษรัตน์. (2562). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบทำนาย ลังเกต อธิบาย ร่วมกับ สะเต็มศึกษาต่อความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า ไหลวน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- กรมวิชาการ. (2545). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2545. กรุงเทพฯ : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เอกสารชุด แนวทางการปฏิรูปการศึกษาในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.
- กฤตมุข ไชยศิริ. (2559). การพัฒนาชุดการสอนโดยใช้รูปแบบทักษะปฏิบัติของซิมพ์ซัน เรื่อง การร้อยลูกปัด วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดอ่างแก้ว (จิบ ปานขำ). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กองวิจัยการศึกษา. (2552). โครงการการศึกษาศักยภาพของเด็กไทย. กรุงเทพฯ : กองวิจัยการศึกษา.
- จริยาวัตร คมพยัคฆ์. (2531). แร่งสนับสนุนทางสังคม: มโนทัศน์และการนำไปใช้. วารสารพยาบาล ศาสตร์, 6(2), 96-105.
- ฉัตรลดา เพ็งผลา. (2557). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความมุ่งมั่นในการเรียนและ เจตคติต่อการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัด สำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาฬสินธุ์ เขต 3 ที่มีการอบรมเลี้ยงดูและสไตล์การเรียน แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผล การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เฉลิมพล ชีนวนงศ์. (2562). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนรู้คำศัพท์ เทคนิค สำหรับงานช่างของนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระหว่างการเรียนรู้ผ่านบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการสอนแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภาษาอังกฤษ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพะเยา.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2542). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : เซ็นเตอร์ดีสคัฟเวอรี.
- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. (2554). การออกแบบและพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์และบทเรียนเครือข่าย. พิมพ์ครั้งที่ 15. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- ณัฐชนน โพธิ์อ่อน. (2560). *การพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะ วิชาการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปบน อุปกรณ์พกพา เรื่อง การสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เบื้องต้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและการสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณัฐดนัย เนียมทอง. (2561). *จาก STEM สู่ STEAM*. [ออนไลน์]. ได้จาก : <https://www.scimath.org/articlestem/item/7812-stem-steam>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 19 พฤษภาคม 2565].
- ดวงมาลา จาริขานนท์. (2551). *การพัฒนาแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้การอ่านเพื่อฝึกการคิดวิเคราะห์ด้วยแบบฝึกทักษะสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ถนอมขวัญ วิบูลย์จนสาร. (2561). *การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ธัญชนก ทาระเนตร, นพมณี เชื้อวัชรินทร์ และเชษฐ ศิริสวัสดิ์. (2565). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 24(4), 132-142.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2549). *การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ราเมศร์.
- นที ศิริจรรยาพงษ์. (2560). *พฤติกรรมการความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาชุมชน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ประเสริฐ เรือนนงการ. (2559). *สถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์*. มหาสารคาม : ตักศิลาการพิมพ์.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2551). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- เผชิญ กิจระการ. (2544). *การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub>*. *วารสารการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 5(11), 44-51.

- พรรณณี ชูทัย เจนจิต. (2545). *จิตวิทยาการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : เสริมสินพีรเพรสเพิ่ม.
- พระอำนาจ อัดถกกาโม (น้อยนิล). (2555). *การศึกษาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์บางกรวย อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาพุทธศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารจัดการคณะสงฆ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.
- โพธิวัฒน์ งามขจรวิวัฒน์. (2560). *Understanding the Role of Arts and Humanities in Social Robotics Design: An Experiment for STEAM Enrichment Program in Thailand*. [ออนไลน์]. ได้จาก : <https://www.researchgate.net/publication>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 19 พฤษภาคม 2565]
- ไพศาล แยมวงษ์. (2555). *การศึกษาการสนับสนุนทางสังคมที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในชีวิตของนักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ภาวิณี เทียมดี, ปิยวรรณ พันสี และยุทธนา ชัยเจริญ. (2565). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 20(2), 293-306.
- มัลลิกา ต้นสอน. (2544). *พฤติกรรมองค์การ*. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์.
- มินตรา กระเป่าทอง. (2560). *การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- ยงยุทธ ชมไชย. (2557). *การศึกษาความมุ่งมั่นในการทำงานที่มีผลต่อความสำเร็จของนักเรียนมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รัชฎาภรณ์ จันทร์ทอง. (2562). การใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารพัฒนศิลป์วิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม*, 3(1), 115-129.



- เรวดี นามทองดี. (2554). การคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 9 อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาชุมชน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2542). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.
- วรรณชนม์ ตั้งอ่วม. (2561). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education ที่มีผลต่อเจตคติต่อวิชาเคมีและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วัฒนา พาผล. (2551). การวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความใฝ่รู้ใฝ่เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิมล เหล่าเคน. (2552). ผลการเรียนรู้ภาษาไทยเรื่องการสร้างคำตามหลักเกณฑ์ทางภาษาด้วยการจัดกิจกรรมตามแนวคิดโดยใช้สมองเป็นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิวัฒน์ แสงเพชร. (2559). ปัจจัยส่วนบุคคลแรงจูงใจในการทำงาน และสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของพนักงานธุรกิจโรงแรมระดับ 5 ดาว โรงแรมแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- ศศิธร ธนะบุตร. (2557). การสร้างแบบวัดความมุ่งมั่นในการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขา การศึกษาปฐมวัย. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรี นครินทรวิโรฒ, 15, 2.
- สมจิตร หนูเจริญกุล. (2553). การปฏิบัติการพยาบาลขั้นสูง : บูรณาการสู่การปฏิบัติ. นนทบุรี : สภาการพยาบาล กระทรวงสาธารณสุข.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2544). การวัดผลการศึกษา. ภาพสไลด์ : ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2552). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. ภาพสไลด์ : ประสานการพิมพ์.

- สมรัก อินทิมลศรี. (2560). *ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีพวิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์. (2542). *มุ่งสู่คุณภาพการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- สมหมาย ศุภินิ. (2551). *การพัฒนาแบบฝึกทักษะกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *แนวทางการพัฒนา การวัดและประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.
- สิรารวรรณ จรัสวีวัฒน์. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในยุคประเทศไทย 4.0 ตามแนวคิด STEM, STEAM และ STREAM*. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม*, 13(1), 19-30.
- หทัยชนก พันพงศ์. (2555). *การพัฒนาแบบวัดการควบคุมตนเองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อรพินทร์ ชูชม. (2552). *การวิจัยกึ่งทดลอง*. *วารสารพฤติกรรมศาสตร์*, 15(1), 1-15.
- อารี พันธมณี. (2546). *จิตวิทยาสร้างสรรค์การสอน*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไยใหม่เอ็ดดูเคเท.
- All Education School. (2018). *Resources for Current & Future STEAM Educators*. [online]. Available from : <https://www.alleducationschools.com/resources/steam-education/>. [accessed 16 June 2022].
- Barnard, C.I. (1972). *The functions of the executives*. Boston : Harvard University Press.
- College of Engineering, University of Colorado Boulder. (2019). *Curricular Unit: Creative Engineering Design*. [online]. Available from : <https://www.teachengineering.org/k12engineering/designprocess>. [accessed 16 June 2022].
- De Cecco, J.P. (1974). *The Psychology of Learning and Instruction : Education I Psychology*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice – Hall, Inc.
- Fioriello, P. (2010). *Understanding the basics of STEM education*. [online]. Available from : <http://drpfconsults.com/understanding-the-basics-of-STEM-education>. [accessed 16 June 2022].

- Gagne, R.M. (1977). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York : Holt Rinchert and Winstin.
- Garrison, K.C. and Magoon, R. (1972). *Educational psychology*. Ohio : Charles E. Morrill Publishing century-crofts.
- Haber, R.N. and Fried, A.H. (1975). *An introduction to psychology*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Henriksen, D. (2014). *Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices*. [online]. Available from : <https://www.researchgate.net/publication/>. [accessed 16 June 2022].
- Jin, Y.G. (2012). *Designing a Robotics-Enhanced Learning Content for STEAM Education*. [online]. Available from : <https://ieeexplore.ieee.org/document/6463032>. [accessed 16 June 2022].
- Klausmeier, H.J. and Ripple R.E. (1971). *Learning and Human Abilities : Educational Psychology*. 3rd ed. New York : Harper and Row.
- Lovell, R.B. (1980). *Adult Learning*. New York : Halsted Press Wiley & Son.
- Ministry of Education's online in New Zealand. (2013). *Benefits of STEAM learning*. [online]. Available from : <http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM>. [accessed 16 June 2022].
- Orow, M. (2019). *The value of STEAM*. [online]. Available from : <https://www.nordangliaeducation.com/teaching-and-learning/enriched-curricula/our-approach-to-steam/building-skills-for-the21st-century>. [accessed 16 June 2022].
- Page, G.T. and Thomas, J.B. (1977). *International Dictionary of Education*. New York : Kogen Page.
- Patrick. (2018). *Full STEAM ahead for 21st century citizens*. [online]. Available from : <https://www.schoolnews.co.nz/2018/02/full-steam-ahead-for-21st-century-citizens/>. [accessed 16 June 2022].
- Riley, S. (2014). *How to STEAM*. [online]. Available from : <https://educationcloset.com/steam/how-tosteam/>. [accessed 16 June 2022].

Riley, S. (2016). *6 STEPS TO CREATING A STEAM CLASSROOM*. [online]. Available from : <https://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/>. [accessed 16 June 2022].

Smith, S.C. and Piele, P.K. (2006). *School Leadership: Handbook for Excellence in Student Learning*. 4th ed. Thousand Oaks, CA : Corwin Press.

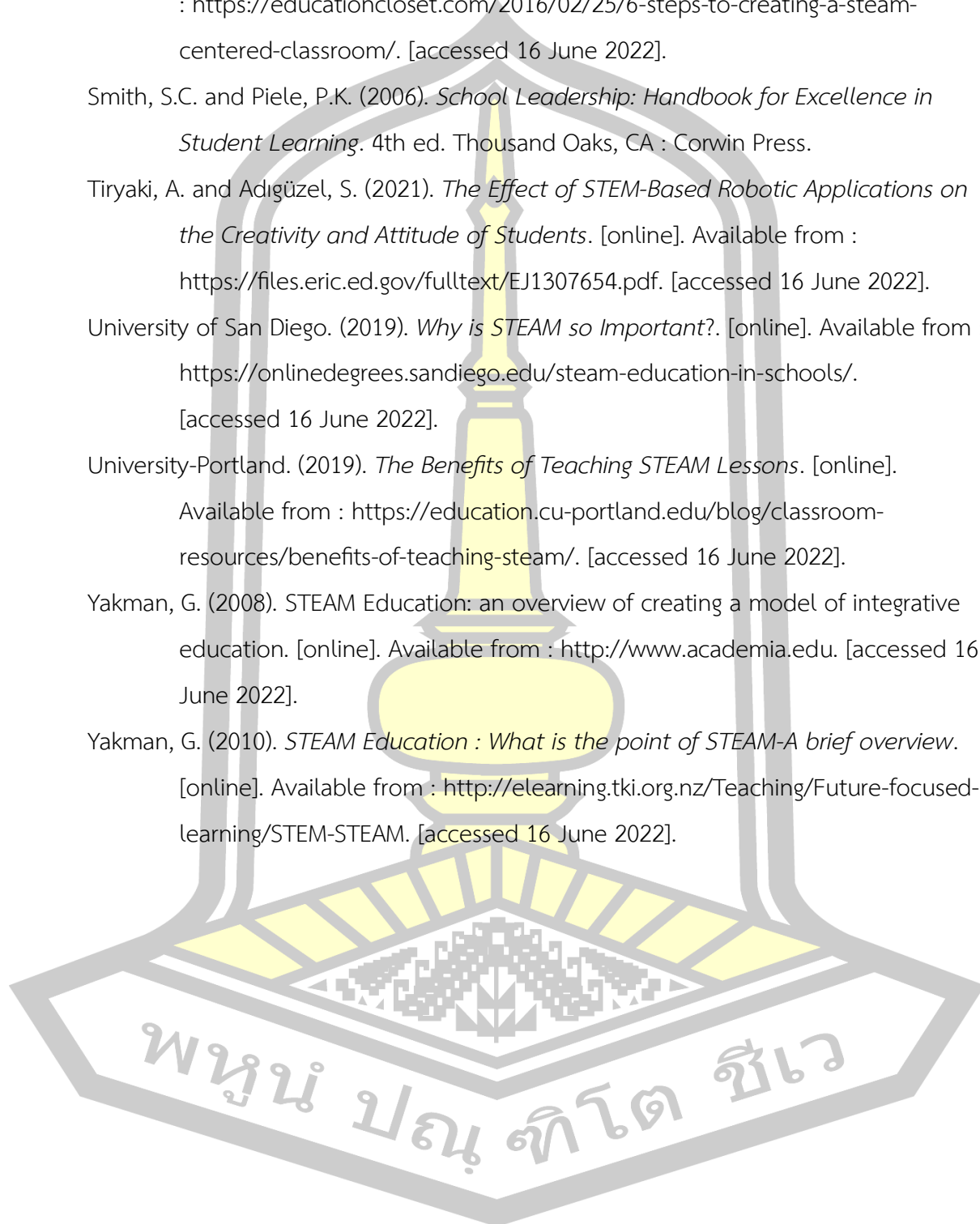
Tiryaki, A. and Adigüzel, S. (2021). *The Effect of STEM-Based Robotic Applications on the Creativity and Attitude of Students*. [online]. Available from : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1307654.pdf>. [accessed 16 June 2022].

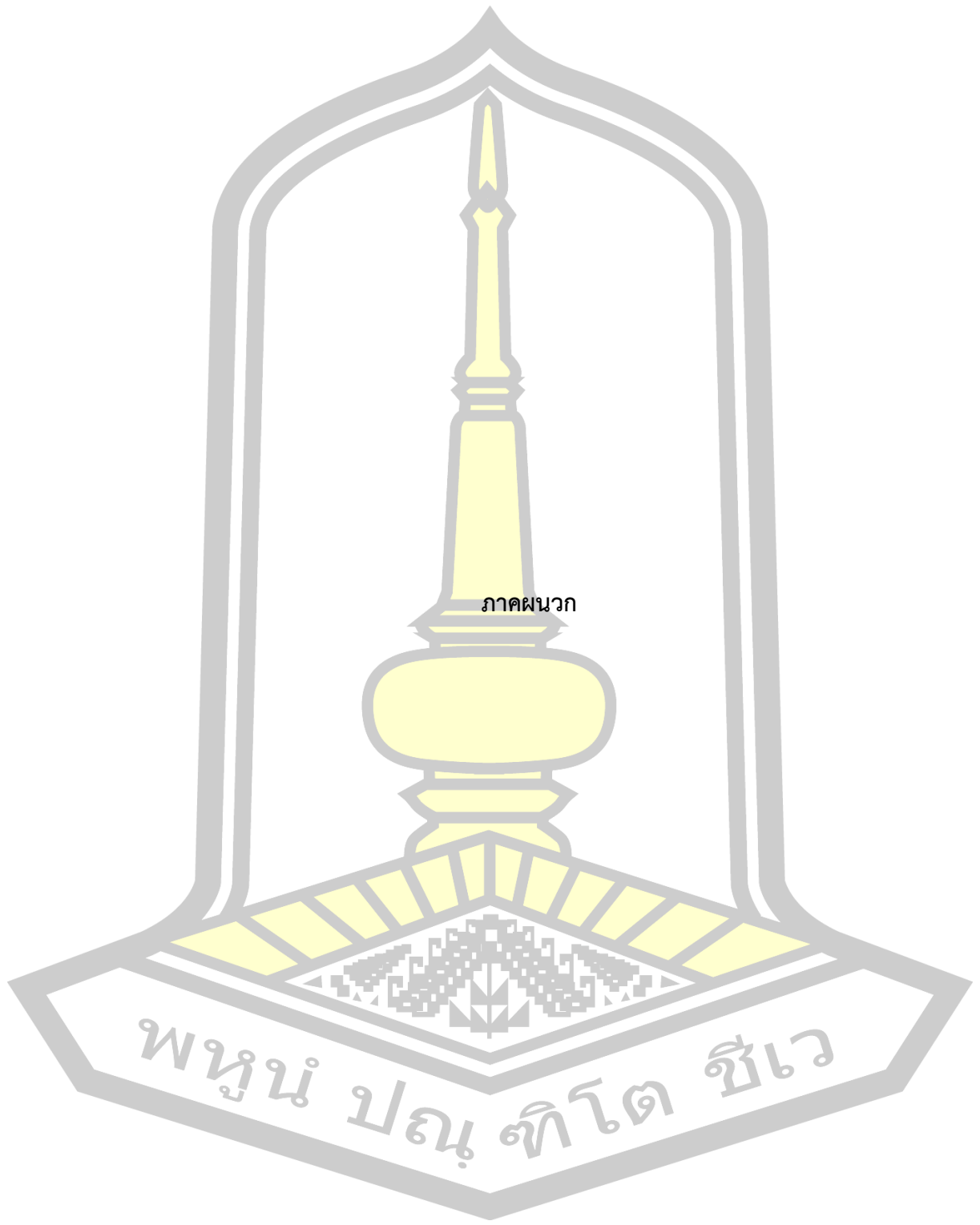
University of San Diego. (2019). *Why is STEAM so Important?*. [online]. Available from : <https://onlinedegrees.sandiego.edu/steam-education-in-schools/>. [accessed 16 June 2022].

University-Portland. (2019). *The Benefits of Teaching STEAM Lessons*. [online]. Available from : <https://education.cu-portland.edu/blog/classroom-resources/benefits-of-teaching-steam/>. [accessed 16 June 2022].

Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. [online]. Available from : <http://www.academia.edu>. [accessed 16 June 2022].

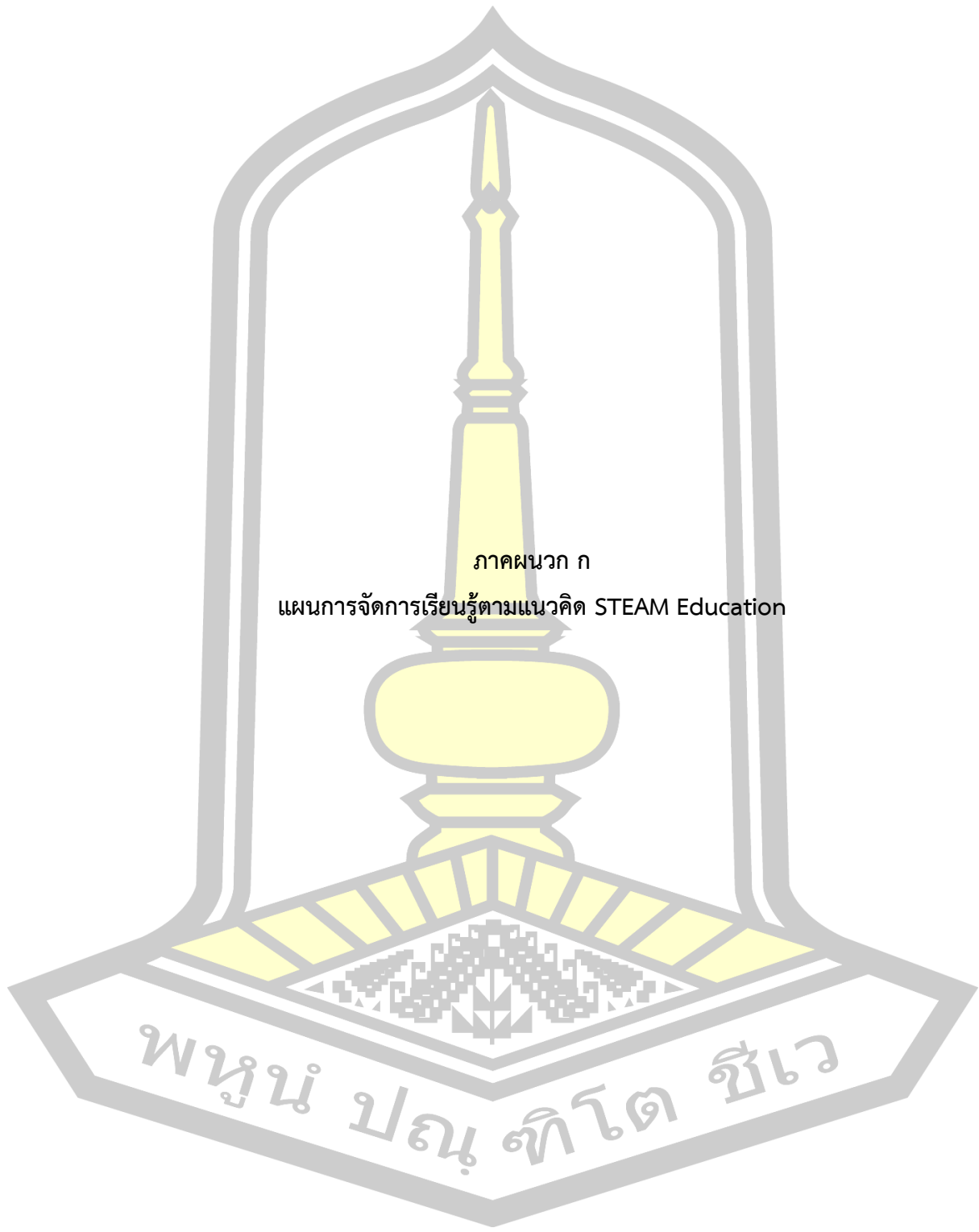
Yakman, G. (2010). *STEAM Education : What is the point of STEAM-A brief overview*. [online]. Available from : <http://elearning.tki.org.nz/Teaching/Future-focused-learning/STEM-STEAM>. [accessed 16 June 2022].





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education

พหุ ประจักษ์ วิทยา



# แผนการจัดการเรียนรู้

หุ่นยนต์เบื้องต้น

รหัสวิชา 20105-2121


หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

พุทธศักราช 2562

พูนุ ปณ กิโต ชีเว


เรียบเรียงโดย

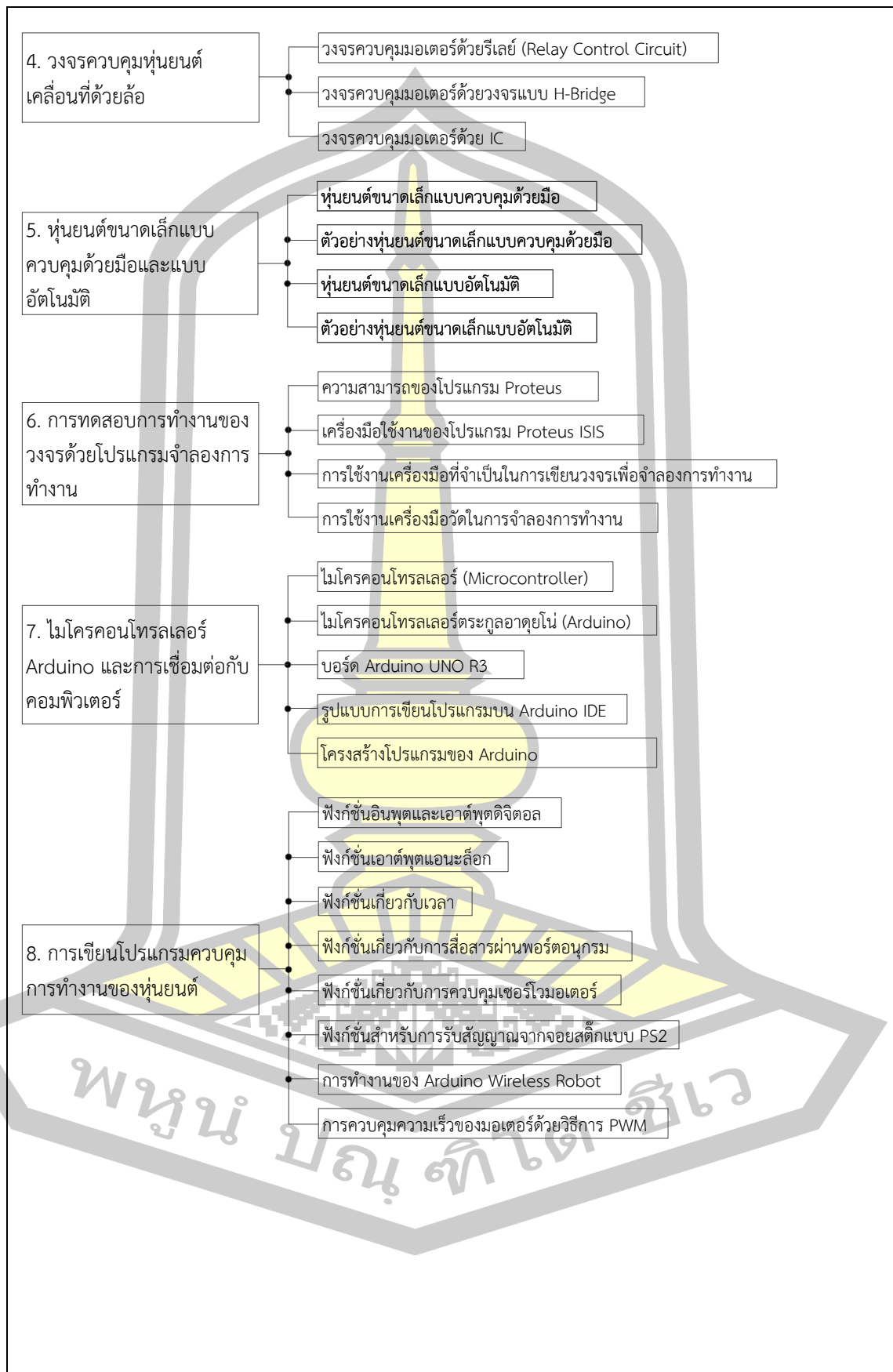
นายพงศ์ราม พรหมเกตุ

	<b>ลักษณะรายวิชา</b>
	ท-ป-น
	รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น 1-3-2
<b>หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม</b> <b>สาขาวิชา ช่างเทคนิคatronิกส์และหุ่นยนต์</b> <b>สาขางาน ช่างเทคนิคatronิกส์และหุ่นยนต์</b>	
<b>จุดประสงค์รายวิชา</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เพื่อเข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น</li> <li>2. เพื่อมีทักษะในการประกอบ ทดสอบ ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น</li> <li>3. เพื่อมีเจตคติและกิจนิสัยในการทำงานด้วยความรับผิดชอบรอบคอบปลอดภัย</li> </ol>	
<b>สมรรถนะรายวิชา</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น</li> <li>2. ออกแบบและประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็ก</li> <li>3. เขียนและทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก</li> </ol>	
<b>คำอธิบายรายวิชา</b> <p>ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง หลักการทำงาน วงจรควบคุม ประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็ก แบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบการทำงานของวงจรโดยใช้โปรแกรมจำลอง และการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น</p>	

พหุ ปรณ ที โตะ ชี เว



	<b>วิเคราะห์ชื่อเรื่อง</b>
	ท-ป-น
	รหัสวิชา 2105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคทρονิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคทρονิกส์และหุ่นยนต์	
หุ่นยนต์เบื้องต้น 2105-2121	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์</li> <li>2. โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์</li> <li>3. การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ</li> <li>4. วงจรควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ</li> <li>5. หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ</li> <li>6. การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน</li> <li>7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์</li> <li>8. การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</li> </ol>
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ความหมายของหุ่นยนต์</li> <li>• ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของหุ่นยนต์</li> <li>• วิวัฒนาการของหุ่นยนต์ในประเทศไทย</li> <li>• ประเภทของหุ่นยนต์</li> <li>• ประโยชน์ของหุ่นยนต์</li> <li>• บทบาทของอาชีวศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีหุ่นยนต์</li> </ul>
2. โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์	<ul style="list-style-type: none"> <li>• โครงสร้างของหุ่นยนต์</li> <li>• หลักการทำงานของหุ่นยนต์</li> </ul>
3. การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ</li> <li>• หลักการควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ</li> </ul>



วิทยาลัยเทคนิคศรีอยุธยา ROI - ET TECHNICAL COLLEGE	วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง				
	ท-ป-น รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคทรอนิกส์และหุ่นยนต์				
หัวข้อหลัก(Main Element) บทเรียน(Learning Unit)	แหล่งข้อมูล				
	A	B	C	D	E
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	✓	✓	-	-	✓
2. โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์	✓	-	-	✓	✓
3. การควบคุมและวงจรควบคุมหุ่นยนต์	✓	✓	-	✓	✓
4. การประกอบและออกแบบหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือ	✓	-	-	✓	✓
5. การประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบอัตโนมัติ	✓	✓	-	✓	✓
6. การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน	✓	✓	-	✓	✓
7. การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	✓	✓	-	✓	✓
8. การสร้างหุ่นยนต์ Wireless Arduino Robot	✓	✓	-	✓	✓

หมายเหตุ A : คำอธิบายรายวิชา

B : ผู้เชี่ยวชาญ


C : ผู้ชำนาญงาน

D : ประสบการณ์ของครูผู้สอน

E : เอกสาร/ตำรา/คู่มือ/IT

พูน ปณ ทัโต ชีเว

		วิเคราะห์บทเรียน	
		ท-ป-น	
		รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	1-3-2
		หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคทรอนิกส์และหุ่นยนต์	
บทที่	ชื่อบทเรียน	สมรรถนะ	
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	1. อธิบายการเข้าข่ายการเป็นหุ่นยนต์ตามคำนิยามที่กำหนด	
2	โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์	1. เลือกใช้งานวัสดุต่างๆ สร้างหุ่นยนต์ได้เหมาะสมกับการใช้งาน	
3	การควบคุมและวงจรควบคุมหุ่นยนต์	1. เลือกใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน 2. ควบคุมหุ่นยนต์รูปแบบต่างๆ ตามหลักการ	
4	การประกอบและออกแบบหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือ	1. เลือกใช้งานวงจรควบคุมหุ่นยนต์ได้เหมาะสมกับการกิจ 2. ต่ วงจรควบคุมหุ่นยนต์ได้ตามวงจรที่กำหนด	
5	การประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบอัตโนมัติ	1. ประกอบหุ่นยนต์บังคับมือได้ตามแบบที่กำหนด 2. ออกแบบหุ่นยนต์บังคับมือได้ตามภารกิจที่กำหนด 3. ประกอบหุ่นยนต์อัตโนมัติได้ตามแบบที่กำหนด	
6	การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน	1. จำลองการทำงานของวงจรต่างๆ ตามมาตรฐานของโปรแกรมจำลอง Proteus	
7	การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	1. ติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ได้ถูกต้องตามรูปแบบของ Arduino 2. ทดสอบการเชื่อมต่อ Arduino กับคอมพิวเตอร์ได้ถูกต้องตามรูปแบบของ Arduino	
8	การสร้างหุ่นยนต์ Wireless Arduino Robot	1. ประกอบหุ่นยนต์ Wireless Arduino Robot ได้ตามแบบที่กำหนด 2. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน Arduino	

	รายละเอียดบทเรียน	
	ท-ป-น	
	รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	
	1-3-2	
	หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์	
หัวข้อหลัก(Main Element) บทเรียน(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)	
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	1.1 ความหมายของหุ่นยนต์ 1.2 ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของหุ่นยนต์ 1.3 วิวัฒนาการของหุ่นยนต์ในประเทศไทย 1.4 ประเภทของหุ่นยนต์ 1.5 ประโยชน์ของหุ่นยนต์ 1.6 บทบาทของอาชีวศึกษาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีหุ่นยนต์	
2. โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์	2.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์ 2.2 หลักการทำงานของหุ่นยนต์	
3. การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	3.1 รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ 3.2 หลักการควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	
4. วงจรควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	4.1 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยรีเลย์ (Relay Control Circuit) 4.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยวงจรแบบ H-Bridge 4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย IC	
5. หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ	5.1 หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือ 5.2 ตัวอย่างหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือ 5.3 หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบอัตโนมัติ 5.4 ตัวอย่างหุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบอัตโนมัติ	
6. การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน	6.1 ความสามารถของโปรแกรม Proteus 6.2 เครื่องมือใช้งานของโปรแกรม Proteus ISIS 6.3 การใช้งานเครื่องมือที่จำเป็นในการเขียนวงจรเพื่อจำลองการทำงาน 6.4 การใช้งานเครื่องมือวัดในการจำลองการทำงาน	
7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	7.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 7.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดูยโน (Arduino) 7.3 บอร์ด Arduino UNO R3 7.4 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE 7.5 โครงสร้างโปรแกรมของ Arduino	


	<b>รายละเอียดบทเรียน</b>	
		ท-ป-น
	รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	1-3-2
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์		
<b>หัวข้อหลัก(Main Element) บทเรียน(Learning Unit)</b>	<b>หัวข้อย่อย(Element)</b>	
8. การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	8.1 ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล 8.2 ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก 8.3 ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา 8.4 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม 8.5 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 8.6 ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2 8.7 การทำงานของ Arduino Wireless Robot 8.8 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีการ PWM	











	ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย
	รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น
	หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์
วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์รายวิชา	
1) พุทธิพิสัย 5 ระดับ	
2) ทักษะพิสัย 4 ระดับ	
3) จิตพิสัย 5 ระดับ	

		ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย															
		รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น															
		ทักษะวิชาชีพ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์															
บพท.	ชื่อบทเรียน	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์															
		พุทธิพิสัย					ทักษะพิสัย					จิตพิสัย					เวลา (ชม.)
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
2	โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓			8
3	การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8
4	วงจรควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			8
5	หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ	✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓			8
6	การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	8
7	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8
8	การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	16
		<b>พุทธิพิสัย</b> 1 = ความรู้ 2 = ความเข้าใจ 3 = การนำไปใช้ 4 = การวิเคราะห์ 5 = การสังเคราะห์ 6 = การประเมินค่า					<b>ทักษะพิสัย</b> 1 = เลียนแบบ 2 = ทำได้ตามแบบ 3 = ทำได้ถูกต้องแม่นยำ 4 = ทำได้ต่อเนื่องประสานกัน 5 = ทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ					<b>จิตพิสัย</b> 1 = รับรู้ 2 = ตอบสนอง 3 = เห็นคุณค่า 4 = จัดระบบคุณค่า 5 = พัฒนาเป็นลักษณะนิสัย					

น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง			
		ตารางกำหนดการเรียนรู้	
		ท-ป-น	
		รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	1-3-2
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างเทคนิคทรอนิกส์และหุ่นยนต์ สาขางาน ช่างเทคนิคทรอนิกส์และหุ่นยนต์			
บทที่	ชื่อบทเรียน	สัปดาห์ที่	ชั่วโมงที่
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์	1-2	1-8
2	โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์	3-4	9-16
3	การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	5-6	17-24
4	วงจรควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	7-8	25-32
5	หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ	9-10	33-40
6	การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน	11-12	41-48
7	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	13-14	49-56
8	การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	15-18	57-72
<b>รวม</b>		<b>18</b>	<b>72</b>
<b>สอบปลายภาค</b>			



## สารบัญ

	หน้า
ลักษณะรายวิชา	ก
วิเคราะห์ชื่อเรื่อง	ข
วิเคราะห์หัวข้อเรื่อง	ง
รายละเอียดหัวข้อเรื่อง	ฉ
ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย	ญ
กำหนดการเรียนรู้	ฎ
หน่วยที่ 8 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	1
สาระสำคัญ	1
จุดประสงค์การเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้)	2
สาระการเรียนรู้	2
สื่อการเรียนรู้	2
กระบวนการเรียนรู้	3
กระบวนการวัดผลและประเมินผล	4
แหล่งความรู้	4
ใบช่วยสอน	5
เอกสารอ้างอิง	17
การบูรณาการอาเซียน	17



## คำนำ

แผนการสอนรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20105-2121 มีเนื้อหาตรงตามจุดประสงค์ และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ของสำนักงาน-คณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

แผนการสอนรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น แบ่งเป็น 8 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์ โครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์ การควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ วงจรควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ หุ่นยนต์ขนาดเล็กแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ การทดสอบการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้นมุ่งเน้นให้แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์เบื้องต้น ออกแบบและประกอบหุ่นยนต์ขนาดเล็ก เขียนและทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก และมีกิจนิสัยในการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบฐานสมรรถนะอาชีพแท้ บูรณาการกับประชาคมอาเซียนและประเมินพฤติกรรมผู้เรียนอาชีวศึกษาตามค่านิยมหลักของคนไทย 12 ประการตามนโยบายของ คสช.

การจัดทำแผนการเรียนรู้ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพและบูรณาการกับประชาคมอาเซียน มีรายละเอียดการจัดทำดังนี้


การมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ เพื่อให้นักศึกษาทักษะทางด้านทักษะฝีมือ ทักษะทางเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ ทักษะด้านคุณธรรม การกำหนดทักษะทั้งสามด้านจะถูกกำหนดด้วยวัตถุประสงค์และการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

การเรียนการสอนแบบบูรณาการกับประชาคมอาเซียน เพื่อเตรียมความพร้อมและเข้าสู่ประชาคมอาเซียนได้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

อาจารย์ผู้สอนพยายามอย่างยิ่งที่จะให้แผนการสอนรายวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น เป็นแผนการสอนที่สมบูรณ์ เอื้ออำนวยประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

(นายพงศ์ราม พรหมเกตุ)

แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้หน่วยที่ 8</b>	
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง	
<p><b>1 สารสำคัญ</b></p> <p>ฟังก์ชันเพื่อการใช้งานควบคุมหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot สามารถเลือกใช้งานบางฟังก์ชันตามความจำเป็น โดยการใช้งานทุกฟังก์ชันของภาษา C/C++ ของ Arduino สามารถศึกษาเพิ่มเติมจากเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของ Arduino คือ <a href="http://www.arduino.cc">www.arduino.cc</a> หรือ <a href="http://www.arduino.org">www.arduino.org</a> ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล</li> <li>2. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก</li> <li>3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา</li> <li>4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม</li> <li>5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์</li> <li>6. ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2</li> </ol> <p>การทำงานของ Arduino Wireless Robot แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. จอยสติ๊กไร้สาย รุ่น PS2 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามการควบคุมของบังคับจอยสติ๊ก PS2</li> <li>2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากจอยสติ๊ก PS2 เพื่อประมวลผลการทำงาน ส่งงานไปยังภาคขับเคลื่อนและชุดควบคุมการจับวัตถุ</li> <li>3. ภาคขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อขับให้มอเตอร์หมุนรูปแบบต่าง ๆ (เดินหน้า ถอยหลัง หมุนซ้าย หมุนขวา)</li> <li>4. ชุดควบคุมการจับวัตถุ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเคลื่อนที่ปากจับที่ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ โดยชุดจับวัตถุเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และบีบเข้า-ออก</li> </ol> <p>การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่นิยมใช้งานและทำได้ง่ายจากฟังก์ชันการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตระกูล คือ วิธีการ PWM (Pulse Wide Modulator) ซึ่งกำหนดความเร็วของมอเตอร์ด้วยการกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลส์ (ค่าเปอร์เซ็นต์ดีวตีไซเคิล : Duty Cycle) มีค่าตั้งแต่ 0% - 100%</p>		

## 2. จุดประสงค์การเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้)

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง
3. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับจอยสติ๊ก PS2 ได้อย่างถูกต้อง
4. ประยุกต์โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจ ได้อย่างถูกต้อง

### สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. ประกอบหุ่นยนต์ Wireless Arduino Robot ได้ตามแบบที่กำหนด
2. เขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน Arduino

## 3. สาระการเรียนรู้

1. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล
2. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก
3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา
4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
6. ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2
7. การทำงานของ Arduino Wireless Robot
8. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีการ PWM

## 4. สื่อการเรียนรู้

1. ใบความรู้
2. ใบงาน
3. PowerPoint เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
4. โปรแกรม ARDUINO IDE

## 5. กระบวนการเรียนรู้

### ขั้นระบุและกำหนดปัญหา

ครูกำหนดสถานการณ์ คำถาม หรือปัญหาที่สำคัญเพื่อตอบหรือแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยทั้งสถานการณ์ คำถาม และปัญหานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และศิลปะ

### ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด

นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง หรือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาในการสร้างหุ่นยนต์ได้ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึง

ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาที่จะประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์ แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยได้ร่วมพิจารณากับครูผู้สอน

### ขั้นการค้นพบ

นักเรียนสืบค้นหาข้อมูลหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และสามารถนำไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้การประกอบโครงสร้างของหุ่นยนต์

### ขั้นการประยุกต์ใช้

นักเรียนสร้างผลงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ โดยใช้ทักษะกระบวนการและความรู้ที่ได้รับการสอนหรือการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นการค้นพบสู่การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนคอยดูแลและให้คำปรึกษา

### ขั้นการนำเสนอ

นักเรียนนำเสนอผลงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ หน้าชั้นเรียนหรือภายในกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล รับฟังความคิดเห็น

### ขั้นประเมินและปรับปรุง

นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นที่ได้รับจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ รวมทั้งทักษะกระบวนการของตนเอง แก้ไขปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งวิจารณ์ผลงานของตนเองและเพื่อนร่วม ซึ่งสามารถทำการประเมินผ่านการประเมินแบบรูบริค



## 6. กระบวนการวัดผลและประเมินผล

### การวัดผล

1. วัดผลจากการทำแบบฝึกหัด
2. วัดผลจากการทำแบบทดสอบ
3. วัดผลจากการทำใบงาน

### การประเมินผล

1. ทำแบบฝึกหัดถูกต้องไม่น้อยกว่า 60%
2. ทำแบบทดสอบถูกต้องไม่น้อยกว่า 60%
3. ทำใบงานถูกต้องไม่น้อยกว่า 80%

## 7. แหล่งความรู้

1. คำอธิบายรายวิชา
2. ประสบการณ์ของครูผู้สอน
3. เอกสาร/ตำรา/IT


## 8. บันทึกหลังการสอน


1. จุดประสงค์ (ผู้เรียนผ่านและไม่ผ่านการประเมินกี่คน)
2. สาเหตุและปัญหา
3. ข้อเสนอแนะและการแก้ไข (ใช้การซ่อมเสริมหรือใช้วิธีการใดในการแก้ไข)








# เอกสารประกอบการสอน


	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>	
	<b>รหัสวิชา 21015-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์		จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง
<b>จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298 ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>2. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>3. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับจอยสติ๊ก PS2 ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>4. ประยุกต์โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจ ได้อย่างถูกต้อง</li> </ol>		
<b>เนื้อหาสาระ</b> <p>ชุดคำสั่งหรือที่นิยมเรียกว่าฟังก์ชัน ของภาษา C/C++ ของ Arduino มีมากมายให้เลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสมกับการทำงาน แต่ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สามารถเลือกใช้งานบางฟังก์ชันตามความจำเป็น โดยการใช้งานทุกฟังก์ชันของภาษา C/C++ ของ Arduino สามารถศึกษาเพิ่มเติมจากเว็บไซต์อย่างเป็นทางการของ Arduino คือ <a href="http://www.arduino.cc">www.arduino.cc</a> หรือ <a href="http://www.arduino.org">www.arduino.org</a></p> <p>ฟังก์ชันเพื่อการใช้งานควบคุมหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot สามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล</li> <li>2. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก</li> <li>3. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา</li> <li>4. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม</li> <li>5. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์</li> <li>6. ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2</li> </ol> <p><b>8.1 ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการกำหนดประเภทของขาพอร์ต การควบคุมทิศทางของมอเตอร์ตามขาพอร์ตที่ต้องการ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ฟังก์ชัน pinMode       <p>ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ ให้เป็นพอร์ตดิจิทัล</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <code>pinMode(pin,mode)</code></p> </li> </ol>		

	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>	
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์		จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง
<p><b>พารามิเตอร์</b></p> <p>pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO (2-13 โดยขา 0, 1 สำหรับการสื่อสาร)</p> <p>mode คือ กำหนดโหมดการทำงานเป็น INPUT หรือ OUTPUT (ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่)</p> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <pre>pinMode(13,OUTPUT) //กำหนดให้พอร์ต 13 เป็น Digital Output pinMode(5,INPUT) //กำหนดให้พอร์ต 5 เป็น Digital Input</pre> <p><b>2. ฟังก์ชัน digitalWrite</b></p> <p>ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ ให้เป็นพอร์ตดิจิทัล</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>digitalWrite(pin,value)</b></p> <p><u>พารามิเตอร์</u></p> <p>pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO (2-13 โดยขา 0, 1 สำหรับการสื่อสาร)</p> <p>value คือ กำหนดค่า OUTPUT กำหนดได้ 2 ค่า คือ LOW หรือ HIGH</p> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <pre>digitalWrite(13,LOW) //กำหนดค่าออกพอร์ต 13 เป็น LOW digitalWrite(13,HIGH) //กำหนดค่าออกพอร์ต 13 เป็น HIGH</pre> <p><b>8.2 ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการกำหนดความเร็วของมอเตอร์ โดยใช้เทคนิค PWM ในการควบคุม ซึ่งจะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ผ่านบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N</p> <p><b>1. ฟังก์ชัน analogWrite</b></p> <p>ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ ให้สร้างสัญญาณ PWM</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>analogWrite(pin,value)</b></p> <p><u>พารามิเตอร์</u></p> <p>pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO (3, 5, 6, 9, 10, 11)</p> <p>mode คือ ค่า Duty cycle มีค่า 0-255 (ตัวแปรแบบ Byte)</p>		


	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>
<b>เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	<b>จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง</b>
<p>หมายเหตุ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ขาพอร์ตที่สามารถใช้ฟังก์ชัน analogWrite ได้ คือ ขา 3, 5, 6, 9, 10 และ 11</li> <li>- ค่าความถี่ของสัญญาณ PWM มีค่า 490Hz</li> </ul> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- analogWrite(3,127)</li> <li>//กำหนดให้พอร์ต 3 ส่งสัญญาณ PWM ที่มี Duty cycle ประมาณ 50%</li> <li>//สามารถคำนวณได้จาก <math>(127/255) \times 100 = 49.80\%</math></li> <li>//กรณีที่มีมอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 3,600rpm (3,600 รอบ/นาที) สามารถคำนวณความเร็วต่อรอบของมอเตอร์ได้จาก <math>(50/100) \times 3,600 = 1,800\text{rpm}</math></li> </ul> <p><b>8.3 ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการใช้สำหรับหน่วงเวลาหรือคงสถานะของการทำงาน เพื่อลดความผิดพลาดจากการกดปุ่มจอยสติ๊ก PS2 ซึ่งต้องกำหนดค่าที่เหมาะสมจึงจะทำงานได้ดี</p> <p><b>1. ฟังก์ชัน delay</b></p> <p>ใช้สำหรับหน่วงเวลาหรือคงสถานะของการทำงานที่กระทำผ่านมา</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>delay(ms)</b></p> <p><u>พารามิเตอร์</u></p> <p>ms คือ ตัวเลขกำหนดระยะเวลาที่ต้องการหน่วงเวลา (1,000ms = 1 s = 1 วินาที)</p> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <p>Delay(1500) //หน่วงเวลาหรือคงสถานะการทำงาน เป็นระยะเวลา 1.5 วินาที</p> <p><b>8.4 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในการรับส่งสัญญาณระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับจอยสติ๊ก PS2 โดยจะแสดงผลทางหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์</p> <p><b>1. ฟังก์ชัน Serial.begin</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม ใช้กำหนดค่าอัตราการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bits per second : bps)</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>Serial.begin (int datarate);</b></p>	


	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>	
	<b>รหัสวิชา 21015-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง	
<p><b>พารามิเตอร์</b></p> <p>Serial.begin คือ การกำหนดค่าอัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม</p> <p>Int datarate คือ อัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม กำหนดเป็นตัวแปรชนิด int สามารถเลือกกำหนด ได้แก่ 300, 1200, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 หรือ 115200 bps</p> <p><b>ตัวอย่างเช่น</b></p> <p>- Serial.begin (9600); //กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม 9600 bps</p> <p><b>2. ฟังก์ชัน Serial.print</b></p> <p>ใช้พิมพ์ข้อมูลแบบแสดงข้อความต่อเนื่องในบรรทัดเดียวกัน ออกทางพอร์ตอนุกรม ใช้คู่กับฟังก์ชัน Serial.begin</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>Serial.print (data);</b></p> <p><b>พารามิเตอร์</b></p> <p>Serial.print คือ พิมพ์ข้อมูลออกพอร์ตอนุกรม แบบต่อเนื่อง</p> <p>data คือ ข้อมูลที่ต้องการพิมพ์ออก แสดงผลหน้าจคอมพิวเตอร์</p> <p><b>ตัวอย่างเช่น</b></p> <p>- Serial.print (“Hello ROBOT”); //พิมพ์ข้อมูลข้อความ Hello ROBOT ออกทางพอร์ตอนุกรม</p> <p><b>3. ฟังก์ชัน Serial.println</b></p> <p>ใช้พิมพ์ข้อมูลแบบขึ้นบรรทัดใหม่หลังจบข้อความ ออกทางพอร์ตอนุกรม ใช้คู่กับฟังก์ชัน Serial.begin</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>Serial.println (data);</b></p> <p><b>พารามิเตอร์</b></p> <p>Serial.println คือ พิมพ์ข้อมูลออกพอร์ตอนุกรม แบบขึ้นบรรทัดใหม่</p> <p>data คือ ข้อมูลที่ต้องการพิมพ์ออก แสดงผลหน้าจคอมพิวเตอร์</p> <p><b>ตัวอย่างเช่น</b></p> <p>- Serial.println (“Hello ROBOT”); //พิมพ์ข้อมูลข้อความ Hello ROBOT ออกพอร์ตอนุกรม แบบขึ้นบรรทัดใหม่หลังจบข้อความ</p>		


	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>	
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์		จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง
<p><b>8.5 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ของชุดปากคิ๊บ เพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ทั้งการยกชิ้นงานและหนีบจับชิ้นงาน</p> <p><b>1. ฟังก์ชัน Servo class</b></p> <p>ใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่ต่อกับ Arduino UNO โดยใช้ความสามารถของไลบรารี Servo.h เพื่อให้เรียกใช้งานในโปรแกรมได้ง่าย</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>Servo class</b>;</p> <p><u>พารามิเตอร์</u></p> <p>Servo คือ การเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์</p> <p>class คือ ชื่อตัวแปรของ Servo class ซึ่งสามารถใช้ชื่ออื่นได้ เช่น myservo หรือ servomotor หรือ servo1 หรืออื่นๆ ที่ไม่ตรงกับคำสั่งวน</p> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <p>- Servo myservo; //การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ในโปรแกรมจะต้องเรียกใช้ด้วยคำว่า myservo</p> <p><b>2. ฟังก์ชัน attach()</b></p> <p>ใช้กำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>myservo.attach(pin)</b>;</p> <p><u>พารามิเตอร์</u></p> <p>myservo คือ การเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์จากการสร้างตัวแปรในฟังก์ชัน Servo class;</p> <p>attach คือ การกำหนดขาพอร์ตที่ต้องการ</p> <p>pin คือ หมายเลขขาพอร์ตของ Arduino UNO แนะนำให้ใช้พอร์ต 2-13</p> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <p>- myservo.attach(12); //กำหนดให้พอร์ต 12 ใช้งานในการสร้างสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์</p> <p><b>3. ฟังก์ชัน write()</b></p> <p>ใช้ส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ โดยการกำหนดเป็นองศา</p> <p>รูปแบบการใช้งาน <b>myservo.write(degrees)</b>;</p>		


	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>	
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
<b>เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>		<b>จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง</b>
<p><u>พารามิเตอร์</u></p> <p>myservo คือ การเรียกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์จากการสร้างตัวแปรในฟังก์ชัน Servo class;  write คือ การส่งสัญญาณพัลส์ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์  degrees คือ องศาที่ต้องการให้เคลื่อนที่ไป มีค่าตั้งแต่ 0-180</p> <p><u>ตัวอย่างเช่น</u></p> <pre>- myservo.write(90); //ส่งสัญญาณไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ชื่อ myservo ให้ไปที่ตำแหน่ง 90 องศา</pre> <p><b>8.6 ฟังก์ชันสำหรับการรับสัญญาณจากจอยสติ๊กแบบ PS2</b></p> <p>เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการควบคุมการรับส่งสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino กับจอยสติ๊ก PS2 ซึ่งฟังก์ชันที่ใช้งานเป็นฟังก์ชันที่ถูกเรียกมาจากไลบรารีชื่อ “PS2X” ซึ่งการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะต้องทำการผนวกไลบรารีดังกล่าวก่อน</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>ฟังก์ชัน PS2X</b> ใช้ประกาศเพื่อให้ทราบว่าต้องการใช้งานกับ Joystick รุ่นใด <u>ตัวอย่างเช่น</u> - PS2X ps2x; //เรียกใช้งาน Joystick PlayStation 2 รุ่น PlayStation 2</li> <li><b>ฟังก์ชัน config_gamepad</b> ใช้กำหนดขาเชื่อมต่อกับ Joystick <u>ตัวอย่างเช่น</u> - ps2x.config_gamepad(PS2_CLK, PS2_CMD, PS2_SEL, PS2_DAT, false, false); //กำหนดขาเชื่อมต่อกับ Joystick ได้แก่ ขา CLK, CMD, SEL, DAT</li> <li><b>ฟังก์ชัน read_gamepad</b> ใช้อ่านค่าจาก Joystick <u>ตัวอย่างเช่น</u> - ps2x.read_gamepad(false, false); //อ่านค่าจาก Joystick PlayStation 2</li> <li><b>ฟังก์ชัน Button/ButtonPressed</b> ใช้กำหนดลักษณะการกดปุ่มจาก Joystick โดยกำหนดให้ Button การกดปุ่มค้าง ทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณอย่างต่อเนื่อง ButtonPressed การกดปุ่ม 1 ครั้ง ทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณจำนวน 1 ชุด</li> </ol>		





	<b>ใบความรู้ (Information Sheet)</b>
	<b>รหัสวิชา 2105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง
<p><b>ตัวอย่างเช่น</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ps2x.Button(PSB_CIRCLE)</li> <li>//มีการกดปุ่ม วงกลม (CIRCLE) ค้าง ทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณอย่างต่อเนื่อง</li> <li>- ps2x.ButtonPressed(PSB_CIRCLE)</li> <li>//มีการกดปุ่ม วงกลม (CIRCLE) จำนวนหนึ่งครั้ง ทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณ 1 ชุด</li> <li>//หรือกดปุ่ม วงกลม (CIRCLE) ค้าง ก็ยังทำให้ Arduino UNO ได้รับสัญญาณ 1 ชุด เช่นเดิม</li> </ul> <p><b>8.7 การทำงานของ Arduino Wireless Robot</b></p> <p>Arduino Wireless Robot เป็นชุดหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาสำหรับการประกอบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็กควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลแบบไร้สายหรือแบบมีสาย ออกแบบการขับเคลื่อนแบบ Skid Steer ซึ่งมีจุดเด่นที่มีกำลังในการเคลื่อนที่สูง ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ดีในทุกสภาพพื้นผิว สามารถเปลี่ยนมอเตอร์เป็นรุ่น 120:1 เพื่อให้มีแรงบิดมากขึ้นหรือเปลี่ยนมอเตอร์เป็นรุ่น 48:1 เพื่อให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น การออกแบบ Arduino Wireless Robot คำนึงถึงการใช้งานและการซ่อมบำรุงอะไหล่ทุกชิ้นส่วนในตัวหุ่นยนต์มีจำหน่ายทางอินเทอร์เน็ต เช่น <a href="http://www.arduinoall.com">www.arduinoall.com</a>, <a href="http://www.myarduino.com">www.myarduino.com</a> และ <a href="http://www.arduitronics.com">www.arduitronics.com</a> ซึ่งจำหน่ายราคาถูกและการบริการจัดส่งทางขนส่งเอกชนหรือไปรษณีย์ ทำให้สะดวกรวดเร็วในการซ่อมบำรุง</p> <p>การทำงานของ Arduino Wireless Robot แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. จอยสติ๊กไร้สาย รุ่น PS2 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามการควบคุมของบังคับจอยสติ๊ก PS2</li> <li>2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากจอยสติ๊ก PS2 เพื่อประมวลผลการทำงาน สั่งงานไปยังภาคขับเคลื่อนและชุดควบคุมการจับวัตถุ</li> <li>3. ภาคขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อขับให้มอเตอร์หมุนรูปแบบต่างๆ (เดินหน้า ถอยหลัง หมุนซ้าย หมุนขวา)</li> <li>4. ชุดควบคุมการจับวัตถุ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเคลื่อนที่ไปจับที่ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ โดยชุดจับวัตถุเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และบีบเข้า-ออก</li> </ol> <p><b>8.8 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยวิธีการ PWM</b></p> <p>การควบคุมความเร็วของมอเตอร์สามารถทำได้ด้วยวิธีการลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ แต่วิธีการที่นิยมใช้งานและทำได้ง่ายจากฟังก์ชันการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตระกูล คือ วิธีการ PWM (Pulse Wide Modulator) ซึ่งกำหนดความเร็วของมอเตอร์ด้วยการกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลส์ (ค่าเปอร์เซ็นต์ดีวตี้ไซเคิล : Duty Cycle) มีค่าตั้งแต่ 0% - 100%</p>	

	ใบความรู้ (Information Sheet)	
	รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	
	ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง	
<p><b>คำชี้แจง</b> Duty Cycle สามารถคำนวณค่าแรงดันเฉลี่ยได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Duty Cycle 100%</b>  <math display="block">= (100/100) \times 5V = 5V</math>           แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 100% คือ 5V</li> <li>- <b>Duty Cycle 75%</b>  <math display="block">= (75/100) \times 5V = 3.75V</math>           แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 75% คือ 3.75V</li> <li>- <b>Duty Cycle 50%</b>  <math display="block">= (50/100) \times 5V = 2.5V</math>           แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 50% คือ 2.5V</li> <li>- <b>Duty Cycle 25%</b>  <math display="block">= (25/100) \times 5V = 1.25V</math>           แรงดันเฉลี่ย Duty Cycle 25% คือ 1.25V</li> </ul>		

	<b>แผนการเรียนรู้</b>
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง
<b>แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8</b> <b>การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b> <b>ตอนที่ 1</b>	
<p>คำชี้แจง จงจับคู่ข้อความที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด สามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก โดยใช้ เวลา 30 นาที (10คะแนน)</p>	
.....1. pinMode(pin,mode)	ก. 300 1200 4800 9600 14400
.....2. analogWrite(pin,value)	ข. CLK CMD SEL DAT
.....3. Delay(2500)	ค. 0-100
.....4. อัตราการรับส่งข้อมูลอนุกรม	ง. รอบความเร็วต่อนาที่สูง
.....5. digitalWrite(pin,value)	จ. ฟังก์ชันเอาต์พุตแอนะล็อก
.....6. ขาคควบคุม Joystick PS2	ฉ. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล
.....7. ไลบรารีสำหรับการควบคุม Joystick PS2	ช. หน่วงเวลา 2.5 วินาที
.....8. ค่าเปอร์เซ็นต์ดีวตีไซเคิล	ซ. รอบความเร็วต่อนาที่ต่ำ
.....9. มอเตอร์อัตราทด 48:1	ณ. แรงบิดสูง
.....10. มอเตอร์อัตราทด 120:1	ญ. PS2X
<p>ตอนที่ 2</p> <p>คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องที่สุด โดยใช้เวลา 30 นาที (10คะแนน)</p>	
<p>1. จงอธิบายการทำงานของฟังก์ชันต่างๆ ดังนี้</p>	
<pre>pinMode(10,OUTPUT)</pre>	
<pre>.....</pre>	
<pre>pinMode(2,INPUT)</pre>	
<pre>.....</pre>	
<pre>digitalWrite(4,LOW)</pre>	
<pre>.....</pre>	
<pre>digitalWrite(8,HIGH)</pre>	
<pre>.....</pre>	

	<b>แผนการเรียนรู้</b>	
	รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น	
	ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง	
<pre> analogWrite(6,200) ..... .....  Delay(500) ..... .....  Serial.begin (4800) ..... .....  Serial.println ("Hello Microcontroller") ..... .....  2. จงคำนวณหาค่าแรงดันเฉลี่ยของค่า Duty Cycle ระดับต่างๆ ดังนี้ Duty Cycle 28% ..... .....  Duty Cycle 45% ..... .....  Duty Cycle 70% ..... .....  Duty Cycle 92% ..... ..... </pre>		

	<b>แผนการเรียนรู้</b>	
	<b>รหัสวิชา 20105-2121 ชื่อวิชาหุ่นยนต์เบื้องต้น</b>	
	<b>ชื่อหน่วย การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์</b>	
เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	จำนวนชั่วโมงสอน 4 ชั่วโมง	
<b>เอกสารอ้างอิง</b> หนังสือเรียนวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น ของ อ.พิสิฐ พางาม <b>การบูรณาการอาเซียน</b> คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน		
การสื่อสาร	Communication	
ความถูกต้อง	Accuracy	
แสดงผล	Display	
พอร์ตอนุกรม	Serial port	
ตัวแปร	Variable	
พื้นผิว	Surface	
อะไหล่	Spare parts	
การซ่อมบำรุง	Maintenance	
การประกอบ	Assembly	
 <b>พหุบัณฑิตวิทยาลัย</b>		



### แบบทดสอบหน่วยที่ 8

#### รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ชื่อ..... แผนก..... ชั้นปี..... ห้อง..... รหัส.....

**คำชี้แจง** จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด โดยใช้เวลา 30 นาที (20คะแนน)

1. ข้อใดคือจุดเด่นของเซอร์โวมอเตอร์
 

ก. รักษาตำแหน่งได้ดี	ข. ราคาถูก
ค. ปรับความเร็วได้ละเอียด	ง. หมุนด้วยความเร็วสูง
2. ส่วนประกอบใดของเซอร์โวมอเตอร์ ที่ทำให้เกิดแรงบิดเพิ่มมากขึ้น
 

ก. ชุดควบคุมมอเตอร์	ข. เฟือง	ค. มอเตอร์กระแสตรง	ง. ชุดควบคุมตำแหน่ง
---------------------	----------	--------------------	---------------------
3. ข้อใดใช้งานฟังก์ชัน analogWrite ได้อย่างถูกต้อง
 

ก. analogWrite(200,3)	ข. analogWrite(3,200)
ค. analogWrite(200,7)	ง. analogWrite(7,200)
4. ฟังก์ชัน Serial.print เป็นฟังก์ชันประเภทใด
 

ก. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา	ข. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI
ค. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล	ง. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
5. ฟังก์ชัน analogWrite เป็นฟังก์ชันประเภทใด
 

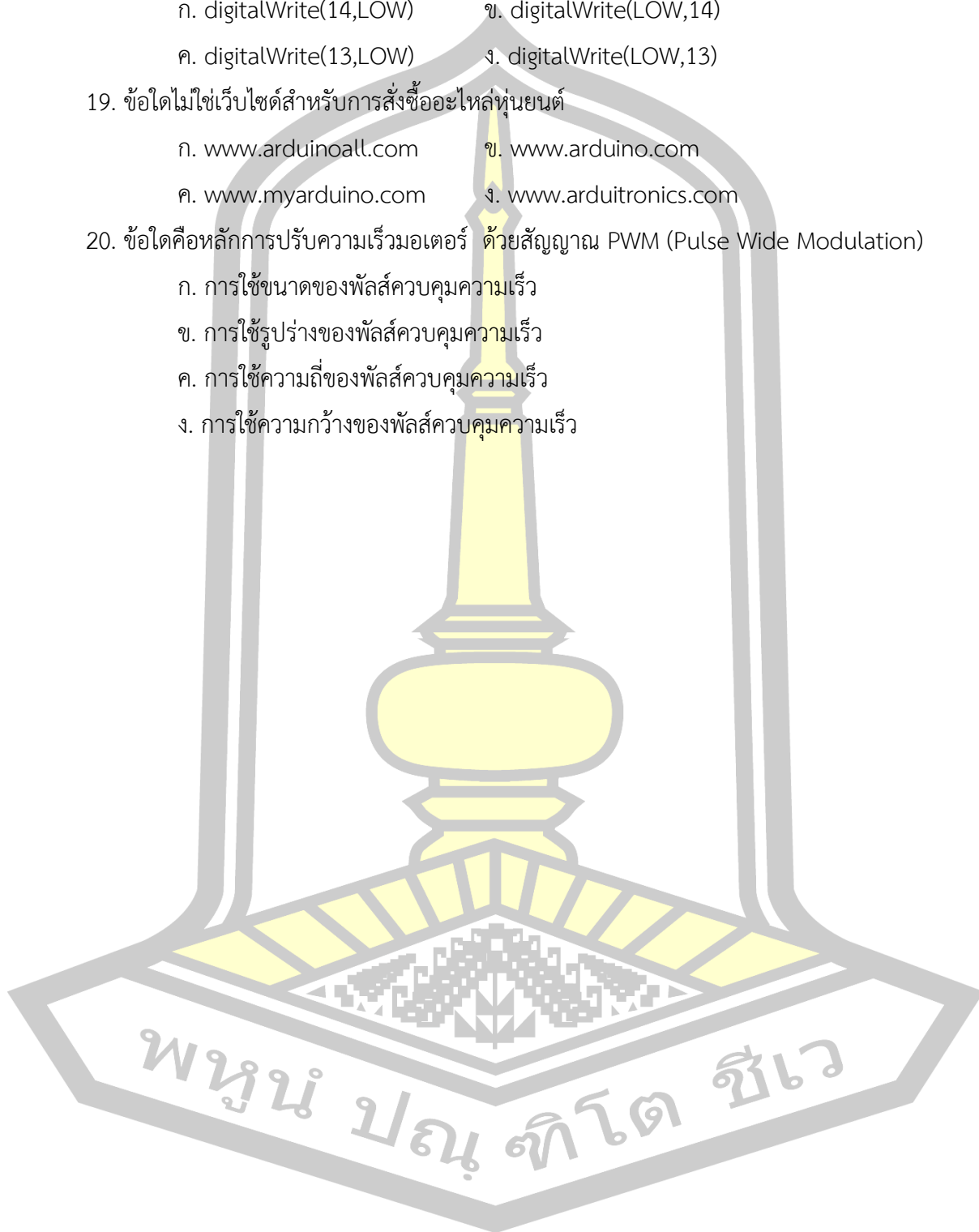
ก. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา	ข. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI
ค. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล	ง. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6. ข้อใดคือขาสัญญาณสำหรับการสื่อสารระหว่างจอยสติ๊ก PS2 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
 

ก. DAT, CMD, SEL, CLK	ข. DAT, CMD, SEL, SPI
ค. DAT, CMD, SEL, TX	ง. DAT, CMD, SEL, RX
7. ชุด Wireless Joystick PS2 ใช้ความถี่ย่านใดในการรับ-ส่งสัญญาณ
 

ก. 2.4GHz	ข. 47MHz
ค. 5.7GHz	ง. 4.7GHz

8. ข้อใดใช้งานฟังก์ชัน digitalWrite ได้อย่างถูกต้อง
- ก. Serial.print "Hello ROBOT"    ข. Serial.print (0,"Hello ROBOT")  
 ค. Serial.print (Hello ROBOT)    ง. Serial.print ("Hello ROBOT")
9. ส่วนประกอบใดของเซอร์โวมอเตอร์ ใช้ในการขับเคลื่อน
- ก. ชุดควบคุมมอเตอร์    ข. เฟือง    ค. มอเตอร์กระแสตรง    ง. ชุดควบคุมตำแหน่ง
10. ข้อใดคือไลบรารีที่ใช้ผนวกกับโปรแกรมเพื่อใช้งาน Wireless Joystick PS2
- ก. PS2X\_lip.h    ข. PS2\_lip.h    ค. JoyPS2X\_lip.h    ง. JoyPS2\_lip.h
11. ข้อใดคือลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot
- ก. Skid Steer    ข. Ackermann  
 ค. Differential Drive    ง. Omni Wheel
12. ฟังก์ชัน digitalWrite เป็นฟังก์ชันประเภทใด
- ก. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา    ข. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI  
 ค. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล    ง. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
13. หากต้องการหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดีในสภาพพื้นผิวขรุขระ ควรเลือกใช้งานหุ่นยนต์แบบใด
- ก. Mecanum    ข. Differential  
 ค. Omni    ง. Skid Steer
14. ข้อใดคือฟังก์ชันสั่งงานให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว Duty Cycle 50%
- ก. analogWrite(5,50)    ข. analogWrite(5,0.5)  
 ค. analogWrite(5,127)    ง. analogWrite(5,50%)
15. ข้อใดคือจุดเด่นที่สุดในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot
- ก. มีความเร็วสูง    ข. ใช้แรงบิดมากในการเลี้ยว  
 ค. กลไกในการเลี้ยวไม่ซับซ้อน    ง. น้ำหนักเบา
16. ข้อใดคือฟังก์ชันหน่วงเวลา ในภาษา C/C++ ของ Arduino เป็นเวลา 1 นาที
- ก. Delay(1s)    ข. Delay(1)    ค. Delay(6000)    ง. Delay(60s)
17. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot
- ก. สวิตช์, Arduino UNO, วงจรขับมอเตอร์  
 ข. จอยสติ๊ก, Arduino UNO, วงจรขับมอเตอร์  
 ค. สวิตช์, Arduino UNO, จอภาพแสดงผล  
 ง. จอยสติ๊ก, Arduino UNO, จอภาพแสดงผล

18. ข้อใดใช้งานฟังก์ชัน digitalWrite ได้อย่างถูกต้อง
- ก. digitalWrite(14,LOW)      ข. digitalWrite(LOW,14)  
ค. digitalWrite(13,LOW)      ง. digitalWrite(LOW,13)
19. ข้อใดไม่ใช่เว็บไซต์สำหรับการสั่งซื้ออะไหล่หุ่นยนต์
- ก. www.arduinoall.com      ข. www.arduino.com  
ค. www.myarduino.com      ง. www.arduitronics.com
20. ข้อใดคือหลักการปรับความเร็วมอเตอร์ ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Wide Modulation)
- ก. การใช้ขนาดของพัลส์ควบคุมความเร็ว  
ข. การใช้รูปร่างของพัลส์ควบคุมความเร็ว  
ค. การใช้ความถี่ของพัลส์ควบคุมความเร็ว  
ง. การใช้ความกว้างของพัลส์ควบคุมความเร็ว







### แบบทดสอบหน่วยที่ 8

#### รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ชื่อ..... แผนก..... ชั้นปี..... ห้อง..... รหัส.....

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด โดยใช้เวลา 30 นาที (20คะแนน)

- ข้อใดคือจุดเด่นของเซอร์โวมอเตอร์
 

ก. รักษาตำแหน่งได้ดี	ข. ราคาถูก
ค. ปรับความเร็วได้ละเอียด	ง. หมุนด้วยความเร็วสูง
- ส่วนประกอบใดของเซอร์โวมอเตอร์ ที่ทำให้เกิดแรงบิดเพิ่มมากขึ้น
 

ก. ชุดควบคุมมอเตอร์	ข. เฟือง	ค. มอเตอร์กระแสตรง	ง. ชุดควบคุมตำแหน่ง
---------------------	----------	--------------------	---------------------
- ข้อใดใช้งานฟังก์ชัน analogWrite ได้อย่างถูกต้อง
 

ก. analogWrite(200,3)	ข. analogWrite(3,200)
ค. analogWrite(200,7)	ง. analogWrite(7,200)
- ฟังก์ชัน Serial.print เป็นฟังก์ชันประเภทใด
 

ก. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา	ข. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI
ค. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล	ง. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
- ฟังก์ชัน analogWrite เป็นฟังก์ชันประเภทใด
 

ก. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา	ข. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI
ค. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล	ง. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
- ข้อใดคือขาสัญญาณสำหรับการสื่อสารระหว่างจอยสติ๊ก PS2 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
 

ก. DAT, CMD, SEL, CLK	ข. DAT, CMD, SEL, SPI
ค. DAT, CMD, SEL, TX	ง. DAT, CMD, SEL, RX
- ชุด Wireless Joystick PS2 ใช้ความถี่ย่านใดในการรับ-ส่งสัญญาณ
 

ก. 2.4GHz	ข. 47MHz
ค. 5.7GHz	ง. 4.7GHz

8. ข้อใดใช้งานฟังก์ชัน digitalWrite ได้อย่างถูกต้อง

- ก. Serial.print "Hello ROBOT"    ข. Serial.print (0,"Hello ROBOT")  
 ค. Serial.print (Hello ROBOT)    ง. Serial.print ("Hello ROBOT")

9. ส่วนประกอบใดของเซอร์โวมอเตอร์ ใช้ในการขับเคลื่อน

- ก. ชุดควบคุมมอเตอร์    ข. เฟือง    ค. มอเตอร์กระแสตรง    ง. ชุดควบคุมตำแหน่ง

10. ข้อใดคือไลบรารีที่ใช้ผนวกกับโปรแกรมเพื่อใช้งาน Wireless Joystick PS2

- ก. PS2X\_lip.h    ข. PS2\_lip.h    ค. JoyPS2X\_lip.h    ง. JoyPS2\_lip.h

11. ข้อใดคือลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot

- ก. Skid Steer    ข. Ackermann  
 ค. Differential Drive    ง. Omni Wheel

12. ฟังก์ชัน digitalWrite เป็นฟังก์ชันประเภทใด

- ก. ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลา    ข. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ต SPI  
 ค. ฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตดิจิทัล    ง. ฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

13. หากต้องการหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดีในสภาพพื้นผิวขรุขระ ควรเลือกใช้หุ่นยนต์แบบใด

- ก. Mecanum    ข. Differential  
 ค. Omni    ง. Skid Steer

14. ข้อใดคือฟังก์ชันสั่งงานให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว Duty Cycle 50%

- ก. analogWrite(5,50)    ข. analogWrite(5,0.5)  
 ค. analogWrite(5,127)    ง. analogWrite(5,50%)

15. ข้อใดคือจุดเด่นที่สุดในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot

- ก. มีความเร็วสูง    ข. ใช้แรงบิดมากในการเลี้ยว  
 ค. กลไกในการเลี้ยวไม่ซับซ้อน    ง. น้ำหนักเบา

16. ข้อใดคือฟังก์ชันหน่วงเวลา ในภาษา C/C++ ของ Arduino เป็นเวลา 1 นาที

- ก. Delay(1s)    ข. Delay(1)    ค. Delay(6000)    ง. Delay(60s)

17. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์ Arduino Wireless Robot

- ก. สวิตช์, Arduino UNO, วงจรขับมอเตอร์  
 ข. จอยสติ๊ก, Arduino UNO, วงจรขับมอเตอร์  
 ค. สวิตช์, Arduino UNO, จอภาพแสดงผล  
 ง. จอยสติ๊ก, Arduino UNO, จอภาพแสดงผล

18. ข้อใดใช้งานฟังก์ชัน digitalWrite ได้อย่างถูกต้อง

ก. digitalWrite(14,LOW)

ข. digitalWrite(LOW,14)

ค. digitalWrite(13,LOW)

ง. digitalWrite(LOW,13)

19. ข้อใดไม่ใช่เว็บไซต์สำหรับการสั่งซื้ออะไหล่หุ่นยนต์

ก. www.arduinoall.com

ข. www.arduino.com

ค. www.myarduino.com

ง. www.arduitronics.com

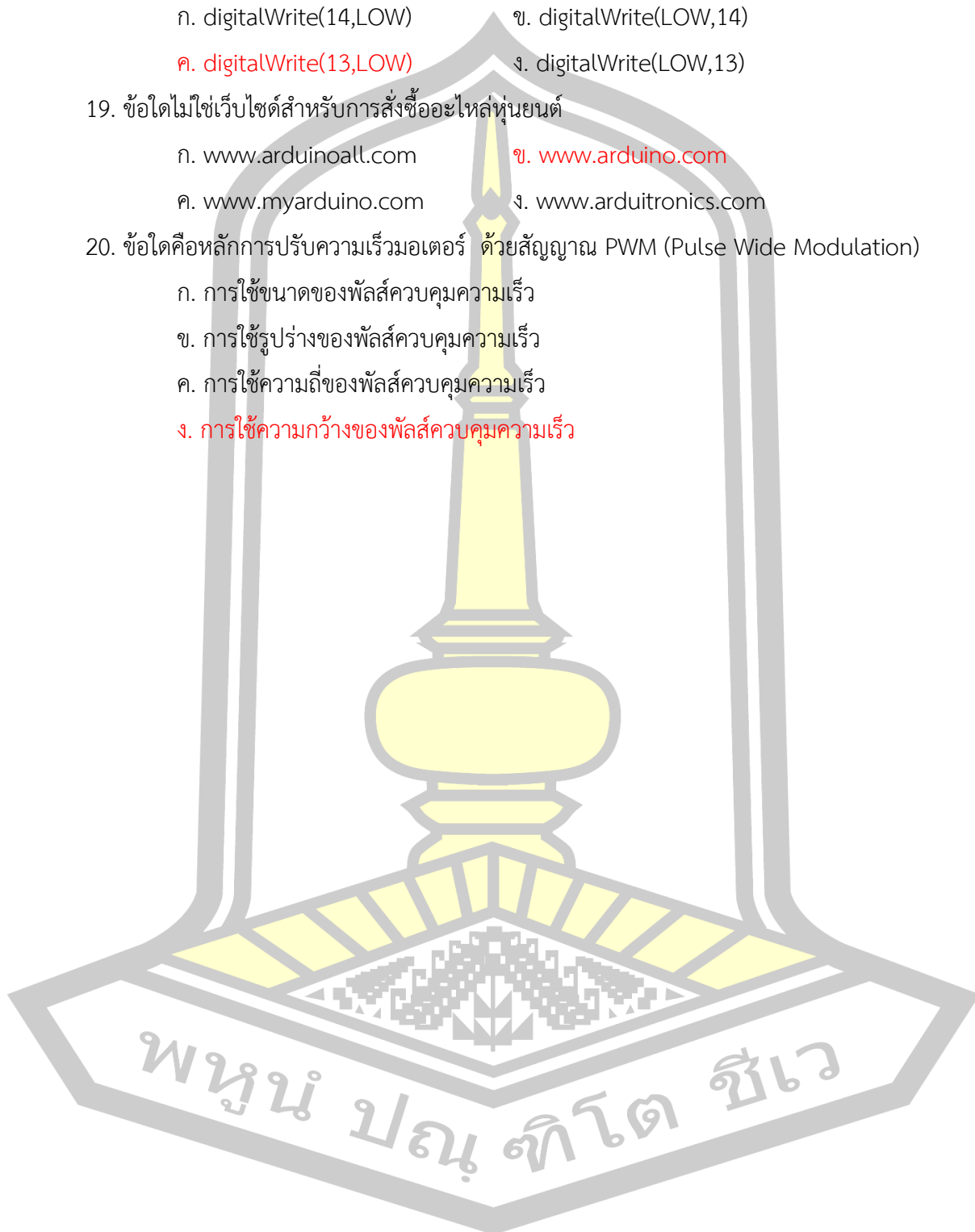
20. ข้อใดคือหลักการปรับความเร็วมอเตอร์ ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Wide Modulation)

ก. การใช้ขนาดของพัลส์ควบคุมความเร็ว

ข. การใช้รูปร่างของพัลส์ควบคุมความเร็ว

ค. การใช้ความถี่ของพัลส์ควบคุมความเร็ว

ง. การใช้ความกว้างของพัลส์ควบคุมความเร็ว





### แบบทดสอบทักษะปฏิบัติหน่วยที่ 8

#### รายวิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

ชื่อ..... แผนก..... ชั้นปี..... ห้อง..... รหัส.....

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับบอร์ดขับมอเตอร์ L298 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับเซอร์โวมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง
3. ประกอบวงจรและเขียนโปรแกรม เพื่อเชื่อมต่อ Arduino Wireless Robot กับจอยสติ๊ก PS2 ได้อย่างถูกต้อง
4. ประยุกต์โปรแกรมควบคุม Arduino Wireless Robot ตามภารกิจ ได้อย่างถูกต้อง

#### วัสดุ-อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. บอร์ดขับมอเตอร์ L298
3. เซอร์โวมอเตอร์
4. จอยสติ๊ก PS2
5. บอร์ด ARDUINO
6. โครงสร้างหุ่นยนต์

พูน ปณ ทิโต ชีเว

## โจทย์

จงประกอบวงจรและเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เพื่อเดินไปหยิบชิ้นงานตามเส้นทางและหยิบชิ้นงานกลับมาวางไว้ที่จุดเริ่มต้นตามที่กำหนดไว้ โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง (20คะแนน)

สนามหุ่นยนต์เคลื่อนที่



จงอธิบายการหลักการเขียนโปรแกรม



## แบบประเมินทักษะปฏิบัติหน่วยที่ 8

### รายวิชา ทู่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของทู่นยนต์

ชื่อ..... แผนก..... ชั้นปี..... ห้อง..... รหัส.....

#### คำชี้แจง

1. แบบประเมินทักษะปฏิบัตินี้ ผู้สอนต้องทำการประเมินผลการสอบของนักเรียนตามที่กำหนด โดยอาศัยการสังเกตและการตอบคำถามในใบงานการทดลอง
2. ผู้สอนใช้วิธีสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามรายการความสามารถที่อยู่ในแบบประเมินทักษะปฏิบัติ
3. ผู้สอนทำเครื่องหมายบนรายการความสามารถ เพื่อวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามรายการความสามารถ

#### รายละเอียดระดับความสามารถ

- 3 หมายถึง ระดับดี สามารถปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง โดยไม่ขอคำแนะนำจากผู้สอน
- 2 หมายถึง ระดับผ่าน สามารถปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง โดยขอคำแนะนำจากผู้สอน
- 1 หมายถึง ระดับต้องปรับปรุง สามารถปฏิบัติงานได้ แต่ต้องการคำแนะนำจากผู้สอนอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติงานได้ไม่ถูกต้อง ต้องฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม
- 0 หมายถึง ไม่สามารถปฏิบัติงานได้

#### เกณฑ์การประเมิน

ผู้เรียนเมื่อเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO ที่สร้างขึ้นแล้ว การทำแบบทดสอบทักษะปฏิบัติ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทักษะปฏิบัติ รวมกับคะแนนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้เรียนต้องผ่านการประเมินด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

แบบประเมินทักษะปฏิบัติด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education  
 ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุม  
 การทำงานของหุ่นยนต์ แผนกเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์  
 วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด

ที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	นักเรียนตรวจสอบความเรียบร้อยของอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบหุ่นยนต์ให้ครบถ้วนพร้อมใช้งาน				
2	นักเรียนประกอบหุ่นยนต์ได้ถูกต้อง				
3	เปิดใช้โปรแกรม ARDUINO เขียนฟังก์ชันและค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันได้ถูกต้อง				
4	ใส่เครื่องหมายในการเขียนคำสั่งได้ถูกต้อง				
5	จัดเรียงลำดับการทำงานของคำสั่งได้อย่างดี				
6	มีการประกาศตัวแปรที่เรียกใช้อย่างชัดเจน				
7	ใส่คำอธิบายในแต่ละคำสั่งได้ครบถ้วน				
8	ทำการ compile คำสั่งแล้วไม่ติดปัญหา				
9	สามารถแก้ไขปัญหาการเขียนโปรแกรมที่ผิดพลาดได้ดี				
10	สามารถอธิบายคำสั่งควบคุมที่เขียนได้				
11	เชื่อมต่อโปรแกรมกับหุ่นยนต์ได้				
12	อัปโหลดข้อมูลเข้าโปรแกรมได้อย่างถูกต้อง				
13	หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง				
14	สามารถอธิบายการทำงานของหุ่นยนต์ได้				
15	จัดเก็บคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์อย่างเป็นระเบียบหลังเลิกใช้งาน				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
 (.....)

แบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

แผนกเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด

ชื่อ..... แผนก..... ชั้นปี..... ห้อง..... รหัส.....

**คำชี้แจง**

แบบประเมินนี้สอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมความมุ่งมั่นในการทำงาน ให้นักเรียนประเมินตามความเข้าใจของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนด มีเกณฑ์การเลือกตอบ ดังนี้

มากที่สุด หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้นอยู่ในระดับมากที่สุด

มาก หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้นอยู่ในระดับมาก

ปานกลาง หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้นอยู่ในระดับปานกลาง

น้อย หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้นอยู่ในระดับน้อย

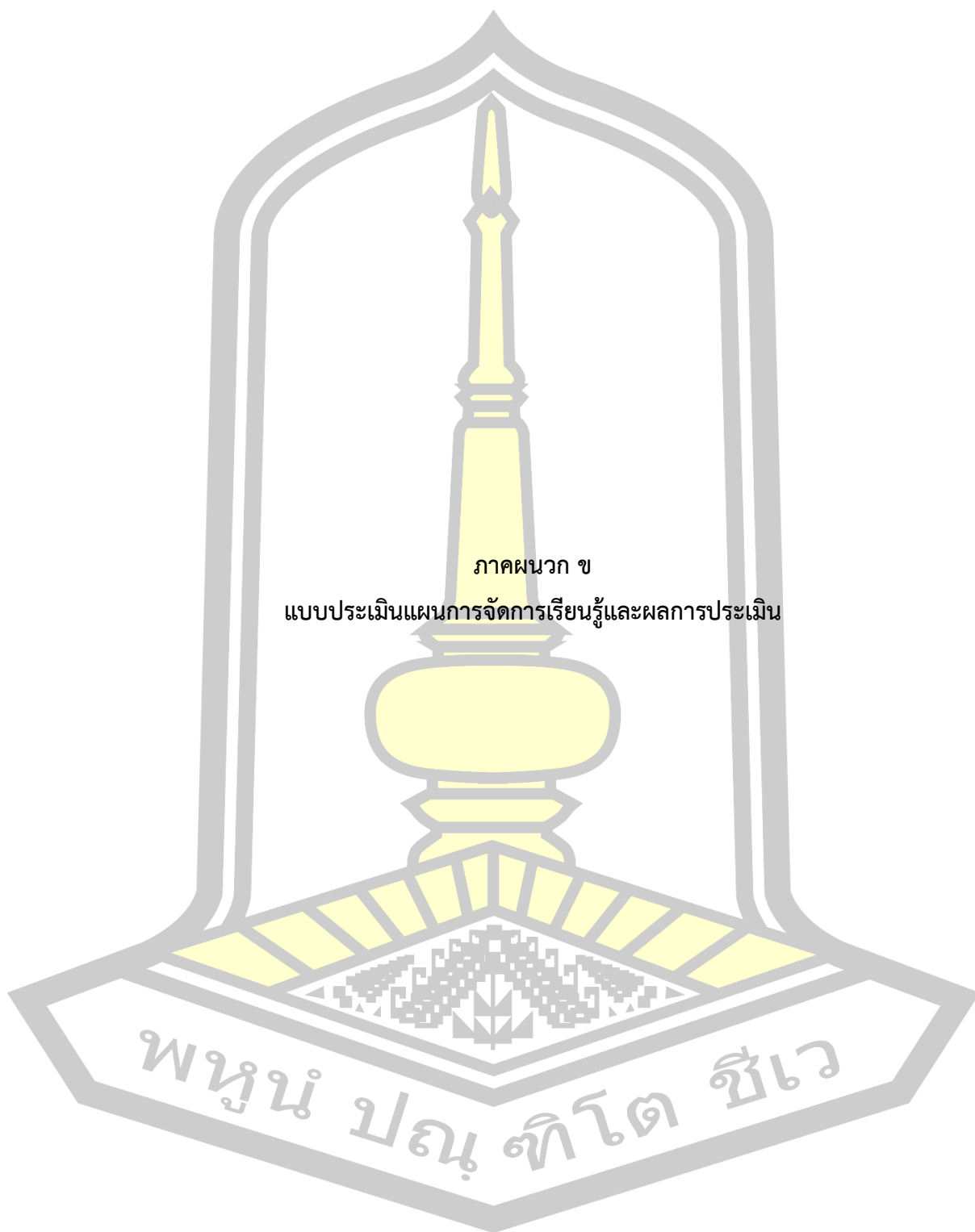
น้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนมีการปฏิบัติตน ตรงกับข้อความในข้อนั้นอยู่ในระดับน้อยที่สุดมาก

ที่	รายการประเมิน	ระดับการปฏิบัติ				
		5	4	3	2	1
1	นักเรียนตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายจากครู					
2	นักเรียนจะทำงานจนสำเร็จด้วยความเพียร พยายาม และอดทน					
3	นักเรียนรับผิดชอบต่อหน้าที่ของนักเรียนที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มที่					
4	เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจบทเรียน นักเรียนจะถามครูผู้สอนหรือหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เสมอ					
5	เมื่อนักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ นักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานตัวเองเสมอ					



ที่	รายการประเมิน	ระดับการปฏิบัติ				
		5	4	3	2	1
6	นักเรียนไม่ย่อท้อต่อ ปัญหาหรือ อุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการเรียน เช่น บทเรียนที่ยาก ภาระงานที่มีจำนวนมาก					
7	นักเรียนภูมิใจเมื่อนักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดที่ยากได้ด้วยตนเอง					
8	เมื่อนักเรียนเจอบทเรียนที่ยาก นักเรียนจะตั้งใจในการเรียนมากขึ้น					
9	นักเรียนทำข้อสอบด้วยความตั้งใจ					
10	นักเรียนส่งใบงาน หรือการบ้านที่ครูส่งตรงเวลา					
11	นักเรียนเอาใจใส่ในรายวิชาเรียน					
12	นักเรียนหมั่นทบทวนบทเรียนที่เพิ่งเรียนผ่านมาเสมอ					
13	นักเรียนพยายามปฏิบัติให้บรรลุเป้าหมายในการเรียนเสมอ เช่น นักเรียนตั้งเป้าหมายจะสอบให้ได้คะแนนในระดับที่คาดหวังไว้					





ภาคผนวก ข

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้และผลการประเมิน

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

แบบประเมินประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

**คำชี้แจง**

โปรดพิจารณาว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา หุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ มีความเหมาะสมตามองค์ประกอบด้านต่าง ๆ ที่กำหนดหรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง

“ระดับความเหมาะสม” ตามความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1	แผนการจัดการเรียนรู้มีความตรงตามเนื้อหาของสาระการเรียนรู้						
2	แผนการจัดการเรียนรู้มีความตรงตามหลักการของทฤษฎีที่นำมาใช้						
3	เวลาในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม						
4	องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความครบถ้วนสมบูรณ์						
5	รูปแบบและเนื้อหาในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนสมบูรณ์						

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
6	คำชี้แจงและคำสั่งในแผนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย						
7	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน						
8	ภาพประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนเหมาะสมกับนักเรียน						
9	แผนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้						
10	แผนการจัดการเรียนรู้สามารถวัดความสามารถในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี						
11	แผนการจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมครอบคลุมสาระการเรียนรู้						
12	แผนการจัดการเรียนรู้มีสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม						
	รวม						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

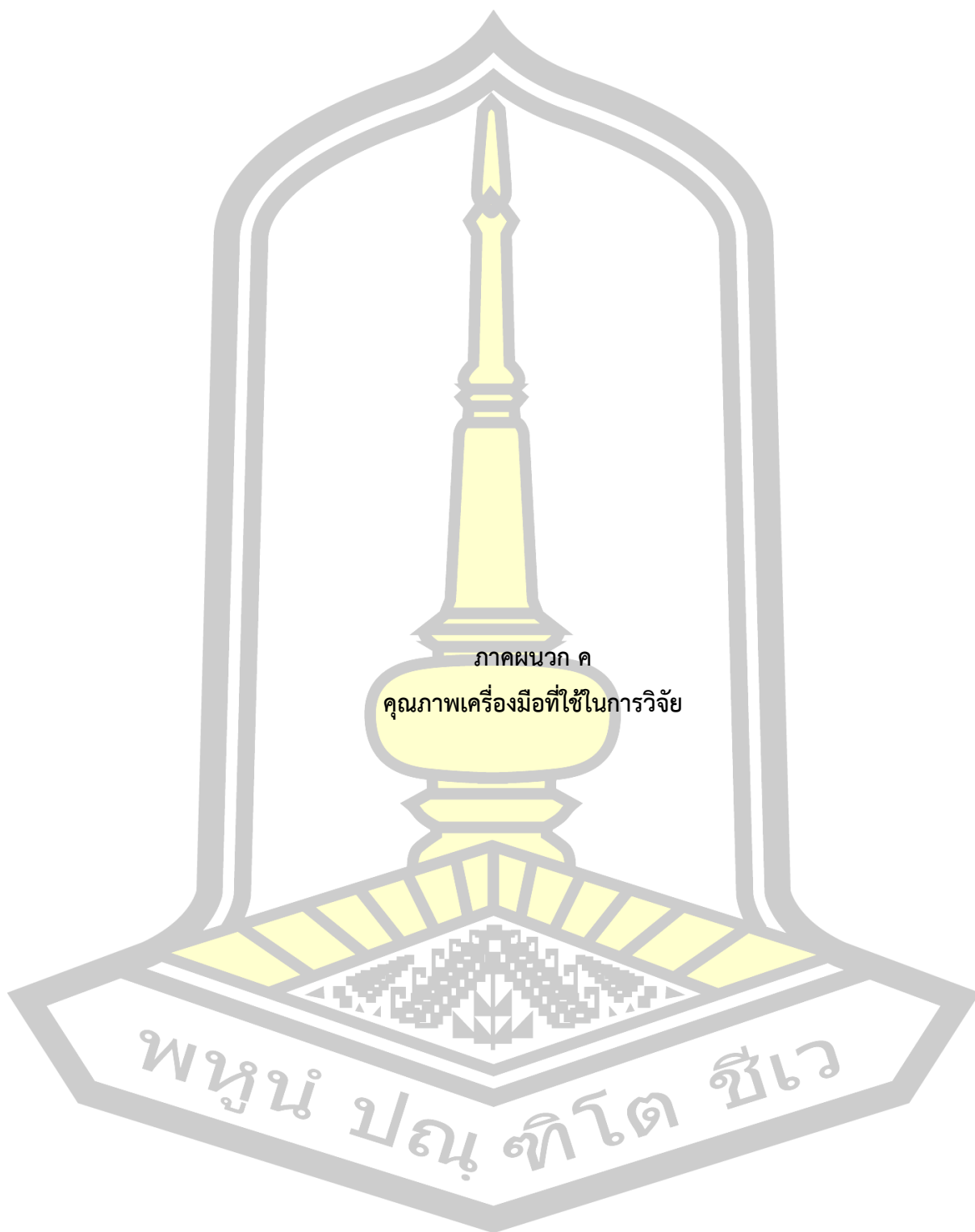
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตาราง 9 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education ด้วยโปรแกรม ARDUINO วิชา ทุ่นยนต์เบื้องต้น เรื่อง การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของทุ่นยนต์

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	
1	แผนการจัดการเรียนรู้มีความตรงตามเนื้อหาของ สาระ การเรียนรู้	5.00	4.67	4.67	
2	แผนการจัดการเรียนรู้มีความตรงตามหลักการของ ทฤษฎีที่นำมาใช้	5.00	4.67	4.67	
3	เวลาในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้มีความ เหมาะสม	4.33	5.00	4.67	
4	องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความ ครบถ้วนสมบูรณ์	4.33	4.67	4.67	
5	รูปแบบและเนื้อหาในการจัดทำแผนการจัดการ เรียนรู้ครบถ้วนสมบูรณ์	4.67	4.67	4.67	
6	คำชี้แจงและคำสั่งในแผนการจัดการเรียนรู้มีความ ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.67	4.33	4.33	
7	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน	4.33	4.67	4.67	
8	ภาพประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน เหมาะสมกับนักเรียน	5.00	4.67	4.67	
9	แผนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมพัฒนาความสามารถใน การเรียนรู้	4.67	4.67	4.33	
10	แผนการจัดการเรียนรู้สามารถวัดความสามารถใน การเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี	4.67	5.00	5.00	
11	แผนการจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมครอบคลุมสาระการ เรียนรู้	5.00	4.67	4.67	
12	แผนการจัดการเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม	5.00	4.67	4.67	
	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	4.72	4.7	4.64	
	S.D.	0.28	0.17	0.17	
	แปลผล	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มาก	เหมาะสม มาก	



ภาคผนวก ค  
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

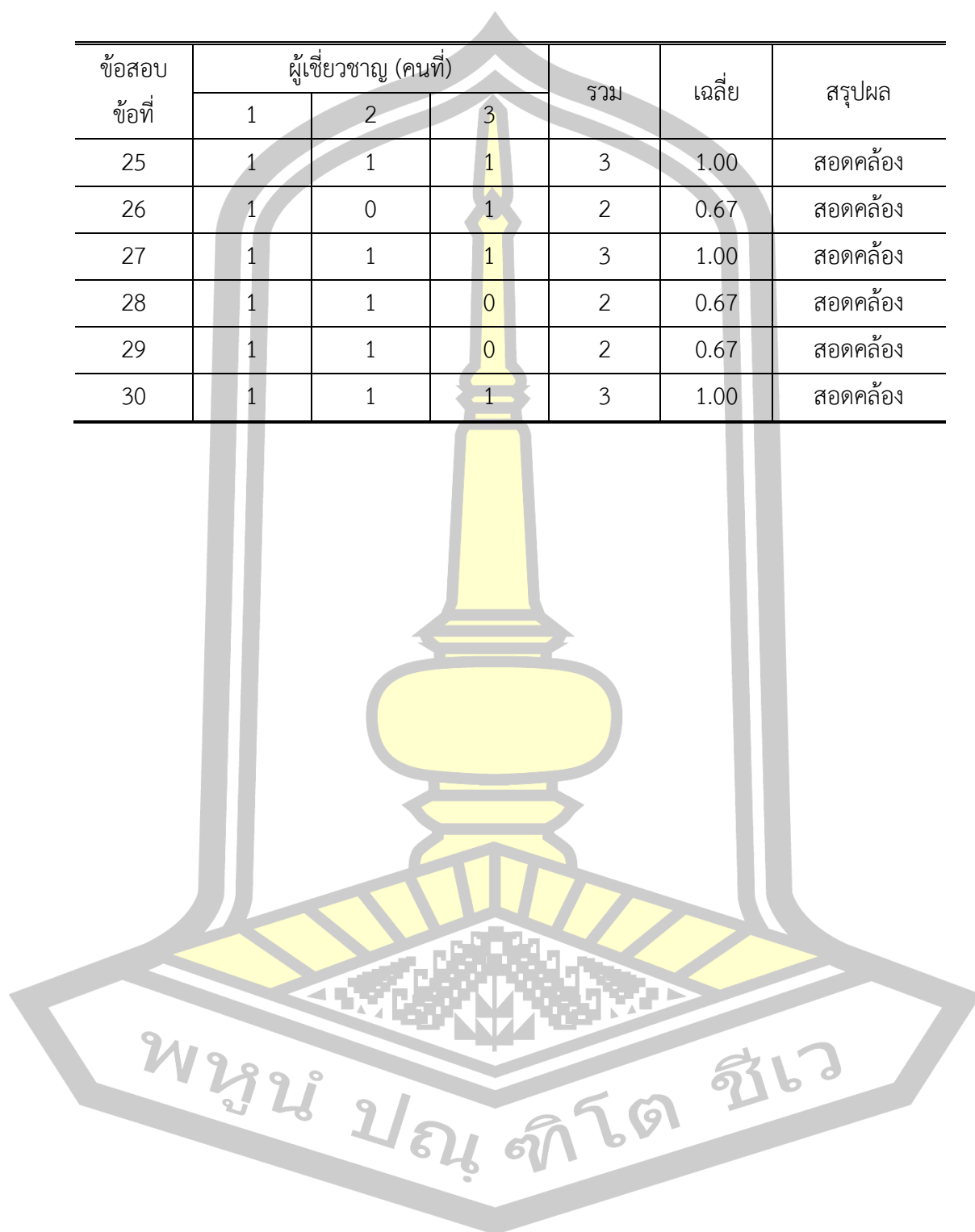
พหุบัณฑิตวิทยาลัย

ตาราง 10 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	เฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
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	0	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	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
15	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
19	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
20	1	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
21	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	เฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
26	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
27	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
28	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
29	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง





ตาราง 11 ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผล
1	0.47	0.30	ใช้ได้
2	0.60	0.48	ใช้ได้
3	0.57	0.43	ใช้ได้
4	0.67	0.23	ใช้ได้
5	0.50	0.34	ใช้ได้
6	0.50	0.34	ใช้ได้
7	0.57	0.26	ใช้ได้
8	0.70	0.27	ใช้ได้
9	0.63	0.35	ใช้ได้
10	0.60	0.31	ใช้ได้
11	0.50	0.34	ใช้ได้
12	0.63	0.35	ใช้ได้
13	0.67	0.40	ใช้ได้
14	0.60	0.31	ใช้ได้
15	0.40	0.38	ใช้ได้
16	0.43	0.42	ใช้ได้
17	0.67	0.40	ใช้ได้
18	0.60	0.48	ใช้ได้
19	0.80	0.41	ใช้ได้
20	0.87	0.30	ใช้ไม่ได้
21	0.60	0.31	ใช้ได้
22	0.53	0.39	ใช้ได้
23	0.77	0.36	ใช้ได้
24	0.60	0.31	ใช้ได้
25	0.77	0.36	ใช้ได้

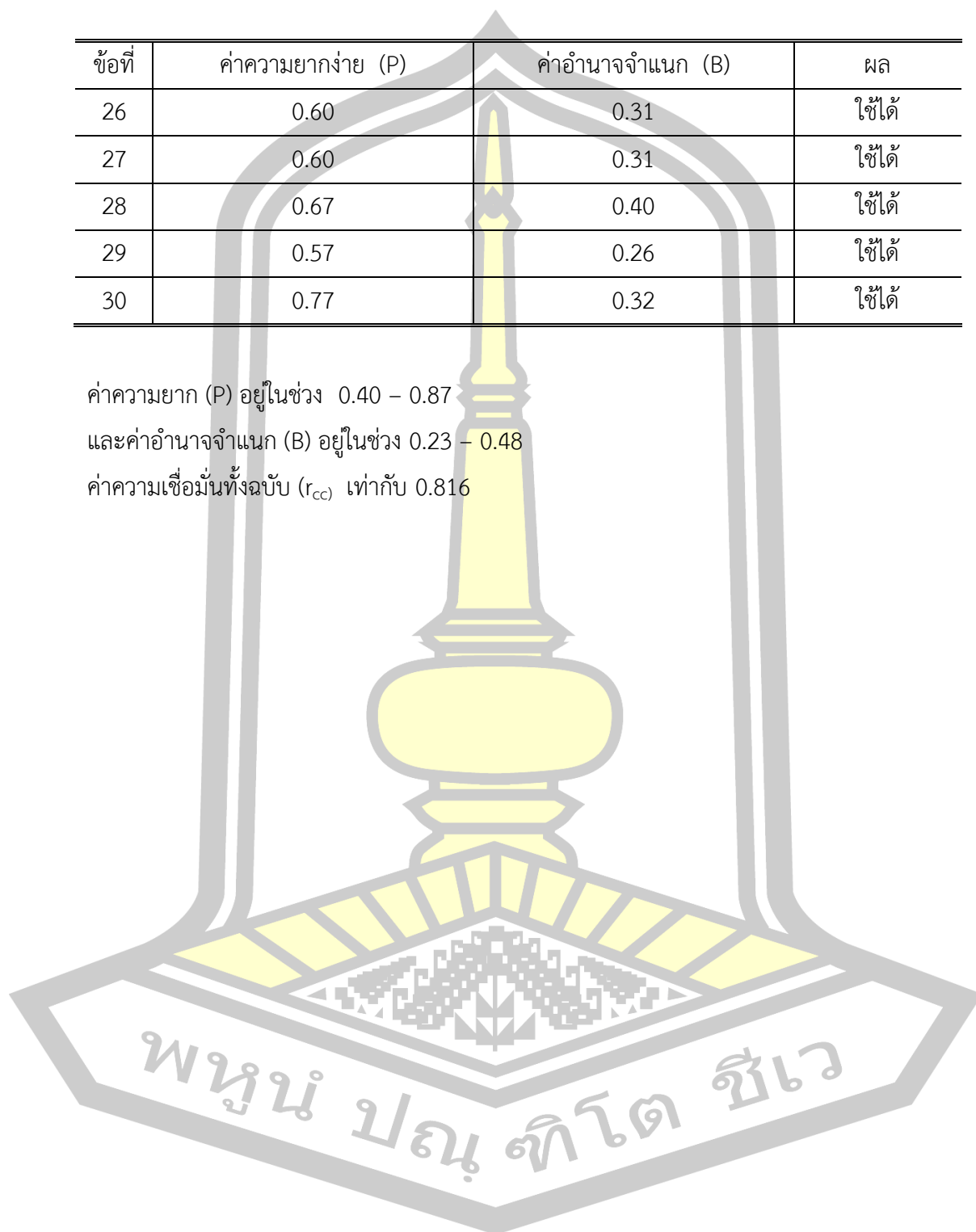
ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	ผล
26	0.60	0.31	ใช้ได้
27	0.60	0.31	ใช้ได้
28	0.67	0.40	ใช้ได้
29	0.57	0.26	ใช้ได้
30	0.77	0.32	ใช้ได้

ค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.40 – 0.87

และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.23 – 0.48

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ( $r_{cc}$ ) เท่ากับ 0.816



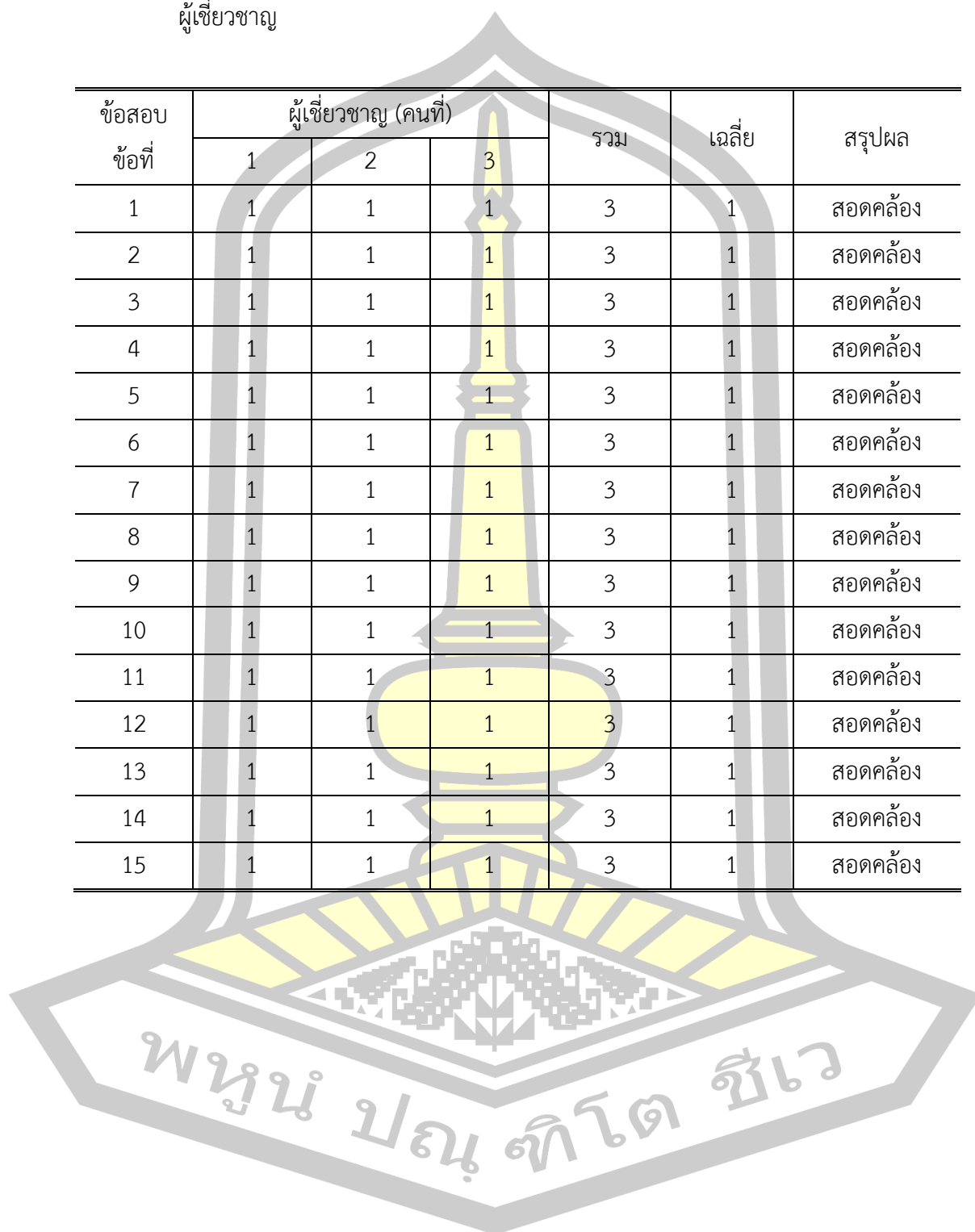
ตาราง 12 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	$x_i$	$x_i^2$	$(x_i - c)$	$(x_i - c)^2$
1	17	289	7	49
2	14	196	4	16
3	13	169	3	9
4	12	144	2	6
5	13	169	3	9
6	12	144	2	4
7	13	169	3	9
8	12	144	2	4
9	14	196	4	16
10	19	121	9	81
11	12	144	2	4
12	17	121	7	49
13	12	144	2	4
14	15	100	5	25
15	18	121	8	64
16	13	169	3	9
รวม 16 คน	$\sum x_i$ = 226	$\sum x_i^2$ = 3276	$\sum (x_i - c)$ = 66	$\sum (x_i - c)^2$ = 356
$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - c)^2}$				ค่าความเชื่อมั่น = 0.81

พหุ ประถมศึกษา

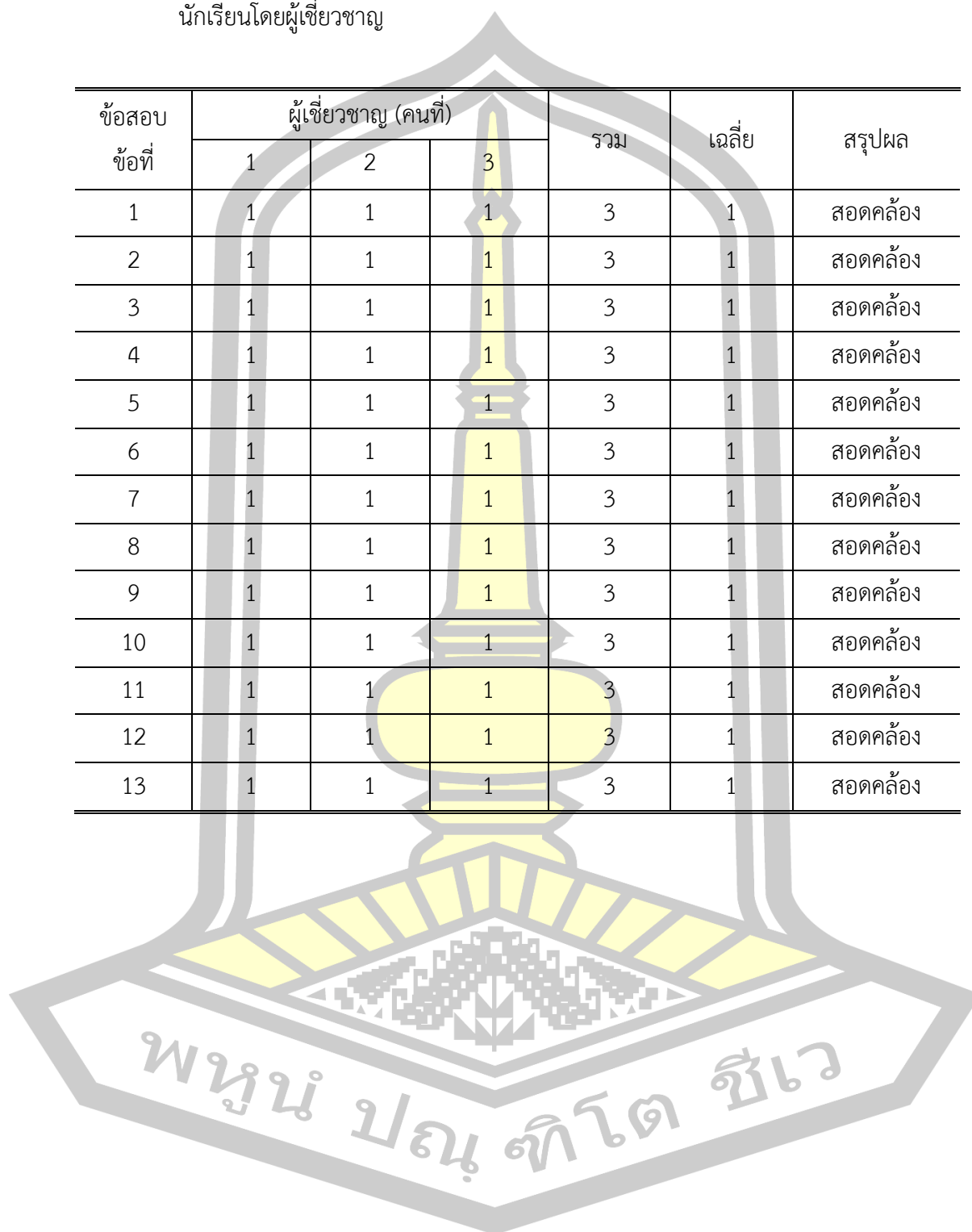
ตาราง 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินทักษะปฏิบัติของนักเรียนโดย  
ผู้เชี่ยวชาญ

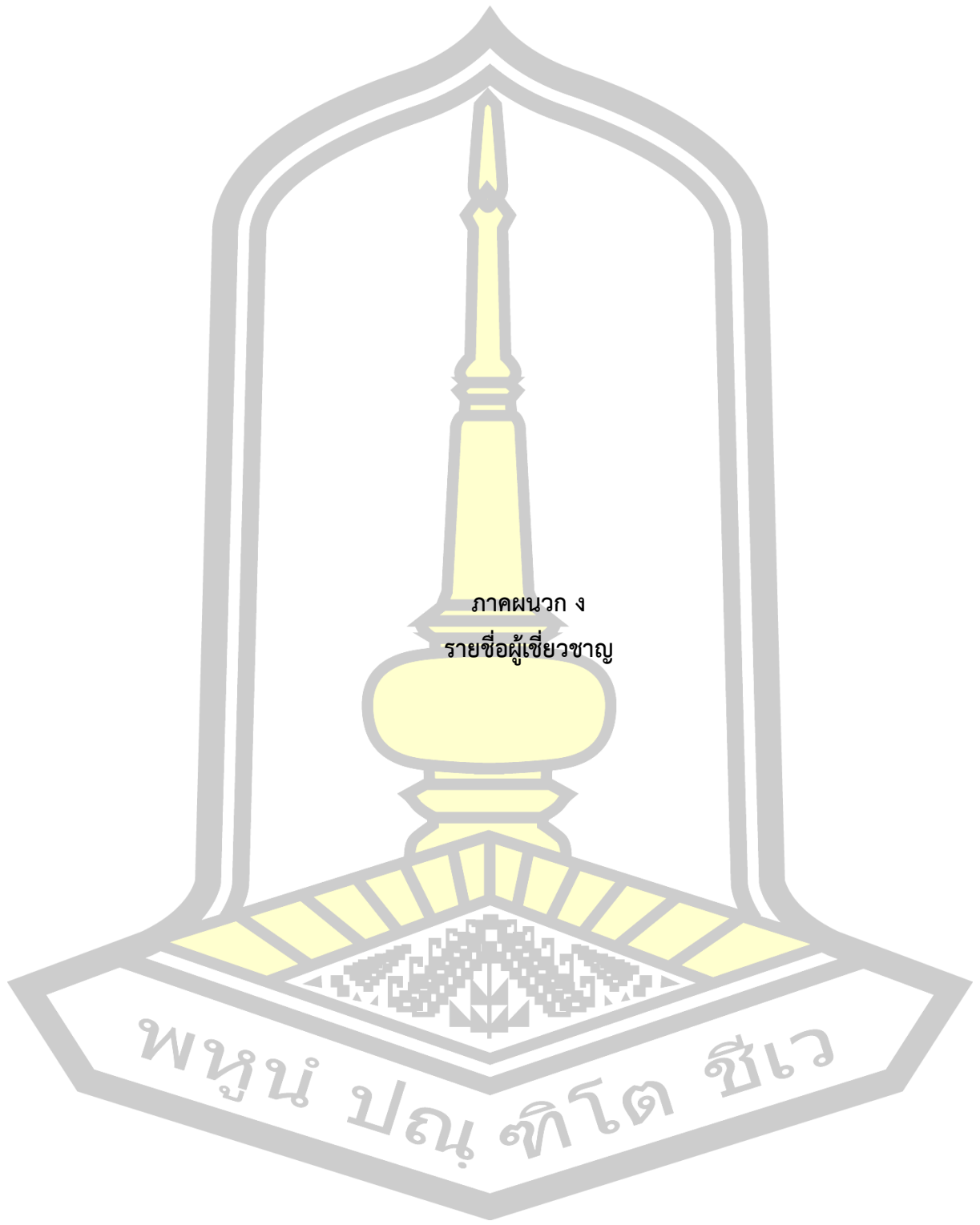
ข้อสอบ ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	เฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
1	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1	สอดคล้อง



ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานของ  
นักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม	เฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3			
1	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	1	สอดคล้อง





ภาคผนวก ง  
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

พหุมนั ปณุ ทิโต ชีเว

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

### ด้านนวัตกรรม

นายอนุชิต สิงห์จันทร์ คอ.ม.ไฟฟ้ากำลัง ทำงานที่ วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ตำบลในเมือง  
อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ สาขामะคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์

### ด้านเนื้อหา

นายปรีชา หงส์ผาแก้ว คอ.ม.เครื่องกล ทำงานที่ วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด ตำบลในเมือง  
อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ สาขาช่างยนต์

### ด้านวัดผล

นายมารุต อัมจักร คอ.ม.เครื่องกล ทำงานที่ วิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ด ตำบลในเมือง  
อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ สาขาช่างยนต์



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายพงศ์ราม พรหมเกต
วันเกิด	วันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2533
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 16 บ้านขอนแก่นใต้ หมู่ที่ 2 ตำบลขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครูอัตราจ้าง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2558 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2566 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ่ ปณุ่ ทิโต ชีเว