

ด้านวิศวกรรมการผลิต

1. ชื่อโครงการ รถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ

Renewable energy lawn mower with radio control

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมการผลิต

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายผดุงศักดิ์ จันทร์ผล รหัส 6041102109

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

โทรศัพท์ 097-0163859 E-mail Sb6041102109@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นายวิจันทร ทองดินอก รหัส 6041102115

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

ชื่อ-สกุล นายสรารุฒิ ศรีรักษา รหัส 6041102117

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ ภูทองพลอง

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

การใช้พลังงานยังคงเป็นหนึ่งในสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและความเจริญเติบโตของเมืองใหญ่ และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการนำเข้าพลังงานด้านฟอสซิล พลังงานไฟฟ้า เป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานดังกล่าว เช่น การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก แต่การใช้พลังงานในประเทศในปัจจุบัน พลังงานที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ส่วนใหญ่ได้จากพลังงานสิ้นเปลืองโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิง นับวันมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ประเทศเราไม่มีแหล่งน้ำมันเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศ ในแต่ละปี รัฐจึงต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมหาศาล ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองคือ การใช้พลังงานทดแทนซึ่งจากสภาพภูมิศาสตร์และตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนได้ ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ โดยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยการใช้ แผงโซลาร์เซลล์

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หมายถึง เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงหรือโฟตอนเป็นพลังงานไฟฟ้า หลักการทำงานคือ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้า ประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติพื้นฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

รถตัดหญ้าที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง จะแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ แบบเซ็น แบบรถคนขับ และแบบสายสะพายไหล่ รถดังกล่าว มีข้อเสีย คือ มีเสียงดัง เมื่อใช้งานตัดหญ้าไประยะหนึ่งเครื่องยนต์จะร้อนและดับ และสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงสูงเมื่ออายุการใช้งานของเครื่องมากขึ้น และรถตัดหญ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีข้อเสีย คือ จะมีระยะเวลาในการตัดหญ้าได้น้อย ในฤดูฝน หรือไม่มีแสงแดด จากปัญหาดังกล่าว รถตัดหญ้าพลังงานทดแทนด้วยการเพิ่มกระแสที่แบตเตอรี่ จึงเป็นทางเลือก เพราะว่ามีข้อดี คือ มีเสียงเงียบขณะใช้งาน ไม่ต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิง มีระยะเวลานานในการตัดหญ้าในกรณีไม่มีแสงแดด และเป็นพลังงานที่สะอาดเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น ผู้ทำโครงการจึงสนใจที่จะออกแบบและสร้างรถตัดพลังงานทดแทนด้วยการเพิ่มกระแสที่แบตเตอรี่ และศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดหญ้าพลังงานทดแทน ซึ่งการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ นั้นจะช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันดิบได้

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าด้วยพลังงานทดแทนด้วยการเพิ่มกระแสที่แบตเตอรี่
- 6.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

รถตัดหญ้าพลังงานทดแทนด้วยการเพิ่มกระแสที่แบตเตอรี่ สามารถตัดหญ้าได้ไม่น้อยกว่า 1,600 ตารางเมตร ในระยะเวลาเวลา 40 นาที

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 รถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุประหยัดและไม่สิ้นเปลืองพลังงาน
- 8.2 รถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุมีประสิทธิภาพในการตัดหญ้าสูง
- 8.3 รถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับ

9. ขอบเขตของโครงการงาน

- 9.1 ทดสอบเครื่องตัดหญ้าพลังงานทดแทนในพื้นที่ที่มากกว่า 1,600 ตารางเมตร
- 9.2 ขนาดเครื่องตัดหญ้า 0.5 x 0.4 x 1.5 เมตร
- 9.3 ขนาดแผงโซลาร์เซลล์ กำลังไฟ 150 วัตต์
- 9.4 ช่วงเวลาในการทดสอบรถตัดหญ้า 08.00-12.00 น. และ 13.00-17.00 น.
- 9.5 ขนาดมอเตอร์ 60 วัตต์ 12 โวลต์
- 9.6 ความเร็วรอบของใบตัด 8,000 รอบต่อวินาที
- 9.7 รัศมีสามารถควบคุมได้ไกล 800 ถึง 1,500 เมตร
- 9.8 ทำการใช้งานได้ 2 ถึง 3 ชั่วโมง
- 9.9 ความถี่สัญญาณ 2.40-2.48GHz
- 9.10 ทำการทดสอบตัดหญ้าในสนามฟุตบอล

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องตัดหญ้าหมายถึง เครื่องยนต์หรือเครื่องมือกลที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลได้ รถตัดหญ้าเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กเนื่องจากเครื่องยนต์มีขนาดเล็กโดยทั่วไปจะมีจำนวน 1 สูบ 4 จังหวะ ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ระบายความร้อนด้วยอากาศ ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการใช้งาน(วุฒิชัย ปรราบัญญ,2553)

10.1 เครื่องตัดหญ้ามี 3 ชนิด คือ เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายป่า เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามสี่ล้อเซ็นและรถตัดหญ้าแบบนั่งขับแบบมีกล่องเก็บหญ้าในตัว

10.1.1 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายป่า เหมาะสำหรับใช้กับพื้นที่รก หญ้าสูง พื้นที่สูงต่ำไม่เท่ากัน นิยมใช้ตามไร่ ตามสวน มีขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวก ราคาไม่แพง และดูแลรักษาง่าย แต่การใช้งาน จะใช้แรงคนเป็นหลักในการตัดหญ้า เหมาะสำหรับผู้เชี่ยวชาญในการตัดหญ้า เพราะค่อนข้างอันตรายสำหรับมือใหม่ ขณะตัดหญ้าควรสวมแว่นตา เสื้อแขนยาว ถุงมือ รองเท้าบูท

10.1.2 รถตัดหญ้าแบบนั่งขับแบบมีกล่องเก็บหญ้าในตัว เป็นเครื่องตัดหญ้าหรือรถตัดหญ้าที่มีขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับตัดหญ้าในพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้ประหยัดเวลาในการตัดหญ้าอย่างมากโดยขณะทำงาน จะมีการเก็บหญ้าเข้ากล่อง เพื่อที่จะได้ไม่ต้องเสียเวลาและเสียแรงในการทำความสะอาดหลังจากตัดเสร็จ เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับประเภทนี้นิยมใช้กับรีสอร์ท โรงแรม สนามกอล์ฟ หรือบ้านที่มีขนาดพื้นที่กว้างใหญ่เป็นพิเศษ

10.1.3 รถตัดหญ้าแบบนั่งขับแบบมีกล่องเก็บหญ้าในตัว เป็นเครื่องตัดหญ้าหรือรถตัดหญ้าที่มีขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับตัดหญ้าในพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้ประหยัดเวลาในการตัดหญ้าอย่างมากโดยขณะทำงาน จะมีการเก็บหญ้าเข้ากล่อง เพื่อที่จะได้ไม่ต้องเสียเวลาและเสียแรงในการทำความสะอาดหลังจากตัดเสร็จ เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับประเภทนี้นิยมใช้กับรีสอร์ท โรงแรม สนามกอล์ฟ หรือบ้านที่มีขนาดพื้นที่กว้างใหญ่เป็นพิเศษ

10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิวัฒน์ ตั้งวันเจริญ (2560) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยวิทยุบังคับเพื่อความสะดวกสบายไม่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงและปลอดภัยในการตัดหญ้าในสนามหญ้า รถตัดหญ้านี้ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่และขับเคลื่อนหมุนใบมีดสามารถชาร์จแบตเตอรี่ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ควบคุมกลไกการเดินหน้าถอยหลังเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวาด้วยเครื่องบังคับวิทยุที่ความถี่ 72 MHz ผลการทดสอบรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยวิทยุบังคับสามารถใช้งานในพื้นที่สนามราบเรียบและเวลาที่ใช้ตัดหญ้าเฉลี่ย 50.1 นาที / ครั้งวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (มอเตอร์ปัดน้ำฝน) มีหลักการทำงานดังนี้เมื่อภาครับสัญญาณจากภาคส่งตัวเซอร์โวจะแปลงสัญญาณพัลส์เป็นสัญญาณดิจิทัลประมาณ 6- 12 โวลต์ซึ่งตัวเซอร์โวจะสามารถคอนโทรลหมุนซ้ายขวาได้เราจะนำขั้วนี้มาใช้กดแตะสวิทช์ไฟ 6 โวลต์เพื่อส่งผ่านมายัง 100 โอห์มโดยไอซีออปโตเบอร์ L1048 ทำหน้าที่เป็นสวิทช์จ่ายไฟ 12 โวลต์และไปทริกิริเลย์ให้วงจรทำงานริเลย์จะทำการเปลี่ยนหน้าคอนเทรลขั้วสายไฟให้กับมอเตอร์หมุนเดินหน้าและกลับทาง



ภาพที่ 1 แสดงภาพด้านหน้ารถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยวิทยุบังคับ
ที่มา: (จิวัฒน์ ตั้งวันเจริญ,2560)



ภาพที่ 2 แสดงภาพการทดลองรถตัดหญ้าพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยวิทยุบังคับ
ที่มา: (จิวัฒน์ ตั้งวันเจริญ,2560)

ศุภชัย กวินวุฒิกุล (2551) งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกที่สำคัญในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดช่วยลดการเกิดภาวะโลกร้อนแต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าต่ำ(5-17%) การวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อหาอัตราการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะเมอร์ฟิซิลิคอนที่ใช้กระจกเงาสท้อนแสงเพิ่มความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ให้กับแผงเซลล์พร้อมกับการเคลื่อนที่แผงเซลล์ตามแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเดียวกันแต่ลักษณะการใช้แตกต่างกันอีก 2 รูปแบบคือรูปแบบที่แผงเซลล์ไม่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบแบบที่มีการติดตั้งกระจกเงากับไม่มีการติดตั้งกระจกเงาและรูปแบบที่แผงเซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบแบบที่มีการติดตั้งกระจกเงากับไม่มีการติดตั้งกระจกเงาผลการวิจัยพบว่าแผงเซลล์ที่ติดตั้งกระจกเงาและเคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 15.33% และมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผงเซลล์ที่เคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์และไม่ติดตั้งกระจกเงาคิดเป็น 14.12% ส่วนแผงเซลล์ที่ติดตั้งกระจกเงาและไม่เคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 13.05% และมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผงเซลล์ที่ไม่เคลื่อนที่ตามแนวเคลื่อนที่ดวงอาทิตย์และไม่ติดตั้งกระจกเงาคิดเป็น 11.89%

กองพล อารีรักษ์ (2555) งานวิจัยเรื่องการประหยัดพลังงานสำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้น การประหยัดพลังงานเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงต่อภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะงานทางด้าน การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าโดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการประหยัดพลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นเนื่องจากมอเตอร์ดังกล่าวมีใช้กันอย่างกว้างขวางพบได้โดยทั่วไปโดยเฉพาะในงานอุตสาหกรรมลากจูงเช่นรถไฟเป็นต้นวิธีประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นในงานวิจัยนี้อาศัยการคำนวณหาค่ากระแสสนามที่เหมาะสมที่ก่อให้เกิดกำลังงานสูญเสียในมอเตอร์น้อยที่สุดซึ่งการคำนวณดังกล่าวจำเป็นต้องใช้สมการพื้นฐานประกอบกับสมการกำลังงานสูญเสียของมอเตอร์โดยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสมการกำลังงานสูญเสียหาได้จากการค้นหาโดยใช้วิธีทางปัญญาประดิษฐ์คือวิธีการค้นหาแบบตาบู่เชิงปรับตัวระบบขับเคลื่อนในงานวิจัยประกอบไปด้วยวงจรเรียงกระแสหนึ่งเฟสแบบบริดจ์ที่ต่อพ่วงกับวงจรแปลงผันแบบบัสคัพตัวควบคุมกระแสสนามและตัวควบคุมความเร็วรอบใช้ตัวควบคุมแบบฐานกฎการทดสอบการประหยัดพลังงานมีการทดสอบกับระบบจริงในห้องปฏิบัติการซึ่งผลการทดสอบพบว่า การควบคุมมอเตอร์ตามหลักการของงานวิจัยวิทยานิพนธ์สามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุด 48.61 เปอร์เซ็นต์ในสภาวะโหลด 13 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดและเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานจะลดลงเมื่อโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น

เกรียงไกร ชูพินิจ และคณะ (2550) งานวิจัยเรื่องการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบพ่นเชื้อยได้สร้างเครื่องตัดหญ้าสำหรับ เกษตรกรสวน มะนาวโดยมีวัตถุประสงค์ คือ สร้างเครื่องตัดหญ้าแบบพ่นเชื้อยที่มีความสามารถในการตัดหญ้า 100 นาที่ ต่อ 1 ไร่ ได้คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่อง เปรียบเทียบการใช้เวลา ค่าใช้จ่าย และ ความพึงพอใจของผู้ใช้ระหว่างเครื่องตัดหญ้าพ่นเชื้อยที่สร้างขึ้น กับเครื่องตัด หญ้าแบบจานหมุนดิน ตามและแบบล้อเลื่อนป่า คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและได้จัดทำเครื่อง ตัดหญ้าแบบพ่นเชื้อย พร้อมทั้งได้จัดทำคู่มือการใช้งาน ซึ่งเครื่องตัดหญ้าแบบพ่นเชื้อยที่สร้างขึ้นมี อัตราเร็วเฉลี่ย 80 นาที่ ต่อ 1 ไร่ และมีอัตราการใช้น้ำมันเฉลี่ย 0.74 ลิตรต่อ 1 ไร่ ซึ่งเร็วและ ประหยัดที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุนดินตามและแบบล้อเลื่อนป่า เมื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกร สวนมะนาว พบว่ามีความพึงพอใจต่อเครื่องตัดหญ้าแบบ พ่นเชื้อยมากที่สุดในด้านของน้ำหนัก ความ ทนทาน ความประหยัด ความเหมาะสมของราคา

พิชดา จีรบรรพวงศ์ (2556) งานวิจัยเรื่องการศึกษาต้นทุนการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย จากการศึกษาทางสถิติในประเทศไทยพบว่าขนาดครัวเรือนโดยมากคือ 4 คนจึงใช้บ้านขนาดมาตรฐานของบ้านเดี่ยวทั่วไปนี้เป็นกรณีศึกษาคือบ้านเดี่ยวโดยมีพื้นที่ใช้สอย 125 ตารางเมตรทั้งนี้การศึกษาถูกแบ่งเป็น 2 กรณีคือกรณีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเต็มพื้นที่ หลังคากับกรณี การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการใช้ภายในบ้านซึ่งแต่ละกรณีก็จะมีแนวทางในการเลือกติดตั้งอุปกรณ์แบบต่างๆ ต่างกัน 4 ทางเลือกเช่นการเลือกแผงเซลล์ขนาดต่างกันคือ 130w และ 240w การเลือกเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าขนาดพิกัด 24V 20. 4, 24V / 40A, 24V / 60A และ 48V / 40A การเลือกขนาดของแบตเตอรี่และการเลือกอินเวอร์เตอร์ซึ่งแต่ละทางเลือกมีต้นทุนในการติดตั้งต่างกันและรายได้ของโครงการคือค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปีอัตราดอกเบี้ย 5% และค่าไฟเพิ่มขึ้นปีละ 3% พบว่าทางเลือกที่ 4 ของทั้งกรณีมีค่าติดลบน้อยที่สุดคือ NPV เป็น-553, 470 บาท IRR เป็น-1. 96 96 และ BCR เป็น 0. 83 และ NPV เป็น-356, 027 บาท IRR เป็น-3. 05% และ BCR เป็น 0. 75 ตามลำดับผลสรุปที่ได้คือโครงการไม่คุ้มค่าในการลงทุนเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนแบตเตอรี่ทุกๆ 5 ปีโดยต้นทุนด้านแบตเตอรี่เป็นร้อยละ 44 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดแต่ถ้าหากต้นทุนและรายได้ของโครงการมีการเปลี่ยนแปลงดังแนวทางที่ได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการโครงการจะนำลงทุนในแนวทางที่ 3 คือมีการสนับสนุนในค่าอุปกรณ์ในการติดตั้ง 50% และค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นปีละ 10% พบว่าทุกทางเลือกของทั้งกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เต็มพื้นที่หลังคาและกรณีติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบพอดีความต้องการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกและอัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นบวกโดยมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยส่วน BCR ก็มีค่ามากกว่า 1 ของทางเลือกที่ 4 จะเป็น NPV เป็น 816, 173 บาท IRR เป็น 13. 36 9% และ BCR เป็น 4. 35 และ NPV เป็น 390, 700 บาท IRR เป็น 12. 16 96 และ BCR เป็น 3. 86 ตามลำดับ

ธนัดชัย กุลรวรานิชพงษ์ (2558) งานวิจัยเรื่องมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส สำหรับการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า รถขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ไฟฟ้ามีใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น ในสนามกอล์ฟ โรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือสวนสัตว์ เป็นต้น การขับเคลื่อนดำเนินการผ่านมอเตอร์ไฟฟ้าที่ควบคุม ง่าย แต่มีข้อเสียหลายประการ เช่น การบำรุงรักษายุ่งยาก ราคาแพง และขนาดต่อพิกัดโตกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าเอ ซี เป็นต้น การนำมอเตอร์เหนี่ยวนำเอซีมาใช้งานต้องใช้วงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงไฟให้เป็นเอซี ที่มีสัญญาณ เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม สมรรถนะของมอเตอร์เอซีภายใต้แหล่งจ่ายไฟนี้ มีความแตกต่างจากกรณีที่ป้อนด้วย แหล่งจ่ายไฟรูปไซน์โดยตรง งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาสมรรถนะของมอเตอร์เอซีเฟสเดียวผ่านคุณลักษณะ สมบัติแรงบิด-ความเร็วรอบของมอเตอร์ ภายใต้แหล่งจ่ายไฟรูปสี่เหลี่ยม แบบจำลองในสภาวะชั่วคราวถูกนำมาใช้ งานเพื่อจำลองผลการจ่ายไฟด้วยแหล่งจ่ายรูปสี่เหลี่ยม ผลตอบสนองที่ได้จะถูกนำมาใช้ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ ทางคณิตศาสตร์ในรูปของสมการอย่างง่าย ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้นำมาใช้ออกแบบการขับเคลื่อนรถสกีเตอร์ไฟฟ้าด้วยมอเตอร์เอซีเฟสเดียวที่ถูกขับผ่านอินเวอร์เตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยประหยัดพลังงานใน อนาคตได้

11. วิธีดำเนินโครงการ

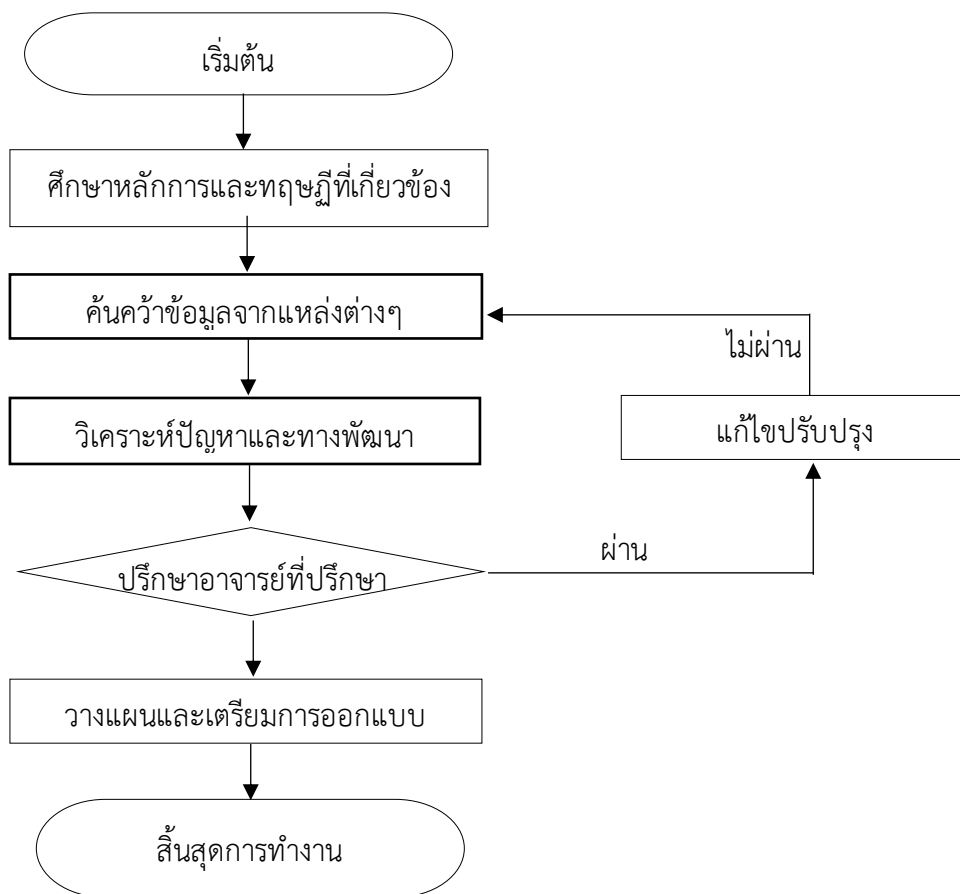
11.1 อุปกรณ์และวัสดุ

- มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital multimeters) รุ่น EXCEL DT9205A
- มิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้า (Digital meter) No Brand
- ตลับเมตร 5 เมตร รุ่น 33-158
- แผงโซล่าเซลล์ รุ่น MONO 340W รุ่น JinKo
- แบตเตอรี่ลิเธียม 24 V
- โซลาร์ ชาร์จเจอร์ 30A PWM 12V / 24V solar charger PWM 30A 12 V/ 24V
- มอเตอร์ 600 W 24V
- กล่องควบคุมความเร็วมอเตอร์
- ลิมิตสวิตช์ยาวบานพับคันโยกประเภท SPDT Micro Switch – INTL
- ชุดมอเตอร์ SG90 9G Mini Servo
- รีโมทวิทยุควบคุม T & T Flysky 2.4 G 4 CH Radio Model RC Transmitter & Receiver
- วัสดุ อุปกรณ์ด้านช่างอื่นๆ เช่น เหล็ก สายไฟ

11.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การออกแบบและพัฒนารถตัดหญ้าด้วยพลังงานทดแทน ในครั้งนี้คณะผู้ศึกษามีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

11.2.1 การค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องของพัฒนารถตัดหญ้าด้วยพลังงานทดแทน
 ดังแผนภูมิ ที่ 11.1



12. ระยะเวลา

- ตั้งแต่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2563

13. แผนการดำเนินงาน

แผนงาน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการ ทำงานวิจัย และทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง	หาแนวทาง และวิธีสร้าง รถตัดหญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	ศึกษาการ ทำงานวิจัย และทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง	2 สัปดาห์	รวบรวมข้อมูล งานวิจัยและทฤษฎี จากแหล่งข้อมูล ต่างๆ เช่น หนังสือ เว็บ หรือ งานวิจัย	สาขาวิชา วิศวกรรม การผลิต

ตารางที่ 13.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

แผนงาน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการทำงาน ของรถตัดหญ้า พลังงานทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	ต้องการศึกษาระบบ การทำงานของรถตัด หญ้าพลังงานทดแทน แบบบังคับวิทยุ	ศึกษาการทำงาน ของรถตัดหญ้า พลังงานทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	2 สัปดาห์	รวบรวมและศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับรถตัด หญ้าพลังงาน ทดแทนแบบบังคับ วิทยุ แหล่งข้อมูล ต่างๆ	สาขาวิชา วิศวกรรม การผลิต
ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบรถ ตัดหญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	เพื่อศึกษาและ ออกแบบจำลองการ ทำงานของรถตัดหญ้า พลังงานทดแทนแบบ บังคับวิทยุ ก่อนสร้าง จริง	ออกแบบรถ ตัดหญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	2 สัปดาห์	ศึกษาและออกแบบ รถตัดหญ้าพลังงาน ทดแทนแบบบังคับ วิทยุ	สาขาวิชา วิศวกรรม การผลิต
ขั้นตอนที่ 4 จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ สร้างรถตัด หญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	จัดหาอุปกรณ์สำหรับ สร้างรถตัดหญ้า พลังงานทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	จัดหาวัสดุและ อุปกรณ์สร้าง รถตัดหญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	2 สัปดาห์	จัดหาวัสดุที่ดีและ เหมาะสมกับการ สร้างรถตัดหญ้า พลังงานทดแทน แบบบังคับวิทยุ	สาขาวิชา วิศวกรรม การผลิต
ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการ สร้างรถตัด หญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	สร้างเครื่องตามที่ได้ ออกแบบไว้	ดำเนินการรถ สร้างตัดหญ้า พลังงาน ทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	2 สัปดาห์	เริ่มกระบวนการ สร้างประกอบรถตัด หญ้าพลังงาน ทดแทนแบบบังคับ วิทยุ	สาขาวิชา วิศวกรรม การผลิต

ตารางที่ 13.2 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

แผนงาน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบรถตัดหญ้า พลังงานทดแทนแบบ บังคับวิทยุ	ทดลองการทำงานของรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ	ทดสอบรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ ว่าทำงานได้ประสิทธิภาพจริง	2 สัปดาห์	ทดสอบคุณภาพของรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุที่สร้างเสร็จแล้ว	สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลการทดสอบรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ	เพื่อหาประสิทธิภาพของการทำงานรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ	ทดสอบตัดหญ้าว่าทำงานได้ประสิทธิภาพจริง	2 สัปดาห์	ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ	สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	แบตเตอรี่ลิเธียม 12 V 50 AH	1	3,800	3,800
2	มอเตอร์เกียร์	1	1,399	1,399
3	มอเตอร์ตัดหญ้า	1	668	668
4	วิทยุบังคับ	1	900	900
5	แผ่นโซล่าเซลล์	1	2,100	2,100
6	เซอร์โวมอเตอร์	2	150	300
7	เครื่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์	1	350	350
8	อื่น	1	2,000	2,000
	รวม			11,517

15. เอกสารอ้างอิง

การประกวดข้อเสนอโครงการนักศึกษาระดับปริญญาตรี ประจำปี 2563

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน, 2557. สืบค้นวันที่ 1 มีนาคม 2563.

จาก https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=556&filename=index

กองพล อารีรักษ์. การประหยัดพลังงานในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้น.

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2555.

เกรียงไกร ชูพินิจ. การศึกษาและสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบใบเลื่อย.

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2550

ดร.ธนัดชัย กุลรวรานิชพงษ์. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า.

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2558

ดร.วรวิศ กอปรสิริพัฒน์. (2558). สารพันความรู้ด้านพลังงาน. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ, 58 (77),

64-75.

พิชดา จีรวรรษวงค์. การศึกษาต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านที่อยู่อาศัย.

สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2556

วุฒิชัย ปราบภัย, สมาน มawangซี และอัครชัย วงศ์ประเสริฐ. รถตัดหญ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์.

สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2554

ศุภชัย กวินวุฒิกุล. การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมแรงแซล่าเซลล์ในการเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2551

สุวิพงษ์ เหมะธูลิน. การพัฒนาเครื่องตัดใบข้าวแบบสะพายป่าขนาดเล็ก. มหาวิทยาลัยสกลนคร, 2560

1. ชื่อโครงการ การออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

Design and Development of an Electric Vehicle Prototype

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมการผลิต

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายภาคิน ขบชั้น รหัส 6041102112

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

โทรศัพท์ 098-893-8487 E-mail. kinthemost@gmail.com

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นายมงคล ลาดซุย รหัส 6041102122

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

ชื่อ-สกุล นายวสุพล กุลเกลี้ยง รหัส 6041102114

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

3.4 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชัย โปธิ

สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

4.1 อาคารปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

4.2 ลานเอนกประสงค์หน้าคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันแนวโน้มการใช้ยานพาหนะในการเดินทางเริ่มเปลี่ยนแปลงจากการใช้เครื่องยนต์แบบสันดาปซึ่งมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการปล่อยมลพิษทางอากาศ ฝุ่น คาร์บอน และเสียง ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (พูลพร แสงบางปลา, 2013) มาเป็นยานพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รถไฟฟ้า จักรยานยนต์ไฟฟ้า จักรยานไฟฟ้า สกู๊ตเตอร์ (Scooter) เซกเวย์ (Segway) เป็นต้น (นภัทร วัจนเทพินทร์ และคณะ, 2559) ในหลาย ๆ ประเทศเริ่มมีการส่งเสริมให้มีการผลิตและใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (Electrical Vehicle, EV) มากขึ้น ได้แก่ ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา จีน อังกฤษ แคนาดา ไต้หวัน ซึ่งมีนโยบายสนับสนุน เช่น ปลอดภาษีในการซื้อรถไฟฟ้า ลดราคาค่าไฟฟ้า หรือสามารถกู้เงินเพื่อซื้อยานยนต์ไฟฟ้าในอัตราดอกเบี้ยต่ำ ตลอดจนหาสถานีชาร์จไฟฟ้าเพื่อสนับสนุนการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า เป็นต้น (พูลพร แสงบางปลา, 2013) นอกจากนั้นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ลงทุนจากต่างประเทศ เช่น เครือโตโยต้า เริ่มมีการปรับตัวโดยมี

แนวทางในด้านการวิจัยยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับบริษัทภายนอกและมีการปรับบทบาทของ ซัพพลายเออร์ ตลอดจนปรับตัวเป็นผู้ให้บริการด้านยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น (กฤตพล วิชาวิกุล, 2018) อย่างไรก็ตาม การจะใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยในอนาคตต้องเตรียมความพร้อม ปรับตัว และคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆ อย่าง ทั้งกระบวนการผลิต รวมไปถึงกระบวนการกำจัดซากที่ดีและมีความปลอดภัยด้วย กลุ่มผู้ประกอบการที่จะได้รับผลกระทบสูงจากการเปลี่ยนแปลงสู่ยานยนต์ไฟฟ้าคือผู้ผลิตชิ้นส่วน เนื่องจากเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อน และเทคโนโลยีขั้นสูงกว่าชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยเฉพาะกลุ่มระบบส่งกำลังหรือเครื่องยนต์ เช่น หม้อน้ำ ท่อไอเสีย ระบบหัวฉีด ถังน้ำมันอาจจะได้รับผลกระทบค่อนข้างมากดังนั้นความชัดเจนของนโยบายการส่งเสริมภาครัฐจึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่กำลังจะเกิดขึ้น (สมเดช แสงสุรศักดิ์, 2560)

อย่างไรก็ตามแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของนวัตกรรมยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการใช้งานก็เริ่มมีการพัฒนาและมีความชัดเจนขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นโครงการนี้จึงได้ศึกษาการออกแบบและสร้างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบที่เป็นยานยนต์ขนาด 4 ล้อ โดยขับเคลื่อน 2 ล้อหลัง และใช้ต้นกำลังประเภทมอเตอร์กระแสตรง ชนิด บัสเลสดีซีมอเตอร์ Brushless DC Motor (BLDC) ที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยกล่องคอนโทรล และใช้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมฟอสเฟต (Lithium phosphate) เป็นแหล่งพลังงานหลักในการขับเคลื่อน เพื่อเป็นการศึกษาและสร้างแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการใช้งานจริงในอนาคต

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
- 6.2 เพื่อประเมินสมรรถนะยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้พัฒนาขึ้น

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

ยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบและพัฒนา สามารถวิ่งที่ความเร็วสูงสุดไม่เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีระยะทางวิ่งสูงสุดไม่น้อยกว่า 50 กิโลเมตร ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง (สมรรถนะของยานยนต์ไฟฟ้า)

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 ยานยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยต้นกำลังประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า จึงไม่ทำเกิดมลภาวะและทำลายสิ่งแวดล้อม เช่น คิว้น หรือเสียงรบกวน เป็นต้น
- 8.2 ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงซึ่งมีแนวโน้มว่าจะมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- 8.3 ประหยัดค่าซ่อมบำรุงรักษาเพราะไม่มีเครื่องยนต์ ซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องได้รับการดูแลและซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ในหลาย ๆ ส่วน เช่น การสึกหรอของอะไหล่ทางกล ระบบของเหลวและการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง จึงทำให้การดูแลรักษาเป็นเรื่องที่ง่ายขึ้น และไม่ต้องเสียเวลาในการนำรถยนต์ไปเข้ารับการบำรุงรักษาบ่อยครั้ง

9. ขอบเขตของโครงการงาน

9.1 ออกแบบยานยนต์ 4 ล้อ โดยขับเคลื่อน 2 ล้อหลัง

9.2 ออกแบบยานยนต์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงชนิด บัสเลสดีซีมอเตอร์ (BLDC)

Brushless DC Motor เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน

9.3 ใช้แบตเตอรี่ชนิด ลิเทียมฟอสเฟต เป็นแหล่งพลังงานหลักในการขับเคลื่อนยานยนต์

9.4 ใช้ตัวส่งถ่ายกำลังด้วยโซ่ทดรอบด้วย ster

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 ชนิดของยานยนต์ไฟฟ้า

10.1.1 รถไฟฟ้าแบบไฮบริด (HEV-Hybrid Electric Vehicle)

รถไฟฟ้าแบบไฮบริดเป็นรถยนต์ขับเคลื่อนลูกผสม ด้วยทั้งกำลังเครื่องยนต์ และกำลังจากแบตเตอรี่ไปหามอเตอร์ การทำงานของ HEV จะออกแบบเพื่อควบคุมการผสมการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในทุกสภาพของการขับขี่ โดยขณะออกรถและช่วงความเร็วต่ำและความเร็วคงที่ จะใช้กำลังอย่างเดียว โดยไม่ใช้เครื่องยนต์ (จึงไม่ใช้น้ำมัน) ขณะเร่งความเร็วและใช้กำลังสูง เช่น การปีนเขา การแซง ก็จะใช้กำลังจากเครื่องยนต์ และใช้แบตเตอรี่ร่วมด้วย ขณะลงเขา ลดความเร็วและเบรก เครื่องยนต์จะหยุดทำงาน และ Motor จะกลับเป็น Generator เปลี่ยนพลังงานความร้อนที่เกิดจากลดความเร็วหรือ เบรก เป็นพลังงาน Charge ไฟเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ไฟฟ้าช่วยประคองรถให้หยุดอย่างนิ่มนวล โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์ น้อยที่สุดหรือไม่มีเลยตัวอย่างรถ HEV ได้แก่ Toyota Camry และ Prius

10.1.2 รถไฟฟ้าแบบปลั๊กอินไฮบริด (PHEV-Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

เป็นรถยนต์ Hybrid ที่มีแบตเตอรี่ที่สามารถ Charge ไฟจากไฟฟ้าในบ้านได้ รถยนต์จะถูกออกแบบให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นหลักโดยเมื่อจอดจะ Charge ไฟจากไฟในบ้านให้แบตเตอรี่เต็ม แล้วใช้แบตเตอรี่อย่างเดียว แต่ก็มีเครื่องยนต์ไว้เป็นตัวขับเคลื่อนสนับสนุนไม่ให้อึดกังวลเมื่อแบตเตอรี่หมดเวลาขับไกล สามารถใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนต่อไปได้ ระบบนี้ใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก เพราะไฟฟ้าถูกกว่าน้ำมันแต่แบบนี้มี 2 ระบบ คือ มีทั้ง Hybrid และ Plug-in ทำให้ต้นทุนสูงตัวอย่างรถ PHEV เช่น Chevrolet Volt และ Toyota Prius (PHEV)

10.1.3 รถไฟฟ้า (EV-Electric Vehicle หรือ BEV-Battery Electric Vehicle)

เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ไปหามอเตอร์ เพื่อการขับเคลื่อนอย่างเดียว รถชนิดนี้จะวิ่งได้ประมาณ 100 กม. แบตเตอรี่ต้องมีประสิทธิภาพสูง แบตเตอรี่จะถูก Charge ไฟจากไฟฟ้าภายนอก โดยผ่าน Charge ที่สถานี Charge ไฟ ปัจจุบันในหลายประเทศได้ทำสถานี Charge ไฟไว้ในที่ต่างๆ เช่น ที่สถานีบริการ ที่ Shopping Center หรือริมถนนสาธารณะ รถที่ใช้ไฟฟ้าอย่างเดียวที่ออกสู่ตลาดแล้วได้แก่ Mitsubishi i Miev, Nissan Leaf Tesla Roadster Lotus Elise Z48 hp

(ที่มา: สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน, 2562)

10.2 หลักการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้า

ส่วนประกอบที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่มีความแตกต่างจากรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน คือระบบขับเคลื่อนซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลักได้แก่ มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction Motor) พร้อมด้วย ส่วนควบคุมอินเวอร์เตอร์ (Traction Motor Inverter) และระบบกักเก็บพลังงาน(Energy storage system) ในที่นี้หมายถึง แบตเตอรี่ (Battery) พร้อมกับหน่วยควบคุมแบตเตอรี่ (Battery management system/BMS) และอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จประจุไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีที่อุปกรณ์ดังกล่าว จะเรียกอุปกรณ์ดังกล่าวว่า On-board charger นอกจากนั้นยังมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้า หรือ DC/DC converter ประกอบในระบบขับเคลื่อนด้วยภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6 แสดงชิ้นส่วนหลักของระบบ ขับเคลื่อนและระบบกักเก็บพลังงาน (บริษัท สีขร จำกัด, 2561

10.2.1 EV Charger Plug-in

10.2.1.1 การชาร์จแบบเร็ว QUICK CHARGER

การชาร์จแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC Charging) สามารถชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์พลังงานไฟฟ้า จาก 0 – 80 เปอร์เซ็นต์ ได้ในเวลาประมาณ 40 - 60 นาที (ขึ้นอยู่กับความจุพลังงานแบตเตอรี่ กิโลวัตต์-ชั่วโมง) เหมาะกับผู้ที่ต้องการความรวดเร็วในการชาร์จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งประเภทหัวชาร์จของ Quick Charger ได้แก่ CHAdeMo, GB/T และ CCS

10.2.1.2 การชาร์จแบบธรรมดา แบบ DOUBLE SPEED CHARGE

การชาร์จแบบธรรมดาด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) เช่นตู้ชาร์จติดตั้งติดตั้งที่บ้านหรือตามห้างสรรพสินค้า ระยะเวลาการชาร์จจะลดลง อยู่ที่ประมาณ 4-7 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับกำลังไฟของเครื่องชาร์จ Wall box, ขนาดของแบตเตอรี่ และสเปคของรถ

10.2.1.3 การชาร์จแบบธรรมดา แบบ NORMAL CHARGE

การชาร์จไฟจากการต่อจากเต้ารับภายในบ้านโดยตรง มิเตอร์ไฟของบ้านต้องสามารถรองรับกระแสไฟฟ้าขั้นต่ำ 15(45) แอมป์ และเต้ารับไฟในบ้านต้องได้รับการติดตั้งใหม่ เป็นเต้ารับเฉพาะการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้เต้ารับแบบธรรมดาได้ ทั้งนี้การติดตั้งต้องได้รับมาตรฐานจากผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานในระยะยาว

10.2.2 Onboard Charger เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบอินทิเกรตเต็ดสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญในระบบยานยนต์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนยานยนต์ เนื่องจากระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ดังกล่าวอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่เมื่อพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมด ชาร์จเจอร์ที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ

10.2.2.1 Off-board charger เป็นเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จากสถานีชาร์จหรือเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออฟบอร์ด ซึ่งมีข้อดีที่สามารถออกแบบให้มีพิภักการจ่ายกำลังงานสูงๆ ได้ เพราะไม่มีข้อจำกัดของขนาด น้ำหนัก และพื้นที่ติดตั้ง

10.2.2.2 On-board charger เครื่องชาร์จที่ติดตั้งในตัวรถหรือเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด ซึ่งมีข้อดีคือ ตัวเครื่องมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งไว้ภายในยานยนต์โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อด้านน้ำหนักรวม ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดทางด้านพิภักกำลังงาน ทำให้ใช้เวลานานในการชาร์จแบตเตอรี่ ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวมาข้างต้น ทำให้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบอินทิเกรทเต็ด (Integrated charger) เป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า โดยการตัดแปลงวงจรภาคกำลังของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์หรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่มีในยานยนต์นั้นๆ อยู่แล้วให้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ที่พิภักกำลังไฟฟ้าสูงๆ ได้ เนื่องจากใช้อุปกรณ์ภาคกำลังชุดเดียวกันกับอินเวอร์เตอร์ซึ่งมีพิภักกำลังงานที่สูง ทำให้สามารถประหยัดต้นทุนอุปกรณ์การผลิต ไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์และไม่เพิ่มน้ำหนักรวมของยานยนต์

จุดเด่นของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบอินทิเกรทเต็ด สามารถปรับเปลี่ยนการควบคุมให้เป็นวงจรแปลงผันพลังงานซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับระดับแรงดันของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ ได้แก่ การควบคุมวงจรแบบบับ แบบบรูส แบบบับ-บรูส และแบบคาสเคดบับ-บรูส ซึ่งการควบคุมการทำงานในแต่ละแบบสามารถชาร์จแบตเตอรี่และควบคุมค่ากระแสทางด้านระบบไฟฟ้ากระแสสลับให้มีลักษณะใกล้เคียงสัญญาณชายน์ทำให้วงจรที่นำเสนอนี้มีประสิทธิภาพสูงและมีค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียง (ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2562)

10.3 แบตเตอรี่ ยานยนต์ไฟฟ้า

10.2.3.1 Battery ทำหน้าที่ ป้อนกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องยนต์เพื่อให้ทำงานได้ เช่น มอเตอร์สตาร์ท ระบบจุดระเบิด ในขณะที่สตาร์ทรถยนต์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้อนพลังงานให้กับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกหลายๆอย่าง ด้วย เช่น ระบบไฟส่องสว่าง วิทยุ เป็นต้น

1) แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซ ไฮโดรเจน ที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดจะมีน้ำหนักมาก รูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่ รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้พลังงานไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000 วัตต์ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100 แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริกซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโทรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี

2) แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน จุดเด่นของ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนคือความจุพลังงานและกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลและกรดตะกั่ว นอกจากนี้ ยังมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูง มีอัตราการสูญเสียประจุระหว่างไม่ใช้งาน (Self-discharge rate) ที่ต่ำ ไม่มีปรากฏการณ์ ความจำและมีความปลอดภัยสูงกว่า แบตเตอรี่ที่ใช้โลหะลิเทียมเป็นขั้ว

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ที่ใช้ในปัจจุบันมี 6 ประเภทหลัก โดยทั่วไปจะแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วบวก ส่วน ขั้วลบทำจากแกรไฟต์เป็นหลัก แต่จะมีประเภท LTO (Lithium Titanate) ที่แตกต่างออกไปคือมีขั้วลบเป็น ลิเทียมไททาเนต ทั้งนี้ เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานที่แตกต่างกันไปด้วย (ที่มา: กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560)

ตารางที่ 10.1 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ และการใช้งาน

ประเภทที่	วัสดุขั้วบวก	วัสดุขั้วลบ	การใช้งาน
1	Lithium Cobalt Oxide (LiCoO ₂ , LCO)	แกรไฟต์	โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต แล็ปท็อป กล้องดิจิทัล
2	Lithium Manganese Oxide (LiMn ₂ O ₄ , LMO)	แกรไฟต์	เครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า
3	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (Li(Ni,Mn,Co)O ₂ , NMC, NCM)	แกรไฟต์	จักรยานไฟฟ้า อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (มักใช้ในรถไฮบริด) ระบบสำรองไฟฟ้า
4	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (Li(Ni,Co,Al)O ₂ , NCA)	แกรไฟต์	อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (เช่นที่พบใน Tesla Model S) ระบบสำรองไฟฟ้า
5	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄ , LFP)	แกรไฟต์	ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า หรือ แทนแบตเตอรี่กรดตะกั่วใน รถยนต์ (Start-

			Lighting-Ignition battery) ระบบที่ ต้องการกระแส และความทนทานสูง
--	--	--	--

(ที่มา: กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560)

ตารางที่ 10.2 เปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท

วัสดุขั้วบวก	หน่วย	LCO หรือ NCA	NMC	LMO		LFP
วัสดุขั้วลบ		แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	วัสดุขั้วลบ
ออกแบบโดย เน้น		ความจุ พลังงาน	ความจุ พลังงานหรือ กำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	จำนวน รอบใน การใช้ งาน	ออกแบบโดย เน้น
ช่วงแรงดันใน การใช้งาน (Operating voltage range)	V	2.5-4.2	2.5-4.2	2.5-4.2	1.5-2.8	ช่วงแรงดัน ในการใช้งาน (Operating voltage range)
แรงดันเฉลี่ย (Nominal cell voltage)	V	3.6-3.7	3.6-3.7	3.7-3.8	2.3	แรงดันเฉลี่ย (Nominal cell voltage)
ความจุพลังงาน ต่อน้ำหนัก	Wh/kg	175-240 (cylindrical) 130-450 (pouch)	100-240	100-150	70	ความจุพลังงาน ต่อน้ำหนัก

ตารางที่ 10.2 เปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท (ต่อ)

วัสดุขั้วบวก	หน่วย	LCO หรือ NCA	NMC	LMO		LFP
วัสดุขั้วลบ		แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	แกรไฟต์
ออกแบบโดยเน้น		ความจุพลังงาน	ความจุพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	จำนวนรอบในการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า
ความจุพลังงานต่อปริมาตร	Wh/L	400-640 (cylindrical) 250-450 (pouch)	250-640	250-350	120	ความจุพลังงานต่อปริมาตร
อัตราการคายประจุอย่างต่อเนื่อง (Continuous discharge rate)	C ²	2-3	2-3 สำหรับแบตเตอรี่ความจุพลังงานสูง >30 สำหรับแบตเตอรี่กำลังไฟฟ้าสูง	>30	10	อัตราการคายประจุอย่างต่อเนื่อง (Continuous discharge rate)
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถอัดประจุได้	°C	0-45	0-45	0-45	-20-45	0-45

ตารางที่ 10.2 เปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท (ต่อ)

วัสดุขั้วบวก	หน่วย	LCO หรือ NCA	NMC	LMO		LFP
วัสดุขั้วลบ		แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	แกรไฟต์
ออกแบบโดยเน้น		ความจุพลังงาน	ความจุพลังงานหรือกำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	จำนวนรอบในการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า
อายุการใช้งาน	รอบ	500+	500+	500+	4000+	1000+
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถคายประจุได้	°C	-20-60	-20-60	-30-60	-30-60	-30-60
ความปลอดภัย	1-4 (4 = ปลอดภัยที่สุด)	2	3	3	4	4
อายุการใช้งาน	รอบ	500+	500+	500+	4000+	1000+
ราคา	1-4 (4 = ราคา ต่ำที่สุด)	3 (LCO) 2 (NCA)	3	3	1	3

(ที่มา: กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560)

10.2.3. BMS ย่อมาจาก Battery Management System คือ ระบบจัดการแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการ Maintain balance cell battery เพื่ออัดไฟให้เต็มมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ เมื่อนำแบตเตอรี่หลายๆ ก้อนมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการแบบในรูป (ที่มา: Thiti Yamsung, 2562) Battery Management System (BMS) ในแบตเตอรี่ คือ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ใดๆ ที่ใช้ในการจัดการแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ (แบตเตอรี่แบบแพ็ก) ซึ่งมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับจำนวนอนุกรมแบตเตอรี่ที่จะใช้งาน คล้ายกับวงจรป้องกันแบตเตอรี่ PCB Protected แบบเซลล์ วงจร BMS หมายถึงการต่อแบตเตอรี่หลายก้อน แบตเตอรี่แบบแพ็ก ซึ่งจะมีฟังก์ชันการทำงานที่มากกว่าวงจรป้องกัน PCB Protected อย่างวงจรป้องกัน PCB Protected จะทำหน้าที่สำคัญๆ 3 อย่าง ได้แก่ คอยป้องกันการใช้งานที่กระแสวิก (Over Current Protection) ป้องกันแรงดันการชาร์จไฟเกิน (Over Charge Voltage Protection) และป้องกันการใช้ไฟในระดับโวลต์ที่ต่ำกว่ากำหนด (Under Discharge Voltage Protection) แต่วงจร BMS อาจจะมีเพิ่มขึ้นจาก 3 ฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น เพิ่มฟังก์ชัน Over-Temperature, Under-Temperature, Short Circuit Protection, Ground fault or leakage current detection และอื่นๆ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต หรือบางรุ่นจะมีวงจร Balancing ในวงจร BMS ซึ่งจะทำหน้าที่คอยควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ไหลเข้า (Charge) หรือไหลออกจากแบตเตอรี่ (Discharge) ให้แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละก้อนเท่ากันอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้มีก้อนหนึ่งก้อนใดถูกใช้งานหนักกว่าก้อนที่เหลือ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนและเสื่อมสภาพเร็ว ดังนั้น แบตเตอรี่แบบแพ็กทุกลูกจึงควรใส่วงจร BMS ไว้ด้วย เพราะมิเช่นนั้น อาจเกิดความเสียหายมากกว่าเดิม (ที่มา: Thiti Yamsung, 2562)

10.2.4 แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง - AC to DC Converter

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญในชีวิตประจำวันของเรา โดยไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไปตามบ้านเรือนเมืองไทยจะอยู่ที่ระดับแรงดันกระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต แต่ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากจะต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับวงจรและสารกึ่งตัวนำให้สามารถทำงานตามหน้าที่ของตัวมันเองได้ดังนั้นจึงต้องมีวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) (ที่มา: Ake Remake, 2560)

10.2.5 มอเตอร์ (AC/DC)

10.2.5.1 มอเตอร์ AC

มอเตอร์ AC หรือมอเตอร์กระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากราคาไม่สูง บำรุงรักษาน้อย และไม่จำเป็นต้องมีชุดขับเคลื่อนเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำประกอบด้วยขดลวดชุดที่อยู่กับที่ (Stator) และตัวนำอยู่ที่โรเตอร์ สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์จะเหนี่ยวนำให้กระแสไหลและเกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวนำทั้งสองชุดดึงดูดกัน ทำให้เกิดการหมุน ด้วยข้อได้เปรียบในเรื่องการบำรุงรักษาที่ง่าย และเทคโนโลยีการควบคุมความเร็วรอบที่ดีขึ้น ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง

10.2.5.2 มอเตอร์ DC

มอเตอร์ DC หรือมอเตอร์กระแสตรง ใช้หลักการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าทั้งขดลวดที่อยู่กับที่และที่เคลื่อนที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าผลัดกันขึ้นทำให้มอเตอร์หมุน สามารถควบคุมความเร็วรอบได้อย่างแม่นยำ จึงใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำในการควบคุมความเร็วรอบ โดยเฉพาะเครื่องจักรขนาดใหญ่

10.2.5.3 หลักการทำงาน

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มอเตอร์มีหลายขนาด หรือพิคัด ตั้งแต่ขนาดไม่กี่สิวัตต์จนถึงหลายเมกะวัตต์ ขนาดของมอเตอร์จะพิจารณาที่กำลังงานทางกลที่มอเตอร์ตัวนั้นออกแบบมาให้ทำงานได้สูงสุด เช่น มอเตอร์ขนาด 45 กิโลวัตต์จะออกแบบมาให้จ่ายกำลังงานทางกลได้สูงสุด 45 กิโลวัตต์ มิได้หมายความว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากินไฟ 45 กิโลวัตต์ กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จะขึ้นอยู่กับภาระทางกลของมอเตอร์นั้น ถ้าภาระทางกลมากจะใช้พลังงานไฟฟ้าสูงและต่ำลงเมื่อภาระทางกลลดลง พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จะขึ้นกับกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) ที่มอเตอร์ใช้และเวลาที่ทำงานถ้ากำลังไฟฟ้าสูงก็ใช้พลังงานมากหรือชั่วโมงการทำงานสูงก็ใช้พลังงานมากเช่นกัน

10.2.6 Motor and Motor Controller (มอเตอร์และกล่องควบคุมมอเตอร์)

มอเตอร์ไฟฟ้าคืออุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ซึ่งจะใช้กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเพื่อสร้างแรงบิดสำหรับหมุนโรเตอร์เพื่อให้เกิดการทำงานเชิงกลขึ้น มอเตอร์จะถูกควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ เช่น การควบคุมเชิงตรรกะชนิด Solid-State หรือเครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) เพื่อควบคุมและจัดการแรงบิด ความเร็ว งานหรือพลังงานที่ส่งออกมา ขึ้นอยู่กับการใช้งานของมอเตอร์ ตัวควบคุมมอเตอร์อาจมีคุณสมบัติมากมายในการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งอาจรวมถึงแต่ไม่จำกัดเฉพาะการเริ่มทำงาน การหยุดทำงาน การป้องกันกระแสเกิน การป้องกันโหลดเกิน การหมุนกลับ การเปลี่ยนความเร็ว การปรับตำแหน่ง การหมุนกลับเฉียบพลัน หรือแม้แต่การควบคุมลำดับ โดยตัวควบคุมมอเตอร์นั้นมีตั้งแต่ชนิดพื้นฐานจนถึงซับซ้อน และสามารถควบคุมมอเตอร์เพียงตัวเดียวหรือเป็นกลุ่มก็ได้

10.2.6.1 มอเตอร์

มอเตอร์ที่นิยมสร้างรถไฟฟ้ามอเตอร์ 2 แบบหลักๆ คือ มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน และไม่มีแปรงถ่าน

1) DC Motor มีแปรงถ่าน มอเตอร์ลักษณะนี้ทุกคนรู้จักกันดีอยู่แล้ว กล่าวคือเป็นมอเตอร์ที่หมุนได้โดยใช้ขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก มาลัดกับแม่เหล็กถาวรภายในตัวมอเตอร์เอง โดยการจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายผ่าน "แปรงถ่าน" มายังคอมมิวเตเตอร์ซึ่งเป็นหน้าสัมผัส นำไฟฟ้าไปสู่ขดลวดอาร์มาเจอร์ ซึ่งพันอยู่บนแกนเพลลาของมอเตอร์เป็นช่อง Slot

2) Hub Motor หรือ Brushless DC Motor" ซึ่งจะไม่มีการแปรงถ่าน มอเตอร์แบบนี้ราคาจะสูงกว่าแบบมีแปรงถ่าน และวงจรควบคุมจะมีการทำงานที่ซับซ้อนกว่ามาก (มีขดลวด 3 ชุดแต่จะมีหลาย

ขาดและมีการบ่อนกลับของสัญญาณจาก hall sensor วางห่างกันตัวละ 120 องศา หรือวางใกล้ๆ กันแล้วแต่ผู้ออกแบบ ซึ่ง hall sensor นี้จะวางใกล้ๆ กับขบลัดติดกับแม่เหล็กในตัวมอเตอร์เอง ซึ่งรวมๆ แล้วจะมีสายไฟออกจากมอเตอร์ทั้งหมด 8 เส้น) และมอเตอร์แบบนี้ยังมีแบบที่มีเกียร์ (BLDC Hub Motor แบบ Planetary Gear) ข้อดีคือ เวลาปั่นจะไม่หนักแรงเหมือน HubMotor แบบธรรมดา แต่ยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากอุปกรณ์ภายในซับซ้อน ซ่อมยาก อีกทั้งระบบเกียร์มักมีปัญหาไม่ทนทาน เนื่องจากไม่ใช่โลหะ (ที่มา: บริษัท โกลบอลโทรนิค อินเทอร์เน็ต จำกัด, 2561)

10.2 มาตรฐานการอัดประจุของยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้า พุดง่ายๆ ก็คือยานยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนแทนการใช้น้ำมัน เมื่อมองในแง่การใช้พลังงานไฟฟ้า ยานยนต์ไฟฟ้าก็คือเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างหนึ่ง

10.2.1 การเติมพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 แบบด้วยกัน

แบบที่ 1 เป็นการต่อกับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสายไฟ ซึ่งเป็นที่คุ้นเคยกันทั่วไปในเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งที่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่เคลื่อนที่ เช่น พัดลม และเคลื่อนที่ได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะขอกล่าวรายละเอียดต่อไปในเรื่องระบบประจุไฟฟ้า

แบบที่ 2 เป็นแบบสลับหรือถอดเปลี่ยนได้เมื่อแบตเตอรี่อันเต็มหมด ซึ่งเป็นที่คุ้นเคยดีสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ (วิทยุ กล้อง โทรศัพท์มือถือ)

แบบที่ 3 เป็นการชาร์จแบบไร้สาย ซึ่งใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ ตัวอย่างเช่น ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่เริ่มใช้มาได้ 3-4 ปีแล้ว และกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ยานยนต์ไฟฟ้าเปรียบเสมือนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ แต่ใช้งานมาก การเติมพลังงานแบบสลับแบตเตอรี่ จึงไม่เป็นที่นิยมในยานยนต์ทั่วไป แต่ปัจจุบันเริ่มใช้ในยานยนต์ขนาดเล็ก สำหรับการชาร์จประจุแบบไร้สายนั้นถึงจะสะดวกสบายแต่ยังไม่สามารถให้พลังงานได้มากพอ ยังต้องพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติมอีกหลายปีสรุปคือ ยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันยังคงต้องอยู่กับระบบประจุไฟฟ้าแบบสายตัวนำ เหมือนกับรถยนต์ที่เติมน้ำมันผ่านหัวจ่ายที่ปั้มน้ำมัน ดังนั้น ประเด็นสำคัญก็คือต้องทำให้ยานยนต์ทุกคันสามารถเติมไฟฟ้าได้จากทุกตู้จ่าย นั่นคือ ต้องกำหนดให้ชัดว่าจะต้องใช้เต้าเสียบอย่างไร ซึ่งเป็นมาตรฐานแรกที่เราเริ่มทำโดยพิจารณาจาก IEC 62196 ปัจจุบันนี้ก็คือ มอก.2749 ซึ่งประกาศไปแล้วว่าประเทศไทยจะใช้เต้าเสียบเต้ารับในการชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับยานยนต์เป็นไฟฟ้าแบบไหน

10.3.2 มาตรฐานระบบชาร์จ

เมื่อมีการชาร์จก็จะต้องมีมาตรฐานเกี่ยวกับระบบการชาร์จซึ่งในมาตรฐาน IEC 61851 ทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ได้ผลักดันและได้เป็น มอก.61851 นั้นจะแบ่งโหมดการชาร์จออกเป็น 4 โหมดตามพลังงานที่จ่ายได้ และความปลอดภัยในการชาร์จประจุ

โหมดที่ 1 คือการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากบ้าน เข้าตัวรถผ่านสายไฟฟ้าโดยตรง มีกำลังไฟน้อย ซึ่งไม่ปลอดภัยเพราะไม่มีระบบป้องกันไฟรั่ว จึงไม่ผ่านมาตรฐาน มอก. และประกาศห้ามใช้ในประเทศไทย

โหมดที่ 2 จะคล้ายกันกับโหมดที่ 1 แต่จะมีวงจรตัดไฟและเบรกเกอร์ในตัวกันไฟฟ้าลัดวงจร แต่จะไม่แนะนำให้ใช้ประจำ บริษัทยานยนต์ไฟฟ้าควรถามมากับรถคล้ายกับยางอะไหล่มากกว่าเพราะชาร์จได้ช้า

โหมดที่ 3 จะเป็นตัวชาร์จสามารถติดตั้งที่บ้านได้ มีสายสัญญาณสื่อสารระหว่างตัวชาร์จกับรถมีอุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วและชุดควบคุมอยู่ในตู้ที่ติดตั้งแต่ตัวแปลงไฟฟ้าจะอยู่ในรถทำให้รถมีราคาแพง

โหมดที่ 4 คือการชาร์จไฟฟ้ากระแสตรงต่างจาก 3 โหมดแรก โดยตัวชาร์จจะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแล้วต่อเข้ากับแบตเตอรี่ในรถยนต์ มีสายสัญญาณสื่อสารระหว่างตัวกับตัวรถและมีอุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว (ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2561)

10.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความคิดเห็นเป็นการแสดงออกที่เกิดจากความรู้สึกภายในต่าง ๆ ซึ่งความรู้สึกภายในนั้น อาจเป็นเพียงเจตคติหรือความเชื่อหรือความนิยมที่ได้แสดงออกมาโดยการพูดหรือการเขียน ซึ่งในการแสดงออกนี้จะต้องอาศัยพื้นความรู้ ประสบการณ์ และพฤติกรรมของแต่ละบุคคล ก่อนที่จะมีการตัดสินใจแสดงออกมา ซึ่งแต่ละคนอาจจะมีคนเห็นเหมือนกันหรือต่างกันได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทบทวนเอกสารแนวคิดเกี่ยวกับความคิดเห็น ทั้งจากนักวิชาการไทยและต่างประเทศ ได้ให้แนวความคิดไว้ดังนี้

กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2560) เรื่องแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า.แบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในรถยนต์มีทั้งสิ้น 3 ประเภท คือ แบตเตอรี่ตะกั่ว แบตเตอรี่นิกเกิล และแบตเตอรี่ลิเทียม โดยแบตเตอรี่ลิเทียมมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้ามากที่สุดเนื่องจากคุณสมบัติด้านความหนาแน่นพลังงานที่สูง ซึ่งแบตเตอรี่ลิเทียมมีขนาดและน้ำหนักน้อยกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว และแบตเตอรี่นิกเกิล ที่มีความจุเท่ากัน

Thiti Yamsung (2562) เรื่อง BMS (Battery Management System) คืออะไร ได้กล่าวว่าBMS จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า หรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อทำให้ดินของแบตเตอรี่แต่ละก้อนเท่าๆ กันอยู่เสมอ (เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เท่ากัน หมายความว่าปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่จะเท่ากันด้วย)

เอกชัย รัตนเสถียร (2554) เรื่องจักรยานไฟฟ้า เพื่อศึกษาและใช้งาน ได้กล่าวว่า การผลิตรถจักรยานไฟฟ้าขึ้นมาสักคัน ต้องกำหนดโจทย์ให้ชัด ความเร็วระดับไหน วิ่งได้ไกลเท่าไร งบประมาณมากน้อยแค่ไหน ทำให้เราสามารถกำหนดสเปกมันได้ถูกต้อง ถ้าจะให้วิ่งเร็วก็ต้องใช้มอเตอร์กำลังวัตต์สูง แต่ก็สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นเช่นกัน หรือหากต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดความจุมาก ก็ต้องยอมรับกับน้ำหนัก มันเป็นเรื่องทฤษฎีและปฏิบัติประสานกัน มองไม่เห็น บางที่ต้องทดลองเพื่อให้ลงตัว

กองพล อาริรักษ์ (2556) เรื่องการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ่นสำหรับรถไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายเป็น แบตเตอรี่ในกรณีที่มีและในกรณีที่ไม่มีตัวควบคุมความเร็ว จะใช้คันเร่งเป็นอุปกรณ์ในการปรับความเร็วของรถไฟฟ้า แต่ในกรณีที่มีตัวควบคุม สามารถปรับตั้งความเร็วของรถไฟฟ้าได้จากชุดปรับตั้งความเร็ว ซึ่งตัวควบคุมที่นำมาใช้ในระบบ

ขับเคลื่อนรถไฟฟ้าคือ ตัวควบคุมพีไอเมื่อนำระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้าดังกล่าวไปทดสอบ พบว่าสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์

พลพร แสงบางปลา (2556) เรื่องมาตรฐานและคุณภาพ รถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน ศึกษาผลกระทบที่รถยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมโดยการปล่อยมลพิษทางอากาศ ฝุ่น คิวน์และเสียง ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน

สำเร็จ เต็มราม (2556) เรื่องการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านในยานกำลังไฟฟ้าได้กล่าวว่าการขับเคลื่อนในรถไฟฟ้าปัจจุบันได้ให้ความสนใจต่อการประยุกต์ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor) หรือ BLDC Motor กันมากขึ้นรวมไปถึงระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าในรถยนต์ที่ทำงานร่วมกับเครื่องยนต์แบบสันดาปด้วยเช่นกัน การออกแบบวิธีการขับเคลื่อนBLDC Motor ต้องอาศัยเทคนิคการควบคุมกระบวนการไหลของกระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุมการหมุน (Electronic Commutation) ของมอเตอร์ ซึ่งเป็นการควบคุมการสร้างสนามแม่เหล็กหมุนในขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งในส่วนหมุน (Rotor) โดยการตรวจจับตำแหน่งในขดลวด Rotor

11. วิธีดำเนินโครงการ

11.1 เครื่องมือ

- คอมพิวเตอร์ในการเขียนแบบ
- ชุดประแจ
- ชุดประแจแอลหกเหลี่ยม
- ชุดประแจเลื่อน
- ไช้ขวง
- ค้อน
- ไฟเบอร์ตัดเหล็ก
- เครื่องเจียร
- ใบตัดเหล็ก
- ใบหินเจียร
- ตู้อัดไฟฟ้า

11.2 วัสดุอุปกรณ์

- เหล็กกลม 4 เส้น
- เหล็กกล่อง 4 เส้น
- เหล็กแผ่น 1 แผ่น
- บูท 4 ชุด
- สีสเปรย์
- โพรทอมอเตอร์ไซค์
- สเตอริชขนาด 17 และ 28 ฟัน
 - พวงมาลัย
 - แร็กพวงมาลัย
 - โช๊ค 2 คู่
 - มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- แบตเตอรี่ประเภทลิเทียม

ฟอสเฟตขนาด 36 โวลต์ 24 แอมป์

- เครื่องประจุแบตเตอรี่
- กล่องคอนโทรล
- เบรกเกอร์ 30 แอมป์ 2 ตัว
- โวลต์มิเตอร์ดิจิตอล
- สายไฟ

- คีมจับสายไฟ

- คีมตัดสายไฟ
- คีมล๊อค
- คัตเตอร์
- ตลับเมตร
- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

- ลวดเชื่อม

- หน้ากากเชื่อม

- ถุงมือ

- ปลอกแขน

- ปลั๊กไฟ

- ล้อรถบักกี้ขอบ 10 นิ้ว

- แบร็งหมอนบล๊อค 2 ตัว

- ปุ่มดิ่ง 1 ตัว

- จานเบรก

- ชุดเพลาท้ายโกคาร์ท

- ชุดปีกนกโกคาร์ท

- ชุดระบบเลี้ยวโกคาร์ท

- ชุดดิสก์เบรกหน้าโกคาร์ท

- คันเบรก

- คันเร่งเท้าแบบเหยียบ

- ปุ่มกระทุ้ง 3 ทาง

- สายน้ำมันเบรก

- น้ำมันเบรก

- ไม้อัด

- 11.2 ขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการงาน
 - 11.2.1 ศึกษาข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
 - 11.2.2 ออกแบบโครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
 - 11.2.3 ออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์
 - 11.2.4 ออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อการควบคุมการทำงานของระบบ
 - 11.2.5 ออกแบบชุดส่งถ่ายกำลังและความเร็วของยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการใช้งาน
 - 11.2.6 ดำเนินการสร้างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
 - 11.2.7 ทดสอบการทำงานของระบบ
 - 11.2.8 ประเมินสมรรถนะความเร็วสูงสุด ระยะทางสูงสุดระยะเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่และค่าใช้จ่ายในการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า
 - 11.2.9 จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
- 11.3 การทดสอบการทำงานของระบบ
 - 11.3.1 การทดสอบความเร็ว
 - ทดสอบโดยการวิ่งบนพื้นที่ราบเรียบด้วยอัตราเร่งที่สูงที่สุด โดยรับน้ำหนัก 1 คน และ 2 คน
 - 11.3.2 การทดสอบระยะทางสูงสุดต่อการชาร์จ 1 ครั้ง
 - ทดสอบโดยการใช้ แอปพลิเคชันวัดระยะทาง โดยใช้ความเร็วสูงสุดอย่างต่อเนื่อง เมื่อ ใช้งานต่อเนื่องจนแบตเตอรี่หมด ต่อการชาร์จเต็ม 1 ครั้ง โดยรับน้ำหนัก 1 คน และ 2 คน
 - 11.3.3 การคำนวณการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่าย
 - ทดสอบโดยการคำนวณ หาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (ไฟบ้าน) ว่าใช้ไปกี่หน่วยต่อการชาร์จ 1 ครั้ง แล้วนำมาคิดค่าใช้จ่ายในการสิ้นเปลือง
- 11.4 การประเมินสมรรถนะยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ
 - 11.4.1 ประเมินความเร็วสูงสุด
 - สร้างตารางประเมินความเร็วสูงสุดของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ จากนั้นเก็บข้อมูล โดยการวิ่งด้วยอัตราเร่งสูงสุดบนพื้นที่ราบเรียบในระยะทาง 100 เมตร เก็บข้อมูล 3 ครั้ง ทดลองการรับน้ำหนัก 1 คน และ 2 คน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วสรุปผล ดังตาราง

ตารางที่ 11.1 ตารางประเมินความเร็วสูงสุดในระยะทาง 100 เมตร ของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

รับน้ำหนัก 1 คน		รับน้ำหนัก 2 คน	
จำนวนครั้งการทดสอบ	ความเร็ว	จำนวนครั้งการทดสอบ	ความเร็ว
1		1	
2		2	
3		3	
ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	

11.4.2 ประเมินระยะทางสูงสุดต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

สร้างตารางประเมินระยะทางสูงสุดต่อการชาร์จ 1 ครั้งของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ จากนั้นเก็บข้อมูลโดยการวิ่งบนพื้นที่ราบเรียบในอัตราเร่งสูงสุดอย่างต่อเนื่องจนแบตเตอรี่หมด แล้วหาค่าเฉลี่ย ทดลองการรับน้ำหนัก 1 คนและ 2 คน ทดสอบโดยใช้แอปพลิเคชันวัดระยะทางดังตาราง

ตารางที่ 11.2 การประเมินระยะทางสูงสุดต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

รับน้ำหนัก 1 คน		รับน้ำหนัก 2 คน	
จำนวนครั้งการทดสอบ	ระยะทาง	จำนวนครั้งการทดสอบ	ระยะทาง
1		1	
2		2	
ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	

11.4.3 ประเมินการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่าย

แบตเตอรี่ที่เลือกใช้คือ แบตเตอรี่ ลิเทียมไอออนฟอสเฟต ขนาด 36 โวลต์ 24 แอมป์
นำไปคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าจากสูตร $P=VI$ แล้วนำกำลังไฟฟ้าที่ได้ไปคำนวณหาหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อการแบตเตอรี่เต็ม 1 ครั้ง จะได้ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน แล้วนำอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ไปคำนวณหาค่าใช้จ่าย

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินการ 26 พฤศจิกายน 2562 สิ้นสุด 1 ตุลาคม 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 13.1 แผนการดำเนินงาน

แผนงาน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ
ศึกษาข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	เพื่อศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ของยานยนต์ไฟฟ้า	ค้นคว้าหาข้อมูล	2 สัปดาห์	- สืบค้นเอกสารงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
ออกแบบโครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	เพื่อลดข้อผิดพลาดในการสร้างยานยนต์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด	ออกแบบผ่านโปรแกรม Solidwork	2 สัปดาห์	- คิดค้นและหาแนวทางในการสร้าง - ออกแบบโครงสร้าง
ออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์	เพื่อความเหมาะสมของโครงสร้างและอุปกรณ์	แกะแบบอุปกรณ์และนำไป Assembly	2 สัปดาห์	- เลือกใช้อุปกรณ์และชิ้นส่วน - ออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ - Assembly
ออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อการควบคุมการทำงานของระบบ	เพื่อความปลอดภัยและลดความเสียหายของอุปกรณ์	ออกแบบวงจรไฟฟ้า	1 สัปดาห์	- ออกแบบวงจร

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

แผนงาน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ
ออกแบบชุดส่งถ่ายกำลังและความเร็วของยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการใช้งาน	เพื่อทดสอบความเร็วให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและเลือกมอเตอร์	คำนวณทดสอบความเร็วและหาขนาดมอเตอร์	1 สัปดาห์	ออกแบบชุดส่งถ่ายกำลัง
ดำเนินการสร้างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	เพื่อสร้างยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบให้แล้วเสร็จ	เชื่อมต่อโครงสร้างและประกอบชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบไว้	6 สัปดาห์	- ตัดเชื่อมเหล็ก - ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ - ต่อวงจรไฟฟ้า - ประกอบชุดส่งถ่ายกำลัง
ทดสอบการทำงานของระบบ	เพื่อหาข้อผิดพลาดของระบบ	ปฏิบัติการทดลองและวิเคราะห์	2 สัปดาห์	- ทดสอบระบบต่างๆ ของยานยนต์ไฟฟ้า
ประเมินสมรรถนะความเร็วสูงสุด ระยะทางสูงสุดและค่าใช้จ่ายในการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	เพื่อประเมินสมรรถนะยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้พัฒนาขึ้นในด้าน ความเร็วสูงสุด ระยะทางสูงสุดและค่าใช้จ่ายในการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	ปฏิบัติการทดลองและวิเคราะห์	2 สัปดาห์	- ทดสอบความเร็วสูงสุด ระยะทางสูงสุดและค่าใช้จ่ายการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า

จัดทำรายงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์	เพื่อจัดทำรายงานโครงการ พิเศษ	เรียบเรียง เอกสาร รายงานบทที่ 1-5	12 สัปดาห์	- จัดทำเอกสาร - เรียบเรียง
---------------------------------	----------------------------------	--	------------	-------------------------------

14. งบประมาณ

ตารางที่ 14.1 การประมาณราคาวัสดุ

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม (บาท)
1	โซ่รถ	2	250	500
2	สเตอร์รถเบอร์ 19	1	150	150
3	สเตอร์รถเบอร์ 28	1	170	170
4	ชุดล้อรถ	1	6,000	6,000
5	ชุดช่วงหน้า	1	6,500	6,500
6	คันเร่งเท้า	1	390	390
7	บู๊ท	4	45	180
8	ท่อเหล็กกลม	4	244	976
9	เหล็กกล่อง	3	318	954
10	เหล็กแผ่นลาย	1	1,250	1,250
11	ใบตัดเหล็กแบบอ่อน	4	15	60
12	ใบตัดเหล็กแบบแข็ง	3	45	135
13	นอตหัวเหลี่ยม	13	10	130
14	ตัวดันโซ่	1	279	279

ตารางที่ 14.1 การประมาณราคาวัสดุ (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม (บาท)
15	แบตเตอรี่ลิเทียม	1	6,480	6,480
16	มอเตอร์ปั๊ม 750 W	1	3,790	3,790
17	แผงสวิตช์ควบคุม	1	318	318
18	สายไฟฟ้า	4	120	480
19	สีสเปรย์	5	60	300
20	หุ่ปีนโตล็อก	1	107	107
รวม				29,149

15. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มอเตอร์กระแสสลับและมอเตอร์กระแสตรง.

กรุงเทพฯ, 2561.

กลุ่มวิจัยเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า.

กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2560.

กฤตพล วิภาวิกุล. (2561). การปรับตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ญี่ปุ่นเนื่องจากการเปลี่ยนผ่านสู่ยานยนต์ไฟฟ้า :

กรณีศึกษาบริษัทเครือโตโยต้าในญี่ปุ่น. วารสารเครือข่ายนักศึกษา ฉบับพิเศษ, 8 (3), 235-239.

นิสสันไทยแลนด์. การชาร์จรถยนต์พลังงานไฟฟ้า. สมุทรปราการ. 2562.

นภัทร วัฒนเทพินทร์ และคณะ. (2559). การพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ

สำหรับการแข่งขัน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 10 (2), 54-56.

บริษัท โกลบอลโทรนิค อินเทอร์เน็ต จำกัด. การควบคุมมอเตอร์. กรุงเทพฯ, 2562

บริษัท สีขร จำกัด. โครงการศึกษาวิจัยถอดแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า. สมุทรปราการ, (2561).

พีรภพ จอมทอง. การศึกษาความพร้อมของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทยต่อการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า : กรณีผู้ผลิตชิ้นส่วนระบบช่วงล่าง. 26 (8). นครปฐม : มหาวิทยาลัยคริสเตียน, 2061

พลพร แสงบางปลา. มาตรฐานและคุณภาพ รถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน. กรุงเทพฯ :

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2556.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. มาตรฐานการอัดประจุของยานยนต์ไฟฟ้า.

ปทุมธานี, 2561.

ศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. Onboard Charger. ปทุมธานี. 2562.

สมเดช แสงสุรศักดิ์. (2561). ผู้เชี่ยวชาญวิจัย ห้องปฏิบัติการพัฒนามาตรฐานและทดสอบ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค-สวทช.). มาตรฐานระบบประจุยานยนต์ไฟฟ้า.

สัมภาษณ์. 7 มิถุนายน 2561.

สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน. ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า. กรุงเทพฯ, 2560.

เอกชัย รัตนะสิทธิ์. จักรยานไฟฟ้าเพื่อศึกษาและใช้งาน. ฉะเชิงเทรา, 2554.

Ake Remake. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง - AC to DC Converter. ระยอง, 2560.

RKBbattery. วงจร BMS (Battery Management System) ในแบตเตอรี่แพ็คคืออะไร.

กรุงเทพฯ, 2561.

Thiti Yamsung. BMS (Battery Management System) คืออะไร. กรุงเทพฯ, 2562.

1. ชื่อโครงการ เครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายขนาดเล็ก
Small Rice Harvesters Machine

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมการผลิต

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายธัญพิสิษฐ์ กองแก้ว รหัส 6041102106

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

โทรศัพท์ 096-7670802 E-mail Sb6041102106@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นายนครินทร์ วังคีรี รหัส 6041102107

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

ชื่อ-สกุล นายปฏิภาณ สมบัติมี รหัส 6041102124

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต หมู่เรียน วศ.6002

3.4 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

4.1 อาคารปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

4.2 นาข้าวของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเลย

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันเกษตรกรไทยได้ให้ความสนใจในการนำเครื่องจักรกลเกษตร หรือเครื่องทุ่นแรงมาใช้ในกระบวนการผลิตข้าวทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมากขึ้น ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการเคลื่อนย้ายของแรงงานภาคเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว โรงงานอุตสาหกรรมได้ขยายตัวออกไปตามภูมิภาคต่างๆ ทำให้เกษตรกรวัยหนุ่มสาวส่วนหนึ่งเปลี่ยนอาชีพจากภาคการเกษตรไปสู่ภาคอุตสาหกรรมซึ่งทำรายได้สูงกว่า จึงทำให้เกิดปัญหาการขาดแรงงานในภาคเกษตรดังกล่าว โดยเฉพาะในช่วงฤดูการ เก็บเกี่ยวจำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมาก และที่สำคัญการนำเครื่องจักรกลเกษตรมาใช้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นและลดความเสี่ยงทางการผลิตลงได้มาก ในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวนิยมใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวได้วันละประมาณ 20-40 ไร่ ทำให้ในปี 2538 มีเครื่องเกี่ยวนวดข้าวประมาณ 3,000 คัน อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวก็มีข้อจำกัดอยู่ไม่น้อย คือ ข้าวเปลือกที่ได้จากเครื่องเกี่ยวนวด

ข้าวส่วนใหญ่จะมีความชื้นสูงเพื่อป้องกันการร่วงหล่นของเมล็ดข้าวขณะทำการเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นเครื่องเกี่ยว
ขนาดที่นิยมใช้ในประเทศเกือบทั้งหมดมีราคาสูงเกินกว่า 1 ล้านบาท ซึ่งถือว่ามีความค่อนข้างแพงและมีระบบ
ขับเคลื่อนด้วยตัวเองเป็นแบบล้อตีนตะขาบ (Track Layer) ทำให้ความคล่องตัวในการทำงานมีน้อย ไม่สามารถปีน
ข้ามคันนาได้ (อติศักดิ์ ไสวอมร, 2559) ดังนั้น เมื่อทำงานในแปลงขนาดเล็กหรือพื้นที่ลาดชัน ทำให้เป็นการใช้
เครื่องเกี่ยวขนาดที่มีลักษณะไม่เหมาะสมกับพื้นที่เท่าที่ควร เพราะนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีลักษณะ
ลาดชัน และขนาดของนาไม่กว้างเหมือนนาในภาคกลาง จึงทำให้รถเกี่ยวข้าวขนาดใหญ่ทำงานค่อนข้างลำบาก

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้เห็นปัญหาในการเก็บเกี่ยวในปัจจุบันของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ตอนบน กรณีที่ใช้คนเกี่ยว คือ ค่าจ้างค่อนข้างแพงและขาดแคลนแรงงาน กรณีการใช้รถเกี่ยว คือ รถเกี่ยวมีขนาด
ใหญ่ทำให้ไปในพื้นที่นาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ค่อนข้างยากลำบาก เพราะขนาดแปลงนา
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีขนาดเล็ก และการจ้างรถเกี่ยวนั้นต้องใช้เวลาในการจองคิวทำให้เกษตรกรเสียเวลา
รอคอย และการใช้เครื่องเกี่ยวแบบใช้เครื่องตัดหญ้าสะพายข้าง คือ เมื่อเกี่ยวข้าวเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิด
การเมื่อยล้าและส่งผลให้การเกี่ยวข้าวช้าลง จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้จัดทำวิจัยจึงสนใจศึกษาเครื่องเกี่ยวข้าว
แบบวางรายขนาดเล็ก

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางราย
- 6.2 เพื่อหาประสิทธิภาพการทำเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายที่สร้างขึ้น

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

เครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายขนาดเล็กที่สร้างขึ้น สามารถเกี่ยวข้าวได้ไม่น้อยกว่า 1 ไร่ต่อ 1 ชั่วโมง

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 เครื่องเกี่ยวข้าวที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถใช้ทดแทนแรงงานคนได้ดี
- 8.2 เกษตรกรมีอุปกรณ์เกี่ยวข้าวที่มีราคาถูก มีประสิทธิภาพดีประหยัดต้นทุนและประหยัดเวลา
ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

9. ขอบเขตของโครงการ

- 9.1 ออกแบบโดยใช้เครื่องยนต์ 2 จังหวะ ขนาดลูกสูบ 43 ซีซี เป็นต้นกำลัง
- 9.2 ออกแบบโครงสร้างให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักไม่เกิน 60 กิโลกรัม
- 9.3 ออกแบบมาเพื่อใช้เกี่ยวข้าวในพื้นที่ที่สภาพดินแข็ง
- 9.4 ออกแบบมาเพื่อเกี่ยวข้าวตั้งกองเท่านั้น หรือข้าวไม่ล้ม

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 รถเกี่ยวข้าว

10.1.1 รถเกี่ยวขนาดข้าว

ประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาเครื่องจักรกลมาใช้ในการเก็บเกี่ยวข้าว ราวในปี พ.ศ. 2497-2506 โดยกองเกษตรวิศวกรรมซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งในสังกัดกรมการข้าว ในขณะนั้นได้มีการพยายามศึกษาสร้างเครื่องต้นแบบในการเก็บเกี่ยวข้าวขึ้นโดย ม.ร.ว. เทพฤทธิ์ เทวกุล แต่ไม่ประสบความสำเร็จในแง่การยอมรับของเกษตรกร เนื่องจากสถานการณ์และเงื่อนไขต่างๆยังไม่เอื้ออำนวยที่จะให้มีการใช้เครื่องจักรกลแบบนี้ จากนั้น มีการส่งเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวจากประเทศตะวันตกเข้ามา แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก อย่างไรก็ตาม ถือได้ว่าเป็นการเริ่มต้นของการนำเครื่องจักรกลเกษตรเข้ามาใช้ในกระบวนการเก็บเกี่ยว ปีพ.ศ. 2522 ได้มีการนำเข้าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวจากประเทศญี่ปุ่นและมีการนำเข้าจากประเทศอเมริกา ในปีพ.ศ. 2524 แต่พบว่าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวที่นำเข้านั้นไม่สามารถใช้งานในสภาพพื้นที่เพาะปลูกข้าวของไทย ทั้งสภาพแปลงนา ต้นข้าว และขนาดของแปลงนา นอกเหนือจากราคาเครื่องที่สูง (สาโรช อังสุมาลิน และคณะ, 2559)

10.1.2 เครื่องเกี่ยวข้าววางราย

เป็นเครื่องเกี่ยวข้าวที่มีลักษณะการเกี่ยวต้นข้าวด้วยใบมีด (Cutter bar) แล้วมีการลำเลียงต้นข้าวมาวางเรียงด้านข้างของเครื่องด้วยแขนลำเลียง ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 5 แรงม้า สามารถนำไปใช้งานกับพืชได้หลายชนิด เช่น งาม ปอเทือง และถั่วต่างๆ เป็นต้น ใช้งานได้ดีในลักษณะของพื้นที่แห้งหรือมีน้ำขังเพียงเล็กน้อย แต่ไม่สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นหล่มหรือมีน้ำขังมากกว่า 10 เซนติเมตรขึ้นไป ปัจจุบันมีผู้นำมาใช้ร่วมกับรถแทรกเตอร์โดยทำการติดตั้งชุดเกี่ยวทางด้านหน้าของรถแทรกเตอร์ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559)

ระบบส่งกำลัง

เพลลา เป็นชิ้นส่วนที่มีข้ออยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิดทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ตวัดและโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบ วิฎจักร ทำให้เกิดการล้าได้ เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้ เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่ หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่า เพลลา ไม่ว่า ชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลลาขนาดสั้น เช่น เพลลาที่ หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น สต๊ับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือ เครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่นๆ เพลลาแนว (Line Shaft) หรือเพลลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลลาเมน (Main shaft) เป็นเพลลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยัง

เครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะแจ๊คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลลาเมนหรือเครื่องจักรกล เพลลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

โซ่ฟันเฟือง (Chain Sprockets Gear) โซ่ชนิดนี้อาจเรียกได้ว่า Silent Chain ก็ได้ โซ่ฟันเฟืองประกอบด้วยแผ่นต่อหลายๆแผ่นเรียงซ้อนกันและยึดกันด้วยสลัก แผ่นต่อแต่ละแผ่นจะมีฟันสองฟัน ในขณะที่ส่งกำลังข้อต่อโซ่จะทำหน้าที่เป็นจุดหมุนของข้อโซ่ ทำให้โซ่แนบสนิทกับฟันบน เฟืองโซ่จึงมีการสึกหรอน้อย โซ่ฟัน ใช้ขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงกว่าลูกกลิ้ง ทำงานได้โดยเกือบจะไม่มีเสียงดัง แต่จะมีน้ำหนักมากกว่าโซ่ลูกกลิ้ง ราคาแพงกว่าและต้องการให้มีการบำรุงรักษาที่ดีกว่าโซ่ลูกกลิ้ง

โซ่ลูกกลิ้ง (Roller Chain) มีส่วนประกอบคือ สลัก (Bearing Pin), ปลอกสลัก (Bush), ลูกกลิ้ง (Roller), แผ่นประกบด้านใน (Inner Plate) และแผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate)

ส่วนประกอบ

ใบมีด ใบมีดรถเกี่ยวข้าวเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต้นข้าวและต้นพืช ในรถเกี่ยวข้าวใบมีดจะตัดต้นข้าว โดยที่ใบมีดจะขอเกี่ยวต้นข้าวเข้ามาหาใบมีด และใบมีดก็จะตัดต้นข้าวในชุดหัวเกี่ยวของรถเกี่ยวข้าว และใบมีดเกี่ยวข้าวจะสลับไปมาซ้ายขวาในระนาบเดียวกัน ในปัจจุบันได้มีการนำระบบไฮโดรสแตติก มาเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนหัวเกี่ยว เพื่อให้สามารถปรับความเร็วของชุดหัวเกี่ยวให้มีความสัมพันธ์กับลักษณะของต้นข้าวได้ทุกสภาพพื้นที่ (สุวิพงษ์ เหมะธูลิน, 2560)

แบริ่งหรือตลับลูกปืน ทำหน้าที่ลดความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ทำให้สามารถลดปริมาณพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการขับเคลื่อนของเครื่องจักรและเนื่องจากความเสียดทานที่ลดลง จึงจะช่วยเพิ่มสมรรถนะในการทำงานของเครื่องจักร ลดการสึกหรอ ปัจจุบันนิยมใช้ลูกปืนแบบตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก (Deep groove ball bearings)

10.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัชรชัย ภูมรินทร์ (2536) สมรรถนะที่ดีที่สุดของการตัดที่อัตราการตัดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.5-0.9 เมตรต่อวินาที ระยะห่างของคูฟันตัดเฉลี่ย 0.3 มิลลิเมตร ที่ ระดับความสูงการตัด 5-7 เซนติเมตร ในสภาพพื้นที่มีน้ำขังและต้นข้าวมีการลู่เอน เฉลี่ย 80 องศา ด้วยความเร็วเคลื่อนที่ป้อน 1.0-2.0 เมตรต่อวินาที จะให้ปริมาณต้นข้าวที่ตัดได้สูงสุด เฉลี่ย 1.02 ไร่ต่อชั่วโมง และพบว่าที่ความเร็วป้อนตัดเฉลี่ย 1.0-2.0 เมตรต่อวินาที ระยะห่างแนวกวาดลำเลียงถึงโคนใบตัด อยู่ระหว่าง 10-15 มิลลิเมตร และอัตราเร็วการลำเลียงเฉลี่ย 10-20 เมตรต่อวินาที จะเกิดการสูญเสียอันเนื่องจากการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยร้อยละ 0.8

เกรียงไกร ชูพินิจ และคณะ (2550) ได้สร้างเครื่องตัดหญ้าสำหรับเกษตรกร สวนมะนาวโดยมีวัตถุประสงค์ คือ สร้างเครื่องตัดหญ้าแบบฟันเลื่อยที่มีความสามารถในการตัดหญ้า 100 นาที ต่อ 1 ไร่ ได้คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องเปรียบเทียบการใช้ เวลา ค่าใช้จ่าย และ ความพึงพอใจ ของผู้ใช้ระหว่างเครื่องตัดหญ้าฟันเลื่อยที่สร้างขึ้น กับเครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุนเดินตามและแบบล้อเลื่อนบ่า คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและได้จัดทำเครื่องตัดหญ้าแบบฟันเลื่อย พร้อมทั้งได้จัดทำคู่มือการใช้งาน ซึ่ง เครื่องตัดหญ้าแบบฟันเลื่อยที่สร้างขึ้น มีอัตราเร็วเฉลี่ย 80 นาที ต่อ 1 ไร่ และมีอัตราการใช้น้ำมันเฉลี่ย 0.74 ลิตรต่อ 1 ไร่ ซึ่งเร็วและประหยัดที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุนเดินตามและแบบล้อเลื่อนบ่าเมื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรสวนมะนาว พบว่ามีความพึงพอใจต่อเครื่องตัดหญ้าแบบฟันเลื่อยมากที่สุด ในด้านของ น้ำหนัก ความทนทาน ความประหยัด ความเหมาะสมของราคา

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี และ สถาพร ว่างฉาย (2545) การติดตั้งและการบำรุงรักษาโซ่เป็นเรื่องสำคัญ เพราะจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ โรงงานที่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ จะทำให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษา มากกว่าการซ่อมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ ด้วยสาเหตุที่ค่าใช้จ่ายจะแตกต่างกันมาก และการที่เครื่องจักรต้องหยุดงานกะทันหันเพื่อเปลี่ยนโซ่ที่หมดอายุการใช้งาน ยิ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงเกินความจำเป็น ในบทความนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหาย ทั้งนี้ขั้นตอนการตั้งศูนย์ล้อฟันเฟือง ผู้ทำงานก็ต้องทำตามขั้นตอนที่ถูกต้อง โดยเพลลาที่จะส่งกำลังผ่านนั้นจะต้องติดตั้งให้ขนานกัน ตามที่มาตรฐานยอมรับได้ การหล่อลื่นโซ่ด้วยน้ำมันในจุดที่เกิดการเสียดสีกัน เป็นตัวช่วยให้การทำงานของโซ่เต็มประสิทธิภาพ และยืดอายุการใช้งานของโซ่ให้ยาวนาน การจัดวางตำแหน่งล้อฟันเฟืองทั้งล้อขับและล้อตาม จะต้องพิจารณาระยะการตกหย่อนของโซ่ เพราะอาการสั่น ที่เกิดจากการหย่อนจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้โซ่ได้รับความเสียหาย ดังนั้นก่อนที่จะปล่อยให้เกิด ความเสียหายผู้ใช้งาน ควรจะมีการสังเกตอาการเบื้องต้นของโซ่ เช่น เสียงที่ดังผิดปกติ การสั่นของโซ่ เกิดการป็นใต้บนล้อฟันเฟือง เป็นต้น โดยจุดที่ตรวจสอบบ่อยเสมอ เช่น ระบบการหล่อลื่นแผ่นข้อต่อโซ่ ข้อต่อลูกกลิ้งล้อฟันเฟือง ระยะการยึดตัวของโซ่ เป็นต้น บทความนี้จะแบ่งออกเป็นสองตอน โดยในตอนที่สองจะกล่าวถึงวิธีการบำรุงรักษาในส่วนของโซ่ลำเลียง การตัดต่อโซ่ลำเลียง การค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายการหล่อลื่น ตลอดจนข้อกำหนดต่างๆที่จะทำให้โซ่ทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ

วิชา หมั่นทำการ (2529) การศึกษามุ่งที่จะหาค่ากำลังสูงสุดของแกนเพลาล้อรถไถเดินตาม อัตราการกินน้ำมันของเครื่องยนต์และความคงทนของระบบส่งกำลังในขณะที่แกนเพลาล้อได้รับแรงบิดสูงสุด ตัวอย่างของการทดสอบเป็นรถไถนาเดินตามที่ผลิตจาก บริษัทสหยนต์ อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม การทดสอบกำลังสูงสุดของแกนเพลาล้อใช้ระบบเครื่องวัด ประกอบด้วย Strain gauge Torque pickup และ Dynamometer ผลการทดสอบปรากฏว่ากำลังสูงสุดของแกนเพลาล้อเท่ากับ 7.26 แรงม้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2200 รอบต่อนาที อัตราการกินน้ำมันจำเพาะที่สมนัยกันเท่ากับ 0.244 ลิตรต่อแรงม้าต่อชั่วโมง ความสูญเสียตอนไม่มีโหลดการเบรคน้อยกว่า 3.5% แกนเพลาล้อคดภายหลังจากถูกกระทำด้วยแรงบิดสูงสุด

อดิศักดิ์ ไสวอมร (2559) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำแนกความเสี่ยงในการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อเสนอแนวทางการบำรุงรักษาส่วนต่างๆ ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาศึกษเกษตรกรในจังหวัดอ่างทองและเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวผลิตโดยคนไทยจำนวน 30 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์จากนั้นทำการวิเคราะห์และประเมินค่าความเสี่ยงขึ้นำโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบจากการคำนวณระดับของความรุนแรงโอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับค่าความเสี่ยงขึ้นำที่มีค่ามากกว่า 100 จะถือว่าเป็นความเสี่ยงวิกฤต ตามด้วยการจัดกลุ่มความเสี่ยงเป็น 3 ระดับ คือ สูง กลาง และ ต่ำ ค่าความเสี่ยงแต่ละกลุ่มจะถูกวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบทำไม่รวมกับการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อหวนสอบความเหมาะสมของแนวทางการแก้ไขและป้องกันความเสี่ยงแต่ละประเภท

11. วิธีดำเนินโครงการงาน

11.1 เครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุ

- | | |
|---|--------------------------------|
| - เครื่องยนต์แก๊สโซลีน | - ใบมีดเกี่ยวข้าวแบบสามเหลี่ยม |
| - เฟลา | - แปรง |
| - โช้ลูกกลิ้ง | - ล้อรถจักรยาน |
| - ชุดโซ่ใบพา | - สเตออร์ |
| - เหล็กฉาก 40×40 มิลลิเมตร, เหล็กแผ่น ขนาด 25 มิลลิเมตร, เหล็กข้ออ้อย | |

ขนาด 27 มิลลิเมตร, เหล็กท่อกลม ขนาด 25 มิลลิเมตร, เหล็กกล่อง 50×50 มิลลิเมตร

11.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 11.2.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 11.2.2 วางแผนและเตรียมการออกแบบ
- 11.2.3 ออกแบบเขียนแบบเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายขนาดเล็ก
- 11.2.4 การดำเนินการสร้างเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายขนาดเล็ก
- 11.2.5 การดำเนินการทดสอบ
- 11.2.6 การดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายขนาดเล็ก

12. ระยะเวลา

- ตั้งแต่ วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2563

13. แผนการดำเนินงาน

แผนงาน	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ
ศึกษาค้นคว้าข้อมูลทั้งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	เพื่อศึกษาข้อมูลการสร้างเครื่องเกี่ยวข้าววางรายขนาดเล็ก	ค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูล	30 วัน	-สืบค้นเอกสารงานวิจัย -ศึกษาข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบัน
ออกแบบและวางแผนการสร้างตัวโครงรถและชุดหัวเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวข้าววางรายขนาดเล็ก	เพื่อดำเนินการสร้างในส่วนของตัวโครงและชุดหัวเครื่องเกี่ยวข้าววางรายขนาดเล็ก	ค้นคว้าวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนแบบ	30 วัน	-ศึกษาโครงสร้างรถเกี่ยวข้าววางรายที่มีอยู่ในปัจจุบัน -เขียนแบบ (Solidwork)
ดำเนินการสร้างตัวรถเกี่ยววางรายขนาดเล็ก	เพื่อสร้างเครื่องเกี่ยวข้าววางรายขนาดเล็ก	ดำเนินการสร้าง	30 วัน	-จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการดำเนินงาน
ดำเนินการสร้างชุดหัวเกี่ยว	เพื่อสร้างรถเกี่ยวข้าววางรายขนาดเล็ก	ดำเนินการสร้าง	30 วัน	-จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการดำเนินงาน
ทดสอบการทำงานของเครื่องและปรับปรุงแก้ไข	เพื่อทดสอบและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง	ดำเนินการทดสอบ	30 วัน	-จัดเตรียมสถานที่ทดสอบ -จับเวลาการทำงาน -คำนวณหาประสิทธิภาพ (ไร่/ชั่วโมง)
จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	เพื่อจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	เรียบเรียงรายงานฉบับสมบูรณ์	30 วัน	-เรียบเรียงรายงาน -ส่งรายงานฉบับร่าง -ปรับปรุงแก้ไขรายงานฉบับสมบูรณ์

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	เหล็ก 4 หุน	2	118	236
2	เหล็กกล่อง	1	243	243
3	กล่องเกียร์ (Balikha)	1	600	600
4	สายคันทรง	1	240	240
5	คันทรงคันทรง	1	70	70
6	เครื่องตัดหญ้า	1	1,490	1,495
7	ลูกปืนตุ๊กตา 1 นิ้ว	2	90	180
8	ใบมีด แบบ 3 เหลี่ยม	30	47	300
9	ล้อรถเข็น	2	650	1,299
10	เหล็กแกนเพลลา	1	399	399
11	ลูกปืนตุ๊กตา ขนาด 17 มิลลิเมตร	6	74	444
12	ลูกปืนตุ๊กตา ขนาด 15 มิลลิเมตร	2	91	91
13	เหล็กฉาก	1	316	316
รวม				5,913

15. เอกสารอ้างอิง

เกษตรพอเพียง.คอม. รถเกี่ยวข้าว Kubota กับ Yanmar สอบถามทัศนคติของผู้มีประสบการณ์ด้านข้อดีข้อด้อย, 2563. สืบค้นเมื่อ 27 กุมภาพันธ์ 2563.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. เครื่องจักรกลและเขตกรรม, 2559. สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2563.

จรัส บุญยธรรมา. พิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ภาคกลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2541.

จุฬาลักษณ์ อยู่ประสพโชค. การประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องเกี่ยวนาดข้าวตามมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558. สืบค้นวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563.

ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว หน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว. พันธุ์ของข้าวที่นิยมบริโภค. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544. สืบค้นวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. การส่งออกข้าวไทย. กรุงเทพฯ : สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2562.

สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. การใช้ที่ดินทางการเกษตรปี 2559. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558. สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2563.

สาโรช อังสุมาลิน และคณะ. โครงการอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว และการประกอบการรับจ้างเกี่ยวขนาดข้าว ในเขตภาคกลางของประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2559. สืบค้นวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563.

สุวิพงษ์ เหมะธูลิน. การพัฒนาเครื่องตัดใบข้าวแบบสะพายป่าขนาดเล็ก. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2560. สืบค้นวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. การใช้ที่ดินทางการเกษตรปี 2559. กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558. สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย, 2561. สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2563.

อดิศักดิ์ ไสวอมร. การวิเคราะห์ความเสี่ยงของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2559. สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2563.

ด้านวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

1. **ชื่อโครงการ** การพัฒนาเตาสำหรับย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติและระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับวิสาหกิจชุมชน
Development of a furnace for dyeing fabrics with natural dyes and a wastewater treatment system for community enterprises.

2. **ประเภทการประกวด**

ด้านวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

3. **ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา**

3.1 **หัวหน้าโครงการ**

ชื่อ-สกุล นายอภิชาติ แสนทวีสุข	รหัส 6041101122
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ	หมู่เรียน วศ.6001
โทรศัพท์ 0933949443	E-mail aphichit5764@gmail.com

3.2 **สมาชิกโครงการ**

ชื่อ-สกุล นายฉัตรชัย หอมแพงไว้	รหัส 6041101105
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ	หมู่เรียน วศ.6001
ชื่อ-สกุล นายธีรภัทร สีหะวงศ์	รหัส 6041101112
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ	หมู่เรียน วศ.6001

3.4 **อาจารย์ที่ปรึกษา**

ชื่อ-สกุล อาจารย์เปรมชัย มูลหล้า
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ

4. **สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล**

4.1 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านسوب ตำบลน้ำสวย อำเภอเมือง จังหวัดเลย

4.2 กลุ่มวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย

5. **ที่มาและความสำคัญของโครงการ**

ในจังหวัดเลยมีการทอผ้ามีการย้อมผ้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งกิจกรรมส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมและกิจกรรมในครัวเรือน ตัวอย่างเช่น ตำบลบ้านسوب อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าและผลิตผ้าพื้นเมือง โดยอุตสาหกรรมเหล่านี้เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน (ชู บุตรปัสสา, 2563) อุตสาหกรรมสิ่งทอในระดับครัวเรือนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลภายใต้โครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ประกอบกับสินค้าเหล่านี้ได้รับความนิยมทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากเป็นงานที่ต้องอาศัยฝีมือและความอดทนสูงในการผลิต ในขั้นตอนการย้อมผ้ามีการใช้น้ำและสารเคมีจำนวนมากทำให้น้ำเสียออกมาจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก (จักรกฤษณ์ อัมพูช และคณะ, 2549) เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการย้อมผ้าจะมีปริมาณน้ำจากสีย้อมที่เหลือรวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างวัสดุอุปกรณ์ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะทิ้งน้ำเสียลงบ่อบำบัดหรือ

บ่อซีเมนต์แล้วจ้ำรงรดดูไปทั้งตามป่า หรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยตรง โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัด ซึ่งการกระทำเหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากน้ำทิ้งที่ปล่อยออกไปมีสีย้อมปะปนอยู่ ซึ่งสีจากการย้อมผ้าเหล่านี้จะปรากฏอยู่ในน้ำทิ้งนอกจากจะทำให้ผู้พบเห็นเกิดความรังเกียจแล้วน้ำเสียเหล่านี้ยังมีความเข้มข้นสูงสามารถขัดขวางทางของแสงที่ส่องลงสู่แหล่งน้ำ และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรอบอีกด้วย (สายฝน มโนคำ และคณะ, 2557) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสบ และ กลุ่มวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส ทำการทอผ้าพื้นเมืองโดยใช้วิธีแบบชาวบ้านโดยปัญหาที่พบคือการที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการต้มน้ำย้อมสีได้ การที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ทำให้การย้อมสีไม่ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ จากการลงไปสำรวจพื้นที่พบว่าพลังงานที่ใช้ในการเผาเป็นเชื้อเพลิงคือไม้จากต้นยางพารา ไม้ยางพาราให้อุณหภูมิที่สูงแต่อัตราการเผาไหม้ต่ำและระยะเวลาในการเผาไหม้ต่ำ ปัญหาที่พบอีกอย่าง คือการกำจัดของเสียจากสีย้อมผ้าในกลุ่มวิสาหกิจของชุมชนนี้ไม่รู้จักรวธีการกำจัดของเสียจากสีย้อม จึงทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษจากสีย้อมผ้าสาเหตุมากจากการใช้สารเคมีมากกว่าสารธรรมชาติเพราะสีที่ได้จากกระบวนการทางเคมีสามารถหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาดต่างจากสีธรรมชาติที่ต้องใช้กรรมวิธีในการสกัดสีออกจากวัตถุดิบที่มีความยุ่งยากและใช้เวลานาน (ชู บุตรปัสสา, 2563)

ด้วยเหตุนี้ผู้ทำการศึกษาจึงสนใจที่จะศึกษาถึงการออกแบบเตาสำหรับย้อมผ้าและระบบบำบัดของเสียสำหรับชุมชนบ้านสบ และ วิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาของทั้งสองวิสาหกิจชุมชนให้ดียิ่งขึ้น

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อศึกษาการใช้ประสิทธิภาพความร้อนของเตาย้อมผ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชน
- 6.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับวิสาหกิจชุมชน.

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

7.1 เตาสำหรับย้อมผ้ามีประสิทธิภาพในการเผาผลาญเชื้อเพลิงได้ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการทดสอบการต้มน้ำโดยใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง

7.2 ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้กระบวนการดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านไม้มะขาม

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 ทำให้การย้อมผ้ามีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น
- 8.2 ช่วยกำจัดของเสียจากการย้อมผ้า
- 8.3 บำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำสะอาดที่สามารถปล่อยลงสู่ธรรมชาติได้

9. ขอบเขตของโครงการงาน

9.1 กรณีศึกษา : กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านสุข ตำบลน้ำสวย อำเภอเมือง จังหวัดเลย และกลุ่มวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย

9.2 เตาสําหรับย้อมผ้า มีขนาดห้องเผาไหม้ 760.24 ลูกบาศก์เมตร วัสดุที่ใช้สร้างเตาประกอบด้วย อิฐทนไฟ ปูนทนไฟ และ เหล็กกล่อง

9.3 ระบบบำบัด ใช้ท่อปูนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร จำนวน 3 ท่อ ฝาปิดและแผ่นรองกันบ่อ แผ่นปูน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร หนา 0.05 เมตร จำนวน 6 แผ่น แผ่นรองถ่าน แผ่นปูนเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร หนา 0.08 เมตร และเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 เมตร จำนวน 20 รู จำนวน 3 แผ่น ท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว ยาว 0.20 เมตร จำนวน 6 ท่อ ข้องอ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 ท่อ ท่อยาวเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 นิ้ว ยาว 0.37 เมตร จำนวน 2 ท่อ

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 ผ้า

10.1.1 ความหมายและความสำคัญ

ผ้า (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2563) คือ วัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบน สามารถผลิตจากสารละลาย เส้นใย เส้นด้าย หรือวัสดุพื้นฐานเหล่านี้รวมกันเมื่อแบ่งแยกตามลักษณะ การผลิตสามารถแบ่งประเภทของผ้าออกเป็น 3 แบบ คือ ผ้าทอ ผ้าถัก และ ผ้าอื่นๆ

10.1.2 กระบวนการผลิตผ้า

กระบวนการผลิตผ้า (ชวนพิศ สีมาขจร, 2554) ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติส่วนใหญ่จะนิยมนำเส้นใยที่ได้มาจาก เส้นไหม และใยฝ้าย ซึ่งส่วนมากจะนิยมนำมาผลิตเป็นผ้าพื้นเมือง ในพื้นที่ต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จึงนิยมใช้วัตถุดิบ 2 ชนิดนี้มาใช้ในกระบวนการผลิตผ้า เพราะสามารถหาวัตถุดิบได้ทั่วไปตามท้องถิ่น

10.2 การย้อมสีธรรมชาติ

10.2.1 การย้อมโดยตรง (Direct dyeing) เมื่อย้อมสีธรรมชาติกับเส้นใย สีธรรมชาติจะเกิดพันธะเคมีกับเส้นใยได้โดยตรง และถ้าเป็นเส้นใยเซลลูโลส ได้แก่ ฝ้าย ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) อยู่มาก จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับสีได้โดยตรง ส่วนเส้นใยที่เป็นพอลิเปปไทด์ ได้แก่ ขนสัตว์ หรือ ไหม ในเส้นใย ประเภทนี้จะมีส่วนที่เป็นทั้งหมู่กรด (Acid group) และหมู่เบส (Basic group) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับส่วนที่เป็น หมู่กรดหรือหมู่เบสในโมเลกุลของสีแล้วเกิดเกลือขึ้นทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวแบบไอออนิก จึงทำให้สีติด เส้นใยได้

10.2.2 การย้อมแบบแวต (Vat dyeing) สารให้สีประเภทนี้ โดยทั่วไปแล้วจะไม่ละลายน้ำ ดังนั้นจึงต้อง ทำให้เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้เสียก่อนโดยการทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และตัวรีดิวซ์ สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถเกาะติดเส้นใยเซลลูโลสได้ดี เมื่อย้อมเส้นใยแล้ว ต้องทำให้โมเลกุลของสีเกิด

การออกซิไดซ์กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำด้วยออกซิเจนในอากาศไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือ โพลีแซคคาไรด์ โครเมต โมเลกุล ของสีจึงจับแน่นอยู่บนเส้นใยได้

10.2.3 การย้อมโดยใช้สารช่วยสีติด (Mordant dyeing) (วิชาญ วันโพทอง, 2548) การย้อมด้วยวิธีนี้เป็นการย้อมแบบใช้สารช่วยสีติด หรือสารช่วยย้อมหรือมอร์แดนต์ สารจะทำหน้าที่ช่วยให้การย้อมติดเส้นใยบดสีย้อมได้ดีขึ้น โดยเมื่อแช่หรือต้ม เส้นใยกับมอร์แดนต์ เกลือของโลหะจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้สารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ไม่ละลายน้ำเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่แข็งแรงแทรกตัวอยู่ในเส้นใย และเมื่อนำเส้นใยไปย้อมสี สีย้อมจะซึมเข้าไปจับกับมอร์แดนต์ ทำให้สีที่ได้จากการย้อมมีความคงทน ไม่ตกสีหรือซีดง่าย มอร์แดนต์ที่ใช้ ได้แก่ สารละลายของเกลือ โลหะ เช่น Alum (Aluminium sulfate $Al_2(SO_4)_3$) Chrome (Potassium dichromate $K_2Cr_2O_7$) Tin (Stannous chloride $SnCl_2$) Copperas (Ferrous sulfate heptahydrate $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) นอกจากนี้ ยังมีมอร์แดนต์ที่ได้จากธรรมชาติ ตัวอย่าง เช่น น้ำขี้เถ้า น้ำบาดาลหรือน้ำสนิมเหล็ก น้ำโคลน เป็นต้น (วิชาญ วันโพทอง, 2548)

10.3 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธีการต้มน้ำให้เดือดให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำได้อย่างอิสระ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10.1

$$\eta_{th} = \frac{MC_p(T_2 - T_1) + (M_1)L}{m_f H} \times 100\% \quad (10.1)$$

η_{th} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %

M = น้ำหนักของน้ำทั้งหมด, kg

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ, kcal/kg($1 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนการทดลอง, $^\circ\text{C}$

T_2 = อุณหภูมิน้ำเดือด, $^\circ\text{C}$

M_1 = น้ำหนักของน้ำที่หายไป, kg

L = ความร้อนแฝงในน้ำ, 540 kcal/kg

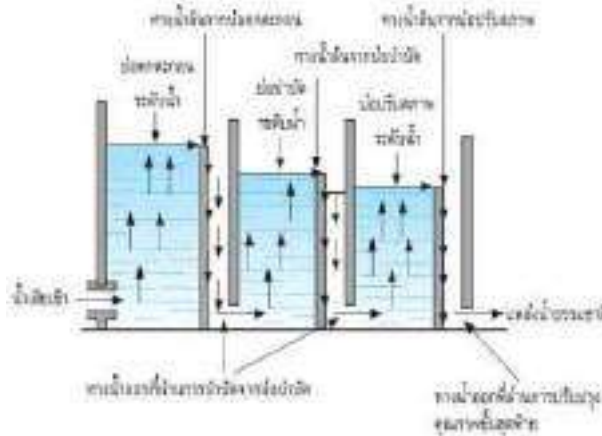
m_f = น้ำหนักเชื้อเพลิงที่หายไป, kg

H = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, kcal/kg

ที่มา: (ธนกร หอมจำปา และคณะ, 2557)

10.4 การระบายน้ำเสีย

น้ำเสียจากแหล่งกำเนิด ถูกระบายโดยท่อระบายน้ำเสีย เข้าสู่บ่อรวมน้ำเสียจากบ่อรวมน้ำเสีย อาจใช้วิธีการสูบหรือการระบายโดยอาศัยความต่างระดับของพื้นที่ระบายน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย



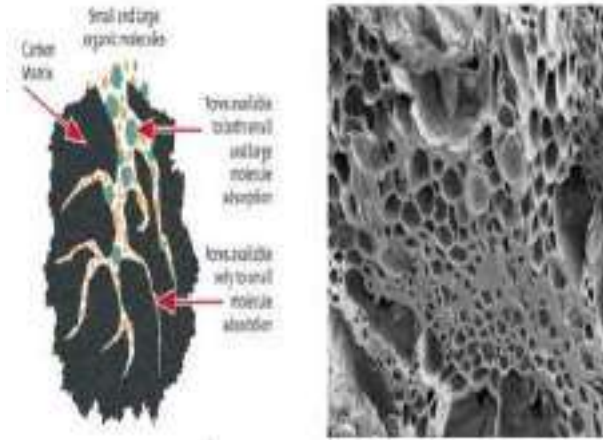
ภาพที่ 10.1 ลักษณะการไหลของน้ำเสียในระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสีย

ที่มา : (สารานุกรมในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2552)

10.5 กระบวนการดูดซับ กระบวนการดูดซับในสภาวะที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส มาเกาะกับพื้นผิวที่เป็นของแข็งที่เป็นสารดูดซับ ความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ลักษณะของการดูดซับแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือ การดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี ซึ่งทั้งสองลักษณะนี้มีแรงกระทำต่อพื้นผิวของสารดูดซับในรูปแบบที่แตกต่างกัน กระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวคุณสมบัติที่สำคัญของสารดูดซับที่ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับคือ พื้นที่ผิวจำเพาะ ซึ่งการที่พื้นที่ผิวจำเพาะจะขึ้นอยู่กับความพรุนของสารดูดซับนั้นๆ ด้วย

10.6 การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ทำมาจากวัสดุหลายชนิด เช่น ไม้ ถ่านหิน กะลามะพร้าว เป็นต้น แต่ที่นำมาใช้ในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ ส่วนใหญ่จะทำมาจากถ่านหินบิทูมินัสหรือลิกไนท์ ถ่านหินนี้จะถูกเผาอย่างช้าๆ ในเตาเผาไร้ออกซิเจน จนเปลี่ยนสภาพจากถ่านหินมาจนเป็นคาร์บอนต่อจากนั้นจะถูกกระตุ้นให้สัมผัสกับไอน้ำ ซึ่งทำให้ได้โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ที่มีผิวเป็นโพรงหรือช่องว่างจำนวนมาก ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะถูกอบ และร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2563)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์
ที่มา : (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2563)

10.6.1 การดูดซับของถ่านกัมมันต์

1. ค่าอัตราการใช้ถ่านกัมมันต์แบบเม็ด(GAC usage rate) คำนวณได้จากสมการ

$$(MGAC / Qt) = (C_0 - C_e) / q_e \quad (10.2)$$

โดยที่ $(MGAC / Qt)$ = ค่าอัตราการใช้ถ่านกัมมันต์แบบเม็ด , กรัมของGACต่อลิตร

MGAC = มวลของ GAC,กรัม

Q = อัตราการไหล .ลิตร/ชั่วโมง

t = ระยะเวลา ชั่วโมง

C_0 = ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับเริ่มต้น,มิลลิกรัมต่อลิตร

C_e = ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับสุดท้าย , มิลลิกรัมต่อลิตร

q_e = ค่าขีดความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity), มิลลิกรัมของสารถูกดูดซับต่อกรัมของGAC (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2563)

10.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุปราณี วุ่นศรี พวงทิพย์ แก้วทับทิม และนุชลี ทิพย์มณฑา (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเตาประหยัดพลังงานสำหรับชุมชน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเตาประหยัดพลังงานที่ใช้เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ เพื่อให้เกษตรกรลดต้นทุนเชื้อเพลิงและนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย การออกแบบและสร้างเตาประหยัดพลังงานจากการศึกษาเตาชีวมวลในชุมชน และทดสอบสมรรถนะเชื้อเพลิง คือ แกลบข้าว ซี้เลื่อยจากไม้ยางพารา โดยเตาประหยัดพลังงานเป็นเตาแบบอากาศไหลขึ้น ตัวเตาเป็นแบบปูนหล่อ นำมาทดสอบการทนความร้อนพบว่า ในอัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ ทราฮายาบ

และหิน เท่ากับ (2 : 2 : 3) สามารถทนความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และสำหรับการขึ้นรูปวัสดุฉนวนในห้องเผาไหม้ สามารถทนความร้อนสูงถึง 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และจากการผลิตเตาประหยัดพลังงาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 เมตร สูง 0.70 เมตร ปริมาณห้องเผาไหม้ 0.1 ลูกบาศก์เมตร มีประสิทธิภาพเผาเฉลี่ยคิดเป็น 39.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพเตาชีวมวลชุมชนที่มีค่าเป็น 40.82 เปอร์เซ็นต์

ธนากร หอมจำปา คมสันต์ ทองปัญญา ญัฐพร กรรมพรอินทร์ แสงเทียน กุหลาบ และประพันธ์พงษ์ สมศิลา (2557) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือน เตาที่ใช้ทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.245 เมตร สูง 0.40 เมตร ชีวมวลที่ใช้ทดสอบคือขี้เลื่อย โดยอัดเป็นแท่งรูปทรงกระบอก ตรงกลางและด้านข้างจะทำเป็นรูกลวงสำหรับการไหลของอากาศ ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความหนาแน่นของขี้เลื่อย 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้า 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้าส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาลดลง แต่เมื่อเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเตาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เตาชีวมวลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางช่องอากาศเข้า 2 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องไฟ 4 นิ้ว ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 14.60 เปอร์เซ็นต์

ยุธนา ศรีอุดม และเอกณัฐ กระจ่างธิมภาพร (2554) ได้ทำการศึกษาการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือ กรณีศึกษา อ.บ่อเกลือ จ.น่าน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางเบื้องต้นในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเตาต้มเกลือ โดยลดความสูญเสียผ่านผนังเตาซึ่งใช้แกรบดำเป็นฉนวน และใช้วิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือทั้ง 2 แบบ เตาต้มเกลือแบบดั้งเดิม ก่อขึ้นรูปด้วยดินเหนียว ส่วนเตาต้มเกลือที่ปรับปรุงทำจากอิฐมอญ ก่อขึ้นรูปและฉาบด้วยดินเหนียวผสมแกรบดำ ตรงกลางบุด้วยฉนวนกลบดำหนา 4 เซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่า เตาที่ปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 9.6 เปอร์เซ็นต์ เป็น 13.6 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้ในการต้มไอน้ำให้เป็นเกลือต่อรอบลดลง 23 นาที จาก 5 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลง 11 กิโลกรัมต่อวัน จากอัตราการใช้เชื้อเพลิง 257 กิโลกรัมต่อวัน และมีต้นทุนในการปรับปรุงเตา 1,045 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 91 วัน ปัจจุบันมีการปรับปรุงเตาและใช้งานจริง 13 เตา จาก 17 เตา งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการประหยัดพลังงานและประเพณีอันดีงามอีกด้วย

ชฎาพร อัครฐาวัฒน์ นิพนธ์ ตังคณารักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์ (2560) ได้ทำการศึกษาถังกรองอย่างง่ายสำหรับบำบัดสีย้อมเบสิกในน้ำเสียจากการย้อมไหมสังเคราะห์ของกลุ่มทอผ้าไหมบ้านป่าแดง งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการใช้ถ้ำลอยถ่านหินดูดซับในการกรองประติสฐที่มีต้นทุนต่ำสำหรับสีย้อมเบสิก โดยการดูดซับด้วยถ้ำลอย ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านหิน ผสมกับชีวมวล ในอัตราส่วนต่างกัน ในขั้นแรกใช้การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้แบบแบตช์ พบว่าสีย้อมเบสิกสามารถถูกกำจัดได้ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยกระบวนการดูดซับ

ด้วยถ้ำลอย ความจุของการดูดซับของถ้ำลอยสำหรับสีย้อมมีค่าอยู่ในช่วง 0.13-0.14 มิลลิกรัมต่อกรัม จากนั้นทำการศึกษาการทดลองแบบไหลต่อเนื่องในคอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.06 เมตร สูง 0.40 เมตร บรรจุชั้นกรอง 4 ชั้น ประกอบด้วย หิน ททรายหยาบ ททรายละเอียด และถ้ำลอย มีประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมเบสิก 95 เปอร์เซ็นต์ ถังกรองที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพสูง และต้นทุนต่ำ ทำให้เหมาะสมในการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียจากการย้อมไหมสังเคราะห์กลุ่มทอผ้าไหมบ้านป่าแดง

อรดี ฤทธิชัย และศศิธร มั่นเจริญ (2557) ได้ทำการศึกษากำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยถ้ำกัมมันต์จากเปลือกปู งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการเตรียมถ้ำกัมมันต์จากเปลือกปูเพื่อใช้กำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ พบว่า คาร์บอนเซชันถ้ำด้วยการเผาเปลือกปูที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ้ำกัมมันต์ นอกจากนี้ได้ศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการดูดซับสี ได้แก่ ปริมาณถ้ำกัมมันต์ เวลาเข้าสู่สมดุล ความเป็นกรดต่าง และไอโซเทอมของการดูดซับ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณที่เหมาะสมกับการดูดซับเท่ากับ 32 กรัมต่อลิตร เวลาในการดูดซับที่เหมาะสมเท่ากับ 150 นาที ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.0 และไอโซเทอมของการดูดซับของถ้ำกัมมันต์จากเปลือกปูสอดคล้องกับไอโซเทอมของแลงเมียร์ และนำถ้ำกัมมันต์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากโรงฟอกย้อมพบว่า สีย้อมในน้ำทิ้งตัวอย่างมีความเข้มข้นสีลดลง 63.5-75.6 เปอร์เซ็นต์ ในการบำบัดเพียงครั้งแรก

11. วิธีดำเนินโครงการงาน

11.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการดำเนินโครงการงาน

11.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ

11.1.1.1 โปรแกรม Solid Work

11.1.1.2 กระดาษ

11.1.1.3 ดินสอ

11.1.1.4 ปากกา

11.1.1.5 ยางลบ

11.1.1.6 ไม้บรรทัด

11.1.2 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างระบบบำบัด

11.1.2.1 ท่อปูนเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร

11.1.2.2 ท่อ PVC ขนาด 3 นิ้ว

11.1.2.3 ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว

11.1.2.3 ปูนทนไฟ

11.1.2.4 จอบ

11.1.2.5 เสียม

- 11.1.2.6 กาวติดท่อ
- 11.1.2.7 ฝาปิดบ่อบำบัด
- 11.1.2.8 ตลับเมตร
- 11.1.2.9 เกียงฉาบปูน
- 11.1.2.10 คุ้งผสมปูน
- 11.1.2.11 อิฐทนไฟ
- 11.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการในการเก็บตัวอย่างน้ำ
 - 11.1.3.1 ขวดน้ำพลาสติก ขนาด 1 ลิตร สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ
 - 11.1.3.2 ถังน้ำแข็ง สำหรับเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ
 - 11.1.3.3 เทอร์โมมิเตอร์
 - 11.1.3.4 แก้วพลาสติกสำหรับตักน้ำ
- 11.2 ขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการงาน
 - 11.2.1 การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
 - 11.2.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก และสอบถามรายละเอียดจากหัวหน้ากลุ่มทอผ้าบ้านสบ และหัวหน้ากลุ่มทอผ้าบ้านหนองน้ำใส จำนวน 2 คน
 - 11.2.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นการศึกษาหาข้อมูลจาก บทความวารสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเว็บไซต์ต่างๆ เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับเตา และงานวิจัยเกี่ยวกับระบบบำบัด เป็นต้น
 - 11.2.2 การดำเนินการทดลองและการทดสอบ
 - 11.2.2.1 เริ่มหาเรื่องที่จะทำงานวิจัย
 - 11.2.2.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล จากงานวิจัย อินเทอร์เน็ต และสื่อความรู้ต่างๆ
 - 11.2.2.3 ลงพื้นที่สำรวจ และสอบถามข้อมูล ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสบ และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองน้ำใส
 - 11.2.2.4 ออกแบบออกแบบเตาสำหรับย้อมผ้าและระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้โปรแกรม Solidwork ในการออกแบบ
 - 11.2.2.5 การปฏิบัติงาน การสร้างเตาย้อมผ้า และการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย
 - 11.2.2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บอุณหภูมิความร้อยภายในเตา และการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากสีย้อมผ้า
 - 11.2.2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์อุณหภูมิภายในเตาโดยการใช้สูตรประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการหาค่า และการวิเคราะห์น้ำเสียจะเป็นการนำเอาน้ำเสียที่ได้จากการย้อมไปเข้าห้องแล็บ เพื่อที่จะเอาผลมาประเมินค่า

11.2.3.8 การสรุปผลการทดลอง

11.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

11.3.1 ใช้หลักการในการหาประสิทธิภาพความร้อนของเตา 3 รูปแบบ เช่น เตาแบบทรงสี่เหลี่ยม มีปล่องควัน เตาแบบทรงแปดเหลี่ยมไม่มีปล่องควัน โดยทั้ง 2 แบบนี้ใช้วัสดุทนไฟในการสร้างเตา และเตาแบบทรงกลม ซึ่งเตาชนิดนี้เป็นเตาที่มีอยู่ก่อนหน้าแล้วโดยสร้างมาจากถังเหล็กขนาด 200 ลิตร ผ่านครั้ง ด้วยวิธีทดสอบการต้ม น้ำ โดยใช้ไม้ย่างพาราเป็นเชื้อเพลิง ภายในห้องเผาไหม้ที่มีลมพัดผ่าน ทำการทดลองเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยการใช้พลังงานความร้อนถ่ายเทไปยังน้ำที่ต้มให้เดือดให้น้ำสามารถระเหยกลายเป็นไอได้อย่างอิสระ ประสิทธิภาพเชื้อความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1 จะทำการวัดอุณหภูมิด้วย เทอร์โมมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิ น้ำ และใช้เทอร์โมคอปเปิ้ลในการวัดอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ (ธนกร หอมจำปา และคณะ, 2557) จากสมการ

$$\eta_{th} = \frac{MC_p (T_2 - T_1) + (M_1)L}{m_f H} \times 100 \quad (11.1)$$

η_{th} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %

M = น้ำหนักของน้ำทั้งหมด, kg

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ, kcal/kg(1 kcal/kg- °C)

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนการทดลอง, °C

T_2 = อุณหภูมิน้ำเดือด, °C

M_1 = น้ำหนักของน้ำที่หายไป, kg

L = ความร้อนแฝงในน้ำ, 540 kcal/kg

m_f = น้ำหนักเชื้อเพลิงที่หายไป, kg

H = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, kcal/kg

ที่มา: (ธนกร หอมจำปา และคณะ, 2557)

11.3.2 การดูดซับของถ่านกัมมันต์มีค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นที่สำคัญ ดังนี้

1) ค่าอัตราการใช้ถ่านกัมมันต์แบบเม็ด(GAC usage rate) คำนวณได้จากสมการ

$$(MGAC / Qt) = (C_0 - C_e) / q_e \quad (11.2)$$

โดยที่ (MGAC / Qt) = ค่าอัตราการใช้ถ่านกัมมันต์แบบเม็ด , กรัมของGACต่อลิตร

MGAC = มวลของ GAC, กรัม

Q = อัตราการไหล .ลิตร/ชั่วโมง

t = ระยะเวลา ชั่วโมง

C_0 = ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับเริ่มต้น, มิลลิกรัมต่อลิตร

C_e = ความเข้มข้นของสารถูกดูดซับสุดท้าย, มิลลิกรัมต่อลิตร

q_e = ค่าขีดความสามารถในการดูดซับ (adsorption capacity),

มิลลิกรัมของสารถูกดูดซับ ต่อกรัมของ GAC

ที่มา: (ปราโมช เชี่ยวชาญ, 2563)

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
1. ศึกษาข้อมูลทั่วไป	30 วัน	-ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากเตาตั้งเดิม ระบบบำบัด และกระบวนการย้อม	กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านสุบ และวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส
2. ประเมินปัญหา	60 วัน	-วิเคราะห์ข้อมูลศึกษาสภาพปัจจุบันจากการสังเกต และสัมภาษณ์	กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านสุบ และวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส
3.วิเคราะห์และออกแบบ	30 วัน	-วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาได้ และออกแบบตามลักษณะการใช้งาน	กลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าพื้นเมืองบ้านสุบ และวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส

4. สร้างและเก็บผล	60 วัน	-ทำการสร้างเตาสำหรับย้อมผ้า และระบบบำบัด โดยอิงจากแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้ -เก็บผลเตาย้อมผ้าโดยการวัดประสิทธิภาพเชิงความร้อน -เก็บน้ำที่ได้จากกระบวนการย้อมและน้ำที่ออกมาจากบ่อบำบัดเพื่อส่งเข้าแลป เพื่อวิเคราะห์ผล	กลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนทอผ้า พื้นเมืองบ้านสบ และวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส
5. สรุปผล	30 วัน	-เสนอผลการสร้างเตาสำหรับย้อมผ้า และระบบบำบัด ว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำของบ่อบำบัด -ประเมินว่างานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จหรือไม่ มีเหตุผลอย่างไรเมื่อไม่ประสบความสำเร็จ ตามวัตถุประสงค์	กลุ่มวิสาหกิจ ชุมชนทอผ้า พื้นเมืองบ้านสบ และวิสาหกิจทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	ค่าใช้จ่ายในการลงพื้นที่	5	200	1,000
2	ค่าวัสดุ	-	-	4,000
รวม				5,000

15. เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ อัมพพ และรัตนวรรณ (วิบูลย์สวัสดิ์) เกียรติโกมล. จลนพลศาสตร์ของการกำจัดสีในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้าในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือนโดยใช้แร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์

ในระบบถังกวน. วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 พ.ศ.2549

ชฎาพร อัครฐาวัฒน์ นิพนธ์ ตั้งคนารักษ์ และคณิตา ตั้งคนานุรักษ์.(2560). ถังกรองแบบง่ายสำหรับบำบัดสีย้อมเบสิกในน้ำเสียจากการย้อมไหมสังเคราะห์ของกลุ่มทอผ้าไหมบ้านป่าแดง.

วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทยปีที่ 31 (ฉบับที่ 2), หน้า 28-35

ชู ปัสสาวัดนะ. หัวหน้ากลุ่มทอผ้าพื้นเมืองบ้านสบ. สัมภาษณ์, 28 มกราคม 2563.

- ชวนพิศ สี่มาขจร ประหยัด ทีฆาวงศ์ พุทธชาติ สี่ปายะคุณ และ ภัควิภา เพชรวิจิต. การทอผ้าไหม. สำนักงานหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เขต ๔ สำนักงานหม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เขต 1 สำนักงานอนุรักษ์และตรวจสอบมาตรฐานหม่อนไหม, 2554. สืบค้นวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2563. จาก <https://qsds.go.th/wp-content/uploads/2017/pdf/km2-55.pdf>
- ณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม. เคมีของสีย้อมกบผลิตภัณฑ์หัตถกรรมไทย. วารสาร สสวท., ตุลาคม-ธันวาคม, 2531. สืบค้นวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2563 จาก <http://siweb.dss.go.th/>
- ธนิศร์ ปัทมพิฑูร เกษม จันท์แก้ว และ ปราโมทย์ ศิริโรจน์. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ ออกซิเจนละลายน้ำและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กับปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและอีโคไล ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่ง โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเป็ด อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. วารสาร กลุ่มวิทยาศาสตร์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน - ธันวาคม 2556. จาก <https://he02.tci-thaijo.org>
- ธนกร หอมจำปา คมสันต์ ทองปัญญา ญัฐพร กรรมพระอินทร์ แสงเทียน กุหลาบ และ ประพันธ์พงษ์ สมศิลา. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลสำหรับครัวเรือน. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์, 2557. สืบค้นวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563. จาก <https://he02.tci-thaijo.org>
- ปราโมช เชี่ยวชาญ. การปรับปรุงคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม ตอนที่ 2 กระบวนการดูดซับ. (ม.ป.ป.) สืบค้นวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563 จาก <https://www.xn--22cd2c1arkbdmea1adsd9bk3c7crjcdn1mxj.com>
- ภูงค์ ศรีหลัง. การศึกษาการดูดซับมีเทนและไฮโดรเจนในถ่านกัมมันต์มีนิกเกิลบนพื้นผิวโดยแบบจำลองมอนติคาร์โล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2558
- ยุธนา ศรีอุดม และเอกณัฐ กระจ่างธิมพร. (2554). การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาต้มเกลือ กรณีศึกษา อ.บ่อเกลือ จ.น่าน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ปีที่ 5 (ฉบับที่ 2 กันยายน 2554), หน้า 93-100.
- ศิริ ผาสุก. สมุนไพรให้สี. กรุงเทพฯ : เจริญวิทย์การพิมพ์, 2535. สืบค้นวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2562. จาก <http://siweb.dss.go.th/>
- สายฝน มโนคำ, มิกิ กัณณะ และนิรันดร์ ไซรังษี. การฟอกน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าในจังหวัดลำพูน. ฉบับที่ 5 (ฉบับพิเศษ) พ.ศ. 2557. จาก <https://he02.tci-thaijo.org>
- สุปราณี วุ่นศรี พวงทิพย์ แก้วทับทิม และนุชลี ทิพย์มณฑา.(2561).การพัฒนาเตาประหยัดพลังงานสำหรับชุมชน. วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ, ปีที่ 12 (ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2561), หน้า 9-15

- อรดี ฤทธิชัย และศศิธร มั่นเจริญ.(2557). การกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยถ่านกัมมันต์
จากเปลือกปู. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, ปีที่ 19 (ฉบับที่ 1), หน้า 131-140.
- อำนาจ น้อยตรีมูล. หัวหน้ากลุ่มทอผ้าไหมบ้านหนองน้ำใส. สัมภาษณ์, 26 เมษายน 2563.
- n.p. การระบายน้ำเสีย. สารานุกรมในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. 2552 สืบค้นวันที่ 21 กรกฎาคม 2563.
จาก <http://www.hii.or.th>
- n.p. ผ้า. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ม.ป.ป.) สืบค้นวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2563.
จาก <https://www2.mtec.or.th/th/research/textile/fabrics.html>
- n.p. สีจากธรรมชาติ. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555 (6 กุมภาพันธ์ 2560).
จาก <http://fieldtrip.ipst.ac.th>

1. ชื่อโครงการ การประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมะพร้าวแก้ว
Application on Work Study for Increasing Efficiency of Sweet Coconut Production

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวอนุธิดา สุนทร รหัส 6041101121
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ หมู่เรียน วศ.6001
โทรศัพท์ 0982547576 E-mail wiev.anuthida@gmail.com

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวกิงกาญจน์ อ้วนแก้ว รหัส 6041101101
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ หมู่เรียน วศ.6001
ชื่อ-สกุล นาย ปฐมพงศ์ ลีวยอดคีรี รหัส 6041101111
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ หมู่เรียน วศ.6001

3.4 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล อาจารย์เปรมชัย มูลหล้า
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ร้านเคียงเลยมะพร้าวแก้ว บ้านน้อย ถนนร่วมใจ ตำบลเชียงคาน อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ร้านเคียงเลยมะพร้าวแก้วเป็นร้านแปรรูปมะพร้าวในกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อบริโภคซึ่ง ซึ่งมีขั้นตอนในการทำมะพร้าวแก้วที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะดังนี้ 1) รับมะพร้าวมาจากชาวสวนจังหวัดเพชรบูรณ์และราชบุรี 2) นำมะพร้าวมาผ่าออกเป็นสองซีก 3) นำไม้พายแคะเนื้อมะพร้าวออกจากกะลา 4) นำเนื้อไปแช่น้ำมะพร้าวเพื่อชำระสิ่งสกปรก 5) ลอกมะพร้าวสีน้ำตาลอ่อนๆให้เหลือแต่เนื้อสีขาว 6) ตัดเป็นชิ้นแล้วนำไปผานเป็นแผ่น 7) ล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาดอีกสามน้ำ 8) นำมะพร้าวมาชั่งให้ได้อีก 7 กิโลกรัมต่อน้ำตาล 3 กิโลกรัม 9) ต้มประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วเคี่ยวจนน้ำแห้ง 10) นำมะพร้าวที่เคี่ยวเสร็จมาร่อนเกล็ดน้ำตาล 11) นำมะพร้าวที่ผ่านการร่อนแล้วมาใส่บรรจุภัณฑ์เพื่อเตรียมจำหน่าย จากการศึกษากระบวนการผลิตมะพร้าวแก้ว ทำให้ทราบถึงขั้นตอนการผลิตที่หลากหลาย ไม่มีเวลาในกระบวนการผลิตที่ชัดเจน ก่อให้เกิดการสูญเสียเวลาทำให้ผู้ประกอบการสูญเสียเวลาในการผลิต จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเพื่อหาเวลามาตรฐานในการผลิตมะพร้าวแก้วและทำการเปรียบเทียบ การทำงานของพนักงานก่อนเข้าไปศึกษาและหลังจากการศึกษา

และปรับปรุงการทำงาน ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาเพื่อลดเวลาในกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการศึกษางาน (Work Study)

6. วัตถุประสงค์โครงการ

6.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตมะพร้าวแก้ว

6.1 เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตมะพร้าวแก้วด้วยหลักการเคลื่อนไหวและเวลา

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมะพร้าวแก้ว ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 การทำงานของพนักงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

8.2 ผลผลิตเพิ่มขึ้น

8.3 กระบวนการผลิตเวลามาตรฐานที่ชัดเจน

9. ขอบเขตของโครงการ

9.1 กรณีศึกษา: ตำบลเชียงคาน อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย

9.2 ขั้นตอนผลิตมะพร้าวแก้วตั้งแต่ขั้นตอน1-11

9.3 1 ธันวาคม 2562 – 30 พฤศจิกายน 2563

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 ความหมายและความสำคัญ

การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Study) คือ เทคนิคในการวิเคราะห์ขั้นตอนของการปฏิบัติงานเพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและสรรหาวิธีการซึ่งดีที่สุดและเร็วที่สุดในการปฏิบัติงานนั้นๆ ทั้งนี้รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงานสภาพการทำงานเครื่องมือต่างๆ และการฝึกคนงานทำงานด้วยวิธีการที่ถูกต้อง การหามาตรฐานของงานและการบริหารแผนการจ่ายเงินที่จูงใจในระบบ

10.1.1 การศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study)

การศึกษาการเคลื่อนไหวนี้บางครั้งอาจถูกเรียกว่า Methods Design หรือ Methods Study ซึ่งหมายถึงการวิเคราะห์ขั้นตอนของการเคลื่อนไหวการปฏิบัติงานรวมทั้งเครื่องมือเครื่องจักรและการวางแผนผังในเครื่องมือนั้นๆ ส่วนการศึกษาเวลาก็อาจมีชื่อเรียกอย่างอื่นเช่นกันคือ Work Measurement ซึ่งหมายถึงวิธีการในการคำนวณหาเวลาในการปฏิบัติงานโดยอาศัยเครื่องมือจับเวลาและการบันทึก

10.1.2 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลาเป็นการนำเทคนิคการวัดงานผลงานเพื่อหาเวลาและอัตราการทานของงานส่วนย่อยงานหนึ่งๆ นอกจากนี้ก็เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในการทำงานชิ้นงานหนึ่งหรืออาจจะเป็นการนำเทคนิคต่างๆ

ที่ได้ออกแบบไว้ไปหาเวลาแล้วเสร็จของงานที่กำหนดให้ โดยที่การศึกษาวิธีเป็นการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ส่วนการศึกษาเวลาเป็นการขจัดเวลาไร้ประสิทธิภาพซึ่งเวลาได้เรียกว่า เวลามาตรฐาน (Standard Time)

ขั้นตอนการศึกษาเวลา

เมื่อได้เลือกงานและหาคนงานที่เหมาะสมแล้วและเตรียมเครื่องมือในการจับเวลาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการดำเนินการจับเวลาซึ่ง ขั้นตอนในการศึกษาเวลาที่สำคัญมีอยู่ 8 ขั้นตอน คือ

1) การเลือกงานที่จะศึกษาและเลือกคนงานที่เหมาะสม

การเลือกงานที่จะศึกษาและเลือกคนงานที่เหมาะสม การศึกษาเวลาโดยอาศัยการจับเวลามักมีผลโดยตรงต่อคนงานด้านจิตใจ ดังนั้นควร ทำความเข้าใจให้คนงานทราบถึงเหตุผลของการจับเวลา ก็คือ การศึกษาเวลาเฉลี่ยของการทำงานไม่ใช่การจับความเร็วในการทำงาน งานที่จะทำการศึกษาเวลาควรมีความพร้อม ดังนี้

- วิธีการทำงานเป็นวิธีที่ดีที่สุด
- เครื่องมือ – เครื่องจักรถูกวางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม
- วัตถุดิบที่ใช้ในการทำงานเป็นไปตามคุณลักษณะ
- สภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เป็นอุปสรรคในการทำงาน
- ชิ้นงานที่ผลิตมีคุณภาพตามที่ต้องการ
- เครื่องจักรทำงานอย่างเป็นปกติ
- คนงานมีความชำนาญหรือมีประสบการณ์ในการทำงาน

2) การบันทึกรายละเอียดการทำงาน

เป็นการบันทึกข้อมูลต่างๆ ก่อนการจับเวลา เพื่อช่วยมิให้ลืมข้อมูลที่สำคัญๆ ซึ่ง ข้อมูลต่างๆ แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

- ข้อมูลเกี่ยวกับการอ้างอิงในวันหลัง เช่น เลขที่ จำนวนของแผ่นที่ทำการจดข้อมูล วันที่ทำการศึกษา ผู้ที่จดข้อมูล
- รายละเอียดผลิตภัณฑ์ เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์ เลขรหัส วัสดุ คุณภาพที่ต้องการ
- วิธีการผลิต เครื่องมือที่ใช้ เช่น แผนกที่ทำการผลิต วิธีการผลิต เครื่องมือ เครื่องจักร อัตราการผลิต อัตราการทำงานของคน-เครื่องจักร
- ผู้ปฏิบัติงาน เช่น ชื่อของผู้ปฏิบัติงาน เลขที่ของนาฬิกาจับเวลา
- ระยะเวลาที่ทำการศึกษา เช่น เวลาที่เริ่มทำการศึกษา เวลาสิ้นสุด
- สภาพการทำงาน เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น บรรยากาศ

3) การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย

การแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นงานย่อยนั้น ทำให้เกิดความสะดวกในการจับเวลา และความละเอียดของข้อมูล โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- แยกงานที่คนเป็นผู้ควบคุมออกจากงานที่เครื่องจักรควบคุม

ก) งานที่คนควบคุมการทำงานจะจับเวลาการทำงานและประสิทธิภาพตามขั้นตอนของการศึกษา เวลา

ข) งานที่เครื่องจักรควบคุมการทำงานไม่ควรอยู่ในการควบคุมของคนในการประเมินประสิทธิภาพให้คิดเท่ากับ 100% เสมอ

- แยกงานที่เกิดขึ้นประจำออกจากงานที่เกิดขึ้นครั้งคราวให้ชัดเจน งานที่เกิดขึ้นประจำเป็นงานที่เกิดขึ้นในทุกๆ วงรอบของการปฏิบัติงาน ส่วนงาน ที่เกิดขึ้นครั้งคราวจะไม่เกิดทุกวงรอบของการปฏิบัติงาน ดังนั้น ในการจับเวลาควรแยกออกต่างหาก แล้วค่อยนำมาเฉลี่ยเข้าภายหลัง

- แยกงานที่จำเป็นออกจากงานที่ไม่จำเป็น งานที่ไม่จำเป็น คือความล่าช้าที่เกิดจากความผิดพลาดขณะทำงาน เวลาที่เกิด จากความล่าช้าที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จะนำมารวมในรูปแบบของ เวลาลดหย่อน ส่วนความล่าช้าที่หลีกเลี่ยงได้ ให้กำจัดออกไปโดยวิธีการปรับปรุงการทำงาน

- เวลาของงานย่อยแต่ละงานควรจะสั้น แต่ไม่สั้นจนไม่สามารถจับเวลาได้ ถ้าเวลาของงานย่อยนั้นสั้นเกินไปให้รวมงานย่อย ที่มีการทำงานติดต่อกันเข้าไว้ด้วยกันจนสามารถจับเวลาได้ทันและงานย่อยนั้นควรมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่ชัดเจน

- งานย่อยแต่ละงานควรเป็นงานย่อยที่ชัดเจนแน่นอน ซึ่งจะทำให้เปรียบเทียบผลได้ชัดเจน หากมีข้อมูลจำนวนมากจะทำให้สามารถ ตั้งเวลามาตรฐานของแต่ละงานย่อยได้

4) การประมาณจำนวนรอบของการจับเวลา

มีขั้นตอนดังนี้

- จับเวลาเบื้องต้นของการทำงานโดย

ก) ถ้าวัฏจักรงานสั้นกว่า 2 นาที ให้จับเวลามา 10 ค่า

ข) ถ้าวัฏจักรงานยาวกว่า 2 นาที ให้จับเวลามา 5 ค่า

- หาค่า R (range) หรือพิสัย ซึ่งคือค่าสูงสุด (H) – ค่าต่ำสุดของกลุ่ม (L)

- หาค่า \bar{x} ซึ่งได้จากผลรวมของตัวเลขในกลุ่มหารด้วยจำนวนข้อมูล (5หรือ10) $= \frac{\sum x}{n}$ หรือ

อาจจะหาค่าประมาณการได้จากค่าสูงสุด + ค่าต่ำสุดของกลุ่มแล้วหารด้วย 2 $= \left(\frac{H+L}{2}\right)$

- คำนวณค่า $\frac{R}{\bar{x}}$

- อ่านค่า N (จำนวนรอบที่เหมาะสม) จากตารางที่ 2.1 ให้ตรงกับค่า $\frac{R}{\bar{x}}$ ที่คำนวณไว้

ตารางที่ 1 การหาจำนวนรอบที่เหมาะสมโดยประมาณสำหรับค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ ภายใน 95% ของความเชื่อมั่น

$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
.10	3	2	.42	52	30	.74	162	93
.12	4	2	.44	57	33	.76	171	98
.14	6	3	.46	63	36	.78	180	103
.16	8	4	.48	68	39	.80	190	108
.18	10	6	.50	74	42	.82	199	113
.20	12	7	.52	80	46	.84	209	119
.22	14	8	.54	86	49	.86	218	125
.24	17	10	.56	93	53	.88	229	131
.26	20	11	.58	100	57	.90	239	138
.28	23	13	.60	107	61	.92	250	143
.30	27	15	.62	114	65	.94	261	149
.32	30	17	.64	121	69	.96	273	156
.34	34	20	.66	129	74	.98	284	162
.36	38	22	.68	137	78	1.00	296	169
.38	43	24	.70	145	83			
.40	47	27	.72	153	88			

ที่มา: (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2552: 267)

5) การหาปัจจัยอัตราความเร็ว

ประมาณอัตราการการทำงานด้วยวิธี Westinghouse System of Rating โดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 4 ตัว คือ

- ทักษะหรือความชำนาญ คือความชำนาญในงานที่ทำ
- ความพยายาม คือความตั้งใจหรือความใส่ใจในการทำงานนั้น
- สภาพเงื่อนไขการทำงาน คือสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปในการทำงานนั้นๆ
- ความสม่ำเสมอ คือการรักษาความเร็วหรือจังหวะ หรือระดับของผลงานในการทำงาน

ตารางที่ 2 ตารางคะแนนขององค์ประกอบต่างๆในการประเมินอัตราความเร็วตามวิธีของ Westinghouse

Skill			Effort		
+0.15	A1	Superskill	+0.13	A1	Superskill
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excellent	+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.06	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Conditions			Consistency		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Ideal
+0.04	B	Excellent	+0.03	B	Excellent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

ที่มา: (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2552: 286)

6) คำนวณหาเวลาปกติ

สามารถคำนวณหาเวลาปกติ โดยใช้สมการนี้

เวลาปกติ = เวลาเฉลี่ย x ประสิทธิภาพในการทำงาน

โดยเวลาปกติของการทำงานทั้งหมดจะต้องนำเวลาปกติของงานย่อยมารวมกัน

7) การหาเวลาเผื่อ

เวลาเผื่อ คือเวลาที่จำเป็นต้องเพิ่มเข้าไปในเวลากการทำงานปกติ เพื่อให้คนงานสามารถมีเวลาในการทำธุระส่วนตัว ลดความเมื่อยล้า และเผื่อความล่าช้าของกิจกรรมต่างๆ

เวลาเพื่อมี 3 ประเภทใหญ่ๆได้แก่

- เวลาเพื่อส่วนตัว เช่นการเข้าห้องน้ำล้างมือ ตีมน้ำเป็นต้น โดยกำหนดเวลาเพื่อให้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับลักษณะของความหนักเบา ระยะเวลาทำงาน เจื่อนไซในการทำงาน ฯลฯ โดยเวลาเพื่อกิจส่วนตัวมักจะสูงกว่า 5% ของเวลาทำงานปกติ

- เวลาเพื่อความเมื่อยล้า มีความจำเป็นโดยเฉพาะกับงานที่มีเจื่อนไซการทำงานที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย เช่น งานหนัก สภาพแวดล้อมไม่ตีความเครียดในการทำงานสูง เป็นต้น ซึ่งทำให้คนที่ทำงานเหล่านี้มีความจำเป็นต้องพักเมื่อรู้สึกว่าร่า เราไม่สามารถกำหนดเวลาพักให้แน่นอนได้ก็จะขึ้นอยู่กับสุขภาพเพศและวิธีการทำงานของแต่ละคนตามโรงงานปกติจะมีกำหนดให้มีเวลาพัก 10-15 นาทีในช่วงเช้าและช่วงบ่ายเพื่อลดความเมื่อยล้าความเบื้อหน่ายของคนทำงาน

- เวลาเพื่อความล่าช้า เป็นเวลาเกือบเนื่องจากการปรับเปลี่ยนเครื่องมือ เครื่องจักร หรือเวลาเสียไปเนื่องจากเครื่องจักรชำรุดไฟฟ้าดับหรือ ขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิต ฯลฯ โดยปกติเราไม่สามารถกำหนดเวลาเพื่อความล่าช้าได้และเราจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดได้

8) หาเวลามาตรฐาน

หลังจากทราบค่าเวลาปกติ (Normal Time) และเวลาลดหย่อนแล้วสามารถ คำนวณหาเวลามาตรฐาน ของการทำงานได้โดย

$$\begin{aligned} \text{Std} &= \text{NT} + A (\text{NT}) \\ &= \text{NT}(1 + A) \end{aligned} \quad (2.1)$$

เมื่อ Std = เวลามาตรฐาน

NT = เวลาปกติ

A = เวลาลดหย่อน

10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปาไลดา อินตะจาย (2555) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องตีมน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์โดยใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต และวิธีการทำงาน เริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตและ วิธีการทำงานโดยใช้เครื่องมือตามเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา ไตแกแผนผังการไหล (Flow Diagram) กระบวนการผลิต (Process Chart) จากการวิเคราะห์พบว่า ปัญหาหลักที่ทำให้ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามใบสั่งซื้อของลูกค้าเกิดจากวิธีการทำงาน ขั้นตอนการทำงานและการวางผังกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตและปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดเวลารอบเวลาการผลิต (Manufacturing Cycle Time) และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ด้วยการใช้หลักการ ECRS และ เทคนิค การตั้งคำถาม (5W-1H) หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อนำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้กับทางโรงงาน ผลการ

ปรับปรุงพบว่า สามารถลดรอบเวลาในกระบวนการผลิตจาก 384.78 นาทีเป็น 327.21 นาที คิดเป็น 14.96 เปอร์เซ็นต์ ลดระยะทางการเคลื่อนที่จาก 36 เมตรเป็น 32 เมตร คิดเป็น 11.11 เปอร์เซ็นต์ และลดขั้นตอนในกระบวนการผลิตจาก 24 ขั้นตอนเป็น 21ขั้นตอน คิดเป็น 12.5 เปอร์เซ็นต์

11. วิธีดำเนินโครงการ

11.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

11.2 สถานที่และระยะเวลา

11.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
1. ศึกษาข้อมูลทั่วไป	60 วัน	- ศึกษากระบวนการผลิตและข้อมูลของโรงงาน ในปัจจุบันทำการศึกษาประเด็นปัญหาต่างๆ - ศึกษาวางผังโรงงาน ลักษณะของผลิตภัณฑ์ วิธีการทำงานของพนักงาน	ร้านเคียงเลย มะพร้าวแก้ว
2. ประเมินปัญหาเบื้องต้นเพื่อหาวิธีในการแก้ปัญหา	30 วัน	วิเคราะห์ข้อมูลศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน จากการสังเกต การสัมภาษณ์ให้น้ำหนักปัญหาร่วมกับหัวหน้าฝ่ายผลิต ผู้จัดการโรงงานและผู้ปฏิบัติงานผลิต	ร้านเคียงเลย มะพร้าวแก้ว
3. วิเคราะห์กระบวนการผลิต	30 วัน	- หาแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
4. ปรับปรุงกระบวนการผลิตเปรียบเทียบผล การปรับปรุงกับวิธีเดิม	60 วัน	- ทำการปรับปรุงงานโดยการศึกษาวิธีการทำงานและ เทคนิคการวัดผลงานโดยการทำงานง่ายขนสะดวก รวดเร็วขึ้นและ ประหยัดค่าใช้จ่ายใช้แนวคิด ECRS - การจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออกไป (Eliminate)	ร้านเคียงเลย มะพร้าวแก้ว

		<ul style="list-style-type: none"> - การรวมขั้นตอนการทำงานหลายส่วนเข้าด้วยกัน(Combine) - การจัดขั้นตอนการทำงานใหม่ (Rearrange) - การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) - ทำการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงกับวิธีเดิม 	
5. สรุปผลการปรับปรุง	30 วัน	เสนอแนะแนวทางที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนในการผลิตกระบวนการผลิต รวมทั้งรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องใน การผลิตที่มีส่วนสำคัญและใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงประสิทธิภาพและเพิ่มคุณภาพในการผลิต	ร้านเคียงเลย มะพร้าวแก้ว

14.งบประมาณ

ค่าใช้จ่ายในการลงพื้นที่ตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ

5,000 บาท

15. เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา วงศ์วรรณ. การปรับปรุงผลิตภาพในการผลิตประตู-หน้าต่างด้วยเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมบัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2557

ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนามะพร้าว. (2559). ค้นเมื่อ 6 มกราคม 2563, จาก <https://www.opsmoac.go.th/>
ชวลิต หินแสง. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานผลิตของเล่นไม้ด้วยเทคนิคการศึกษา

การเคลื่อนไหวและเวลา. สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553

นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. พีชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547

นภาพร อิมสันเทียะ. การศึกษาเปรียบเทียบการวัดเวลามาตรฐานการทำงาน โดยวิธีการจับเวลา

การทำงาน (STOPWATCH TIME STUDY) วิธีการสุ่มงาน (WORK SAMPLING) และ วิธีการกำหนด

โดยผู้เชี่ยวชาญ (EXPERT OPINION STANDARD). วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการผลิตภัณฑ์สุขภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548

เบญจมาภรณ์ พิรนนทปัญญา. การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบชุดขุดดินที่เหมืองแม่เมาะโดยใช้เทคนิค

การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549

- พรรณธิดา เหล่าพวงศักดิ์, นพพร จันทรนาช และณัฐกฤตย์ ดิฐวิรุฬห์. (2556). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการสายแยก ทางหลวงหมายเลข 331 – บ้านหนองคล้า อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาการจักการ. 56 (30), 1-21
- โรม ลีพิทักษ์สกุล. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของพื้นที่ปลูกชาขนาดเล็กและขนาดกลางในเขตอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. การศึกษาอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2551
- วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555
- วิวัฒน์ อภิสิทธิ์ภิญโญ. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพฯ : ไอเดียซอฟต์แวร์เทคโนโลยี, 2549
- สุวิทย์ สายสุธนาวิชัย, นิวิธ เจริญใจ. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของโรงงานต้นแบบการผลิตล้อยอกประสานจากถ่านหินโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561
- อำนาจ อมฤก. การลดเวลาการผลิตรวมโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน กรณีศึกษาโรงงานผลิตแท่งครดบรรทุก. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547
- อุตสาหกรรมมะพร้าว. (2559). ค้นเมื่อ 6 มกราคม 2563, จาก <http://fic.nfi.or.th/>

1. ชื่อโครงการ การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรด
Cost and Benefit Study on Pineapple Cultivation

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวญาณิศา แพงศรี รหัส 6041101107
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ หมู่เรียน วศ.6001
โทรศัพท์ 098-1844066 E-mail: yantias.miw502@gmail.com

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวชลดา ทองแบบ รหัส 6041101106
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ หมู่เรียน วศ.6001
ชื่อ-สกุล นางสาวภัทรินทร์ธาดา คำภูแก้ว รหัส 60411001124
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ หมู่เรียน วศ.6001

3.4 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์ จันทระ
สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการ

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

4.1 บ้านไร่ม่วงใต้ ต.น้ำหมาน อ.เมือง จ.เลย

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากสับปะรดสามารถทนต่อสภาพอากาศได้สูงทำให้ปลูกได้ในดินแทบทุกแห่ง ในประเทศไทยและแหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ในพื้นที่ใกล้ทะเลได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชลบุรีจังหวัดระยอง จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดจันทบุรี จังหวัดตราด และจังหวัดต่างๆในภาคใต้เช่น ภูเก็ต พังงา ชุมพร นอกจากนี้ยังมีการปลูกสับปะรดในภาคอีสาน เช่น จังหวัดเลยเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกสับปะรดในพื้นที่บ้านไร่ม่วงใต้ ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย มีเนื้อที่กว่า 1,300 ไร่ จำนวน 4,000-5,000 ต้น/ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 6-8 ต้น/ไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดเลย,2561) พันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่บ้านไร่ม่วงใต้ ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย คือพันธุ์ปัตตาเวียมีรสชาติหวานฉ่ำและเป็นที่ต้องการของตลาด จากที่ผู้วิจัยได้ไปลงพื้นที่ไปศึกษาหาข้อมูล ที่บ้านไร่ม่วงใต้ ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ได้พบว่าเกษตรกรบางรายไม่ทราบถึงต้นทุนที่ได้ทำการลงทุนไปกับการปลูกสับปะรดเนื่องจากขาดคนให้ความรู้ความเข้าใจ เรื่องการวิเคราะห์ ต้นทุนและผลตอบแทน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียในพื้นที่บ้านไร่ม่วงใต้ ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูก เพื่อให้เกษตรกรได้รับทราบด้านต้นทุนที่แท้จริงในการปลูกสับปะรดอันนำไปสู่การวางแผนลดต้นทุนในการปลูกสับปะรด และเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนในการส่งเสริมสนับสนุนเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดต่อไป

6. วัตถุประสงค์โครงการงาน

เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรด

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

ต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรดเป็นอย่างไร

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกสับปะรดในแต่ละขนาด พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรในการปลูก สับปะรดและผู้สนใจที่จะลงทุนปลูกสับปะรด

9. ขอบเขตของโครงการงาน

กรณีศึกษา : สับปะรด (พันธุ์ปัตตาเวีย) บ้านไร่ม่วงใต้ ตำบลน้ำหมาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 ความหมายและความสำคัญ

พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา และชื่ออื่นๆ เช่น ปรานบุรี หรือสามร้อยยอด ปลูกกันมากเพื่อส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้แปรรูป โดยแหล่งปลูกที่สำคัญ คือประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง และยังนิยมปลูกกันทั่วไปเพื่อขายผลสด เพราะมีรสหวานฉ่ำ มีน้ำมาก ลักษณะทั่วไป มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบน เป็นมันเงา ส่วนใต้ใบ จะมีสีออกเทาเงินตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปร่างต่างกัน ไปมีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2 - 6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผิวผลดิบมีสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้น มีแกนกลางขนาดใหญ่ เนื้อสีเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน มีรสชาติดี

10.2 แนวคิดและการจำแนกประเภทต้นทุน

แนวคิดเบื้องต้นในการจำแนกประเภทต้นทุนขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

10.2.1 จำแนกตามลักษณะหรือองค์ประกอบ ได้แก่

10.2.1.1 วัตถุดิบ คือวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำให้ผลิตภัณฑ์ นั้น

สำเร็จรูปต้นทุนวัตถุดิบแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- วัตถุดิบทางตรงคือวัตถุดิบโดยตรงหมายถึงวัตถุดิบที่นำไปใช้ในการผลิตสินค้าหรือบริการ โดยตรงสามารถคำนวณได้ง่ายว่าต้นทุนวัตถุดิบที่รวมอยู่ในการผลิตสินค้าหนึ่งหน่วย เป็นเท่าใดเช่นไม้ที่นำมาใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์หนังสือผ้าที่นำมาตัดเป็นเสื้อ เป็นต้น

- วัตถุดิบทางอ้อมหรือวัตถุดิบโดยอ้อมหมายถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้านั้นแต่ใช้เป็นจำนวนน้อยเป็นการยากที่จะทราบได้ว่าจะต้องใช้วัตถุดิบเหล่านี้ในการผลิตสินค้าหนึ่งหน่วยเท่ากับเท่าใด ตัวอย่างเช่นการต้มน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น กิจกรรมบางแห่งอาจใช้คำว่าวัสดุโรงงานหรือวัสดุสิ้นเปลืองแยกเป็นรายการหรือรายการหนึ่งต่างหากจากรายการวัตถุดิบทางอ้อม

10.2.1.2 ค่าแรง คือจำนวนเงินที่กิจการจ่ายเป็นค่าตอบแทนแรงงานในการผลิตสินค้า หรือบริการการจ่ายค่าแรงอาจจะอยู่ในรูปต่างๆ เช่นในรูปของเงินเดือนค่าแรงรายชั่วโมงค่าแรงรายชิ้น (ตามหน่วยสินค้าที่ผลิต) หรือในรูปของผลตอบแทนอื่นๆ เช่นค่าล่วงเวลาโบนัสแลกรางวัลจูงใจอื่นๆ โดยปกติจะแยกค่าแรงเป็น 2 ประเภทคือ

- ค่าแรงทางตรง คือค่าแรงที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อเปลี่ยนสภาพวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูปหรือเป็นค่าแรงที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้านั้นๆ โดยตรงและสามารถคำนวณต้นทุนค่าแรง ที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละหน่วยได้โดยง่ายตัวอย่างเช่นค่าแรงของพนักงานคุมเครื่องจักรในแผนกประกอบค่าแรงของช่างตัดเสื้อในกิจการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป เป็นต้น

- ค่าแรงทางอ้อม หมายถึงค่าแรงที่ไม่ได้ใช้หรือไม่ได้เกี่ยวข้องกับผลิตโดยตรงเช่นค่าแรงหัวหน้าผู้ควบคุมงาน เงินเดือนของยามภารโรงหรือพนักงานทำความสะอาดเงินเดือนของผู้จัดการโรงงาน เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากบุคคลเหล่านี้ไม่ได้เป็นผู้ผลิตสินค้าโดยตรงทั้งยังเป็นการยากที่จะติดตามรายการดังกล่าวเข้าในหน่วยที่ผลิตทำให้ไม่สามารถคำนวณต้นทุนค่าแรงเข้าในการผลิตสินค้าได้นิยมจัดรายการนี้ไว้ในค่าใช้จ่ายการผลิต

10.2.1.3 ค่าใช้จ่ายการผลิต ค่าใช้จ่ายการผลิตคือค่าใช้จ่ายโรงงานที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในการผลิตสินค้ายกเว้นวัตถุดิบทางตรงและค่าแรงทางตรงตัวอย่างค่าใช้จ่ายการผลิตได้แก่วัตถุดิบทางอ้อมค่าวัสดุสิ้นเปลืองโรงงานค่าแรงทางอ้อมค่าเสื่อมราคาโรงงานและเครื่องจักร

10.2.2 จำแนกตามหน้าที่ ได้แก่ การผลิต การขาย การขนส่ง การบริการ การวิจัยและพัฒนา เป็นการจำแนกตามหน้าที่ เช่น หน้าที่ของฝ่ายการผลิต คือ การผลิตสินค้า ต้นทุนการผลิตสินค้า จะประกอบด้วย วัตถุดิบ ค่าแรง และค่าใช้จ่ายในการส่งเสริมการผลิต ส่วนหน้าที่ของการขาย คือการขายสินค้า ค่าใช้จ่ายในการขายสินค้า เช่น ค่านายหน้า ค่าโฆษณา ค่าใช้จ่ายในการส่งเสริมการขาย

10.2.3 จำแนกเป็นทางตรงและทางอ้อม ในการจำแนกทางตรงและทางอ้อม โดยทั่วไปมักใช้ในการจัดการหรือการบริหาร สามารถทราบลักษณะของต้นทุนทางตรงซึ่งเป็นต้นทุนที่มีสาระสำคัญของสินค้าหรือบริการ เช่น ค่าวัตถุดิบทางตรง ค่าแรงทางตรง ส่วนต้นทุนทางอ้อมมักจะเป็นต้นทุน ที่ใช้ในการผลิตโดยรวม เช่น ค่าวัตถุดิบทางอ้อม ค่าแรงทางอ้อม ตัวอย่าง เช่น การผลิตช่างไม้แกะสลักต้นทุนทางตรง คือ ไม้ที่เป็นวัตถุดิบ

ทางตรงค่าแรงงานและสักรเป็นค่าแรงทางตรงส่วนต้นทุนทางอ้อม ได้แก่ วัสดุทางอ้อม เช่น ค่ากระดาษทรายแล็กเกอร์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบทางอ้อมส่วนค่าพนักงานทำความสะอาดโรงงานค่าयरรักษาการณ์เป็นค่าแรงทางอ้อมค่าใช้จ่ายในโรงงานอื่นๆ ถือเป็นต้นทุนทางอ้อมที่ต้องมีการจัดสรรเช่นเดียวกัน

10.2.4 จำแนกตามความผันแปร เป็นการจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรม ได้แก่

10.2.4.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) คือต้นทุนที่มีพฤติกรรมคงที่ หมายถึงต้นทุนรวม ที่มีได้เปลี่ยนแปลงไปตามระดับการผลิตในช่วงของการผลิตระดับหนึ่ง แต่ต้นทุนต่อหน่วย จะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณการผลิตที่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ หากปริมาณการผลิตมากขึ้นทำให้ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยลดลง ตัวอย่างของต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าใช้ที่ดิน ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ เป็นต้น

10.2.4.2 ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) คือต้นทุนที่มีต้นทุนต่อหน่วยคงที่ ในขณะที่ต้นทุนรวมจะผันแปรไปตามปริมาณการผลิต ซึ่งโดยปกติต้นทุนผันแปรจะเป็นต้นทุนที่มีความหมายมาก ต่อการตัดสินใจ ตัวอย่างต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าปุ๋ย เป็นต้น

10.2.4.3 ต้นทุนกึ่งแปรผัน (Mixed Cost) หรือต้นทุนผสม คือต้นทุนที่มีพฤติกรรมผสมระหว่างต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ซึ่งเป็นการยากที่จะกำหนดหรือระบุว่าต้นทุนส่วนใดจำนวนเท่าใดเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนส่วนใด จำนวนเท่าใดเป็นต้นทุนผันแปรโดยที่ในทางปฏิบัติมักจะมีต้นทุนในลักษณะนี้อยู่เป็นจำนวนมาก

10.2.5 จำแนกตามความสามารถในการควบคุม ได้แก่ ควบคุมได้ ควบคุมไม่ได้ กรณีที่จำแนกเป็นต้นทุนที่ควบคุมได้กับควบคุมไม่ได้ มักใช้กับการบริหารต้นทุนที่สามารถควบคุมได้และไม่ได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในเลือกปัจจัยภายนอก โดยทั่วไปแล้วต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายนอก เช่น การนำเข้าต้นทุนที่ควบคุมไม่ได้ อาจมาจากความไม่แน่นอนอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราราคาสินค้าราคาน้ำมันผลกระทบทางการเมืองและเศรษฐกิจ

10.2.6 จำแนกตามความเป็นปกติได้แก่ปกติไม่ปกติเป็นการจำแนกเพื่อการจัดการเช่นต้นทุน การสูญเสียที่เป็นไปตามปกติอาจถือเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนรวมแต่ถ้าการสูญเสียไม่ได้เกิดจากการดำเนินงานตามปกติเช่นเกิดจากความผิดปกติของกระบวนการผลิตการผิดปกติของพลังงาน หรืออุบัติเหตุกรณีนี้จะแยกต้นทุนต่างหากจากต้นทุนการผลิตตามปกติ

สมการต้นทุน-ปริมาณ-ผลกำไร

ผลกำไร-ขาดทุนที่แสดงในงบทั้งสามคำนวณได้ดังนี้

รายรับรวม-ต้นทุนรวม	=	กำไรสุทธิ
หรือ TR-TC	=	NI
โดยที่ TR	=	รายรับรวม
	=	Total Revenue

TC	=	ต้นทุนรวม
	=	Total Cost
NI	=	กำไรสุทธิ
	=	Net Income

สามารถแสดงต้นทุนรวมให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้นซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบคงที่ และองค์ประกอบแปรผัน ดังต่อไปนี้

ต้นทุนรวม = ต้นทุนคงที่รวม + ต้นทุนแปรผันรวม

(2.1)

$$(TC = Fc + VQ)$$

โดยที่ V = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

Q = ปริมาณที่ผลิตได้

Fc = ต้นทุนคงที่

ถ้ากำหนดสมมติฐานว่ารายรับเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นตรงของผลคูณระหว่างราคาต่อหน่วยและปริมาณดังนี้

รายรับรวม = ราคาต่อหน่วย*ปริมาณ

(2.2)

$$(TR = PQ)$$

โดยที่ P = ราคาขายต่อหน่วย

Q = ปริมาณที่ขายได้

ดังนั้นจากรายรับรวมและต้นทุนรวมที่ได้กล่าวแล้วในเบื้องต้น จะสามารถกำหนดสมการ ผลกำไร-ขาดทุนได้ดังนี้

(2.3)

$$PQ - VQ - Fc = NI$$

ซึ่งเรียกสมการนี้ว่า สมการต้นทุน-ปริมาณ-ผลกำไร เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนของฝ่ายจัดการที่สำคัญอย่างหนึ่ง (จिरพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์, 2557 : 395)

อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน

อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุนเป็นเกณฑ์ในการวัดปฏิบัติงานที่มีความสำคัญมากในการวัดการปฏิบัติงานมีหลายอย่าง เช่น วัดจากการเปลี่ยนแปลงในยอดขาย การเปลี่ยนแปลงกำไร หรือการวัดจากผลิตผลที่ได้ การวัดแต่ละอย่างมิได้เป็นเกณฑ์วัดที่สมบูรณ์ถ้ายอดขายเพิ่มแสดงว่าการปฏิบัติงานทำได้ดี แต่การเพิ่มขึ้นของ

ยอดขายอาจเป็นผลให้เสียค่าใช้จ่ายสูง เช่น เสียส่วนลดสูงหรือเกิดจากการลดราคาเกณฑ์การวัดที่ดีควรวัดจากกำไร ซึ่งเป็นปัญหาอีกว่ากำไรมากหรือกำไรน้อยเปรียบเทียบกับจากอะไรทางหนึ่งที่ทำให้เราทราบถึงภาวะในการหากำไรของบริษัท ก็คือการเปรียบเทียบกำไรที่ได้ขนาดของเงินที่ลงทุนตั้งนั้นวิธีการวาดการปฏิบัติงานของธุรกิจด้วยกำไรสุทธิต่อเงินลงทุนใน สินทรัพย์ที่ก่อให้เกิดรายได้จึงเป็นวิธีใช้ได้ดีและใช้กันอย่างกว้างขวาง

อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุนในการเปรียบเทียบเลือกทางเลือกในการลงทุน หากทางเลือกต่างๆ ให้ผลตอบแทนที่แตกต่างกันแต่มีระดับความเสี่ยงที่เท่ากันกรณีเช่นนี้จะเลือกทางเลือกที่ให้อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุนสูงที่สุดแต่ตามข้อเท็จจริงการลงทุนในสินทรัพย์แต่ละประเภทอัตราผลตอบแทนได้ไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเสี่ยงในสินทรัพย์ลงทุนประเภทนั้นๆ เช่นลงทุนใน พันธบัตรรัฐบาลอัตราผลตอบแทนจะต่ำเนื่องจากมีความเสี่ยงน้อยมากหรือกล่าวได้ว่าไม่มีความเสี่ยงเลยผิดกับการลงทุนในสินทรัพย์ประเภทอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินทรัพย์ประเภทที่มีอายุการใช้งานมากกว่าหนึ่งปี ความเสี่ยงจะสูงและอัตราผลตอบแทนที่ต้องการเพื่อให้คุ้มกับความเสี่ยงจึงสูง ดังนั้นอัตราผลตอบแทนจึงใช้ประโยชน์ในการประเมินผลการดำเนินงานว่าผลตอบแทนที่ได้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการหรือไม่

สูตรในการคำนวณ หาอัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุนมี ดังนี้

(2.4)

$$\text{อัตราผลตอบแทนจากเงินลงทุน} = \frac{\text{กำไรสุทธิ}}{\text{สินทรัพย์รวม}} \times 100$$

เงินลงทุนในที่นี้ มีได้หลายความหมาย การวัดผลตอบแทนจึงขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการวัด เป็นต้นว่าวัดผลตอบแทนจากสินทรัพย์รวม ผลตอบแทนเงินทุนจากระยะยาว (หนี้สินระยะยาว + ส่วนของผู้ถือหุ้น) หรือผลตอบแทนจากส่วนของผู้ถือหุ้น เป็นต้น

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) หมายถึง ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดสุทธิจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุนนั่นเอง ระยะเวลาคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนอย่างง่ายและ ไม่ซับซ้อน เป็นการประเมินคร่าวๆ และรวดเร็วเหมาะกับเม็ดเงินลงทุนจำนวนไม่มาก อย่างไรก็ตามการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีจุดอ่อนตรงที่ไม่ได้นำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาพิจารณาและไม่ให้ความสำคัญกับกระแสเงินสดที่ได้รับภายหลังระยะเวลาคืนทุน ทำให้อาจเกิดการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นในบางกรณีอาจแก้ปัญหาโดยนำกระแสเงินสดมาปรับลดด้วยอัตราคิดลด ซึ่งเป็นการสะท้อนมูลค่าเงินตามเวลาก่อนแล้วค่อยนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (discount payback period : DPB)

(2.5)

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุนรวม}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี}}$$

10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรรถพล อุสายพันธ์ (2561) การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาต้นทุนการปลูกสับปะรดต่อไร่ และ 2) เพื่อศึกษาปัญหาการปลูกสับปะรดในแต่ละขั้นตอน 3) เพื่อหาแนวทางการลดต้นทุนในการปลูกสับปะรด ใช้ระเบียบวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ ประชากร คือ เกษตรกรที่ปลูกสับปะรด ในอำเภอปากท่อ อำเภอจอมบึง อำเภอสวนผึ้ง และอำเภอบ้านคา ในจังหวัดราชบุรี ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จากตารางกำหนดกลุ่มตัวอย่างของทาโรยามาเน (Taro Yamane) จำนวนประชากรที่ไม่สำรอนับจำนวนได้แน่นอนต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 4 คน โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 วิธีการสุ่มตัวอย่างผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi Stage Sampling) ดังนี้ 1) สุ่มตัวอย่างแบบกำหนดโควตา (Quota Sampling) คือ กำหนดโควตากลุ่มตัวอย่างของแต่ละอำเภอ อำเภอปากท่อ จำนวน 70 คน อำเภอจอมบึง จำนวน 80 คน อำเภอสวนผึ้ง จำนวน 100 คน และอำเภอบ้านคา จำนวน 150 คน 2) ในกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดจำนวนไว้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงมีจุดมุ่งหมาย (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่สามารถให้ข้อมูลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ใช้แบบบันทึกต้นทุน แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม และการสนทนา กลุ่มย่อย การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ 1) การคิดต้นทุนต่อไร่ ได้มาจากต้นทุนคงที่บวกต้นทุนผันแปร 2) ปัญหาการใช้ต้นทุนการปลูกสับปะรดในแต่ละประเภท วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย 3) แนวทางการลดต้นทุนในการปลูก วิเคราะห์เป็นข้อสรุปเขียนในเชิงพรรณนา

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีเพศชายมากกว่าเพศหญิง มีอายุระหว่าง 51-60ปี การศึกษาสูงสุดจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ส่วนใหญ่ใช้แหล่งเงินทุนมาปลูกสับปะรดโดยการใช้เงินกู้บางส่วนและใช้เงินทุนของตัวเองบางส่วน แหล่งเงินกู้หลักมาจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) รองลงมาคือนายทุนเงินกู้ ต้นทุนการปลูกสับปะรดต่อไร่ จำแนกเป็นรายอำเภอได้ดังนี้ อำเภอปากท่อ ต้นทุนต่อไร่เท่ากับ 19,319 บาท อำเภอจอมบึง ต้นทุนต่อไร่ เท่ากับ 19,035 บาท อำเภอสวนผึ้ง ต้นทุนต่อไร่เท่ากับ 22,102 บาท และอำเภอบ้านคา ต้นทุนต่อไร่เท่ากับ 22,235 บาท โดยเฉลี่ยต้นทุนการปลูกสับปะรดต่อไร่ในจังหวัดราชบุรี เท่ากับ 20,672 บาท ปัญหาการปลูกสับปะรด เรียงลำดับจากปัญหามากที่สุดจนถึงปัญหาระดับมาก คือ ปัญหาราคาสับปะรดตกต่ำ ปัญหาค่ายาสารเคมีชนิดต่าง ๆ ปัญหาปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ปัญหาการขายที่โรงงานหรือปัญหาการนำไปขายสด และปัญหาหนี้สินตามลำดับ แนวทางการลดต้นทุนการปลูกสับปะรด เริ่มจากให้เกษตรกรคิดและตระหนักถึงการลดต้นทุนตั้งแต่การเตรียมดินและบำรุงดินเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง การคัดห่อนพันธุ์ที่มีคุณภาพตั้งแต่แรก การใช้ปุ๋ยเคมีไม่ให้สิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ การรวมกลุ่มกันซื้อปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืช การใช้แรงงานในครอบครัวและเทคโนโลยี การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้นภายใต้ต้นทุนเท่าเดิม เป็นต้น

เกษสุตา ศรีวงศ์ (2552) ศึกษาวิจัยต้นทุนและผลตอบแทน จากการปลูกสับปะรดของเกษตรกร : กรณีศึกษาเกษตรกรอำเภอเมือง การศึกษาเมืองและอำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปางพบว่า ต้นทุนในการปลูกสับปะรดต่อไร่ สำหรับไร่ขนาดเล็กเท่ากับ 10,167.97 บาท ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ 760.95 บาท ต้นทุนผันแปร 9,407.02 บาท สำหรับไร่ขนาดกลางเท่ากับ 11,521.99 บาท ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ 497.92 บาท ต้นทุนผันแปร 11,024.07 บาท สำหรับไร่ขนาดใหญ่เท่ากับ 13,333.83 บาท ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ 303.59 บาท ต้นทุนผันแปร 13,024.07 บาท ผลตอบแทนต่อไร่ในการปลูกสับปะรดสำหรับไร่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่เท่ากับ 16,406.44 บาท 16,118.90 บาท และ 17,355.80 บาทตามลำดับ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนสำหรับไร่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่เท่ากับ 868.14 บาท 1,220.50 บาท และ 1,406.06 บาท ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนในการปลูกสับปะรดต่อไร่ พบว่า ต้นทุนในการปลูกต่อไร่สำหรับไร่ขนาดใหญ่ต้องลงทุนสูงกว่าไร่ขนาดกลางเป็นเงิน1,811.84 บาท และสูงกว่าไร่ขนาดเล็กเป็นเงิน 3,164.86 บาทตามลำดับ ส่วนการเปรียบเทียบผลตอบแทนจากการลงทุน จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน และมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าใกล้เคียงกัน

ธนายา พร้อมมูล (2559) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทน ในการลงทุนปลูกสับปะรดของเกษตรกรรายย่อยตำบลห้วยทรายเหนือ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัยประยุกต์จากแนวคิดต้นทุนการผลิตทั้งหมด และการประหยัดจากขนาดวิธีการสำรวจ เก็บข้อมูลด้วยวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 29 ครัวเรือน จากเกษตรกรรายย่อยผู้ปลูกสับปะรด ตำบลห้วยทรายเหนือ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทางการเงินของปีเพาะปลูก 2555-2559 ข้อมูลวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโดยใช้ข้อมูลทางการเงิน โดยกำหนดอัตราคิดลดร้อยละ 7 และร้อยละ 12 ต่อปี ผลจากการวิจัยพบว่า (1) การลงทุนปลูกสับปะรดของเกษตรกรรายย่อยให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนในทุกขนาดของการเพาะปลูก (2) ปัญหาหลักในการปลูกสับปะรดโดยส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยการผลิต ได้แก่ ปุ๋ยเคมีราคาสูง และน้ำแล้ง (3) การผลิตของไร่ขนาดใหญ่มีประสิทธิผลมากที่สุด เพราะมีระยะเวลาคืนทุนเร็วและมีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการสูง เป็นไปตามหลัก ของการประหยัดขนาด และ (4) ผลจากวิเคราะห์ความอ่อนไหว สะท้อนว่า ในกรณีที่มีรายได้ลดลง 10% หรือต้นทุนเพิ่มขึ้น 10% การลงทุนก็ยังคงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในทุกขนาดการเพาะปลูก ในขณะที่ไร่ขนาดใหญ่มักมีผลตอบแทนภายในโครงการสูงที่สุด ผลดังกล่าวตีความได้ว่า เกษตรกรควรพิจารณาลงทุนในไร่ที่มีขนาดใหญ่ หรือรวมตัวกันทำไร่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

เอกชัย อุตสาหะ (2553) การศึกษารั้วนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรดของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลบึงคู่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายและศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไข ปัญหาในการปลูกสับปะรดของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลบ้านคู่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษารั้วนี้ ได้แก่ เกษตรกรผู้เพาะปลูกสับปะรดของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลบึงคู่อำเภอเมืองจังหวัดเชียงรายจำนวน16 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์หาค่าความถี่ ค่าร้อยละและใช้การคำนวณทางบัญชีผลการศึกษา พบว่า ต้นทุนรวมการปลูกสับปะรด

ต่อไร่ในภาพรวมเท่ากับ 10,073.06 บาท เมื่อพิจารณาพบว่า กรณีที่ 1 มีที่ดินเป็นของตนเองมีต้นทุนรวมการปลูก สับปะรดต่ำที่สุดเท่ากับ 9,792.84 บาทต่อไร่ ส่วนคั้นผลตอบแทนการปลูกสับปะรดเกษตรกรรมมีผลผลิตรวมเฉลี่ยต่อ ไร่เท่ากับ 1,071.42 กิโลกรัม ทำให้มีรายได้รวมเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 15,659.35 บาท มีผลผลิตและรายได้รวมเฉลี่ย สูงสุด และมีอัตรากำไรสุทธิสูงสุดกรณีที่ 2 เช่าที่ดินมีอัตราผลตอบแทนของสินทรัพย์สูงสุดกรณีที่ 3 เช่าที่ดินบางส่วน มีจุดคุ้มทุนอยู่ในระดับสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการลงทุนปลูกสับปะรด พบว่ากรณีที่ 1 มีที่ดินเป็นของ ตนเองมีความคุ้มค่าในการลงทุนปลูกสับปะรดสูงสุด ปัญหาในการปลูกสับปะรดของเกษตรกรพบมาก 3 อันดับแรก คือ ปัญหาภัยธรรมชาติ ราคาปุ๋ยสูงขึ้นกับการเสื่อมสภาพของดินและไม่มีแหล่งรับซื้อสับปะรดในช่วงผลผลิตมีมาก ทำให้ราคาคงต่ำ แนวทางการแก้ไขปัญหาคือ 3 อันดับแรก คือ หน่วยงานภาครัฐการส่งเสริมสนับสนุนและให้ความรู้ เกี่ยวกับการผลิตและการใช้ชีวภาพ หน่วยงานภาครัฐควรจัดหาแหล่งรับซื้อผลผลิตในช่วงที่ผลผลิตมีมาก และ หน่วยงานภาครัฐควรให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการปรับปรุงบำรุงดินแก่เกษตรกร

ปิยะราช เตชะสืบ (2557) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการลงทุน โครงการปลูกผักกูดช่วยปลดปล่อยสารพิษเพื่อการค้าในจังหวัดลำปาง ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เกษตรกร จำนวน 3 ราย และศึกษาข้อมูลจากเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ข้อมูลของต้นทุน การผลิตและรายได้ สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบแทนใช้วิธีวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงจากโครงการ (IRR) ผลการศึกษา พบว่า การลงทุนมีต้นทุนการผลิตรวม 341,473.44 บาท รายได้รวม 1,189,246.40 บาทและต้นทุนเฉลี่ย กิโลกรัมละ 63.16 บาท มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เท่ากับ 3 ปีกับ 2 เดือน 4 วันมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) เท่ากับ 39,298.16 บาท อัตราผลตอบแทนที่แท้จริง (Internal Rate of Return) ภายในโครงการเท่ากับร้อยละ 11.32

11. วิธีดำเนินโครงการ

11.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

11.2 การออกแบบโครงการ (โครงการเชิงทดลอง/โครงการเชิงสำรวจ หรืออื่นๆ)

11.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์

11.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

11.4.1 เลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

11.4.2 เก็บรวบรวมข้อมูล

11.4.3 การจัดทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

11.4.4 การประเมินการลงทุน

11.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

11.5.1 ทำการตรวจสอบความถูกต้อง สมบูรณ์ของแบบสัมภาษณ์ และข้อมูลจากการสังเกตแบบ

มีส่วนร่วม

11.5.2 คัดแยกข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ

11.5.3 บันทึกข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

11.6 การจัดทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบสอบถามที่รวบรวม มาบันทึกข้อมูลเพื่อประมวลผล และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนี้

11.6.1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์วิเคราะห์หาความถี่และร้อยละ

11.6.2 คำถามเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรด วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ยต้นทุนต่อไร่ สำหรับการคำนวณต้นทุนการผลิตต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

11.6.2.1 ต้นทุนรวมต่อไร่ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นทั้งที่เป็นตัวเงินสดและไม่เป็นตัวเงินสดจำแนกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันแสดงสมการดังนี้

(3.1)

ต้นทุนรวม = ต้นทุนคงที่รวม + ต้นทุนแปรผันรวม

11.6.2.2 ต้นทุนคงที่ต่อไร่ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับที่ดิน ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือเครื่องใช้ในการเพาะปลูกมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับที่ดิน ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด

(3.2)

ต้นทุนคงที่ต่อไร่ = $\frac{\text{จำนวนที่ดิน (ไร่)}}{\text{จำนวนที่ดินทั้งหมด (ไร่)}} \times \text{ค่าใช้จ่ายในการเช่าที่ดิน}$

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและเครื่องใช้ในการเพาะปลูก โดยใช้วิธีการคำนวณค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง ใช้สูตรการคำนวณนี้

(3.3)

ค่าเสื่อมราคา = $\frac{\text{ราคาทุนของสินทรัพย์} - \text{มูลค่าคงเหลือของสินทรัพย์}}{\text{อายุการใช้ประโยชน์ (ปี)}}$

11.6.2.3 ต้นทุนแปรผันทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยค่าหน่วยของสับปะรด ค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่นๆมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าหน่วยของสับปะรด

- ค่าแรงงาน ประกอบด้วยค่าแรงงานคนงานทุกประเภท เริ่มต้นตั้งแต่กระบวนการเตรียมดินการเพาะปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต

- ค่าใช้จ่ายในการผลิตอื่นๆ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปุ๋ย ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา ค่าสาธารณูปโภค รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกสับปะรด

11.6.3 คำถามเกี่ยวกับผลตอบแทนจากการปลูกสับปะรด รวมถึงผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจนถึงกระบวนการจัดจำหน่าย วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนต่อไร่ สำหรับการคำนวณผลตอบแทนต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

(3.4)

ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่) = ผลผลิตทั้งหมด / จำนวนพื้นที่เพาะปลูกสับปะรด

(3.5)

ราคาขายเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม) = ราคาขายทั้งหมด / ผลผลิตทั้งหมด

(3.6)

รายได้ทั้งหมด (บาท) = ผลผลิตเฉลี่ย \times ราคาขายเฉลี่ย

(3.7)

กำไร (ขาดทุน) สุทธิ = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนรวม

11.6.4 คำถามเกี่ยวกับความเสี่ยง ปัญหาและอุปสรรคของการปลูกสับปะรดวิเคราะห์หาความถี่ และร้อยละ

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
1.เก็บรวบรวมข้อมูล	60 วัน	- สืบค้นเอกสารงานวิจัย - ศึกษาข้อมูลในปัจจุบัน - ทำแบบสอบถาม เพื่อเก็บข้อมูล - ลงพื้นที่เก็บข้อมูล	บ้านไร่ม่วงใต้ ตำบลน้ำหวาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย
2. การวิเคราะห์ข้อมูล	30 วัน	นำข้อมูลมาจำแนกตามความผันแปร เป็นการจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรม ได้แก่ ต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผันและต้นทุนกึ่งแปรผัน	มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย
3. การประเมินการลงทุน	30 วัน	โดยคำนวณหาค่า ดังนี้ 1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 2. อัตราผลตอบแทนที่แท้จริง 3. ระยะเวลาคืนทุน	มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย
4. สรุปผลการประเมินการลงทุน	15 วัน	ตัดสินใจในการเลือกลงทุนหรือไม่ลงทุน	มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	ค่าใช้จ่ายในการลงพื้นที่	-	-	5000
รวม				5000

15. เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการนิตยสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. สับปะรด สูดยอดผลไม้ไทย ปลูกง่าย กำไรงาม. กรุงเทพฯ : มติชน, 2558.96-103

เกษสุดา ศรีวงศ์, สุณา สิทธิเลิศประสิทธิ์ และอมรรัตน์ ภิญโญอนันต์ตพงษ์. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกสับปะรดของเกษตรกร กรณีศึกษาเกษตรกรอำเภอเมือง และอำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2552.

จินดารัฐ วีระวุฒ และนรุตม์ วรามิคร. พืชเศรษฐกิจ พิมพ์ ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547.

ธนายา พร้อมมูล. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกสับปะรดกรณีศึกษาเกษตรกรรายย่อย ตำบลห้วยทรายเหนือ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบัญชี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2559.

ปิยะราช เตชะสืบ. ต้นทุนและผลตอบแทนของการลงทุนโครงการปลูกผักกูดช่วยปลดสารพิษเพื่อการค้า ในจังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยพายัพ, 2557.

พงศ์ศิริภาพ ทองดีวิสุรเกตุ. การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการปลูกข้าวของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2559.

พิรานันท์ ยาวิชัย พร้อมคณะ. ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกข้าวพันธุ์ กข15 ของเกษตรกรในเขตหมู่บ้าน โป่งศรีนคร ตำบลโรงช้าง อำเภอป่าแดด จังหวัดเชียงราย. วารสารธุรกิจปริทัศน์, 61 (1), 2-22.

ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2562). ภูมิอากาศจังหวัดเลย. 26 กุมภาพันธ์ 2563./ <http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออกเฉียงเหนือ/ภูมิอากาศเลย.pdf>

สำนักงานเกษตรจังหวัดเลย. พื้นที่ปลูกสับปะรดในจังหวัดเลย, 2561.

อรรถพล อุสายพันธ์. ศึกษาต้นทุนการปลูกสับปะรดในจังหวัดราชบุรี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.), 2561.

เอกชัย อุตสาหะ. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรดของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลบ้านคู อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. วารสารวิทยาการจัดการ, 55 (2), 3-16.

ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1. ชื่อโครงการ ชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ
Simulated Grouse Cooling And Automatic Watering System

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายธิติวุฒิ ศรีกัน	รหัส 6041103111
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0909059963	E-mail: sb6041103111@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวนุชนาฏ พรหมหาร	รหัส 6041103115
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0981424757	E-mail: sb6041103115@lru.ac.th

ชื่อ-สกุล นางสาวรัชฉนิภรณ์ มากุลวนิชย์นันท์	รหัส 6041103117
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0619474398	E-mail: sb6041103117@lru.ac.th

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมยุทธ ไชยวงษ์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำการเกษตรเป็นหลักและปัจจุบันประเทศไทยก็มีแนวโน้มที่การทำเกษตรกรรมจะมีการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูกแบบกินเองหรือว่าเพาะปลูกแบบธุรกิจค้าขายในระดับชุมชน และระดับธุรกิจขนาดย่อมโดยสินค้าทางการเกษตรหลายชนิด ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพาะปลูกพืชต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ คือ การให้น้ำกับพืชที่ปลูกอย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอ แต่ในภาวะปัจจุบันในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลกที่มีท่าทีว่าจะสูงขึ้นเรื่อยๆส่งผลให้เกิดผลเสียทางด้าน การเกษตร ในหลายๆด้านโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนจัด พืชที่ทำการเพาะปลูกนั้นมีความต้องการน้ำสูงมากกว่าปกติจึงก่อให้เกิดการขาดแคลนน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกและอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้พืชที่ทำการเพาะปลูกมีปัญหาในเรื่องของการเจริญเติบโต อาจจะมีลักษณะแคระแกรน ต้นเล็กหรือปลายใบไหม้ เนื่องจากการขาดน้ำ

และอุณหภูมิสูงเกินไป จึงทำให้เกษตรกรขาดรายได้เนื่องจากผลผลิตที่ออกมานั้นมีผลผลิตที่น้อยและคุณภาพไม่ได้ตรงตามมาตรฐาน เกษตรกรจึงต้องเตรียมตัวรับมือกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างถูกวิธี การแก้ไขปัญหาในเรื่องของการใช้น้ำและการลดอุณหภูมิของพืชที่เพาะปลูกนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การรดน้ำให้กับพืชที่เพาะปลูกอย่างสม่ำเสมอทุกวันเพื่อลดอุณหภูมิให้กับพืช แต่เกษตรกรที่เพาะปลูกมีภาระหน้าที่หลายอย่างและไม่มีเวลาที่จะรดน้ำให้กับพืชที่เพาะปลูกทุกวัน จึงทำให้พืชที่เพาะปลูกได้รับน้ำไม่เพียงพอและทำให้พืชผักเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ ซึ่งในโลกปัจจุบันเทคโนโลยี ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นทางด้านการสื่อสาร อุตสาหกรรมต่าง ๆ แต่เทคโนโลยีทางการเกษตรยังไม่มีการพัฒนาเท่าที่ควร

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการลดอุณหภูมิและการให้น้ำแก่พืชผักที่ปลูกให้มีความสะดวกสบายในการสั่งการ โดยการนำอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าเข้ามาประยุกต์ใช้กับระบบการพ่นหมอกน้ำในโรงเรือนเพื่อให้ระบบมีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของระบบการทำงานของระบบพ่นหมอกในโรงเรือนปลูกผัก
- 6.2 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของอิมเมจโปรเซสซิ่ง
- 6.3 เพื่อออกแบบและสร้างระบบการพ่นหมอกน้ำและโปรแกรมตรวจจับความชื้นของผัก

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

ชุดจำลองระบบสามารถช่วยลดอุณหภูมิและควบคุมปริมาณน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 สามารถปรับอุณหภูมิในแปลงผักได้
- 8.2 ลดปริมาณในการใช้น้ำแต่คุณภาพดีขึ้น
- 8.3 ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ
- 8.4 สามารถควบคุมคุณภาพของผลผลิตได้
- 8.5 ประหยัดเวลาสะดวกสบายในการควบคุม

9. ขอบเขตของโครงการ

- 9.1 คำนวณด้วยโปรแกรมโปรแกรม matlab
- 9.2 ตรวจจับด้วยกล้องกันน้ำ
- 9.3 ฉายน้ำด้วยระบบ หัวฉีดแบบพ่นหมอก 4 หัว ขนาด 0.3 mm.
- 9.4 ปั้มน้ำสามารถปั้มน้ำได้ 12,000 ลิตรต่อชั่วโมง สูง 5 เมตร ใช้กำลังไฟ 80 W สามารถต่อได้ 20 หัว
- 9.5 สามารถควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนได้
- 9.6 สามารถตั้งได้ 2 ระบบ
- 9.7 สามารถวันอุณหภูมิ และความชื้นในดินได้ แสดงผลผ่านมือถือ

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 ทฤษฎีเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ เพื่อคัดแยกปลายทางของจดหมายที่มีจำนวนมากในแต่ละวันโดยใช้ภาพถ่ายของรหัสไปรษณีย์ที่อยู่บนซอง ระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออกอาคารโดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา ระบบรู้จำใบหน้าที่เฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในอาคารสถานที่สำคัญ ๆ หรือในเขตคนเข้าเมือง เป็นต้น



ภาพที่ 10.1 แสดงการทำงานของการทำงานของการประมวลผลภาพ (Image Processing)

(ที่มา : <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>)

จะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูง อีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมาก ผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิดอาการล้าส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้งเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่า คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้ในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น

10.2 การประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพ

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพในหลายด้าน ซึ่งในบทนี้จะขอยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ ดังนี้

1.) ด้านการแพทย์ งานวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ ก็จำเป็นต้องนำศาสตร์ทางด้านการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้เช่นกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยโรคหรือตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายของผู้ป่วยได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตัวอย่างการนำภาพถ่ายมาทำการวิเคราะห์ ใช้หลักการของการประมวลผลภาพให้ภาพคมชัดมากยิ่งขึ้นในการหาเชื้อแบคทีเรีย



ภาพที่ 10.2.1 แสดงการหาเชื้อแบคทีเรียโดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพ

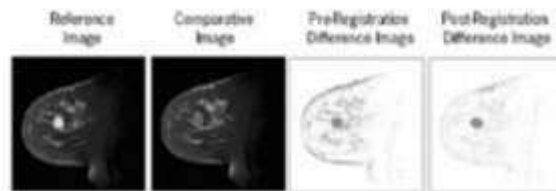
(ที่มา : <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>)

เทคนิคการถ่ายภาพทางการแพทย์ ทำให้แพทย์สามารถตรวจดูอวัยวะสำคัญต่าง ๆ ภายในร่างกายได้โดยไม่ต้องผ่าตัด ซึ่งปัจจุบันได้พัฒนาไปไกลมาก เริ่มจากเครื่องเอ็กซเรย์ (X-Ray) ซึ่งสามารถถ่ายภาพโครงสร้างกระดูกและอวัยวะบางอย่างเช่น ปอด ภายในร่างกายได้ ต่อมาได้มีการพัฒนาสร้างเครื่อง CT (Computed Tomography) ซึ่งสามารถจับภาพอวัยวะต่าง ๆ ในแนวระนาบตัดขวางได้ ทำให้เราเห็นข้อมูลภาพได้มากขึ้น



ภาพที่ 10.2.2 เทคโนโลยีถ่ายภาพทางการแพทย์

(ที่มา : <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>)



ภาพที่ 10.2.3 การใช้เครื่อง CT สแกนเพื่อตรวจหาความผิดปกติของมะเร็งเต้านม

(ที่มา : <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>)

การประมวลผลภาพทางการแพทย์ เป็นการนำเทคนิคหรือวิธีการต่าง ๆ ของการประมวลผลภาพ มาใช้กับภาพทางการแพทย์ โดยการเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ กับภาพทางการแพทย์นี้ จะขึ้นอยู่กับเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์นั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ที่ช่วยให้แพทย์สามารถวิเคราะห์ภาพ เหล่านั้นได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น โดยเทคนิคของการประมวลผลภาพมีมากมายหลายวิธีการ ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว ในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์มักจะใช้หลาย ๆ วิธีการร่วมกัน เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการตามเป้าหมายหรือ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์นั้น ๆ เทคนิคของการประมวลผลภาพที่สำคัญ ๆ ในการจัดการ กับภาพทางการแพทย์ มีดังตัวอย่างต่อไปนี้

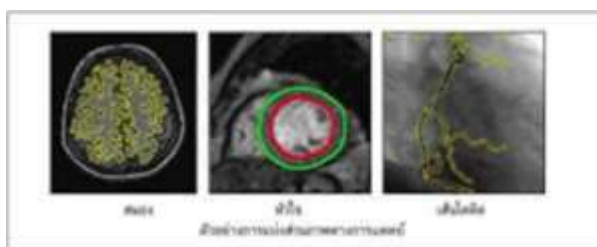
การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

เป็นวิธีการแบ่งส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพที่เราสนใจออกมาจากภาพที่เราต้องการ ซึ่งการแบ่งส่วน ภาพนี้ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นขั้นตอนเบื้องต้นและสำคัญอย่างมากของการประมวลผลภาพทางการแพทย์ เนื่องจากภาพทางการแพทย์ที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพแบบต่าง ๆ นั้น โดยปกติมักจะมียังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ ใกล้เคียงกับอวัยวะที่ทำถ่ายภาพมา เช่น เนื้อเยื่อ กระดูก อวัยวะข้างเคียง หรือแม้กระทั่งสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ขึ้นในขณะที่ถ่ายภาพ ด้วยเหตุนี้ การวิเคราะห์เฉพาะอวัยวะที่ต้องการ จึงจำเป็นต้องใช้การแบ่งส่วนภาพมาทำ หน้าที่ตัดแยกส่วนที่เราต้องการออกมา ตัวอย่างเช่น การแบ่งส่วนเนื้อสมองจากภาพสมอง การแบ่งส่วนภาพหัวใจ ห้องล่างซ้ายจากภาพหัวใจ MRI การแบ่งส่วนเฉพาะเส้นโลหิต การแบ่งส่วนข้อกระดูกสันหลังหลังจากภาพลำกระดูก สันหลัง หรือ การแบ่งส่วนของทารกจากภาพอัลตราซาวด์ เป็นต้น การแบ่งส่วนภาพทางการแพทย์มีทั้งการแบ่ง ส่วนภาพแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ขึ้นอยู่กับความจำเป็นและวัตถุประสงค์ของการนำไปวิเคราะห์ โดยวิธีการแบ่งส่วน ภาพที่กำลังได้รับความนิยมในงานวิจัยเกี่ยวกับภาพทางการแพทย์ ได้แก่ แอ็กทีฟคอนทัวร์ (Active Contour) และ แอ็กทีฟเซอร์เฟซ (Active Surface) เป็นต้น

การซ้อนทับภาพ (Image Registration)

เป็นวิธีการนำข้อมูลของสองภาพหรือมากกว่า มารวมกันเพื่อให้เกิดภาพใหม่ที่มีข้อมูลภาพ สมบูรณ์มากขึ้น โดยภาพใหม่ที่ได้นี้ จะเป็นการรวมตัวกันของข้อมูลหรือรายละเอียดในแต่ละภาพที่นำมาผสมกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดและข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้งาน หรือการนำภาพไป วิเคราะห์ โดยส่วนใหญ่แล้วภาพที่จะนำมาซ้อนทับกันนั้น อาจเป็นภาพถ่ายของอวัยวะเดียวกัน ที่ถ่ายต่างเวลากัน ต่างมุมมองกัน หรือ ใช้เทคนิคในการถ่ายภาพที่แตกต่างกัน เป็นต้น และการนำวิธีการซ้อนทับภาพมาใช้กับภาพ ทางทางการแพทย์ มีประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น การตรวจ ติดตาม หรือหาความผิดปกติของอวัยวะต่าง ๆ ทำได้โดยการนำภาพถ่ายของอวัยวะที่ต้องการตรวจ ที่ได้ถ่ายไว้ในอดีต มาทำการซ้อนทับกับภาพถ่ายของอวัยวะ เดียวกันที่ถ่ายไว้ในปัจจุบัน โดยทำให้ตำแหน่งของอวัยวะต่าง ๆ ของทั้งสองภาพตรงกัน ซึ่งการทำในลักษณะนี้ จะทำให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของอวัยวะนั้น ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้างในช่วงเวลานั้น มีแนวโน้มที่จะเป็นอย่างไรต่อไป มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ มีอวัยวะที่โตขึ้นผิดปกติหรือไม่ เป็นต้น การนำภาพ

ทางการแพทย์ที่ใช้เทคนิคในการถ่ายภาพแตกต่างกัน มาทำการซ้อนทับภาพ เป็นอีกหนึ่งประโยชน์ของวิธีการนี้ เนื่องจากภาพทางการแพทย์ที่ถ่ายโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพเพียงแบบเดียว อาจจะทำให้ได้ข้อมูลไม่ครบถ้วนตามที่ต้องการ จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการถ่ายภาพหลาย ๆ แบบ เพื่อให้ได้ข้อมูล รายละเอียดของอวัยวะ หรือองค์ประกอบรอบข้างอื่น ๆ ของอวัยวะนั้น ๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำภาพไปวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น การนำภาพสมองที่ถ่ายด้วยเครื่อง CT ซึ่งมีรายละเอียดที่ชัดเจนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นกระดูก มาซ้อนทับกับภาพสมองที่ถ่ายด้วยเครื่อง MRI ซึ่งให้รายละเอียดของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในสมองได้ดีกว่าภาพที่ถ่ายด้วยเครื่อง CT และเห็นได้ว่า ภาพใหม่ที่ได้จากการซ้อนทับของข้อมูลจากภาพทั้งสองนี้ จะมีรายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น คือ มีทั้งส่วนที่เป็นกะโหลกศีรษะและรายละเอียดของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในสมอง จึงทำให้สามารถวิเคราะห์ภาพใหม่นี้เพียงภาพเดียวได้ โดยไม่ต้องพิจารณาภาพทั้งสองแยกกัน



ภาพที่ 10.2.4 การแบ่งส่วนภาพทางการแพทย์

(ที่มา : <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>)

การสร้างภาพ 3 มิติ (3D Image Reconstruction)

การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์โดยใช้ภาพ 3 มิติ กำลังได้รับความต้องการอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากภาพ 3 มิติ สามารถแสดงให้เห็นถึงภาพรวมหรือรายละเอียดในมุมมองต่าง ๆ ของอวัยวะได้ จึงมีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ โดยอวัยวะหรือส่วนของร่างกายที่ได้มีการวิเคราะห์ในรูปแบบ 3 มิติ ตัวอย่างเช่น สมอง หัวใจ กระดูก ฟัน และขากรรไกร เป็นต้น

ภาพ 3 มิติสำหรับภาพทางการแพทย์นั้น มักสร้างมาจากภาพ 2 มิติหลาย ๆ ภาพ ทำได้โดยการนำภาพเหล่านั้น มาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ เช่น การแบ่งส่วนภาพ เป็นต้น เพื่อให้ได้รายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ หรือข้อมูลที่จำเป็นของอวัยวะที่ต้องการ จากนั้น นำมาประกอบกันเพื่อขึ้นรูปเป็นภาพ 3 มิติ ซึ่งภาพ 3 มิติที่ได้นี้ จะมีลักษณะหรือรูปร่างที่เหมือนกับอวัยวะจริงเพียงใด ขึ้นอยู่กับข้อมูลของภาพ 2 มิติที่นำมาประมวลผล ถ้าภาพ 2 มิติที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพมีภาพจำนวนมากเพียงพอ ถ่ายในทุกส่วนสต่ออย่างละเอียด หรือได้ถ่ายไว้ในหลายมุมมอง ก็ยิ่งทำให้ภาพ 3 มิติที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น



ภาพที่ 1.2.5 ภาพ 3 มิติทางการแพทย์

(ที่มา : <https://silllovely.wordpress.com/2013/06/11/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>)

2.) ด้านการทหาร เพื่อสร้างความปลอดภัยให้กับทหารและประชาชน จึงเริ่มมีการนำการประมวลผลภาพมาใช้งานเช่น ตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมโดยใช้ภาพทางอากาศที่ได้จากกล้องที่ติดบนเครื่องบินไร้คนขับ หรือการเฝ้าระวังการชุมนุมโจมตีของข้าศึก เป็นต้น ในภาพที่ 2.7 เป็นภาพที่จากกล้องที่มีการตรวจจับความร้อนเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุเพื่อตรวจสอบว่าเป็นคนหรือไม่



ภาพที่ 10.2.6 ภาพจากกล้องที่มีการตรวจจับความร้อน (ซ้าย) และ ภาพที่มีการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว (ขวา)

(ที่มา : จตุรนต์ เงินปลื้มปลา, 2557, <http://www.mut.ac.th/research-detail-30>)

ปั้มน้ำ

ปัจจุบันมีการจัดแบ่งประเภทของปั้มน้ำหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย ดังนั้นจึงมี การจัดหมวดหมู่ ออกได้เป็น 2 แบบคือ

แยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลของของเหลวในปั้ม ได้แก่

1.) ประเภทปั้มแรงเหวี่ยง หรือปั้มหอยโข่ง(Centrifugal) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ปั้มแบบนี้บางครั้งเรียกว่าแบบ Rota – dynamic

2.) ประเภทโรตารี (Rotary) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง

3.) ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating)เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

4.) ประเภทพิเศษ (Special) เป็นปั้มที่มีลักษณะพิเศษ ไม่สามารถจัดอยู่ในทั้งสามประเภทที่

กล่าวมา

แยกตามลักษณะการขับเคลื่อนของเหลวในป้้ม แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- 1.) ประเภททำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Dynamic) เป็นป้้มประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางและแบบพิเศษ
- 2.) ประเภททำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลว (Positive Displacement) คือการเคลื่อนที่ โดยอาศัยชิ้นส่วนของ เครื่องสูบ ป้้มประเภทนี้จะรวมเอาแบบโรตารีและแบบลูกสูบชักเข้าอยู่ในกลุ่มด้วย นอกจากการแบ่งเป็นสองแบบตามที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจแบ่งป้้มตามวัตถุประสงค์การใช้งานของแต่ละชนิดด้วย เช่น ป้้มดับเพลิง ป้้มลม ป้้มสุญญากาศ ป้้มบาดาล เป็นต้น

10.3 ทฤษฎีความชื้นในดิน

ความชื้นของดินประกอบด้วย 2 สถานะ คือ สถานะที่เป็นของเหลว เราเรียกว่า น้ำในดิน และ สถานะที่เป็นก๊าซ เราเรียกว่า ไอน้ำในดิน ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ความชื้นของดินอาจจะอยู่ในรูปของน้ำแข็ง ส่วนประเทศในเขตร้อน ส่วนใหญ่น้ำในดินจะอยู่ในรูปของของเหลว ดังนั้นความชื้นของดิน กับน้ำในดิน จึงมีความหมายเดียวกัน คือ ส่วนที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้าในส่วนของช่องว่างในดินมีน้ำอยู่เต็มไม่มีก๊าซอยู่เลยเรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและก๊าซอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil) ดังนั้น ดินที่ใช้ในการทำการเกษตรส่วนใหญ่ คือดินที่ไม่อิ่มตัว ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในขบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ เช่น ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และจุลินทรีย์ในดินบางชนิด พืชสามารถที่จะนำเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ ธาตุอาหารเหล่านั้นจะต้องอยู่ในรูปของสารละลาย น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและสะดวก น้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการเคลื่อนย้ายไอออนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง อีกทั้งยังลำเลียงธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนจากดินเข้าสู่ภายในลำต้นของพืช และเข้าไปในจุลินทรีย์ นอกจากนี้น้ำยังมีความร้อนจำเพาะ และความร้อนแฝงที่สูง ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิได้ยาก ทำให้น้ำในดินมีอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ทำให้ดินมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, (2541) ให้ทรรศนะความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ 3 ประเภท คือ

- 1.) ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจดูดยึดของดิน ที่พืชดูดไปจากดิน ในอัตราส่วนที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืช
- 2.) ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้
- 3.) ความชื้นเกินจำเป็น (superfluous moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพันบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก

10.4 ประเภทของความชื้นในดิน

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถเก็บน้ำไว้เพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ น้ำในดินสามารถเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก แรงระหว่างไอออนในสารละลายและแรงระหว่างโมเลกุลของน้ำ น้ำในดินอาจปรากฏในรูปต่าง ๆ ดังนี้

1.) น้ำในแร่ หรือความชื้นที่อยู่ในองค์ประกอบของสารเคมี (chemically combined water) โดยอยู่ในรูปของน้ำผลึก (water of crystallization) คือเป็นองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบที่เป็นของแข็งของดิน ดินที่แห้งสนิทซึ่งได้จากการอบที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะยังคงมีความชื้นประเภทนี้อยู่ ความชื้นในดินชนิดนี้ไม่เป็นประโยชน์กับพืช

2.) น้ำเยื่อ (hygroscopic water) น้ำประเภทนี้จะอยู่ในรูปของเยื่อบาง ๆ หนาราว 2 - 3 โมเลกุลของน้ำ (layer of water molecule) รอบอนุภาคดิน พืชไม่สามารถดูดน้ำประเภทนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ ดินที่ผึ่งแห้งในร่ม (air dry soil) จะมีความชื้นในดินอยู่ในรูปของ น้ำเยื่อ และสามารถไล่ความชื้นนี้ให้ออกไปหมดได้ โดยนำดินที่ผึ่งแห้งในร่มนี้ไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.) น้ำซึบ (capillary water) ความชื้นในดินประเภทนี้จะอยู่ในลักษณะที่เป็นเยื่อบาง ๆ รอบอนุภาคดินถัดจากชั้นของน้ำเยื่อ และอยู่ในลักษณะที่บรรจุอยู่ในที่ว่าง (pore) ขนาดเล็กมาก ๆ ของดิน น้ำซึบประกอบด้วยน้ำส่วนที่เป็นประโยชน์ (available water) และส่วนที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable water) ต่อพืช

4.) น้ำอิสระและน้ำซึม (gravitational water or drainage water) เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน โดยถูกดูดยึดจากอนุภาคดินด้วยแรงที่น้อยมาก และจะถูกอิทธิพลแรงดึงดูดของโลกทำให้เคลื่อนออกไปจากดิน พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้น้อยมาก

10.5 หลักการทำงานของบอร์ด Arduino

Arduino คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ชนิดหนึ่ง ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุม หรืออ่านค่าบางสิ่ง ถ้าให้เปรียบเทียบมันก็คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กนั่นเอง แต่มีราคาที่ถูกกว่าคอมพิวเตอร์มาก (ญาณวัตร กตัญญกุล, 2557)

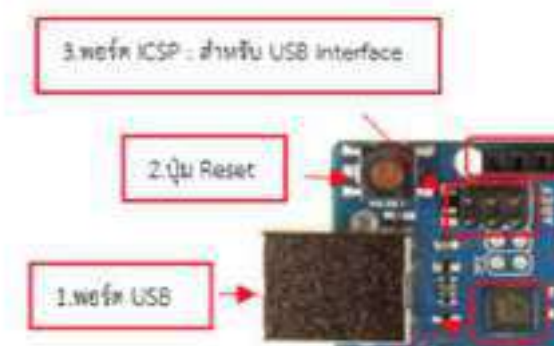


ภาพที่ 2.18 ตัวอย่าง arduino board รุ่น UNO

(ที่มา : <https://www.arduino2robot.com/article/1/arduino>)

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเปรียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- 1.) ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- 2.) Open Hardware ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้านราคาไม่แพง
- 3.) Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้



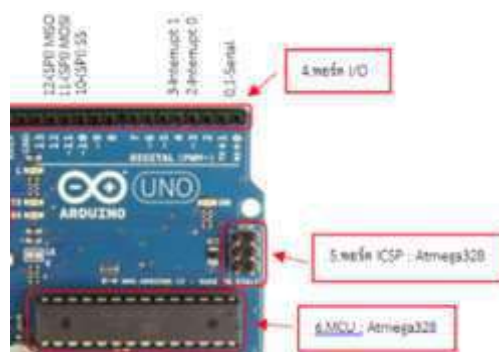
ภาพที่ 2.19 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

(ที่มา : <http://blog.mcp.ac.th/?p=166>)

10.6 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

- 1.) USBPort: ใช้สำหรับคอมพิวเตอร์ต่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้บอร์ด
- 2.) ปุ่มรีเซ็ต: เป็นปุ่มรีเซ็ตใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
- 3.) ICSP พอร์ตของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน

Atmega16U2



ภาพที่ 2.20 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

(ที่มา : <http://blog.mcp.ac.th/?p=166>)

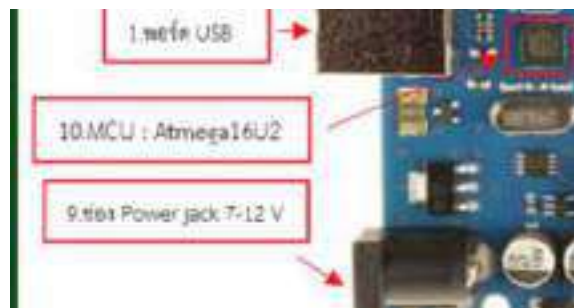
- 4.) I / OPort: Digital I / O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้บางพินจะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมเช่นเช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
- 5.) พอร์ต ICS: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
- 6.) MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino



ภาพที่ 2.21 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

(ที่มา : <http://blog.mcp.ac.th/?p=166>)

- 7.) I / OPort: นอกจากจะเป็น Digital I / O แล้วยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณ A0-A5
- 8.) Power Port : ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้การขยายแบบพกพา +3.3 V,+5V, GND, V in



ภาพที่ 2.22 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino

(ที่มา : <http://blog.mcp.ac.th/?p=166>)

- 9.) Power Jack:รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
- 10.) MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Atmega16U2

10.7 การดูแลฝักกวางตุ้ง

การปลูกฝักกวางตุ้งสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และปลูกได้ดีในดินทุกชนิดที่มีความชื้นสูงหรือเด็บบโตได้ดีหากให้น้ำที่เพียงพอ รวมถึงเป็นผักที่ชอบดินร่วนปนทราย และมีหน้าดินลึก 10-20 ซม. สำหรับการปลูกฝักกวางตุ้งนั้น แบ่งได้เป็นการปลูกในแปลงขนาดใหญ่เพื่อการค้า และการปลูกในแปลงขนาดเล็กสำหรับรับประทานในครัวเรือนหรือเพื่อจำหน่ายในชุมชน การปลูกฝักกวางตุ้งในแปลงขนาดใหญ่การปลูกเพื่อการค้า จะปลูกได้หลายวิธี ได้แก่ ปลูกจากการย้ายต้นกล้า ปลูกจากการหว่านเมล็ดโดยตรง และปลูกด้วยการหยอดเมล็ด ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรหันมาปลูกด้วยการหว่านเมล็ดลงแปลง และการหยอดเมล็ดเป็นแถวยาว เพราะสามารถประหยัดเวลาและต้นทุนได้มาก แต่ทั้งนี้ จะขอกกล่าวถึงการปลูกจากการย้ายกล้า เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปลูกด้วยวิธีอื่น การเพาะกล้าฝักกวางตุ้งจะทำการหว่านเมล็ดลงแปลงเพาะที่เตรียมไว้จากการไถพรวนดิน และหว่าน

รองพื้นด้วยปุ๋ยคอก ขนาดแปลง 1-1.5 เมตร โดยก่อนการหว่านจะทำการคลุกเมล็ดกับยาป้องกันเชื้อราก่อน และหลังจากหว่านเมล็ดให้รดน้ำ ใส่ปุ๋ย และดูแลจนกว่ากล้าจะมีความสูง 5-10 ซม. ก่อนย้ายปลูกลงแปลงใหญ่

10.8 การเตรียมดิน และเตรียมแปลง ผักกวางตุ้ง

มีระบบบรากตื้นประมาณ 10-20 ซม. ดังนั้น จึงต้องเตรียมดินให้มีความร่วนซุยตลอด 1-30 ซม. ด้วยการไถพรวนดินจำนวน 2 รอบ ทำการตากดิน และกำจัดวัชพืช ทั้งนี้ ก่อนการไถรอบที่ 2 หรือไถยกทรงแปลง ให้หว่านรองพื้นด้วยปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีก่อน (15-15-15 10 กิโลกรัม/ไร่) หรือหว่านรองพื้นเฉพาะปุ๋ยคอก เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายการไถยกทรงแปลงจะทำเฉพาะในแปลงขนาดใหญ่ ด้วยการไถเปิดให้เกิดร่องระหว่างแปลง 0.4-0.5 เมตรแต่บางพื้นที่ เช่น ภาคกลางมักทำการยกทรงแปลงสูง โดยมีร่องน้ำกั้นแปลง ซึ่งสำหรับการปลูกในแปลงใหญ่จะทำการยกทรงแปลงขนาดประมาณ 1.5-2.5 เมตร ส่วนความยาวตามความเหมาะสม การปลูกลงแปลงหลังจากที่ต้นกล้าโตสูง 5-10 ซม. แล้ว จะทำการย้ายลงปลูกในแปลง ทั้งนี้ ก่อนถอนกล้าจะต้องรดน้ำให้ชุ่มก่อน โดยการปลูกในแปลงจะปลูกในระยะ 20×20 ซม.

การให้น้ำ หลังการปลูกจะต้องให้น้ำทุกวัน อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง และให้ต่อเนื่องจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

การใส่ปุ๋ย หลังการปลูกแล้ว 1-2 อาทิตย์ ให้ใส่ปุ๋ยคอก 3-5 ตัน/ไร่ ปุ๋ยเคมี 12-6-6 จำนวน 35 กิโลกรัม/ไร่ อาจให้ด้วยการหว่านหรือผสมน้ำรด

การเก็บเกี่ยว ผักกวางตุ้ง จะเริ่มเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 35-45 วัน หลังการหว่านเมล็ด หรือประมาณ 20-25 วัน หลังการย้ายปลูก ด้วยการใช้มีดตัดโคนต้น โดยไม่ต้องถอนต้น เพราะโคนต้นที่เหลือจะมีการไถกลบสำหรับเป็นปุ๋ยพืชสดต่อไปในการปลูกครั้งหน้า

11. วิธีดำเนินโครงการ

11.1 การศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองการทำชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือน และการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ โดยใช้หลักการของการประมวลผลด้วยภาพ (image- processing) คณะผู้จัดทำโครงการได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

11.1.1 ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูล

11.1.2 ออกแบบโครงสร้างและระบบชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ

11.1.3 สร้างชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ

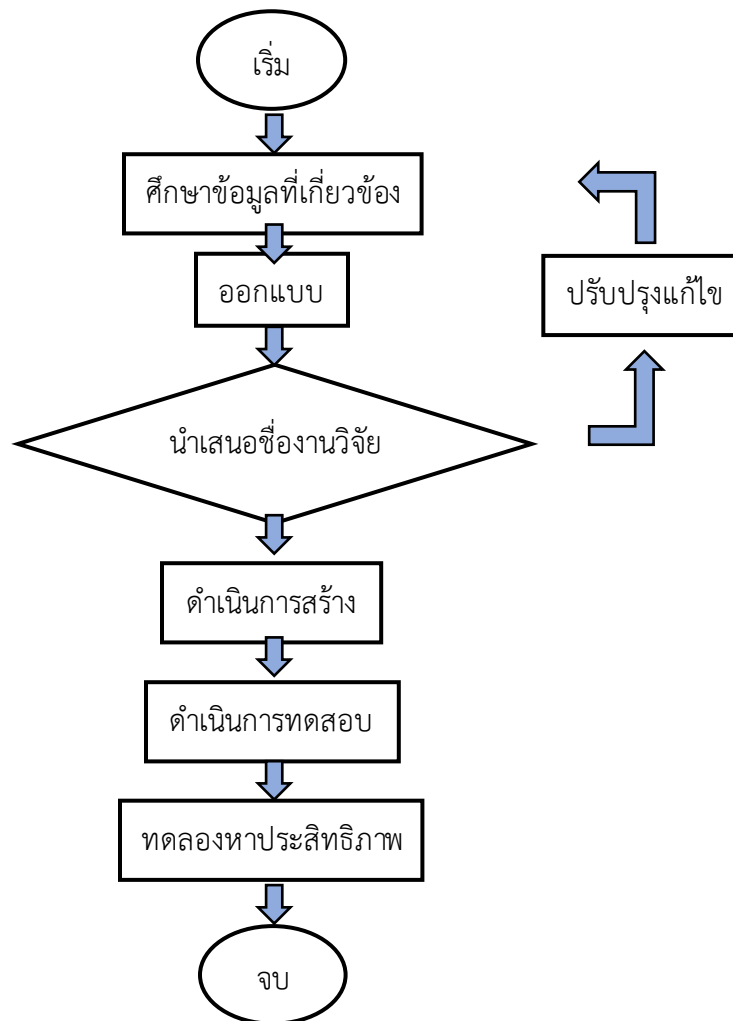
11.1.4 ทดสอบชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ

11.1.5 ขั้นตอนการทดลอง

11.2 ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูล

ในการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลในการทำโครงการนั้น คณะผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ ผักกวางตุ้ง หลักการของการประมวลผลด้วยภาพ (image processing) หลักการของอุณหภูมิ ความชื้น ระบบฉีดพ่นหมอกและระบบน้ำหยด เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ศึกษาพัฒนาและสร้างชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ โดยคณะผู้จัดทำได้ศึกษาทำการรวบรวมข้อมูลและออกแบบชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ ตามขั้นตอนดังนี้

Flowchart การวางแผนการทำโครงการงาน



ภาพที่ 11.2.1 Flowchartการวางแผนการทำโครงการงาน

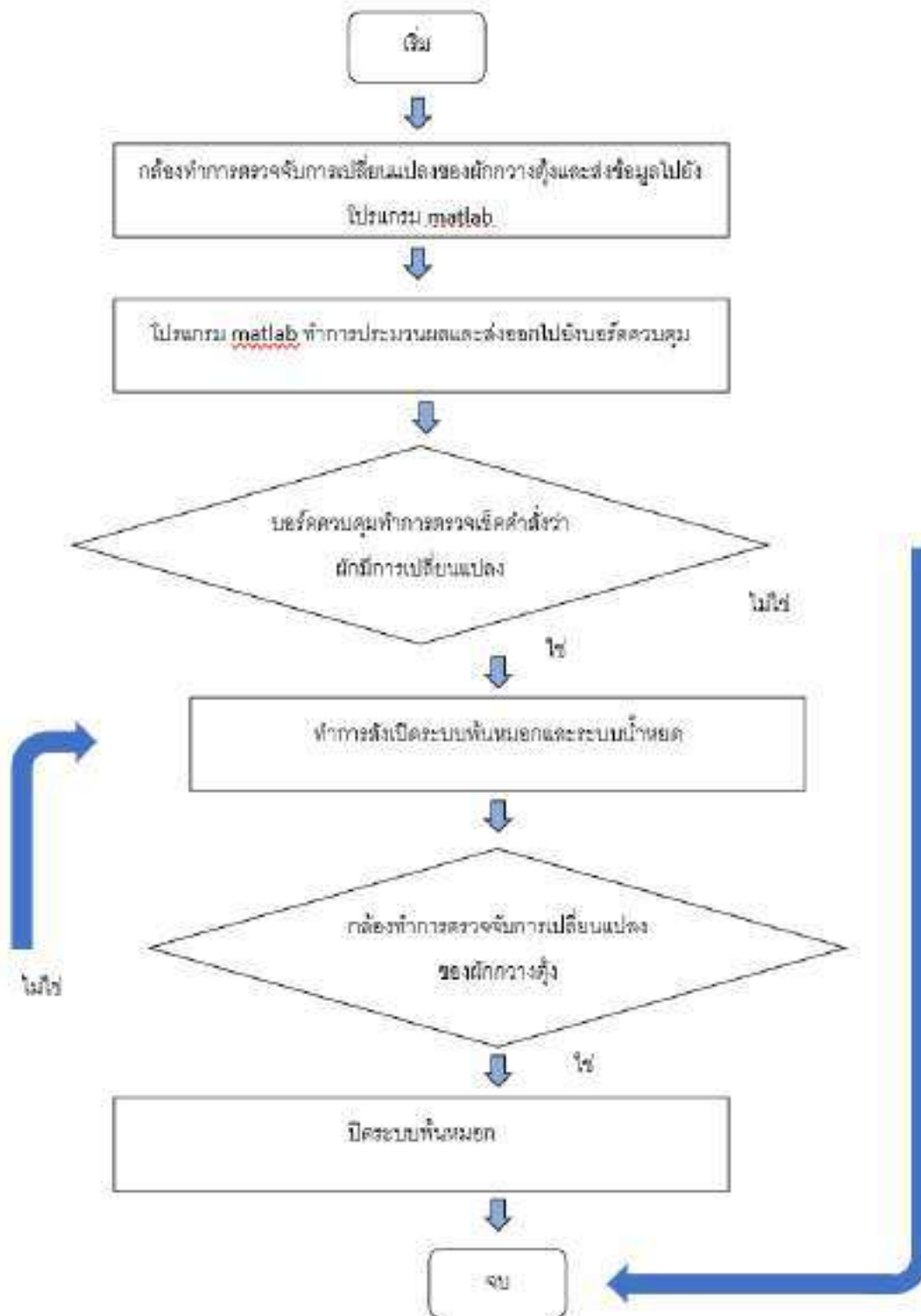
การออกแบบโครงสร้างและระบบของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติ หลักการทำงานของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติ มีขั้นตอนการทำงานหลักจะมีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

1. กล้องตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของผักกางต้ง
2. โปรแกรม matlab รับข้อมูลและทำการประมวลผลเพื่อส่งข้อมูล
3. ข้อมูลถูกส่งไปยังบอร์ดรับข้อมูลและสั่งการ
4. ระบบทำการเปิดระบบพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ



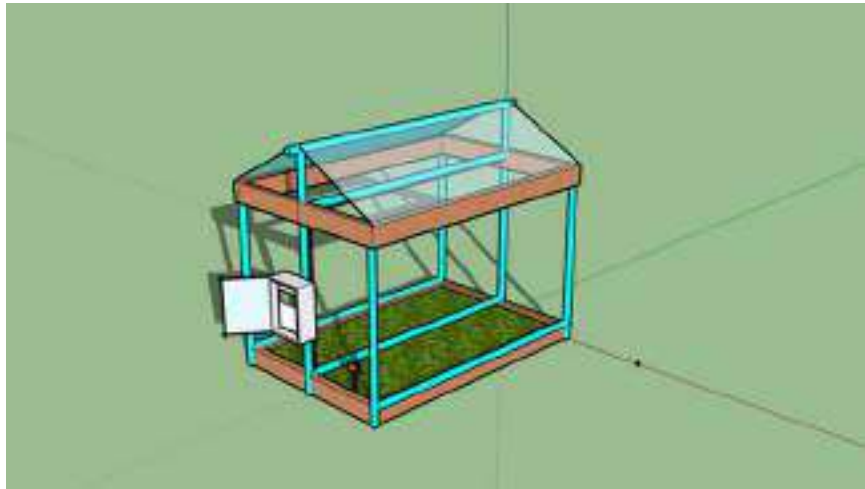
ภาพที่ 11.2.2 ชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติ (ที่มา : ธิติวุฒิ ศรีกัน,2563)

ขั้นตอนการทำงานของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติและได้เขียนไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติ ดังภาพที่ 11.2.3



ภาพที่ 11.2.3 Flowchartขั้นตอนการทำงานของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำฝักกว้างตู้อัตโนมัติ

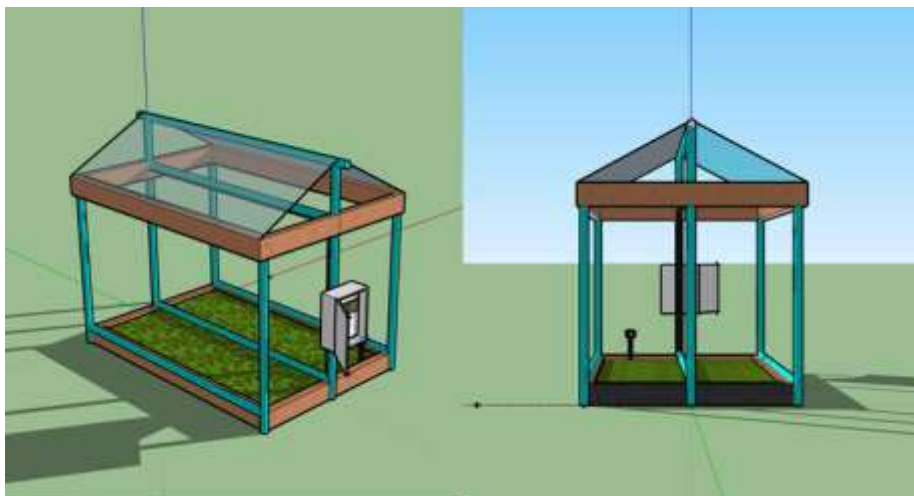
11.3 สร้างชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ



ภาพที่ 11.3.1 ออกแบบโครงสร้างชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ (ที่มา : ธิติวุฒิ ศรีกัน , 2563)

ออกแบบโมเดลโครงสร้างของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ ในโปรแกรม Sketch Up 2019

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาและออกแบบโครงสร้างของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ ลงในกระดาษและทำการออกแบบลงในโปรแกรม Sketch Up 2019 ให้ได้ภาพสามมิติออกมาเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์โครงสร้างการออกแบบในการสร้างและติดตั้งจริง ทำการประกอบและติดตั้งตัวโครงสร้างจริงของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ เมื่อทำการออกแบบเรียบร้อยแล้วก็ทำการจัดซื้ออุปกรณ์ก็ทำการสร้างและติดตั้งในส่วนหนึ่งของโครงสร้างของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ ให้ได้ออกมาตามต้นแบบที่กำหนดไว้ตอนแรก



ภาพที่ 11.3.2 โครงสร้างชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ (ที่มา : ธิติวุฒิ ศรีกัน , 2563)

ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ระบบน้ำหยด ระบบพ่นหมอก เซ็นเซอร์ตรวจจับและควบคุมเข้าไปในชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติ หลังจาก
ที่คณะผู้จัดทำได้โครงสร้างของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติมาแล้ว
ก็ทำการติดตั้งในส่วนของเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ ระบบน้ำหยดระบบพ่นหมอกและควบคุมเพื่อเตรียมพร้อมในการ
ทดลองในขั้นต่อไป

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

ลำดับที่	การดำเนินงาน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	วางแผนและ ศึกษาข้อมูล - วางแผนทำโครงการ - ศึกษาข้อมูลและ เอกสาร	→											
2	ออกแบบโครงสร้าง		→										
3	ดำเนินการสร้าง และทดสอบ - ตรวจสอบแก้ไขส่วน ที่ผิดพลาด					→							
4	วิธีการทดลอง							→					
5	สรุปเอกสารและ ชิ้นงาน -เตรียมเสนอชิ้นสอบ กับอาจารย์											→	

13.1 ทำการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการวิจัยดังนี้ ดินปลูกผักขำนวน 1 กระสอบ เมล็ดผักกางต้ง 1 ห่อ และ
ชุดทดลองชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกางต้งอัตโนมัติที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว

13.2 นำเดินลงไปแปลงทดลองให้เต็มและทำการลงเมล็ดของผักกางต้ง

13.3 ทำการติดตั้งระบบน้ำหยด ระบบพ่นหมอกให้แก่ชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรด
น้ำผักกางต้งอัตโนมัติ

13.4 ดูแลและให้น้ำกับผักกวางตุ้งจนกว่าผักกวางตุ้งจะเจริญเติบโตพอที่จะทำการทดลองได้

13.5 เมื่อผักกวางตุ้งเจริญเติบโตจนสามารถทำการวิจัยได้จึงทำการเริ่มการทดลองและสังเกตการณ์การทำงานของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ

13.6 สังเกตการณ์การทำงานของชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ ว่ามีผลการทำงานอย่างไรแล้วทำการรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

13.7 นำผลการวิจัยจากชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติที่ได้ มาวิเคราะห์ผลการทำวิจัยทำการสรุปผลแล้วอภิปรายผลการดำเนินงาน

14. งบประมาณ

-

15. เอกสารอ้างอิง

เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2563

จาก <https://silllovely.wordpress.com/เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ>

การประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพ สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2563

จาก <http://www.mut.ac.th/research-detail->

บิมน้ำคืออะไร สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2563 จาก <https://www.eurooriental.co.th>

การเลือกใช้งานบิมน้ำประเภทต่าง ๆ สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2563 จาก <https://www.ktw.co.th>

ความชื้นในดิน สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2563

จาก http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/soil/lesson_4_2.php

การวัดความชื้นในดิน สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2563 จาก <https://legatool.com/wp/4743/>

เครื่องวัดความชื้น สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2563 จาก <http://www.mrtoolshop.com>

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2563 จาก <https://www.ioxhop.com/product/>

บอร์ดอะคูโนคืออะไร สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2563 จาก <http://blog.mcp.ac.th/?p=166>

การให้น้ำกับพืช สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2563

จาก <http://nates.psu.ac.th/Department/PlantScience/510->

[111web/book/book%20content.htm/chapter09/Agri_09.htm](http://nates.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-111web/book/book%20content.htm/chapter09/Agri_09.htm)

การดูแลผักกวางตุ้ง สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2563 จาก <https://puechkaset.com>

1. ชื่อโครงการ เครื่องตัดเหล็กปลอกเสาอัตโนมัติ

Automatic Steel Pole Casing Bending Machine

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายนันท์วัฒน์ ภูมิคอนสาร	รหัส 6041103114
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0933627531	Email: sb6041103114@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นายธวัชชัย บัวลาด	รหัส 6041103110
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0625270262	Email: sb6041103110@lru.ac.th
ชื่อ-สกุล นางสาวกัญญารัตน์ ผุยภูเขียว	รหัส 6041103101
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0621739537	Email: sb6041103101@lru.ac.th
ชื่อ-สกุล นายอริยพล สุขเสน	รหัส 6041103125
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	หมู่เรียน วศ.6004
โทรศัพท์ 0903724784	Email: sb6041103125@lru.ac.th

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยยศ คำมี
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เหล็กปลอก คือเหล็กเสริมคอนกรีตชนิดหนึ่ง มีหน้าที่ใช้เสริมอยู่ภายในเสาหรือคานในโครงสร้าง ประเภทคอนกรีตเสริมเหล็ก ในแนวขวาง เพื่อรับแรงเฉือน โดยจะตัดเหล็กเส้นเป็นรูปร่างเดียวกับพื้นที่หน้าตัดตามสิ่งก่อสร้างต่างๆ เช่น ฐานราก, เสา, เสาเข็ม และคาน ซึ่งจะมีการเสริมเข้าไปตลอดความยาวของ โครงสร้าง เป็นระยะห่างอย่างสม่ำเสมอตามที่วิศวกรได้คำนวณและออกแบบไว้ ปัจจุบันการเหล็กปลอกเสา-ปลอกคาน มีทั้งแบบที่ผลิตเป็นจำนวนมากโดยใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ สำหรับส่งจำหน่ายให้กับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ และส่งให้ร้านค้าวัสดุก่อสร้างที่จำหน่ายเหล็กปลอกเสาปลอกคานเป็นจำนวนมาก หรือในบางกรณีผู้ผลิตอาจใช้แรงงานคนในการผลิตสำหรับจำหน่ายให้ร้านค้า วัสดุ ก่อสร้างทั่วไป ซึ่งปัจจุบันแรงงานคนมีค่าแรงที่สูงขึ้น และมีสภาวะการขาดแคลนแรงงาน สำหรับผู้รับเหมาราย ย่อยถ้าต้องการใช้งานเหล็กปลอกเสา-ปลอกคาน จะต้องสั่งซื้อจากร้านวัสดุทั่วไป ซึ่งต้องใช้การประมาณ จำนวนที่จำเป็นต้องใช้ ในกรณีที่มีความผิดพลาดจากการประมาณ จะส่งผลให้จำนวนเหล็กปลอกเสา-ปลอก คานที่สั่งซื้อมาอาจจะขาดหรือเกินจากจำนวนที่ต้องการใช้จริง ซึ่งถ้าเกินจากจำนวนที่ต้องใช้จริงจะเกิดการ สิ้นเปลืองวัสดุโดยเปล่าประโยชน์ หรือถ้าขาดไปจากจำนวนที่ต้องใช้จริง จะต้องสั่งซื้อมาเพิ่ม ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในการทำงาน คณะผู้จัดทำจึงได้คิดเครื่องตัดเหล็กปลอกเสา-ปลอกคาน เพื่อทำเหล็กปลอกเสา-ปลอก คาน ซึ่งจะสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานได้ทันที โดยเครื่องดังกล่าว สามารถติดตั้งไว้ในสถานที่ ก่อสร้างเพื่อความสะดวกในการใช้งาน เครื่องตัดเหล็กเส้นปลอกเสา-ปลอกคาน สามารถตัด และตัด ซึ่ง ขั้นตอนการทำงานดังกล่าวทั้งหมดอยู่ในเครื่องเดียวกัน และสามารถใช้งานได้โดยง่าย มีความแม่นยำ ลด ระยะเวลาดำเนินการลดการสูญเสียของวัสดุ ซึ่งสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ทันที สามารถเคลื่อนย้าย ได้ง่าย ซึ่งจะเหมาะกับผู้รับเหมารายย่อยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ทำงานในไซต์งานก่อสร้าง หมู่บ้านจัดสรรและ อาคารพาณิชย์ไม่เกินสามชั้นโดยช่วยลดความสิ้นเปลืองและมีราคาถูกกว่าซื้อจากร้านวัสดุ ก่อสร้างที่รับเหล็กปลอกเสา-ปลอกคานจากโรงงานที่ใช้เครื่องผลิตขนาดใหญ่มาจำหน่าย

ในปัจจุบันการก่อสร้างในประเทศไทยมีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรม ก่อสร้างมีแรงขับเคลื่อนเศรษฐกิจได้มาก จะเห็นได้ว่า มูลค่าการลงทุนก่อสร้างในปี 2563 เหล็กและเหล็กกล้า คาดการณ์ว่า การผลิตปรับตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.0-0.5 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยมีปัจจัยสนับสนุนจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะโครงการ ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐ และมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจต่าง ๆ ของรัฐบาลตามมติ ครม. เมื่อวันที่ 26 พ.ย.62 เช่น การสนับสนุนเงินค่าผ่อนดาวน์ที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อยไม่เกิน 100,000 บาทต่อเดือน ซึ่งผลของมาตรการดังกล่าว คาดว่าจะช่วยกระตุ้นอุปสงค์ในประเทศ ส่งผลให้ยอดจำหน่ายที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้น เหล็กปลอกเสาซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในเรื่องของโครงสร้าง การทำเหล็กปลอกเสา ในอดีตนั้นยังใช้แรงงานคนจำนวนมากและสิ้นเปลืองต้นทุนในการจ้างงาน อีกทั้งยังเสียเวลาในการก่อสร้าง

ในยุคสมัยที่เทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าขึ้น ทำให้การทำงานง่ายขึ้นแล้วช่วยผ่อนแรงในการทำงานอย่างมากเนื่องด้วยเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยขึ้นเรื่อยๆ เครื่องตัดเหล็กปลอกเสาก็เช่นเดียวกัน ที่ช่วยให้ออกแรงน้อยลง แต่ทำงานได้มากขึ้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเส่อัตโนมัติที่ควบคุมด้วย Programmable logic Control: PLC

6. วัตถุประสงค์โครงการ

เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเส่อัตโนมัติ

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

-

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 ได้ชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเส่อัตโนมัติ
- 8.2 ได้เหล็กที่มีขนาดตามมาตรฐาน
- 8.3 ประหยัดเวลาและต้นทุนในการในการตัดเหล็กปลอกเส
- 8.4 ได้เห็นการทำงานของชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเส่อัตโนมัติ

9. ขอบเขตของโครงการ

- 9.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์ ใช้ (Programmable logic Control: PLC)
- 9.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์ เขียนโปรแกรมคำสั่งการทำงานของ (Programmable logic Control: PLC) บนคอมพิวเตอร์ด้วย GX Works3
- 9.3 ขอบเขตขนาดของเหล็กเส้น ขนาด 3 มิลลิเมตร
- 9.4 ขอบเขตขนาดของเหล็กปลอกเส ขนาด 5×5 เซนติเมตร และ ขนาด 5×10 เซนติเมตร

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 10.1 เหล็กเส้นกลม คือ เหล็กเส้นสำหรับงานก่อสร้าง หรือเรียกสั้นๆว่า RB ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.28/2529,32/2532 ชั้นคุณภาพของเหล็กประเภทนี้คือ SR24 ที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้คือเหล็ก บลส. บก ส. TSC และ NS RB6 (เหล็กเส้นกลม 2 หุน) ใช้สำหรับงานก่อสร้างที่รับแรงไม่มาก ปลอกเส และปลอกคาน
RB9 (เหล็กเส้นกลม 3 หุน) ใช้สำหรับงานก่อสร้างที่รับแรงไม่มาก คล้ายกับเหล็กเส้นกลม 2 หุน
RB12 (เหล็กเส้นกลม 4 หุน) ใช้สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป แต่ไม่เน้นงานยึดเกาะ เพราะเหล็กมีลักษณะเรียบมน ทำให้ยึดเกาะปูนไม่ดีเท่าที่ควร ส่วนมากนิยมใช้กับงานกลึง เช่น งานกลึงหัวน็อตต่างๆ
RB19 ใช้สำหรับการทำถนน
RB25 ใช้สำหรับงานยึดโครงข่ายขนาดใหญ่สามารถรับแรง และน้ำหนักได้ดี

ประโยชน์เหล็กเส้นกลม

* ใช้สำหรับงานก่อสร้างที่รับแรงไม่มากนัก

* ใช้ทำปลอกเสา

* ใช้ทำปลอกคาน

* ไม่นิยมสำหรับงานยึดเกาะเช่นปูน เพราะเหล็กมีผิวเรียบมน ไม่เหมาะกับงานยึดเกาะ



รูปที่ 2.1 ลักษณะของเหล็กเส้น

<http://onedebuild.com/product/view.php?id=605&cate=257&subcate=>

10.2 ตู้ควบคุม PLC

10.2.1 ข้อมูลทั่วไป

ตู้คอนโทรล PLC ภาษาอังกฤษ PROGRAMBLE LOGIC COTROLLER (PLC) ระบบ PLC คือศัพท์เรียกตามการใช้งานของผู้ใช้ หรือ วิศวกร อาทิเช่น ตู้PLC, ตู้คอนโทรลPLC, ระบบPLC, ตู้ไฟPLC, ระบบดังกล่าว คือระบบการทำงานอัตโนมัติสำหรับเครื่องจักร หรือ อุปกรณ์ทุกชนิดตามความต้องการ ผู้ใช้ การเขียนโปรแกรมในรูปแบบPLC, จุดประสงค์เพื่อให้ควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต ระบบPLC, หรือ ตู้คอนโทรลPLC, สามารถ ออกแบบโปรแกรมและรูปแบบการสั่งการทำงานได้ตามความต้องการระบบดังกล่าวถูก สร้างพัฒนาขึ้นมาเพื่อแทนวงจรรีเลย์ในรูปแบบ เก่าซึ่งมีใช้มานานตั้งแต่ปี 1990

10.2.2 PLC คืออะไร

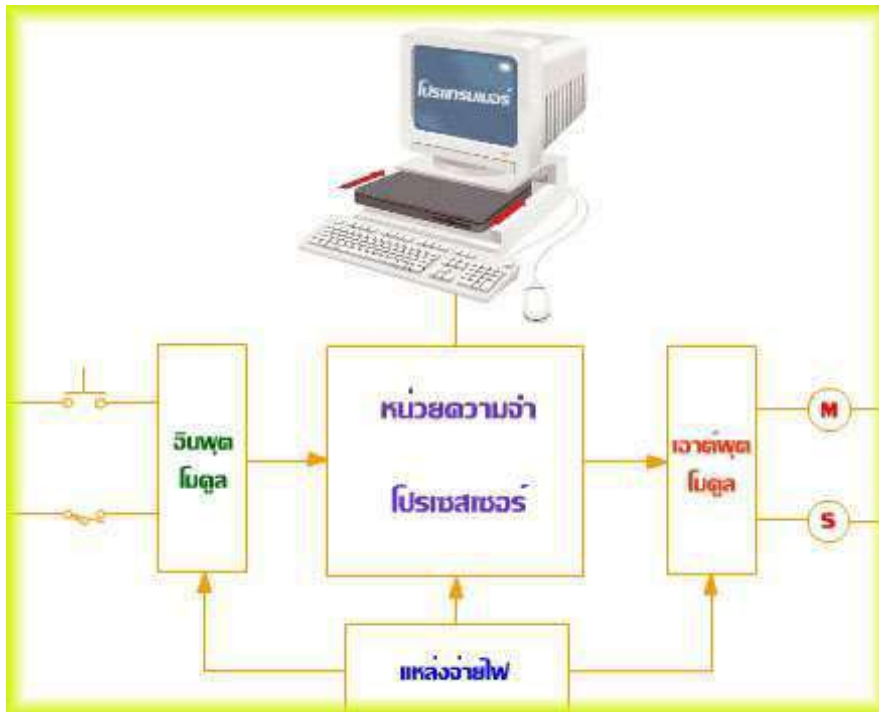
โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็น อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็น มันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือ สวิตซ์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็น เป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไป ใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์

(Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิต – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

10.2.3 ข้อดีของระบบ PLC

แตกต่างจากระบบการทำงานโดยคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป คือ ระบบ PLC, สามารถเข้าใช้ได้ง่าย ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเองความซับซ้อนของระบบ ตัวคอนโทรล PLC, แตกต่างจากการเขียนโปรแกรมแบบคอมพิวเตอร์ทั่วไป ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงาน โดยแค่ปลายนิ้วสัมผัส (กรณีเครื่อง หรือ ตัวคอนโทรลเป็นระบบ สัมผัส) ไม่มีระบบการวางโปรแกรม หน้าบ้าน/หลังบ้านหรือการเขียน (Code) แบบระบบการเขียนโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ และ ระบบ PLC, สามารถตรวจสอบตนเองตั้งแต่เริ่มต้นการติดตั้งจนถึงสิ้นสุดการใช้งาน

10.2.4 ส่วนประกอบของ PLC



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของ PLC

PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ

- ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)
- ส่วนที่เป็นอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)
- ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

10.2.5 ความสามารถของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะคือ

10.2.5.1 งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น

- การทำงานของระบบรีเลย์
- การทำงานของไทมเมอร์ เคาน์เตอร์
- การทำงานของ P.C.B. Card
- การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการ

10.2.5.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) ตัวอย่างเช่น

- การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
- การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control)
- การควบคุม P.I.D. (Proportional-Integral-Derivation)
- การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Sevo-motor Control)
- การควบคุม Stepper-motor
- Information Handling

10.2.5.3.การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) ตัวอย่างเช่น

- งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring
- Fault Diagnostic and Monitoring
- งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C/RS422)
- Printer/ASCII Interfacing
- งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)
- LAN (Local Area Network)
- WAN (Wide Area Network)
- FA. , FMS., CIM. เป็นต้น

10.2.6 การติดตั้ง PLC

10.2.6.1 ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง

- พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
- จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่
- การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย
- อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบต่อ PLC หรือไม่
- วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย
- มีแสงแดดส่องโดยตรง
- มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 C หรือสูงกว่า 55 C
- มีฝุ่น หรือไอเกลือ
- มีความชื้นมาก
- มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อน หรือไวไฟ
- สั่นสะเทือนมาก

10.2.6.2 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC ควรมีลักษณะอย่างไร

- ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่นๆ
- มีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่างๆ
- ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
- มีสายดิน
- ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
- ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ หม้อแปลง
- ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น
- ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60? C ควรติดตั้งพัดลมเป่าระบายความร้อน

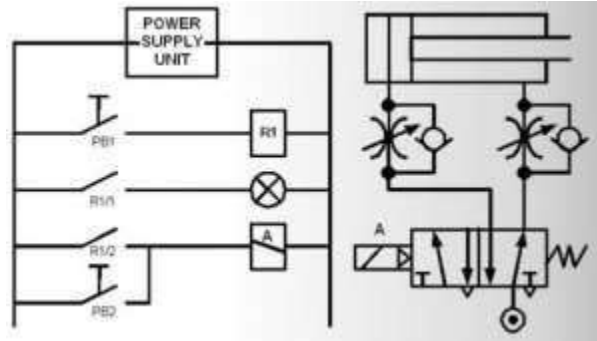


รูปที่ 2.3 ตู้คอนโทรล PLC

<https://www.venusolutions.com/17033836/%E0%B8%8A%E0%B8%B8%E>

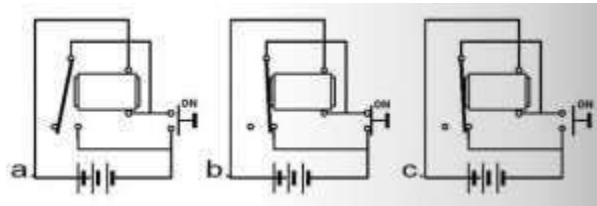
10.5 วงจรนิวเมติกส์ไฟฟ้า

ในระบบการควบคุมงานทางด้านนิวเมติกส์ไฟฟ้า สามารถแบ่งส่วนประกอบที่สำคัญออกได้เป็นสองส่วนด้วยกัน คือ วงจรนิวเมติกส์หรือวงจรกำลัง (*Pneumatic Circuit*) วงจรไฟฟ้าหรือวงจรควบคุม (*Electric Circuit*)

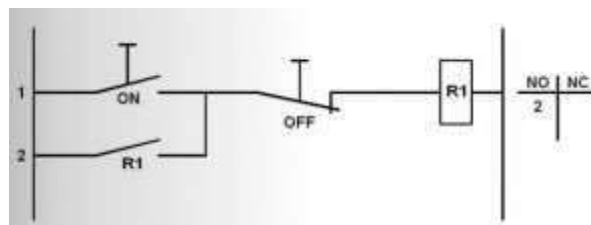


10.5.1 วงจรรักษาสภาพ (The Holding Circuit)

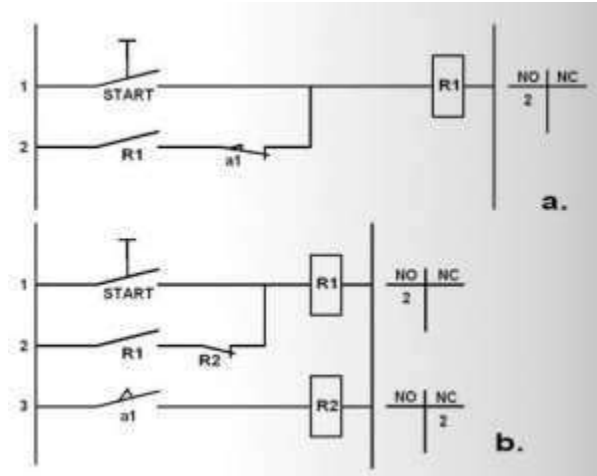
วงจรรักษาสภาพในความหมายก็คือ เมื่อมีการกดสวิทช์สั่งงานทั่วไปแล้ววงจรจะมีการทำงานอยู่ตลอดเวลาแม้ว่าจะไม่ได้กดสวิทช์แล้วก็ตาม



จากรูปวงจรยังไม่สามารถเนื่องจากหลังจากที่กดสวิทช์ “No” ไปแล้ววงจรจะทำงานตลอดเวลาไม่สามารถหยุดได้ นอกจากหยุดหรือปลดแหล่งจ่ายไฟ (แบตเตอรี่) ออกจากวงจร จากเหตุผลดังกล่าวจึงต้องมีสวิทช์อีกตัวไว้สำหรับการหยุดการทำงาน โดยจะเป็นสวิทช์แบบปกติปิด



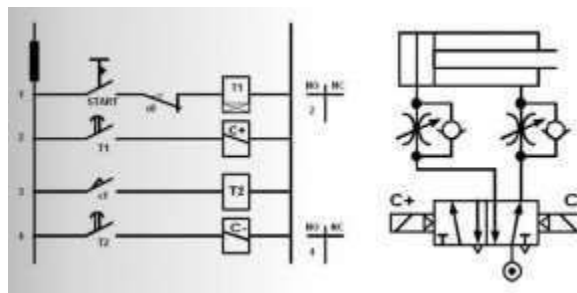
10.5.2 การประยุกต์ใช้งานวงจรรักษาสภาพ



จากรูป : เมื่อกำหนดให้ a1 คือ ลิมิตสวิทช์ที่ติดไว้ที่ปลายกระบอกลูกสูบ เงื่อนไขของการควบคุมกล่าวคือเมื่อกดสวิทช์สตาร์ทก้านสูบเคลื่อนที่ออกสุดแล้วเคลื่อนที่กลับเองโดยอัตโนมัติในส่วนของวงจรไฟฟ้า หรือวงจรควบคุมสามารถใช้ได้สองวงจรด้วยกัน คือ a และ b

10.5.3 การควบคุมการทำงานด้วย TIMER

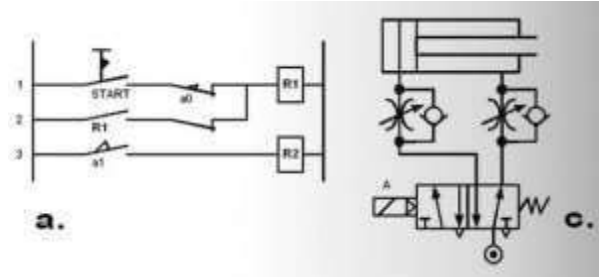
วงจรต่อไปนี้เป็นกรนำ TIMER มาใช้ในการหน่วงเวลาทั้งตอนเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่เข้า



การทำงานของวงจรในรูปที่ 6 เมื่อกดสวิทช์สตาร์ทซึ่งเป็นสวิทช์แบบค้างตำแหน่ง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านลิมิตสวิทช์ CO ซึ่งก้านสูบกดอยู่เข้าไปยังคอยล์ของตัวตั้งเวลา T1 เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้หน้าสัมผัส T1 ในแถวที่ 2 จะต่อวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าโซลินอยด์ (C+) เป็นผลให้เมฆวาล์วเลื่อนก้านสูบเคลื่อนที่ออกลิมิตสวิทช์ CO ถูกปล่อย T1 ไม่มีไฟหน้าสัมผัสกลับสู่สภาพเดิม

10.5.4 การควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

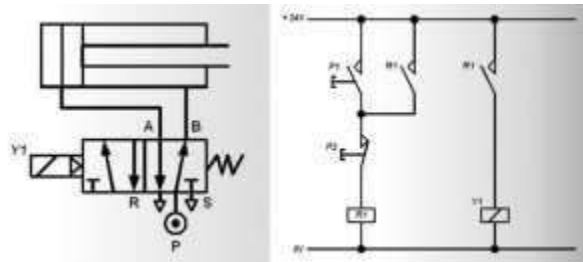
เงื่อนไขของการทำงานดังกล่าวคือเมื่อกดสวิทช์สตาร์ท (สวิทช์กดค้าง) ไปแล้วก้านจะเคลื่อนที่เข้าออกเองโดยอัตโนมัติ จนกว่าจะปล่อยสวิทช์สตาร์ททกลับสู่สภาวะปกติ



การทำงานของวงจร ในสภาวะปกติก้านสูบจะกดให้ลิมิตสวิทช์ a0 ต่อวงจร เมื่อมีการกดสวิทช์สตาร์ทแบบค้างตำแหน่งจึงทำให้กระแสไหลเข้าคอยล์รีเลย์ R1 ส่งผลให้เมนาวาล์วเลื่อนก้านสูบเคลื่อนที่ออก ลิมิตสวิทช์ a0 ถูกปล่อยและเมื่อก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปกดลิมิตสวิทช์ a1 หน้าสัมผัส a1 จะต่อไฟฟ้าเข้าคอยล์รีเลย์ R2 เมื่อรีเลย์ R2 ทำงานหน้าสัมผัสปกติปิดของ R2 ในแถวที่ 2 จะเปิดวงจรให้รีเลย์ R1 หยุดทำงานเมนาวาล์วถูกเลื่อนกลับด้วยสปริง ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าปล่อยลิมิตสวิทช์ a1 สู่สภาวะเดิม เมื่อก้านสูบเคลื่อนที่เข้ามาชนลิมิตสวิทช์ a0 หากกดสวิทช์ค้างไว้ก้านสูบพร้อมที่จะเคลื่อนที่ออกไปใหม่

ตัวอย่าง : วงจรการควบคุมนิวเมติกส์แบบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน IEC (BS 3939)

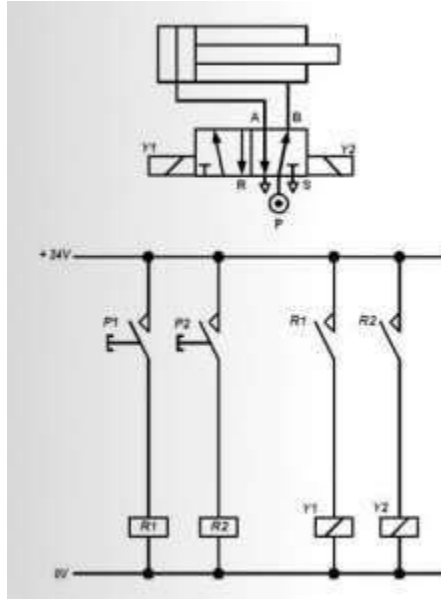
ตัวอย่างที่ 1 วงจรรักษาสภาพ



การทำงานของวงจร : ในสภาวะปกติความดันลมจาก P ไปออกที่ B ก้านให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า เมื่อกดสวิทช์ P1 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่าน P2 เข้าคอยล์รีเลย์ R1 หน้าสัมผัส R1 ทั้งหมดเปลี่ยนตำแหน่ง ดังนั้นเมื่อปล่อยมือจาก P1 กระแสไฟฟ้าก็ยังไหลผ่านทางหน้าสัมผัส R1 อยู่ และในแถวสุดท้ายหน้าสัมผัส R1 จะต่อไฟเข้าโซลินอยด์ Y1 ส่งผลให้เมนาวาล์วเลื่อนลมจาก P ไปออกที่ A ก้านสูบเคลื่อนที่ออกและค้างอยู่จนกว่าจะกดสวิทช์ P2 เพื่อตัดกระแสไฟที่เข้าไปยังเมนาวาล์วจะเคลื่อนที่กลับตำแหน่งปกติด้วยสปริงลมจาก P ไปออกที่ B ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

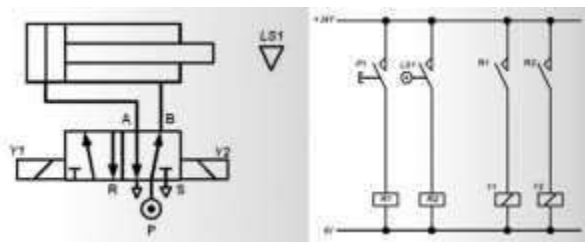
ตัวอย่างที่ 2 การควบคุมแบบค้ำตำแหน่ง

จากตัวอย่างที่ 1 ในกรณีที่ต้องการเงื่อนไขการทำงานเหมือนกันกล่าวคือ เมื่อกด P1 ก้านสูบเคลื่อนที่ออก และเมื่อกด P2 ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า กรณีที่เปลี่ยนเมนาวาล์วจากการใช้โซลินอยด์ด้าน (Single Solenoid) เป็นเมนาวาล์วที่ใช้โซลินอยด์ทั้งสองด้าน (Double Solenoid) ซึ่งวาล์วแบบนี้บางครั้งจะเรียกว่า “MEMORY VALVE”



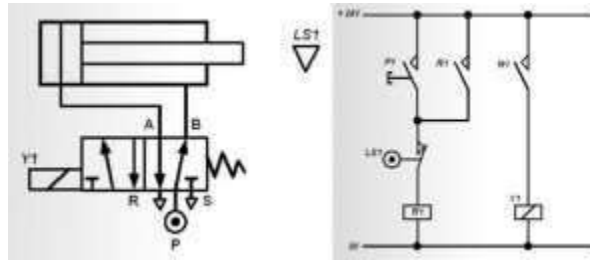
การทำงานของวงจร ในสภาวะปกติความดันลมจาก P ไปออกที่ B ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าที่กด P1 ไฟไหลเข้าคอยล์ของรีเลย์ R1 หน้าสัมผัส R1 เปลี่ยนตำแหน่งต่อไฟเข้าโซลินอยด์ Y1 เมนาวาล์วเปลี่ยนตำแหน่งเป็นผลให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกหลังจากปล่อยมือที่กด P1 แล้วเมนาวาล์วยังคงตำแหน่งอยู่ หากต้องการให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าให้กด P2 กระแสไฟก็จะไหลเข้าคอยล์ของรีเลย์ R2 หน้าสัมผัส R2 ต่อไฟเข้าโซลินอยด์ Y2 เมนาวาล์วเลื่อนกลับตำแหน่งปกติก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

ตัวอย่างที่ 3 การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (กรณีเมนาวาล์วใช้โซลินอยด์ทั้งสองด้าน)



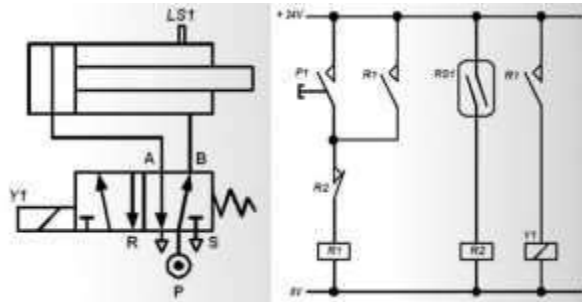
การทำงานของวงจร : มีลักษณะคล้ายกับวงจรในตัวอย่างที่ 2 แต่แทนที่จะใช้มือกด P2 จะให้หัวก้านสูบกดตัวลิมิตสวิทช์ LS1 แทน การทำงานจึงมีลักษณะเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ

ตัวอย่างที่ 4 การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (กรณีใช้เมนวนาล์วแบบโซลินอยด์ด้านเดียว)



การทำงานของวงจร : มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 แต่จะใช้ลิมิตสวิทช์ LS1 แทนสวิทช์ P2 เพื่อหยุดการทำงาน หรือต้องการให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าตำแหน่งปกติ

ตัวอย่างที่ 5 การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (กรณีใช้ REED SWITCH)



การควบคุมนิวเมติกส์ไฟฟ้า (กรณีใช้ REED SWITCH)

การทำงานของวงจร : ในกรณีที่เมนวนาล์วเป็นแบบใช้โซลินอยด์ด้านเดียว การทำงานของวงจรจะมีลักษณะเหมือนกับลิมิตสวิทช์ แต่เนื่องจาก REED SWITCH ไม่มีหน้าสัมผัสที่เป็นแบบปกติปิดของ R2 มาตัดวงจร



รูปที่ 2.4 ลักษณะของนิวเมติก

<http://vps33.pathosting.com/cours>



รูปที่ 2.5 การต่อใช้งานของ PLC ควบคุมนิวเมติก

<http://www.pandt1989.com/our-products/>

11. วิธีดำเนินโครงการ

วิธีการดำเนินการ โดยการศึกษาข้อมูลทฤษฎีต่างที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ นำมาดำเนินการสร้างและออกแบบสร้าง เครื่องตัดเหล็กปลอกเสอาอัตโนมัติ คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการในส่วนต่างๆโดยแบ่งออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

11.1 ขั้นตอนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

11.1.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ

11.1.2 ทำการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาในการดำเนินการจัดทำโครงการและการปฏิบัติงาน

11.1.3 เสนอชื่อโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา

11.1.4 จัดทำเอกสารและหาอุปกรณ์

11.2 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างและวงจรการทำงาน

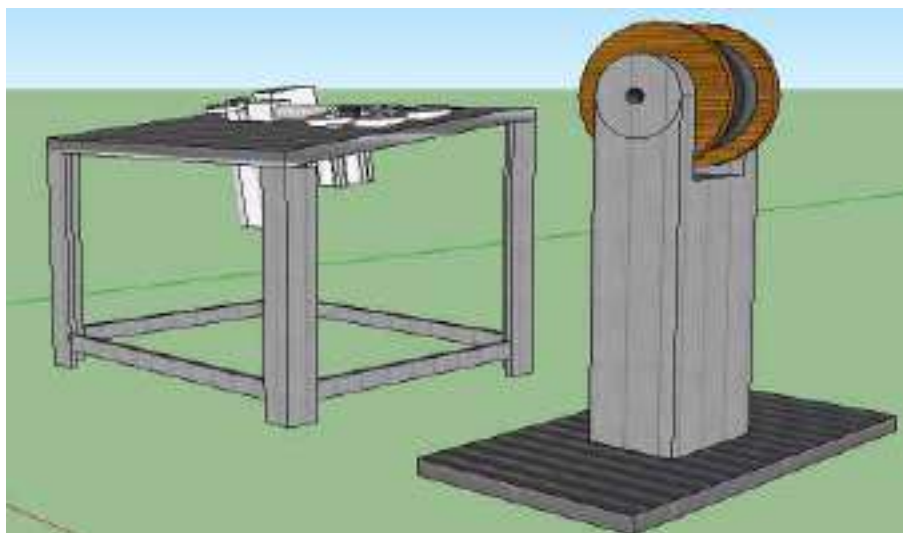
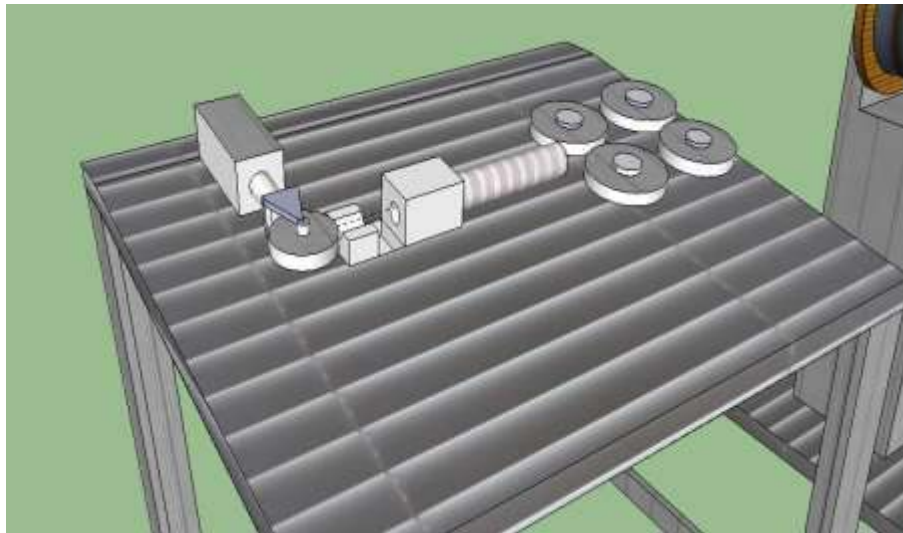
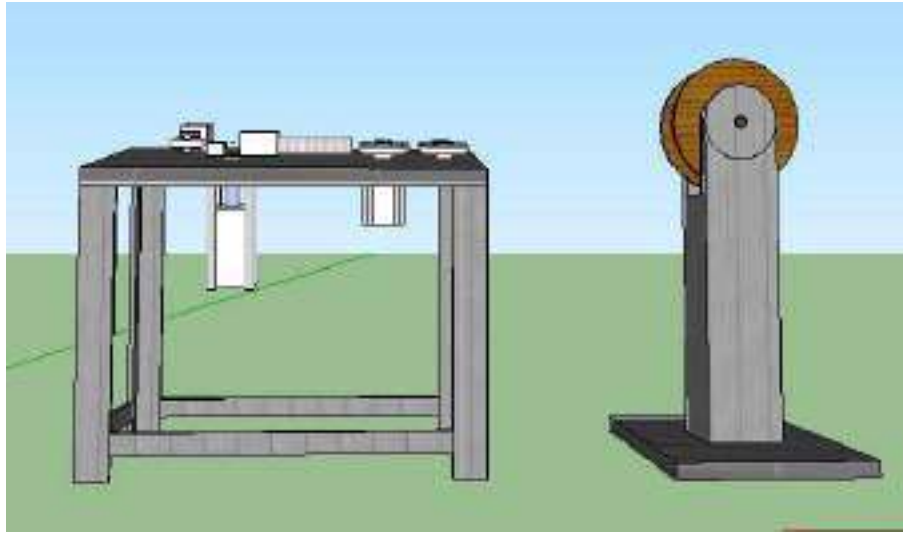
11.2.1 การออกแบบโครงสร้าง

11.2.1.1 ความสูง 40 cm

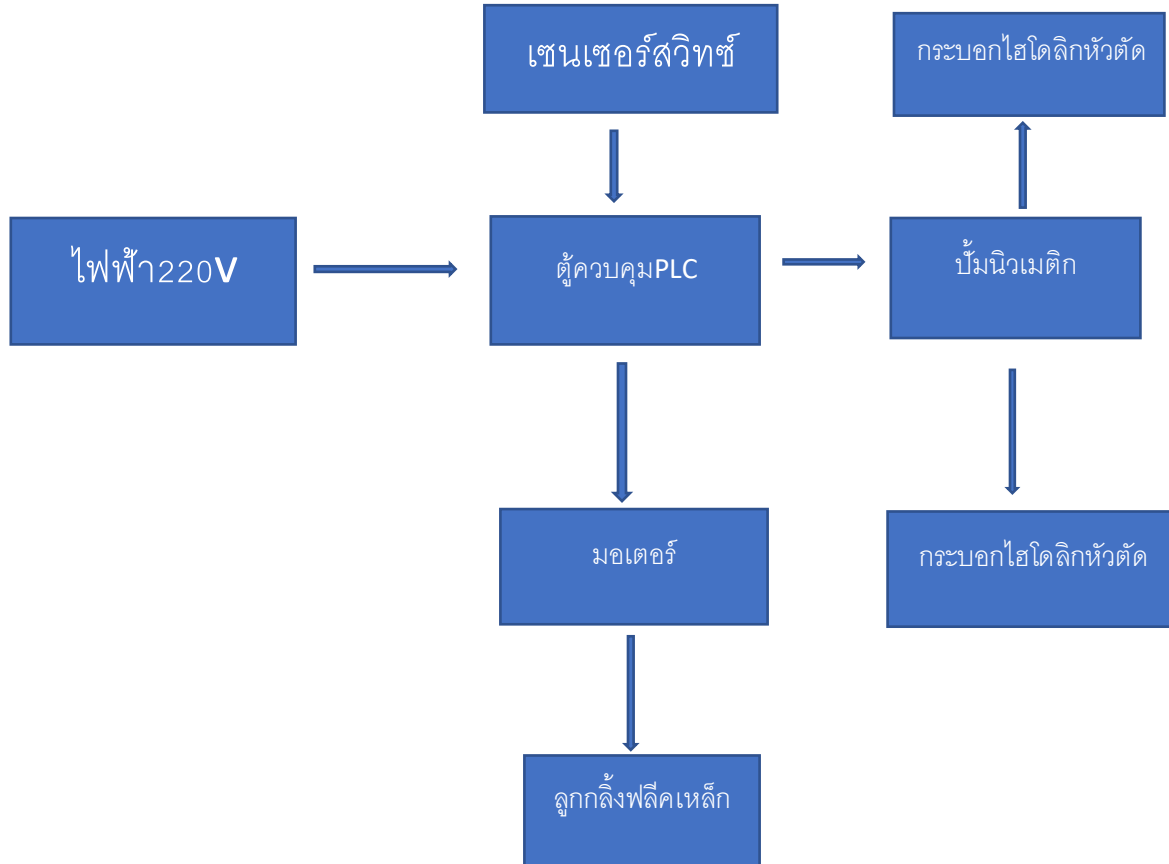
11.2.1.2 ความกว้าง30cm

11.2.1.3 ความยาว100cm

การออกแบบโครงสร้างใช้เหล็กฉากทั้งหมด 20 ท่อน โดยแบ่งตามความยาว 100 cm จำนวน 2 ท่อน และความยาว 40cm จำนวน 4 ท่อน และ 30cm จำนวน 12 ท่อน และ 80cm จำนวน 2 ท่อน นำมาประกอบได้ตามโครงสร้างที่ออกแบบ และนำเหล็กแผ่นขนาด 40*70cm (กว้าง*ยาว) จำนวน 1 แผ่น และเหล็กแผ่น 20*30cm (กว้าง*ยาว) จำนวน4 แผ่น จะได้ตามแบบที่กำหนดไว้



11.2.2 วงจรการทำงาน



จากรูป บล็อกไดอะแกรมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยจะมีบอร์ดคอนโทรลควบคุมอยู่ใช้ไฟ 220V เข้าที่ตู้คอนโทรล PLC การทำงานจะอยู่ 2 ภาคคือ ควบคุมมอเตอร์ จะมีเซ็นเซอร์สวิตช์รับค่าความยาวของเหล็กส่งมาที่ตู้คอนโทรล PLC ประมวลผลและส่งไปรีเลย์เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานของมอเตอร์ ในระยะที่โปรแกรมตั้งไว้ อีกส่วนจะเป็นควบคุมในส่วนการทำงานของระบบนิวเมติกส์ส่วนนี้จะเชื่อมโยงการทำงาน ร่วมกับการควบคุมมอเตอร์คือ มีเซ็นเซอร์ตัวเดียวกัน

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

ลำดับที่	การดำเนินงาน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	วางแผนและ ศึกษาข้อมูล - วางแผนทำโครงการ - ศึกษาข้อมูลและ เอกสาร	→											
2	ออกแบบโครงสร้าง		→										
3	ดำเนินการสร้าง และทดสอบ - ตรวจสอบแก้ไขส่วน ที่ผิดพลาด				→								
4	วิธีการทดลอง						→						
5	สรุปเอกสารและ ชิ้นงาน -เตรียมเสนอชิ้นสอบ กับอาจารย์											→	

13.1 ทำการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการวิจัยตั้งนี้ เหล็กขนาด 3 มม. และชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กอัตโนมัติ

13.2 นำเหล็กเส้นใส่แทน

13.3 ทำการติดตั้งระบบ PLC และ นิวเมติก ให้แก่ชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเสออัตโนมัติ

13.4 ทำการทดลองโดยการเปิดเครื่องให้ชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเสอ

13.5 สังเกตการณ์ทำงานของชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กอัตโนมัติว่ามีผลการทำงานอย่างไร แล้วทำการรวบรวมข้อมูล และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

13.6 นำผลการทดลองจากชุดจำลองเครื่องตัดเหล็กปลอกเสออัตโนมัติ ที่ได้ มาวิเคราะห์ ผลการทำวิจัยทำการสรุปผลแล้วอภิปรายผลการดำเนินงาน

14. จบประมาณ

-

15. เอกสารอ้างอิง

<https://www.thaimetallic.com/%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%A1>

https://www.google.com/search?q=%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%97%E0%B8%A3+PLC&rlz=1C1GCEA_enTH858TH858&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=NMrIjNbVmCYXM%25%203A%252CMbtiGC9qN4hKQM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kSN463x

https://www.thianthong.com/media/wysiwyg/product_images/AC220V-10A-Auto-On-Off-Switch-Street-Light-Photocell-Photoswitch-Sensor.jp

<http://www.lib.buu.ac.th/st/53550383.pdf>

1. ชื่อโครงการ เครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชโดยการประมวลผลภาพ

Classified Machine of Plant Seeds Using Image Processing

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

นางสาวสุนันท์ เมืองฮามพันธ์ รหัส 6041103126

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมู่เรียน วศ.6004

โทรศัพท์ 0873117200 Email: sb6041103126@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

นางสาวสถาพร ผลประเสริฐ รหัส 6041103121

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมู่เรียน วศ.6004

โทรศัพท์ 0630504528 Email: sb6041103121@lru.ac.th

นางสาวลักขณา มีพงษ์ รหัส 6041103127

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมู่เรียน วศ.6004

โทรศัพท์ 0611278409 Email: sb6041103127@lru.ac.th

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.คมยุทธ ไชยวงษ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเหมาะแก่การเพาะปลูก และยังเป็นประเทศอันดับต้นๆของทวีปเอเชียที่มีการทำการเกษตรมากกว่า ร้อยละ 80 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นการปลูกพืช 68 เปอร์เซ็นต์ การประมง 17 เปอร์เซ็นต์ การปศุสัตว์ 11 เปอร์เซ็นต์ และการเกษตรประเภทอื่น ๆ อีก 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการทำเกษตรนั้นไม่ได้มีเพียงการปลูกพืชเพื่อหวังผลผลิตเท่านั้น ยังมีเกษตรกรอีกกลุ่มที่ปลูกพืชเพื่อหวังเมล็ดซึ่งเมล็ดพืชนั้นสามารถนำมาขายในประเทศและส่งออกไปในต่างประเทศอีกด้วย

ซึ่งในประเทศไทยมีบริษัทที่จดทะเบียนขออนุญาตทำธุรกิจจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ประมาณ 200 ราย แยกเป็นบริษัทผู้ส่งออกราว 60 ราย บริษัทนำเข้าประมาณ 70 ราย บริษัทที่ทำการผลิตปรับปรุงสายพันธุ์ไม่เกิน 20 ราย โดยบริษัทที่เป็นรายใหญ่ๆ เช่น บริษัทเจียไต่ จำกัด บริษัท East West Seed จำกัด บริษัท เพื่อนเกษตร จำกัด

บริษัท โนวาติส จำกัด บริษัท ที เอส เอ จำกัด บริษัท เซ่ง เฮียง ฮวด จำกัด บริษัท เจีย กวง เส็ง จำกัด เป็นต้น และเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับควมนิยม มี เมล็ดพันธุ์ประเภทพืชผัก พืชไร่ และไม้ดอก มีมูลค่าการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย เกินดุลเฉลี่ยปีละ 500 ล้านบาท มูลค่าการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ของไทยเฉลี่ยแต่ละปีอยู่ที่ระดับประมาณ 500 ล้านบาท ในขณะที่มูลค่าการส่งออกเฉลี่ยอยู่ในระดับ 1,000 ล้านบาท ซึ่งเท่ากับว่าไทยเกินดุลการค้าเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยปีละ 500 ล้านบาท จึงมีการปลูกพืชเพื่อนำเมล็ดมาใช้ในการขยายพันธุ์ และทำการค้าขายเมล็ดพืช ในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมากในการคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืช ทำให้พบปัญหาหลายอย่างเช่นเกิดความเหนื่อยล้าจากแรงงานคน ทำให้งานไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ ใช้ระยะเวลาในการคัดแยกนานและอาจไม่มีความแม่นยำในการทำงาน ต่อไปการพัฒนาธุรกิจเมล็ดพันธุ์ภายใน 5 ปี คาดว่าจะสามารถเพิ่มมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์จากเฉลี่ยปีละประมาณ 1,000 ล้านบาท เป็นปีละ 4,000-5,000 ล้านบาท และลดการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ลงให้เหลือเฉลี่ยเพียงปีละ 200 ล้าน

ดังนั้นจึงคาดว่าจะมีการว่าจ้างงานเพิ่มมากขึ้นและอัตราว่าจ้างที่สูงขึ้น ทางผู้จัดทำโครงการจึงได้คิดค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยได้ทำการจัดสร้าง เครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชโดย Image Processing และเพื่อลดปัญหาการใช้แรงงานคน ลดระยะเวลาในการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและได้เมล็ดที่มีคุณภาพอย่างดีที่สุด และสามารถทำงานได้ตลอดทั้งวัน อีกทั้งยังลดต้นทุนในการจ้างงาน และการผลิตอีกด้วย

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อศึกษาเรียนรู้การทำงานของ Image Processing
- 6.1 เพื่อออกแบบเครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืช
- 6.3 เพื่อสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชโดยใช้ Image Processing

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

-

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืช
2. สามารถคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชดีและเสียได้
3. ลดการใช้แรงงานคนในการคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืช
4. ลดระยะเวลาในการคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืช

9. ขอบเขตของโครงการ

1. ประมวลผลภาพและคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชโดยระบบ Image Processing
2. ถ่ายภาพจากกล้องดิจิตอลเพื่อเป็นอินพุตของโปรแกรม MATLAB
3. คัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชขอเนกประสงค์
4. ระบุตำแหน่งเมล็ดพันธุ์พืชแบบแกน X,Y

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

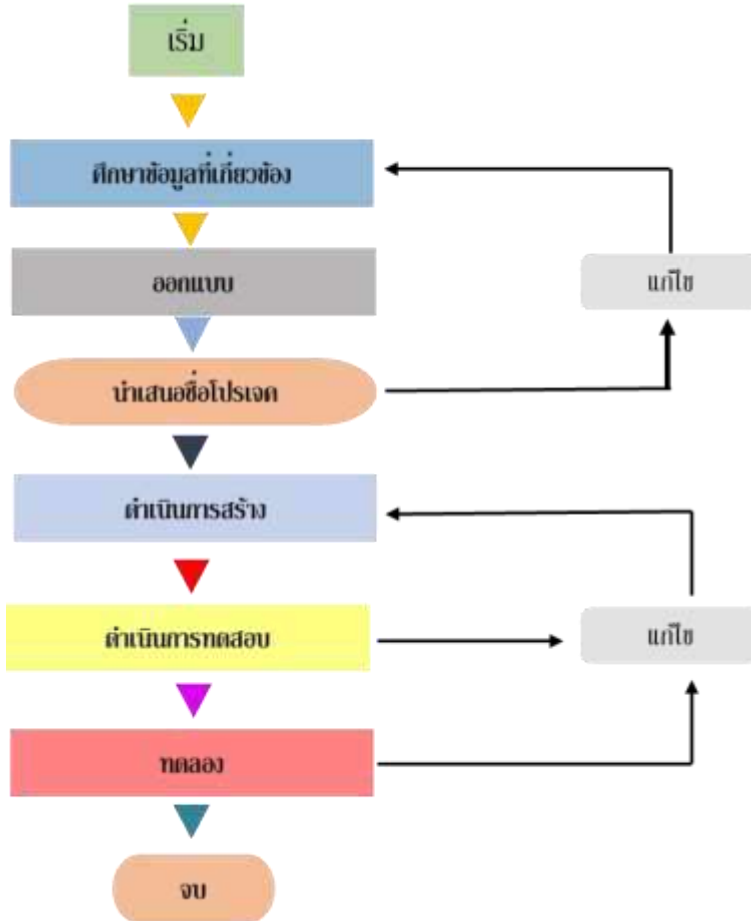
จากการศึกษาและจัดทำเครื่องคัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 1 ความรู้เกี่ยวกับการคัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ
- 2 ความรู้เกี่ยวกับการถ่ายภาพจากกล้องดิจิทัล WEB CAMERA
- 3 ความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม MATLAB
- 4 ความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพเบื้องต้น (Image Processing)
- 5 ความรู้เกี่ยวกับ Arduino Uno R3
- 6 สเต็ปป์มอเตอร์

11. วิธีดำเนินโครงการ

การดำเนินงานของโครงการเครื่องคัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ ผู้ศึกษามีขั้นตอนวิธีในการดำเนินการปฏิบัติและขั้นตอนการทดลอง ดังต่อไปนี้

- 1 ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2 ขั้นตอนการออกแบบ
- 3 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ
- 4 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ
- 5 ขั้นตอนการทดลองเครื่องคัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ



ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ วัสดุอุปกรณ์ จากหนังสือและเอกสาร เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและคิดค้นวิธีการจัดสร้างเครื่องขัดแยกเมล็ดมะเขือเทศ ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

Image processing

คือ การประมวลผลภาพ ที่เป็นกระบวนการจัดการและวิเคราะห์ สารสนเทศของรูปภาพ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล

MATLAB

คือ เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงเพื่อใช้ในการคำนวณทางเทคนิคเช่นการวิเคราะห์ข้อมูลการแสดงผลในรูปภาพโดยทั่วไปการคำนวณทั่วไปการสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

Arduino

Arduino ถูกใช้ประโยชน์ในลักษณะเดียวกับ MCU คือ ใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับ MCU เพื่อควบคุมการรับส่งสัญญาณทางไฟฟ้าตามเงื่อนไขต่าง ๆ และนอกนั้นยังมีราคาที่ถูกต่อการที่จะนำมาใช้ในงานของผู้วิจัย

สเต็ปป์มอเตอร์ (stepping motor)

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ มีลักษณะการขับเคลื่อนโดยการหมุนรอบแกน 360 องศา สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนได้อย่างแม่นยำด้วยองศาหรือระยะทาง โดยทั่วไปงานที่จะนำมอเตอร์ประเภทนี้ไปใช้งานจะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งที่มีความแม่นยำสูง อีกทั้งยังมีขนาดเล็กเหมาะกับการนำมาเป็นชุดทดลองในงานของผู้วิจัยด้วย

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

-

14. งบประมาณ

-

15. เอกสารอ้างอิง

<https://positioningmag.com/>

<https://www.mathworks.com/>

<https://medium.com/@watchanan/matlab-ตอนที่-4-eb311c53cd1a> (2562)

<https://www.makerlab-electronics.com/arduino-uno-r3-atmega328p> (2562)

<https://www.factomart.com/th/stepping-motor/>

ด้านเทคโนโลยีโยธา

1. ชื่อโครงการ การวิจัยบล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพารา แกลบ และเศษพลาสติก

Study on Lightweight Concrete Blocks Supplementing Husk, Latex and Plastic

2. ประเภทการประกวด

ด้านเทคโนโลยีโยธา

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายภาณุวัฒน์ ชุมปัญญา รหัส 6040401114

สาขาวิชา เทคโนโลยีโยธา หมู่เรียน ท.6001

โทรศัพท์ 0935032726 E-mail -

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นายธนาตล บุผู รหัส 6040401106

สาขาวิชา เทคโนโลยีโยธา หมู่เรียน ท.6001

ชื่อ-สกุล นายอนุพันธ์ จันทร์ดวง รหัส 6040401118

สาขาวิชา เทคโนโลยีโยธา หมู่เรียน ท.6001

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติกร ศรีลานนท์

สาขาวิชา เทคโนโลยีโยธา

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการโยธา สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

การใช้บล็อกมวลเบาในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยมีข้อดีและข้อเสียอยู่หลายอย่าง ข้อดีคือประหยัดเวลาในการก่อสร้าง การรับน้ำหนักที่น้อยลงของตัวอาคาร แต่ในบล็อกมวลเบาก็มีข้อเสียอีกหลายอย่างเช่นกัน บล็อกมวลเบาที่มีรูพรุนจึงทำให้ดูดกลืนน้ำเป็นจำนวนมากและเมื่อเวลาฝนตกอาจจะทำให้น้ำซึมเข้าบ้านซึ่งจะส่งผลให้บล็อกมวลเบาแตกหักได้ง่าย ด้วยความพรุนของบล็อกมวลเบาทำให้กำลังของบล็อกมวลเบาตกลงเป็นอย่างมาก และบล็อกมวลเบายังมีราคาสูง กลุ่มผู้วิจัยจึงอยากนำวัสดุในท้องถิ่นอย่างน้ำยางพาราแกลบและวัสดุเหลือใช้อย่างเศษพลาสติกมาเพิ่มมูลค่าเนื่องจากพืชทางการเกษตรมีราคาตกต่ำ

ในจังหวัดเลยมีการเพาะปลูกยางพาราเป็นส่วนมาก จำนวน 763,386 ไร่ ได้ผลผลิตจำนวน 139,258.40 ตัน/ปี(ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเลย 2561) ยางพารามีความยืดหยุ่นและป้องกันการดูดกลืนน้ำ และในจังหวัดเลยยังเพาะปลูกข้าวมากเป็นอันดับ 2 รองจากยางพารา โดยมีจำนวนมากถึง 435,901 ไร่ ได้ผลผลิตจำนวน 168,146 ตัน/ปี(ที่มา : สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเลย 2561) แกลบมีน้ำหนักเบาช่วย

เพิ่มช่องว่างให้บล็อกมวลเบา ขวดพลาสติกหาได้ทั่วไป เศษขวดพลาสติกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของบล็อกมวลเบาได้

กลุ่มผู้วิจัยจึงสนใจนำน้ำยางพารา แกลบ และเศษพลาสติก มาเป็นมวลรวมเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุเหล่านี้มาเป็นส่วนผสม โดยกลุ่มผู้วิจัยจึงต้องการศึกษากำลังอัด การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตร ว่าจะสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่จึงทำให้เกิดการวิจัยบล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพาราแกลบและเศษพลาสติก

6. วัตถุประสงค์โครงการ

6.1 เพื่อศึกษากำลังอัด การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตรของบล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพาราแกลบและเศษพลาสติก

6.2 เพื่อศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมของบล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพาราแกลบและเศษพลาสติก

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

การทำบล็อกมวลเบาให้ได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้ส่วนผสมที่หาได้ง่าย ได้แก่ แกลบ น้ำยางพารา เศษพลาสติกจากขวดน้ำดื่ม มาเพิ่มลงไปในการทำอิฐบล็อกมวลเบา เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้น ค่าการดูดกลืนน้ำน้อยลง และ น้ำหนักบล็อกมวลเบาที่มีน้ำหนักเบาลงมากกว่าเดิม

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 บล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพาราแกลบและเศษพลาสติก ที่มีคุณสมบัติ แข็งแรงมากขึ้นน้ำหนักเบาลง และดูดกลืนน้ำน้อยลง

8.2 เพื่อเป็นวัสดุต้นแบบแนวทางในการผลิตบล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพาราแกลบและเศษพลาสติก เพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์

9. ขอบเขตของโครงการ

9.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการศึกษา ศึกษาหาค่ากำลังอัด ค่าการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตรของบล็อกมวลเบาเสริมน้ำยางพาราแกลบและเศษพลาสติกโดยใช้มาตรฐาน มอก.1501-2541 ในการทดสอบเพื่อหาสูตรส่วนผสมที่เหมาะสม

9.2 สถานที่ใช้ในการทดลอง ห้องปฏิบัติการโยธา สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

10.1.1 อิฐบล็อกมวลเบา

เป็นวัสดุที่มีมีการนำมาใช้ และเป็นที่ยอมรับมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าวัสดุชนิดอื่นที่มีมา โดยวัสดุเองที่มีส่วนผสมมาจาก ทราย ซีเมนต์ ปูนขาว น้ำ ยิปซัม ผงอลูมิเนียมผสมรวมกัน แต่ส่วนที่สำคัญที่สุดคือฟองอากาศเล็ก เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting Voids) ที่อยู่ในเนื้อวัสดุมาก ประมาณ 75% ทำให้น้ำหนักเบา ซึ่งผลของความเบาจะช่วยให้ประหยัดโครงสร้าง อีกทั้งฟองอากาศเหล่านั้น ยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี โดยอิฐบล็อกมวลเบา มีคุณสมบัติและวิธีการผลิตดังนี้

1) คุณสมบัติของอิฐบล็อกมวลเบา นอกจากเรื่องน้ำหนักแล้ว ด้วยขนาดอิฐใหญ่ ได้มาตรฐาน จึงช่วยให้กระบวนการก่ออิฐ เสร็จไวกว่าอิฐมอญมาก โดยช่างใช้ปูนก่อได้มาตรฐานช่วยลดการสูญเสียของอิฐดีกว่าอิฐมอญส่วนคุณสมบัติด้านกันความร้อน และกันเสียงอิฐมวลเบาทำได้ดีกว่าอิฐมอญมาก(เมื่อเทียบกับกรณีอิฐมอญชั้นเดียว) ส่วนข้อเสีย ด้วยลักษณะทางกายภาพของวัสดุมีรูพรุน ทำให้อิฐมวลเบาดูดซับน้ำ ซึ่งจะมีผลกับความชื้น การออกแบบจึงไม่นิยมใช้งานภายในห้องน้ำ ห้องครัว ส่วนการเจาะผนังเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ฟูกที่ออกแบบมาเพื่ออิฐมวลเบาเท่านั้น

2) วิธีการผลิตอิฐบล็อกมวลเบา

2.1) กำหนดค่าตาชั่งปูน ทราย ตามอัตราส่วนที่กำหนด

2.2) กำหนดค่าเติมน้ำลงในเครื่องผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด

2.3) ผสมน้ำยาโฟม Tripple Trees Foam Agent ตามอัตราส่วนที่กำหนด

2.4) กำหนดค่าโฟมตามอัตราส่วนที่กำหนด

2.5) เริ่มทำการผสม โดยเรียก น้ำ ทราย ปูน โฟม ตามลำดับ โดยเครื่องจะ

ทำงานโดยอัตโนมัติ

2.6) เมื่อฟองโฟมกับมอร์ตาร์เข้ากันดีแล้ว ตรวจสอบน้ำหนักต่อลิตรตามต้องการ

2.7) นำรถลำเลียงเข้ารับมอร์ตาร์มวลเบา เพื่อนำไปเทลงแบบ

2.8) ปาดแต่งผิวหน้าด้วย เกรียงปาดให้เรียบร้อย

2.9) ทิ้งไว้ 2.30 – 3.30 ชั่วโมง แล้วจึงนำเครื่องถอดแบบเข้าทำการถอดแบบ

2.10) นำเครื่องตัดเข้าทำการตัดตามขนาดที่ต้องการ

2.11) ทิ้งไว้ 16-24 ชั่วโมง ทำการจัดเก็บขึ้นพาเลท

2.12) นำพลาสติกใส ห่อหุ้มเพื่อให้เกิดการบ่มคอนกรีตและเป็นการหีบห่อเพื่อ

ทำการขนส่งไปในตัว ไม่จำเป็นต้องเก็บไว้ในที่ร่ม

2.13) เมื่อขึ้นงานมีอายุครบ 15 วัน สามารถนำไปใช้งานได้

10.1.2 ปูนขาว

พงศ์พัน วรสุนทรโรสด และ วรพงศ์ วรสุนทรโรสด (2544 : 105-106) ได้

ให้ความหมายเกี่ยวกับปูนขาวและชนิดของปูนขาวไว้ดังนี้ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญอย่างหนึ่ง ใช้ในการผสมปูนก่อผสมปูนฉาบ ใช้ผสมคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตแน่น นอกจากนี้ใช้ในการก่อสร้างแล้วยังใช้ประโยชน์อย่างอื่นอีกมาก เช่น ปูนขาวได้มาจากการเผาหินปูนโดยใช้ความร้อนประมาณ 760 – 1000 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาประมาณ 6 วัน 6 คืน และ เป็นวัสดุที่ได้จากการเผาหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต)โดยใช้ความร้อนสูง จะได้เป็นปูนสุก (แคลเซียมออกไซด์ หรือ cao หรือ lime) เมื่อเย็นตัวลงแล้วพรมน้ำให้ชุ่ม ปูนสุกจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนที่เป็นผงแห้งได้เป็น ปูนขาว และส่วนที่เป็นสารแขวนลอยคือ น้ำปูนโลม (milk of lime) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (ม.อ.ก.) ม.อ.ก.202

10.1.3 ทราย

พิภพ สุนทรสมัย (2544 : 1-2) ได้ให้ความหมายของทรายไว้ดังนี้ เป็นวัสดุที่

สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นส่วนผสมของคอนกรีต ประเภทมวลรวมละเอียด เพื่อความแข็งแรง และเป็นตัวแทรกของคอนกรีต นอกจากนี้ยังเป็นส่วนผสมสำคัญของมอร์ตาร์ ที่นำมาใช้ก่อ และฉาบ ทรายเป็นหินแข็งซึ่งแตกแยกออกมาจากหินก้อนใหญ่ หรือเรียกว่าเป็นหินเม็ดเล็ก มันเกิดการแยกตัวขึ้นได้เองตามธรรมชาติ สำหรับประเทศไทยทรายมีเพียงพอสำหรับความต้องการในการใช้งาน ปัจจุบันมีเรือขุดหรือเรือดูดจากลำน้ำ นำทรายขึ้นมาได้อย่างรวดเร็ว และเป็นจำนวนมาก ยังมีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บทรายโดยเจาะและดูดทรายจากใต้ระดับดิน แถบจังหวัดอ่างทอง ออยุธยา และนครปฐม โดยเฉพาะที่ต้องลงไปใต้น้ำตักเรือ เลยเป็นอาชีพของคนไทยที่นิยมกัน ในหมู่ผู้ที่มีความอดทน การได้ทรายมาลำบากจึงมีความจำเป็นต้องตีราคาสูงขึ้นเป็นค่าแรง ส่วนค่าทรายแท้ เป็นของแผ่นดิน การก่อสร้างต่างๆ ในปัจจุบันได้มีเพิ่มมากขึ้น จำเป็นอยู่เองในการที่จะขุดทรายมากขึ้น ต้องหาวิธีที่ดีที่สุดเพื่อให้ทรายเพียงพอกับความต้องการทรายมีขนาดไม่โตกว่า 1/12 นิ้วและมีขนาดไม่เล็กกว่า 1/400 นิ้ว สำหรับ มาตรฐานทั่วไป ถ้าเล็กกว่านี้ไปอีกทรายจะกลายเป็นฝุ่นเมื่อผสมกับน้ำคล้ายกับดินโคลนมากกว่า ไม่นิยมเอาทรายที่เล็กมากมาผสมคอนกรีต เพราะอาจจะทำให้คอนกรีตเป็นรอยร้าวแตกได้ง่ายเมื่อเกิดการหดตัวขึ้นในเมื่ออุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงหรือคอนกรีตก่อตัวทรายธรรมดาที่มีเกิดอยู่ 2 ลักษณะดังนี้

1) ทรายบกหรือทรายบ่อ สภาพภูมิอากาศทำให้เกิดการแตกแยกเสียหายชำรุดของ

หิน จะฝังอยู่ใต้พื้นดินเป็นแห่งๆ มักนิยมใช้เพราะทรายชนิดนี้มีแ่งเหลี่ยมมุมแข็งแรงดี เม็ดทรายไม่กลมมลเรียบริย ทำให้เหมาะสมมากในการที่จะแทรกตัว และทำให้ช่องว่างของคอนกรีตลดน้อยลงจะได้คอนกรีตที่ดี แต่ทรายแต่ละชนิดมักจะมีดิน พีช ซากสัตว์ปนอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรยอมให้ผสมกับทรายเล็กน้อยที่สุดคือไม่มีเลย ฉะนั้นเมื่อจะนำมาใช้ต้องนำทรายมาล้างหรือแยกให้สะอาด ด้วยวิธีใดๆ ก็ได้เสียก่อน ซึ่งเป็นการเปลืองค่าแรง ค่าขนส่ง และเวลามาก ถึงแม้จะลำบากถ้าเป็นที่มีการก่อสร้างในบริเวณที่มีทรายดังกล่าว ควรต้องใช้และใช้ได้ผลดีมาแล้วเหมือนกัน ทรายที่เกิดตามทะเลทรายก็นับว่าเป็นทรายบก สาเหตุอันเกิดของทะเลทรายอันเต็มไป

ด้วยทรายซึ่งไปเห็นแล้วคงจะคิดว่าเป็นโชคคืออย่างมหาศาลทีเดียว สำหรับงานคอนกรีต จากการผันแปรทางภูมิศาสตร์ ทำให้ทรายคงรูปอย่างเหมาะสมสำหรับงานมากที่สุด

2) ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปในแถบที่ราบลุ่มตามท้องแม่น้ำ ลำคลอง

ทะเล สันดอน ทรายชนิดนี้ถูกภัยจากปรากฏการณ์ของธรรมชาติพัด หรือนำมาจากที่อื่นรวมกันอยู่เป็นทรายที่สะอาด ด้วยเหตุผลที่น้ำได้พัดพาทรายมาจากหนึ่ง ระหว่างที่พามาขึ้นทำความสะอาด ผงโคลน เศษวัตถุอื่นก็ต้องตกลงตามทาง พบว่าทรายที่ได้จากแม่น้ำ สะอาดพอที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้ทันที ส่วนข้อเสียที่เกิดจากการพามากับน้ำนี้คือ อาจทำให้เม็ดทรายกระทบกันทำให้เม็ดแตกแยก ถูก น้ำซัด กลิ้ง เสียดสีกัน จนกระทั่งเป็นทรายที่มีลักษณะกลมเกลี้ยง ส่วนมากปราศจากเหลี่ยมคมสำหรับยึดเกาะทำให้การประสานกันกับสัดส่วนผสมอื่นของคอนกรีตไม่ดี สู้ทรายบกไม่ได้ ฉะนั้นการพิจารณาในการนำมาใช้กับงานต้องคำนึงถึงผลสำเร็จอันบังเกิดแก่งานในด้านต่างๆ

10.1.4 แกลบ

อรอนงค์ นัยวิกุล (2547 : 321) ได้ให้ความหมายแกลบดังนี้ ส่วนเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดข้าว ได้จากกระบวนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้องโดยโรงสีสามารถนำแกลบมาใช้ประโยชน์ได้หลายลักษณะ เช่นเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนหม้อต้มไอน้ำ เพื่อนำไอน้ำไปใช้ในโรงสกัดน้ำมันรำ เครื่องอบเปลือกข้าว และผลิตไฟฟ้ามีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ คือ เส้นใยหยาบ และแร่ธาตุหลัก คือ ซิลิกา ซึ่งมีราคาและมูลค่าสูง เพราะเป็นสารที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมช่วยเพิ่มแรงตึงผิว และการกระจายตัวของยาชนิดที่เป็นของเหลว ใช้เป็นสารช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีอุตสาหกรรมน้ำมัน และปิโตรเคมี ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน ใช้เป็นสารดูดซับความชื้นซึ่งช่วยในการเก็บรักษาอาหารแห้งหรืออาหารกรอบให้คงทน ช่วยดูดซับสารเคมีอันตรายใช้กรองน้ำดื่มกรองอากาศที่มีสารพิษ หรือฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นต้น ส่วนสารเฟอร์พิวรัล ซึ่งสกัดได้จากเส้นใยหยาบจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตฟูแรน สำหรับอุตสาหกรรมผลิตไนรอน และเป็นวัตถุดิบในการผลิตพินอลิก

10.1.5 น้ำยางพารา

บุญธรรม นิธิอุทัย (2530 : 1-3) ได้ให้ความหมายน้ำยางพาราสดไว้ดังนี้ น้ำยางสดที่กรีตได้จากต้นยางจะคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศ และจากเปลือกของต้นยางขณะกรีตยางจะลงไปปนน้ำยาง และกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่น โปรตีน น้ำตาล ฟอสโฟไลปิด โดยแบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลังจากแบคทีเรียกินสารอาหาร คือ จะเกิดการย่อยสลายได้เป็นก๊าซชนิดต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เริ่มเกิดการบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็น การที่มีกรดที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในน้ำยางเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงลดลง ดังนั้นน้ำยางจึงเกิดการสูญเสียสภาพ ซึ่งสังเกตได้จาก น้ำยางจะค่อย ๆ หนืดขึ้น เนื่องจากอนุภาคของยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ และจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนน้ำยางสูญเสียสภาพโดยน้ำยางจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นเซรุ่ม ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยางไม่ให้อนุภาคของเม็ดยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงมี

การใส่สารเคมีลงไปนํ้ายางเพื่อเก็บรักษานํ้ายางให้คงสภาพเป็นของเหลว โดยสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษานํ้ายาง เรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ โพร์มาดีไฮด์ เป็นต้น

10.1.6 ปูนซีเมนต์

วินิต ช่อวิเชียร (2539 : 13-14) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับปูนซีเมนต์ไว้ดังนี้ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่า ธรรมดา จำแนกประเภทของปูนซีเมนต์สโตร์แลนด์ออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

1) ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา(Ordinary Portland Cement)

สำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดาและสำหรับการก่อสร้างปกติทั่วไป ที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศที่รุนแรง หรือในที่ที่มีอันตรายจากซัลเฟตเป็นพิเศษ หรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับนํ้าจะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตรายที่คอนกรีตจะแตกร้าวเสียหาย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียวและตราเพชรเม็ดเดียว

2) ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement)สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เช่น งานสร้างเขื่อนคอนกรีต กำแพงกันดินหนาๆ หล่อท่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ตอม่อสะพาน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ให้กำลังรับแรงต่ำกว่า ปูนซีเมนต์ประเภท 1 ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคเจ็ดเศียร

3) ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์สโตร์แลนด์แข็งตัวเร็ว (High-early Strength Portland Cement)หรือเรียกว่าซูเปอร์ซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ให้กำลังรับแรงสูงในระยะแรก เร็วกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 มีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ผลิตโดยการเปลี่ยนสัดส่วนผสม(เพิ่มc3sและลดc2s) หรือโดยการเติมสารอื่น โดยการบดให้ละเอียดยิ่งขึ้น มีประโยชน์สำหรับทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้งานเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต ถนน พื้นและคานที่ต้องถอดแบบเร็ว เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ยังเหมาะกับการทำคอนกรีตในอากาศหนาว คอนกรีตที่หล่อด้วยปูนซีเมนต์ประเภทนี้เพียง 3 วัน จะมีกำลังเท่ากับคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ธรรมดาที่หล่อแล้วได้ 28 วัน ได้แก่ ปูนซีเมนต์สโตร์แลนด์ตราเอราวัณ ตราพญานาคสีแดงและตราสามเพชร

4) ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์สโตร์แลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ(Low-Heat Portland Cement)เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำสุดอัตราการเกิดกำลังของคอนกรีตเป็นไปอย่างช้าๆ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ใช้มากในการก่อสร้างคอนกรีตหนา เช่น เขื่อน เนื่องจากให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่าปูนซีเมนต์ชนิดอื่นขณะก่อตัวและแข็งตัว

5) ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์สโตร์แลนด์ทนซัลเฟต(Sulfate-Resistant Portland Cement)เป็นปูนซีเมนต์ชนิดที่ต้านทานซัลเฟตได้สูงกว่าปูนซีเมนต์ชนิดอื่นๆ(C4Aต่ำกว่า)สำหรับใช้กับโครงสร้างที่อยู่ในที่ที่มีการกระทำของซัลเฟตรุนแรง เช่น นํ้าหรือดินที่มีค่า(Alkaline)สูง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีระยะเวลาแข็งตัวช้ากว่าประเภทที่ 1 ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างฟ้า ตราปลาฉลาม

10.1.7 เศษพลาสติก

พงศ์พันธ์ วรสุทโรสถ และ วรพงศ์ วรสุทโรสถ (2544 : 207) ได้ให้ความหมายพลาสติกไว้ดังนี้ ขวดพลาสติก ขวดพลาสติกใส ที่สามารถหล่อในแม่พิมพ์ได้ ปัจจุบันใช้ความร้อนทำเป็นรูปต่างๆ ได้โดยความดัน หรือ ขวดพลาสติกที่ใส่บรรจุของเหลว ที่ไม่เป็นอันตรายในการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำมาแปรสภาพให้เกิดผลประโยชน์ใช้สอยใหม่ขึ้นมา จึงนำขวดพลาสติกมาตัดเป็นชิ้นๆ เพื่อเอาไปเป็นส่วนผสมในการทำอิฐบล็อกมวลเบา ที่จะศึกษา

10.1.8. ยิปซัม

งามพิศ แยมเนียม (2520 : 9) ได้ให้ความหมายยิปซัมไว้ดังนี้ ยิปซัมหรือเรียกเป็นไทยว่า แก้วแกลบ หินแก้วหรือเกลือจืด มีส่วนประกอบเป็นสูตรเคมี คือ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ประกอบด้วยซัลเฟอร์ ไตรออกไซด์ (SO_3) 46.5 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 32.6 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ (H_2O) 20.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในทางพาณิชย์ยิปซัมจะต้องมีไฮดรรัสแคลเซียมซัลเฟตประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์แร่ยิปซัมนี้ละลายในกรดเกลือ มีความแข็งน้อยมากคือประมาณ 1.5-2 สามารถเอาเล็บขูดเป็นรอยได้ แร่นี้มีลักษณะเป็นทางคล้ายๆ แร่แคลไซต์ ต่างกันที่แร่ยิปซัมไม่เกิดฟองฟูเมื่อถูกกรด ผิวหน้ามีแวววาวคล้ายแก้วหรือเป็นมันคล้ายมุกซ์ มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.35 โดยปกติมักจะใสและสีขาวบางครั้งพบเป็นสีเทาแดง เหลืองน้ำผึ้ง หรือน้ำเงิน ในกรณีที่มีมลทินมักเป็นสีดำ สีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลแดงแร่ยิปซัมที่พบมีหลายรูปหลายรูปด้วยกัน แต่โดยทั่วไปมักพบเป็นเนื้อแน่น มีรูปผลึกเฉพาะ เช่น เป็นผลึกใสคล้ายหางปลา ซึ่งเรียกกยิปซัมที่เป็นผลึกนี้ว่าซีลีไนท์ (selnite) ส่วนยิปซัมชนิดเนื้อแน่นละเอียดเรียก อะลาบาสเตอร์ (alabaster) และชนิดที่มีลักษณะเป็นเส้นใย เรียกซาตินสปาร์ (satinspar) ส่วนแร่ยิปซัมที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจมักเกิดในรูปของหินยิปซัม (rock gypsum) และยิปไซต์ (gypsite) ซึ่งประกอบด้วยยิปซัมและดิน

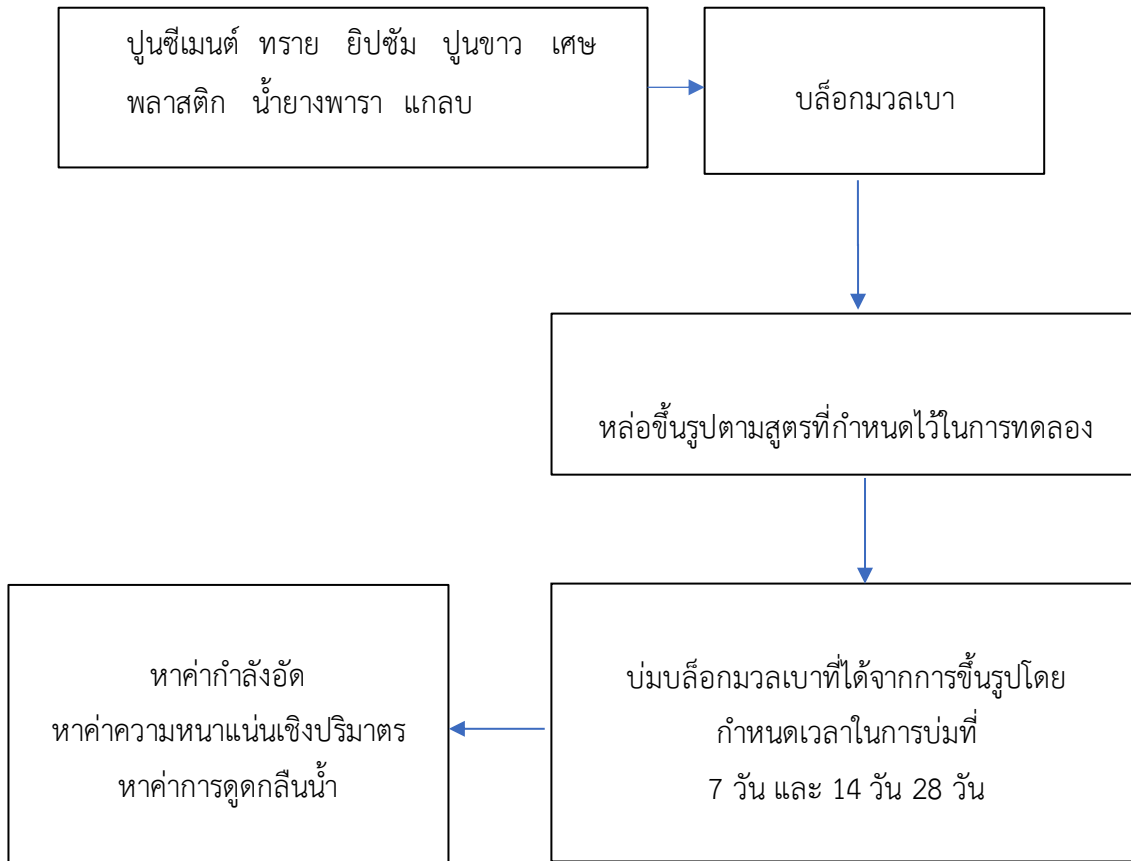
10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประชุม คำพุ่ม กิตติพงษ์ สุวีโร (2553 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบผสมแผ่นยางธรรมชาติ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบที่ไม่เสริมแผ่นยางพาราและเสริมแผ่นยางพารา โดยทำการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ $\text{H}_2=0.63, \text{H}/\text{C}=1.23, \text{H}/\text{C}=1.83, \text{H}/\text{C}=2.43$ และ $\text{H}/\text{C}=3.03$ ตามลำดับทำการขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดไฮโดรริก ขนาด $190 \times 390 \times 70$ มิลลิเมตร เพื่อเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบ คือ อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ $\text{H}/\text{C}=1.83$ และ ขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 1 ($\text{H}/\text{C}=1.83$) มาทำการทดสอบเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ระหว่างคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบปกติ และคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารา โดยทำการทดสอบ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว

และ ความต้านทานแรงอัด ตามมาตรฐาน มอก.58-2530 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารา มีค่าความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และ ความต้านทานแรงอัด ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่ไม่ได้เสริมแผ่นยางพารา การเปลี่ยนแปลงความยาวของคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารามีค่าน้อยกว่า และสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบได้ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่ไม่เสริมแผ่นยางพาราอยู่ประมาณ 1 องศาเซลเซียส

บุศย์น้ำเพชร นิพนธ์ ต้นไพบูรณ์กุล (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง สมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมผงยางรถยนต์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจากโรงงานถ่านหินธรพร การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้เถ้าลอยแทนที่ซีเมนต์ และการใช้ ผงยางรถยนต์แทนที่ทรายสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา โดยทำการศึกษาที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ : ทราย: ปูนขาว: อลูมิเนียม เท่ากับ 30: 50: 20: 0.1 โดยใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 20 โดย น้ำหนัก และใช้ผงยางรถยนต์แทนที่ ทรายร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 40 โดยน้ำหนักตามลำดับ ศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อ ตัวประสาน ตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.80 เพื่อทดสอบค่ากำลังอัด ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ ที่ระยะเวลาบ่ม 7, 14 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนปูนซีเมนต์: เถ้าลอย: ทราย: ผงยางรถยนต์: ปูนขาว: ผงอะลูมิเนียมที่เหมาะสมที่สุด คือ 20: 10: 40: 10: 20: 0.1 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.55 บ่มเป็นระยะเวลา 28 วัน มีค่ากำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 132.05 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1,536 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 210 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 57-2533 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท ทั้ง 3 ประเภท

10.3 กรอบแนวคิดในการดำเนินโครงการ



11.วิธีดำเนินโครงการ

11.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

11.1.1 เครื่องมือ อุปกรณ์

- 1) แบบหล่อบล็อกมวลเบา 10x10x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2) เครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต
- 3) เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- 4) เครื่องชั่งที่ชั่งได้อย่างละเอียดถึง 1 กรัม
- 5) ตู้อบ
- 6) น้ำมันเครื่อง
- 7) แปรงทาสี
- 8) จอบ

9) กระบะผสมปูน

10) เหล็กกระทุ้ง

11) เกรียง

11.1.2 วัสดุที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

2) นํ้ายางพารา

3) แกลบ

4) เศษพลาสติกจากขวดนํ้าดื่ม

5) ปูนขาว

6) ผงยิปซัม

7) ทราย

11.2 การออกแบบโครงการ

การออกแบบสูตรของโครงการบล็อกมวลเบาเสริมนํ้ายางพารา แกลบและเศษพลาสติก กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ากำลังอัด ความหนาแน่นเชิงปริมาตรและการดูดกลืนนํ้าของบล็อกมวลเบาเสริม นํ้ายางพารา แกลบและเศษพลาสติกเพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยกลุ่มผู้วิจัยจะคงอัตราส่วนผสมของบล็อก มวลเบาที่เป็นสูตรการผสมดั้งเดิม(สูตรST)เอาไว้โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ ทราย50% ปูนซีเมนต์30% ปูนขาว10% และยิปซัม10% กลุ่มผู้วิจัยมีการทดสอบอยู่ 3 แลปการทดสอบ ได้แก่ กำลังอัด ความหนาแน่นเชิงปริมาตรและ การดูดกลืนนํ้า

ชนิด	ทราย		ปูนซีเมนต์		ปูนขาว		ยิปซัม		น้ำ ยางพารา		แกลบ		เศษ พลาสติก	
	%	W	%	W	%	W	%	w	%	W	%	w	%	W
ST	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	-	-	-	-
RB1	50	500	30	300	10	100	10	100	5	50	-	-	-	-
RB2	50	500	30	300	10	100	10	100	10	100	-	-	-	-
RB3	50	500	30	300	10	100	10	100	15	150	-	-	-	-
RB4	50	500	30	300	10	100	10	100	20	200	-	-	-	-
RF1	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	5	50	-	-
RF2	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	10	100	-	-
RF3	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	15	150	-	-
RF4	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	20	200	-	-
PL1	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	-	-	4	10
PL2	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	-	-	6	20
PL3	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	-	-	8	30
PL4	50	500	30	300	10	100	10	100	-	-	-	-	10	40
AL1	50	500	30	300	10	100	10	100	5	50	5	50	4	10
AL2	50	500	30	300	10	100	10	100	10	100	10	100	6	20
AL3	50	500	30	300	10	100	10	100	15	150	15	150	8	30
AL4	50	500	30	300	10	100	10	100	20	200	20	200	10	40

11.3 ขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการ

11.3.1 การทดสอบกำลังแรงอัด

วิธีการทดสอบ

นำตัวอย่างของชิ้นทดสอบที่มีขนาด 100x100x100 มิลลิเมตร

โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร ที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลา 7, 14, 28 วัน ขึ้นมาตากอากาศในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบเมื่อชิ้นทดสอบมีปริมาณความชื้นร้อยละ $10 \pm$ ร้อยละ 2 กรณีชิ้นทดสอบมีความชื้นมากกว่าที่กำหนด ให้อบชิ้นทดสอบในตู้อบอุณหภูมิไม่เกิน 75 องศาเซลเซียสจนได้ความชื้นที่ต้องการ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

วิธีการทดสอบ

- 1) นำตัวอย่างของชิ้นทดสอบที่มีขนาด 100x100x100 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร ที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลา 7,14,28 วัน โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร ขึ้นมาตากอากาศในระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำก้อนตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กรัม
- 2) นำตัวอย่างชิ้นทดสอบไปเข้าตู้อบที่ 105 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- 3) หลังจากอบในตู้อบระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กรัม แล้วจดบันทึกอุณหภูมิและน้ำหนักของชิ้นทดสอบ
- 4) ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดด้านกว้าง ยาวและสูงชิ้นทดสอบ เพื่อคำนวณหาปริมาตรของชิ้นทดสอบ

11.3.3 อัตราการดูดกลืนน้ำ

วิธีการทดสอบ

- 1) นำตัวอย่างของชิ้นทดสอบที่มีขนาด 100x100x100 มิลลิเมตร โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร ที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลา 7,14,28 วัน
- 2) นำชิ้นส่วนทดลองมาอบในเตาอบให้แห้งจนได้น้ำหนักคงที่ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส ปล่องให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง แล้วนำก้อนตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กรัม แล้วจดบันทึกน้ำหนักของชิ้นตัวอย่าง
- 3) นำชิ้นทดสอบมาแช่ในน้ำสะอาดให้ท่วมเป็นระยะเวลา 24 วัน แล้วยกออกให้ใช้ผ้าชุมน้ำเช็ดพื้นผิวที่ละก้อนแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที แล้วนำก้อนตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กรัม แล้วจดบันทึกน้ำหนักของชิ้นตัวอย่าง น้ำหนักที่ชั่งได้ถือเป็นน้ำหนักคอนกรีตมวลเบาที่ดูดกลืนน้ำ

11.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

11.4.1 สูตรการคิดวิเคราะห์หาค่ากำลังแรงอัด

$$\text{การคำนวณการหาค่ากำลังรับแรงกดสูงสุด } \sigma = \frac{P_{max}}{A} \text{ kg/cm}^2$$

σ = การคำนวณการหาค่ากำลังรับแรงกดสูงสุด, กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm²)

P_{max} = กำลังอัดสูงสุดที่กระทำบนหน้าตัดบล็อกมวลเบา, กิโลกรัม (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดบล็อกมวลเบา, ตารางเซนติเมตร (cm²)

11.4.2 สูตรการคิดวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร

$$P = \frac{m}{V}$$

P คือ ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(kg/m³)

M คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ กิโลกรัม(kg)

D คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ ลูกบาศก์เมตร(m³)

11.4.3 สูตรการคิดวิเคราะห์หาค่าอัตราการดูดกลืนน้ำ

$$A = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100$$

A คือ อัตราการดูดกลืนน้ำ เปอร์เซ็นต์(%)

m₁ คือ มวลของชิ้นทดสอบเมื่อแห้ง กรัม(g)

m₂ คือ มวลของชิ้นทดสอบเมื่อเปียก กรัม(g)

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 30 วัน ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินงาน

-

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	1 ถุง	123	123
2	ปูนขาว	2 ถุง	15	15
3	ยิปซัม	2 ถุง	30	30
4	แบบหล่อบล็อกมวลเบา	8 ชุด	1,200	1,200
5	น๊อตยึดแบบหล่อ	80 ตัว	4	320
รวม				1,688

15. เอกสารอ้างอิง

งามพิศ แยมเนียม (2520) เอกสารเศรษฐศาสตร์นิเวศวิทยา เล่มที่17

พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสถ และวรพงศ์ วรสุนทรโรสถ (2544) วัสดุก่อสร้าง พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร
ซีเอ็ดยูเคชั่น (หน้า 105)

พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสถ และวรพงศ์ วรสุนทรโรสถ (2544) วัสดุก่อสร้าง พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร
ซีเอ็ดยูเคชั่น (หน้า 207)

บุญธรรม นิธิอุทัย, ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี 2530 หน้า1-3

วินิต ช่อวิเชียร (2539) คอนกรีตเทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่8 กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (หน้า 13-14)

วินิต ช่อวิเชียร (2534) คอนกรีตเทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่9 กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (หน้า 32-34)

อรอนงค์ นัยวิกุล (2547) ข้าว พิมพ์ครั้งที่1 กรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ชื่อโครงการ การศึกษาการหาค่าระดับและหาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Studying for the level and quantification of water in reservoirs,
Loei Rajabhat University

2. ประเภทการประกวด

ด้านเทคโนโลยีโยธา

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายวีระยา ผิวศิริ รหัส 6040401115

สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา หมู่เรียน ท.6001

โทรศัพท์ : 085-7423101 E-mail : weeraya_13@hotmail.com

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวฐิติพร รักประสงค์ รหัส 6040401104

สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา หมู่เรียน ท.6001

ชื่อ-สกุล นางสาวธัญญา พรหมมาวัน รหัส 6040401108

สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา หมู่เรียน ท.6001

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สมภพ เพ็ชรดี

สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทหนึ่งเช่นเดียวกับ ดิน ป่า และแร่ธาตุแต่น้ำกลับมีคุณลักษณะพิเศษบางประการที่แตกต่างไปจาก ทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ น้ำเป็นพื้นฐานของชีวิตความต้องการใช้น้ำในการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์และพืช การมีน้ำไว้ใช้ตลอดทั้งปีเป็นสิ่งจำเป็นถ้าปล่อยให้ขาดน้ำเกิดขึ้นโดยธรรมชาติตามฤดู เราก็จะไม่มีน้ำใช้ตลอดปี ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรได้ผลไม่เต็มที่ มนุษย์ สัตว์ และพืช จะไม่มีน้ำเพียงพอในการอุปโภคบริโภค และความต้องการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรมเช่นเดียวกับการใช้น้ำในการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาต่างๆ เช่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยเป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำแห่งการเรียนรู้เพื่อพัฒนาท้องถิ่นสู่สากล มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยได้มีการก่อสร้างอาคารเรียนและหอพักบุคลากรและนักศึกษา มีจำนวนมากขึ้น ปริมาณการใช้น้ำจึงเพิ่มจำนวนมากขึ้นในด้านการอุปโภค ด้านการบริโภค ด้านการเรียนการสอนในสาขาวิชาต่างๆ จึงเกิดปัญหาน้ำไม่พอใช้ขึ้นเกือบทุกปีน้ำที่ใช้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีแหล่งน้ำดิบอยู่แห่งหนึ่งเรียกว่า อ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยตั้งอยู่ด้านทิศใต้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญสำหรับการนำมาใช้ผลิตน้ำประปา

ปัญหาการขาดแคลนน้ำสาเหตุเนื่องจากฝนธรรมชาติตกน้อยหรือตกไม่ถูกต้องตามฤดูกาลเกิดฝนทิ้งช่วงทำให้เกิดสภาวะความแห้งแล้งเพราะปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีปริมาณลดลงส่งผลต่อการใช้ประโยชน์สำหรับกิจกรรมต่างๆ สาเหตุเกิดจากการเพิ่มขึ้นของนักศึกษา บุคลากร อาคารเรียน ที่พัก ทำให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่น้ำเป็นทรัพยากรจำกัดแหล่งกักเก็บน้ำไม่ได้เพิ่มขึ้นสอดคล้องเหมาะสมกับความต้องการ

ด้วยเหตุนี้กลุ่มศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าปริมาณการกักเก็บน้ำและศึกษาค่าระดับของอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อศึกษาปริมาณการกักเก็บน้ำอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
- 6.2 เพื่อศึกษาค่าระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

-

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 ทราบปริมาณกักเก็บน้ำเพื่อนำไปใช้บริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
- 8.2 ทราบค่าระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำในมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
- 8.3 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีข้อมูลปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ในกิจการของมหาวิทยาลัย

9. ขอบเขตของโครงการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาปริมาณกักเก็บน้ำโดยใช้พื้นที่อ่างเก็บน้ำในมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

9.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ในการศึกษาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

9.2 ขอบเขตด้านเนื้อหาการวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาดังต่อไปนี้

- 9.2.1 การทำระดับของอ่างเก็บน้ำ
- 9.2.2 การทำเส้นชั้นความสูง
- 9.2.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ได้จากเส้นชั้นความสูง

10. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยโดยผู้วิจัยได้ศึกษาค่าระดับของอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยดังนี้

10.1 ความจำเป็นของอ่างเก็บน้ำ

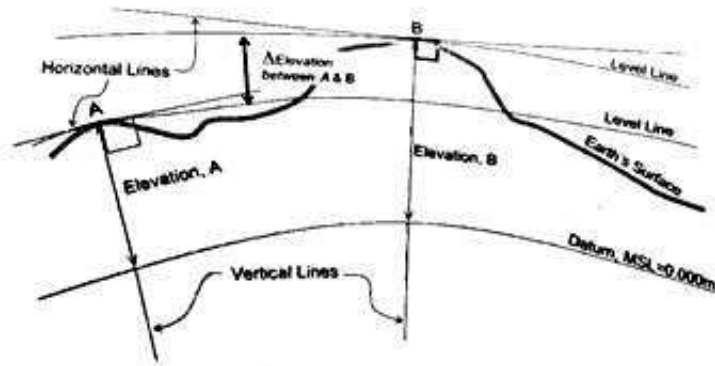
โชติกร ไชยวิจารณ์ (2556 : 263) ได้ให้ความหมาย ความจำเป็นของอ่างเก็บน้ำ ไว้ดังนี้ จากพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว “น้ำคือชีวิต” ที่ว่า “หลักสำคัญว่าต้องมีน้ำ บริโภค น้ำใช้ และน้ำเพื่อการเพาะปลูก เพราะชีวิตอยู่ที่นั่น ถ้ามีน้ำคนอยู่ได้ ถ้าไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้ ไม่มีไฟฟ้าคนอยู่ได้ แต่ถ้ามีไฟฟ้าไม่มีน้ำคนอยู่ไม่ได้”

จากปริมาณความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างเพียงพอ หรืออาจหมดไปได้ในอนาคตข้างหน้า หากมิได้มีการเตรียมการที่เหมาะสมในการเก็บกักและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น จึงได้มีการดำเนินการในการพัฒนาเพื่อสร้างอ่างเก็บน้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อทำหน้าที่เก็บกักน้ำฝนที่มีมากในฤดูฝนไว้ใช้ในหน้าแล้งยามขาดแคลน ส่วนประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้แก่ ช่วยชะลอน้ำหลากเพื่อลดความเสียหายจากการท่วมบริเวณพื้นที่ด้านท้ายอ่าง การประมง การประปา การสัญจรทางน้ำ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวเพื่อการพักผ่อน เป็นต้น กล่าวโดยสรุปก็คือ อ่างเก็บน้ำจะช่วยป้องกันปัญหาการขาดแคลนน้ำและช่วยฟื้นฟูสภาพของชุมชนหรือสังคมโดยรวมให้ดีขึ้นได้

10.2 ความหมายของการระดับ

วิชัย เยี่ยงวีรชน (2554 : 55 - 56) ได้ให้ความหมายของ การระดับไว้ ดังนี้ การระดับหมายถึงกรรมวิธีการวัดระยะตั้งระหว่างจุดบนพื้นผิวที่ต้องการและพื้นผิวอ้างอิงที่เป็นพื้นหลักฐานทางระดับ(datum) ระยะตั้งนี้เรียกว่า ค่าระดับ(elevation) พื้นหลักฐานอ้างอิงที่ใช้ คือ พื้นผิวระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level, msl) โดยกำหนดให้มีค่าระดับเท่ากับ 0 เมตร สำหรับประเทศไทยมีสถานีสังเกต วัดค่าระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ที่เกาะหลัก การหาค่าระดับของจุดใดบนพื้นผิวโลกจะวัดเทียบกับจุดอ้างอิงที่ทราบค่าระดับ ด้วยการวัดค่าระยะตั้งเทียบกับจุดอ้างอิงนั้น เรียกว่า ค่าระดับ (elevation difference, Δ elevation) โดยมีมีโนทัศน์การระดับตามภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 มโนทัศน์การระดับ

ที่มา : วิชัย เยี่ยงวีรชน (2554 : 55

จากภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงมโนทัศน์ขององค์ประกอบต่างๆ ในการนิยามความหมายคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานระดับ คือ

- 1) แนวตั้ง (vertical line) คือ แนวเส้นที่อยู่ในแนวแรงดึงดูดของโลก เทียบได้กับแนวของสายลูกตั้ง
- 2) พื้นผิวระดับ (level surface) คือ พื้นผิวที่มีค่าระดับเท่ากันและตั้งฉากกับแนวตั้งหรือแรงดึงดูดของโลกทุกจุด ซึ่งจะมีลักษณะเป็นลูกทรงกลมโดยประมาณ
- 3) แนวระดับ (level line) คือ เส้นที่อยู่บนพื้นผิวระดับ ดังนั้น เส้นระดับจึงเป็นเส้นโค้งไปตามพื้นผิวระดับ
- 4) ระนาบราบ (horizontal plane) คือ ระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแรงดึงดูดของโลกหรือแนวตั้ง
- 5) แนวราบ (horizontal line) คือ แนวเส้นที่อยู่บนระนาบราบและตั้งฉากกับแนวตั้ง
- 6) พื้นหลักฐานทางตั้ง (vertical datum) คือ พื้นผิวระดับซึ่งใช้เป็นพื้นผิวอ้างอิงทางความสูงหรือค่าระดับของจุดต่างๆ โดยทั่วไปใช้ผิวระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level, msl)
- 7) ค่าระดับความสูง (elevation) คือ ค่าระยะตั้งฉากจากพื้นผิวระดับอ้างอิงถึงจุดที่ต้องการทราบค่าระดับ
- 8) ค่าต่างระดับ (elevation difference) คือ ค่าระยะตั้งระหว่างพื้นผิวระดับสองพื้นผิว

10.3 ความหมายที่ใช้ในการระดับ

อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 102) ได้ให้ความหมายที่ใช้ในการระดับ ไว้ดังนี้

10.3.1 ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) เป็นค่าที่ได้จากการวัดระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดของแต่ละวัน ในช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นระดับน้ำทะเลปานกลาง ระยะเวลาที่ใช้วัดระดับน้ำทะเล โดยทั่วไปจะต้องวัดเป็นเวลาประมาณ 19 ปี ซึ่งเป็นรอบวัฏจักรของน้ำทะเล สำหรับประเทศไทยใช้เวลาวัด 5 ปี โดยทำการวัดที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระดับน้ำทะเลปานกลางของแต่ละบริเวณทั่วโลก อาจจะมีค่าสูงไม่เท่ากัน เช่น ระดับน้ำทะเลปานกลางด้านมหาสมุทรแอตแลนติกและมหาสมุทรแปซิฟิกของ

สหรัฐอเมริกา ต่างกันประมาณ 1 เมตร ระดับน้ำทะเลปานกลางใช้อักษรย่อภาษาไทย ร.ท.ก. และภาษาอังกฤษใช้ M.S.L.

2.5.2 พื้นหลักฐานการระดับ (Datum) เป็นพื้นที่อ้างอิงที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการทำระดับ หรือการกำหนดค่าความสูงต่ำของจุดใดๆ พื้นหลักฐานการระดับแบ่งได้ 2 แบบ คือ

2.5.2.1 พื้นหลักฐานการระดับสมบูรณ์ (Absolute Datum) เป็นหลักฐานการระดับที่กำหนดขึ้นโดยใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นพื้นอ้างอิงซึ่งกำหนดให้มีค่าสูง = 0.0000 เมตร

2.5.2.2 พื้นหลักฐานการระดับสมมุติ (Assumed Datum) เป็นพื้นอ้างอิงที่สมมติขึ้นเพื่อใช้ในงานใดงานหนึ่งโดยเฉพาะ

2.5.3 พื้นระดับ (Level Surface) เป็นพื้นผิวที่โค้งขนานกับผิวทรงกลมของโลกซึ่งขนานกับระดับน้ำทะเลปานกลางด้วย

2.5.4 เส้นระดับ (Level Line) เป็นเส้นที่อยู่บนพื้นระดับ ถ้าเป็นระยะทางสั้นเส้นระดับจะถือว่าเป็นเส้นตรง แต่ถ้าเป็นระยะทางยาวเส้นระดับจะโค้งขนานกับระดับน้ำทะเลปานกลาง

2.5.5 ระนาบราบ (Horizontal Plane) เป็นพื้นผิวที่สัมผัสกับพื้นระดับ และตั้งฉากกับทิศทางของแรงดึงดูดของโลก

2.5.6 เส้นราบ (Horizontal Line) เป็นเส้นที่อยู่บนระนาบราบ เส้นราบอันนี้จะเป็นเส้นตรงไม่ว่าจะระยะทางยาวเท่าไร

2.5.7 เส้นตั้ง (Vertical Line) เป็นเส้นแสดงแนวการดึงดูดของโลก

2.5.8 ระนาบตั้ง (Vertical Plane) เป็นพื้นผิวที่บรรจุแนวเส้นตั้งไว้

2.5.9 ความสูง (Elevation) หมายถึง ค่าความสูงต่ำของจุดต่างๆ นับเนื่องจากพื้นหลักฐานการระดับ หรือเป็นระยะในแนวตั้งจากจุดต่างๆ ถึงพื้นหลักฐานการระดับ กำหนดสูงใช้อักษรย่อเป็น Elev.

2.5.10 หมุดหลักฐานการระดับ (Bench Mark) หมายถึง หมุดที่รู้ค่าความสูงแล้ว ใช้เป็นหมุดอ้างอิงในการหาค่าความสูงของจุดต่างๆ ที่ต้องการ ค่าความสูงของหมุดหลักฐานการระดับนี้ จะนับเนื่องจากพื้นหลักฐานการระดับ จึงแบ่งเป็น 2 แบบตามประเภทของพื้นหลักฐานการทำระดับ คือ

2.5.10.1 หมุดหลักฐานการระดับสมบูรณ์ เป็นหมุดหลักฐานการระดับที่ใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นพื้นที่อ้างอิง หมุดหลักฐานการระดับหมุดแรกของประเทศไทย อยู่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีค่าระดับที่นับเนื่องจากระดับน้ำทะเลปานกลางเป็น 1.4477 เมตร

2.5.10.2 หมุดหลักฐานการระดับสมมุติ เป็นหมุดหลักฐานการระดับที่ผู้สร้างกำหนดค่าความสูงขึ้นเอง เพื่อใช้ใน งานใดงานหนึ่งโดยเฉพาะ โดยทั่วไปนิยมกำหนดให้ค่าความสูงเป็น 100.000 เมตร ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณค่าระดับ และเพื่อหลีกเลี่ยงค่าความสูงของจุดที่ต่ำกว่าหมุดหลักฐานการระดับ มีค่าติดลบ (ในกรณีที่สมมุติให้หมุดหลักฐานการระดับมีค่าน้อย เช่น 10.000 เมตร หรือ 0.000 เมตร เป็นต้น)

หมุดหลักฐานการระดับใช้อักษรย่อ มฐ. หรือ BM.

2.5.11 ค่าไม้หลัง (Back Sight = BS.) หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระดับ ณ จุดที่รู้ค่าความสูงแล้ว

2.5.12 ความสูงของแกนกล้อง (Height of Instrument = HI.) หมายถึง ระยะในแนวตั้งจากแกนกล้องถึงพื้นหลักฐานการระดับ

2.5.13 ค่าไม้หน้า (Fore Sight = FS.) หมายถึง ค่าที่อ่านได้จากไม้วัดระดับ ณ จุดที่ต้องการหาค่าความสูง

9.4 วิธีการทำระดับ (Methods of levelling)

เพ็ง โพธิ์ศรี (ม.ป.ป. : 138 - 139) ได้กล่าวไว้ว่าความแตกต่างของระดับสามารถที่จะทำการวัดได้ดังวิธีการดังต่อไปนี้

2.6.1 การทำระดับโดยตรง วิธีนี้สามารถปฏิบัติได้โดยการวัดระยะในทางตั้งโดยตรง การทำระดับโดยตรงเป็นวิธีที่ให้ความละเอียดสูง และเป็นที่ยอมรับปฏิบัติมากที่สุด

2.6.2 การทำระดับโดยทางอ้อม หรือการทำระดับโดยวิธีตรีโกณมิติ วิธีนี้ใช้การวัดมุมตงประกอบกับการวัดระยะทางในแนวราบ หรือแนวลาด แล้วคำนวณหาความแตกต่างของระดับ ณ จุดที่ต้องการทราบค่าระดับนั้นๆ

2.6.3 การทำระดับโดยวิธีอื่นๆ

2.6.3.1 การทำระดับโดยใช้เครื่องมือวัดความกดดันของบรรยากาศหรือบารโอมิเตอร์ (Barometric Levelling)

เนื่องจากความกดดันของบรรยากาศจะสัมพันธ์กับความสูงจากระดับน้ำทะเล กล่าวคือ ยิ่งสูงจากระดับน้ำทะเล ความกดดันของบรรยากาศจะยิ่งลด ดังนั้นเมื่อใช้เครื่องมือวัดความกดดันของบรรยากาศ ก็จะสามารถหาความสูงของตำแหน่งต่างๆ โดยประมาณได้

2.6.3.2 การทำระดับโดยวิธีสเตเดียม (Stadia Method) เป็นการทำระดับโดยใช้กล้องจันตุมุสอ่านค่ามุมตง และอ่านค่าจากไม้วัดระดับแล้วนำมาคำนวณหาระยะทางตงหรือกำหนดสูง ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

2.6.3.3 การทำระดับโดยใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการหาระยะทางแนวตงหรือกำหนดสูงโดยใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เช่นการใช้กล้องประมวลผลรวม และเครื่องมือหาตำแหน่งสามมิติ เป็นต้น ซึ่งสามารถทำระดับของพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว

9.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับ

วิชัย เยี่ยงวีรชน (2554 : 59) ได้กล่าวไว้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับมีหลายประเภท ซึ่งมีทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับแบบธรรมดาและเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับเบื้องต้นที่ใช้ในงานกันโดยแพร่หลาย ซึ่งประกอบไปด้วย ขาตั้งกล้องระดับ กล้องระดับ และไม้ระดับ

9.5.1 ขาตั้งกล้องระดับ (tripod) มีลักษณะเป็นสามขา ขนาดเบาทำด้วยไม้หรืออลูมิเนียม



ภาพที่ 2.2 ขากล้องระดับ

ที่มา : บริษัท พีเอสเอสเซอร์เวย์ จำกัด <http://www.psssurvey.com>

9.5.2 กล้องระดับ (level) เป็นกล้องที่เมื่อติดตั้งแล้วจะมีแนวเล็งอยู่ในแนวราบ ใช้อ่านค่าความสูงของแนวเล็งจากไม้ระดับที่ตั้งบนตำแหน่งที่หาค่าระดับ



ภาพที่ 2.3 กล้องระดับ

ที่มา : บริษัท พีเอสเอสเซอร์เวย์ จำกัด <http://www.psssurvey.com>

9.5.3 ไม้ระดับ (staff) มีลักษณะเป็นไม้หรืออลูมิเนียม มาตรฐานความยาวปรากฏบนผิวมีความยาวโดยทั่วไป 3 เมตร สามารถพับหรือเลื่อนเข้าออกเพื่อความสะดวกในการทำงานและการเคลื่อนย้าย



ภาพที่ 2.4 ไม้ระดับ (Staff)

ที่มา : บริษัท พีเอสเอสเซอร์เวย์ จำกัด <http://www.psssurvey.com>

9.6 การใช้กล้องระดับและการอ่านค่าไม้วัดระดับ

อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 110 - 111) ได้กล่าวไว้ว่าการใช้กล้องระดับในที่นี้ จะกล่าวเฉพาะกล้องระดับชนิดที่ตัวกล้องสามารถกระดกขึ้นลงในแนวตั้งได้ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาและการปฏิบัติงานต่อไป การใช้กล้องระดับนี้มีขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ง่ายกว่ากล้องวัดมุม ถ้าใช้กล้องวัดมุมเป็นแล้ว จะสามารถฝึกใช้กล้องระดับได้ง่าย

9.6.1 การตั้งขากล้อง

จะต้องตั้งให้มั่นคง ส่วนบนของขาตั้งกล้องหรือฐานของขาตั้งกล้อง ควรสูงประมาณระดับอกของผู้ส่องกล้อง และควรได้ระดับโดยประมาณ ซึ่งช่วยให้การตั้งระดับกล้องได้ง่ายขึ้น

9.6.2 การตั้งระดับกล้อง

เมื่อนำกล้องติดตั้งบนฐานแล้ว จะต้องตั้งระดับพองกลมโดยการหมุนปรับดวงสามเส้าจนกระทั่งพองระดับอยู่กึ่งกลางเรือนระดับ แต่ถ้าฐานของขากล้องเป็นส่วนโค้งของทรงกลม ให้คลายควงยึดกล้องติดกับขาออกเล็กน้อยพอให้ขยับตัวกล้องได้ ระวางอย่าให้ตัวกล้องหลุดจากควงยึด แล้วขยับเลื่อนกล้องบนส่วนโค้ง ให้พองระดับเข้าอยู่กึ่งกลางเรือนระดับโดยประมาณ ขันควงยึดกล้องให้แน่นพอควร แล้วใช้ควงสามเส้าหมุนปรับพองระดับอยู่กึ่งกลางเรือนระดับอีกทอดหนึ่ง จะช่วยให้การตั้งระดับพองกลมรวดเร็วยิ่งขึ้น

9.6.3 การส่องที่หมาย

ในการทำระดับ ที่หมายของกล้องระดับจะเป็นไม้วัดระดับ (Staff หรือ Rod) เพื่อส่องอ่านค่าความสูงจากไม้ระดับกล้องระดับในปัจจุบันไม่มีควงบังคับทางราบแบบกล้องวัดมุม แต่จะใช้ระบบความผิดพลาดบังคับกล้องไว้ วิธีส่องไม้ระดับควรดำเนินการดังนี้

9.6.3.1 มองผ่านระบบเลนส์ช่องตามอง และหมุนปรับเลนส์ช่องตามอง จนเห็นสายใยของกล้องคมชัดที่สุด

9.6.3.2 หมุนกล้องส่องให้ตรงไม้ระดับ โดยใช้ที่หมายเล็งของกล้องแบบเล็งป็น

9.6.3.3 มองผ่านเลนส์ช่องตามอง พร้อมทั้งหมุนปรับดวงปรับระยะชัด จนกระทั่งมองเห็นภาพไม้วัดระดับชัดเจนที่สุด

9.6.3.4 หมุนควงสัมผัสทางราบ เพื่อให้สายใยตั้งของกล้องทาบกึ่งกลางไม้วัดระดับ

9.6.3.5 ตรวจสอบและกำจัดภาพเหลื่อม โดยเหลือบตาขึ้นลง พร้อมทั้งสังเกตว่าภาพของสายใยราบและภาพไม้ระดับ เคลื่อนที่สวนทางกันหรือไม่ ถ้าภาพของสายใยราบและภาพของไม้ระดับเคลื่อนที่สวนทางกัน แสดงว่ามีภาพเหลื่อมเกิดขึ้นจะต้องกำจัดให้หมดไป โดยการหมุนปรับเลนส์ช่องตามอง หรือหมุนควงปรับระยะชัดใหม่ จนภาพของสายใยและภาพของไม้วัดระดับคมชัดที่สุด เมื่อเหลือบตาขึ้นลงภาพของสายใยและภาพของไม้วัดระดับจะนิ่งอยู่กับที่ หรือเลื่อนที่ไปมาในทิศทางเดียวกันแสดงว่าไม่มีภาพเหลื่อม

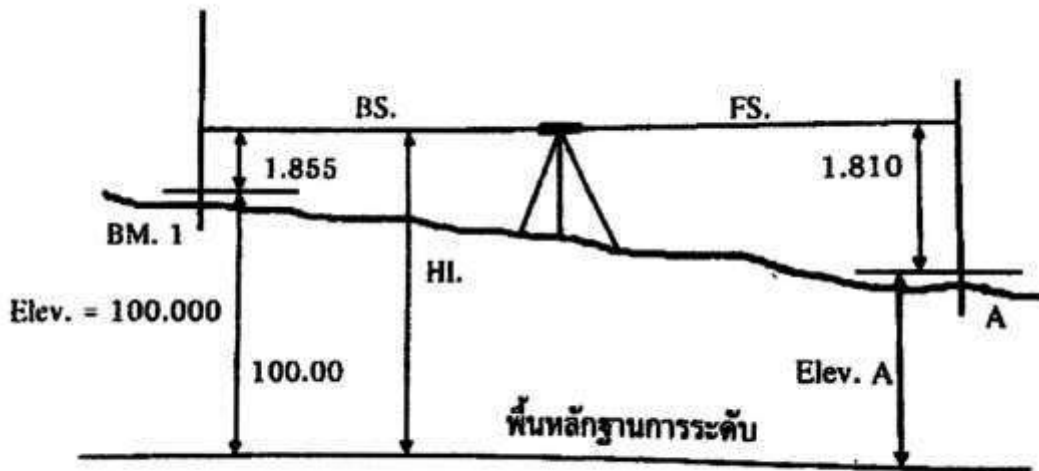
9.6.3.6 เมื่อกำจัดภาพเหลื่อมแล้ว ให้สังเกตดูระดับฟองยาวว่าได้ระดับดีหรือไม่ ถ้าระดับฟองยาวได้ระดับดีแล้ว ฟองระดับจะอยู่ตรงกันโดยขบเป็นรูปเขาควาย ถ้าระดับฟองยาวยังไม่ได้ระดับ ให้หมุนควงสัมผัสทางตั้ง จนกระทั่งฟองระดับขบกันดีแล้ว จึงอ่านค่าจากไม้วัดระดับ ที่สายใยราบเส้นกลางของกล้อง

9.6.4 การอ่านค่าไม้วัดระดับ

ไม้วัดระดับ เป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบกับกล้องระดับ ทำด้วยไม้ หรืออลูมิเนียม ความยาว 3 – 4 เมตร สามารถพับเก็บได้เป็นท่อนๆ ท่อนละ 1 เมตร บางชนิดอาจทำเป็นแบบเลื่อนยึดหด ด้านหลังไม้ระดับจะมีมือถือและมีระดับฟองกลมติดอยู่ เพื่อใช้สังเกตในการถือไม้วัดระดับให้ได้ตั้งด้านหน้าของไม้วัดระดับ จะมีขีดส่วนแบ่งสำหรับอ่านค่าความสูง ซึ่งมีทั้งระบบอังกฤษและระบบเมตริก หรือระบบ SI Unit สำหรับประเทศไทยใช้ระบบเมตริก ขีดส่วนแบ่งจะเริ่ม 0 ที่ปลายจุดด้านล่างแสดงขีดส่วนแบ่งขึ้นมาทีละ 1 เซนติเมตร จนกระทั่งถึงส่วนบนสุดของไม้ระดับที่ 3.000 เมตร หรือ 4.000 เมตร แล้วแต่ความยาวของไม้ระดับ กล้องระดับโดยทั่วไปจะอ่านค่าได้โดยตรงถึง 1 เซนติเมตร และอ่านโดยประมาณได้ 1 มิลลิเมตร แต่กล้องระดับพิเศษ เช่น Wild N3 จะมีอุปกรณ์ช่วยอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร อ่านได้โดยประมาณได้ถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.7 หลักการทำระดับ

อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 118) ได้กล่าวไว้ว่า การทำระดับเพื่อหาความสูงจุดต่างๆ จะต้องเริ่มออกจากหมุดที่รู้ความสูงแล้ว ค่าความสูงนี้อาจเป็นค่าที่นับเนื่องจากระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือเป็นค่าที่สมมติขึ้นมาใช้งานใดงานหนึ่งโดยเฉพาะ โดยทั่วไปนิยมสมมติความสูงเป็น 100.000 เมตร ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงค่าความสูงติดลบตามภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การหาความสูงของหมุด A
ที่มา : อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 118)

จากภาพที่ 2.5 BM.1 มีความสูง 100.000 เมตร ต้องการหาความสูงของหมุด A วิธีการหาความสูงของหมุด A สามารถทำได้ดังนี้

9.7.1 ให้คนส่องกล้องตั้งกล้องระดับประมาณกึ่งกลางระหว่าง BM.1 กับหมุด A ตั้งระดับกล้องให้เรียบร้อย

9.7.2 คนถือไม้วัดระดับ เอาไม้วัดระดับตั้งที่ BM.1 และหมุด A การตั้งไม้วัดระดับ จะต้องตั้งให้ได้ตั้ง โดยสังเกตระดับน้ำที่ติดอยู่หลังไม้วัดระดับ

9.7.3 หมุนกล้องส่องอ่านค่าไม้วัดระดับที่หมุด BM. 1 สมมติได้ค่า BS. = 1.355 เมตร

9.7.4 หมุนกล้องส่องอ่านค่าไม้วัดระดับที่หมุด A สมมติได้ค่า FS. = 1.810 เมตร

9.7.5 คำนวณหาความสูงของหมุด Aตามวิธีการดังนี้

9.7.5.1 คำนวณค่าความสูงของแกนกล้องหรือ HI. โดยเอาความสูงของ BM.1 บวกด้วยค่า BS.

$$\begin{aligned} \text{HI} &= \text{ELEV.BM.1} + \text{BS} \\ &= 100.000 + 1.355 \\ &= 101.355 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

9.7.5.2 คำนวณค่าความสูงของหมุด A โดยเอาความสูงของแกนกล้องลบด้วยค่า FS. $\text{ELEV.A} = \text{HI.} - \text{FS.}$

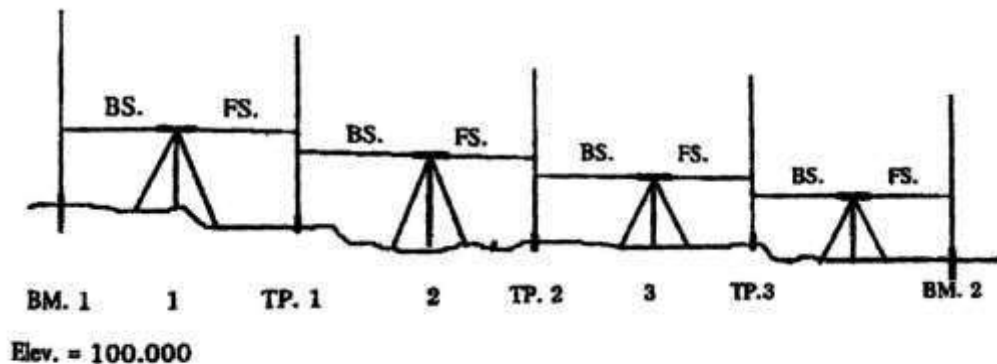
$$\begin{aligned} &= 101.355 - 1.810 \\ &= 99.545 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

9.8 การทำระดับต่อเนื่อง

อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 118-120) ได้ให้ความหมายของ การทำระดับต่อเนื่องไว้ดังนี้

9.8.1 ความหมายของการทำระดับต่อเนื่อง

การทำระดับต่อเนื่องเป็นการทำระดับระหว่างจุดต่อจุดต่อเนื่องกันเป็นระยะทางไกล เช่น ต้องการถ่ายระดับจาก BM.1 ไป BM.2 แต่ระยะจาก BM.1 และ BM.2 อยู่ห่างกันมาก ไม่สามารถตั้งกล้องระดับตรงกลางระหว่าง BM.1 กับ BM.2 เพียงครั้งเดียว จึงต้องสร้างหมุด TP. ขึ้นเป็นระยะๆ แล้วหาความสูงของหมุด TP. แต่ละจุดจนถึง BM.2 ดังที่ภาพ 2.6



ภาพที่ 2.6 การทำระดับต่อเนื่อง

ที่มา : อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 119)

ตามภาพ ความสูงของ BM.1 = 100.000 เมตร เมื่อต้องการหาความสูงของ BM.2 จะต้องหาค่าความสูงของ TP.2, TP.3 ตามลำดับไปจนกระทั่งถึง BM.2

9.8.2 วิธีการทำระดับต่อเนื่อง

จากภาพที่ 2.6 การทำระดับต่อเนื่องมีวิธีปฏิบัติดังนี้

9.8.2.1 ตั้งกล้องที่จุด 1 ห่างจาก BM. 1 พอสมควร ตั้งระดับกล้องและส่องอ่านค่า BS.ที่ BM.1 คำนวณค่า HI.1 โดยเอา $ELEV.BM.1 + BS$

9.8.2.2 กำหนดจุด TP.1 ส่องอ่านค่า FS.ที่ TP.1 และคำนวณค่า $ELEV.TP.1$ โดยเอา $HI.1 - FS$ ของ TP.1

9.8.2.3 ย้ายกล้องไปตั้งที่จุด 2 ส่องอ่านค่า BS.ที่ TP.1 คำนวณค่า HI.2 ซึ่งเท่ากับ $ELEV.TP.1 + BS$ ของ TP.1

9.8.2.4 กำหนดหมุด TP.2 ส่องอ่านค่า TP.2 ส่องอ่านค่า FS.ที่ TP.2 คำนวณค่า $ELEV.TP.2$ โดยใช้ค่า $HI.2 - FS$ ของ TP.2

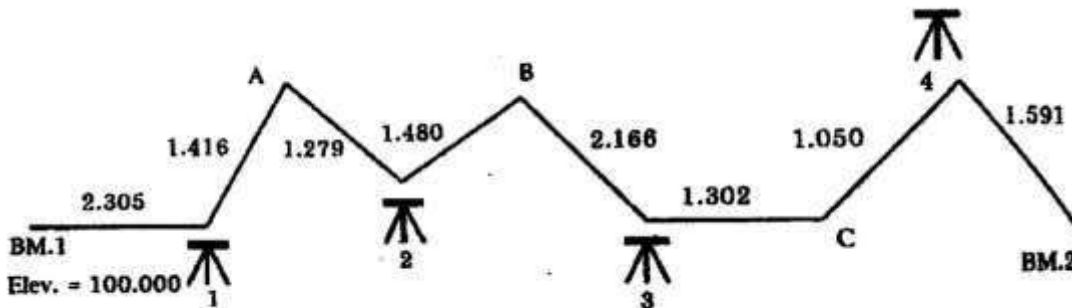
9.8.2.5 จากนั้นย้ายกล้องไปตั้งที่จุด 3 เพื่อหาค่าความสูงของ TP.3 โดยวิธีการเดิม แล้วย้ายกล้องไปตั้งจุดที่ 4 เพื่อหาความสูงของ BM.2 ต่อไป

อนึ่ง จำนวนจุดที่ตั้งกล้องจะมีกี่จุด ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ระยะทางระหว่างหมุด BM.1 - BM.2 คุณภาพของกล้องที่ใช้ปฏิบัติงาน ตลอดจนความละเอียดถูกต้องของงานที่ต้องการ

9.8.3 การจดสมุดสนาม และการคำนวณค่าและการตรวจสอบผลการคำนวณ

ถ้าถ่ายระดับเป็นระยะทางไกลๆ เช่น การถ่ายระดับเส้นศูนย์กลางของถนน จะต้องส่อง BS. และ FS. ต่อเนื่องกันไป จึงมีค่าตัวเลข BS. และ FS. จำนวนมาก ถ้าการจดค่าเหล่านี้ในสมุดบันทึกข้อมูลหรือสมุดสนาม (Field book) ไม่มีระบบ จะทำให้เกิดความยุ่งยากสับสนในการคำนวณหาค่าความสูง อาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นการจดค่าต่างๆ ในสมุดสนามจึงต้องจดอย่างเป็นระบบและมีมาตรฐาน เมื่อบุคคลอื่นมาเห็นก็สามารถเข้าใจได้ ตามภาพที่

2.7



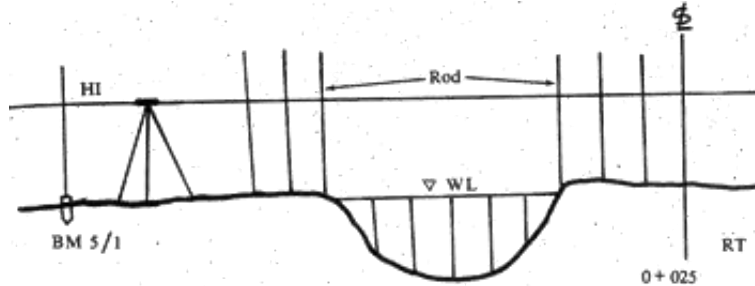
ภาพที่ 2.7 การระดับต่อเนื่อง

ที่มา : อนันต์ สันตยากร (ม.ป.ป. : 120)

จากภาพที่ 2.7 แสดงการถ่ายระดับจาก BM.1 ซึ่งมีความสูง 100.000 เมตร เพื่อหาความสูงของ BM.2 ซึ่งทำได้โดยการตั้งกล้องระดับที่จุด 1 ส่อง BS. ไปยัง BM.1 จะได้ค่า HI. ของกล้องระดับที่จุด 1 แล้วส่อง FS. ไปยังหมุด A จะคำนวณหาความสูงของหมุด A ได้ แล้วย้ายกล้องไปตั้งที่จุด 2 ส่อง BS. ไปยังหมุด A และส่อง FS. ไปยังหมุด B ก็จะคำนวณหาความสูงของหมุด B ได้ ซึ่งเป็นการหาความสูงของหมุดต่างๆ ทีละหมุดต่อเนื่องกัน ทำเช่นนี้ต่อไปจนถึง BM.2

9.9 การทำระดับของท้องน้ำ Cross section

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 267) ได้ให้ความหมายของ การทำระดับของท้องน้ำ Cross section ไว้ ดังนี้ Cross section party หรือกลุ่มทำ จะเป็นผู้หาระดับของท้องน้ำ โดยการทำ Cross section ของท้องน้ำ โดยวัดแนวฉากกับเส้น Spur line แล้วเก็บระดับตามเส้นนี้ ซึ่งอาจจะเรียกเส้นนี้ว่า Cross line ก็ได้ ที่ Center line ก็จะทำเหมือนกัน ตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การทำระดับของท้องน้ำ Cross section

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 267)

ตารางที่ 2.1 การถ่ายระดับเพื่อหาค่าระดับของผิวน้ำ

CROSS SECTION OF CANAL			SPUR LINE STA 0 + 025 RT/POT 5 + 155		
STA	BS	HI	ISS	Elev.	RMK
BM 5/1	1.760	92.33		90.570	IFS = ค่า Staff ผิวน้ำ + ความลึก ระดับผิวน้ำ 1.89 = ความลึกของน้ำ
ระยะจาก 2			1.51	90.82	
4			1.60	90.73	
6			1.83	90.50	
8			3.72	88.61	
10			3.74	88.59	
12			3.77	88.56	
14			3.76	88.57	
16			3.71	88.62	
18			3.48	88.85	
20			1.86	90.47	
22			1.74	90.59	

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 267)

จากข้อมูลนี้จะนำไป plot รูปเพื่อดูลักษณะของลำน้ำ เพื่อการออกแบบสะพานหรือร่องน้ำต่อไปการจะลดต้องบอกด้วยว่า spur line Sta อะไร เช่น 0 + 025 RT= ขวามือของเส้น Center line และใส่ Sta ของ POT ไว้ด้วย จะทำให้ทราบตำแหน่งที่แน่นอนไม่สับสน

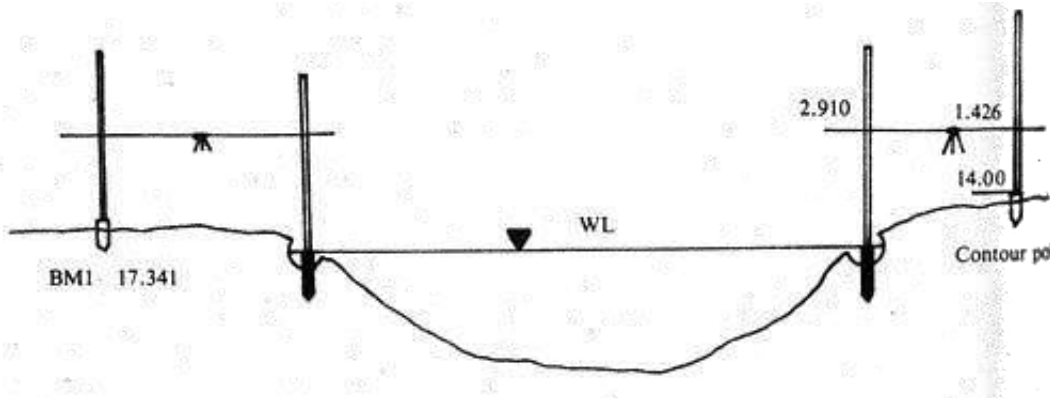
9.10 การหาเส้นขอบอ่างของอ่างเก็บน้ำ

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 318 - 320) ได้ให้ความหมายของ การหาเส้นขอบอ่างของอ่างเก็บน้ำไว้ ดังนี้ เนื่องจากว่าในบริเวณอ่างเก็บน้ำนั้นจำเป็นต้องตัดต้นไม้ออกก่อนที่น้ำจะท่วม รวมทั้งการอพยพราษฎรออกไปด้วย และต้องการทราบว่าน้ำท่วมถึงจุดไหนบ้างเมื่อเก็บกักเต็มที่แล้ว การหาเส้นขอบอ่างจะทำพร้อมกับการก่อสร้างเขื่อน

ในกรณีที่สร้างอ่างเก็บน้ำเสร็จแล้วต้องการที่จะเพิ่มปริมาณการเก็บกักให้มากขึ้นอีก เราก็สามารถเสริมสันเขื่อนและ Spillway ให้สูงขึ้น จึงจะทำให้รับปริมาณน้ำเพิ่มได้ และจะต้องทราบว่าเมื่อระดับน้ำสูงขึ้นน้ำจะท่วมถึงไหน จึงจำเป็นต้องไปหาเส้นขอบอ่าง หรืออาจจะหาเส้นขอบอ่างก่อนแล้วนำมาวิเคราะห์ว่าจะเสริมเขื่อนสูงเท่าไร จึงจะไม่เกิดปัญหา เช่น น้ำล้นอ่างโดยจะไหลออกจากจุดที่มีระดับต่ำทำให้ต้องสร้างคันดินกันอีก

ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้ระดับเก็บกักอยู่ที่ Contour เส้นที่ 14 ช่วงสำรวจจะต้องไปหาว่าจุด Contour point ที่ 14 เมตร อยู่ที่ไหนบ้างในภูมิประเทศ การส่องกล้องทำได้หลายวิธี

9.10.1 การใช้ระดับผิวน้ำเป็น Base วิธีนี้จะใช้หาเส้นขอบอ่างได้ละเอียดพอควร วิธีการก็คือถ่ายค่าระดับจาก BM ที่รู้ค่าแล้วไปยังผิวน้ำในอ่างแล้วหาค่าระดับของผิวน้ำ เมื่อได้ค่าระดับผิวน้ำแล้วก็ใช้เป็นระดับคงที่ เมื่อต้องการจะหาเส้นขอบอ่างก็ส่อง BS มายังผิวน้ำแล้วคำนวณหาค่า FS นำค่า FS ที่คำนวณได้นี้ไปส่องกล้อง จุดไหนที่ส่องได้เท่ากับค่า FS จุดนั้นคือ Contour point ที่ต้องการ ตามภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การใช้ระดับผิวน้ำเป็น Base

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 318)

จุดที่ต้องการหารระดับผิวน้ำหรือจุดที่ต้องการจะส่อง BS ควรจะเป็นหลุมเล็กๆ และให้มีทางน้ำเล็กๆ เข้า ทั้งนี้ เพื่อป้องกันระลอกคลื่นจะทำให้ผิวน้ำนิ่งแล้วตอกหลักให้เสมอผิวน้ำจะทำให้ตั้ง Staff ได้สะดวกและมีความถูกต้อง มากเพราะการทำระดับเพื่อหา Contour point นี้จะต้องทำหลายๆ จุดต่อเนื่องกันไป พอไกลมากๆ ก็กำหนด ระดับผิวน้ำใหม่ ค่าระดับเราจะถือว่าระดับผิวน้ำเท่ากันหมด และวิธีใช้กับอ่างเก็บน้ำที่ทำการก่อสร้างเสร็จ เรียบร้อยแล้ว และต้องการขยายขอบอ่าง

ตารางที่ 2.2 การถ่ายระดับเพื่อหาค่าระดับของผิวน้ำ

STA	BS	HI	FS	ELEV	RMK
BM1	1.212			17.341	ผิวน้ำ = 17.341 - 4.815 = 12.526
TP1	1.244		1.672		
TP2	1.012		1.871		
TP3	1.937		2.716		
TP4	1.815		2.859		
ผิวน้ำ			2.917	12.526	
Σ	7.220	Σ	12.035		
Σ	12.035				
	- 4.815				

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 319)

การหาเส้น Contour เส้นที่ 14

เมื่อได้ระดับของผิวน้ำแล้วต่อไปก็หาค่าระดับของพื้นดินที่มีค่าระดับเท่ากับ 14 เมตร การทำเราต้องส่อง BS ไปยัง ผิวน้ำจะได้ HI แล้วคำนวณหาค่า FS นำ Staff ไปตั้งบน Slope ของพื้นดิน ขยับขึ้นลงจนกว่าจะอ่านได้เท่ากับค่า FS ที่คำนวณได้ จุดนั้นจะเป็นจุดที่มีค่าระดับเท่ากับ 14

ตัวอย่าง ส่องกล้อง BS ไปยังผิวน้ำได้ค่า BS = 2.910 เมตร ค่าระดับของผิวน้ำเท่ากับ 12.526 เมตรจงหา

Contour point จุดที่ 14 เมตร

สูตร Elev. = HI - FS

$$14 = (12.526 + 2.910) - FS$$

$$FS = 1.436 \text{ ม.}$$

นำค่านี้ไปส่องค่า Staff ให้อ่านได้เท่านี้ จุดไหนที่อ่านได้เท่ากับ 1.436 จุดนี้มีค่า Contour point เท่ากับ 14 เมื่อได้แล้วก็ทำการส่องหาจุดอื่นต่อไป

9.10.2 โดยการถ่ายระดับ BM รอบอ่าง แล้วใช้กล้องระดับหาเหมือนกับการกำหนดเกรดวิธีนี้จะให้ความละเอียดมากถ้าเป็นอ่างเก็บน้ำเก่าซึ่งหมด BM หายเป็นส่วนมาก ก็จะต้องทำการถ่ายระดับ BM ใหม่และหมด BM ควรจะห่างกันพอสมควร หมด BM, TP ก็ควรจะกำหนดไว้ตามรากต้นไม้หรือฝิ่งหมดคอนกรีต เมื่อได้ค่า BM แล้วก็ต้องทำการแก้ไขก่อน ต่อไปก็ให้นำค่า BM ไปแก้ TP ทั้งหมด หมด TP นี้จะใช้ในการหาเส้นขอบอ่างได้ ซึ่งจะทำให้งานรวดเร็วขึ้น

ถ้าเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และสร้างใหม่ก็จำเป็นต้องถ่ายระดับ BM เพิ่มเติมเพราะหมด BM อาจจะไม่ทั่วถึง บางส่วนอาจจะจมน้ำไปแล้ว การถ่ายระดับ BM จะต้องกำหนดจุด TP ให้มั่นคงด้วยเพราะสามารถนำค่าระดับของ TP ไปหา Contour point ได้ ควรจะเขียนชื่อ TP ติดกับต้นไม้ไว้ด้วย การหาค่าระดับของ Contour point ก็จะได้เหมือนข้อ 2.12.1 แต่เราจะส่องกล้องไปยัง BM หรือ TP แทน

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการแก้ค่าระดับของ TP ในกรณีที่แก้ค่า BM แล้ว

STA	BS	HI	FS	ELEV	RMK
BM5	1.219	15.958		14.739	$BM1 = 14.739 + 2.605$ $= 17.344$ $Error = 17.341 - 17.344$ $= - 0.003$
TP1	1.466	15.990	1.434	14.524	
TP2	2.310	17.079	1.221	14.769	
TP3	2.415	18.080	1.414	15.665	
TP4	2.016	18.419	1.677	16.403	
TP5	1.573	18.478	1.514	16.905	
TP6	1.893	18.706	1.665	16.813	
BM1			1.365	17.341	

Σ 12.895 10.290

Σ $\frac{10.290}{2.605}$

Diff

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2552 : 320)

9.10.3 ลำดับชั้นคำนวณแก้

9.10.3.1 นำค่า Diff ที่สองได้ระหว่าง BM ไปคำนวณแก้ค่า BM เสียก่อนโดยการแก้แบบปรับระดับสายเดี่ยว บรรจบตัวเอง เมื่อได้ค่าระดับ BM ที่ถูกต้องแล้วเช่น BM5 = 14.739 ม. และ BM1 = 17.341 ม. ก็นำมาใส่ตารางข้างบน ในที่นี้เป็นกรถ่ายแบบเฉพาะขาไป (Single run) เพราะใช้กล้อง (Geodetic Level) ประกอบกับ Staff ธรรมดา ข้อกำหนดงานชั้นที่ 3 Class II คือ $12\sqrt{\text{km}}$ จึงไม่จำเป็นต้องถ่ายแบบไปกลับ (Double run) และงานก็ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก

9.10.3.2 คำนวณหาค่า Diff ที่สองได้ในที่นี้คือ 2.605 ม. แล้วหาค่า observed elevation ของ BM1 จะได้ 17.344 ม. หาค่า error จะเท่ากับ -0.003 error เป็นลบแสดงว่าค่าแก้จะต้องเอาไปลบจากค่า BS และทำการลบในตารางเลย จะได้ค่า BS ที่ถูกต้อง

9.10.3.3 คำนวณหาค่าระดับ TP ของทุกตัว อย่าลืมว่างานนี้ TP จะต้องใช้ตะปู (spike) ตอกติดกับรากต้นไม้ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. ขึ้นไป ทั้งนี้เพราะเราต้องการเอาค่าระดับไปใช้ดังได้กล่าวแล้ว

9.11 เส้นชั้นความสูง

เพ็ง โพธิ์ศรี (ม.ป.ป. : 190) ได้ให้ความหมายของ เส้นชั้นความสูงไว้ดังนี้ เส้นชั้นความสูง (Contours หรือ Contour lines) เป็นเส้นสมมติที่ลากผ่านจุดบนพื้นดินที่มีค่าระดับเท่ากัน ลักษณะของเส้นชั้นความสูงนั้นอาจจะจินตนาการเหมือนกับน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อผิวน้ำสงบ เส้นขอบผิวน้ำรอบอ่างเก็บน้ำจะแสดงเส้นชั้นความสูงบนพื้นดินเขียนแทนด้วยเส้นชั้นบนแผนที่ อย่างไรก็ตามคำว่า Contours หรือ Contour lines ก็มีความหมายถึงเส้นชั้นความสูงนั่นเอง เส้นชั้นความสูงในแผนที่แต่ละเส้นจะบอกค่าระดับที่แตกต่างกันในทางแนวดิ่ง

9.12 วิธีทำ CONTOUR (METHOD OF LOCATING CONTOURS)

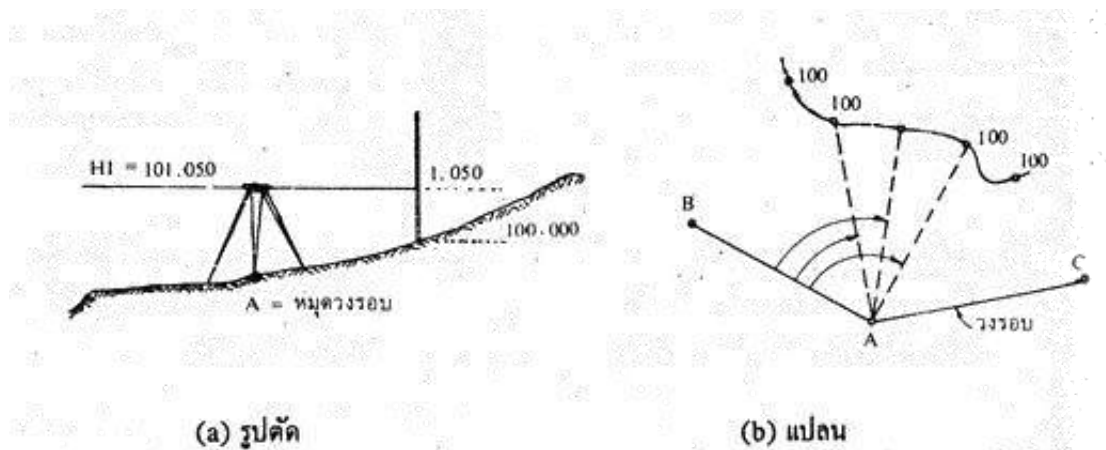
ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2550 : 546 - 548) ได้ให้ความหมายของ วิธีทำ CONTOUR (METHOD OF LOCATING CONTOURS) ไว้ดังนี้ ในการทำ contour line นั้นจะแบ่งออกเป็นสองวิธีด้วยกันคือ

9.12.1 การทำในสนามโดยตรง (Direct Method) การทำ contour แบบนี้จะทำให้สำเร็จในสนามเลยและการหาจุดต่างๆ จุดที่ contour line ผ่านนั้น จะทำให้เสียเวลาในการทำงานเป็นอย่างมากแต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ให้ ความระเอียดสูงถูกต้องตามลักษณะของพื้นที่ดินทุกประการ บางทีก็เรียกวิธีนี้ว่า Tracing out contour เครื่องมือที่ใช้ก็มี 2 อย่างคือ

ก. กล้องระดับ ซึ่งจะต้องอาศัยหมุดวงรอบที่มีอยู่แล้วหาว่าเส้น Contour เส้นที่ 100 จะต้องขยับ Staff อ่านค่า FS เท่าไหร่

$$\begin{aligned} \text{สูตร} \quad & \text{Elev} = \text{HI} - \text{FS} \\ \text{แทนค่า} \quad & 100 = 99.50 + 1.55 - \text{FS} \\ & \text{FS} = 1.05 \text{ ม.} \end{aligned}$$

จุดที่ตั้ง Staff ถ้าวัดอ่านได้เท่ากับ 1.05 จุดนั้นคือ จุดที่ Contour เส้นที่ 100 ผ่านใช้กล้องวัดมุมและวัดระยะ Stadia ไปยังจุดที่มีค่าเท่ากับ 100 นั้นก็จะ Plot รูปได้ตามความต้องการ Contour เส้นอื่นก็ทำได้เหมือนกัน ตามภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การทำในสนามโดยตรง

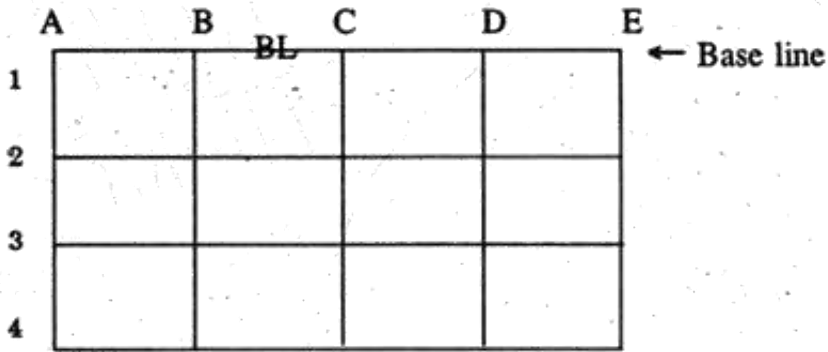
ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2550 : 546)

ข. การใช้ Plane table ประกอบกล้อง Alidade ซึ่งจะได้แนวเส้นและระยะจาก Stadia จะสามารถ Plot รูปในสนามได้เลย ผลที่ได้ก็เหมือนกับใช้กล้องระดับ ปัจจุบัน Plane table ไม่นิยมใช้แล้ว

9.12.2 การทำโดยวิธีทางอ้อม (Indirect Method) วิธีนี้ใช้มากที่สุดเพราะทำได้เร็วและประหยัดเวลาให้ความถูกต้องดี วิธีการก็มีหลายอย่าง เช่น

9.12.2.1 By square หรือ Grid method วิธีการนี้จุดตัดของแกนตั้งและแกนนอน จะเป็นจุด Ground point หรือจุด Stop elevation ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดตั้ง Staff หาค่า Ground elevation ด้วย วิธีนี้ใช้ในเนื้อที่เล็กๆ ในการทำจะต้องแบ่งเนื้อที่ออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆ ซึ่งมีขนาด 5-25 เมตร และจะต้องคำนึงถึง Contour interval ด้วย Spot elev. ที่ได้มาจากการส่องกล้องระดับ สี่เหลี่ยมที่ใช้อาจจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ เช่นเดียวกัน เมื่อเราได้ Spot elev. หรือ Spot height เราก็นำไป Plot และเขียน Contour line ต่อไป

ตารางที่ 2.4 Contour line (a รูปตัด)



ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2550 : 546)

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการทำ Site survey ด้วยวิธี Grid method (b แปลน)

STA	BS	HI	IFS	FS	ELE.	RMKS
BM	1.21 0	102.015			100.805	
A1			1.70		100.32	
B1			1.94		100.08	
C1			1.99		100.03	
D1			2.28		99.74	
E1			2.52		99.50	
A2			2.17		99.85	
B2			1.83		100.19	
C2			2.39		99.63	
D2			2.52		99.50	
E2			3.83		98.19	
A3			2.42		99.60	
B3			2.63		99.39	
C3			2.74		99.28	
D3			2.79		99.23	
E3			2.94		99.08	
A4			2.20		99.82	

B4			3.11		98.91	
C4			3.16		98.86	
D4			3.14		98.88	
E4			3.36		98.66	
STA	BS	HI	IFS	FS	ELE.	RMKS
BM.				1.220	100.795	
					100.805	
					E = 0.010	

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนาจ (2550 : 547)

9.12.2.2 โดยการทำให้ Cross section ซึ่งการทำจะเหมือนกับที่ทำ x – section ของถนน คลองส่งน้ำ การจด Field book ก็กระทำเหมือนกัน ซึ่งการทำ Cross section นี้อาจจะเอาเส้นวงรอบเป็น Base line แล้ว Offset เส้น Spur line ออกมาเพื่อทำ Cross section ก็ได้

9.12.2.3 โดยการใช้วิธีการวัดระยะจำลอง (Tacheometric method) ดูในเรื่องการทำวงรอบด้วย Stadia การวัดจะแยกออกเป็น 2 อย่าง

- 1) ส่องกระจายไปทั่วพื้นที่โดยเฉพาะจุดที่พื้นดินเปลี่ยนแปลง หรือจุดต่ำสุด หรือสูงสุด กลางร่องน้ำ
- 2) ส่องแบบรังสีมี Radiation ซึ่งใช้ในพื้นที่ที่เป็นเนินสูงขึ้นมา หรือเป็นที่ลุ่มก้นกระทะ

9.12.2.4 การใช้กล้อง ETS (Electronic Total Station) เนื่องจากว่าการ Plot เส้นชั้นความสูง จะต้องทราบมิติทั้ง 3 มิติ เพราะฉะนั้นจะต้องมีแกนอ้างอิงให้กล้อง เช่น จุดแรกหรือจุดตั้งกล้องทราบพิกัดฉาก แกนอ้างอิงจะต้องทราบ Azimuth จะทำให้หาพิกัดและระดับของจุดต่างๆ ได้โดยอัตโนมัติ การ Plot ก็จะใช้คอมพิวเตอร์ กล้อง ETS เหมาะกับการสำรวจบริเวณที่มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงมาก เพราะจะต้องเก็บจุดระดับมาก

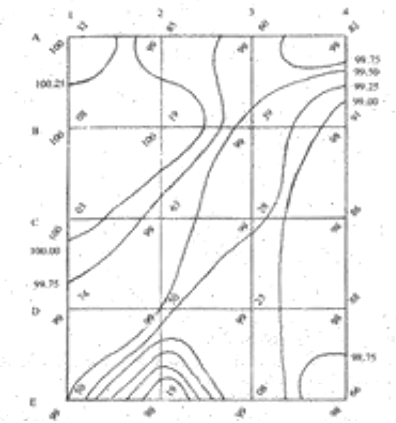
วิธีการส่อง

- 1) การส่องแบบรังสี (Radiation) จะต้องตั้งกล้อง ETS บนหมุดวงรอบ ป้อนพิกัดของหมุดวงรอบนั้น ค่าระดับภาคของทิศ ของธงหลัง ความสูงของกล้อง ความสูงของเป้า จะสามารถทราบค่า พิกัดและระดับของจุดตั้งเป้าได้ จุดตั้งเป้าจะต้องให้รหัสหรือ Reference ไว้ด้วย
- 2) การส่องแบบตารางกริด จะต้องสมมุติพิกัดหมุดแรกที่มุมของตาราง เช่นที่จุด A1 (ตารางที่ 2.5) และภาคของทิศของแนว A ป้อนค่าต่างๆ เหมือนข้อ 1 การกำหนดพิกัดและระดับจะทำให้สามารถเขียนเส้นชั้นความสูงด้วยคอมพิวเตอร์ได้

9.13 วิธีการเขียนเส้นชั้นความสูง (INTERPOLATION OF CONTOUR)

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2550 : 550 - 551) ได้ให้ความหมายของ วิธีการเขียนเส้นชั้นความสูง (INTERPOLATION OF CONTOUR) ไว้ดังนี้ วิธีการเขียนเส้นชั้นความสูง หมายถึงการเขียน Contour ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การ Plot ground point ซึ่งได้จากวิธีการประมาณว่า Indirect method วิธีการมีดังนี้ คือ

9.13.1 โดยวิธีประมาณ (ESTIMATION) วิธีนี้ใช้การประมาณว่า Contour line จะผ่านตรงไหนของจุด Spot elev. หรือจุด Ground point สองจุด ซึ่งถ้าค่าระดับของ Spot elev. ต่างกันก็จะถือว่าความลาดระหว่างจุดทั้งสองนั้นสม่ำเสมอหรือที่เรียกว่า Uniform หรือ Plane slope ทำให้ทราบว่าที่ความลาดนั้นจะมี Contour point อยู่หรือไม่ถ้ามีก็จุดไว้แล้วลาก Contour line ที่หลัง ก็จะได้เส้นชั้นความสูงตามต้องการ วิธีนี้นิยมใช้มาก ตัวอย่าง การเขียน Contour line ใช้ interval 0.25 เมตร ตามภาพที่ 2.11

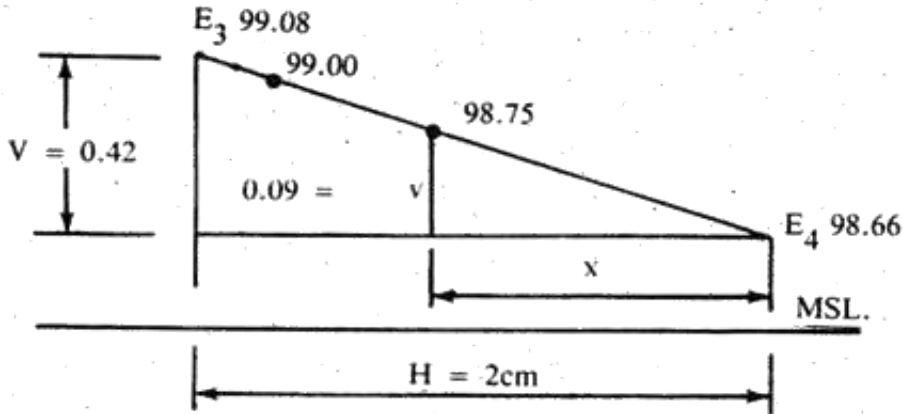


ภาพที่ 2.11 การเขียน Contour

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2550 : 550)

การเขียน Contour โดยใช้ Interval เท่ากับ 0.25 เมตร นั้น ค่าContour จะมีดังนี้คือ 0.25, 0.50, 0.76 เป็นต้น ยกตัวอย่าง E3 และ E4 ซึ่งจะมีค่าระดับ 99.08 และ 98.66 ระหว่างจุด 2 จุดนี้จะมี Contour จะมีดังนี้คือ 98.75 และ 99.00 โดยตอนอื่นก็คิดอย่างเดียวกัน แล้วลากเส้นผ่านจุด Contour point ก็จะได้ Contour line ตามต้องการ

9.13.2 โดยการคำนวณ (COMPUTATION) เป็นการเขียน Contour line โดยใช้การคำนวณทางสาขาคณิตเข้ามาช่วย ซึ่งก็จะได้ค่าระยะของ Contour point ห่างจาก Ground point เท่ากับเท่าไร เช่น จุด 98.75 ห่างจากจุด E4 และ E3 เท่าไรในที่นี้คือ $X = 0.42$ ตามภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 การเขียน Contour line

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย (2550 : 551)

จากภาพที่ 2.12 กำหนดให้ V = ความต่างระดับระหว่าง E₃ และ E₄ = 0.42 เมตร

$$V = \text{ความต่างระดับระหว่าง } E_3 \text{ และ } E_4 \text{ กับจุด } 98.75 \\ = 0.09 \text{ เมตร}$$

H = ระยะตารางกริดในแผนที่นี้ 1 : 1000 จะเท่ากับ 2 ซม.

จากหลักการของสามเหลี่ยมคล้าย

$$\frac{X}{H} = \frac{v}{V}$$

$$X = \frac{H}{V} \times v$$

$$X = \frac{2}{0.42} \times 0.09 \\ = 0.42 \text{ ซม.}$$

เมื่อได้ระยะ x แล้วก็วัดระยะจาก E₄ มาทาง E₃ เท่ากับ 0.42 ซม. ก็จะได้จุด Contour point ตามต้องการ จะเห็นว่าวิธีนี้ต้องคำนวณหา Contour point ทุกๆ จุดที่ต้องการเขียน Contour line

9.13.3 โดยการใช้อักรภาพ (GRAPHICAL MEAN) วิธีนี้จะเขียนโดยอาศัยกรภาพ ซึ่งจะต้องทำกรภาพขนาด 8 × 10 ซม. ด้วยกระดาษ Tracing กรภาพนี้จะมีสองชนิด คือ แบบกรภาพที่มีช่องระดับเท่ากันและเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดที่สองจะเป็นรูปสามเหลี่ยม ตรงยอดกรวยเส้นจะสอดเข้าหากันและถี่มาก ใช้เขียน Contour ที่มีจำนวนมาก ช่องเล็กๆ อาจจะ 1 หรือ 2 มิลลิเมตร หรือติดกันก็ได้

การหาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ระดับ Contour ที่มีค่าระดับเท่ากับ 93, 94.....เราใช้ Planimeter หาเนื้อที่ของ Contour line แต่ละเส้นออกมา แล้วนำไปหาปริมาณ ใช้สูตร

$$V = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \quad (A_1, A_2, A_3 \dots \text{เป็นเนื้อที่ของ Contour เส้นต่างๆ})$$

L = Conyour interval ในที่นี้ = 1 เมตร

$$\text{เนื้อที่เฉลี่ย (Average Area)} = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

9.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศักดิ์สิทธิ์ ผางทุม และคณะ (2553 : บทคัดย่อ) ได้ทำโครงการพิเศษ เรื่อง การศึกษาหาปริมาณน้ำจากโครงการอ่างเก็บน้ำชลประทานในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาหาปริมาณการกักเก็บน้ำสูงสุดและต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย ปี 2553 จำนวน 16 อ่าง จากการศึกษาพบว่า 1.) อ่างเก็บน้ำห้วยน้อยระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 240,910 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 54,950 ลบ.ม. 2.) อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำพรารระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 1,003,780 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 49,548 ลบ.ม. 3.) อ่างเก็บน้ำห้วยแห้วระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 2,777,000 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 353,500 ลบ.ม. 4.) อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำหมานระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 28,370,000 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 4,710,000 ลบ.ม. 5.) อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำเทากระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 911,668 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 250,589 ลบ.ม. 6.) อ่างเก็บน้ำห้วยสร้างโตนระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 59,179 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 27,882.793 ลบ.ม. 7.) อ่างเก็บน้ำห้วยแก้วระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 27,969 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 27,882 ลบ.ม. 8.) อ่างเก็บน้ำห้วยป่าช้าหลามระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 8,341 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 3,070 ลบ.ม. 9.) อ่างเก็บน้ำ ร.13 พัน.5(I) ระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 11,722 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 5,440 ลบ.ม. 10.) อ่างเก็บน้ำ ร.13 พัน.5 (II) ระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 65,148 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 29,782 ลบ.ม. 11.) อ่างเก็บน้ำห้วยสะพุงระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 19,786 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 3,722 ลบ.ม. 12.) อ่างเก็บน้ำห้วยนาหมื่นระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 0.00 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 0.00 ลบ.ม. 13.) อ่างเก็บน้ำห้วยดั่งระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 0.00 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 0.00 ลบ.ม. 14.) อ่างเก็บน้ำบ้านปากหมากระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 18,319 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 6,382 ลบ.ม. 15.) อ่างเก็บน้ำห้วยเกตุบ้านสูบระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 0.00 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 0.00 ลบ.ม. 16.) อ่างเก็บน้ำบ้านสำนระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ 15,650 ลบ.ม. ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ที่ 6,868 ลบ.ม.

ศศิพร ดวงศรี และคณะ (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำโครงการพิเศษ เรื่อง การสร้างขาตั้งปรับระดับไม้ระดับ (staff) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างขาตั้งปรับระดับไม้ระดับและเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการทำระดับระหว่างการใช้บุคคลถือไม้ระดับกับการใช้ขาตั้งปรับระดับไม้ระดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ขาตั้งปรับระดับไม้ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กล้องระดับ ไม้ระดับ ขาตั้งกล้อง เทปวัดระยะ การสร้างขาตั้งปรับระดับ ไม้ระดับ ส่วนแรกใช้เหล็กกล่องขนาด 6 หุน ยาว 35 เซ็นติเมตร จำนวน 3 ท่อน โดยกางมุม 120 องศา เชื่อมติดกับบูชลูกปืน และ ใส่ลูกปืนเบอร์ 6201 จำนวน 2 ตลับ ส่วนที่ 2 ใช้เหล็กกล่อง ขนาด 6 หุน ยาว 50 เซ็นติเมตร และ ส่วนที่ 3 ใช้เหล็กกลม ขนาด 6 หุน ยาว 15 เซ็นติเมตร ตัด 3 ท่อน

และน็อตเกลียวเบอร์ 21 ยาว 30 เซนติเมตร ตัด 3 ท่อน ประกอบกัน เพื่อช่วยในการปรับระดับ ของ ขาดั้งทั้งหมด ปรับได้ทั้ง หยาบ และ ละเอียด น้ำทั้ง 3 ส่วน ประกอบเข้าด้วยกัน ช่วยให้ไม้ระดับนิ่ง

การเก็บข้อมูลมี 2 วิธี คือ การถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ แบบวงรอบปิด และการถ่ายระดับ Differential ไป-กลับ ใช้เกณฑ์การทำระดับงานชั้นที่ 3 ซึ่งทำการระดับจำนวน 2 เส้นทาง เส้นทางที่ 1 รอบสวนสาธารณะกุดป่อง ตำบลกุดป่อง อำเภอเมือง จังหวัดเลย ทำระดับแบบวงรอบปิด มีระยะทาง 1420.50 เมตร จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้บุคคลถือไม้ระดับจำนวน 5 ครั้ง และใช้ขาดั้งปรับระดับ ไม้ระดับ จำนวน 5 ครั้ง เส้นทางที่ 2 สวนยางพารา บ้านท่าวังแคน ตำบลศรีสองรัก อำเภอเมือง จังหวัดเลย โดยถ่ายระดับ Differential ไป-กลับ มีระยะทาง 240 เมตร จำนวน 5 ครั้ง โดยใช้บุคคลถือไม้ระดับ จำนวน 5 ครั้ง และใช้ขาดั้งปรับระดับ ไม้ระดับ จำนวน 5 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่า การทำระดับ โดยใช้ขาดั้งปรับระดับ มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า การใช้บุคคลถือไม้ระดับ

11 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยการศึกษาหาค่าระดับและหาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการกักเก็บน้ำและเพื่อศึกษาค่าระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยคณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลดังนี้

11.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

11.1.1 กล้องระดับ

11.1.2 ขาดั้งกล้อง

11.1.3 เทปวัดระยะ

11.1.4 ไม้วัดระดับ (Staff)

11.1.5 หมุดหลักฐาน

11.1.6 เชือก

11.1.7 ไม้

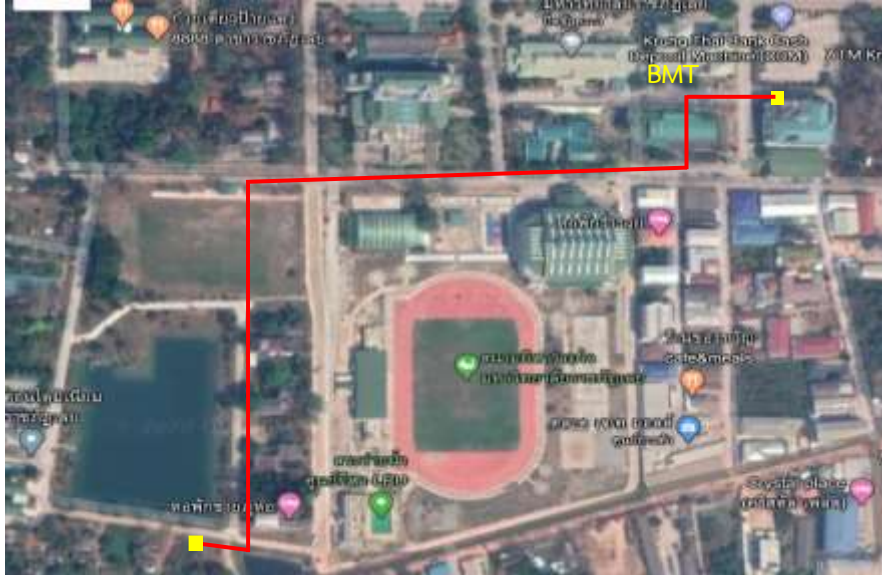
11.1.8 ค้อน, ตะปู

11.1.9 เรือพาย

11.1.10 สี

11.2 ขั้นตอนในการทำระดับอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

11.2.1 ถ่ายระดับจากหมุด BMT หน้าตึกคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่มีค่า Elev เท่ากับ 258.382 เมตร ไปไว้ที่อาคารหอพักภูหอ



ภาพที่ 3.1 พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ที่มา : <https://www.google.com>

11.2.2 สร้างหมุด BM1 BM2 BM3 และ BM4 รอบอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย



ภาพที่ 3.2 การสร้างหมุดรอบอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ที่มา : <https://www.google.com>

11.2.3 ถ่ายระดับจากหมุดข้างอาคารภูมาไว้ที่หมุด BM1 แล้วทำการถ่ายระดับรอบอ่างเก็บน้ำ ถ่ายระดับจากหมุด BM1 - BM4 โดยวิธี Differential ไป - กลับ ความคลาดเคลื่อนในการเข้าบรรจบ ของงานชั้นที่ 3 มีค่าเท่ากับ

12√K มิลลิเมตร โดยเริ่มถ่ายจากหมุดแรกเริ่มที่ทราบค่าแล้ว คือหมุด BM1 ไปยังหมุด BM2 BM3 และBM4 ตามลำดับ แล้วถ่ายกลับมายังหมุด BM แรกออก คือหมุด BM1

10.2.4 ทำระดับเส้นชั้นความสูง โดยแบ่งพื้นที่อ่างเก็บน้ำ จากหมุด BM1 - BM4 ออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 20×20 เมตร



ภาพที่ 3.3 การแบ่งพื้นที่เป็นตารางสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 20×20 เมตร

ที่มา : <https://www.google.com>

11.2.5 ทำระดับเส้นชั้นความสูง เพื่อหาค่าระดับดินเดิมบริเวณของอ่างเก็บและท้องน้ำตามตารางกริดที่สร้างไว้ทุก Station

11.2.5.1 ถ่ายระดับเพื่อหาระดับของผิวน้ำ

- 1) ต้องกล้องระดับให้ได้ระดับที่จุด A นำ Staff ไปตั้งบนหมุด BM1 ซึ่งได้ค่าระดับ แล้วบันทึกค่าระดับของหมุด BM1 เป็นค่า Elev.
- 2) หมุนกล้องส่องสถาพที่หมุด BM1 อ่านค่าระดับ แล้วบันทึกข้อมูลเป็น BS.
- 3) ย้าย Staff ไปตั้งที่หมุด TP1 หมุนกล้องอ่านค่าระดับ แล้วบันทึกข้อมูลเป็น FS.
- 4) ย้ายกล้องไปตั้งที่จุด B ให้ได้ระดับ นำ Staff ไปตั้งบนหมุด TP1 อ่านค่าระดับ แล้วบันทึกข้อมูลเป็น BS.

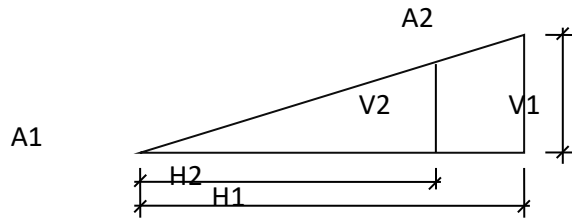
5) ถ่ายระดับไปเรื่อยๆ จนถึงผิวน้ำ

11.2.6 คำนวณค่าระดับดินเดิมและท้องน้ำบริเวณขอบอ่างและท้องน้ำโดยใช้สูตร

$$HI = \text{Elev} + BS$$

$$\text{Elev} = HI - FS / IFS$$

11.2.7 คำนวณเส้นชั้นความสูงโดยใช้หลักสามเหลี่ยมคล้าย



จากรูปให้ $V1$ = ความต่างระดับระหว่าง $A1$ กับ $A2$

$V2$ = ความต่างระดับระหว่าง $A1$ กับเส้นชั้นความสูง

$H1$ = ระยะในแผนที่ระหว่าง $A1$ กับ $A2$

$H2$ = ระยะในแผนที่ระหว่าง $A1$ กับเส้นชั้นความสูง

$$H2 = \frac{H1 \times V2}{V1}$$

11.2.8 คำนวณหาปริมาณน้ำจากแผนที่เส้นชั้นความสูงโดยใช้สูตร

$$V = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \quad (A_1, A_2, A_3 \dots \text{เป็นเนื้อที่ของ Contour เส้นต่างๆ})$$

L = Conyour interval ในที่นี้ = 1 เมตร

$$\text{เนื้อที่เฉลี่ย (Average Area)} = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

11.2.9 เขียนเส้นชั้นความสูงโดยใช้โปรแกรม Auto CAD เมื่อได้ค่าระดับดินเดิมและค่าของท้องน้ำแล้ว นำมาเขียนเส้นชั้นความสูงมีช่วงเส้นชั้นความสูงโดยมีความต่างระดับกัน 25 เซนติเมตร

11.2.9.1 ใช้โปรแกรม Auto CAD หาปริมาตร

11.2.9.2 ใช้โปรแกรม Auto CAD หาพื้นที่

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

-

14. งบประมาณ

-

15. เอกสารอ้างอิง

โกมล ศิวะบวร, เชาวยุทธ พรพิมลเทพ, และสุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์. (2534). การประปาเบื้องต้น.

กรุงเทพมหานคร : ธารนิเวศพิมพ์.

โชติไกร ไชยวิจารณ์. (2556). วิศวกรรมชลศาสตร์. กรุงเทพมหานคร :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวีศักดิ์ วั่งไพศาล. (2554). วิศวกรรมการประปา. กรุงเทพมหานคร :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพ็ญ โพธิ์ศรี. (ม.ป.ป.). การสำรวจและการระดับ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2550). วิศวกรรมสำรวจ1. สมุทรปราการ : คาไน้ ทรัพย์สุขอำนวย.

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2552). การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. สมุทรปราการ :

คาไน้ ทรัพย์สุขอำนวย.

วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2554). การสำรวจรังวัด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพมหานคร :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนันต์ สันตยากร. (ม.ป.ป.). การสำรวจ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

อภิรัตน์ บางสิริ. (2559). เขียนแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมด้วย AUTO CAD 2016.

กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ซิมพลิฟาย.

ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ชื่อโครงการ การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสียออกจากเตาปิ้งย่าง

Production of electricity from heat waste of charcoal grill stove

2.ประเภทการประกวด

ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

3. ชื่อผู้ดำเนินโครงการ

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายณัฐพงษ์ ไทยวงษ์

รหัส 6040243108

สาขาวิชา ฟิสิกส์

หมู่เรียน ว.6004

โทรศัพท์ 062-174-5064

E-mail: nunonnaka.ano@gmail.com

3.2 ชื่อที่ปรึกษาวิจัย

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรจิตร พระเมือง

สาขาวิชา ฟิสิกส์

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ตึกแฉกมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

5. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในประเทศไทยนั้นเกิดปัญหามลพิษทางอากาศอย่างมาก โดยส่วนมากจะเป็นมนุษย์สร้างขึ้นซึ่งเป็นส่วนใหญ่ เช่น การขับรถ การเผาตอซังข้าว การเผาอ้อย การประกอบกิจกรรมอาหารโดยการปิ้งย่าง และการปล่อยควันจากโรงงาน เป็นต้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ด้วยการออกแบบเตาปิ้งย่างแบบทั่วไป จะสร้างมาจากถังทรงกระบอกผ่าครึ่งและมีข้อจำกัดในการระบายควันหรือควันนั้นออกมารบกวนผู้ใช้และบริเวณรอบข้างและการถ่ายเทความร้อนที่ออกมารอบๆโดยสูญเสียออกมาอย่างเปล่าประโยชน์ ซึ่งจะใช้ระบบเทอร์โมอิเล็กทริกมาผลิตไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนที่ถ่ายเทออกมาเป็นตัวผลิตซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่สูญเสียจากเตาปิ้งย่างมาใช้ประโยชน์

พลังงานไฟฟ้าจากความร้อน เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากธรรมชาติและการเผาไหม้วัสดุต่างๆ ในการได้พลังงานไฟฟ้าจากความร้อนจะได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการเผาไหม้วัสดุโดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงด้วยระบบเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่ง ภาณุพงศ์ ศิริกุล และคณะ (2552) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำเพื่อใช้ทดสอบการป้อนความร้อนให้เพลเทียร์มาใช้ในการศึกษาหลักการการทำงานของแผ่นเพลเทียร์ ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน ด้วยการถ่ายเทความร้อนจากเพลเทียร์โดยใช้แผงอลูมิเนียมระบายความร้อน แล้วสร้างแบบจำลอง การถ่ายเทความร้อนแผงระบายความร้อนในคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ผลทางความร้อนสามารถที่จะจัดวางตำแหน่งแผ่นเพลเทียร์ และ สรุชัย เหมศิริรัฐ และคณะ (2560)

ได้ทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่มีการใช้แก๊สแอลพีจีสูงสุดไม่เกิน 5.78 กิโลวัตต์ ต่อหัวเตา อีกทั้ง โฟบูลย์ โกวิทเจริญกุล (2550) ได้มีการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์ความร้อน ซึ่งอาศัยกระบวนการย้อนกลับของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (Thermoelectric cooler) เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งประเภทเกรดต่ำ (low grade Waste heat) ซึ่งมีอุณหภูมิไม่เกิน 100 °C ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 50 วัตต์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบเตาปิ้งย่างผลิตไฟฟ้าด้วยระบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่สูญเสียพลังงานจากเตาปิ้งย่างแบบถ่าน และเพื่อควบคุมการถ่ายเทความร้อนและควันโดยอาศัยความร้อนเหลือทิ้งเพื่อช่วยลดปัญหาควันจากเตาปิ้งย่างของผู้ขายและประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง

6. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 6.1. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่สูญเสียไปในเตาปิ้งย่าง
- 6.2. เพื่อผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียในเตาปิ้งย่างด้วยระบบเทอร์โมอิเล็กทริก
- 6.3. เพื่อออกแบบและสร้างเตาปิ้งย่างที่ควบคุมระบบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้สามารถลดควันได้

7. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

ผลต่างของอุณหภูมิที่เกิดจากการปิ้งย่างของเตาสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าเพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศในเตาปิ้งย่างได้

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1. จะทำให้ทราบพลังงานความร้อนที่สูญเสียออกจากเตาปิ้งย่าง
- 8.2. จะได้พลังงานไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสียด้วยระบบเทอร์โมอิเล็กทริก
- 8.3. จะได้เตาปิ้งย่างที่สามารถควบคุมปริมาณควันจากการปิ้งย่าง
- 8.4. จะช่วยลดปัญหาผลกระทบของควันจากการปิ้งย่างต่อผู้ใช้งานและบริเวณใกล้เคียงรวมทั้งอาหารจากการปิ้งย่างมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น

9. ขอบเขตของโครงการ

- 9.1. เตาปิ้งย่างที่ใช้ในการศึกษาสร้างจากถังเหล็กขนาด 100 ลิตร ผ่าครึ่ง มีขนาดกว้าง 44 ซม. ยาว 88 ซม. สูง 22 ซม.
- 9.2. ระบบเทอร์โมอิเล็กทริก ใช้แผ่นเพลเทียร์มีขนาด ขนาด 60 วัตต์ 15 โวลต์
- 9.3. พัดลมควบคุมอากาศภายในเตา พัดลมขนาด 3 นิ้ว 12 โวลต์
- 9.4. ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความร้อนของเตาปิ้งย่าง, ความต่างศักย์ไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, อุณหภูมิภายในและภายนอกเตาปิ้งย่าง, ปริมาณควัน, ปริมาณถ่านที่ใช้

10. ทฤษฎีและที่เกี่ยวข้อง

10.1. การนำความร้อน

การนำความร้อน คือการถ่ายเทความร้อนโดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ เช่น ความร้อนจากกาแฟในถ้วยไหลผ่านชั้นโลหะทำมือที่จับที่ด้ามช้อนรูสีก้อน เป็นต้น การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์ระดับอนุภาคของสสาร เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการสั่นและส่งต่อพลังงานกัน การนำความร้อนจึงเกิดขึ้นได้ในสสารทุกสถานะทั้งของแข็งของเหลว หรือก๊าซ ความสามารถในการนำความร้อนของสสารแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน พารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายความสามารถดังกล่าวเรียกว่า ค่าสภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity: k) วัสดุที่มีค่า k สูงจะนำความร้อนได้ดี อาทิ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม จึงนิยมนำเอามาใช้ทำภาชนะหุงต้ม หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนวัสดุที่มีค่า k ต่ำจะนำความร้อนได้น้อย อาทิ ใยแก้ว ยิปซัม จึงนิยมนำมาใช้ทำฉนวนกันความร้อน เป็นต้น พื้นฐานการนำความร้อนอธิบายได้ด้วย กฎการนำความร้อนของฟูรีเยร์ (Fourier law of heat conduction) ที่ว่า “อัตราการถ่ายนำความร้อนแปรผันตรงกับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิและพื้นที่”

10.2. กฎของฟูรีเยร์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการนำความร้อน คือ การที่ความร้อนถ่ายเทผ่านสสารโดยที่สสารไม่เกิดการเคลื่อนที่พาความร้อนนั้นไปแต่ความร้อนไหลผ่านสสารนั่นเอง โดยสมการแสดง พฤติกรรมการนำความร้อนนั้นได้ถูกนำเสนอโดยฟูรีเยร์และถูกรู้จักกันในนาม กฎข้อที่ 1 ของฟูรีเยร์ สำหรับการนำความร้อน โดยกฎของฟูรีเยร์สามารถอธิบายได้ดังนี้ พลิกซ์ของความร้อนที่การ ถ่ายเท ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ จะเป็นปฏิภาคตรงกับค่าลบของเกรเดียนต์ของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งที่เกิด การถ่ายเทความร้อนนั้น และสามารถเขียนเป็นสมการการนำความร้อนในแนวแกนเดียวได้ ดังต่อไปนี้

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1)$$

เมื่อ

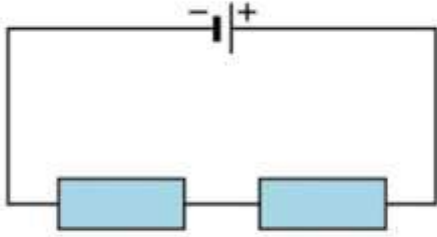
q = ความร้อนที่เกิดการถ่ายเท ปกติมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

k = ค่าการนำความร้อน (Conductivity) ปกติมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อเมตรต่อเคลวิน

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = เกรเดียนต์ของอุณหภูมิในแนวแกน x มีหน่วยเป็น เคลวินต่อเมตร

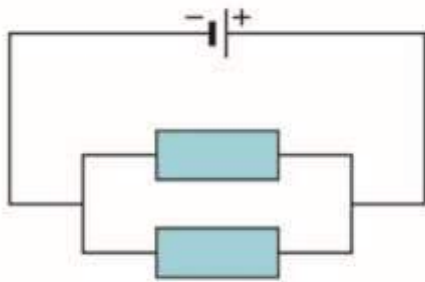
10.3 การต่อวงจรไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

1. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit) คือ การต่อวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสในวงจรไหลผ่านโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเพียงเส้นทางเดียว มีคุณสมบัติคือ กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรอนุกรม จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งกำเนิด แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมส่วนต่าง ๆ ของวงจรจะมีค่าน้อย แต่ว่าแรงดันที่ตกคร่อมเพิ่มขึ้นเมื่อรวมกัน จะมีแรงดันเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด ความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่ามากกว่าความต้านทานตัวที่น้อยที่สุดที่ต่ออยู่ในวงจร



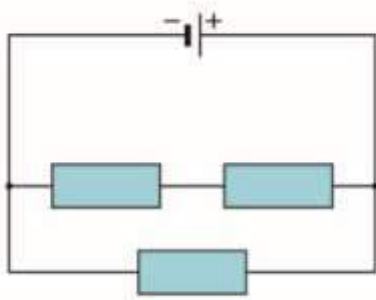
รูปที่ 1 การต่อวงจรแบบอนุกรม

2. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน (Parallel Circuit) คือ การต่อวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสในวงจรไหลแยกเป็นหลายทางผ่านโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว มีคุณสมบัติคือ กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรขนาน จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าย่อยที่ไหลในแต่ละสาขาของวงจรรวมกัน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมส่วนต่าง ๆ ของวงจร จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด ความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่าน้อยกว่าความต้านทานตัวที่น้อยที่สุดที่ต่ออยู่ในวงจร



รูปที่ 2 การต่อวงจรแบบขนาน

3. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม (Compound Circuit) คือ วงจรไฟฟ้าที่มีการต่อวงจรทั้งอนุกรมและขนานผสมกัน



รูปที่ 3 การต่อวงจรแบบผสม

10.4.เตาปิ้งย่าง



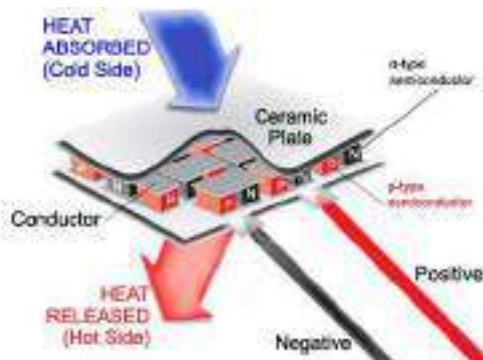
รูปที่ 1 เตาปิ้งย่าง

เตาปิ้งย่างแบบถังน้ำมันจะมีขนาดตั้งแต่ 50, 100, 200 ลิตรตามการใช้งานในแต่ละพื้นที่หรือประกอบอาชีพและจะมีตะแกรงเหล็กเอาไว้วางถ่านและอาหารเพื่อให้อาหารสุก การใช้งานจะแบ่งเป็นเอาถ่านไว้ด้านล่างของเตาและอยู่สูงขึ้นมานิดหน่อยเพื่อไม่ให้ขี้เถ้าถ่านและตะแกรงจะอยู่บนสุดเพื่อวางอาหารไว้ปิ้งย่าง

10.5.แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นระบบการดูดความร้อนแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยปรากฏการณ์ Peltier ที่ว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ 2 ชนิด จุดเชื่อมหนึ่งจะเย็น อีกจุดหนึ่งจะร้อน ตัวทำความเย็นแบบนี้ได้รับการดัดแปลงและพัฒนาเป็นรูปแบบอื่นอีกมากมาย ดังเช่น การใช้สารกึ่งตัวนำ

สารกึ่งตัวนำสองชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิด P และ สารกึ่งตัวนำชนิด N ประกอบอยู่บนแผ่นเซรามิก ขณะที่ผ่านกระแสไฟฟ้า จาก N ไป P อุณหภูมิที่จุดต่อจะลดลง และทำหน้าที่ดูดความร้อนจากบริเวณรอบๆ ความร้อนจะถูกพาไปโดยอิเล็กตรอน และปล่อยที่ด้านตรงข้าม ประสิทธิภาพการดูดความร้อนขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้า และจำนวนชั้นของ N และ P ดังรูป



รูปที่ 2 การทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ที่มา:<http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/howstuff2/refrigerator/refrigeratorthai6.htm>



รูปที่ 3 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

คุณสมบัติของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกก็คือ

1.เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าตัวมัน จะทำให้มันเกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนขึ้นทำให้ด้านหนึ่งร้อน และอีกด้านหนึ่งจะเย็นซึ่งด้านร้อนจะร้อนถึง 90 องศาตั้งนั้นจึงควรมีแผ่นระบายความร้อนไม่ให้มันร้อนเกินจนเกิดความเสียหายขึ้นได้ ส่วนด้านเย็น จะเย็นจนติดลบเลยทีเดียว(ลบ 5 ถึงลบ 10)ขึ้นอยู่กับขนาดและกำลังของแผ่นเนื่องจากเป็นการทำความเย็นที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนไม่ต้องใช้น้ำยาทำความเย็นจึงมีการนำมาใช้งานการทำความเย็นหล่อเย็นต่างๆมากมาย

2.เมื่อทำให้ด้านหนึ่งร้อนและด้านหนึ่งเย็นจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมาจากตัวมันเป็นกระแสตรง มักนิยมมาใช้พลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งให้กลับมาเป็นไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้งานต่อไป

3.ไม่มีเสียงและการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำงานจึงไม่เกิดเสียงรบกวน

4.มีขนาดเล็กที่สุดและง่ายที่สุดในการทำความเย็นมีเพียงแหล่งจ่ายไฟและแผ่นระบายความร้อนก็สามารถใช้งานได้

5.อายุการใช้งานนานนับ 10 ปี

6.น้ำหนักเบาและมีขนาดเล็ก

10.6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาณุพงศ์ ศิริกุล และคณะ (2552) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำเพื่อใช้ทดสอบการป้อนความร้อนให้เพลเทียร์ มาใช้ในการศึกษาหลักการการทำงานของแผ่นเพลเทียร์ ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน ด้วยการถ่ายเทความร้อนจากเพลเทียร์โดยใช้แผงอลูมิเนียมระบายความร้อน แล้วสร้างแบบจำลอง การถ่ายเทความร้อนแผงระบายความร้อนในคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ผลทางความร้อนสามารถที่จะจัดวางตำแหน่งแผ่นเพลเทียร์ ให้เกิดการระบายความร้อนได้มากที่สุดและเป็นแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการออกแบบแผงระบายความร้อนรูปแบบอื่นอีกต่อไป เพื่อการผลิตไฟฟ้าที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

สุรัชย์ เหมหิรัญ และ ดิฐภัทร ตันประดิษฐ์ (2560) ได้ทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้เตาแสงหุงต้มในครัวเรือนที่มีการใช้แก๊สแอลพีจีสูงสุดไม่เกิน 5.78 กิโลวัตต์ ต่อหัวเตา จากนั้นกำหนดเงื่อนไขของระบบที่สภาวะความดันแก๊สเข้าหัวเตาแก๊ส ความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Generator Unit, TGU) โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของเตาแก๊สเสียไป

ไพบูลย์ โกวิทเจริญกุล (2550) ได้มีการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์ความร้อนซึ่งอาศัยกระบวนการย้อนกลับของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (Thermoelectric cooler) เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งประเภทเกรดต่ำ (low grade Waste heat) ซึ่งมีอุณหภูมิไม่เกิน 100 °C ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าขนาดกำลังผลิตไฟฟ้า 50 วัตต์ ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์มีการนำมาใช้ในระบบทำความเย็นอย่างแพร่หลาย จึงจัดหาได้ง่ายและมีราคาไม่แพงมากนัก นอกจากนี้การออกแบบและสร้างระบบถ่ายเทความร้อนและระบบระบายความร้อนสามารถทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุตลอดจนส่วนประกอบที่หาได้จากในประเทศเป็นหลัก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นนั้นนอกจากจะเป็นประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งในงานอุตสาหกรรมแล้วยังสามารถผลิตไฟฟ้าด้วยการต้มน้ำด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับผลิตไฟฟ้าในครัวเรือนชนบทที่ระบบจ่ายไฟยังไม่เข้าถึงอีกด้วย

11. วิธีการดำเนินงาน

11.1. วัสดุ – อุปกรณ์

- 11.1.1. แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) ขนาด 60 วัตต์ 15 โวลต์
- 11.1.2. ถังเหล็ก 100 ลิตร
- 11.1.3. เหล็กกล่อง 1*1 นิ้ว
- 11.1.4. แบตเตอรี่ (battery) ขนาด 12 โวลต์
- 11.1.5. พัดลมดูดอากาศ – ระบายอากาศ ขนาด 3 นิ้ว 12 โวลต์
- 11.1.6. เหล็กเส้นกลม 1/4 นิ้ว
- 11.1.7. เหล็กแผ่น 4 x 8 ฟุต 1.0 มม.

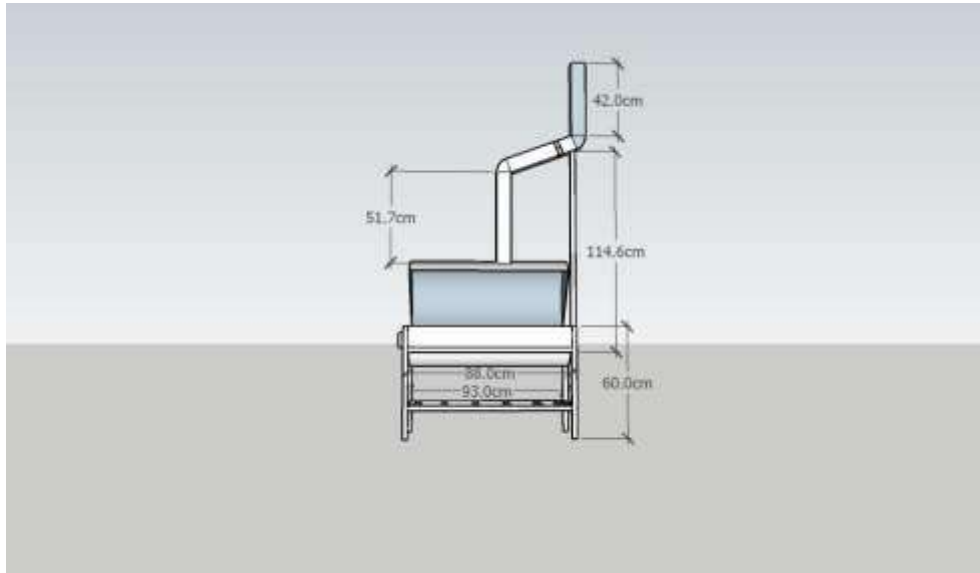
11.2. เครื่องมือวัด

- 11.2.1. เทอร์โมอินฟราเรด (Infrared Thermometer) ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิภายในเตาและภายนอก
- 11.2.2. มัลติมิเตอร์ (Multimeter) ใช้เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
- 11.2.3. แอนนิมอมิเตอร์ (Anemometer) ใช้เพื่อวัดความเร็วลมของพัดลมระบายควันและอากาศ

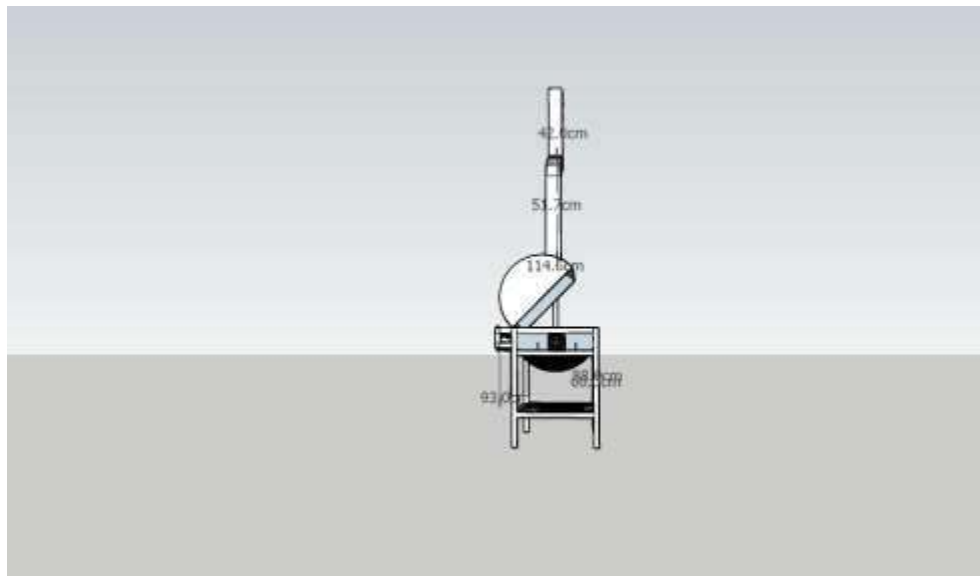
11.3 วิธีการดำเนินงาน

11.3.1.ออกแบบเตาปิ้งย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสีย

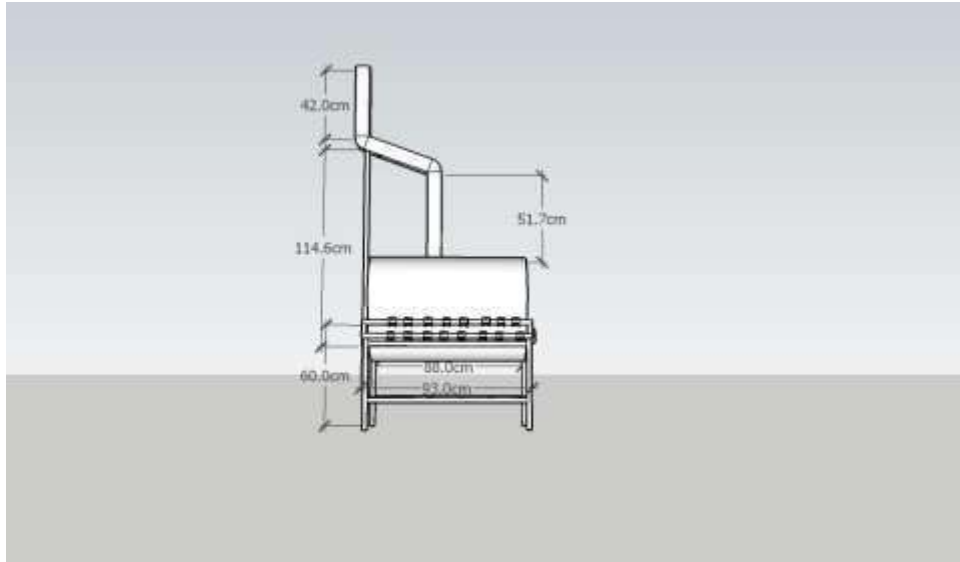
ใช้แผ่นเพลทเทียร์ติดไว้ที่ด้านหลังของเตาเพื่อให้ความร้อนที่สูญเสียออกมาให้ได้ไฟฟ้าและพัดลมติดไว้ด้านบนของเตาเพื่อให้ระบายควันที่เกิดขึ้นตอนปิ้งย่างอาหาร ดังรูป 4, 5 และ 6



รูปที่ 4 เตาปิ้งย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสีย ด้านหน้า



รูปที่ 5 เตาปิ้งย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสีย ด้านข้าง



รูปที่ 6 เตาปิ้งย่างระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสีย ด้านหลัง

11.3.2. การสร้างเตาปิ้งย่างผลิตไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้ถังน้ำมันขนาด 100 ลิตร ผ่าครึ่ง
2. ใช้เหล็กเส้น 2 หุน มาทำเป็นตะแกรงเพื่อใช้ในการวางถ่านและวัตถุติดไฟที่นำมาย่าง
3. นำเหล็กกล่องขนาด 1*1 นิ้ว มาทำเป็นฐานวางเตาปิ้งย่างโดยมีความสูงอยู่ที่ 60 เซนติเมตร และความกว้างอยู่ที่ 93 เซนติเมตร
4. นำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาติดไว้ข้างหลังของเตาปิ้งย่างโดยใช้การแผ่รังสีความร้อนแทนการนำความร้อนเพื่อไม่ให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นไม่ร้อนมากจนเกินไป
5. นำพัดลมขนาด 3 นิ้ว มาติดไว้ข้างบนเตาปิ้งย่างโดยมีความสูงอยู่ที่ประมาณ 30 เซนติเมตร โดยใช้เหล็กแผ่นมาทำเป็นปล่องควัน

11.3.3. วัตถุอุณหภูมิภายในและภายนอกเตาโดยจะวัดทุกๆ 10 นาที ในตอนทดลองการผลิตไฟฟ้าจะวัด 6 รอบเพื่อหาช่วงที่ผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดและจะวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าวัดทุกๆ 15 นาที ตอนที่พัดลมทำงานอยู่

11.3.4. จากข้อมูลที่ได้นั้นจะนำมาหาความนำความร้อนของเตาปิ้งย่างโดยใช้กฎของฟูเรียร์ โดยจะหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงที่วัดทุกๆ 10 นาที และ 15 นาที โดยจะมีตัวแปรเป็นอุณหภูมิและพลังงานไฟฟ้าที่ได้โดยจะใช้ข้อมูลในแต่ละช่วง

12. ระยะเวลา

เดือนสิงหาคม-กันยายน 2563

13.แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินงาน	สถานที่
1.ศึกษาเอกสารข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้อง	สิงหาคม	โดยทำการศึกษาข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งแบบโมดูลและแบบแผ่นเพลเทียร์	ตึกแฉก มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย
2.ออกแบบและสร้างเตาอย่างผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสีย	สิงหาคม	โดยจะใช้โปรแกรม SketchUp ในการออกแบบเพื่อให้ได้ความแม่นยำและตามความต้องการ	ตึกแฉก มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย
3.หาข้อมูลความร้อนภายในเตาและนอกเตาและข้อมูลของไฟฟ้าที่ผลิตออกมาได้	กันยายน	โดยทำการวัดอุณหภูมิทุกๆ 5 นาทีเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ทั้งอุณหภูมิที่ได้และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	ตึกแฉก มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย
4.วิเคราะห์ข้อมูล	กันยายน	โดยจะใช้สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องมาคำนวณหาความสัมพันธ์ที่ได้ข้อมูลมาจากข้อที่ 3	ตึกแฉก มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย
5.สรุปการวิจัยและเขียนรายงาน	กันยายน	โดยจะนำข้อมูลจากข้อที่ 4 มาทำการสรุปการวิจัยที่ได้	ตึกแฉก มหาวิทยาลัย ราชภัฏเลย

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน(บาท)
1	แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) ขนาด 60 วัตต์ 15 โวลต์	15	135	2,025
2	ถังเหล็ก 100 ลิตร	1	500	500
3	เหล็กกล่อง 1*1 นิ้ว	3	160	480
4	อิฐชิงค์	5	124	620

5	พัดลมดูดอากาศ – ระบายอากาศ ขนาด 3 นิ้ว 12 โวลต์	2	55	110
6	เหล็กเส้นกลม 1/4 นิ้ว	3	50	150
7	เหล็กแผ่น 4 x 8 ฟุต 1.0 มม.	1	536	536
8	แผ่นตัดเหล็ก ขนาด 4 นิ้ว, 14 นิ้ว	1	155	155
9	ลวดเชื่อม	1	140	140
10	สีสเปรย์	2	80	240
11	แปรงทาสี	2	22	44
รวม				5000

15. เอกสารอ้างอิง

จรัส บุญยธรรม , เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริก. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2562

จาก:<http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/howstuff2/refrigerator/refrigeratorthai4.htm>

ไพบูลย์ โกวิทเจริญกุล [2550] , การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งด้วยอุปกรณ์เทอร์

โมอิเล็กทริก. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาณุพงศ์ ศิริกุล และคณะ [2552] , การทดสอบระบบจ่ายและระบายความร้อนเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี . วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี หน้า 22-32

วีทิต วรรณเลิศลักษณ์ [2560] , ฟิสิกส์รอบตัว,ฉนวนกันความร้อน,แผ่นสะท้อนความร้อน. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม
2562 จาก: <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7308-2017-06-14-15-23-36>

สุรัชย์ เหมหิรัญ และ ดิษฐภัทร ต้นประดิษฐ์ [2560] , การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสูญเสียของเตาแก๊สด้วยชุดกำเนิด
ไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ . วารสารวิชาการและวิจัย มทร.
พระนคร ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2561 หน้า 92-101

1. ชื่อโครงการ ผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ
New exact solutions for the (4+1)-dimensional Boiti–Leon–Manna–Pempinelli equation

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล	นายพัชพล ผิวศิริ	รหัส	6040270120
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์	หมู่เรียน	ว.6003
โทรศัพท์	0872349239	E-mail:	kafiw087234@gmail.com

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล	นางสาวปราณปรียา ตะจันดา	รหัส	6040270114
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์	หมู่เรียน	ว.6003
ชื่อ-สกุล	นางสาวสาวิตรี พิมพ์โพชา	รหัส	6040270129
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์	หมู่เรียน	ว.6003

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล	อาจารย์ดร.มนตรี ต่อวัฒนบุญ
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปรากฏการณ์ต่างๆ ทางฟิสิกส์และวิศวกรรมสามารถอธิบายได้โดยสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น (PDEs) ทำให้เข้าใจกลไกทางกายภาพต่างๆ ของปรากฏการณ์ในธรรมชาติ เช่น ทฤษฎีสนามควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ ฟิสิกส์พลาสมา ฟิสิกส์เชิงแสง ฟิสิกส์สสารควบแน่น กลศาสตร์ของไหลและวิศวกรรมเคมี เป็นต้น ดังนั้นการหาผลเฉลยจริงของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ในหลายปีที่ผ่านมาได้มีนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากได้เสนอ วิธีการหาผลเฉลยจริงสำหรับสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น [1-14] อาทิ วิธีการ economical representation (Economical representation methods) [15], วิธีการหาผลเฉลยโดยตรง [16], วิธีการเมตริกซ์ Hierarchical (Hierarchical tensor methods) [17], วิธีการวนซ้ำ (iterative method) [18], วิธีการขยายไซน์ไฮเพอร์โบลิก-กอร์ดอน (Sine-Gordon expansion methods) [19], วิธีการขยาย $\frac{G'}{G}$

$\left(\frac{G'}{G}\right)$ -expansion methods) [20,21], วิธีการปรับปรุงขยาย $\frac{G'}{G^2}$ (The modified $\frac{G'}{G^2}$ -expansion methods) [22], และวิธีการปรับปรุงสมการอย่างง่าย (Modified simple equation methods) [23] เป็นต้น

ในปี 2001 Xie และคณะ [24] ได้นำเสนอวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก (hyperbolic function method) เพื่อหาผลเฉลยของสมการ Whitham–Broer–Kaup (WBK) ไม่เชิงเส้น (obtained nonlinear Whitham–Broer–Kaup equations) เป็นครั้งแรก ต่อมาในปี 2018 Hossini และคณะ [25] ได้นำวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกมาประยุกต์ เพื่อหาผลเฉลยของสมการชเรอดิงเงอร์ไม่เชิงเส้น ในปีเดียวกันนั้น Seadawy และคณะ [26] ได้หาผลเฉลยของสมการคลื่นเสียงไอออน (the ion sound and Langmuir waves) โดยวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก และในปี 2020 Hosseini และคณะ [27] ได้ประยุกต์วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก เพื่อหาผลเฉลยของสมการชเรอดิงเงอร์ไม่เชิงเส้น (3+1) มิติ ในปีเดียวกัน Zafar และคณะ [28] ได้ใช้วิธีการดังกล่าว เพื่อหาผลเฉลยของสมการ conformable time-fractional Phi-four (conformable time-fractional Phi-four equation) และ Zafar และคณะ [29] ได้หาผลเฉลยของสมการชเรอดิงเงอร์แบบไม่เชิงเส้นสองสมการ (two nonlinear Schrödinger equations) โดยวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก

ในปี 2019 Xu และ Wazwaz [30] ได้นำเสนอสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ (BLMP (4+1)) แบบใหม่ ซึ่งอยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น ดังนี้

$$u_{yt} + u_{zt} + u_{us} + au_{xxxy} + au_{xxxz} + au_{xxxs} + bu_x(u_{xy} + u_{xz} + u_{xs}) + bu_{xx}(u_y + u_z + u_s) = 0$$

(1)

โดยที่ x, y, z, s ตัวแปรค่าจริงใด ๆ ตัวแปร t เป็นเวลา a และ b เป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าคงที่ และใช้วิธีการ N-Soliton ในการหาผลเฉลยจริงของสมการดังกล่าว ยิ่งไปกว่านั้น ในปี 2020 K.Hosseini และคณะ [31] ได้ทำการประยุกต์ใช้วิธีการ Linear Superposition ในการหาผลเฉลยจริงของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1)

ในโครงการนี้จะทำการประยุกต์ใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก ในการหาผลเฉลยแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ

6. วัตถุประสงค์โครงการงาน

- 6.1 เพื่อศึกษาสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ
- 6.2 เพื่อศึกษาวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก
- 6.3 เพื่อศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์
- 6.4 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก ในการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น
- 6.5 เพื่อหาผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ โดยใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก
- 6.6 ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยจริงของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ โดยใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก

7. สมมติฐานโครงการงาน/คำถามโครงการงาน

วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก สามารถหาผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติได้

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 ได้ความรู้และเข้าใจสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ
- 8.2 ได้ความรู้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกในการหาผลเฉลยของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ
- 8.3 ได้ความรู้ในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์
- 8.4 สามารถประยุกต์ใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก ในการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น
- 8.5 ได้ผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ โดยวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก
- 8.6 สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ โดยใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก

9. ขอบเขตของโครงการงาน

ในโครงการงานครั้งนี้เราจะใช้วิธีการไฮเพอร์โบลิก เพื่อหาผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 สมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ ((4+1) -dimensional BLMP equation)

สมการ Asymmetric–Nizhnik–Nuvikov–Veselov เป็นสมการ Korteweg–de Vries 2 มิติ ที่อธิบายโดยระบบสมการ

$$u_x - v_y = 0 \quad (1.1)$$

$$u_t - 3(uv)_x + u_{xxx} = 0 \quad (1.2)$$

ระบบสมการนี้ถูกนำเสนอโดย Boiti และคณะ [32] ซึ่งเป็นแบบจำลองสำหรับของไหลที่ไม่มีการบีบอัด โดย u และ v คือความเร็วของอนุภาค ทำการแปลงระบบสมการเป็นสมการโดยแทน $v = u_x$ และ

$v = u_x$ ลงในสมการที่ (1.2) จะได้

$$u_{yt} - 3u_y u_{xx} - 3u_{xy} u_x + u_{xxx} y = 0 \quad (1.3)$$

และเรียกสมการนี้ว่า สมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (2+1) มิติ ในปี 2012 นี้ Darvishi [33] ได้ขยายสมการ โดยการพิจารณาตัวแปร y และ z และเรียกสมการนี้ว่า Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (3 + 1) มิติ ดังนี้

$$u_{yt} + u_{zt} + u_{xxx} y + u_{xxx} z - 3u_x(u_{xy} + u_{xz}) - 3u_{xx}(u_y + u_z) = 0 \quad (1.4)$$

ปี 2019 Xu และ Wuzwuz [30] ได้นำเสนอสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4 + 1) มิติ แบบใหม่ โดยใช้ การแปลง Bilinear Bäcklund และ Lax pair ทำให้ได้สมการดังนี้

$$u_{yt} + u_{zt} + u_{us} + au_{xxx} y + au_{xxx} z + au_{xxx} s + bu_x(u_{xy} + u_{xz} + u_{xs}) + bu_{xx}(u_y + u_z + u_s) = 0 \quad (1.5)$$

10.2 วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก (Hyperbolic Function Method (HFM))

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้นรูปทั่วไปดังต่อไปนี้

$$P(u, u_x, u_y, u_z, u_s, u_t, u_{xx}, u_{yy}, u_{zz}, u_{ss}, u_{tt}, \dots) = 0 \quad (1.6)$$

ทำการแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้นให้เป็นสมการเชิงอนุพันธ์สามัญไม่เชิงเส้นโดยที่ u เป็นฟังก์ชันของ ξ และ $\xi = kx + ly + pz + qs + \omega t$ เมื่อ $k, l, p, q, \omega \neq 0$ จะได้สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ ในรูป

$$G(u, u', u'', u''', u^{IV}, \dots) = 0 \quad (1.7)$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดผลเฉลยดังนี้

$$U(\xi) = \sum_{j=1}^N \sinh^{j-1}(w)[B_j \sinh(w) + A_j \cosh(w)] + A_0 \quad (1.8)$$

โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 $w' = \sinh(w)$ เมื่อ w เป็นฟังก์ชันของ ξ

กรณีที่ 2 $w' = \cosh(w)$ เมื่อ w เป็นฟังก์ชันของ ξ

ขั้นตอนที่ 3 วิธีการหาค่า N โดยทั่วไปการหาค่า N จะหาโดยการนำเทอมเชิงเส้นอันดับสูงสุดและเทอมไม่เชิงเส้นอันดับสูงสุดของปัญหามาพิจารณา

ขั้นตอนที่ 4 กรณีที่ 1 $w' = \sinh(w)$

หาค่า A_0, A_j, B_j, ω, l โดยที่ $j = 0, 1, 2, \dots, N$ โดยพิจารณาสัมประสิทธิ์หน้า

$\cosh^g(w)\sinh^h(w) = 0$ เมื่อ $g, h = 0, 1, 2, \dots, N$ แล้วทำการแก้ระบบสมการจะได้ค่าของ A_0, A_j, B_j, ω, l โดยที่ $j = 0, 1, 2, \dots, N$ จากนั้นทำการแทนค่า $\sinh(w) = \pm \operatorname{csch}(\xi)$, $\cosh(w) = -\operatorname{coth}(\xi)$ และ $\sinh(w) = \pm \operatorname{isech}(\xi)$, $\cosh(w) = -\tanh(\xi)$ และ A_0, A_j, B_j, ω, l จะได้ผลเฉลยในรูปดังนี้

$$U(\xi) = \sum_{j=1}^N (\pm \operatorname{csch})^{j-1}(\xi)[\pm B_j \operatorname{csch}(\xi) - A_j \operatorname{coth}(\xi)] + A_0 \quad (1.9)$$

และ

$$U(\xi) = \sum_{j=1}^N (\pm \operatorname{isech})^{j-1}(\xi)[\pm i B_j \operatorname{sech}(\xi) - A_j \tanh(\xi)] + A_0 \quad (1.10)$$

ขั้นตอนที่ 5 กรณีที่ 2 $w' = \cosh(w)$

หาค่า A_0, A_j, B_j, ω, l โดยที่ $j = 0, 1, 2, \dots, N$ โดยพิจารณาสัมประสิทธิ์หน้า

$\cosh^g(w)\sinh^h(w) = 0$ เมื่อ $g, h = 0, 1, 2, \dots, N$ แล้วทำการแก้ระบบสมการจะได้ค่าของ A_0, A_j, B_j, ω, l โดยที่

$j = 0, 1, 2, \dots, N$ จากนั้นทำการแทนค่า $\sinh(w) = -\cot(\xi)$, $\cosh(w) = \pm \csc(\xi)$ และ

$\sinh(w) = \tan(\xi)$, $\cosh(w) = \pm \sec(\xi)$ และ A_0, A_j, B_j, ω, l จะได้ผลเฉลยในรูป ดังนี้

$$U(\xi) = \sum_{j=1}^N (-\cot)^{j-1}(\xi)[-B_j \cot(\xi) \pm A_j \csc(\xi)] + A_0$$

(1.11)

และ

$$U(\xi) = \sum_{j=1}^N (\tan)^{j-1}(\xi)[B_j \tan(\xi) \pm A_j \sec(\xi)] + A_0$$

(1.12)

11. วิธีดำเนินโครงการ

11.1 ศึกษาสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ

11.2 ศึกษาวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก

11.3 ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์

11.4 ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก ในการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เชิงเส้น

11.5 หาผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ โดยใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก

11.6 ประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยจริงของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ โดยใช้วิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก

11.7 นำผลเฉลยจริงแบบใหม่ของ สมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ ที่ได้ มาตรวจสอบว่าเป็นผลเฉลยของปัญหาจริงหรือไม่

11.8 นำผลเฉลยจริงที่ได้จากวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก มาเปรียบเทียบกับผลเฉลยที่ได้จาก วิธีการ N-Soliton และ วิธีการ Linear Superposition เพื่อหาผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti–Leon–Manna–Pempinelli (4+1) มิติ

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
1.กำหนดปัญหา/โจทย์ที่จะทำโครงการ/ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	เมษายน	-นักศึกษาปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา -กำหนดหัวเรื่องของโครงการและศึกษาหัวข้อ	ห้องสาขาวิชาคณิตศาสตร์
2. วางแผนการดำเนินงาน	พฤษภาคม	-แบ่งหน้าที่ศึกษาเนื้อหาโครงการ -นัดแนะสถานที่ทำโครงการ	ห้องสาขาวิชาคณิตศาสตร์
3.ขั้นตอนการดำเนินงาน	กรกฎาคม	-ดำเนินการหาผลเฉลยของสมการ Boiti-Leon-Manna-Pempinelli (4+1) มิติ โดยวิธีการวิธีการฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก -ดำเนินการโดยใช้โปรแกรม Maple และโปรแกรม TeXstudio	ห้องสาขาวิชาคณิตศาสตร์
4.รายงานผลการดำเนินงาน	สิงหาคม	-รายงานผลการดำเนินงานโดยการรายงานด้วยเอกสาร การนำเสนอ การบรรยาย และสื่อเทคโนโลยีที่ประกอบการรายงาน	ห้องสาขาวิชาคณิตศาสตร์
5.สรุปผล/อภิปรายผล	สิงหาคม	-การดำเนินงานโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ ที่ได้กำหนดไว้	ห้องสาขาวิชาคณิตศาสตร์

14. งบประมาณ

-

15. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ablowitz. M., Clarkson, J., P.A. (1991). Solitons, Nonlinear Evolution Equations and Inverse Scattering. Cambridge University Press, Cambridge
- [2] Weiss, J., Tabor, M., Carnevale, G. (1983). The Painlevé property for partial differential equations. Phys. Vol.24 : pp.522-526.
- [3] Lambert, F., Springael, J. (2008). Soliton equations and simple combinatorics. Acta Appl. Math. Vol.102 : pp.147-178

- [4] Hirota, R. (2004). The Direct Method in Soliton Theory. Cambridge University Press, Cambridge
- [5] A.Dascioglu, S., Ünal Ünal. (2020). New exact solutions for the space-time fractional Kawahara equation. Applied mathematical modeling vol.7 : pp.1-2
- [6] Polyanin, A.D., Sorokin, V.G. (2020). New exact solutions of nonlinear wave type PDEs with delay. Applied Mathematics. Letters vol.108 : 106512
- [7] Miah, M.M., Seadawy, A.R., Shahadat Ali., H.M. Ali Akbar, M. (2019). Further investigations to extract abundant new exact traveling wave solutions of some NLEEs. Journal of Ocean Engineering and Science Vol.4 : pp.387–394.
- [8] Kuo, C.K., (2018). The new exact solitary and multi-soliton solutions for the (2+1)-dimensional Zakharov–Kuznetsov equation. Computers and Mathematics. with Applications vol.75 : pp.2851–2857.
- [9] Qi, F.H., Huang, Y.H., Wang, P. (2020). Solitary-wave and new exact solutions for an extended (3+1)-dimensional Jimbo–Miwa-like equation. Applied Mathematics Letters vol.100 : 106004
- [10] Mahak, N., Akram, G. (2020). Exact solitary wave solutions of the (1 + 1)-dimensional Fokas–Lenells equation. Optik - International Journal for Light and Electron Optics vol.208 : 164459
- [11] Alam, M.N., Li X. (2019). Exact traveling wave solutions to higher order nonlinear equations. Journal of Ocean Engineering and Science vol.4 : pp.276–288
- [12] Seadawy, A.R., Kumar, D., Hosseini, K., Samadani, F. (2018). The system of equations for the ion sound and Langmuir waves and its new exact solutions. Results in Physics vol.9 : pp.1631–1634
- [13] Guo and, Q., Liu, J. (2020). New exact solutions to the nonlinear Schrödinger equation with variable coefficients. Results in Physics vol.16 : 1028572
- [14] Ali, M.R., Ma, W.X. (2020). New exact solutions of Bratu Gelfand model in two dimensions using Lie symmetry analysis. Chinese Journal of Physics vol.65 : pp.198–206.
- [15] Kang, H., Lai, M.J., Li, X. (2019). An economical representation of PDE solution by using compressive sensing approach. Computer-Aided Design vol.115 : pp.78–86

- [16] El-Shiekh, R.M.. (2019). Classes of new exact solutions for nonlinear Schrödinger equations with variable coefficients arising in optical fiber. Results in Physics vol.13 : 102214
- [17] Rodgers, A., Venturi, D. (2020). Stability analysis of hierarchical tensor methods for time-dependent PDEs. Journal of Computational Physics vol.409 : 109341
- [18] Li, H., Wang, C., Zhao, D. (2020). Preconditioning for PDE-constrained optimization with total variation regularization. Applied Mathematics and Computation vol.386 : 125470
- [19] Ali, K.K., Osman, M.S., Mahmoud, A.A. (2020). New optical solitary wave solutions of Fokas-Lenells equation in optical fiber via Sine-Gordon expansion method. Alexandria Engineering Journal.Vol.59 : pp.1191-1196.
- [20] Sahoo, S., Saha Ray, S., Abdou, M.A. (2020). New exact solutions for time-fractional Kaup-Kupershmidt equation using improved (G'/G) -expansion and extended (G'/G) -expansion methods. Alexandria Eng.Vol.60 : pp.2858-2862.
- [21] Guner, O., Hasan, A., Alzhanov, A.K., (2017). New exact solution for space-time fractional differential equations via (G'/G) -expansion method. Optik.vol.130(19) : pp.696–701.
- [22] Mahak, N., Akram, G. (2020). Exact solitary wave solutions of the $(1 + 1)$ -dimensional Fokas–Lenells equation. Optik - International Journal for Light and Electron Optics.Vol.208 : 164459
- [23] Bashar, M.H., Rayhamul Islam, S.M.. (2020). Exact solutions to the $(2 + 1)$ -Dimensional Heisenberg ferromagnetic spin chain equation by using modified simple equation and improve F-expansion methods. Islam Physics Open.Vol.5 : 100027
- [24] Xie, F., Zhenya, Y., Homgqing, Z. (2001). Explicit and exact traveling wave solutions of Whitham–Broer–Kaup shallow water equations. Physics Letters A.Vol.285 : pp.76–80.
- [25] Hosseini, K., Zabihi, A., Samadani, F., Ansari, R. (2018). New explicit exact solutions of the unstable nonlinear Schrödinger's equation using the expa and hyperbolic function methods. Opt Quant Electron.Vol.50(82) : 8 pages

- [26] Seadawy, A.R., Kumar, D., Hosseini, K., Samadani, F. (2018). The system of equations for the ion sound and Langmuir waves and its new exact solutions. Results in Physics.Vol. 9 : pp.1631–1634.
- [27] Hosseini, K., Ansari, R., Zabihi, A., Shafaroody, A., Mirzazadeh, M. (2020). Optical solitons and modulation instability of the resonant nonlinear Schrödinger equations in (3+1)-dimensions. Optik - International Journal for Light and Electron Optics. Vol.209 : 164584
- [28] Zafar, A., Korkmaz, A., Khalid, B., Rezazadeh, H., (2018). Regarding rational exponential and hyperbolic functions solutions of conformable time-fractional Phi-four equation.Vol.12 : pp.1-13.
- [29] Zafar, A., Bekir, A., Raheel, M., Rezazadeh, H., (2020). Investigation for Optical Soliton Solutions of Two Nonlinear Schrödinger Equations via Two Concrete Finite Series Methods. Int. J. Appl. Comput. Math.Vol.6(65) : pp.1-13.
- [30] Xu, G.-Q., Wazwaz, A.-M., (2019). Integrability aspects and localized wave solutions for a new (4+1)- dimensional Boiti–Leon–Manna–Pempinelli equation. Nonlinear Dyn.Vol.98 : pp.1379–1390.
- [31] Hosseini, K., Ma, W.X., Ansari, R., Mirzazadeh, M., Pouyanmeh, R., Samadani, F., (2020) Evolutionary behavior of rational wave solutions to the (4+1)- dimensional Boiti–Leon–Manna–Pempinelli equation.Vol.95(6) : pp.1-10.
- [32] Boiti, M., Leon, J., Manna, M., Pempinelli, F., (1986). On the spectral transform of a Korteweg-de Vries equation in two spatial dimension. Inverse Probl,Vol.2 : pp.271-279.
- [33] Darvishi, M.T., Najafi, M.L., Kavitha., M. Venkatesh. (2012). Stair and Step Soliton Solutions of the Integrable (2+1) and (3+1)-Dimensional Boiti–Leon–Manna–Pempinelli Equations. Commun. Theor. Phys.Vol.58 : pp.785–794.

1. ชื่อโครงการ การหาปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมของเห็ดนางรมดำที่เพาะด้วยโรงเรือนระบบอัจฉริยะ
Determination of Iron And Calcium Content of Black Oyster Mushroom Cultivated with Intelligent Nursery Systems.

2. ประเภทการประกวด

ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุลนางสาวกัลยาณี สุมา รหัส 6040243103
สาขาวิชา ฟิสิกส์ หมู่เรียน ว.6004
โทรศัพท์ 082-1376741 E-mail: funfueang@gmail.com

3.2 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล อาจารย์ณัฐวุฒิ มาลีลัย
สาขาวิชา ฟิสิกส์
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

อาคาร 4 (ตึกแฉก) สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เห็ด (Mushroom) จัดเป็นอาหารประเภทผักชนิดหนึ่งของมนุษย์ ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป มีคุณค่าทางโภชนาการการค่อนข้างสูง เนื่องจากมีโปรตีนกากใยอาหารสูง ปริมาณน้ำตาล และเกลือค่อนข้างต่ำ รวมทั้งยังอุดมไปด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบีรวม สารไนอาซิน และวิตามินซี ซึ่งประเทศไทยมีการผลิตเห็ดได้หลายชนิดโดยเฉพาะเห็ดชนิดที่เพาะในถุงพลาสติก เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และเห็ดเป๋าฮื้อ จึงทำให้เกษตรกรหันมาทำอาชีพเพาะเห็ดเพิ่มขึ้นบางกลุ่มก็ประสบผลสำเร็จบางกลุ่มก็ล้มเหลว ซึ่งเกิดจากปัจจัยหลายๆ ด้าน และสภาพอากาศมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด เห็ดแต่ละชนิดจึงมีความต้องการสภาพอากาศอุณหภูมิที่ไม่เท่ากัน โรงเรือนเพาะเห็ดจึงต้องเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสง โดยเฉพาะอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด จากการสำรวจโรงเรือนเพาะเห็ดที่เกษตรกรปลูกพบว่ามีหลายขนาดด้วยกัน โรงเรือนขนาดใหญ่ให้เหตุผลว่าดูแลสะดวก อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีความสม่ำเสมอ ส่วนโรงเรือนขนาดเล็กให้เหตุผลว่าสามารถป้องกันโรค แมลง หรือศัตรูเห็ดได้ดีกว่า (นพวรรณ หาแก้ว, 2560) อีกทั้งปัจจุบันยังมีเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการทำเกษตรยุคใหม่มากขึ้นอีกด้วย อย่างเช่นโรงเพาะเห็ดแบบครัวเรือนด้วยระบบอัจฉริยะ สามารถช่วยในการควบคุมความชื้นในโรงเพาะเห็ดให้มีค่าคงที่ได้อย่างอัตโนมัติ บัญยั่ง สิ่งเจริญ และ

สันติ สาแก้ว (2558) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) สิตาวีร์ อีร์วิรุฬห์ (2559) ได้พัฒนาฟาร์มเพาะเห็ดอัจฉริยะ ซึ่งมีความแตกต่างกับฟาร์มธรรมดาตรงที่มีการใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างแม่นยำและตรงต่อความต้องการของพืช เพื่อช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร อุณหภูมิและความชื้นจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากระบบควบคุมจะสามารถใช้ในโรงเรือนได้แล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้ควบคุมในกระบวนการบ่มเชื้อเห็ดเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดได้อีกด้วย (วีรศักดิ์ ฟองเงิน และคณะ, 2561)

นอกจากนี้เห็ดแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารที่ต่างกัน ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารในเห็ดจึงมีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หลายเครื่องมือ ซึ่งแต่ละเครื่องมือมีวิธีการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ใช้หลักในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่า intensity ของแสง ส่วนใหญ่จะใช้ในการหาปริมาณแร่ธาตุ เช่น ปริมาณธาตุฟลูออไรด์ หรือปริมาณคลอรีนในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น เครื่อง Soxhlet extraction ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าไขมัน เครื่อง Kjeldahl distillation ใช้ในการสกัดหาค่าโปรตีน เครื่อง Inductive Coupled Plasma Spectrometer, (ICP) ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนผสมของแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในอาหาร และเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer, (AAS) ใช้ในการวิเคราะห์แร่ธาตุหรือวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหาร โดยวิธีการอาศัยกระบวนการที่เกิดอะตอมเสรี (Free Atom) ของธาตุแต่ละชนิด ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นโดยเฉพาะ ปริมาณของแสงที่ดูดกลืนที่ความยาวคลื่นนั้น จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของธาตุที่แสงส่องผ่านเพิ่มขึ้น และแปรผันตรงกับความเข้มข้นของธาตุที่ถูกดูดกลืนแสงนั้น ในปัจจุบันเครื่อง AAS ได้รับการพัฒนาให้ง่ายต่อการใช้งาน แต่ยังคงประสิทธิภาพการทำงานที่สูง ดังนั้นการวิเคราะห์จึงไม่ต้องใช้เทคนิคที่ยุ่งยากซับซ้อน เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเห็ดหลายชนิดที่ปลูกในป่าโดยใช้เทคนิค Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS) (Jerzy et al., 2012) นอกจากนี้ได้มีการประมาณปริมาณการสะสมของสังกะสีในเห็ดและดินด้วยวิธี AAS ว่าทำไมเห็ดพิษสามารถเกิดขึ้นได้ อาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพรวมถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศของดิน (Monika Chauhan, 2015)

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยต้องการศึกษาผลของการเพาะเห็ดภายในโรงเรือนอัจฉริยะที่ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุแคลเซียม(Ca) และธาตุเหล็ก(Fe) ในเห็ดด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างมากในหลายๆด้าน เช่น การวิเคราะห์เพื่อเกษตร การวิเคราะห์ทางการแพทย์ การวิเคราะห์ทางโลหะวิทยา การวิเคราะห์ด้านแร่และวัสดุต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาทฤษฎีและวิธีการทำงานของเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer, (AAS) ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ผลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าโภชนาการในเห็ดต่อไป

6. วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

6.1 เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าสารอาหารทางโภชนาการของเห็ดที่เพาะในโรงเพาะเห็ดที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติกับที่เพาะในโรงเรือนตามธรรมชาติ

6.2 เพื่อศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดของโรงเรือนระบบอัตโนมัติ

7. สมมติฐานของการวิจัย/คำถามโครงการงาน

เห็ดที่เพาะจากโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะจะมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารสูงกว่าเห็ดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ได้ทราบว่าเห็ดมีปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมที่เพาะในโรงเรือนระบบควบคุมอัตโนมัติมีปริมาณแตกต่างจากเห็ดที่เพาะในโรงเรือนตามธรรมชาติอย่างไร

8.2 ได้ทราบความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดที่ส่งผลต่อปริมาณของธาตุเหล็กและแคลเซียม

8.3 ได้เป็นแนวทางในการพัฒนาโรงเรือนเพาะเห็ดที่ควบคุมแบบอัตโนมัตินำไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

9. ขอบเขตของการวิจัย

9.1 โรงเพาะเห็ดอัจฉริยะที่สร้างขึ้นในการเพาะเห็ด มีขนาดกว้าง 0.6 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 1.6 เมตร โครงสร้างเป็นเหล็ก ผนังเป็นพลาสติกคลุมในสัดส่วน 50% และ 60% ของปริมาตรโรงเรือนควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อาศัยโน้ตกับปั้มน้ำและพัดลม

9.2 การหาค่าสารอาหารธาตุเหล็กและแคลเซียมของเห็ดโดยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrometer

9.3 กำหนดความชื้นในโรงเรือน 4 ระดับ คือ 60%, 70%, 80% และ 90% และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

9.4 เห็ดที่นำมาเพาะเป็นเห็ดนางรมดำ

9.5 ระยะเวลาในการศึกษาอยู่ระหว่างเดือนสิงหาคม – กันยายน 2563

10. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 เห็ดนางรมดำ



รูปที่ 1 เห็ดนางรมดำ

ชื่อสามัญ : Oyster Mushroom

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : หมวกเห็ดรูปร่างคล้ายหอยนางรม มีสีน้ำตาลหรือเทา ผิวเรียบ กลางหมวกเว้าเป็นแอ่ง ขอบกลีบดอกโค้งลงด้านล่างเล็กน้อย เมื่อโตเต็มที่ด้านหลังดอกจะมีลักษณะเป็นครีบบาง ๆ ก้านดอกยาวปานกลาง เชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกับหมวก อาจเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกระจุกก็ได้

สรรพคุณทางยา : ยับยั้งเซลล์มะเร็ง กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ลดปริมาณน้ำตาลในเลือด ปรับความดันโลหิตและความเข้มข้นของไขมันในเลือด

การนำไปใช้ประโยชน์ : ทำหมนเห็ด, เห็ดซุบแป้งทอด, ต้มยำเห็ด, คั่วกลิ้งเห็ดนางรม ฯลฯ

คุณค่าทางอาหาร(100กรัม) : ให้พลังงาน 33 แคลอรี (คาร์โบไฮเดรต 6.09 กรัม, โปรตีน 3.31 กรัม, ไขมัน 0.41 กรัม, โยอาหาร 2.3 กรัม, ไนอะซิน 4.6 มิลลิกรัม, โซเดียม 18 มิลลิกรัม)

ข้อดีของเห็ดนางรมดำ : มีรสชาติดี รสชาติอร่อย ถ้านำไปปรุงอาหารจะมีกลิ่นหอมน่ากินมาก สามารถเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้นาน สามารถเก็บรักษาโดยการตากแห้งไว้ เมื่อนำมาปรุงอาหารก็เพียงนำเห็ดนางรมดำไปแช่น้ำ เห็ดจะคืนรูปเอง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด

1. อุณหภูมิ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยคือ 28 – 38 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดคือ 20 – 28 องศาเซลเซียส เห็ดจะเจริญเติบโตเร็วและจะเจริญเติบโตช้าลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส

2. ความชื้น ในระยะการเจริญเติบโตของเส้นใยต้องหมั่นดูให้วัสดุเพาะเลี้ยงให้มีความชื้นประมาณ 60 – 70% ส่วนในระยะออกดอกจะต้องการความชื้น 70 – 75% และระยะที่กำลังเจริญเติบโตเป็นดอกเห็ดต้องการ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 – 80% ถ้าในอากาศมีความชื้นต่ำเห็ดจะชะงักการเจริญเติบโต ดอกเห็ดจะมีขนาด เล็กและบาง ผิวแห้งแตก

3. อากาศ ถ้าอยู่ในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้นมาก เส้นใย เห็ดจะไม่สามารถก่อตัวเป็นตุ่มดอกเห็ดได้ หรือไม่ก้านเห็ดก็เล็กเรียวยาว มีการแตกกิ่งก้านไม่พัฒนาเป็นดอกเห็ด หรือดอกเห็ดอาจมีรูปร่างผิดปกติได้

4. แสงแดด เส้นใยเห็ดไม่ต้องการแสงแดดเพื่อการเจริญเติบโต แต่ระยะที่เป็นตุ่มดอกเห็ดกลับต้องการ แสงสว่างสำหรับการเจริญเติบโต ถ้าไม่ได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอเห็ดจะงอกแต่ก้านเห็ดเรียวยาว ดอกเห็ดจะมีสี ชืดและบางครั้งอาจมีก้านเห็ดงอกจากบนก้านเห็ดอีกที

5. ความเป็นกรดต่าง (ค่า pH) เห็ดนางรมชอบสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างเป็นกรด ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 6.5 - 6.8

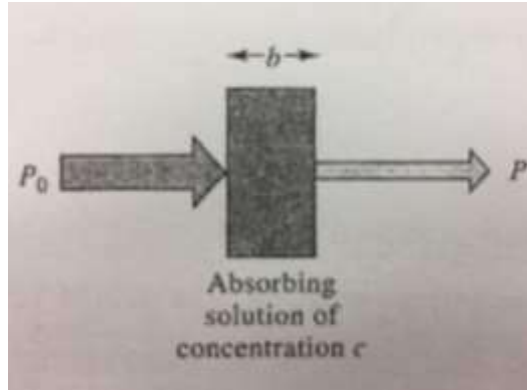
6. สารอาหาร เห็ดนางรมมีความสามารถในการย่อยสลายเส้นใยของพืชมาเป็นอาหารได้ดีมาก วัสดุเหลือใช้จาก การเกษตร เช่น เปลือกถั่ว เศษฝ้าย เศษไม้ ชานอ้อย ฟางข้าว ล้วนแต่นำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดนี้ได้ ทั้งนั้น

10.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer, (AAS)

10.2.1 การดูดกลืนแสง (Absorbing of light)

คุณลักษณะเฉพาะของสารที่อยู่ในรูปโมเลกุลอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการดูดกลืนแสงได้ ที่ความยาวคลื่นเฉพาะของสารนั้น ๆ ซึ่งในกระบวนการที่เกิดขึ้นจะมีการถ่ายเทพลังงานจากแสงไปสู่โมเลกุลของ สาร จะมีผลทำให้ความเข้มของแสงลดลง ทฤษฎีของการดูดกลืนแสงจะได้กล่าวต่อไปนี้

1. กฎการดูดกลืนแสง (Absorption law) คือ กฎที่ใช้ในการอธิบายการดูดกลืนของแสงของสารที่รู้จักกัน แพร่หลาย คือกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต (Beer-Lambert's law) หรือจะเรียกว่ากฎของเบียร์ (Beer's law) ก็ได้ ซึ่งกฎนี้ได้กล่าวไว้ว่า ปริมาณของแสงที่ลดลงจากแหล่งกำเนิดแสง จะขึ้นกับความเข้มข้นของโมเลกุลที่ดูดกลืนแสง ได้และความกว้างของเซลล์ที่บรรจุสารนั้น ๆ ด้วย นั่นคือ เมื่อแสงผ่านตัวกลางที่ดูดกลืนแสงได้ ความเข้มแสงที่ลดลง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนของสารที่ถูกกระตุ้นด้วย ในทำนองเดียวกัน เมื่อบรรจุสารที่มีความเข้มข้นเท่ากัน แต่บรรจุลงในตัวกลางที่มีความหนาต่างกัน ค่าการดูดกลืนแสงก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย นั่นก็หมายความว่า เมื่อแสง ผ่านตัวกลาง ความเข้มแสงจะลดลงเป็นสัดส่วนกับความเข้มตัวกลาง และเป็นสัดส่วนกับระยะทางที่ที่แสงนั้น เคลื่อนที่ผ่านด้วย



รูปที่ 2 เมื่อลำแสงผ่านสารละลายที่ดูดกลืนแสงได้ ความเข้มแสงเริ่มต้นจะมีค่ามากกว่าแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลาย กำหนดให้ b คือความหนาของเซลล์และ c คือความเข้มข้นของสาร
ที่มา : ปิยะเนตร จันทรธิระติกุล, 2553 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี

เมื่อผ่านแสงความยาวคลื่นเดียว (monochromatic radiation) ที่เป็นลำแสงขนาน ผ่านสารละลายที่สามารถดูดกลืนแสงได้ ที่บรรจุอยู่ในเซลล์หนา b เซนติเมตร และมีความเข้มข้น c จะมีผลทำให้ความเข้มแสงลดลงจาก P_0 เป็น P ค่าการส่องผ่าน (Transmittance, T) ของสารละลายคือสัดส่วนของความเข้มแสงที่ผ่านออกมาจากเซลล์ต่อความเข้มแสงเริ่มต้น

$$T = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

เมื่อ P_0 คือ พลังงานเริ่มต้นของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง

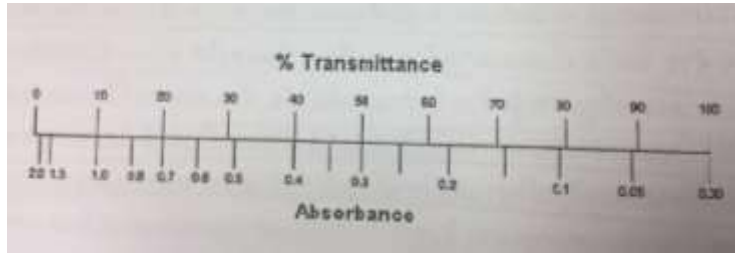
P คือ พลังงานของแสงที่ผ่านออกจากเซลล์

โดยทั่วไปค่าการส่องผ่านแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์หรือร้อยละ เรียกร้อยละการส่องผ่าน (percent transmittance)

$$\%T = \left(\frac{P_0}{P}\right) \times 100 \quad (2)$$

ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance' A) ของสารละลาย จะมีความสัมพันธ์กับค่าลอการิทึมของค่าการส่องผ่าน จากรูปพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงจะมีความสัมพันธ์กับการลดลงของค่าการส่องผ่าน

$$A = -\log T = \frac{\log P_0}{P} \quad (3)$$



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและค่าการส่องผ่าน

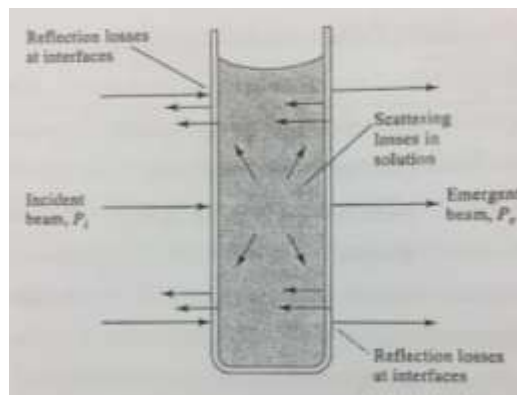
ที่มา : ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2553 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี

10.2.2 การวัดค่าการส่องผ่านและค่าการดูดกลืนแสง

การวัดค่าการส่องผ่านและค่าดูดกลืนแสงจะสามารถกระทำได้ เมื่อสารบรรจุอยู่ในภาชนะ เช่น เซลหรือคิวเวต (cell หรือ cuvette) เมื่อผ่านแสงไปยังภาชนะอาจจะมีการสะท้อนหรือหักเหที่ผนังภาชนะได้ ดังภาพที่ ซึ่งจะมีการสูญเสียความเข้มแสงเนื่องจากการสะท้อนประมาณ 8.5% นอกจากนี้ แสงยังสามารถระเจิงได้ทุกทิศทุกทางจากผิวของสารโมเลกุลใหญ่หรืออนุภาค เช่น ฝุ่นละออง เป็นต้น เพื่อที่จะลดผลอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ดังกล่าวมาข้างต้น จึงควรจะวัดความเข้มแสงที่ผ่านเซลล์ที่บรรจุตัวทำละลายหรือรีเอเจนต์แบล็งค์จึงเขียนสมการใหม่ได้

$$A = \frac{\log P_0}{P} \cong \frac{\log P_{\text{solvent}}}{P_{\text{solution}}}$$

(4)



รูปที่ 4 การสูญเสียของแสงที่เกิดจากการสะท้อนและการกระเจิงของแสงของสารละลายที่บรรจุอยู่ในเซลล์แก้ว

ที่มา : ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2553 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี

10.2.3 กฎของเบียร์ (Beer's law)

กฎของเบียร์กล่าวไว้ว่าเมื่อผ่านแสงที่เป็นลำแสงเดี่ยวไปยังสารละลาย ค่าการดูดกลืนแสงจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสาร, c และความหนาแน่นของเซลล์, b ดังสมการ

$$A = \frac{\log P_o}{P} = abc \quad (5)$$

เมื่อ a เป็นค่าคงที่ เรียกสภาพดูดกลืนหรือสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (absorptivity)

เนื่องจากการดูดกลืนแสงเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ดังนั้น A จึงมีหน่วยที่จะทำให้หน่วยของ b และ c หายไป เช่น ถ้า a มีหน่วยเป็น $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ และ b มีหน่วยเป็น cm ดังนั้น a จะมีหน่วยเป็น $\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ เป็นต้น

ถ้าแทนความเข้มข้นของสาร c ในหน่วย $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ และ b เป็น cm ลงในสมการข้างต้นจะได้ค่าคงที่เรียกสภาพดูดกลืนโมลาร์ (molar absorptivity) หรือ ϵ แทน เขียนได้เป็น ดังสมการ

$$A = \epsilon bc \quad (6)$$

เมื่อ ϵ มีหน่วยเป็น $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

สมการกฎของเบียร์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้คำนวณหาค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์ของสาร หรือใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงและคำนวณหาความเข้มข้น เมื่อทราบค่าสภาพดูดกลืนและความกว้างของเซลล์ อย่างไรก็ตามค่าสภาพดูดกลืนเป็นค่าเฉพาะของสารที่ขึ้นกับชนิดของสาร ชนิดของตัวทำละลาย องค์ประกอบในสารละลายนั้นและอุณหภูมิ ดังนั้นสารละลายมาตรฐานจึงต้องเตรียมในตัวทำละลายและอุณหภูมิเดียวกันกับที่ใช้ในตัวอย่างด้วย

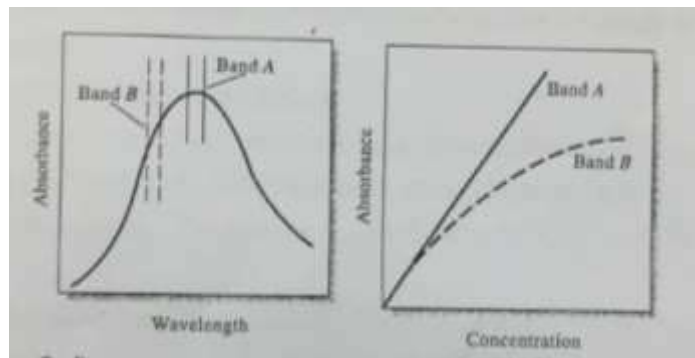
1. ข้อจำกัดของกฎของเบียร์ (Limitation of Beer's law)

การเบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงที่พล็อตความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและความกว้างของเซลล์ เมื่อใช้สารที่มีความเข้มข้นคงที่ จะมีการเบี่ยงเบนน้อยมาก ในทางตรงกันข้ามการเบี่ยงเบนจะสังเกตเห็นได้ชัด เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นเมื่อใช้เซลล์ที่มีความกว้างคงที่ ซึ่งการเบี่ยงเบนเช่นนี้มักจะเกิดขึ้นในขณะที่มีการวัดการดูดกลืนแสงหรือมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสาร จึงเรียกการเบี่ยงเบนในลักษณะเช่นนี้ว่าเป็นการเบี่ยงเบนเนื่องมาจากเครื่องมือและสารเคมี (instrumental and chemical deviations)

ข้อจำกัดประการหนึ่งของกฎของเบียร์เกิดขึ้นเนื่องจากกฎนี้อธิบายพฤติกรรมการดูดกลืนแสงของสารละลายเจือจางเท่านั้น ในกรณีที่สารละลายมีความเข้มข้นมากกว่าประมาณ 0.01 M ระยะห่างระหว่างไอออนหรือโมเลกุลของสารน้อยลง การดูดกลืนแสงจะเกิดขึ้นน้อยลงมีผลทำให้เกิดการบดบังซึ่งกันและกันด้วย นอกจากนี้การเบี่ยงเบนทางเคมีอาจเกิดเนื่องจากการรวมตัว (association) การสลายตัว (dissociation) หรือการเกิดปฏิกิริยากับตัวทำละลายเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้การดูดกลืนแสงแตกต่างไปจากสารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้จากค่าสภาพดูดกลืนโมลาร์ของสปีชีส์ที่ดูดกลืนแสงและค่าคงที่สมดุลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งปฏิกิริยาเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีการเกิดสมดุลด้วย เช่น สมดุลระหว่างโมโนเมอร์-ไดเมอร์ สมดุลเชิงซ้อนของโลหะที่มีสาร

เชิงซ้อนเกิดขึ้นมากกว่า 1 ชนิด สมดุลกรต-เบส และสมดุลการเกิดปฏิกิริยาระหว่างตัวทำละลายและสารที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นต้น

นอกจากนี้การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์อาจเกิดเนื่องมาจากเครื่องมือคือ แสงที่ผ่านตัวอย่างต้องเป็นลำแสงเดี่ยว (monochromatic radiation) และต้องไม่มีแสงจากภายนอกเข้ามารบกวน ซึ่งในทางปฏิบัติแสงจากแหล่งกำเนิดแสงมักเป็นแหล่งที่ให้แสงต่อเนื่อง และใช้เกรตติง (grating) หรือฟิลเตอร์ (filter) ในการแยกลำแสงเป็นแถบแคบ ๆ จะเห็นได้ว่าจากแถบแสง A จะได้กราฟเส้นตรง เบี่ยงเบนออกจากกฎของเบียร์ ในขณะที่เลือกแถบแสง B จะได้กราฟที่เบี่ยงเบนออกจากเส้นตรง ดังนั้นเพื่อให้เกิดการเบี่ยงเบนน้อยที่สุดจึงควรเลือกความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนแสงได้สูงสุด (λ_{max}) ซึ่งมีผลทำให้ค่าสภาพดูดกลืนเปลี่ยนแปลงน้อยด้วย



รูปที่ 5 ผลของแสงเชิงซ้อน (polychromatic radiation) ต่อกฎของเบียร์

ที่มา : ปิยะเนตร จันทรธิระติกุล, 2553 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์อีกปัจจัยหนึ่งคือแสงนอกหรือแสงหลง (stray light) เป็นแสงที่ได้จากเครื่องมือที่มีความยาวคลื่นอยู่นอกช่วงที่ในการวัด ซึ่งแสงนี้มีผลทำให้เกิดการหักเหและสะท้อนที่ผิวของเกรตติง เลนส์หรือกระจก ฟิลเตอร์ และหน้าต่าง (windows) เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ต่างไปจากค่าจริงนั้นคือจะได้ดังสมการ

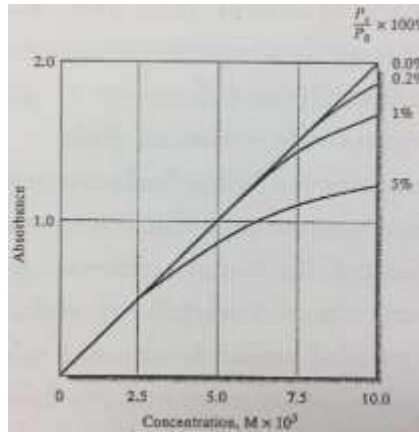
$$A' = \frac{\log(P_0 + P_s)}{P + P_s}$$

(7)

เมื่อ P_s เป็นพลังงานของแสงนอก

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง A' กับความเข้มข้นของสารที่ $\frac{P_s}{P_0}$ ระดับต่าง ๆ ดังในภาพจะพบว่าแสงนอกทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าค่าการดูดกลืนแสงจริง ในเครื่องมือสมัยใหม่สามารถยอมรับแสงนอกในระดับ 0.5% ได้ เนื่องจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีค่ามากกว่า 2.0 มีน้อย แต่อย่างไรก็ตามในเครื่องมือที่ยังคง

ใช้ฟิลเตอร์อยู่จะมีการเบี่ยงเบนออกจากกฎของเบียร์ได้เมื่อมีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า 1.0 เพราะเครื่องเหล่านี้มีระดับแสงนอกที่สูงและแสงที่ผ่านเซลล์มักจะเป็นแสงเชิงซ้อนนั่นเอง



รูปที่ 6 ผลการเบี่ยงเบนออกกฎของเบียร์ที่ระดับต่าง ๆ ของแสงนอก

ที่มา : ปิยะเนตร จันทรธิระติกุล, 2553 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี

10.3 การวัดความชื้น (measures of humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความดันไอน้ำจริง (e_a) ต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว (e_s) อุณหภูมิเดียวกันมีหน่วยเป็นร้อยละ ค่าความชื้นสัมพัทธ์นี้เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการแสดงถึงความชื้นบรรยากาศ ซึ่งมีสมการดังสมการ

$$RH = \frac{e_a}{e_s} \times 100$$

(8)

หน่วย ของ e_a และ e_s คือกิโลพาสคัล หรือ มิลลิบาร์

10.4 ระบบโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะ

10.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino เป็นภาษาอิตาลี อ่านว่า อาดูอีโน (ฟังการออกเสียงได้ที่ท้ายบทความ) ส่วนคนทั่วไปที่ไม่ใช่คนอิตาลีผมว่าออกเสียงว่า อาดู โยโน, Arduino คือ Open-Source Platform สำหรับการสร้างต้นแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีจุดมุ่งหมายให้ Arduino Platform เป็น Platform ที่ง่ายต่อการใช้งาน, โดย Arduino Platform ประกอบไปด้วย

ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware)

บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino, โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลาย

รุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปค เช่น จำนวนของขา รับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น



ภาพที่ 7 Arduino UNO R3

ที่มา : <http://www.arduino.cc/en/Products/Compare>

ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software)

- ภาษา Arduino (ซึ่งจริง ๆ แล้วยังคือ ภาษา C/C++) ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU
- Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)



รูปที่ 8

Arduino IDE 1.8.5

ที่มา : <http://www.arduino.cc/en/Products/Compare>

10.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ સાแก้ว (2558) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) โดยมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเพาะเห็ด ตลอดจนการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมโดยแบ่งการทดสอบออก 2 ส่วน คือ การทดสอบในส่วนของระบบควบคุม และการทดสอบผลผลิตของดอกเห็ดในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยนำก้อนเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้ามาทดสอบจำนวน 100 ก้อน และเป็นตัวชี้วัดเปรียบเทียบประสิทธิภาพโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นกับโรงเรือนแบบทั่วไป

วีรศักดิ์ ฟองเงิน และคณะ (2561) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) โดยมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเพาะเห็ด ตลอดจนการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมโดยแบ่งการทดสอบออก 2 ส่วนคือการทดสอบในส่วนของระบบควบคุม และการทดสอบผลผลิตของดอกเห็ดในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยนำก้อนเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้ามาทดสอบจำนวน 300 ก้อนและเปรียบเทียบประสิทธิภาพโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นกับโรงเรือนแบบทั่วไป

Grazyna Jarzynska and Jerzy Falandysz (2012) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การตรวจวัดปริมาณสารอันตรายของเห็ดที่ปลูกในป่า ปริมาณสารปรอททั้งหมดที่ได้รับการวิเคราะห์ในเห็ดหลายชนิดที่ปลูกในป่าและสมุนไพรวัดอังกาบที่ได้รับการรับรองโดยใช้วิธีการวิเคราะห์สองวิธี วิธีที่หนึ่งเป็นการดูดซับอะตอม - สเปกโตรสโกปี - ไอเย็น (CV-AAS) หลังจากตัวอย่างโดยตรงไพโรไลซิสคู่กับดักก๊าสซึ่งเป็นวิธีการอ้างอิง วิธีที่สองคือการวัดปริมาณรังสีที่ใช้ในการวัดปริมาณของปรอทในหลอดทดลอง (ICP-AES) ที่ λ 194.163 นาโนเมตร ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีการใช้ ICP-AES ที่ λ 194.163 nm ให้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องและไม่แม่นยำ เมื่อตรวจสอบโดยใช้วิธีนี้ควรทำการศึกษาค้นคว้าด้วยความระมัดระวังเนื่องจากข้อมูลมีความเอนเอียงอย่างมาก

Dr. Monika Chauhan (2015) ได้ศึกษาปริมาณการสะสมของสังกะสีในเห็ดและดิน ด้วยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน ได้แก่ เห็ดป่าปุม เห็ดนางรม เห็ดนม เห็ดหอม และดินที่เก็บรวบรวมในบริเวณใกล้กับการระบายน้ำอุตสาหกรรม การสะสมของโลหะในดิน การเผาขยะ การระบายน้ำทิ้งในเมือง การจราจรมีความกังวลมากขึ้นเนื่องจากปัญหาความปลอดภัยของอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นรวมถึงผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศของดิน โลหะหนักถือเป็นหนึ่งในแหล่งมลพิษหลักในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีผลกระทบต่อคุณภาพของระบบนิเวศ และกิจกรรมของมนุษย์นำไปสู่การเพิ่มระดับของการปนเปื้อนโลหะหนักในสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วระดับของสังกะสีสูงกว่าค่า PFA และ WHO อนุญาตได้ในกรณีของเขตอุตสาหกรรมพื้นที่ริมถนน การวิเคราะห์หาปริมาณสารถูกกำหนดโดยวิธีการ Flame Atomic Absorption Spectrometry เครื่องมือนี้สามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารได้หลายชนิดและมีความจำเพาะต่อธาตุบางชนิดด้วย

11. วิธีดำเนินการวิจัย

11.1 วัสดุ – อุปกรณ์ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

1) โมดูลนาฬิกา DS3231	1 อัน
2) รีเลย์ 8 ช่อง 5 โวลต์	1 อัน
3) จอ LCD	1 จอ
4) บอร์ด Arduino mega 2560	1 บอร์ด
5) พัดลมขนาด 3.5 นิ้ว 12 โวลต์	2 ตัว
6) ชุดหัวพ่นหมอก	3 ชุด
7) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22	4 ตัว
8) Switching Power Supply 12 โวลต์ 5 แอมป์	2 ตัว
9) Switching Power Supply 5 โวลต์ 5 แอมป์	1 ตัว

11.2 เครื่องมือวิเคราะห์แร่ธาตุ

เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer รุ่น AA-6200

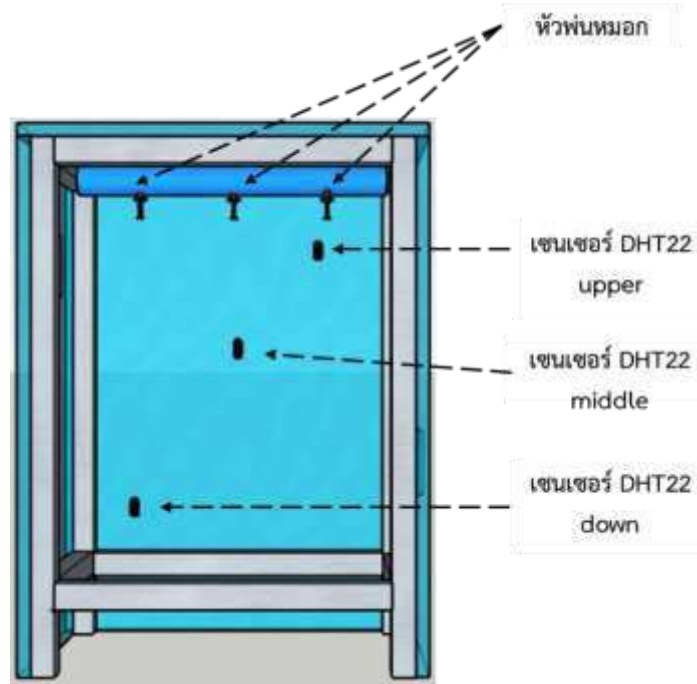
11.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1) เก็บตัวอย่างเห็ดนางรมดำ ที่เพาะเห็ดด้วยโรงเพาะเห็ดแบบชุมชน
- 2) วิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมดำ ที่เพาะเห็ดด้วยโรงเพาะเห็ดแบบชุมชนด้วยวิธี AAS
- 3) ทดสอบโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะ
- 4) เพาะเห็ดด้วยโรงเพาะเห็ดแบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะและใช้ระบบควบคุมอัจฉริยะที่ความชื้น 60%, 70%, 80% และ 90%
- 5) วิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมดำ ที่เพาะในโรงเพาะเห็ดแบบไม่ใช้ระบบอัจฉริยะและใช้ระบบควบคุมอัจฉริยะที่ความชื้น 60%, 70%, 80% และ 90% ด้วยวิธี AAS
- 6) วิเคราะห์และสรุปผล

11.4 โครงสร้างโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะและการออกแบบระบบ

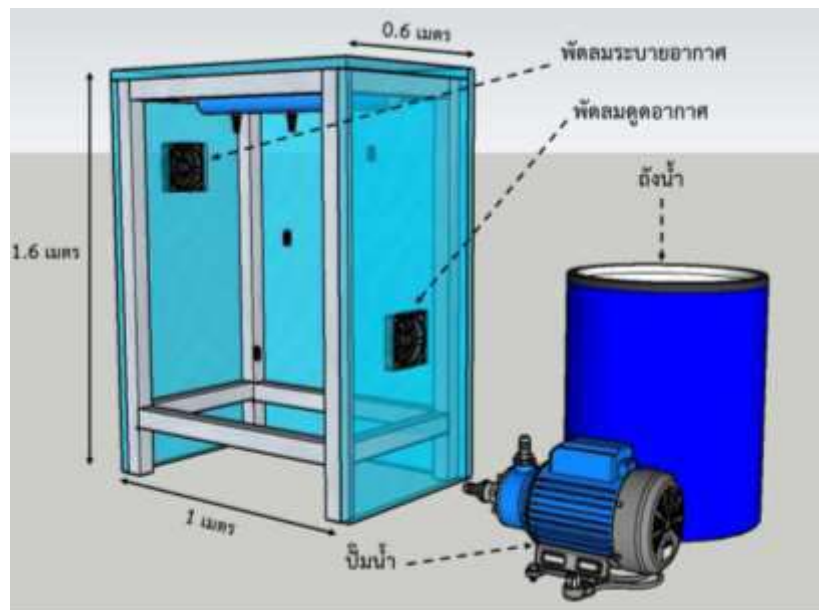
11.4.1 โครงสร้างโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะ

โดยทั่วไปโรงเพาะเห็ดจะนิยมเพาะเห็ดแบบแขวน เนื่องจากสามารถระบายอากาศได้ดี เราจึงออกแบบให้ก้อนเห็ดแขวนด้านใน ส่วนด้านบนจะติดหัวพ่นหมอก 3 จุด เพื่อให้ความชื้น มีพัดลมระบายอากาศร้อนที่ด้านบนและพัดลมดูดอากาศที่ด้านล่าง เพื่อดูดอากาศเย็นเข้ามา



รูปที่ 9 โครงสร้างโรงเพาะเห็ดด้วยระบบอัจฉริยะด้านหน้า

โรงเพาะเห็ดมีขนาด กว้าง 0.6 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 1.6 เมตร คุมด้วยผ้าสแลนค์ 50% 2 ชั้น และ 60% 2 ชั้น



รูปที่ 10 โครงสร้างโรงเพาะเห็ดด้วยระบบอัจฉริยะด้านข้าง

11.4.2 การออกแบบระบบควบคุมอัจฉริยะ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยจะทำงานด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมลงไป ซึ่งจะสามารถทำให้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งในระบบที่ออกแบบ (ภาพที่ 11) ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลหลัก โดยจะรับค่าอุณหภูมิและความชื้นจากตัวเซ็นเซอร์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ถ้าอุณหภูมิไม่ตรงตามที่กำหนด เช่น

- 1.) อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้พัดลมดูดอากาศร้อนออก ในขณะที่เดียวกันก็พัดลมจะดูดอากาศเย็นเข้า
- 2.) ถ้าความชื้นต่ำกว่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ปั้มน้ำทำงานเพื่อทำให้ค่าความชื้นสูงขึ้นถึงระดับที่กำหนด แต่ถ้าความชื้นสูงกว่าที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้พัดลมดูดอากาศชื้นออก

ในระบบที่ออกแบบนี้นอกจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานแบบอัตโนมัติแล้ว ยังสามารถเก็บข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้โปรแกรม PLX DAQ



รูปที่ 11 แสดงระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

12. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ประจำปีการศึกษา 2563

13. แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงแผนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.ศึกษาการทำงานของระบบโรงเพาะเห็ดอัญจริยะ	←→																
2.ศึกษาวิธีวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารด้วยวิธี AAS	←→																
3.เสนอเค้าโครงวิจัย	←→																
4.เก็บตัวอย่างเห็ดนางรมดำ ที่เพาะเห็ดด้วยโรงเพาะเห็ดแบบชุมชนที่บ้านห้วยโตก จังหวัดเลย		←→															
5.วิเคราะห์หาคคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมดำ ที่เพาะเห็ดด้วยโรงเพาะเห็ดแบบชุมชนด้วยวิธี AAS		←→															
6.ทดสอบโรงเพาะเห็ดอัญจริยะ	←→																
7.เพาะเห็ดด้วยโรงเพาะเห็ดแบบไม่ใช้ระบบอัญจริยะ และใช้ระบบควบคุมอัญจริยะที่ความชื้น 60%, 70%, 80% และ 90%					←→												
8.วิเคราะห์หาคคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนางรมดำ ที่เพาะในโรงเพาะเห็ดแบบไม่ใช้ระบบอัญจริยะ และใช้ระบบควบคุมอัญจริยะที่ความชื้น 60%, 70%, 80% และ 90% ด้วยวิธี AAS															←→		
9.วิเคราะห์และสรุปผล														←→			

14. งบประมาณ

ตารางที่ 2 แสดงงบประมาณอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

ลำดับ	อุปกรณ์	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	ราคา (บาท)
1	โมดูลนาฬิกา DS3231	1	120	120
2	รีเลย์ 8 ช่อง	1	220	220
3	จอ LCD	1	250	250
4	ไมโครคอนโทรลเลอร์	1	360	360
5	พัดลม	2	80	160
6	ชุดหัวพ่นหมอก	3	110	330
7	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22	4	160	640
8	ก้อนเชื้อเห็ดนางรมดำ	30	10	300
9	ผ้าสแลนด 50%	3	130	390
10	ผ้าสแลนด 60%	3	150	450
11	สายยาง	3	145	430
12	Switching Power Supply 12 โวลต์ 5 แอมป์	2	320	640
13	Switching Power Supply 5 โวลต์ 5 แอมป์	1	300	300
14	ปั้มน้ำแรงดัน 0.85 MPa	1	450	450
รวมทั้งหมด				5,040

15. เอกสารอ้างอิง

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์ (2562). เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม. สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2562,

จาก <https://home.kku.ac.th/chuare/12/atomicabsorption.pdf>

นฤมล นาชัยสินธุ์ และศิริพรรณ หวานแท้ (2559). การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดฟ้านบ้าน

ในจังหวัดเลย. เลย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ સાแก้ว (2558). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด. สุรินทร์ :

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

ประนอม สุขเกื้อ (2556). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มโปรตีนไฮโดรไลเซตเพื่อสุขภาพจากเห็ด. สืบค้นเมื่อ

9 สิงหาคม 2562, จาก <http://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2557/2557239875512.pdf>.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ปิยะเนตร จันทร์ธิระติกุล (2553). การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรประภา ชันมั่ง (2554). การวิเคราะห์โปรตีนในหนอนรด่วน. เลย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

วีรศักดิ์ ฟองเงิน และคณะ (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. ลำปาง : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

สิตาวีร์ อีร์วิรุฬห์. สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm) การทำเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 9 กันยายน 2562, จาก <https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2559/hi2559-093.pdf>

อุไรวรรณ ศรีเตชะ (2554). การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในหนอนรด่วน. เลย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

Grazyna Jarzynska and Jerzy Falandysz (2012). The determination of mercury in mushrooms by CV-AAS and ICP-AES techniques. Poland : University of Gdansk Gdansk.

Monika Chauhan (2015). Estimation of Accumulation of Zinc content in mushroom and Soil by Atomic Absorption Spectroscopy. Ethiopia : University Adama.

ด้านอุตสาหกรรมศิลป์

1.ชื่อโครงการ การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู
Development the Instructional Package for Equipment to Control Pouring of Electric Current on Matthayom 4 at Kuddinchipittayakom School, Naklang District Nongbualamphu Province.

2. ประเภทการประกวด

ด้านอุตสาหกรรมศิลป์

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาว อภิญญา วอศิริ	รหัส 6080170128
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์	หมู่เรียน ค.6013
โทรศัพท์ 096-9132989	E-mail: sb6080170128@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาว พรพรหมพร มุงคุณ	รหัส 6080170119
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์	หมู่เรียน ค.6013
โทรศัพท์ 083-0662408	E-mail: sb6080170119@lru.ac.th

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร แก้วรัตน์	
สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4. สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล

4.1 สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

4.2 โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู

5. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันของชนในชาติ การสื่อสาร การคมนาคม การให้ความรู้ การศึกษา ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อหลักการมนุษยชนจะเกิดขึ้นและมีประสิทธิภาพไม่ได้ถ้าขาด “ไฟฟ้า” โดยการนำไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จะต้องทำการต่อวงจรไฟฟ้าซึ่งมีองค์ประกอบได้แก่ แหล่งจ่ายไฟฟ้า สวิตช์ตัวนำ โหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า สวิตช์ และฟิวส์ โดยการต่อวงจรไฟฟ้านั้นเป็นการนำเอาสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าที่เป็นเส้นทางเดินให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านต่อถึงกันได้ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในวงจรจะเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีสวิตช์ (Switch)

เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าในส่วนที่ต้องการ เช่น สวิตช์สำหรับปิด - เปิดไฟ สวิตช์จะต่อกับสายไฟที่เชื่อมจากแหล่งกำเนิดไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า หากไม่ต้องการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานก็ทำการปิดสวิตช์

สื่อมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการสอนตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันเนื่องจากเป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของเนื้อหาบทเรียนให้ตรงกับผู้สอนต้องการ ไม่ว่าสื่อจะอยู่ในรูปแบบใดก็ตามล้วนแต่เป็นทรัพยากรที่สามารถอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ได้ทั้งสิ้น กิดานันท์ มลิทอง (2549: 100) ได้ให้ความหมายคำว่า สื่อ (medium,pl.media) เป็นคำมาจากภาษาละตินว่า “ระหว่าง” (between) สิ่งใดก็ตามที่บรรจุข้อมูลสารสนเทศหรือเป็นตัวกลางข้อมูลส่งผ่านจากผู้ส่งหรือแหล่งส่งไปยังผู้รับเพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับสามารถสื่อสารกันได้ตรงตามวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน เมื่อผู้สอนนำสื่อมาใช้ประกอบการสอนเรียกว่า “สื่อสอนการสอน” และเมื่อนำมาให้ผู้เรียนใช้เรียกว่า “สื่อการเรียนรู้” โดยเรียกรวมกันว่า “สื่อการเรียนการสอน” หรืออาจจะเรียกสั้น ๆ ว่า “สื่อการสอน” หมายถึง สิ่งใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิดีโอ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ แผนภูมิ รูปภาพ ฯลฯ ซึ่งเป็นวัสดุบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน หรือเป็นอุปกรณ์เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาสิ่งเหล่านี้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทางกายภาพที่นำมาใช้เทคโนโลยีการศึกษาเป็นสิ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางทำให้การสอนส่งไปถึงผู้เรียน สื่อการสอนถือว่ามีบทบาทมากในการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากเป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนมีความหมายของเนื้อหาบทเรียนได้ตรงกับที่ผู้สอนต้องการเรียนรู้ได้ทั้งสิ้น ในการใช้สื่อการสอนนั้นผู้สอนจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะคุณสมบัติของสื่อแต่ละชนิดเพื่อเลือกสื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์การสอนและสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยต้องการวางแผนอย่างเป็นระบบในการใช้สื่อด้วย ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าแต่ละโรงเรียนจะได้รับการสนับสนุนสื่อการเรียนรู้อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นหนังสือ วัสดุอุปกรณ์ในการสอน วีดิทัศน์ คอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ต แต่มีปัญหาในเรื่องสื่อประกอบการสอนที่ไม่เพียงพอ ก็ยังมีให้เห็นอยู่ทั่วไปตามโรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับทางคณะผู้วิจัย ได้ลงพื้นที่ของโรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้บริหารและอาจารย์ผู้สอนประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี พบว่า สื่อการสอนมีอายุการใช้งานมานานเกิดการชำรุดเสียหายใช้งานไม่ได้ สื่อการสอนไม่เพียงพอ ประกอบกับทางโรงเรียนยังขาดงบประมาณสนับสนุนในการจัดหาสื่อใหม่ทดแทน ทำให้การจัดการเรียนการสอนไม่มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นสื่อการสอนเป็นรูปนามธรรมได้

ดังนั้น คณะผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจมากยิ่งขึ้นและเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการเรียนรู้อัจฉริยะในศตวรรษที่ 21

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 6.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 6.3 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 7.1 ได้ชุดการสอนเพื่อนำไปใช้ประกอบในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- 7.2 เป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- 7.3 เป็นการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

8. ขอบเขตของโครงการ

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตวิจัยไว้ดังนี้

8.1 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 20 คน

8.2 ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

- 8.2.1 ตัวแปรต้น คือ ชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 8.2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิภาพชุดการสอน

8.3 เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยหัวข้อเรื่อง ดังนี้

- 8.3.1 ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น
- 8.3.2 อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า

8.3.2.1 ความหมาย

8.3.2.2 ประเภทอุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า

8.3.2.3 หลักการทำงาน

8.3.2.4 การนำไปใช้ประโยชน์

9. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้คือ

- 9.1 ชุดการสอน
- 9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 9.3 กรอบแนวคิด

9.1 ชุดการสอน

9.1.1 ความหมายของชุดการสอน

ชุดการสอน (Instructional package) เป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่งซึ่งเป็นชุดของสื่อประสม (multi-media) (หมายถึงการใช้สื่อการสอนตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ตามที่ต้องการ ชื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดเอาไว้) ที่จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามหัวข้อเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับ โดยจัดเอาไว้เป็นชุด ๆ บรรจุอยู่ในซอง หรือกล่อง หรือกระเป๋า (วาโร เฟิงส์วีสต์, 2546 : 34-36)

ชุดการสอน เป็นสื่อการสอนที่ไดจากระบบการผลิต และการนำสื่อการสอนที่สอดคล้องกับ วิชา หน่วย หัวเรื่อง และวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ, 2540: 114)

ชุดการสอน หมายถึง ระบบการผลิต และการใช้สื่อประสมอย่างเป็นระบบโดยให้สอดคล้อง กับ วิชา หน่วย และหัวข้อเรื่องนั้น ๆ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนประกอบด้วย คู่มือครู เนื้อหาข้อมูลที่เชื่อถือได้ แบบฝึกหัด และมีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนเอาไว้อย่างครบครัน เพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชลียา ลิมปยากร, 2540: 293)

จากความหมายของชุดการสอนที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ชุดการสอนหมายถึง ชุดสื่อประสมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างเป็นระบบโดยมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาในหลักสูตร ชุดการสอนถูกนำไปใช้ในระบบการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

9.1.2 ประเภทและองค์ประกอบของชุดการสอน

ชุดการสอนแบ่งตามลักษณะการนำไปใช้ได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

9.1.2.1 ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เป็นชุดการสอนที่มุ่งช่วยขยายเนื้อหาสาระการสอนแบบบรรยายให้ชัดเจนขึ้น ช่วยให้ผู้สอนพูดน้อยลงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม การเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น สิ่งที่ใช้อาจเป็น แผ่นภาพ แผนภูมิ แผ่นภาพโป่งใส และภาพยนตร์โทรทัศน์ ส่วนใหญ่ชุดการสอนประเภทนี้มักจะบรรจุในกล่องที่มีขนาดพอเหมาะกับจำนวนของสื่อประกอบด้วย

1) คู่มือครู ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตร วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดของเนื้อหาวิชา ขั้นตอนกิจกรรมหรือวิธีสอน รายการบอกชนิดของสื่อ และคำแนะนำการใช้สื่อการเรียนตามลำดับ

2) สื่อการเรียนการสอน (Instructional Media) จะถูกนำไปใช้ประกอบการสอน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ สื่อการเรียนการสอนมีหลายชนิดแต่ละชนิดจะช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนให้ได้ผล จะต้องได้รับการคัดเลือกอย่างเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

3) แบบฝึกหัด (Workbook) จะถูกนำไปใช้เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าทางการเรียน ภายหลังจบการเรียนการสอน อาจแยกเป็นชุด ๆ หรือรวมกันเป็นเล่มก็ได้

4) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) จะถูกนำไปใช้เพื่อวัด ประเมินผลการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนครบทุกเนื้อหาของชุดการสอนแล้ว

9.1.2.2 ชุดการสอนสำหรับกลุ่มกิจกรรม ชุดการสอนสำหรับกลุ่มกิจกรรมเป็นชุดการสอนที่มุ่งให้ ผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน เช่น ในห้องเรียนกิจกรรมที่อยู่ในรูปของศูนย์การเรียน (Learning center) ผู้เรียนจะเรียนจาก การทำกิจกรรมการเรียนร่วมกันตามสื่อและหัวข้อที่กำหนดไว้ ชุดการสอนประเภท นี้จะ ประกอบ ด้วยชุดย่อย ๆ ที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์กิจกรรม

นั้น ๆ บทบาทของครูจะเป็นเพียงผู้จัดเตรียมประสบการณ์ ผู้ประสานงาน และผู้ตอบคำถาม เมื่อจบการเรียนแต่ ละศูนย์แล้วผู้เรียนอาจจะสนใจในการเรียนเสริมจากศูนย์สำรองที่เตรียมไว้เพื่อไม่เป็นการเสียเวลาที่ต้องรอคอย ในขณะที่กลุ่มอื่นยังเรียนไม่เสร็จในแต่ละศูนย์ (รุ่งทิวา จักรกร, 2527: 88) ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่มนี้จะใช้ ร่วมกับการสอนแบบศูนย์การเรียนโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1) คู่มือครู เป็นสิ่งช่วยการสอนแบบศูนย์การเรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในคู่มือ ครูจะมีคำชี้แจงสำหรับครู สิ่งที่ครูต้องจัดเตรียมบทบาทของผู้เรียนการจัดชั้นเรียนพร้อมแผนผัง แผนการสอน เนื้อหาสาระประจำศูนย์ต่าง ๆ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังการเรียน

2) สื่อสำหรับศูนย์กิจกรรม จะมีบัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหา บัตรคำถาม หรือ บัตรนำอภิปราย และบัตรเฉลย รวมทั้งสื่อการเรียนอื่น ๆ เช่นรูปภาพ แบบเรียน เป็นต้น

3) แบบฝึกหัด แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรม อาจแยกเป็นชุด หรือรวม เป็นเล่มก็ได้

9.1.2.3 ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเอง ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล อาจจะเป็นการเรียนภายในโรงเรียน หรือที่บ้านก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ตามความสามารถ ความสนใจและความพร้อมของตนเอง เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบเพื่อ ประเมินผล ความก้าวหน้าและศึกษาชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ระหว่างผู้ชี้แนะ แนวทางการ เรียน (สมหญิง เจริญจิตรกรรม, 2532: 66)

9.1.2.4 ชุดการสอนทางไกล เป็นชุดการสอนที่ผู้สอนกับผู้เรียนอยู่ต่างถิ่นต่างเวลากันมุ่งสอนให้ ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองโดยไม่ต้องมาเข้าเรียนในชั้นเรียน ประกอบด้วยสื่อประเภทสิ่งพิมพ์ รายการ วิทยูกระจายเสียง วิทยูโทรทัศน์ ภาพยนตร์ และการสอนเสริมตามศูนย์บริการการศึกษา เช่น ชุดการสอนทางไกล ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (ชัยยงค พรหมวงศ และคณะ, 2540: 118)

9.1.3 ประโยชน์ของชุดการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้

9.1.3.1 ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหา และประสบการณ์ที่สลับซับซ้อน โดยมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมสูง เช่น การทำงานของเครื่องกล อวัยวะในร่างกาย หรือการเจริญเติบโตของสัตว์ชั้นต่ำ ลักษณะเช่นนี้ผู้สอนจะไม่สามารถถ่ายทอดหรือบรรยายได้ดี (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ, 2540: 121)

9.1.3.2 ทำให้ครูมีเวลาเพียงพอในการเตรียมการสอน และค้นคว้าเพิ่มเติมให้เป็นไปตามที่ชุดการสอนระบุไว้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอน รวมทั้งมีเวลาในการตรวจแบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบแทนที่ทุ่มเวลาในการทำสื่อการเรียนการสอนโดยเฉพาะครูที่ไม่มีความสามารถในด้านนี้จะเป็นปัญหามาก และในที่สุดจะไม่ยอมใช้สื่อการเรียนการสอน (วาสนา ชาวหา, 2525: 139)

9.1.3.3 ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกัน ผู้สอนแต่ละคนย่อมมีความรู้และความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ในเรื่องเดียวกันแตกต่างกัน ผู้เรียนอาจได้รับความรู้และรายละเอียดต่าง ๆ คนละแนวทางกัน ชุดการสอนมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนที่เป็นพฤติกรรม มีข้อเสนอแนะกิจกรรมการใช้สื่อ และข้อสอบเพื่อประเมินพฤติกรรมไว้อย่างพร้อมมูล (นิพนธ์ สุขปรีดี, 2520: 63)

9.1.4 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

การสร้างชุดการสอน โดยทั่วไปมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ (บุญแก้ว ครุหาเวช, 2545: 97-99)

9.1.4.1 กำหนดหมวดหมู่เนื้อหา และประสบการณ์อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามที่เหมาะสม

9.1.4.2 กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอนโดยประมาณ เนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์ หรือ หนึ่งครั้ง

9.1.4.3 กำหนดหัวเรื่อง ผู้สอนจะต้องถามตนเองว่าการสอนแต่ละหน่วยควรให้ประสบการณ์อะไรกับนักเรียนบ้าง แล้วกำหนดหัวข้อเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

9.1.4.4 กำหนดความคิดรวบยอดและหลักการ จะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุป รวมแนวคิด สารและหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาที่สอนให้สอดคล้องกัน

9.1.4.5 กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวข้อเรื่อง โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อน แล้วจึงเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ต้องมีเงื่อนไข และเกณฑ์พฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

9.1.4.6 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางในการเลือกและการผลิตสื่อการเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง การตอบคำถาม การทดลองทางวิทยาศาสตร์ การเล่นเกม เป็นต้น

9.1.4.7 กำหนดแบบประเมินผล แบบประเมินผลต้องตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้การสอบแบบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมมาเรียบร้อยแล้วผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

9.1.4.8 เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนของแต่ละหัวข้อเรื่องแล้ว ก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพเรียกว่า ชุดการสอน

9.1.4.9 หาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อเป็นหลักประกันว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจึงจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นล่วงหน้า โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นการช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนให้บรรลุผล

9.1.5 ขั้นตอนการใช้ชุดการสอน

ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุง และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้แล้ว สามารถนำไปสอนผู้เรียนได้ตามประเภทของชุดการสอนและระดับการศึกษา โดยกำหนดขั้นตอนการใช้ได้ดังนี้

9.1.5.1 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อพิจารณาพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน

9.1.5.2 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

9.1.5.3 ชี้แจงประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ (ขั้นสอน) ผู้สอนบรรยาย หรือ แบ่งกลุ่มประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

9.1.5.4 ชี้แจงสรุปผลการสอน เพื่อสรุปความคิดรวบยอดและหลักการที่สำคัญ

9.1.5.5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อดูพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไปแล้ว

9.1.6 เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพชุดการสอน

9.1.6.1 ความหมายเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้ว ก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท (วาโร เฟิงส์วีสดี, 2546: 42-44)

1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (transitional behavior หรือ E_1) คือ ประเมินผลต่อเนื่องประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า “ กระบวนการ ” (process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม และรายบุคคล ซึ่งได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2) ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (terminal behavior หรือ E_2) คือ ประเมินผลผลลัพธ์ (products) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน การกำหนดค่าประสิทธิภาพ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งการที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็น ทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น

9.1.6.2 เกณฑ์มาตรฐานของบทเรียน เพื่อประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของบทเรียนสามารถกำหนดคร่าว ๆ ได้ดังนี้

- 1) บทเรียนสำหรับเด็กเล็ก ควรกำหนดระหว่าง ร้อยละ 95-100
- 2) บทเรียนที่เป็นเนื้อหาวิชาทฤษฎี หลักการ มโนคติ และ เนื้อหาพื้นฐานสำหรับวิชาอื่น ๆ ควรกำหนดไว้ระหว่าง ร้อยละ 90-95
- 3) บทเรียนที่มีเนื้อหาวิชายากและซับซ้อนต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษามากกว่าปกติ ควรกำหนดไว้ระหว่างร้อยละ 85-90
- 4) บทเรียนวิชาปฏิบัติ วิชาประลอง หรือวิชาทฤษฎีกึ่งปฏิบัติ ควรกำหนดไว้ระหว่าง ร้อยละ 80-85
- 5) บทเรียนสำหรับบุคคลทั่วไป ไม่ระบุกลุ่มเป้าหมายที่แน่นอน ควรกำหนดไว้ระหว่าง ร้อยละ 80-85 (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545: 329-330)

9.1.6.3 การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ หาได้จากสูตร

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

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$	แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด หรืองาน
A	แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน
N	แทน จำนวนผู้เรียน

$$\text{หาค่า } E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$	แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน
B	แทน คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน
N	แทน จำนวนผู้เรียน

9.1.6.4 การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำ สื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) ไปและทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

1) การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตาม ขั้นตอนที่กำหนดไว้ในระบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2) การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพการใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์ การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลออกมาเป็นจำนวนมาก

9.1.7 หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้และผลิตสื่อการเรียนการสอน

สุรชาภรณ์ พรหมจันทร์ (2545: 93) กล่าวถึงหลักเกณฑ์เบื้องต้นในการพิจารณาเลือกใช้สื่อในการเรียนการสอนไว้ 4 ประการ พอสรุปได้ดังนี้

1. ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชา
2. ต้องสอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน
3. ต้องสอดคล้องกับความคุ้มค่าในการใช้
4. ต้องสอดคล้องกับสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบ

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526: 157) ได้ให้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อในการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ต้องมีความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายและเรื่องที่สอน
2. ต้องมีความเหมาะสมกับความรู้อะดับและประสบการณ์ของผู้เรียน
3. ต้องเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน
4. เนื้อหาและวิธีใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน
5. น่าสนใจ ทันสมัยและไม่ซับซ้อน
6. เนื้อหาที่มีความถูกต้อง
7. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
8. มีเทคนิคการผลิตที่ดี เช่น ขนาด สี เสียง ภาพ ความเป็นจริง และการจูงใจ
9. สามารถนำเขาร่วมในการเรียนการสอนได้ดี

10. ถ้ามี่สื่อการสอนหลายอย่างในเรื่องเดียวกันให้พิจารณาว่าสื่อใดให้ความรู้ความเข้าใจ แก่ผู้เรียนได้ดีที่สุดละไมเวลาอันสั้นที่สุด งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิเวท คำจันทร์สงค์ (2545: 41-42) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชา ทฤษฎีเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนจำอากาศผลการวิจัยปรากฏว่า การสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.66/80.10 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ตามการทดสอบด้วยสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องมาจากชุดการสอนที่สร้างขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ชุดการสอนมีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และมีเนื้อหาครอบคลุมหลักสูตร จึงได้ชุดการสอนที่สมบูรณ์ และยังพบว่าประสิทธิภาพของคะแนนแบบฝึกหัด (E_1) มีค่ามากกว่าแบบทดสอบ (E_2) เพราะว่าแบบฝึกหัดจะแบ่งออกเป็น ๆ ทำให้ไม่สับสน ในการทำแต่ละครั้งจำนวนแบบฝึกหัดมีจำนวนน้อย ส่วนแบบทดสอบเป็นคำถามหลายหน่วยรวมกันทำให้มีจำนวนมาก ระยะเวลาห่างจากการเรียนมาก ทำให้มีปัญหาในด้านความจำเกิดการลืมเลือนเนื้อหาบางส่วน

โยธิน ป้อมปรกาการ (2558: 79-88) ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนวิชาอุปกรณ์และการออกแบบ สำหรับนักศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และประสิทธิภาพชุดการสอนเท่ากับ 84.89/84.06 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80

ศิวกร แก้วรัตน์ (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่องวงจรนับแบบใช้บอร์ด CPLD สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผลการวิจัย พบว่า 1. การศึกษาสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการสอนดิจิทัล เรื่องวงจรนับแบบใช้บอร์ด CPLD กลุ่มตัวอย่างได้คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 16.83 และคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 24.25 มีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 7.42 2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดการสอนดิจิทัล เรื่องวงจรแบบนับการใช้บอร์ด CPLD มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3. ชุดการสอนเรื่องวงจรนับแบบใช้บอร์ด CPLD มีประสิทธิภาพชุดการสอน(E_1/E_2) เท่ากับ 82.22/80.83 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

10. วิธีดำเนินโครงการ

10.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการดำเนินโครงการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

10.1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

10.1.1.1 คำแนะนำในการใช้

10.1.1.2 แผนการสอน

10.1.1.3 ใบเนื้อหา

10.1.1.4 แบบฝึกหัดท้ายบท

10.1.1.5 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

10.2 สื่อการเรียนการสอน ประกอบด้วย

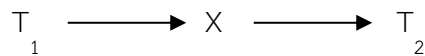
10.2.1 สไลด์นำเสนอ Power Point

10.2.2 สื่อ เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า

10.2.3 ห้องเรียนแผนกช่างอุตสาหกรรม โรงเรียนกุศุดินจีพิทยาคม

10.3 การออกแบบโครงการ

10.3.1 แบบแผนการทดลอง การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองแบบ The One-Group Pretest-Posttest Design ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้ (ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 249)

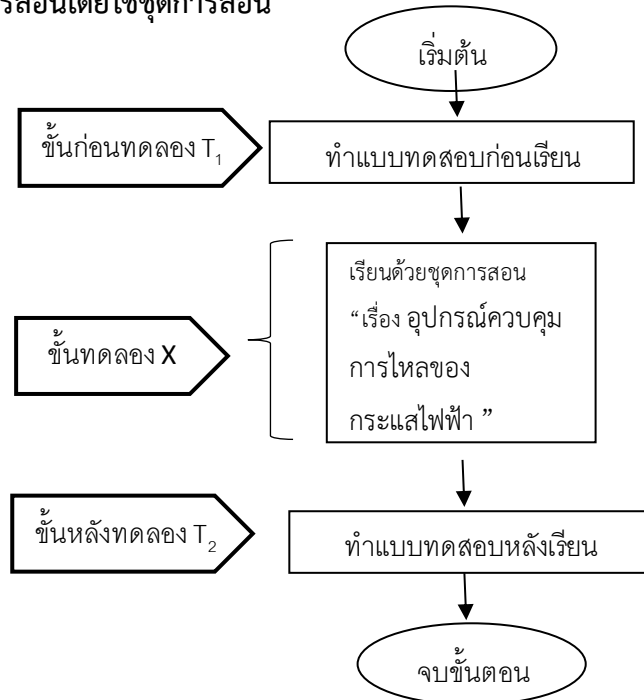


เมื่อ T_1 แทน การทดสอบก่อนที่จะจัดกระทำทดลอง (Pretest)

X แทน การจัดกระทำ (สอนโดยใช้สื่อการสอน) (Treatment)

T_2 แทน การทดสอบหลังจากที่จัดกระทำทดลอง (Posttest)

ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน



ภาพประกอบที่ 1 แสดงขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอน

10.4 ขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการ

- 10.4.1 ศึกษาข้อมูลพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.2 ออกแบบสื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.3 สร้างสื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.5 ทดสอบก่อนเรียนพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.6 ประเมินผลก่อนเรียนพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.7 สอนโดยใช้สื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.8 ทดสอบหลังเรียนพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.9 ประเมินผลหลังเรียนพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า
- 10.4.10 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

10.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติที (t-test) จากสูตร (ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 104)

10.5.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

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

เมื่อ	D	แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียน
	$\sum D$	แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียน
	N	แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	df	เท่ากับ N-1

11. ระยะเวลา

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เริ่มสัปดาห์ที่ 11 คาบเรียนที่ 2 และคาบเรียนที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 คาบเรียนที่ 2 และคาบเรียนที่ 8 ณ ห้องปฏิบัติการ ไมโครเซสเซอร์ สาขาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

12. แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	1 เดือน	ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
2. ออกแบบชุดการสอน	1 เดือน	ออกแบบชุดการสอน ปรีक्षा อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
3. ดำเนินการ	2 สัปดาห์	ลงพื้นที่เอาชุดการสอนไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย	โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม
4. เก็บรวบรวมข้อมูล / วิเคราะห์	3 วัน	ทดสอบก่อนเรียน ให้ความรู้แก่นักเรียน ใช้สื่อในการสอน ทำใบงาน ทดสอบหลังเรียน	โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม

5.สรุปผลและจัดทำรูปเล่ม	1 เดือน	นำผลรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ผลกับอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
-------------------------	---------	---	----------------------

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	ลงพื้นที่	2 ครั้ง		1,000
2	เก็บและรวบรวมข้อมูล	3 วัน		800
3	ผลิตสื่อ/ชุดการสอน	1 ชุด		1,500
4	ทดลอง	3 วัน		1,500
5	จัดทำรูปเล่ม	3 เล่ม		500
รวม				5,300

15. เอกสารอ้างอิง

- กิดานันท์ มลิทอง. (2546). นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โยธิน ป้อมปราการ. (2558). รายงานผลการพัฒนาชุดการสอนวิชาอุปกรณ์และการออกแบบ สำหรับนักศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. vol.9 (2). 79-88.
- วิเวท คำจันทร์สงค์. (2545). การสร้างและหา ประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาทฤษฎีเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพโรงเรียนจำอากาศ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ไฟฟ้าบัณฑิต วิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ศิวกร แก้วรัตน์ (2563) การสร้างชุดการสอนเรื่องวงจรนับแบบใช้บอร์ด CPLD สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏวิจัย ประจำปี 2563. วันที่ 17-18 สิงหาคม 2563. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

1. **ชื่อโครงการ** การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง แผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู
Development the instructional package for Home Electrical Circuit Demonstration on Mattayom 5 Kuddinchipittayakom School, Naklang District Nongbumlamphu Province

2. **ประเภทการประกวด**

ด้านอุตสาหกรรมศิลป์

3. **ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา**

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวทิพรัตน์ พิมพ์โพธิ์พันธ์ รหัส 6080170132
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์ หมู่เรียน ค.6013
โทรศัพท์ 098-1420710 E-mail sb6080170132@lru.ac.th

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นางสาวสุชามาศ ชูยจิม รหัส 6080170125
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์ หมู่เรียน ค.6013
โทรศัพท์ 062-1974856 E-mail sb6080170125@lru.ac.th

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร แก้วรัตน์
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4. **สถานที่ดำเนินโครงการและเก็บข้อมูล**

- 4.1 สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
- 4.2 โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู

5. **ที่มาและความสำคัญของโครงการ**

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่จำเป็นของประชาชนทั่วไปในปัจจุบันและมีความสำคัญต่อภาคการผลิต ธุรกิจอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากแต่เนื่องจากประเทศไทยไม่ได้มีแหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศมากขึ้นพอกับความต้องการทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่โดยจากข้อมูลกระทรวงพลังงานพบว่าประเทศไทยยังมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.2 ต่อปี(สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2554) นอกจากจะให้แสงสว่างเวลาค่ำคืนแล้ว ยังให้ความร้อนในการทงู้งต้มและรีดผ้า ใช้ในการหมนมอเตอร์เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องปั่น และ

เครื่องทำความเย็น ไฟฟ้าจึงมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของคนเรา แผงสาดิตวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน ประกอบด้วย วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ วงจรไฟฟ้าแบบขนาน วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และวงจรสวิตซ์ 2 ทาง โดยการนำชุดการสอน เรื่องแผงสาดิตวงจรไฟฟ้าภายในบ้านมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันจะต้องทำการต่อ วงจรไฟฟ้า ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 วงจร (1) วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ (2) วงจรไฟฟ้าแบบ (3) วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (4) วงจรไฟฟ้าสวิตซ์ 2 ทางคณะผู้วิจัย พบว่า แหล่งข้อมูลที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมต่าง ๆ ไม่เพียงพอ ไม่มีสื่อประกอบการสอน นอกจากนี้ยังพบปัญหาอีกว่า ทำให้ผู้สอนต้องใช้เวลาส่วนหนึ่ง ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อปูพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นให้กับผู้เรียนในด้านของวัสดุ อุปกรณ์ และสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอน มีไม่เพียงพอ เอกสารตำราต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ประกอบการสอนไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะนำมาสอนและราคา ค่อนข้างแพง ซึ่งชุดการเรียนเป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่งที่จะช่วยให้ครูดำเนินการสอนไปตามขั้นตอน สามารถถ่ายทอด เนื้อหาประสบการณ์ที่สับสนและเป็นรูปธรรมได้ ช่วยให้ผู้เรียนได้ มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และยังเป็นเครื่องมือสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ให้มีกิจกรรมร่วมกัน โดยยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (อัญชญา โพธิพลการ 2545) ทั้งนี้ เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าแต่ละ สถานศึกษาจะได้รับการสนับสนุนสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นหนังสือ วัสดุอุปกรณ์ในการสอน วีดิทัศน์ คอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ต แต่ปัญหาในเรื่องการมีสื่อประกอบการสอนที่ไม่เพียงพอ ก็ยังมีให้เห็นอยู่ทั่วไปตาม สถานศึกษา ซึ่งทางคณะผู้วิจัย ได้ลงพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้บริหารและอาจารย์ผู้สอน ประจำรายวิชาของ โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยปัญหาพบว่า สื่อการสอนมีอายุการใช้งานมา นาน มีหลายอย่างที่ใช้งานไม่ได้ ประกอบกับโรงเรียนขาดงบประมาณในการจัดหาสื่อใหม่ทดแทน ซึ่งการจัดการ เรียนการสอนที่ไม่มีสื่อประกอบการสอนที่เพียงพอ จะทำให้ผู้เรียนไม่สามารถมีภาพหรือเห็นสื่อประกอบการ สอนในรูปแบบธรรมได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสาดิตวงจรไฟฟ้า ภายในบ้าน เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ เข้าใจและเห็นภาพประกอบจากสื่อการสอนของจริง และเป็นเครื่องมือ ช่วยการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความ เข้าใจมากยิ่งขึ้นและเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

6. วัตถุประสงค์โครงการ

- 6.1 เพื่อได้พัฒนาชุดการสอน เรื่องแผงสาดิตวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน
- 6.2 เพื่อเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน เรื่องแผงสาดิตวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน
- 6.3 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องแผงสาดิตวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 8.1 ได้ชุดการสอนเพื่อนำไปใช้ประกอบในการจัดการเรียนสอน
- 8.2 เป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน
- 8.3 เป็นการเรียนการสอนที่สอดคล้องในศตวรรษที่ 21

8. ขอบเขตของโครงการ

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คณะผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตวิจัยไว้ดังนี้

8.1 กลุ่มเป้าหมายได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 20 คน

8.2 ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรที่ใช้ศึกษาค้นคว้าประกอบด้วย

8.2.1 ตัวแปรต้น คือ ชุดการสอนซึ่งเป็นรูปแบบชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่อง แผงสาริตวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

8.2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิภาพชุดการสอน

8.3 เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยหัวข้อเรื่อง ดังนี้

8.3.1 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์

8.3.2 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

8.3.3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

8.3.4 วงจรสวิตซ์ 2 ทาง

9. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้คือ

9.1 ชุดการสอน

9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

9.1 ชุดการสอน

9.1.1 ความหมายของชุดการสอน

ชุดการสอน (Instructional package) เป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่งซึ่งเป็นชุดของสื่อประสม (multi-media) (หมายถึงการใช้สื่อการสอนตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ตามที่ต้องการ ชื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดเอาไว้) ที่จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามหัวข้อเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับ โดยจัดเอาไว้เป็นชุด ๆ บรรจุอยู่ในซอง หรือกล่อง หรือกระเป่า (วารุ เพ็งสวัสดิ์, 2546 : 34-36)

ชุดการสอน เป็นสื่อการสอนที่ได้จากระบบการผลิต และการนำสื่อการสอนที่สอดคล้องกับ วิชาหน่วย หัวเรื่อง และวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ, 2540: 114)

ชุดการสอน หมายถึง ระบบการผลิต และการใช้สื่อประสมอย่างเป็นระบบโดยให้สอดคล้อง กับวิชา หน่วย และหัวข้อเรื่องนั้น ๆ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนประกอบด้วย คู่มือครู เนื้อหาข้อมูลที่เชื่อถือได้ แบบฝึกหัด และมีการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนเอาไว้อย่างครบครัน เพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชลียา ลิมปายากร, 2540: 293)

จากความหมายของชุดการสอนที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ชุดการสอนหมายถึง ชุดสื่อประสมที่ถูก พัฒนาขึ้นมาอย่างเป็นระบบโดยมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาในหลักสูตร ชุดการสอนถูกนำไปใช้ในระบบการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

9.1.2 ประเภทและองค์ประกอบของชุดการสอน

ชุดการสอนแบ่งตามลักษณะการนำไปใช้ได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

9.1.2.1 ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เป็นชุดการสอนที่มุ่งช่วยขยายเนื้อหาสาระการสอนแบบบรรยายให้ชัดเจนขึ้น ช่วยให้ผู้สอนพูดน้อยลงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม การเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น สิ่งที่ใช้อาจเป็น แผ่นภาพ แผนภูมิ แผ่นภาพโป่งใส และภาพยนตร์โทรทัศน์ ส่วนใหญ่ชุดการสอนประเภทนี้มักจะบรรจุในกล่องที่มีขนาดพอเหมาะ กับจำนวนของสื่อประกอบด้วย

1) คู่มือครู ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตร วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดของเนื้อหาวิชา ขั้นตอนกิจกรรมหรือวิธีสอน รายการบอกชนิดของสื่อ และคำแนะนำการใช้สื่อการสอนตามลำดับ

2) สื่อการเรียนการสอน(Instructional Media) จะถูกนำไปใช้ประกอบการสอน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ สื่อการเรียนการสอนมีหลายชนิดแต่ชนิดจะช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนให้ได้ผล จะต้องได้รับการคัดเลือกอย่างเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

3) แบบฝึกหัด (Workbook) จะถูกนำไปใช้เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าทางการเรียน ภายหลังจบการเรียนการสอน อาจแยกเป็นชุด ๆ หรือรวมกันเป็นเล่มก็ได้

4) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest) จะถูกนำไปใช้เพื่อวัด ประเมินผลการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนครบทุกเนื้อหาของชุดการสอนแล้ว

9.1.2.2 ชุดการสอนสำหรับกลุ่มกิจกรรม ชุดการสอนสำหรับกลุ่มกิจกรรมเป็นชุดการสอนที่มุ่งให้ ผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน เช่น ในห้องเรียนกิจกรรมที่อยู่ในรูปของศูนย์การเรียน (Learning center) ผู้เรียนจะเรียนจาก การทำกิจกรรมการเรียนร่วมกันตามสื่อและหัวข้อที่กำหนดไว้ ชุดการสอนประเภท นี้จะ ประกอบ ด้วยชุดย่อย ๆ ที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์กิจกรรม

นั้น ๆ บทบาทของครูจะเป็นเพียงผู้จัดเตรียมประสบการณ์ ผู้ประสานงาน และผู้ตอบคำถาม เมื่อจบการเรียนแต่ ละศูนย์แล้วผู้เรียนอาจจะสนใจในการเรียนเสริมจากศูนย์สำรองที่เตรียมไว้เพื่อไม่เป็นการเสียเวลาที่ต้องรอคอย ในขณะที่กลุ่มอื่นยังเรียนไม่เสร็จในแต่ละศูนย์ (รุ่งทิวา จักรกร, 2527: 88) ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่มนี้จะใช้ ร่วมกับการสอนแบบศูนย์การเรียน โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1) คู่มือครู เป็นสิ่งช่วยการสอนแบบศูนย์การเรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในคู่มือ ครูจะมีคำชี้แจงสำหรับครู สิ่งที่ครูต้องจัดเตรียมบทบาทของผู้เรียนการจัดชั้นเรียนพร้อมแผนผัง แผนการสอน เนื้อหาสาระประจำศูนย์ต่าง ๆ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังการเรียน

2) สื่อสำหรับศูนย์กิจกรรม จะมีบัตรคำสั่ง บัตรกิจกรรม บัตรเนื้อหา บัตรคำถาม หรือ บัตรนำอภิปราย และบัตรเฉลย รวมทั้งสื่อการเรียนอื่น ๆ เช่นรูปภาพ แบบเรียน เป็นต้น

3) แบบฝึกหัด แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรม อาจแยกเป็นชุดหรือรวม เป็นเล่มก็ได้

9.1.2.3 ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเอง ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล อาจจะเป็นการเรียนภายในโรงเรียน หรือที่บ้านก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ตามความสามารถ ความสนใจและความพร้อมของตนเอง เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบเพื่อประเมินผล ความก้าวหน้าและศึกษาชุดอื่นต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ระหว่างผู้ชี้แนะ แนวทางการ เรียน (สมหญิง เจริญจิตรกรรม, 2532: 66)

9.1.2.4 ชุดการสอนทางไกล เป็นชุดการสอนที่ผู้สอนกับผู้เรียนอยู่ต่างถิ่นต่างเวลากันมุ่งสอนให้ ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองโดยไม่ต้องมาเข้าเรียนในชั้นเรียน ประกอบด้วยสื่อประเภทสิ่งพิมพ์ รายการ วิทยูกระจายเสียง วิทยูโทรทัศน์ ภาพยนตร์ และการสอนเสริมตามศูนย์บริการการศึกษา เช่น ชุดการสอนทางไกล ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (ชัยยงค พรหมวงศ และคณะ, 2540: 118)

9.1.3 ประโยชน์ของชุดการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้

9.1.3.1 ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหา และประสบการณ์ที่สลับซับซ้อน โดยมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมสูง เช่น การทำงานของเครื่องกล อวัยวะในร่างกาย หรือการเจริญเติบโตของสัตว์ชั้นต่ำ ลักษณะเช่นนี้ผู้สอนจะไม่สามารถถ่ายทอดหรือบรรยายได้ดี (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ, 2540: 121)

9.1.3.2 ทำให้ครูมีเวลาเพียงพอในการเตรียมการสอน และค้นคว้าเพิ่มเติมให้เป็นไปตามที่ชุดการสอนระบุไว้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอน รวมทั้งมีเวลาในการตรวจแบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบ แทนที่ทุ่มเวลาในการทำสื่อการเรียนการสอนโดยเฉพาะครูที่ไม่มีความสามารถในด้านนี้จะเป็นปัญหามาก และในที่สุดจะไม่ยอมใช้สื่อการเรียนการสอน (วาสนา ชาวหา, 2525: 139)

9.1.3.3 ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกัน ผู้สอนแต่ละคนย่อมมีความรู้และความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ในเรื่องเดียวกันแตกต่างกัน ผู้เรียนอาจได้รับความรู้และรายละเอียดต่าง ๆ คนละแนวทางกัน ชุดการสอนมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนที่เป็นพฤติกรรม มีข้อเสนอแนะกิจกรรมการใช้สื่อ และข้อสอบเพื่อประเมินพฤติกรรมไว้อย่างพร้อมมูล (นิพนธ์ สุขปรีดี, 2520: 63)

9.1.4 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

การสร้างชุดการสอนโดยทั่วไปมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ (บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545: 97-99)

9.1.4.1 กำหนดหมวดหมู่เนื้อหา และประสบการณ์อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามที่เหมาะสม

9.1.4.2 กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอนโดยประมาณ เนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์ หรือ หนึ่งครั้ง

9.1.4.3 กำหนดหัวเรื่อง ผู้สอนจะต้องถามตนเองว่าการสอนแต่ละหน่วยควรให้ประสบการณ์อะไรกับผู้เรียนบ้าง แล้วกำหนดหัวข้อเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

9.1.4.4 กำหนดความคิดรวบยอดและหลักการ จะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุป รวมแนวคิด สารและหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาที่สอนให้สอดคล้องกัน

9.1.4.5 กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวข้อเรื่อง โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อน แล้วจึงเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ต้องมีเงื่อนไข และเกณฑ์พฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

9.1.4.6 กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางในการเลือกและการผลิตสื่อการเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง การตอบคำถาม การทดลองทางวิทยาศาสตร์ การเล่นเกม เป็นต้น

9.1.4.7 กำหนดแบบประเมินผล แบบประเมินผลต้องตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้การสอบแบบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมมาเรียบร้อยแล้วผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

9.1.4.8 เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนของแต่ละหัวข้อเรื่องแล้ว ก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพเรียกว่า ชุดการสอน

9.1.4.9 หาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อเป็นหลักประกันว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจึงต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นล่วงหน้า โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นการช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนให้บรรลุผล

9.1.5 ขั้นตอนการใช้ชุดการสอน

ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุง และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้แล้ว สามารถนำไปสอนผู้เรียนได้ตามประเภทของชุดการสอนและระดับการศึกษา โดยกำหนดขั้นตอนการใช้ได้ดังนี้

9.1.5.1 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อพิจารณาพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน

9.1.5.2 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

9.1.5.3 ชี้แจงประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ (ขั้นสอน) ผู้สอนบรรยาย หรือ แบ่งกลุ่มประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

9.1.5.4 ชี้แจงสรุปผลการสอน เพื่อสรุปความคิดรวบยอดและหลักการที่สำคัญ

9.1.5.5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อดูพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไปแล้ว

9.1.6 เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพชุดการสอน

9.1.6.1 ความหมายเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้ว ก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท (วาโร เฟิงส์วีสดี, 2546: 42-44)

1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (transitional behavior หรือ E1) คือ ประเมินผลต่อเนื่องประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า “ กระบวนการ ” (process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม และรายบุคคล ซึ่งได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2) ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (terminal behavior หรือ E2) คือ ประเมินผลผลลัพธ์ (products) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน การกำหนดค่าประสิทธิภาพ E1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งการ

ที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็น ทักษะอาจจะตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น

9.1.6.2 เกณฑ์มาตรฐานของบทเรียน เพื่อประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของบทเรียน สามารถกำหนดคร่าว ๆ ได้ดังนี้

- 1) บทเรียนสำหรับเด็กเล็ก ควรกำหนดระหว่าง ร้อยละ 95-100
- 2) บทเรียนที่เป็นเนื้อหาวิชาทฤษฎี หลักการ มโนคติ และ เนื้อหาพื้นฐานสำหรับวิชาอื่น ๆ ควรกำหนดไว้ระหว่าง ร้อยละ 90-95
- 3) บทเรียนที่มีเนื้อหาวิชายากและซับซ้อนต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษามากกว่าปกติ ควรกำหนดไว้ระหว่างร้อยละ 85-90
- 4) บทเรียนวิชาปฏิบัติ วิชาประลอง หรือวิชาทฤษฎีถึงปฏิบัติ ควรกำหนดไว้ระหว่าง ร้อยละ 80-85
- 5) บทเรียนสำหรับบุคคลทั่วไป ไม่ระบุกลุ่มเป้าหมายที่แน่นอน ควรกำหนดไว้ระหว่าง ร้อยละ 80-85 (มนต์ชัย เทียนทอง, 2545: 329-330)

9.1.6.3 การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ หาได้จากสูตร

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

หาค่า

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

- $\sum x$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัด หรืองาน
- A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน
- N แทน จำนวนผู้เรียน

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

หาค่า

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

- $\sum F$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน
- B แทน คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน
- N แทน จำนวนผู้เรียน

9.1.6.4 การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำ สื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) ไปและทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

1) การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตาม ขั้นตอนที่กำหนดไว้ในระบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2) การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพการใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์ การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิออกมาเป็นจำนวนมาก

9.1.7 หลักเกณฑ์ในการเลือกใจและผลิตสื่อการเรียนการสอน

สุราษฎร์ พรหมจันทร์ (2545: 93) กล่าวถึงหลักเกณฑ์เบื้องต้นในการพิจารณาเลือกใจสื่อในการเรียนการสอนไว้ 4 ประการ พอสรุปได้ดังนี้

1. ต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชา
2. ต้องสอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน
3. ต้องสอดคล้องกับความคุ้มค่าในการใช้
4. ต้องสอดคล้องกับสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบ

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526: 157) ได้ให้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อในการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ต้องมีความสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายและเรื่องที่สอน
2. ต้องมีความเหมาะสมกับความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียน
3. ต้องเหมาะสมกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียน
4. เนื้อหาและวิธีใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน
5. น่าสนใจ ทันสมัยและไม่ซับซ้อน
6. เนื้อหามีความถูกต้อง
7. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
8. มีเทคนิคการผลิตที่ดี เช่น ขนาด สี เสียง ภาพ ความเป็นจริง และการจูงใจ
9. สามารถนำเขาร่วมในการเรียนการสอนได้ดี

10. ถ้ามีสื่อการสอนหลายอย่างในเรื่องเดียวกันให้พิจารณาว่าสื่อใดให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้เรียนได้ดีที่สุดละไมเวลาอันสั้นที่สุด

9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิเวท คำจันทร์สงค์ (2545: 41-42) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาทฤษฎีเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนจ่าอากาศผลการวิจัยปรากฏว่าการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.66/80.10 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ตามการทดสอบด้วยสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากชุดการสอนที่สร้างขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ชุดการสอนมีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และมีเนื้อหาครอบคลุมหลักสูตร จึงได้ชุดการสอนที่สมบูรณ์ และยังพบว่าประสิทธิภาพของคะแนนแบบฝึกหัด (E1) มีค่ามากกว่าแบบทดสอบ (E2) เพราะว่าแบบฝึกหัดจะแบ่งออกเป็น ๆ ทำให้ไม่สับสน ในการทำแต่ละครั้งจำนวนแบบฝึกหัดมีจำนวนน้อย ส่วนแบบทดสอบเป็นคำถามหลายหน่วยรวมกันทำให้มีจำนวนมาก ระยะเวลาห่างจากการเรียนมาก ทำให้มีปัญหาในด้านความจำเกิดการลืมเลือนเนื้อหาบางส่วน

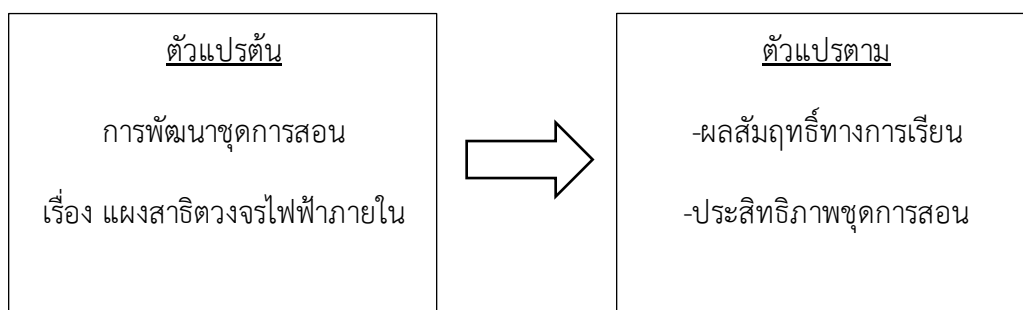
ดลฤดี วิบูลพัฒนาพฤษ (2546: 65-67) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนหลักสูตรเทคโนโลยีสมาร์ตการ์ดและการประยุกต์ใช้งาน ตามหลักสูตรสถาบันวิชาการ ทศท. บริษัท ทศท.คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนหลักสูตรเทคโนโลยีสมาร์ตการ์ดและการประยุกต์ใช้งานที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.08/81.08 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และยังพบว่าแบบฝึกหัดหลังบทเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 80 ที่ตั้งไว้เพราะผู้เข้ารับการฝึกอบรมยังจำเนื้อหาได้ดีอยู่ เนื่องจากพึ่งผ่านการเรียนการสอนมาใหม่ๆ ส่วนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์นั้น ทำหลังจากจบบทเรียนในทุกหัวข้อวิชาแล้ว เนื้อหาวิชานั้นมีหลากหลาย แต่ละหัวข้อวิชาที่มีรายละเอียดของเนื้อหามาก และถูกจำกัดด้วยเวลา ซึ่งอาจทำให้เกิดความสับสนในเนื้อหาเมื่อพิจารณาผลคะแนนของแบบฝึกหัดหลังบทเรียนของทั้ง 3 หัวข้อวิชาแล้ว เห็นได้ว่าหัวข้อที่ 1 เทคโนโลยีสมาร์ตการ์ด มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ร้อยละ 84.76 ซึ่งอาจมีผลมาจากเนื้อหาของหัวข้อนี้กำลังได้รับความสนใจในการนำมาใช้งาน เนื้อหาที่เข้าใจง่าย รองลงมาคือ หัวข้อที่ 3 การประยุกต์ใช้งานของสมาร์ตการ์ด มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.85 เนื่องจากเนื้อหาของหัวข้อวิชานี้มีเนื้อหามากและหลากหลาย สำหรับการนำเทคโนโลยีสมาร์ตการ์ดมาประยุกต์ใช้งาน และหัวข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ หัวข้อที่ 2 ระบบการจัดการและความปลอดภัยของข้อมูล มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.25 เนื่องจากเนื้อหาจะลงรายละเอียดทางด้านเทคนิค

โยธิน ป้อมปราการ (2558: 79-88) ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนวิชาอุปกรณ์และการออกแบบสำหรับนักศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และประสิทธิภาพชุดการสอน เท่ากับ 84.89/84.06 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80

ศิวกร แก้วรัตน์ (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่องวงจรมัลติเพล็กซ์แบบใช้บอร์ด CPLD สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ผลการวิจัย พบว่า 1. การศึกษาสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการสอนดิจิทัล เรื่องวงจรมัลติเพล็กซ์แบบใช้บอร์ด CPLD กลุ่มตัวอย่างได้คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 16.83 และคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 24.25 มีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 7.42 2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยใช้ชุดการสอนดิจิทัล เรื่องวงจรมัลติเพล็กซ์แบบใช้บอร์ด CPLD มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบเรียนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3. ชุดการสอนเรื่องวงจรมัลติเพล็กซ์แบบใช้บอร์ด CPLD มีประสิทธิภาพชุดการสอน(E1/E2) เท่ากับ 82.22/80.83 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

9.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำเอาหลักการต่าง ๆ มาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย รายละเอียดดังภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

10. วิธีดำเนินโครงการ

ในการจัดทำโครงการนี้ ผู้จัดทำโครงการพัฒนาชุดการสอน เรื่อง แผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้านมีวิธีดำเนินงานโครงการ ตามขั้นตอนดังนี้

10.1. คู่มือครู ประกอบด้วย

10.1.1 คำแนะนำในการใช้

10.1.2 แผนการสอน

10.1.3 ใบเนื้อหา

10.1.4 แบบฝึกหัดท้ายบท

10.1.5 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

10.2 สื่อการเรียนการสอน ประกอบด้วย

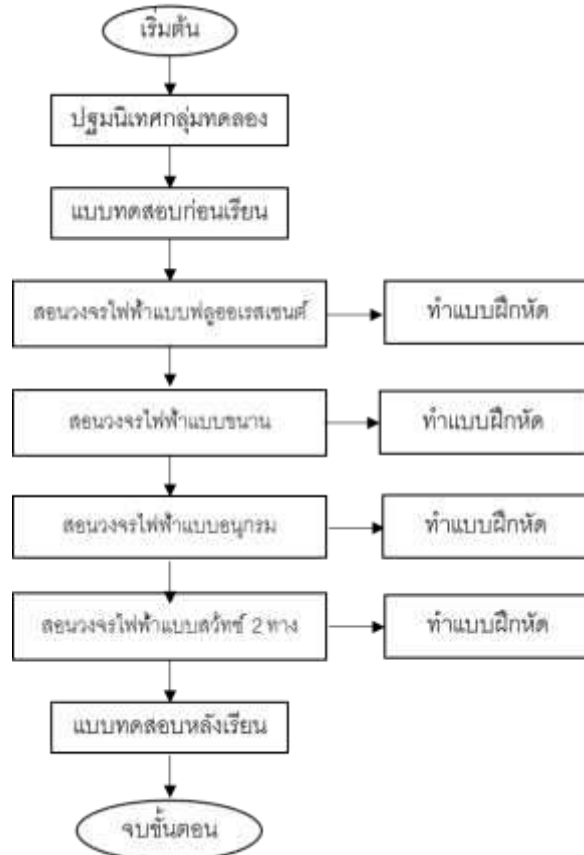
10.2.1 สไลด์นำเสนอเพาเวอร์พอยต์

10.2.2 สื่อ เรื่อง แผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

10.2.3 ห้องเรียนแผนกช่างอุตสาหกรรม โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาคม

10.3 การออกแบบโครงงาน

10.3.1 โครงการเชิงทดลองรูปแบบ The one-Group Pretest-Posttest Design รายละเอียดดังภาพที่ 2 ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

10.4 ขั้นตอนวิธีการดำเนินโครงการ

10.4.1 ศึกษาข้อมูลพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

10.4.2 ออกแบบสื่อพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

10.4.3 สร้างสื่อพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

10.4.4 ทดสอบก่อนเรียนพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

10.4.5 ประเมินผลก่อนเรียนพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายใน

บ้าน

10.4.6 สอนโดยใช้สื่อพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

10.4.7 ทดสอบหลังเรียนพัฒนาชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องแผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

12. ระยะเวลา

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เริ่มสัปดาห์ที่ 11 คาบเรียนที่ 2 และคาบเรียนที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 คาบเรียนที่ 2 และคาบเรียนที่ 8 ณ ห้องปฏิบัติการไมโครเซสเซอร์ สาขาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

13. แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลา	วิธีดำเนินการ	สถานที่
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	1 เดือน	ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
2. ออกแบบชุดการสอน	2 สัปดาห์	ออกแบบชุดการสอน ปรัชษาอาจารย์ที่ ปรัชษาโครงการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
3. ดำเนินการ	2 สัปดาห์	ลงพื้นที่เอาชุดการสอนไปทดลองกับ กลุ่มเป้าหมาย	โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาค คม
4. เก็บรวบรวมข้อมูล/แปลผล	1 สัปดาห์	-ทดสอบก่อนเรียน -ให้ความรู้แก่นักเรียน -ใช้สื่อในการสอน -ทดสอบหลังเรียน	โรงเรียนกุดดินจี่พิทยาค คม
5. สรุป	1 สัปดาห์	นำผลรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ผลกับ อาจารย์ที่ปรัชษาโครงการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

14. งบประมาณ

ลำดับ	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย	จำนวน (บาท)
1	ลงพื้นที่	2 ครั้ง	-	1,000
2	ผลิตสื่อ/ชุดการสอน	1 ชุด	-	2,000
3	เก็บและรวบรวมข้อมูล	2 วัน	-	1,000
4	ทดลอง	2 วัน	-	1,500
5	จัดทำรูปเล่ม	3 เล่ม	-	500
รวม				6,000

15. เอกสารอ้างอิง

- โยธิน ป้อมปราการ. (2558). รายงานผลการพัฒนาชุดการสอนวิชาอุปกรณ์และการออกแบบ สำหรับนักศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา. vol.9 (2). 79-88.
- วิเวท คำจันทร์สงค์. (2545). การสร้างและหา ประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาทฤษฎีเครื่องมือวัดไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพโรงเรียนจำอากาศ. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ศิวกร แก้วรัตน์ (2563) การสร้างชุดการสอนเรื่องวงจรนับแบบใช้บอร์ด CPLD สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏวิจัย ประจำปี 2563. วันที่ 17-18 สิงหาคม 2563. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

1. ชื่อโครงการ การผลิตรูปลอกสีบนเคลือบ อุดมภูมิ 750 องศาเซลเซียส
บรรยากาศออกซิเดชัน เพื่อใช้ทำของที่ระลึกจังหวัดเลย
The Experiment Overglaze Decal Temperaturu 750°C Oxidation Firing
for Loei Province Souvenirs

2. ประเภทการประกวด

ด้านอุตสาหกรรมศิลป์

3. ผู้ดำเนินโครงการ/อาจารย์ที่ปรึกษา

3.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล นายณัฐพล ไชยพยวน รหัส 6080170109
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์ หมู่เรียน ค. 6013

3.2 สมาชิกโครงการ

ชื่อ-สกุล นายพงศกร อินแถลง รหัส 6080170118
สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์ หมู่เรียน ค. 6013

3.3 อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธพงษ์ นาคโสภณ
สาขาวิชา วิชาอุตสาหกรรมศิลป์
คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ของที่ระลึกไม่ได้มีหลักฐานใดกล่าวมาโดยตรง แต่อาศัยพฤติกรรมของมนุษย์ที่มีการแลกเปลี่ยน แบ่งปัน
สิ่งของต่าง ๆ แก่กันและกัน สืบเนื่องมาเป็นเวลานานในยุคเริ่มแรกอาจเป็นการแลกเปลี่ยนแบ่งปันสิ่งของที่ทำเป็น
ต่อการดำรงชีพ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่มหรือเครื่องมือในการประกอบอาชีพ เพื่อให้ผู้รับเกิดการระลึกนึกถึง ซึ่ง
อาจกล่าวได้ว่าของที่ระลึกนั้นมีการมอบแก่กันมานับแต่มนุษย์เกิดมา ราชบัณฑิตยสถาน ปี พ.ศ. 2542 ได้แยก
ความหมายของคำว่า ของ ซึ่งหมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับนำหน้านามที่เป็นผู้ครอบครอง ส่วนคำว่า
ระลึก หมายถึง คิดถึง นึกถึง เรื่องราวในอดีตได้ เช่น ระลึกถึงความหลัง เป็นต้น ดังนั้น คำว่าของที่ระลึกอาจ
หมายถึง สิ่งที่น่ามาใช้เป็นแรงจูงใจ กระตุ้นให้เกิดความคิดถึง นึกถึงเรื่องราวที่เกี่ยวข้อง (ประเสริฐ ศิลรัตน์,
2531) สื่อที่ใช้หวังผลทางด้านความทรงจำ ในสิ่งที่ผ่านมาในอดีต กลับมากระจางชัดในปัจจุบัน สัญลักษณ์แทน
บุคคล เหตุการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอดีต เพื่อกระตุ้นเตือนหรือให้นึกถึงอยู่เสมอ สิ่งของที่ทำให้คิดถึง
สถานที่ที่เคยไปสะท้อนให้เห็นเอกลักษณ์และประเพณีบางอย่าง แม้ว่าจะเรียกชื่ออย่างไรก็ตาม มีวัตถุประสงค์
การให้ที่แตกต่างกัน แต่ในความหมายที่แท้จริงก็คือการกระตุ้นเตือนให้เกิดความทรงจำซึ่งอยู่ในขอบข่าย ของที่
ระลึก

การทำพิมพ์เริ่มขึ้นในประเทศเยอรมนี ราวปลายปีคริสต์ศตวรรษที่ 18 จุดประสงค์ของการคิดค้นกรรมวิธีเพื่อประโยชน์ด้านการพิมพ์พานิชศิลป์ ต่อมาเมื่อศิลปินในยุโรปเริ่มนำวิธีการมาใช้ทำผลงานศิลปะนอกเหนือจากกรรมวิธีภาพพิมพ์ไม้ (Woodcut) และภาพพิมพ์โลหะล่องลึก (Intaglio หรือ Etching) ความนิยมจึงแพร่หลายในหมู่ศิลปินในประเทศอื่น ๆ เช่น รัสเซียและสหรัฐอเมริกาพร้อมกับการแพร่ขยายของธุรกิจการพิมพ์นั่นเอง ในปัจจุบันการทำรูปลอกเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางเพราะเป็นการพิมพ์ที่ทำได้ง่ายประหยัดและสวยงามสามารถนำไปใช้กับงานต่าง ๆ แทบทุกประเภท (สงกรานต์ แหยมแก้ว, 2542 : 3) ในการทำรูปลอกมีความเจริญก้าวหน้ามากเพราะมนุษย์มีการค้นคว้า ทดลองและมีเครื่องมือ ในการทำการทดลองที่อำนวยความสะดวกมากขึ้นทำให้รูปลอกเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นโดยรูปลอกสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น จำแนกตามจำนวนสีของรูปลอกแบ่งได้ดังนี้ คือ รูปลอกสีเดียว และรูปลอกหลายสี จำแนกตามชนิดของสี แบ่งได้ดังนี้คือ รูปลอกสีบนเคลือบ รูปลอกสีใต้เคลือบ และรูปลอกสีในเคลือบ และจำแนกตามลักษณะของภาพคือ ภาพลายเส้นภาพโทนนิ่งต่อเนื่อง และภาพผสม (วิเชียร ศิริประภาวัฒน์, 2533 : 75) โดยรูปลอกบนเคลือบเป็นที่นิยมกันมากเพราะทำได้ง่าย ใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วนำมาตกแต่งด้วยรูปลอกและเผาซ้ำอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 700-900 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่นิยมตกแต่งด้วยรูปลอกส่วนมากเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท ถ้วยกาแฟ จานรอง ถ้วยน้ำชา จาน ชาม ของที่ระลึกเนื่องในโอกาสต่าง ๆ และรูปลอกยังสามารถติดบนผลิตภัณฑ์แทบทุกพื้นผิว เช่น ผลิตภัณฑ์ผิวขรุขระ ผลิตภัณฑ์ผิวราบ ผลิตภัณฑ์ผิวโค้ง ผลิตภัณฑ์ผิวกันลื่น ตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่รูปร่างแปลก ๆ หรือรูปร่างไม่แน่นอน นอกจากนี้การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยรูปลอกยังเป็นการช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ด้านความงามอีกด้วย (สงกรานต์ แหยมแก้ว, 2542 : 4)

ดังนั้นผู้ทดลองมีความสนใจที่จะทำการทดลองทำรูปลอกสีบนเคลือบ มาตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อเป็นของที่ระลึกจังหวัดเลย เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวก ทำได้จำนวนมาก เก็บไว้ได้ในระยะเวลาอันนาน เมื่อเผาเสร็จแล้วจะมีสีสันที่สดใสสวยงามเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจเกี่ยวกับการทำรูปลอกสีบนเคลือบได้ศึกษาค้นคว้า ปฏิบัติ และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

5. วัตถุประสงค์โครงการ

- 5.1 เพื่อทดลองผลิตรูปลอกสีบนเคลือบอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน
- 5.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของรูปลอกสีบนเคลือบหลังการเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน
- 5.3 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำรูปลอกสีบนเคลือบ
- 5.4 เพื่อนำเอาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมมาทำรูปลอกสีบนเคลือบที่สามารถใช้ทำของที่ระลึกจังหวัดเลย

6. สมมติฐานโครงการ/คำถามโครงการ

คาดว่าจะได้รูปลอกสีบนเคลือบอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันที่มีเส้นที่คมชัด เกิดความมันวาวสวยงาม

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ทำให้ได้ของที่ระลึกของจังหวัดเลย จากรูปลอกสีบนเคลือบ

7.2 ทำให้ได้ข้อมูลการทำรูปลอกและส่วนผสมที่เหมาะสมของสีในการเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

8. ขอบเขตของโครงการ

เพื่อให้การทดลองครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้ทดลองจึงกำหนดขอบเขตการทดลองทำรูปลอกสีบนเคลือบอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

8.1 ประชากรที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

8.1.1 สีสำเร็จรูปบนเคลือบ

8.1.1.1 สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีดำ

8.1.1.2 สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีเขียว

8.1.1.3 สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีแดง

8.1.1.4 สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีเหลือง

8.1.1.5 สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีน้ำตาล

8.1.2 มิเดียม

8.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้จากการคำนวณการผสมของสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมิเดียม จำนวน 5 จุด

ตาราง 1 แสดงอัตราส่วนผสมของสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมิเดียมที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนผสมที่	1	2	3	4	5
สีสำเร็จรูปบนเคลือบ	50	60	70	80	90
มิเดียม	50	40	30	20	10
รวม	100	100	100	100	100

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 3)

8.3 ตัวแปรที่จะศึกษา

8.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ อัตราส่วนผสมของสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมิเดียที่มีสีความ แตกต่างกันในการทำ รูปลอกสีบนเคลือบ

8.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติของรูปลอกสีบนเคลือบภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน ได้แก่

8.3.2.1 การพองตัวของรูปลอกสีบนเคลือบ

8.3.2.3 ความมันวาวของรูปลอกสีบนเคลือบ

8.3.2.3 ความคมชัดของรูปลอกสีบนเคลือบ

8.3.2.4 การสุกตัวของรูปลอกสีบนเคลือบ

9. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 ความหมายของของที่ระลึก

ราชบัณฑิตยสถาน ปี พ.ศ. 2542 ได้แยกความหมายของคำว่า ของ ซึ่งหมายถึงสิ่งต่าง ๆที่ใช้สำหรับ นำหน้านามที่เป็นผู้ครอบครอง ส่วนคำว่า ระลึก หมายถึง คิดถึง นึกถึง เรื่องราวในอดีตได้ เช่น ระลึกถึงความหลัง เป็นต้น ดังนั้น คำว่าของที่ระลึกอาจหมายถึง สิ่งที่ทำให้เกิดความนึกถึงและคิดถึง

ของที่ระลึก อาจหมายถึง สิ่งที่น่ามาใช้เป็นแรงจูงใจ กระตุ้นให้เกิดความคิดถึง นึกถึงเรื่องราวที่ เกี่ยวข้อง (ประเสริฐ ศิลรัตน. 2531)

ของที่ระลึก อาจหมายถึง สื่อที่ใช้หวังผลทางด้านความทรงจำ ในสิ่งที่ผ่านมาในอดีต กลับมากระจำชัดใน ปัจจุบัน

ของที่ระลึก อาจหมายถึง สัญลักษณ์แทนบุคคล เหตุการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอดีต เพื่อกระตุ้น เตือนหรือให้นึกถึงอยู่เสมอ

ของที่ระลึก อาจหมายถึง สิ่งของที่ทำให้คิดถึงสถานที่ที่เคยไปสะท้อนให้เห็นเอกลักษณ์และประเพณี บางอย่าง

จากข้อความข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าแม้ว่าของที่ระลึกมีวัตถุประสงค์การให้ที่แตกต่างกัน แต่ในความหมาย ที่แท้จริงก็คือการกระตุ้นเตือนให้เกิด ความทรงจำซึ่งอยู่ในขอบข่าย ของที่ระลึก (คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2563)

9.2 ความรู้ทั่วไปของจังหวัดเลย

จังหวัดเลย เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 520 กิโลเมตร มีสภาพภูมิประเทศที่งดงาม อากาศหนาวเย็น เป็นแหล่งเพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับที่สำคัญแห่งหนึ่งของ ประเทศ และยังเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญ

9.2.1 สัญลักษณ์ประจำจังหวัด

9.2.1.1 ต้นไม้ประจำจังหวัด : สนสามใบ (Pinus kesiya)

9.2.1.2 ดอกไม้ประจำจังหวัด : ดอกรองเท้านารีเหลืองเลย

9.2.1.3 คำขวัญประจำจังหวัด : เมืองแห่งทะเลภูเขา สุดหนาวในสยาม ดอกไม้งามสามฤดู ถิ่นที่อยู่อารยสงฆ์
มั่นคงความสะอาด

9.2.1.4 ลักษณะรูปร่างของจังหวัดเลย : ลักษณะรูปร่างของจังหวัดเลยมีรูปร่างคล้ายกับ "ศีรษะของลูก
ไดโนเสาร์พันธุ์ไทรเซอราทอปส์ที่ไม่มีเขา"

9.2.2 สถานที่ท่องเที่ยว

9.2.2.1 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง

9.2.2.2 สถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ อำเภอภูเรือ

9.2.2.3 สวนหินผางาม อำเภอหนองหิน

9.2.2.4 วนอุทยานน้ำตกห้วยเลา อำเภอภูหลวง

9.2.2.5 เมืองเก่าเชียงคาน อำเภอเชียงคาน

9.2.2.6 แก่งคุดคู้ อำเภอเชียงคาน

9.2.2.7 หมู่บ้านไททรงดำ อำเภอเชียงคาน

9.2.2.8 ศูนย์ศิลป์สิรินธร โรงเรียนศรีสงครามวิทยา อำเภอวังสะพุง

9.2.2.9 สวนรุกขชาติ 100 ปี (กรมป่าไม้) อำเภอวังสะพุง

9.2.2.10 ศูนย์วัฒนธรรมท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

9.2.2.11 ห้วยกระทิง อำเภอเมืองเลย

9.2.2.12 พิพิธภัณฑสถานชาติ วัดโพธิ์ชัย อำเภอคำชะอี

9.2.2.13 วัดพระธาตุศรีสองรัก อำเภอคำชะอี

9.2.2.14 วัดเนรมิตวิปัสสนา อำเภอคำชะอี

9.2.2.15 ภูมโล อำเภอคำชะอี

9.2.2.16 พระธาตุสัจจะ อำเภอท่าลี่

9.2.3 ประเพณีและเทศกาลรื่นเริง

9.2.3.1 งานประเพณีผีตาโขน (อำเภอคำชะอี)

9.2.3.2 งานนมัสการพระธาตุศรีสองรัก(อำเภอคำชะอี)

9.2.3.3 งานดอกฝ้ายบาน มะขามหวานเมืองเลย

9.2.3.4 งานแสดงไม้ดอกเมืองหนาว (อำเภอภูเรือ)

9.2.3.5 งานออกพรรษาเชียงคาน

9.2.3.6 งานแห่ฝิ่นน้ำ

9.2.3.7 งานบุญบั้งไฟล้าน (อำเภอเอราวัณ)

9.2.3.8 งานประเพณีสงกรานต์ไทยลาว (อำเภอท่าลี่)

9.2.3.9 งานแห่ต้นดอกไม้บุญเดือนหกบ้านอาฮี

9.3 ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา

ทวี พรหมพุกซ์ (2523 : 1) ได้ให้ความหมายว่า เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์นานาชนิดที่ทำจากดินและหิน โดยผ่านกรรมวิธีเผา (Firing process) ทำให้มีความแข็งแรง (Strength) มีความคงทนถาวร หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งได้แก่ แร่ธาตุ ดิน หิน ต่าง ๆ นั้นเอง ในสมัยโบราณ กรีก เรียกว่า เครามอส (Keramos) แปลว่า สิ่งที่ถูกเผา (Burnt-stuff) ซึ่งมีความหมายในทำนองเดียวกัน และตรงกับภาษาอังกฤษว่า เซรามิกส์ (Ceramics)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา (2529 : 1) เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง สิ่งของและภาชนะต่าง ๆ ที่ประดิษฐ์ด้วยดินหรือประดิษฐ์ด้วยส่วนประกอบของดินชนิดต่าง ๆ เช่น ดินขาว ดินเหนียวผสมดินทราย และแร่ธาตุต่าง ๆ

วรรณท์ กิตติอัมพานนท์ (2531 : 12) เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์นานาชนิดที่ทำจากดินและหิน โดยผ่านกรรมวิธีการเผา (Firing process) ทำให้มีความแข็งแรง (Strength) และคงทนถาวร หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ผลิตภัณฑ์ทำจากอนินทรีย์ สารอโลหะ (Inorganic Non-Mettalic materials) ซึ่งได้แก่ แร่ธาตุ ดิน หิน ต่าง ๆ

อนันต์ศักดิ์ โชติมงคล (2538 : 52) เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตเหมือนกับเซรามิกส์ แม้จะไม่มีดินเป็นส่วนผสมอยู่ด้วยก็ตาม ฉะนั้น คำว่า เซรามิกส์จึงมีความหมายกว้างขึ้นครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์หลายชนิด ที่เราไม่เคยทราบมาก่อน เช่น ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เครื่องไฟฟ้า (Electrical parts) อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (Nuclear) วัสดุทนความร้อนสูง (High Temperature materials) โลหะเคลือบ (Enamel) ซีเมนต์ (Cement) เป็นต้น

จากข้อความข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์นานาชนิดที่ทำจากดินและหินผ่านกรรมวิธีการเผา (Firing process) ทำให้มีความแข็งแรง (Strength) และคงทนถาวร ซึ่งมีความหมายในทำนองเดียวกันกับภาษาอังกฤษว่า เซรามิกส์ (Ceramics) แม้ว่าจะไม่มีดินเป็นส่วนผสมอยู่ด้วยก็ตาม เช่น ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์เครื่องไฟฟ้า (Electrical parts) อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (Nuclear) วัสดุทนความร้อนสูง (High Temperature materials) แก้ว (Glass) โลหะเคลือบ (Enamel) ซีเมนต์ (Cement) เป็นต้น

9.4 วิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ กระบวนการในการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้นมีวิธีต่าง ๆ มากมายหลายวิธีด้วยกัน เพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เกิดความสวยงาม และเหมาะสมกับลักษณะรูปร่างและชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น การตกแต่งผลิตภัณฑ์บนเคลือบ ซึ่งสามารถทำได้หลาย ๆ วิธีเช่น

การระบายสีด้วยพู่กัน เช่น การเขียนลายเบญจรงค์ การเขียนลายน้ำทอง การเขียนลายอื่น ๆ

การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยรูปลอกสีบนเคลือบ

การตกแต่งด้วยพู่กันลม (Air brush)

การตกแต่งด้วยเคลือบลัสเตอร์ (Luster glaze)

ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีวิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป ตามเทคนิคของแต่ละวิธี ในบทนี้เราจะกล่าวถึงการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยรูปลอกสีบนเคลือบ

การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยรูปลอกสีบนเคลือบ เป็นการตกแต่งด้วยวิธีการพิมพ์สกรีน ซึ่งวิธีการพิมพ์สกรีนนี้ เป็นการพิมพ์ที่ปาดหมึกให้ไหลผ่านผ้าออกไปเกาะบนผลิตภัณฑ์ หรือวัสดุ ที่ต้องการพิมพ์ เพื่อให้เกิดภาพหรือลวดลายที่มีสีสันสวยงาม ซึ่งจะทำให้เป็นจุดสนใจ ดึงดูดใจ ต่อผู้พบเห็น ผ้าที่ใช้ในการพิมพ์สกรีนในสมัยโบราณมีการนำเอาเส้นไหมปั่นเป็นเส้นด้าย นำมาทอ เป็นผืนด้วยวิธีการง่าย ๆ แล้วนำมาใช้ในการพิมพ์สกรีน และเรียกวิธีการนี้ว่า การพิมพ์ซิลค์สกรีน ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของคำว่า ซิลค์สกรีน วิวัฒนาการด้านการพิมพ์ต่าง ๆ ได้พัฒนาขึ้นมาตลอด จากการใช้วัสดุโลหะต่าง ๆ มาจนถึง การใช้เส้นไหมมาทอเป็นผ้าที่ใช้สำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีน และจากปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการ ใช้เส้นไหมในการทำงาน จึงได้มีการคิดค้นผ้าชนิดอื่นขึ้นมาใช้แทนผ้าไหม และมีการพัฒนาขึ้น เรื่อย ๆ จนสามารถใช้ได้ถึงปัจจุบัน (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา, ม.ป.ป. : 1)

9.5 ประเภทของรูปลอกเซรามิกส์

รูปลอกเซรามิกส์ หมายถึง รูปลอกที่ใช้ติดบนผลิตภัณฑ์ แล้วนำไปเผาเพื่อให้เนื้อสียึดติด กับผิวเคลือบหรือเนื้อดิน

1. จำแนกตามจำนวนสีของรูปลอก แบ่งได้ดังนี้

1.1 รูปลอกสีเดียว ได้แก่ รูปลอกที่มีเพียงสีเดียวภายในภาพนั้น เช่น รูปลอกสีคราม หรือสีน้ำตาล หรือสีแดง หรือสีน้ำเงิน หรือสีทอง หรือสีอื่น ๆ

1.2 รูปลอกหลายสี ได้แก่ รูปลอกที่มีหลายสีในภาพเดียวกัน เช่น สีแดงรวมกับสีเขียว รวมกับสีเหลือง หรือสีอื่น ๆ

2. จำแนกตามชนิดของสี แบ่งได้ดังนี้

2.1 รูปลอกสีใต้เคลือบ (Underglaze decal) หมายถึง รูปลอกที่ใช้ ติดบนผลิตภัณฑ์ ที่เป็นดินดิบ หรือผ่านการเผาดิบแล้ว และนำไปชุบเคลือบแล้วเผาเคลือบต่อไป ที่อุณหภูมิ 900-1,300 องศาเซลเซียส เพื่อให้เคลือบสุกตัว และปิดทับตัวสีไว้

2.2 รูปลอกสีบนเคลือบ (Overglaze decal cover-coat transfer) หมายถึง รูปลอกที่ใช้ ติดบนผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว หรือเนื้อดินที่เผาจนสุกตัวแล้ว นำไปเผาที่อุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส เพื่อให้สีหลอมละลายติดกับผิวเคลือบหรือเนื้อดิน

2.3 รูปลอกสีในเคลือบ (Inglaze decal) หมายถึง รูปลอกที่ใช้ติดบนผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการชุบเคลือบแล้ว หรือผ่านการเผาเคลือบมาแล้ว นำไปเผาต่อหรือเผาซ้ำที่อุณหภูมิ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส เพื่อให้สีสุกตัวและจมตัวลงสู่ชั้นของน้ำเคลือบ

3. จำแนกตามลักษณะของภาพ แบ่งได้ดังนี้

3.1 ภาพลายเส้น (Line work) เป็นภาพที่มีโทนน้ำหนักเดียวไม่มีความอ่อนแก่ของสี เช่น รูปลอกชื่อบริษัท สัญลักษณ์ แถบสี

3.2 ภาพโทนกึ่งต่อเนื่อง (Half-Tone) เป็นภาพที่มีโทนน้ำหนักไล่จากอ่อนไปหาเข้ม เพื่อแสดงมิติของภาพ เช่น ภาพคน ภาพสัตว์ ทิวทัศน์ ดอกไม้ เพื่อให้มองเห็นเหมือนของจริง

3.3 ภาพผสม เป็นภาพที่เกิดจากการผสมภาพลายเส้น และภาพโทนกึ่งต่อเนื่อง เพื่อแสดงมิติของภาพและความคมชัดของเส้นบางเส้น เช่น เส้นรอบภาพ ทำให้ได้ภาพ ที่มีความเหมือนจริงมากขึ้น (วิเชียร ศิริประภาวัฒน์, 2533 : 75)

9.6 ประโยชน์ของรูปลอกที่เกี่ยวข้องกับงานเซรามิกส์

การทำงานเซรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรม การพิมพ์รูปลอก มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะในการพิมพ์รูปลอกที่นำมาใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ทำให้สามารถผลิตสินค้าได้ เป็นจำนวนมากและมีคุณภาพเดียวกัน ดังเช่นถ้าผลิตแจกันเซรามิกส์ จำนวน 100 ใบ โดยกำหนดให้ ลวดลายเป็นแบบเดียวกัน ถ้าใช้วิธีการเขียนลวดลายด้วยมือทั้งหมดก็จะทำให้ลวดลายไม่เหมือนกัน ทำให้เกิดแตกต่างทางด้านระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นได้ และการเขียนลวดลายด้วยมือนี้ต้องใช้เวลาในการเขียนในแต่ละใบพอสมควร ดังนั้นการนำรูปลอกมาใช้ในการงานเซรามิกส์จึงเป็นที่นิยม ทำกันให้อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ส่วนมากที่นิยมตกแต่งด้วยรูปลอกเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทถ้วยกาแฟ จานรองถ้วยกาแฟ ถ้วยน้ำชา จาน ถ้วยมัท (Mug) ตลอดจนผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ต้องการตกแต่งด้วยรูปลอก ในกระบวนการด้านอุตสาหกรรมเซรามิกส์นี้จะมี การแข่งขันกันมาก ในด้านการตลาด ดังนั้นในการผลิตรูปลอกจึงมีความสำคัญประการหนึ่ง นอกจากนี้การทำรูปลอก ยังเป็นการพัฒนาด้านความคิด และการสร้างสรรค์งานขึ้นมาใหม่อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความแปลกใหม่ช่วยดึงดูดความสนใจของลูกค้า การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยรูปลอกเซรามิกส์นี้ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าด้านความงาม ด้านประโยชน์การใช้สอยไปพร้อม ๆ กันด้วย

ในการทำรูปลอกสำหรับงานเซรามิกส์นี้มีวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ พิมพ์ หมึกพิมพ์ กรอบสกรีน กระดาษสำหรับพิมพ์รูปลอกเซรามิกส์ และอุปกรณ์อื่น ๆ อีกหลายอย่าง ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ด้วยรูปลอกนี้เป็นการตกแต่งผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วนำมาตกแต่งด้วยรูปลอก นำไปเผาอีกครั้งที่อุณหภูมิ 750-850 องศาเซลเซียส รูปลอกที่ทำขึ้นมาใหม่หรือซื้อใหม่ในแต่ละครั้ง ควรมีการทดลองเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ และจดบันทึกเอาไว้ ทุก ๆ ครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเผาครั้งต่อไป การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีนี้มีเปอร์เซ็นต์ของที่เสียจากการผลิตน้อยมาก เพราะตัวของ ผลิตภัณฑ์ที่นำมาตกแต่งด้วยวิธีนี้ผ่านการเผาเคลือบมาแล้ว จะมีความแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์ ประเภทที่เป็นดินดิบหรือผลิตภัณฑ์ ปิสกิต ดังนั้นการแตกหักหรือเสียหายจากการหยิบจับ ผลิตภัณฑ์จึงมีน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ การตกแต่งด้วยวิธีอื่น ๆ และการแก้ไขในกรณีที่มีการ ผิดพลาดก็สามารถแก้ไขได้โดยง่าย ด้วยวิธีการดึงรูปลอกที่ติดอยู่นั้นออก แล้วติดเข้าไปใหม่ อีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้การตกแต่งด้วยรูปลอกยังเป็นวิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ง่ายอีกด้วย (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา, ม.ป.ป. : 2)

9.7 การออกแบบรูปลอกเซรามิกส์

ในการผลิตรูปลอกเซรามิกส์สิ่งสำคัญเบื้องต้นคือ การออกแบบลวดลายของรูปลอก ที่จะต้องเข้ากับผลิตภัณฑ์และไม่เกิดปัญหาขณะทำการติดรูปลอก ดังนั้นการผลิตรูปลอกเซรามิกส์ จึงควรยึดหลักการกว้าง ๆ ดังนี้

1. ลวดลายจะต้องเหมาะสมกับรูปร่างผลิตภัณฑ์

2. การเตรียมต้นแบบของลวดลายจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมกับระยะของสภาพของเนื้อดิน ที่จะทำการติดรูปลอก และเหมาะสมกับชนิดของรูปลอก ดังนี้

2.1 รูปลอกสีใต้เคลือบจะต้องวัดขนาดของพื้นที่ที่จะติดรูปลอกในขณะที่เป็นดินดิบ สำหรับการติดผลิตภัณฑ์ที่เป็นดินดิบ

2.2 รูปลอกสีใต้เคลือบจะต้องวัดขนาดของพื้นที่ที่จะติดรูปลอกในขณะที่ผลิตภัณฑ์ นั้นผ่านการเผา ดิบเรียบร้อยแล้ว

2.3 รูปลอกสีบนเคลือบ จะต้องวัดขนาดของพื้นที่ที่จะติดรูปลอกในขณะที่ผลิตภัณฑ์ ผ่านการเผาเคลือบเรียบร้อยแล้ว

2.4 รูปลอกสีในเคลือบจะต้องวัดขนาดของพื้นที่ที่จะติดรูปลอกในขณะที่ดินดิบ หรือเผาดิบแล้ว สำหรับการติดบนผิวเคลือบที่ยังไม่ผ่านการเผา

2.5 รูปลอกสีในเคลือบจะต้องวัดขนาดพื้นที่ที่จะติดรูปลอกในขณะที่ผลิตภัณฑ์นั้น ผ่านการเผาเคลือบแล้ว สำหรับการติดบนผิวเคลือบที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว

สาเหตุที่ต้องทำการวัดขนาดของผลิตภัณฑ์ตามสภาพของเนื้อดิน เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะมี การหดตัวในทุกขั้นตอน ในการผลิต และเพื่อให้ขนาดของรูปลอกมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ หลังจากเผาเสร็จในขั้นตอนสุดท้ายและเพื่อมิให้เกิดปัญหาของรูปลอกใหญ่เกินขนาดของผลิตภัณฑ์

3. รูปลอกที่จำเป็นต้องติดบริเวณผิวโค้งทรงกลมควรมีส่วนของลวดลายที่เป็นริ้วหรือเป็น แฉกให้มาก เพื่อให้รูปลอกสามารถขยายตัวได้ในขณะทำการติดหรือไม่ให้เกิดรอยย่น

4. การออกแบบกรอบสำหรับพิมพ์ฟิล์มเคลือบผิวหน้าควรเป็นรูปที่มีเส้นรอบนอกขนานไปกับเส้นของตัวลาย โดยมีระยะห่างจากตัวลายประมาณ 2-4 มิลลิเมตร

5. การเตรียมต้นแบบ (Art work) ควรเตรียมบนกระดาษขาว หรือกระดาษไขชนิดฟิล์ม แล้วใช้กระบวนการถ่ายภาพทางการพิมพ์ช่วย เพื่อให้ได้ต้นแบบสำหรับนำไปอัดซิลค์สกรีนที่มีความคมชัด

6. เมื่อใช้ภาพถ่ายจากของจริง (ภาพสี) เป็นต้นแบบจำเป็นต้องใช้ฟิลเตอร์แยกสีเข้าช่วย อย่างน้อยควรแยกเป็น 4 สี คือ เหลือง น้ำเงิน แดง เทาหรือดำ โดยทำเป็นต้นแบบด้วยฟิล์มลิท ชนิดโทนกึ่งต่อเนื่อง

7. ในการผลิตรูปลอกเซรามิกส์เชิงอุตสาหกรรม จำเป็นอย่างยิ่งต้องใช้กระบวนการถ่ายภาพทางการพิมพ์เข้ามาช่วยในการเตรียมต้นแบบให้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีสีเดียว แต่น้ำหนักของสีไม่เท่ากัน ไม่ควรใช้กระดาษขาวหรือกระดาษเทา ควรจะทำการถ่ายต้นแบบหลายๆ กรอบเพื่อแยกโทนน้ำหนักของสีตั้งแต่โทนเบา โทนกลาง โทนเข้ม ลายเส้น เข้าผสมกัน เพื่อจะได้ภาพที่สวยงาม และมองไม่ค่อยออกว่าผลิตมาจากรูปลอก การกระทำเช่นนี้คือเป็นเทคโนโลยีสูงสุดที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยระบบ Massproduction มองดูเหมือนกับ การผลิตด้วยระบบ Hand make (Hand painting) (วิเชียร ศิริประภาวัฒน์, 2533 : 81)

9.8 วัสดุ – อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำรูปลอกเซรามิกส์

1. ผ้าสกรีน ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในงานพิมพ์รูปลอก เพราะผ้าสกรีนนี้เมื่อนำไปขึงกับไม้ หรือกรอบสกรีน จะเป็นตัวแม่พิมพ์ในการพิมพ์หมึกพิมพ์ให้ไหลผ่านลงไปบนงานหรือบนผลิตภัณฑ์ เช่น ฝากระดาษ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่เราต้องการนำมาพิมพ์ ซึ่งผ้าสกรีนนี้ทำมาจากวัสดุหลาย ๆ อย่างมีหลายชนิด และมีความสมบัติแตกต่างกันออกไปซึ่งเราต้องพิจารณา และนำไปใช้ให้ถูกประเภท และลักษณะของงาน ซึ่งเราสามารถแบ่งชนิดของผ้าสกรีนตามคุณสมบัติของเส้นด้าย ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1 ผ้าไหม (Silk threads and silk fabrics)

ในสมัยโบราณ ได้มีการคิดค้นเอาเส้นไหมมาทอเป็นผืนผ้า แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในงานพิมพ์สกรีน ดังนั้นจึงเป็นจุดเริ่มต้นของคำว่า Silk screen และเรียกวิธีการพิมพ์ชนิดนี้ว่าการพิมพ์สกรีน ต่อมาจึงพบว่า การนำเอาเส้นไหมมาใช้ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมายตามมา เช่น การทำปฏิกิริยาของเส้นไหมกับหมึกที่นำมาพิมพ์ หรือน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์ การดูดความชื้นในอากาศซึ่งผ้าไหมจะมีอัตราการดูดความชื้นในอากาศมาก ตลอดจนราคาของผ้าไหมมีราคาแพงมากขึ้น

ดังนั้นจึงมีการใช้ผ้าชนิดอื่น ๆ แทนการใช้ผ้าไหม ซึ่งในการคิดค้นก็ได้ผ้าที่มีความสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานพิมพ์สกรีน และในปัจจุบันก็ไม่มีให้นำผ้าไหมมาใช้อีกเลย

1.2 ผ้าใยสังเคราะห์ (Synthetic fabrics)

ในปี ค.ศ. 1930 ได้มีการนำเส้นใยชนิดหนึ่งขึ้นมาใช้แทนการใช้ไหม ซึ่งใยชนิดนี้ก็คือเส้นใยสังเคราะห์ การคิดค้นเส้นใยสังเคราะห์ขึ้นมาใช้นี้ก็เพื่อ นำมาใช้แทนเส้นใยไหมที่มีข้อเสียหลาย ๆ อย่าง ซึ่งการนำเส้นใยชนิดนี้มาใช้ปรากฏว่าช่วยลดปัญหาในการทำงานได้อย่างมากอีกด้วย จึงมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์นี้มาจนถึงปัจจุบัน

ผ้าใยสังเคราะห์ที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มี 2 ชนิดด้วยกันคือ

1.2.1 ผ้าไนลอน (Nylon) เกิดจากการนำเอาเส้นด้ายไนลอนชนิดโมโนฟิลาเมนต์ (Monofilament) คือชนิดเส้นด้ายเดี่ยวนำมาทอโดยมีโครงสร้างของเส้นด้ายส่วนผิวบนจะเรียบช่วยให้หมึกไหลผ่านรูผ้าได้ดีเมื่อออกแรงปาดเพียงเล็กน้อย และทนต่อการเสียดสีมาทอตามกรรมวิธีการทอ ซึ่งในการทอผ้าจะมีวิธีการทอหลาย ๆ อย่างจนเกิดเป็นผ้าไนลอนขนาดนับเบอร์ของผ้าต่าง ๆ กัน

สำหรับคุณสมบัติของผ้าไนลอน นี้มีคุณสมบัติดังนี้

ทนทานต่อการเสียดสี

ทนทานต่อหมึกพิมพ์หรือน้ำมันที่ใช้ผสมในหมึกพิมพ์

ทนต่อการดึง เมื่อถึงกับกรอบสกรีนแล้วนำมาใช้งาน ความดึงจะสม่ำเสมอ

ทนต่อสารเคมีที่เป็นค่าแต่ไม่ทนต่อสารเคมีที่ปะปนลงไป

ผ้าไนลอนนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดย่อยๆ ดังนี้

1.2.1.1 ผ้าโมนีล (Monyl)

ผ้าชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้พิมพ์บนวัสดุที่มีผิวไม่เรียบ เช่น ใช้พิมพ์อุปกรณ์ต่าง ๆ ของเล่นเด็ก หรือภาชนะบรรจุที่ทำด้วยพลาสติก และผ้านี้ยังมีคุณสมบัติการยืด และการหดตัวเร็วเมื่อได้รับความชื้น ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมนำผ้าชนิดนี้ไปวิ่งด้วยวิธีการวิ่งด้วยมือ ซึ่งเป็นการซึ่งผ้าแบบง่าย ๆ เพราะการซึ่งแบบด้วยมือนี้จะมีการนำผ้าไปชุบน้ำให้เปียกเสียก่อนแล้วจึงนำมาซึ่ง เมื่อผ้าแห้งก็จะหดตัวทำให้ผ้ามีความตึงมากขึ้น

1.2.1.2 ผ้าเซอร์รานีล (Ceranyl)

ผ้าชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมือนกับผ้าโมนีล (Monyl) แต่จะพิเศษกว่าคือจะมีความพิถีพิถันในการตัดขนาดของเส้นด้ายให้มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยตลอดทั้งผืน ดังนั้นผ้าจึงมีความยืดหยุ่นตัวได้ดีกว่าผ้าชนิดแรก ผ้าชนิดนี้จึงเหมาะสมสำหรับการพิมพ์กระเบื้องเซรามิกส์ เพราะทนทานต่อแรงเสียดสีของยางปาดทำให้มีอายุการใช้งานของผ้านานขึ้น และนอกจากนี้ยังมีการขยายตัวของผ้าในเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำ

1.2.2 ผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester)

เกิดจากการนำเส้นด้ายที่ผลิตจากโพลีเอสเตอร์ ชนิดโมโนฟิลาเมนต์ (Monofilament) มาขัดสารตามวิธีการทอจนเกิดเป็นผ้าโพลีเอสเตอร์ขนาดนับเบอร์ต่าง ๆ กัน แต่มีความแตกต่างกับผ้าไนลอนคือผ้าชนิดนี้มีความทนทานต่อการดและสารเคมี ผ้าโพลีเอสเตอร์ในปัจจุบันมีการผลิตผ้าขึ้นมาหลาย ๆ ชนิดเช่น

ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมโนเส้น (Monolen)

ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมโนเส้น พลัส (Monolen plus)

ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมโนเส้นกลาส (Monoglass)

ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมโนเส้น ยู วี (Mnolen UV)

1.2.2.1 ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมโนเส้น (Monolen)

เป็นผ้าชนิดแรกที่น่ามาใช้ในการพิมพ์ผ้า โดยมีคุณสมบัติทนต่อสารเคมี ทนต่อการเสียดสี ของยางปาต

1.2.2.2 ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมนโอไลน์ พลัส (Monolen plus)

เป็นผ้าที่ผลิตขึ้นมาโดยการพัฒนามาจากผ้าโพลีเอสเตอร์ โมนโอไลน์ชนิดแรกโดยผ้าชนิดนี้จะมีคุณสมบัติ คือ มีคุณสมบัติในด้านความดั่งสูง และขยายตัวต่ำ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากชื่อของผ้าว่ามีความพิเศษมากขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าโพลีเอสเตอร์ โมนโอไลน์ เพราะผ้าชนิดนี้เคลือบด้วยสารเคมี เพื่อให้ผ้ามีความสามารถรับแรงดั่งได้สูง การเปลี่ยนแปลงของแรงดั่งน้อยมาก เมื่อใช้ไปนาน ๆ ความดั่งของผ้าจะเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าผ้าชนิดอื่น ๆ (เมื่อใช้ไปนาน ๆ ผ้าจะไม่ค่อยหย่อน)

ดังนั้นเราจึงนิยมนำผ้าชนิดนี้มาใช้งานพิมพ์ที่ต้องการความละเอียด เที่ยงตรง เช่น การพิมพ์ภาพ 4 สี การพิมพ์รูปลอกน้ำสำหรับงานเซรามิกส์ ตลอดจนการพิมพ์อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า

1.2.2.3 ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมนโอไลน์กลาส (Mnoglass)

เป็นผ้าที่มีการทออย่างพิถีพิถัน โดยได้มีการเลือกสรรขนาดของเส้นด้ายต่อความยาวคงที่ทั้งผืนทำให้หมึกพิมพ์สามารถไหลผ่านได้อย่างดี ส่วนคุณสมบัติอย่างอื่นก็เหมือนกับผ้าโพลีเอสเตอร์ โมนโอไลน์ ซึ่งจากคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ ได้มีการนำผ้าชนิดนี้ไปใช้ในการพิมพ์บนกระจก หรือบนพลาสติกที่มีความใส เช่น หน้าปัดนาฬิกา หน้าปัดรถยนต์ ต่าง ๆ

1.2.2.4 ผ้าโพลีเอสเตอร์ โมนโอไลน์ ยู วี (Mnolen UV)

เป็นผ้าที่ได้วิวัฒนาการขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับงานด้านการพิมพ์หมึกพิมพ์

อุลตราไวโอเล็ต (UV) ซึ่งเป็นหมึกที่มีคุณสมบัติคือ เมื่อพิมพ์แล้วจะไม่มีการแห้งตัวในอากาศจะต้องนำไปผ่านแสงอุลตราไวโอเล็ตก่อน และแสงนี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้หมึกพิมพ์เกิดการแข็งตัวทำให้หมึกแห้งได้เร็วขึ้น บางครั้งในกรณีทำงานในห้องก็จำเป็นต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าในห้องทำงานให้สูงขึ้น หรือใช้วิธีการพิมพ์ให้หมึกบางที่สุดเพื่อที่จะให้หมึกแห้งเร็วขึ้นก็ได้

1.3 ผ้าใยโลหะ (Wire cloth)

ผ้าใยโลหะที่เรานำมาใช้ในการพิมพ์สกรีน คือ สแตนเลสสตีล และมีส่วนผสมของธาตุ (Carbon) ที่ทำให้สามารถทนต่อสารเคมีได้สูงผ้าใยโลหะนี้ไม่มีการขยายตัวยืดหดตัวหรือหย่อนตัว เนื่องจากเป็นโลหะและไม่ดูดความชื้นในอากาศผ้าจะคงสภาพดีเสมอทำให้การพิมพ์มีความเที่ยงตรง นอกจากนี้เรายังสามารถนำหมึกพิมพ์ เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Ink) ที่ใช้ในการพิมพ์แก้วมาใช้พิมพ์บนผ้าชนิดนี้ได้ด้วย ซึ่งในการพิมพ์หมึกชนิดนี้จะต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียสช่วยหลอมให้หมึกเหลว โดยที่ผ้าสามารถทนความร้อนได้เพราะเป็นเส้นใยสแตนเลสจึงทำให้ยังคงสภาพอยู่ได้

การเรียกเบอร์ มีการเรียกเบอร์ผ้าเป็น 2 ระบบ คือ

1. เรียกตามจำนวนของเส้นด้ายต่อเซนติเมตร และตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ เส้นด้ายคิดเป็นไมครอน เช่น ผ่านมเบอร์ 90-34 หมายถึงใน 1 ตารางเซนติเมตร จะมีเส้นด้าย 90 เส้น แต่ละเส้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 ไมครอน (1 มิลลิเมตร = 1,000 ไมครอน)

2. เรียกตามจำนวนเส้นด้ายต่อนิ้ว และตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้ายคิดเป็นไมครอน เหมือนกับการเรียกตามเส้นด้ายต่อเซนติเมตร เช่น ผ่านมเบอร์ 330-34 หมายถึง ใน 1 ตารางนิ้วมีเส้นด้าย 330 เส้น และเส้นด้ายแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 ไมครอน

การเลือกใช้ผ้าสกรีนให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

การใช้งานเราควรจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. การพิมพ์ผ้าในลักษณะต่าง ๆ เช่น การพิมพ์ผ้าบนโต๊ะเขียนหรือพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ที-เชิร์ต (T-shirt) หรือเครื่องพิมพ์ แพรต เบ็ค (Flat bed) กาวอัดที่ใช้บนบล็อกสกรีนจะต้องเป็นกาวอัดชนิดที่ทนน้ำ และปกติจะมีการเคลือบบล็อกสกรีนด้วยน้ำยาซึ่งมีสภาพเป็นกรดตั้งนั้นในการพิมพ์ผ้าเราควรใช้ผ้าสกรีนโพลีเอสเตอร์ชนิดโมโนเส้น เพราะผ้าชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ ทนต่อกรดซึ่งสามารถรักษาอายุการใช้งานของบล็อกสกรีนให้ใช้งานได้ยาวนานที่สุด

2. ถ้าเป็นการพิมพ์หมึกพิมพ์ประเภท UV เราควรที่จะใช้ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดโมโนเอ็น ยู วี (Monolen U V)

3. การแยกผ้าสกรีนโดยแยกตามชนิดของงาน จะได้ลักษณะของผ้าโดยเฉพาะ ดังนี้

การพิมพ์เซรามิกส์	เบอร์ผ้า / เซนติเมตร
พิมพ์บนกระเบื้องเคลือบ	27- 100
พิมพ์รูปลอกน้ำ (Cover coat)	24 - 43 (โดยทั่วไปนิยมใช้เบอร์ 24-36)
พิมพ์รูปลอกน้ำ (หมึกพิมพ์)	90 - 150 (โดยทั่วไปนิยมใช้เบอร์ 120)
พิมพ์บนแก้ว แบบ Paste	77 - 90
พิมพ์บนแก้วแบบ Thermoplastic	165 - 180 นิ้ว (โดยทั่วไปใช้ผ้าใยโลหะ)

การพิมพ์ทั่ว ๆ ไป

ภาชนะบรรจุพลาสติก 90 - 150

วัสดุพื้นหยาบ ๆ, ผ้าไนลอนเส้นหยาบ 43 -77

การพิมพ์บนวัสดุสีเข้ม 43 - 90

2. กรอบสกรีน

กรอบสกรีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของงานสกรีนรูปแบบของกรอบ จะมีส่วนสำคัญที่มีผลต่องานพิมพ์ว่าจะออกมาดีมาก หรือน้อยอย่างไร เพราะถ้าเราใช้กรอบสกรีน ที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอจะช่วยให้งานพิมพ์ออกมาสวยงามมีคุณภาพใกล้เคียงกัน กรอบสกรีน ทำจากวัสดุต่างๆ หลายชนิด เช่น ไม้สัก อลูมิเนียมและพลาสติก ซึ่งจะแยกย่อยละเอียดได้ดังนี้

2.1 กรอบไม้ (Wooden frame)

เป็นที่นิยมในการพิมพ์สกรีนโดยทั่ว ๆ ไป เพราะว่ากรอบไม้มีราคาถูก หาง่าย และในบางครั้งเราก็สามารถทำขึ้นมาใช้เองได้ด้วยไม้ที่นิยมนำมาทำกรอบสกรีนนี้ ได้แก่ ไม้สักเมื่อเนื้อไม้แห้งจะมีการหดตัวน้อยมากไม่ทำให้เกิดปัญหาการบิดเบี้ยวของกรอบภายหลัง เมื่อนำมาใช้ในการทำงาน เพราะในการทำงานมีการล้างทำความสะอาดอยู่ตลอดเวลา

2.2 กรอบอลูมิเนียม (Aluminum frame)

เป็นกรอบที่ทำมาจากอลูมิเนียมที่เป็นเส้นนำมาตัดให้มีความยาว และกว้างตามต้องการจากนั้นจึงนำมาเชื่อมต่อกันแบบ 45 องศา ซึ่งวิธีการเชื่อมแบบเดียวกับแบบไม้ แต่การเชื่อมอลูมิเนียมนี้เราต้องเชื่อมด้วยอาร์กอนแทนการตอกตะปู เมื่อเชื่อมกับอลูมิเนียมเป็นกรอบสกรีนแล้วเราต้องขัดผิวของอลูมิเนียมด้านที่จะใช้ติดผ้าสกรีนให้ขรุขระเพื่อจะช่วยให้ผ้ากับกรอบสกรีนติดกันแน่นมากขึ้นเวลาตาก การขัดผิวของกรอบสกรีนนี้ทำได้โดยการใช้กระดาษทรายหยาบ ๆ ขัด หรือใช้เครื่องขัดแบบหยาบ ๆ ก็ได้

คุณสมบัติพิเศษของกรอบอลูมิเนียม คือ มีน้ำหนักเบา มีความทนทานมากกว่ากรอบไม้ไม่มีการหดตัวหรือขยายตัวเมื่อโดนน้ำ และเมื่อนำไปซิงผ้าด้วยเครื่องความตึงของผ้าจะสม่ำเสมอทำความสะอาดได้ง่าย และนำไปใช้ในการพิมพ์งานที่ต้องการความเที่ยงตรง เช่น การพิมพ์ภาพ 4 สี หรืองานพิมพ์วงจรไฟฟ้าได้อย่างดีอีกด้วย

2.3 กรอบพลาสติก (Plastic frame)

เป็นกรอบสกรีนที่มีการผลิตโดยการนำพลาสติกเชื้อโพลีเอสเตอร์ (Polyester) มาฉีด เป็นแท่งสี่เหลี่ยม ให้มีขนาดต่าง ๆ กันตามต้องการ โดยจะมีการทำให้ส่วนปลายของพลาสติก แต่ละเส้นจะมีเดือย และร่องรูปตัว T ที่มีขนาดเข้ากันได้พอดีในการประกอบให้เป็นกรอบสกรีนสามารถทำได้ง่ายโดยการกดพลาสติกที่มีเดือยรูปตัว T ลงในส่วนปลายของพลาสติกอีกเส้นหนึ่งที่มีร่องรูปตัว T เมื่อต่อครบทั้ง 4 จุดแล้วก็สามารถนำไปซิงผ้าได้ในทันที การบีงผ้ากับกรอบพลาสติกนี้ จะใช้วิธีการซิงด้วยเครื่อง และใช้กาวสำหรับทากรอบสกรีนทาบนผ้าได้ในทันที ดังนั้นในการใช้กรอบสกรีนพลาสติกนี้ จะมีความสะดวกมากเพราะสามารถประกอบใช้ได้อย่างง่าย

การเลือกขนาดของกรอบสกรีน

ในการทำงานต้องอาศัยวัสดุอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกัน จึงจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในการพิจารณาเลือกขนาดของกรอบสกรีนให้เหมาะสมกับแบบก็ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป เราจะเลือกกรอบสกรีนให้กว้างกว่าแม่แบบในด้านข้างประมาณด้านละ 2-3 นิ้ว เพราะเราจะใช้เฉพาะส่วนกลางเท่านั้น ซึ่งพื้นที่ ส่วนที่ส่วนกลางนี้ จะมีความตึงที่สม่ำเสมอมากกว่าบริเวณที่ติดกับกรอบสกรีน ซึ่งจะเป็นส่วนที่ตึงมากที่สุด ดังนั้น บริเวณส่วนกลางจะทำให้การปาดยางปาดมีความสม่ำเสมอ สำหรับด้านบนควรให้ความกว้างกว่าแม่แบบโดยประมาณ 4-5 นิ้ว เพราะเราต้องใช้เป็นที่สำหรับหยอดหมึกพิมพ์ อย่างไรก็ตามการกำหนดระยะห่างนี้จะใช้เป็นหลักเกณฑ์ที่แน่นอนไปเลยไม่ได้ เราจะต้องพิจารณาเลือกความเหมาะสมในการทำงานของเราอีกด้วย

3. ยางปาด

ยางปาด คือ อุปกรณ์ที่ช่วยพาหมึกพิมพ์จากข้างหนึ่งให้ไหลไปยังอีกข้างหนึ่งเพราะ ยางปาดมีผิวเรียบ (ในการออกแรงปาดหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ที่ได้รับแรงกดจากยางปาดจะไหลผ่าน ผ้าสกรีนไปลงบนวัสดุที่ต้องการพิมพ์) ยางปาดอาจจะทำมาจากวัสดุอย่างใด ๆ ก็ได้ ที่สามารถทนทานต่อน้ำมันที่ผสมในหมึกพิมพ์ ยางปาดที่นิยมใช้ส่วนมากคือยางปาดชนิดที่เรียกว่า โพลียูรีเทน

ชนิดของยางปาดและการใช้งาน

ยางปาดในปัจจุบันได้มีการผลิตให้มีรูปทรงหลาย ๆ ชนิดแตกต่างกันออกไป เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาว่าควรใช้ยางปาดชนิดใด เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด ชนิดของยางปาดมีดังนี้

3.1 ยางปาดรูปสี่เหลี่ยม (Square edge) เป็นยางปาดที่เหมาะสมสำหรับพิมพ์วัสดุผิวเรียบ ที่ต้องการให้หมึกไหลผ่านน้อย เช่น กระดาษอาร์ตมัน การพิมพ์นามบัตร สติกเกอร์ ใช้พิมพ์งานที่ละเอียด

3.2 ยางปาดรูปสี่เหลี่ยมมุมมน (Square-Edge with round comer) เป็นยางปาดชนิดที่เหมาะสมสำหรับพิมพ์บนวัสดุผิวเรียบ แต่หมึกพิมพ์จะลงมากกว่ายางปาดรูปสี่เหลี่ยมโดยไม่ต้องออกแรงในการปาดมาก

3.3 ยางปาดรูปเฉียงข้างเดียว (Single-Side bevel edge) ใช้พิมพ์งานได้ดีกับวัสดุที่มีการดูดซึมน้อย ผิวหน้าเรียบและแข็ง เช่น นำไปพิมพ์กระจก

3.4 ยางปาดรูปตัว V เฉียงสองข้าง (Double side bevel edge) ใช้พิมพ์งานลงวัสดุ ที่มีผิวไม่เรียบ วัสดุทรงกลม เช่น ขวดหรือภาชนะบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

3.5 ยางปาดรูปตัว ยู (U) (Round edge) ใช้สำหรับพิมพ์งานประเภทที่ต้องการใช้ หมึก ลงมาก เช่น ใช้ในการพิมพ์ผ้า

3.6 ยางปาดรูปเฉียงสองข้างปลายมน การนำมาใช้งานเหมือนยางปาดรูปตัว ยู (U) จากรูปทรงต่าง ๆ ของยางปาดที่ได้กล่าวมา รูปทรงที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ รูปทรงแบบ สี่เหลี่ยม เนื่องจากว่าเป็นทรงที่ใช้งานได้หลาย ๆ ประเภท ช่วยให้ประหยัดในการทำงานได้ด้วยข้อคิดง่าย ๆ ในการเลือกใช้ยางปาด มีดังนี้

1. ถ้าต้องการยางปาดที่มีความทนทานในการใช้งาน ให้เลือกใช้ยางปาดชนิดแข็ง เช่น รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมมน

2. ถ้าต้องการพิมพ์งานที่มีความละเอียดให้ใช้ยางปาด ชนิดสี่เหลี่ยม

3. ถ้าต้องการพิมพ์งานที่ต้องการให้หมึกไหลผ่านลงมาก ให้ใช้ยางปาดชนิดนิ่ม เช่น ยางปาดรูปตัววี (V) และยางปาดรูปตัวยู (U)

4. ถ้าต้องการพิมพ์งานบนวัสดุที่ผิวไม่เรียบให้ใช้ยางปาดชนิดนิ่มเช่นยางปาดรูปตัวยู

4. กาวอัด

เป็นกาที่ใช้ในการทำแม่แบบ คือ ใช้กาอัดเป็นตัวเคลือบบนกรอบสกรีนที่ซึ่งผ้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว และนำไปถ่ายไฟแม่แบบที่ได้จากการถ่ายไฟนี้ก็จะคมชัดดี และกาอัดที่นำมาใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ กาอัดสีชมพู และกาอัดสีฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติคล้าย ๆ กัน จะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยกับกาอัดทั่ว ๆ ไป ซึ่งถ้าเรานำมาใช้ในการทำงานเราต้องนำกาอัดมาผสมกับน้ำยาไวแสงโดยอัตราส่วนของการผสมกาอัดกับน้ำยาไวแสง จะมีการระบุไว้ที่ฉลากด้านนอกของขวดกาอัด หรือน้ำยาไวแสง ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป จะมีส่วนผสมของกาอัดและน้ำยาไวแสงเป็น 5 ส่วนต่อ 1 ส่วน หรือ 10 ส่วน ต่อ 1 ส่วน

วิธีการผสมกาอัดและน้ำยาไวแสง

1. ใช้ช้อนตวงตักกาอัดลงในภาชนะที่ใช้ผสมกาอัด อาจจะใช้กระป๋องพลาสติก แก้วพลาสติก หรือบีกเกอร์ก็ได้ (ตักตามอัตราส่วน 10 ส่วน ต่อ 1 ส่วน)
2. ใช้ช้อนตวงน้ำยาไวแสงผสมลงไปในการกาอัดแล้วคนให้เข้ากัน ในการคนกาอัดควรคน ไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ และในการคนไม่ควรใช้อุปกรณ์ที่เป็นโลหะ เพราะตัวโลหะอาจทำปฏิกิริยาทางเคมีกับกาอัดได้
3. เมื่อผสมกาอัดเสร็จแล้วควรทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที หรือมากกว่านั้นก็ได้ เพื่อเป็นการไล่ฟองอากาศให้หมดไป แล้วจึงนำกาอัดมาใช้งานได้

5. สี (Colour stain)

สำหรับงานเซรามิกสีนี้จะผลิตขึ้นมาจากสารประกอบของออกไซด์ (Oxide) ของธาตุต่าง ๆ เช่น โคบอลท์ (Cobalt) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) เป็นต้น โดยการนำมาเผาในอุณหภูมิ 800-950 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดผสมกับ Frit หลังจากนั้นก็นำมาบดให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่งจะได้สีที่ใช้ในการพิมพ์รูปลอกบนเคลือบ การนำไปใช้งานต้องนำสี (Colour stain) มาผสมกับ Medium Oil เพื่อช่วยให้เกิดความเหนียวในเนื้อสีเมื่อนำมาพิมพ์ในปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตสี (Colour stian) ออกมาในรูปแบบของสีสำเร็จรูป ซึ่งผลิตออกมาในรูปแบบสีผง เวลานำมาใช้ในการพิมพ์ก็นำมาบดผสมกับมิเดียมอยล์ แล้วนำไปใช้งานได้ทันที การผสมสีกับมิเดียมอยล์นั้นจะมีอัตราส่วนโดยประมาณคือ 70/30, 60/40, 50/50 ซึ่งในการผสมมิเดียมอยล์นี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ถ้าเพิ่มอัตราส่วนของมิเดียมอยล์มากขึ้นจะทำให้พิมพ์ง่ายขึ้นและมีความเงามากขึ้น ถ้าใช้มิเดียมอยล์น้อยจะทำให้สีที่ออกมาสดใสแต่จะทำให้การพิมพ์ค่อนข้างยากเพราะจะเกิดความหนืดของตัวหมึกพิมพ์และเกิดฟองอากาศในขณะการพิมพ์ได้อีกด้วย หลังจากที่ผสมหมึกกับมิเดียมอยล์แล้วต้องนำไปบดด้วยโกร่งบดด้วยมือ หรือใช้โกร่งบดไฟฟ้าได้ ระยะเวลาในการบดพอประมาณสังเกตดูว่าหมึกพิมพ์และมิเดียมอยล์เข้ากันดีแล้วจึงนำมาพิมพ์ได้

6. น้ำยาที่ใช้พิมพ์ทับลงไปบนหมึกพิมพ์ (Cover coat) หรือ (Film solution) เป็นตัว ที่ใช้พิมพ์ทับลงบนหมึกพิมพ์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการพิมพ์นี้เป็นการพิมพ์ครั้งสุดท้ายก่อนนำรูปลอกไปใช้งาน การนำรูปลอกไปใช้งานต้องนำเอาระดาษรูปลอกไปแช่น้ำก่อน จึงสามารถแยกเอาลวดลายออกจากกระดาษมาติดบนผลิตภัณฑ์ได้และน้ำยาที่ใช้พิมพ์ทับลงไปบนหมึกพิมพ์ (Cover coat) นี้ จะเป็นตัวช่วยพาหมึกพิมพ์ที่ติดอยู่บนกระดาษให้แยกออกจากกัน

แล้วนำไปติดบนผลิตภัณฑ์ได้ง่ายดาย เมื่อนำไปเผาครั้งสุดท้ายในอุณหภูมิ 750-850 องศาเซลเซียส ตัวน้ำยานี้จะหายไปคงเหลือแต่ลวดลายที่ต้องการ

การออกแบบแม่แบบ (Cover coat) จะมีการออกแบบแม่แบบให้มีขนาดใหญ่กว่า ลวดลายที่ต้องการเพื่อการใช้งานจะได้สะดวก และ Cover coat นี้จะมีหลาย ๆ สี เช่น สีชมพู สีเหลือง แล้วแต่การผลิตของบริษัท แต่ก็มีคุณสมบัติเหมือนกันและในการทำแม่แบบผ้าสกรีนที่ใช้ในการพิมพ์ (Cover coat) นี้จะใช้ผ้าที่มีนัมเบอร์ค่อนข้างหยาบ เช่น 24-36 เพราะต้องการ ให้ (Cover coat) ไหลผ่านออกมา

7. กระดาษสำหรับพิมพ์รูปลอกเซรามิกส์

เป็นกระดาษที่เคลือบด้วยกาวยางไม้ที่สามารถละลายได้ในน้ำและเพื่อให้กระดาษมีความหนาตามต้องการ เมื่อกระดาษมีความหนาก็จะสามารถทรงตัวอยู่ได้ และง่ายต่อการนำไปพิมพ์เมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์และ Cover coat แล้ว ถ้าต้องการนำไปใช้ติดบนผลิตภัณฑ์ต้องนำกระดาษไปแช่ในน้ำ เมื่อใส่กระดาษลงไปตอนแรกกระดาษจะม้วนตัวเข้าหากัน ซึ่งตอนนี้จะยังนำรูปลอกขึ้นมาใช้ยังไม่ได้ต้องรอจนกระดาษที่ม้วนตัวเข้าหากันคลายตัวออกมา หลังจากนั้น จึงนำขึ้นมาใช้โดยใช้มือค่อย ๆ เลื่อนส่วนที่เป็นหมึกพิมพ์ออกจากกระดาษ แล้วนำส่วนที่เป็นหมึกพิมพ์ไปติดบนผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นใช้สำหรับปาดรูปลอกโดยเฉพาะปาดฟองอากาศ ออกให้หมดและนำไปเผาได้

8. รางปาดกาวอัด

โดยส่วนมากรางปาดกาวนี้จะทำด้วยสแตนเลสโดยการตัด พับ และเชื่อมกันเป็นรูปลักษณะของรางปาดกาวขึ้นมีการออกแบบที่สำหรับใช้มือจับ เพื่อให้มีความสะดวกในการปาดกาวปลายด้านข้างทั้งสองด้านจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กาวไหลออกนอกรางปาดได้ แต่จะไหลย้อนกลับเข้าไปในฐานที่เทเป็นรูปโค้ง หรือเป็นรูปสามเหลี่ยมขอบของรางปาดกาวด้านที่จะต้องสัมผัสกับผ้าสกรีนควรเรียบ เมื่อวางแนบกับผ้าในขณะที่ปาดจะทำให้กาวที่ปาดนั้นเรียบและมีความหนาที่สม่ำเสมอ

การเลือกขนาดของรางปาดกาว ควรเลือกขนาดของรางปาดกาวให้มีขนาดสั้นกว่ากรอบสกรีนด้านที่หยอดหมึกพิมพ์อย่างน้อย $\frac{1}{2}$ นิ้ว เพื่อที่จะสามารถปาดกาวอัดได้ในครั้งเดียว ถ้าใช้รางปาดที่สั้นเกินไปจะทำให้ไม่สามารถปาดกาวอัดได้ในครั้งเดียวต้องปาดกาวอัดสองครั้ง จะเป็นการเสียเวลาในการทำงานและส่วนที่ทับซ้อนกันที่อยู่ในตอนกลางนั้นจะหนากว่าส่วนอื่น ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาตามมาในเวลาที่น่าไปถ่ายไฟ

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมานี้เป็นวัสดุอุปกรณ์หลักที่นับว่ามีสำคัญอย่างยิ่งสำหรับ งานพิมพ์รูปลอกบนเคลือบ และนอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เพิ่มเติมอีกมากมาย ซึ่งจะได้เรียนรู้ในการทำงานต่อไป (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา, ม.ป.ป. : 3)

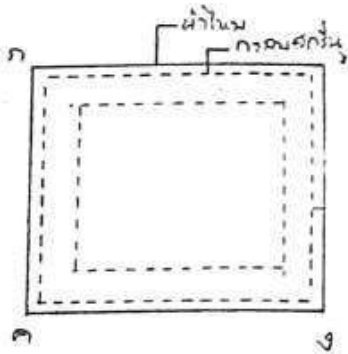
9.9 ขั้นตอนต่าง ๆ ในการพิมพ์รูปลอก

การพิมพ์รูปลอกมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมกรอบสกรีนและการซิงผ้า ในการเตรียมกรอบสกรีนและการซิงผ้าเราควรที่จะเลือกขนาดชนิดของกรอบสกรีน และนมเบอร์ของผ้าที่เราต้องการใช้ให้เหมาะสมในการใช้งาน ในการทำรูปลอกเซรามิกส์เบื้องต้นนี้ จะแนะนำวิธีการซิงผ้าด้วยมือ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและเป็นการประหยัดต้นทุนดังนี้

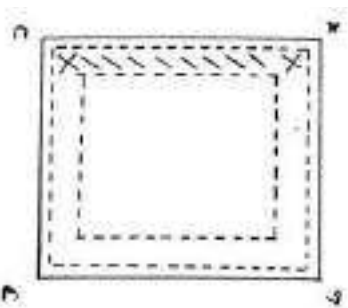
อุปกรณ์ที่ใช้ในการซิงผ้าด้วยมือนี้ คือ คีมดึงผ้า ปากคีมทำด้วยยางเป็นร่อง เพื่อกันผ้าลื่น (เลื่อน) การวิ้งแบบนี้จะเป็นการใช้ยืนยิงลวด Staple ยิงผ้าสกรีนให้ติดกับกรอบ ดังนั้นจึงสามารถวิ้งบนกรอบไม้ได้เพียงอย่างเดียวผู้ที่มีประสบการณ์อาจสามารถกำหนดการขยายตัวของผ้าไว้ได้เลย

ขั้นตอนในการซิงผ้ามีดังนี้



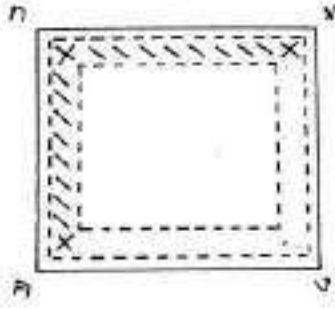
ภาพประกอบที่ 1 ตัดผ้าสกรีนให้มีขนาดใหญ่กว่ากรอบสกรีน (กรอบไม้) พอประมาณและนำผ้าไปชุบน้ำให้เปียกแล้วนำไปทาบบนกรอบไม้

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 20)



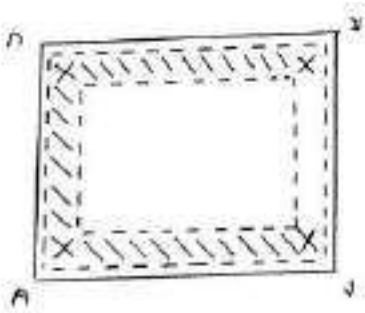
ภาพประกอบที่ 2 ใช้ปืนยิงลวด Staple อันใหญ่ ยิงไปที่จุด ก. เป็นกากบาท (X) ดึงผ้าจากจุด ก. ไปยังจุด ข. ให้ตึงแล้วยิงที่จุด ข. เป็นรูปกากบาทเช่นเดียวกันแล้วยิงไล่ระหว่างจุด ก. และจุด ข. ให้เป็นแนวเฉียงห่างกันพอสมควร

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 20)



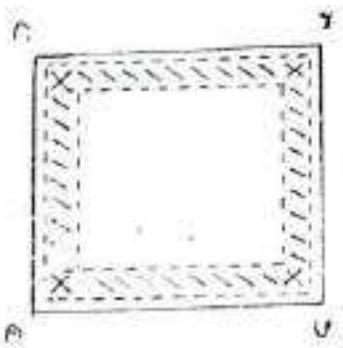
ภาพประกอบที่ 3 ดึงผ้าให้ถึงระหว่างจุด ก. และจุด ค. และใช้ปืนยิง ยิงไปที่จุด ค. ให้เป็นรูปกากบาท จากนั้น จึงยิงไ้ระหว่างจุด ก. และจุด ค. ให้เป็นแนวเฉียงห่างกันพอสมควร

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 20)



ภาพประกอบที่ 4 ออกแรงดึงผ้าจากจุด ค. ไปยังจุด ง. และยิงที่จุด ง. ให้เป็นรูป กากบาท จากนั้นจึงยิงไ้ระหว่างจุด ค. และจุด ง. ให้เป็นแนวเฉียงห่างกันพอสมควร

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 20)



ภาพประกอบที่ 5 จากจุด ข. และจุด ง. ก็ใช้วิธีเดียวกัน เมื่อเสร็จทั้ง 4 ด้านแล้ว ก็จะได้กรอบสกรีน ที่สามารถนำมาใช้งานได้

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 20)

การล้างทำความสะอาดผ้า

เมื่อได้ผ้าสกปรกที่จึงเสร็จแล้วต้องนำมาล้างทำความสะอาดเสียก่อนที่จะนำมาใช้งาน เพราะผ้าที่จึงเสร็จแล้วใหม่ ๆ นั้นอาจมีคราบไขมันที่เกิดจากกรรมวิธีการทอผ้าและอาจเกิดการสัมผัสผ้าในขณะที่ซึ่งผ้า ซึ่งผ้าไม่สะอาดพอจะเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น การเกิดเป็นรอยตามหลังการปาดกาวยัดทำให้เสียเวลาในการซ่อมแซมอีกครั้งหนึ่งวิธีทำความสะอาดทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ผงสำหรับล้างซึ่งเป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นมา เพื่อใช้ทำความสะอาด ซึ่งจะสะดวกในการนำมาใช้งาน โดยใช้ผงล้างโรยลงบนผ้าสกปรกแล้วใช้แปรงขัดถูเบา ๆ จากนั้นก็ล้างออกด้วยน้ำสะอาด หรืออาจใช้ผงซักฟอกล้างโดยการนำผงซักฟอกมาละลายน้ำก่อน จากนั้นจึงนำมาล้างวิธีการล้างก็เหมือน ๆ กันการที่เรา นำผงซักฟอกมาละลายน้ำก่อน ก็เพื่อป้องกันเกล็ดของผงซักฟอกอุดค้างอยู่ตามรูของผ้าสกปรกจากนั้นจึงนำไปนึ่งให้แห้ง หรืออาจจะใช้เครื่องเป่าลมร้อน (ไดร์เป่าผม) เป่าให้แห้งก็ได้

3. การเตรียมแม่แบบสำหรับถ่ายสกรีน สามารถทำได้ 4 วิธีด้วยกันดังนี้

3.1 การทำแม่แบบโดยการวาด (Hand draw positives)

คือการเขียนลวดลายลงบนกระดาษเขียนแบบ ฟิล์มที่ใช้สำหรับเขียนแบบ หรือ แผ่นพลาสติกใสด้วยหมึกทึบแสง ซึ่งจะสามารถปฏิบัติได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. วาดลวดลายที่ต้องการนำมาทำแม่แบบให้ได้ตามขนาดต้องการ

2. ใช้กระดาษเขียนแบบ ฟิล์มสำหรับเขียนแบบ หรือแผ่นพลาสติกใสอย่างใดอย่างหนึ่งวางทับลงบนแม่แบบแล้วใช้เทปกาวติดกันไม่ให้เคลื่อน จากนั้นจึงลอกลวดลายต่าง ๆ ด้วยดินสอ

3. ระบายหมึกทึบแสงลงบริเวณที่ต้องการ โดยใช้หมึกทึบแสง (Opaque) หรือหมึก รอตติ้ง Roting และในการระบายหมึกให้ระบายไปในทางเดียวกันให้ทึบแสง ซึ่งเราจะสังเกตได้จากการนำแม่แบบไปส่องไฟแสงจะไม่สามารถส่องผ่านขึ้นมาได้ในการทำแม่แบบด้วยวิธีนี้ควรมีโต๊ะไฟ สำหรับใช้ส่องดูแม่แบบด้วย

4. ได้แม่แบบที่นำไปใช้ได้เลย

ในการทำแม่แบบที่มีพิมพ์สีหลาย ๆ สีสามารถทำได้โดยการเขียน หรือลอกลายแยกสีตามตำแหน่งที่ต้องการแล้วทำเครื่องหมาย เช่น + < ^ ลงบนมุมของกระดาษตามสีอย่างน้อย 2 มุม เมื่อนำแบบมาวางทับกันสัญลักษณ์ของสีแต่ละสีจะต้องตรงกันเพื่อความสะดวกในการทำงาน

3.2 การทำแม่แบบโดยใช้ฟิล์มหน้ากาก (Masking positives film)

ฟิล์มหน้ากากมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดสีส้มและสีแดง ซึ่งทั้ง 2 ชนิด นี้มีคุณสมบัติทึบแสงเหมาะสำหรับการทำแม่แบบที่มีพื้นที่มากและเป็นลวดลายหยาบ ๆ ซึ่งเราสามารถนำมาใช้แทนการระบายหมึกทึบแสงตามวิธีแรก ซึ่งถ้าเราใช้วิธีนี้แทนแบบวิธีแรกก็สามารถทำงานได้เร็วขึ้น

ฟิล์มชนิดนี้ประกอบด้วยเนื้อฟิล์มสีส้ม และสีแดง ที่ฉาบอยู่บนแผ่นพลาสติก โดยมีกาว ชนิดพิเศษเป็นตัวเชื่อมให้เนื้อฟิล์มกับแผ่นพลาสติกติดกัน และมีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อลอกออก มาแล้วเราสามารถติดเข้าไปใหม่ได้ในกรณีที่มีการผิดพลาด

ขั้นตอนในการทำแม่แบบด้วยวิธีการใช้ฟิล์ม

1. ตัดฟิล์มให้มีขนาดใหญ่มากกว่าลวดลายที่ต้องการ
2. นำฟิล์มมาวางทับลงบนลายโดยให้ด้านเนื้อฟิล์มหงายขึ้น (ด้านที่ไม่เงา) และใช้เทปกาวติดกันเคลื่อน
3. ใช้มีดคัตเตอร์ที่มีความคมกรีดลงไปตามลวดลายที่ต้องการ ในการกรีดให้ออกแรงกรีดพอสมควรเพื่อให้เนื้อฟิล์ม และแผ่นพลาสติกขาดออกจากกันเหมือนกับการตัดสติ๊กเกอร์
4. ลอกส่วนที่ไม่ต้องการออกไปจะเหลือแต่ลายที่ต้องการ และสามารถนำไปใช้ในทันที

3.3 การทำแม่แบบโดยการถ่ายฟิล์ม (Photographic positives)

การทำแม่แบบวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมทำกันมากเนื่องจากย่อหรือขยายแบบได้ตามต้องการ โดยใช้แม่แบบอันเดียวกัน และส่วนมากมักทำแม่แบบให้มีขนาดใหญ่เสียก่อนแล้วนำมาถ่ายย่อทีหลัง เพราะจะได้แม่แบบที่มีความคมชัดมากกว่าการนำแม่แบบขนาดเล็กขยายให้ใหญ่ เพราะในการขยายแบบจะทำให้ลายของแม่แบบที่ได้ไม่คมชัดตามต้องการ

ขั้นตอนการทำแม่แบบโดยการถ่ายฟิล์ม

1. แม่แบบที่เราเตรียมไว้นำไปถ่ายกล้องสำหรับถ่ายฟิล์ม
2. นำฟิล์มที่ได้มาล้างในน้ำยา เอ (A) + บี (B) ซึ่งเป็นน้ำยาสร้างภาพจนปรากฏลายขึ้นบนฟิล์มจากนั้นนำฟิล์มมาจุ่มน้ำ แล้วนำไปแช่ในน้ำยาหยุดภาพ (Fixer) เพื่อหยุดปฏิกิริยาของฟิล์มแล้วนำไปจุ่มในน้ำอีกครั้งหนึ่งนำไปทิ้งให้แห้งจะได้ฟิล์มที่ออกมาเนกกะทิฟ (Negative) ภาพที่ปรากฏออกมาจะมีลักษณะตรงข้ามกับแบบจริง คือ ถ้าส่วนไหนของแม่แบบมีสีค่าจะปรากฏ ในฟิล์มจะเป็นสีขาว
3. นำฟิล์มเนกกะทิฟ (Negative) มาถ่ายอีกครั้งแล้วนำมาล้างด้วยน้ำยาเหมือนครั้งแรกก็จะได้ภาพกลับมาเป็นพอซซิทิฟ (Positive) ซึ่งเราสามารถนำมาใช้งานได้

ในการผสมน้ำยา เอ (A) + บี (B) กำหนดให้มีอัตราส่วนดังนี้

น้ำยา (หยุดภาพ) 200 กรัม ผสมน้ำ 1 ลิตร

3.4 การสร้างแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการตัดฟิล์ม (Computerize positives)

ปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำงานต่าง ๆ มากมายรวมถึงการออกแบบการทำรูปลอกสำหรับเซรามิกส์ด้วยก็มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ ทั้งนี้ผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในงานเซรามิกส์ชนิดนี้จะต้องมีความรู้ ความสามารถในด้านนี้พอสมควร และยังต้องเป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์อีกด้วย เครื่องตัดฟิล์มด้วยคอมพิวเตอร์สามารถตัดฟิล์มได้ 2 ประเภท คือ

1. ฟิล์มหน้ากาก (Masking film) ฟิล์มชนิดนี้จะต้องลอกเนื้อฟิล์มส่วนที่ไม่ต้องการออกไปเพื่อนำไปใช้เป็นแม่แบบในการถ่ายบล็อกสกรีน
2. ฟิล์มตัด (Knife cut film) เป็นฟิล์มชนิดที่ต้องลอกเนื้อฟิล์มส่วนที่ต้องการออกจะทำให้เกิดเป็นช่องให้หมึกไหลผ่านออกเป็นลวดลายที่ต้องการ

4. การปาดกาวอัดลงบนผ้าสกปรน

เมื่อได้แบบที่ต้องการแล้วก็นำกรอบสกปรนที่จึงไว้มาปาดกาวอัด เพื่อที่จะนำไปถ่ายไฟในขั้นตอนต่อไป
ขั้นตอนในการปาดกาวอัดมีดังนี้

1. ผสมกาวอัดสีชมพูกับน้ำยาไวแสง ในอัตราส่วน 10 : 1 ส่วน (ตามระบุไว้ฉลากข้างขวด) เมื่อผสมเสร็จแล้วให้ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที
2. นำกรอบสกปรนมาวางให้เฉียงประมาณ 60 องศา และใช้อุปกรณ์ปาดกาว ซึ่งอาจจะใช้รางใส่กาวปากแบบสแตนเลส หรือใช้ยางปาดก็ได้ ซึ่งถ้าเราใช้ยางปาดก็ใช้ซ็อนต์กาวอัดเทลงบนกรอบสกปรนในปริมาณพอสมควรแล้วใช้ยางปาดปาดทับลงมาทำทั้ง 2 ด้าน ถ้าใช้รางปาดก็ใช้วิธีเดียวกัน แต่แบบใช้รางปาดจะสะดวกกว่าถ้ามีความชำนาญในการทำก็ให้ใช้รางปาด เพราะจะทำงานได้รวดเร็ว จากนั้นนำไปนิ่งให้แห้งหรือใช้ลมเป่าให้แห้งก็ได้ แล้วนำกรอบสกปรนไปถ่ายแม่แบบในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการปาดกาวอัดนี้ให้ทำในห้องมืด โดยในห้องให้ใช้ไฟสีแดง หรือ สีเหลือง

5. เตรียมการถ่ายแม่แบบลงบนกรอบสกปรน

สิ่งที่ต้องเตรียม

1. แม่แบบที่จะนำมาถ่าย
2. ตู้สำหรับถ่ายไฟอาจจะใช้ตู้ไฟน็อนธรรมดา หรือใช้ตู้อาร์คแลมป์ (Arc lamp) ซึ่งตู้ไฟชนิดนี้ผลิตขึ้นมาโดยการใช้นวัตกรรมใหม่ทำให้มีความสะดวกสบายในการใช้ เช่น มีระบบการตั้งเวลาอัตโนมัติ มีระบบสูญญากาศและอื่น ๆ อีกมาก

3. กรอบสกปรนที่ปาดกาวอัดแล้ว

วิธีการถ่ายไฟมีขั้นตอนดังนี้

เช็คกระจกตู้ไฟให้สะอาด แล้วนำเอาแผ่นแม่แบบวางลงด้านบนของตู้ไฟ จากนั้นนำเอากรอบสกปรนมาวางทับกะระยะให้แม่แบบอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการวางบล็อกสกปรนวางด้านที่ซึ่งผ้าทับลงบนแม่แบบถ้าใช้ตู้ไฟน็อนให้ใช้ผ้าสีเข้มหรือสีดำคลุมทับลงไป แล้วใช้ถุงทรายวางทับด้านบนเพื่อให้ผ้าสกปรนกับแม่แบบติดกันแน่น จากนั้นจึงทำการถ่ายไฟ เวลาในการถ่ายไฟในแต่ละครั้งจะใกล้เคียงกันถ้าถ่ายโดยใช้ตู้ไฟชนิดอาร์คแลมป์ (Arc lamp) เมื่อเราวางแม่แบบและบล็อกถ่ายสกปรนลงบนตู้ถ่ายแล้วให้ใช้ระบบสูญญากาศเพื่อดูดอากาศออกและให้แม่แบบติดกับผ้าสกปรน (ซึ่งทำงานเหมือนผ้าสีดำกับถุงทราย) ผู้ถ่ายชนิดนี้จะมีปุ่มตั้งเวลา เปิด ปิด อัตโนมัติสะดวกในการใช้งาน จากนั้นนำบล็อกสกปรนที่ถ่ายเสร็จแล้วมาล้างให้ลวดลายปรากฏ

การตรวจสอบผ้าสกปรนและการใช้กาวอุด

ผ้าสกปรนเมื่อแห้งแล้วให้นำมาตรวจสอบบนตู้ไฟอีกครั้งว่าการปาดกาวอัดมีรอยตามดหรือรอยร้าวหรือไม่ถ้ามีรอยร้าวให้ใช้กาวสำหรับอุดกรอบสกปรนแต้มลงไปบางๆ บริเวณรอยร้าวจากนั้นนำไปตากให้แห้งก่อนที่จะนำมาใช้ หรือในกรณีที่ไม่มีกาวสำหรับอุดกรอบสกปรนก็ให้ใช้กาวอัดสีชมพูแทนได้

6. สีที่ใช้ในงานเซรามิกส์ (Colour stian)

การนำสีมาใช้เราต้องผสมสีกับมีเดียมอยล์ให้เข้ากันดีเสียก่อน จากนั้นจึงนำมาใช้ได้ ขั้นตอนในการพิมพ์สี

1. นำกรอบสกรีนที่ได้วางลงบนแผ่นฟิล์มบล็อกด้านบนให้เรียบร้อย ให้ติดกับแท่นพิมพ์แล้วทำเครื่องหมายอย่างใดอย่างหนึ่งลงบนแท่นพิมพ์ เพื่อใช้สังเกตในการวางกระดาษ กระดาษที่ใช้ควรใช้เครื่องมือสำหรับตัดกระดาษ เพราะจะทำให้ได้ขนาดของกระดาษเท่าๆ กัน สะดวกในการนำมาใช้ ในการพิมพ์ภาพหลาย ๆ สีขนาดของกระดาษมีความสำคัญมาก ถ้าขนาดของกระดาษไม่เท่ากันจะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนของสีในการพิมพ์

2. พ่นกาวยสเปรย์ลงบนแท่นพิมพ์ตรงตำแหน่งที่วางกระดาษ เพื่อไม่ให้กระดาษเคลื่อนในเวลาพิมพ์

3. เทหมึกลงด้านในของกรอบสกรีนแล้วใช้ยางปาดสำหรับงานพิมพ์กระดาษ (ยาง ปาดชนิดหน้าตัดตรง) ปาดหมึกพิมพ์เบา ๆ ให้ทั่วบริเวณลายการปกแบบนี้เรียกว่า การปาดกลบ หลังจากนั้นจึงออกแรงปาดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้หมึกไหลทะลุไปลงบนกระดาษที่เราต้องการ แล้วปาดหมึกพิมพ์กลบลายไว้เบา ๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการอุดตันของลวดลาย

ข้อแนะนำในการปาดหมึกพิมพ์ให้เอียงประมาณ 45 องศา และในการพิมพ์ครั้งแรก ควรทดลองพิมพ์ลงบนกระดาษหนังสือพิมพ์เสียก่อน เพื่อเป็นการทดลองพิมพ์ จากนั้นจึงค่อยพิมพ์ลงบนกระดาษจริงเพื่อป้องกันการผิดพลาด

7. การพิมพ์คัพเวอร์โคต (Cover coat) หรือที่ทั่ว ๆ ไปเรียกว่าฟิล์มโซลูชัน (Film solution)

ใช้พิมพ์ทับลงบนสีที่พิมพ์ซึ่งเป็นการพิมพ์ครั้งสุดท้าย โดยมีคุณสมบัติ คือ ช่วยยึดสีที่พิมพ์ให้เป็นแผ่นติดกัน ตอนที่เรานำกระดาษรูปลอกไปแช่น้ำเพื่อแยกกระดาษออกจากสี เราก็จะได้แผ่นที่เป็นเนื้อสีและแยกออกจากกระดาษได้อย่างง่ายดาย

วิธีการพิมพ์ Cover coat

วิธีการพิมพ์ Cover coat เหมือนกับการพิมพ์สี แต่จะแตกต่างกันที่เบอร์ของผ้าที่ใช้พิมพ์ ซึ่งในการพิมพ์ Cover Coat นี้จะใช้ผ้าเบอร์ต่ำ ๆ เช่น ผ้าเบอร์ 24-36 เมื่อพิมพ์เสร็จแล้วให้นำไปผึ่งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้นจึงนำมาใช้งานได้ เมื่อนำไปเผาก็จะหายไป ในการออกแบบแม่พิมพ์ Cover Coat จะต้องออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าแม่แบบเล็กน้อย ถ้าต้องการพิมพ์ Cover Coat ให้คลุมลวดลายทั้งหมด (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา, ม.ป.ป. : 15)

9.10 การติดยูปลอก

1. ทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ที่จะติดยูปลอก
2. ตัดรูปออกเป็นแผ่น ๆ จากแผ่นใหญ่
3. นำรูปลอกไปแช่น้ำ ซึ่งเมื่อโดนน้ำรูปลอกจะม้วนตัวเข้าหากันทันที ทิ้งไว้ประมาณ 30-45 วินาที กระดาษรูปลอกจะคลายตัวออกเนื่องจากอิมมูนน้ำแล้ว

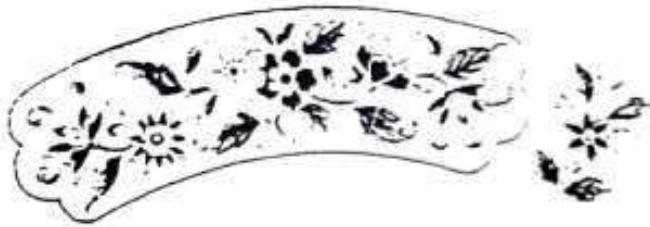
4. ยกกระดาษรูปลอกขึ้นมาวางบนชิ้นงาน ใช้นิ้วชี้มือซ้ายเลื่อนฟิล์มรูปลอกออก จากกระดาษชนิดหน้อยแล้ว กดให้แน่นกับผิวเคลือบ มือขวาที่ถือกระดาษรูปลอกอยู่นั้นให้ ดึงกระดาษโดยวิธีการเลื่อนหรือสไลด์เฉพาะกระดาษ ออกมาทางขวามือและทิ้งไป ฟิล์มรูปลอก ก็จะติดอยู่บนผลิตภัณฑ์

5. ใช้นิ้วมือทั้งสองข้างปรับตำแหน่งรูปลอกให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการในช่วงนี้จะมีน้ำ และฟองอากาศอยู่ ใต้แผ่นฟิล์ม รูปลอกเป็นตัวช่วยหล่อลื่น

6. เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วใช้ยางติตรูปลอกทำการปาดไล่น้ำ และฟองอากาศที่ค้างอยู่ใต้ฟิล์มรูปลอก ออกให้หมด เพื่อ รูปลอกติดแน่นกับผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์ หากหลงเหลืออยู่เมื่อ รูปลอกแห้งจะเกิดเป็น ฟองอากาศและจะหลุดร่อนออกเมื่อผ่านการเผา

7. เมื่อรูปลอกแห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส เพื่อให้ความร้อนเผาไหม้ตัว ประสานและฟิล์มเคลือบผิวหน้าให้หมดไป และสีหลอมละลายติดอยู่บนผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์ก็จะได้ลวดลาย ปรากฏบนผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ (วิเชียร ศิริประภาวัฒน์, 2533 : 78)

วิธีการทำรูปลอกนี้ได้ดัดแปลงไปใช้ในรูปลอกที่ติดเครื่องแก้วและโลหะเคลือบ เพียงแต่ เปลี่ยนเนื้อสีให้เข้ากับ ลักษณะงานและอุณหภูมิการเผาเท่านั้น



ภาพประกอบที่ 6 แสดงรูปลอกสีบนเคลือบชนิดลายเส้น (หลายสี) ที่มีการออกแบบให้มีความโค้งให้เข้ากับ ความ โค้งของผลิตภัณฑ์ที่จะติด เช่น ขอบจาน

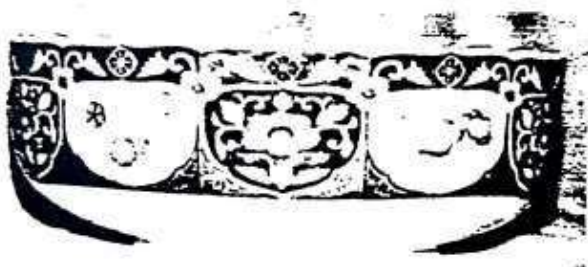
ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 26)



ภาพประกอบที่ 7 แสดงรูปลอกสีบนเคลือบชนิดลายเส้น (หลายสี) ที่มีการออกแบบให้มีลักษณะ น้ำหนักอ่อนแก่ โดยใช้ความหนาแน่นของจุดและความเข้มของสีเข้าช่วย และแสดงถึงขอบของฟิล์มเคลือบผิวหน้า (สีเหลืองอ่อน) ที่ออกแบบให้หักไปตามลวดลายเพื่อให้สามารถติดกับผลิตภัณฑ์ผิวโค้งได้
ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 26)



ภาพประกอบที่ 8 แสดงรูปลอกสีบนเคลือบชนิดภาพผสมระหว่างภาพลายเส้นและภาพโทนกึ่งต่อเนื่องที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 27)



ภาพประกอบที่ 9 แสดงรูปลอกสีบนเคลือบที่นำรูปลอกในภาพ 3 มาติดและแสดงถึงการออกแบบ รูปทรง ของ ลวดลายให้เข้ากับตำแหน่งที่จะติดบนผลิตภัณฑ์
ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 27)



ภาพประกอบที่ 10 แสดงรูปลวดลายบนเคลือบชนิดผสม
ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 27)

9.11 เตาและการเผา

1. ประเภทของเตา

เตาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันได้มีผู้ออกแบบตลอดจนรูปร่าง ขนาด ให้เหมาะสมกับความต้องการและมีประสิทธิภาพ ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย ควบคุมสะดวก ได้แบ่งประเภท ตามลักษณะต่าง ๆ (ทวี พรหมพฤกษ์ 2525 : 103) ซึ่งในการทดลองได้ใช้เตาที่ใช้ในการทดลอง เผารูปลวดลายบนเคลือบ ได้แก่ เตาเผาชนิดไฟฟ้า

1.1 เตาเผาชนิดไฟฟ้า (Electric firing kiln) เป็นเตาเผาที่สามารถให้อุณหภูมิสูงและสามารถเร่งความเร็วได้ตามต้องการ เป็นเตาที่เผาแบบ Oxidizing เท่านั้น

เตาไฟฟ้า (Electric kiln) ปัจจุบันเป็นเตาที่มีผู้สนใจใช้กันมากโดยเฉพาะในวงงานทำ อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากผู้ที่มีความสะดวกสบายควบคุมได้ง่ายมีความปลอดภัยสูง และค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี

เตาไฟฟ้าได้มีผู้ออกแบบและพัฒนาตามลำดับ ในสมัยแรก ๆ เป็นเตาไฟฟ้าที่ยังไม่สามารถเผาอุณหภูมิสูงได้เลย ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ยังมีคุณภาพไม่ดีพอ จึงมีผู้สนใจน้อยมาก

ปัจจุบันเนื่องจากเตาไฟฟ้า (Electric kiln) ได้ประสบความสำเร็จเกี่ยวกับอุปกรณ์และ เครื่องมือตลอดจนสารทนความร้อน (Heater element) ได้สร้างเตามีคุณภาพดีขึ้นตามลำดับสามารถ เผาได้ในอุณหภูมิสูง นับว่าเป็นความก้าวหน้าอย่างยิ่งในปัจจุบัน

เตาไฟฟ้าที่ออกแบบใช้งานในปัจจุบัน มีหลายขนาดและขนาดใหญ่นิยมใช้เผาผลิตภัณฑ์ ประเภทสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware) อิฐทนไฟ (Refractories) เป็นเตาที่ออกแบบชนิดใช้ยกขึ้นครอบ ผลิตภัณฑ์เรียกว่า Electric

elevator kiln top-hat kiln สามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูง ใช้เวลาเผาไม่น้อยกว่า 20-22 ชั่วโมง ต่อครั้ง ส่วนเตาไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลงมาก มักนิยมสร้างเป็นเตาแบบกลม แบบหกเหลี่ยม แบบสี่เหลี่ยม ซึ่งมีทั้งชนิดเปิดบน (Top loading) เปิดด้านหน้า (Front loading) มีความจุตั้งแต่หนึ่งลูกบาศก์ฟุต จนหลายลูกบาศก์ฟุตก็มี ใช้ไฟฟ้าชนิด 2-3 สาย (Single phase three phase) กระแสไฟชนิด 220-380 โวลท์

เตาไฟฟ้านอกจากจะใช้เผาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเคลือบ (Glost firing) เผาดิบ (Biscuit firing) แล้วยังใช้เผาสีชนิดบนเคลือบ (Over glaze deovation) นอกจากนี้ยังใช้เป็นเตาสำหรับงานทดลอง วิจัยงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

2. ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตา

เตาเผามีส่วนประกอบที่สำคัญหลายประการ ทำให้เรามีประสิทธิภาพในการทำงานโดยหลักการทั่ว ๆ ไป

1. ห้องเผา (Firing chamber) โดยปกติแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนบน (Top part)

ส่วนกลาง (Middle part)

ส่วนล่าง (Bottom part)

เตาที่มีประสิทธิภาพในการทำงานดี จะต้องให้ความร้อนทุกส่วนสม่ำเสมอทุก ๆ ครั้ง ที่ปฏิบัติการเผา

2. ผนังเตา (Fire wal)

โดยปกติผนังเตาก่อด้วยอิฐ 2 ชั้น ทำหน้าที่ควบคุมความร้อน อิฐผนังภายในเตา (Lining) จะใช้อิฐทนไฟที่มีคุณภาพดี ถ้าเป็นเตาไฟฟ้าหรือเตาแก๊สจะใช้อิฐทนไฟชนิดเบา (Insulating brick) ส่วนภายนอกจะหุ้มด้วยอิฐทนไฟธรรมดาหรืออิฐก่อสร้างก็ได้ ถ้าเป็นเตาชนิดที่ต้องเผาอุณหภูมิสูงอาจจะหุ้มด้วยฉนวนทนความร้อนอีกชั้นหนึ่ง

3. พื้นเตา (Floor)

ทำหน้าที่รับน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ที่เข้าเตาเผาในสมัยโบราณ เตาที่สร้างบนพื้นดิน เช่นเตา สมัยสุโขทัย เตาจีน นิยมใช้ทราย (Silica) รองพื้นเตาใช้ป้องกันน้ำเคลือบไหลติดพื้นเตา ปัจจุบันเตา เปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะตาหมากรุกทั่ว ๆ ไปบนพื้นเตา ส่วนเตาชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up draft kiln) จะต้องเจาะพื้นเตาให้ความร้อนขึ้นได้สะดวก (Checker work) เตาชนิดทางลมร้อนขึ้นควรสร้างตะแกรง (Checker work) หลายชั้น เพราะช่วยให้ความร้อนสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา

4. ปล่องไฟ (Chemy)

เตาที่ใช้ฟัน แก๊ส น้ำมัน ถ่าน ต้องออกแบบเตาให้มีปล่องไฟ เพื่อช่วยให้การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี โดยเฉพาะเตาพื้นปล่องต้องมีขนาดโต ส่วนเตาแก๊ส เตา น้ำมันมีขนาดเล็กกว่า ส่วนเตาไฟฟ้าจะมีปล่องเตาเหมือนเตาชนิดอื่น

5. กำแพงไฟ (Buffle wall)

อยู่ภายในเตา โดยเฉพาะเตาน้ำมัน เตาแก๊ส เป็นตัวการป้องกันไม่ให้เปลวไฟที่ออกจากหัวพ่นจะสัมผัสกำแพงไฟ (IBulle) อิฐทนไฟที่ใช้ก่อกำแพงไฟต้องเป็นอิฐทนไฟที่มีคุณภาพดี

6. หัวพ่น (Burner)

ปัจจุบันหัวพ่น (Burner) มีทั้งชนิดที่ใช้ทั้งน้ำมันและแก๊ส หัวพ่นที่ใช้กับน้ำมันชนิดที่ใช้พัดลม(13lower) ในตัวก็มีชนิดที่แยกต่างหากก็มี แต่ที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้งานเผาได้ติดต่อกันตลอดเวลา ส่วนหัวพ่นแก๊สนิยมใช้หัวพ่นแบบเวนจูรี่ (Venturi) ใช้อากาศปรับได้ในตัว

7. หลังคาเตา (Crown)

เตาที่ใช้เผาขนาดใหญ่ หลังคาเตาต้องออกแบบให้โค้ง (Arch) เพราะทรงตัวได้ดี เนื่องจาก การเผาที่มีความร้อนสูง และเป็นจุดอ่อนโอกาสที่พังทลายมีอยู่มาก จึงนิยมออกแบบในเตาขนาดใหญ่มีหลังคาโค้งทุกเตา การเรียงอิฐหลังคาเตาก็ต้องมีเทคนิคสูงเกี่ยวกับการหดตัวและขยายตัวของอิฐ ซึ่งสำคัญมากและอาจทำให้หลังคาเตายุบพังได้ง่าย

8. ประตูเตา (Door)

ใช้ทำหน้าที่ปิด-เปิด ในการบรรจุของเข้าเตา การเอาของออกจากเตา เตาชนิดที่ใช้รถบรรจุของเข้าเตา (Kiln car) มักจะออกแบบประตูติดกับตัวรถ บางแบบออกแบบติดกับเตา ประตูเตา มักจะเจาะช่อง (Peep hole) ไว้สองระดับ ไว้สังเกตสีของไฟ ส่วนเตาไฟฟ้าประตูเตานั้นก็คือฝาเตานั้นเอง โดยเฉพาะฝาเตาที่ดีต้องป้องกันความร้อนไม่ให้รั่วได้ ต้องปาดเป็นลื่นให้เข้ากันได้สนิท สำหรับเตาพื้น เตาจีน ประตูเตาใช้อิฐเรียงบังไม่ให้ความร้อนออกในการเผาผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

9. รถบรรทุกผลิตภัณฑ์ (Kiln car) เตาเผาชนิดที่ใช้รถ (Kiln car) ส่วนมากเป็นเตาที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน แก๊ส ไฟฟ้า โดยการ ออกแบบเตาชนิดที่ใช้รถบรรทุกผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ส่วนมากได้แก่เตาชนิด Shuttle kiln, Tunnel kiln โดยเฉพาะรถ (Kiln car) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ส่วนบน (Car top) ล้อ และที่ป้องกัน ความร้อน (Sand Seal) การบรรจุของในรถก็เช่นเดียวกับการบรรจุของเข้าเตาแบบที่ไม่มีรถต้อง มีขารองและชั้นรองเช่นเดียวกันแต่ว่าคล่องตัวกว่าและกำลังเป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรม

10. แผ่นบังคับความร้อน (Damper) ส่วนมากเป็นเตาแก๊ส เตา น้ำมัน จะมีแผ่น Damper ซึ่งมักจะอยู่ในช่องที่ความร้อนจะไหลขึ้นสู่ปล่อง ทำหน้าที่บังคับไม่ให้ความร้อนไหลเร็วจนเกินไป

11. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) เป็นเครื่องมือบอกความร้อนภายในเตาซึ่งสามารถบอกเป็นองศา เซนติเกรด หรือ องศาฟาเรนไฮต์ได้ เครื่องวัดอุณหภูมิสามารถบอกเป็นตัวเลขหรือตารางกราฟก็ได้ หรือจะใช้ตั้งแบบอัตโนมัติก็ได้ นอกจากนี้จะมีเครื่องมือชนิดที่เทียบสีและPyrometric cone ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ตีชนิดหนึ่ง

12. ช่องไฟ (Fire hole)

เตาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ผู้ที่ออกแบบสร้างเตาทุกชนิดทุกแบบจะต้องมีช่องดูไฟซึ่งมักจะเจาะไว้ 3 ระดับ เพื่อเปรียบเทียบสีของไฟ ใช้ดู Cone ในการเผา ในเตาไฟฟ้าอาจใช้ทำหน้าที่ระบายแก๊สไปในตัวด้วย

13. อุปกรณ์เตา (Kiln furniture) เตาทุกชนิดต้องมีอุปกรณ์ โดยเฉพาะชั้นรองไว้สำหรับวางผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เคลือบที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ Silicon carbide และ cordierite เตาบางชนิดใช้หีบทนไฟ Sagger ก็ได้ส่วนมานิยมในเตาพื้น

3. บรรยากาศในการเผา

การเผาไหม้ในบรรยากาศแบบสมบูรณ์ (Oxidation Firing)

เป็นบรรยากาศที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ หากใช้ฟ่อนไม้หรือรูปสอดเข้าไปในเตาเผาจะพบว่าถ่านไม้ นั้นลุกติดไฟได้ดี การปรับสภาพของเตาให้อยู่ในบรรยากาศสมบูรณ์ทำได้หลายวิธีโดยการเปิดปล่องไฟให้กว้างขึ้น เพื่อให้อากาศภายนอกเตาถูกดูดเข้าไปสู่ภายในเตาทางช่องเผาไหม้หรือการเพิ่มปริมาณอากาศที่ผสมลงในเชื้อเพลิง อาจสังเกตเชื้อเพลิงมีการเผาไหม้ดีและรวดเร็ว ไม่มีควันไฟ เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่สามารถเผาในบรรยากาศแบบสมบูรณ์ได้ดีที่สุด (บุญฉวีรัตน์ พิชญ์ไพฑูริย์ 2538 : 205)

10. วิธีดำเนินโครงการ

10.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

10.1.1 ประชากรที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

10.1.1.1 สีสำเร็จรูปบนเคลือบ

1. สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีดำ
2. สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีเขียว
3. สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีแดง
4. สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีเหลือง
5. สีสำเร็จรูปบนเคลือบสีน้ำตาล

10.1.1.2 มิเดียม

10.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้จากการคำนวณการผสมของสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมิเดียม จำนวน 5 จุด

ตาราง 2 แสดงอัตราส่วนผสมของสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมิเดียมที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนผสมที่	1	2	3	4	5
สีสำเร็จรูปบนเคลือบ	50	60	70	80	90
มิเดียม	50	40	30	20	10
รวม	100	100	100	100	100

ที่มา : นงนุช แสงโสภา (2547 : 33)

- 10.3 ตัวแปรที่ศึกษา ในการทดลองครั้งนี้ผู้ทดลองได้กำหนดตัวแปรดังนี้
 - 10.3.1 ตัวแปรอิสระ อัตราส่วนผสมของสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมีเดียที่ใช้แตกต่างกันในการพิมพ์ทำรูปลอก
 - 10.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่
 - คุณสมบัติของรูปลอกสีบนเคลือบภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน
 - 10.3.2.1 การพองตัวของรูปลอกสีบนเคลือบ
 - 10.3.2.2 ความมันวาวของรูปลอกสีบนเคลือบ
 - 10.3.2.3 ความคมชัดของรูปลอกสีบนเคลือบ
 - 10.3.2.4 การสึกตัวของรูปลอกสีบนเคลือบ
- 10.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
 - 10.2.1 เต้าไฟฟ้า
 - 10.2.2 โกร่งบดและด้ามบด
 - 10.2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิตอล
 - 10.2.4 บานพับ
 - 10.2.5 กรอบสกรีนและผ้าสกรีน
 - 10.2.6 ยางปาด
 - 10.2.7 ตู้อุ่น
 - 10.2.8 ตันแบบ
 - 10.2.9 ทีชชู
 - 10.2.10 ปั้นลม
- 10.3 สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง
 - 10.3.1 สถานที่ใช้ในการทดลอง คือ อาคารเทคโนโลยีวิศวกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย
 - 10.3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2564
- 10.4 การดำเนินการทดลอง
 - ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนการทดลองทำรูปลอกเซรามิกส์ และศึกษาคุณสมบัติของรูปลอก เซรามิกส์ภายหลังการเผาเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของรูปลอกเซรามิกส์
 - 1. เตรียมกระดาษรูปลอกและแผ่นทดสอบ โดยการใส่แผ่นกระเบื้องแผ่นเล็กๆ ขนาด 11x11 เซนติเมตร สีขาวเพื่อสังเกตลักษณะทางกายภาพของรูปลอกเซรามิกส์
 - 2. เตรียมบล็อกโดยการนำไม้มาตีเป็นกรอบสี่เหลี่ยมแล้วใช้ผ้าไหมนัมเบอร์ 90-150 มาซึงกับบล็อกไม้ให้ตั้งแล้วนำไปถ่ายบล็อกโดยใช้อัตราส่วนของกาวอัดและน้ำยาไวแสง 5 : 1

3. ขั้นตอนการเตรียมสี โดยการผสมตามอัตราส่วนที่เราต้องการทดสอบ ดังตารางที่ 2
 4. บดส่วนผสมคือสีสำเร็จรูปบนเคลือบกับมิเดียมประมาณ 10 นาที หรือจนแน่ใจว่าสาร เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว
 5. นำสีที่ได้ไปปาดลงบนกระดาษรูปลอกที่เตรียมไว้และปาดทับด้วยน้ำยาพิมพ์ทับลงไป บนหมึกพิมพ์ (Cover coat) เพื่อไม่ให้เนื้อสีแตกตัวออกจากกันเมื่อนำไปแช่น้ำหรือเผาทิ้งไว้ให้ แห้ง
 6. นำกระดาษรูปลอกที่พิมพ์ไว้แล้วไปแช่น้ำแล้วค่อยๆเลื่อนรูปภาพออกจากกระดาษ รูปลอกเบาๆ
 7. นำไปติดบนกระเบื้องที่เตรียมไว้แล้ว
 8. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 760 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน
 9. ตรวจสอบคุณสมบัติของรูปลอกสีบนเคลือบหลังเผา
 10. คัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมโดยดูจากคุณสมบัติของรูปลอกสีบนเคลือบภายหลังการ เผา
- ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการนำเอาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของรูปลอกสีบนเคลือบมาทำเป็นรูปลอกสีบนเคลือบจริง โดยมีขั้นตอนดังนี้
1. เตรียมกระดาษรูปลอกและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วเพื่อใช้ติดรูปลอกสีบนเคลือบ
 2. เตรียมลวดลายเพื่อนำไปถ่ายบล็อกลวดลายที่ใช้เป็นลวดลายหลายสีซึ่งแยกสีได้ 5 สี จึงใช้บล็อกสกรีน 5 บล็อก บล็อกละ 1 สีแต่ละบล็อกสีควรมีมาร์คเกอร์หรือเครื่องหมายเพื่อไม่ให้สีเคลื่อนจนทำให้สีเบลอ
 3. นำบล็อกไปถ่ายโดยผสมอัตราส่วนของกาวอัดกับน้ำยาไวแสงในอัตราส่วน 5 : 1
 4. ขั้นตอนการเตรียมสีโดยผสมตามอัตราส่วนที่ได้จากการทดสอบจากขั้นตอนที่ 1 บอส่วนผสมให้เข้ากันใช้เวลา ประมาณ 10 นาที หรือจนแน่ใจว่าส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว
 5. นำสีที่ได้มาปาดลงบนกระดาษรูปลอกที่เตรียมไว้ สีที่ปาดสีแรกเป็นสีอ่อนแล้วค่อยๆไล่ไปจนสีเข้ม
 6. เมื่อจะปาดสีต่อไปควรวางมาร์คเกอร์หรือเครื่องหมายให้ตรงกันเพื่อไม่ให้สีเคลื่อน จนทำให้ภาพเบลอ ทำตามขั้นตอนแล้วปาดให้ครบทุกสีทิ้งให้แห้ง
 7. นำภาพที่ได้มาปาดด้วยน้ำยาพิมพ์ทับลงไปบนหมึกพิมพ์หรือ (Cover coat) เพื่อไม่ให้สีแตกตัวออกจากกันเมื่อนำไปแช่น้ำหรือเผาทิ้งไว้ให้แห้ง
 8. นำรูปลอกไปแช่น้ำกระดาษจะม้วนตัวและคลายตัวออกเมื่ออิมมersion
 9. นำมาวางบนผลิตภัณฑ์ที่เตรียมไว้แล้วค่อยๆเลื่อนหรือสไลด์ออกจากกระดาษเบาๆ ติดบนผลิตภัณฑ์แล้วไล่ฟองอากาศออกให้หมด
 10. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน
 11. เมื่อเผาเสร็จแล้วนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการที่มีความสวยงาม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยที่รูปลอกไม่หลุด

10.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

10.5.1 การศึกษาคุณสมบัติของรูปลอกสีบนเคลือบภายหลังการเผา

10.5.1.1 การพองตัวของรูปลอกสีบนเคลือบ โดยสังเกตว่าสีเกิดการพองตัวมากน้อย เพียงใด

10.5.1.2 ความมันวาว สังเกตความมันวาวแต่ละจุดเกิดมากน้อยเพียงใด

10.5.1.3 ความคมชัดของเส้นสี โดยสังเกตว่าภายหลังการเผาเส้นสียังมีความคมชัดหรือไม่

10.5.1.4 การสุกตัวของสีสำเร็จรูป สังเกตว่าเมื่อเผาในอุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส

สีมีการสุกตัวทุกจุด

10.5.2 การคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมของรูปลอกสีบนเคลือบ จากความเห็นของอาจารย์ ประจำสาขาวิชา
อุตสาหกรรมศิลป์ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ 1. อาจารย์พัฒนา เจริญยิ่ง

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมพล นาอุดม 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพรัตน์ พันธวาปี

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธพงษ์ นาคโสภณ 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร แก้วรัตน์ เนื่องจากอาจารย์ทั้ง 5 ท่านมีความรู้เฉพาะด้านในงานเซรามิกส์

11. ระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2564

12. เอกสารอ้างอิง

จารุสิทธิ์ เครือจันทร์. ความเป็นมา ความหมาย การจัดประเภทของที่ระลึก. คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2563. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2563

จาก <http://netra.lpru.ac.th/~weta/w1/index.html>.

ทวี พรหมพลฤกษ์. (2523). เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร . รุ่งเรืองรัตน์.

นงนุช แสงโสภา. การทดลองทำรูปลอกสีบนเคลือบอุณหภูมิ 760 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน.

โครงการพิเศษเทคโนโลยีเซรามิกส์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 2547.

ปยุณรัตน์ พิชญ์ไพบุลย์. (2538). เครื่องเคลือบดินเผาและวิธีการสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร . สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิเชียร ศิริประภาวัฒน์. (2533). การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร . บริษัท
พรินติง กรุ๊ป จำกัด.

สงกรานต์ แหมมแก้ว. (2542). การพิมพ์ซิลค์กรีนด้วยตัวเอง. กรุงเทพมหานคร . บริษัท เลิฟ แอนด์ ลิบเพรส
จำกัด.

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา.(ม.ป.ป.). การทำรูปลอกสีบนเคลือบ.

รายนามคณะกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุมาศ พรหมเทศ	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภควดี ศิริหาล้า	รองประธานกรรมการ
ดร.วันชาติ สุพรมพิทักษ์	กรรมการ
อาจารย์ณัชชา สมจันทร์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติกร ศรีลานนท์	กรรมการ
อาจารย์สมภพ เพ็ชรดี	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชาย พวงจันทร์	กรรมการ
ดร.เมืองมล เสนเพ็ง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ คำมี	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมยุทธ ไชยวงษ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์ จันทร์ระ	กรรมการ
อาจารย์เปรมชัย มูลหล้า	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชัย โปธิ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ ภูกองพลอย	กรรมการ
ดร.กิตติ ต้นเมืองปัก	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อารีรัตน์ ดาวงษา	กรรมการ
ดร.รุ่งกานต์ อินทวงศ์	กรรมการ
อาจารย์พัฒนะ เจริญยิ่ง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมพล นาอุดม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธพงษ์ นาคโสภณ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกัญญา ชันชัยภูมิ	กรรมการและเลขานุการ



TechN **INNOVATION** 2 20

เอกสารรวมผลงาน

การประกวดข้อเสนอโครงการนักศึกษาระดับปริญญาตรี

วันที่ 26 สิงหาคม 2563

ณ ห้องฝึกอบรมชั้น 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

- ◆ เทคโนโลยีโยธา
- ◆ วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- ◆ วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
- ◆ วิศวกรรมการผลิต
- ◆ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ◆ อุตสาหกรรมศิลป์



มหกรรมวิชาการเทคโนโลยีนวัตกรรม 2563
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

โทรศัพท์ 042-835-232 Facebook //: Techno Iru 2020

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ด้านวิศวกรรมการผลิต	1
การออกแบบและพัฒนารถตัดหญ้าพลังงานทดแทนแบบบังคับวิทยุ	3
การออกแบบและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ	15
การออกแบบและพัฒนาเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางรายขนาดเล็ก	37
ด้านวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม	47
การพัฒนาเตาสำหรับย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติและระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับวิสาหกิจชุมชน	49
การประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ กระบวนการผลิตมะพร้าวแก้ว	63
การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกสับปะรด	73
ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	85
ชุดจำลองระบบลดอุณหภูมิในโรงเรือนและการรดน้ำผักกวางตุ้งอัตโนมัติ	87
เครื่องตัดเหล็กปลอกเสาอัตโนมัติ	105
เครื่องคัดแยกเมล็ดพันธุ์พืชโดยการประมวลผลภาพ	123
ด้านเทคโนโลยีโยธา	129
การวิจัยปลอกมวลเบาเสริมน้ำยาฟารา แกลบ และเศษพลาสติก	131
การศึกษาการหาค่าระดับและหาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	145
การศึกษาการทำเครื่องร้อนวัสดุผสมละเอียด	(แนบ)
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	173
การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสียออกจากเตาปิ้งย่าง	175
ผลเฉลยจริงแบบใหม่ของสมการ Boiti-Leon-Manna-Pempinelli (4+1) มิติ	187
การหาปริมาณธาตุเหล็กและแคลเซียมของเห็ดนางรมดำที่เพาะด้วยโรงเรือน ระบบอัจฉริยะ	197

เรื่อง	หน้า
ด้านอุตสาหกรรมศิลป์	215
การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง แผงสวิตจวงจรไฟฟ้าภายในบ้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 โรงเรียนกุตดินจีพิทยาคม อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู	217
การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุตดินจีพิทยาคม อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู	231
การผลิตรูปลอกสีบนเคลือบ อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน เพื่อใช้ทำของที่ระลึกจังหวัดเลย	246
รายงานคณะกรรมการ	279