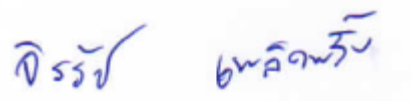


บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ เป็นวารสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ราย 6 เดือน ฉบับนี้เป็นปีที่ 5 ฉบับพิเศษ เผยแพร่ในโอกาสวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ วันที่ 18 สิงหาคม โดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาทำการคัดเลือกบทความวิจัยและบทความวิชาการที่มีคุณภาพส่วนหนึ่งจากการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 5 (The 5th National Conference on Science and Technology: NCOST) นับว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานวิจัย ข้อมูล ข้อคิดเห็นทางวิชาการ และองค์ความรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย และนิสิต นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการ ได้อย่างกว้างขวาง

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความที่ได้รับการเผยแพร่ในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน โดยการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้และพัฒนาต่อยอดงานวิจัย ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง สังคมและประเทศชาติต่อไป



(ดร.จิรัช เพติตพริ้ง)

บรรณาธิการ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทดน้ำ
กรณีศึกษาองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง

A STUDY OF FACTORS AFFECTING THE CONSTRUCTION EFFICIENCY OF
IRRIGATION DAM: A CASE STUDY OF LOCAL GOVERNMENT ORGANIZATIONS IN
THE LOWER NORTHERN PROVINCE AREAS

เศรษฐกานต์ รุ่งเรือง^{*1} ศักดิ์ชาย รักการ² พจนีย์ ศรีวิเชียร³

Satethakarn Rungruang¹, Sakchai Rakkarn², Podchanee Sriwichian³

^{*1} หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

² หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

³ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

*Topten.t@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทดน้ำ กรณีศึกษาองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง จากโครงการก่อสร้างฝายทดน้ำใน 4 พื้นที่ ปีพุทธศักราช 2562 โดยใช้งบประมาณโดยประมาณ 1,370,000 บาท และมีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์มากกว่า 4,800 ไร่ ซึ่งการดำเนินการก่อสร้างฝายทดน้ำนั้นอาจไม่สามารถทราบประสิทธิภาพ เนื่องจากงานก่อสร้างมีการใช้ทรัพยากรวัสดุในการก่อสร้างกับผลประโยชน์ที่จะได้รับอย่างไร โดยใช้การวิเคราะห์รูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์การวัดการประสิทธิภาพการผลิต ด้วยวิธีการวิเคราะห์ห่อรอบข้อมูล (DEA) โดยใช้เครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการแก้ไขปัญหา โดยกำหนดปัจจัยการผลิต คือ ค่าวัสดุ และค่าแรงงาน ปัจจัยผลผลิต คือ พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์ และขนาดของฝาย พบว่าค่า Technical Efficiency และ Allocative Efficiency ของแต่ละฝายมีค่าแตกต่างกัน

ผลการการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค (TEcrs) โครงการฝายทดน้ำทั้ง 8 ฝายของ 4 รูปแบบ มีค่าประสิทธิภาพทางด้านเทคนิคเท่ากับร้อยละ 68.0, 51.5, 70.8, 48.5, 50.5, 54.3, 87.0 และ 84.0 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 64.3 ประสิทธิภาพทางด้านการจัดสรรทรัพยากร (AE) โครงการฝายทดน้ำทั้ง 8 ฝายของ 4 รูปแบบ มีค่าประสิทธิภาพทางด้านการจัดสรรทรัพยากรเท่ากับร้อยละ 67.3, 71.8, 70.8, 58.0, 58.0, 56.3, 68.0 และ 72.0 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 65.3 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันแก้ไขบทความ 20 กรกฎาคม 2564

วันตอบรับบทความ 11 สิงหาคม 2564

โดยฝายที่มีค่าประสิทธิภาพต่ำที่สุดเท่ากับ 56.3 ฝายที่มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 72.0 และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (B/C) ของฝายทดน้ำใน 4 พื้นที่ เท่ากับ 36.62, 23.05, 29.94 และ 18.66 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.072 ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลประโยชน์โดยตรง 4 พื้นที่ คือ อำเภอแม่เป็น อำเภอโกรกพระ อำเภอชุมตาบง และอำเภอแม่วงก์

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ฝายทดน้ำ

ABSTRACT

This study is research of factors affecting of the construction efficiency of irrigation dam for a case study of local administration in the lower northern areas of Thailand. In 2019, the lower northern has 4 areas of irrigation dam, using estimated budget 1,370,000 Baht and having benefit areas more than 7.5 million square meters. Basically, the construction of irrigation dam can not know the efficiency due to construction work, how is the material resource used in construction and the benefits to be received. Therefore, the mathematic model analysis is applied to calculate the efficiency of production by using Data Envelopment Analysis or DEA via the Solver tooling in Microsoft Excel for solve this problem. The factors of production are cost of materials and labors. The factor of product is areas, which get the benefit and size of irrigation dam. It is found the value of the Technical Efficiency and Allocative Efficiency of each areas are totally difference.

The results of technical efficiency (TEcrs) of 8 irrigation dam project have the technical efficiency in unit percentage is 68.0, 51.5, 70.8, 48.5, 50.5, 54.3, 87.0 and 84.0 respectively. The average value is 64.3 percent. The results Allocative Efficiency (AE) of 8 irrigation dam project have the Allocative Efficiency in unit percentage is 67.3, 71.8, 70.8, 58.0, 58.0, 56.3, 68.0 and 72.0 respectively. The average value is 65.3 percent. The lowest efficiency dam is 56.3 and the highest efficiency dam is 72.0 and the ratio between the present value Benefit Cost Ratio (B/C) of the irrigation dams in 4 areas are 36.62, 23.05, 29.94 and 18.66 respectively. The average value is 27.072 that mean it has economic worthiness. There are 4 agriculture areas, where are received the directly benefit including: Mae Poen district, Krok Phra district, Chum Ta Bong district and Mae Wong district.

Keywords: Efficiency of Production, Factors Affecting, Irrigation Dam

1. บทนำ

ปัญหาภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดจากสภาพลมฟ้าอากาศที่มีความแห้งแล้งผิดปกติ จากการที่ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ฝนทั้งช่วงมีระยะเวลายาวนานกว่าปกติ ซึ่งนำความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคม ทั้งทางด้านการขาดแคลนน้ำ เพื่อการอุปโภคบริโภค พืชพันธุ์ไม้ต่าง ๆ ไม่เจริญเติบโตตามปกติ และด้านผลผลิตทางการเกษตรที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรที่สำคัญในตลาดโลก ภัยแล้งจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรของไทย และมีผลกระทบทางอ้อม ได้แก่ การอพยพที่ที่ดินทำกินละทิ้งที่อยู่อาศัยไปหางานทำในเมือง ซึ่งเป็นที่ประจักษ์แล้วว่าได้ก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ตามมา ปัญหาภัยแล้งจึงจัดเป็นปัญหาสำคัญของชาติ องค์การบริหารส่วนจังหวัด เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตามพระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พุทธศักราช 2540 และแก้ไขเพิ่มเติม รวมทั้งพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจ พุทธศักราช 2542 ซึ่งได้กำหนดอำนาจหน้าที่ในการจัดระบบการบริหารสาธารณะ ไว้ในหมวด 2 มาตรา 17 ภายใต้บังคับมาตรา 16 ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีอำนาจและหน้าที่ในการจัดระบบการบริการสาธารณะ เพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นของตน (5) การคุ้มครองดูแล และบำรุงรักษาป่าไม้ ที่ดิน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการดำเนินการก่อสร้างฝายกั้นน้ำหรือฝายชะลอน้ำ เป็นแนวทางหรือวิธีหนึ่งในการช่วยสร้างความชุ่มชื้น เพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้ต้นน้ำลำธาร คืนความอุดมสมบูรณ์และทำให้เกิดความหลากหลายด้านชีวภาพแก่สังคมของพืชและสัตว์ พืชพรรณที่มีอยู่ในบริเวณนั้นจะได้รับการฟื้นฟูพัฒนา ก่อให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ ฝายชะลอน้ำเป็นสิ่งขวางกั้นทางเดินของน้ำ หรือพื้นที่ที่มีความลาดชันและหากช่วงที่น้ำไหลแรงก็สามารถชะลอการไหลของน้ำให้ช้าลง และกักเก็บกรองตะกอนไม่ให้ไหลไปทับถมในบริเวณลุ่มน้ำตอนล่าง สามารถเก็บกักซับน้ำทำให้สภาพแวดล้อมของชุมชนมีความชุ่มชื้นยิ่งขึ้นเสมือนเป็นแหล่งเก็บน้ำขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ อันเป็นประโยชน์ต่อชุมชนในการใช้ประโยชน์ เพื่อการอุปโภคและบริโภค สภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์และความหลากหลายของระบบนิเวศที่เกิดขึ้น ทำให้ชุมชนมีแหล่งอาหารแหล่งเสริมสร้างอาชีพ ชุมชนเกิดความรักสามัคคีมีส่วนร่วมในการรักและหวงแหนทรัพยากรธรรมชาติในชุมชน ปีพุทธศักราช 2562 มีการก่อสร้างฝายทดน้ำใน 4 พื้นที่ โดยใช้งบประมาณโดยประมาณ 1,370,000 บาท และมีพื้นที่ที่ได้รับประโยชน์มากกว่า 4,800 ไร่ ซึ่งการดำเนินการก่อสร้างฝายทดน้ำนั้นอาจจะไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากงานก่อสร้างมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่มีประสิทธิภาพ วัสดุในการก่อสร้างมากเกินไปกว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับ ซึ่งไม่สามารถระบุชัดเจนได้ว่ามีปัจจัยใดที่มีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การใช้จ่ายเงินงบประมาณแผ่นดิน ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ราษฎรและยกระดับเศรษฐกิจของประเทศให้ดีขึ้น [1]

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทดน้ำ ที่มีการใช้งบประมาณกว่า 1,370,000 บาท ว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทด โดยใช่วิธีการวิเคราะห์กรอบข้อมูล (DEA) ทำการวัดประสิทธิภาพของ 4 พื้นที่ก่อสร้างฝายทด ซึ่งคาดว่าผลที่ได้รับจะสามารถทราบค่าประสิทธิภาพสูงสุดต่อปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างโครงการฝายทดน้ำ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นพื้นที่สำหรับพัฒนานิคมอุตสาหกรรมมากกว่า 70% รวมถึงรัฐบาลของไทยได้มีการพัฒนาพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก หรือ EEC ทำให้พื้นที่ภาคตะวันออกมีความสำคัญใน

การพัฒนาของประเทศมากขึ้น ในปัจจุบันการวัดประสิทธิภาพของนิคมอุตสาหกรรมยังใช้ตัวเลขทางการเงินในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของนิคมอุตสาหกรรม 24 แห่ง ในปี 2560 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์กรอบข้อมูล หรือ DEA โดยใช้โปรแกรม DEA-Solver LV ซึ่งใช้โมเดล CCR และ BCC มีปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย พื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรม จำนวนปีที่ก่อตั้ง เงินลงทุนเริ่มต้นของนิคมอุตสาหกรรม จำนวนพนักงานในนิคมอุตสาหกรรม การให้บริการน้ำในนิคมอุตสาหกรรม ระยะทางห่างจากเทศบาล ระยะทางห่างจากท่าเรือ และระยะทางห่างจากสนามบิน ปัจจัยผลผลิต ประกอบด้วย บริษัทที่ดำเนินกิจการในนิคมอุตสาหกรรม และรายได้ของนิคมอุตสาหกรรม สรุปได้ว่านิคมอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพทั้งสองโมเดล คือ นิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมปิ่นทองโครงการ 1-3 และนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดยพบว่า กลุ่มนิคมอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพจะส่วนใหญ่จะอยู่ในจังหวัดชลบุรี รวมถึงลักษณะพิเศษของแต่ละนิคมอุตสาหกรรม ทำให้ประสิทธิภาพของนิคมอุตสาหกรรมไม่เท่ากัน โดยนิคมอุตสาหกรรมที่ไม่มีประสิทธิภาพสามารถแก้ไขได้ทั้งมุมมองของปัจจัยนำเข้าและมุมมองปัจจัยผลผลิต [2] ประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หมวดธุรกิจเกษตร จำนวน 5 บริษัท ใช้ข้อมูลจากรายงานประจำปี พ.ศ. 2558 ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการดำเนินงานด้วยวิธีการวิเคราะห์กรอบข้อมูล (Data Envelopment Analysis: DEA) ด้านปัจจัยการผลิต (Input Oriented) ผลการวิจัยพบว่า บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หมวดธุรกิจเกษตร จำนวน 1 บริษัท คิดเป็นร้อยละ 20 ของบริษัทฯ ทั้งหมดที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และคะแนนประสิทธิภาพเฉลี่ยในข้อสมมติ CRS เท่ากับ 0.53 คะแนน ประสิทธิภาพเฉลี่ยภายใต้ข้อสมมติ VRS เท่ากับ 0.69 และ Scale Efficiency เฉลี่ยเท่ากับ 0.70 [3] ประสิทธิภาพและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของสหกรณ์เครดิตยูเนียนในจังหวัดมหาสารคาม จำนวน 19 แห่ง โดยใช้ตัวแบบ Data Envelopment Analysis: DEA ในการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพ ผลการวิจัยพบว่า สหกรณ์เครดิตยูเนียนทั้งสามขนาด มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด โดยสหกรณ์เครดิตยูเนียน ขนาดใหญ่มาก มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.48 ส่วนขนาดใหญ่ มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.39 และสหกรณ์เครดิตยูเนียนขนาดกลาง มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด ถึงร้อยละ 75 โดยมีค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย VRS อยู่ในระดับมาก คือ 0.7511 เมื่อพิจารณาผลตอบแทนต่อการดำเนินการภายใต้ข้อสมมติ VRS พบว่า ผลตอบแทนต่อขนาดของสหกรณ์เครดิตยูเนียนส่วนใหญ่เป็นผลตอบแทนต่อการดำเนินการที่ลดลง (Decreasing Return to Scale: DRS) รวมทุกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยมีจำนวนถึง 48 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการผลิต (Input) ของสหกรณ์เครดิตยูเนียน เมื่อนำเข้ามาในสัดส่วนหนึ่งแล้วก่อให้เกิดผลผลิต (Output) ออกมาในสัดส่วน ที่น้อยกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าผลได้ต่อขนาดลดลงนั่นเอง [4]

3. วิธีการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

โครงการฝายทดน้ำที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จใน 4 พื้นที่ ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ ตามหลักเกณฑ์การดำเนินการก่อสร้าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางกายภาพโครงการฝายทดน้ำ [5]

พื้นที่		ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	พื้นที่ที่ได้รับ ประโยชน์ (ไร่)	กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	สูง (ม.)
1	ฝายที่ 1	63,000	21,300	500	0.80	4.50	1.00
	ฝายที่ 2	89,900	30,000	500	0.80	8.00	1.00
2	ฝายที่ 1	191,600	54,000	1,000	4.00	50.00	0.30
	เสริมฝาย	186,300	54,000	800	2.20	38.00	0.00
3	ฝายที่ 1	157,900	45,000	600	1.00	10.00	2.00
	ฝายที่ 2	124,800	37,800	600	1.00	10.00	1.50
4	ฝายที่ 1	135,100	35,100	400	3.00	15.00	1.50
	ฝายที่ 2	111,300	30,000	400	2.00	10.00	2.00

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การก่อสร้างฝายทดน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศ แก้ไขปัญหาเรื่องน้ำ ซึ่งจะช่วยสร้างความชุ่มชื้น ดักดินตะกอนและเป็นแหล่งน้ำสำหรับใช้ในการอุปโภคบริโภคในพื้นที่ การสร้างฝายทดน้ำนั้นได้มีการศึกษาและทำการสำรวจ การเลือกพื้นที่ที่ชัดเจนก่อนการดำเนินการก่อสร้าง แต่การดำเนินการก่อสร้าง อาจจะไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากงานก่อสร้างมีการใช้ทรัพยากร ธรรมชาติอย่างไม่มีประสิทธิภาพ วัสดุในการก่อสร้างมากเกินไปกว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับ ซึ่งไม่สามารถระบุชัดเจนได้ว่ามีปัจจัยใดที่มีการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การใช้จ่ายเงินงบประมาณแผ่นดิน ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ราษฎรและยกระดับเศรษฐกิจของประเทศให้ดีขึ้น

การก่อสร้างฝายทดน้ำของโครงการต่างๆ แต่ละโครงการไม่ได้มีเพียงแค่ผลผลิตเพียง 2 อย่างและไม่ได้มีเพียงปัจจัยทางด้านการงบประมาณเพียงอย่างเดียว แต่จะมีผลผลิตและปัจจัยหลายชนิด ซึ่งจะทำให้การวัดด้านอัตราส่วน เพื่อเปรียบเทียบหาว่าโครงการไหนมีประสิทธิภาพมากที่สุด ย่อมเป็นไปได้ยาก ไม่สามารถจะรู้ถึงปัจจัยที่มีต่อผลประสิทธิภาพและแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพในการดำเนินงานก่อสร้างฝายทดน้ำ รวมทั้งมีข้อจำกัดคือประสิทธิภาพจะวัดได้ในรูปแบบของตัวเงินเท่านั้น แต่หากมีการเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้นจริง แต่เกิดของเสียจากการผลิตจำนวนมาก หรือ เกิดของเสียจากการที่ใช้ปัจจัยการผลิตในสัดส่วนที่มากเกินไปกว่าสัดส่วนของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและคนงานต้องทำงานล่วงเวลา ซึ่งสิ่งเหล่านี้ไม่สามารถวัดออกมาในรูปแบบของตัวเงินได้ จึงจำเป็นต้องนำการวิเคราะห์กรอบข้อมูล (DEA) เข้ามาช่วยวิเคราะห์แก้ไขปัญหาดังกล่าว

1. ปัจจัยและข้อมูลที่น่าสนใจมาพิจารณาในการวัดประสิทธิภาพ คัดเลือกตัวแปรปัจจัยนำเข้า (Input) และผลผลิต (Output) เพื่อนำมาสร้างเป็นต้นแบบของสมการ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยข้อมูลที่น่าสนใจเป็นข้อมูลภาพตัดขวาง (Cross-section Data) เนื่องจากการวิเคราะห์ในช่วงเวลาเดียว โดยงานก่อสร้างโครงการฝายทดน้ำดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จภายใน 1 ปี พิจารณาหาประสิทธิภาพทางด้านปัจจัยการผลิต (Input Orientated) เพราะการก่อสร้างฝายทดน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถควบคุมปัจจัยการผลิตได้ดีกว่าการควบคุมผลผลิต โดยข้อมูลปัจจัยนำเข้า (Input) ประกอบด้วย ค่าวัสดุหลัก ค่าแรงงาน และข้อมูลผลผลิต (Output) ประกอบด้วย พื้นที่รับประโยชน์ ขนาดความสูง ขนาดความยาว และขนาดความกว้างของฝาย บนข้อสมมติฐานของแบบผลตอบแทน

ต่อขนาดแปรผัน (Variable Return to Scale: VRS) เนื่องจากการดำเนินการก่อสร้างโครงการฝายทดน้ำนั้นไม่สามารถที่จะระบุได้ชัดเจนว่า ดำเนินการก่อสร้าง ณ จุดที่เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม

เนื่องจากปัจจัยนำเข้ามีหน่วยที่เหมือนกันและผลผลิตที่นำมาเป็นต้นแบบของสมการมีทั้งหมด 4 ตัวแปร จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรปัจจัยนำเข้า (Input) ทั้งที่มีหน่วยเดียวกันเทียบกับผลผลิต (Output) ที่ละตัวแปร ซึ่งทำให้ได้รูปแบบของสมการ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ทั้งสิ้น 4 รูปแบบ โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบรูปแบบระหว่างปัจจัยการผลิตและผลผลิต

รูปแบบ ที่	ปัจจัยการผลิต		ผลผลิต			
	ค่าวัสดุ (บาท)	ค่าแรงงาน (บาท)	พื้นที่รับ ประโยชน์(ไร่)	ขนาดความ กว้างของฝาย (เมตร)	ขนาดความ ยาวของฝาย (เมตร)	ขนาดความสูง ของฝาย (เมตร)
1	✓	✓	✓			
2	✓	✓		✓		
3	✓	✓			✓	
4	✓	✓				✓

2. แนวทางการแก้ปัญหาด้วย การวิเคราะห์ประสิทธิภาพจาก DEA การประยุกต์ใช้ DEA ครั้งแรกโดย

A. Charnes และ WW Cooper เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2521 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เรียกว่า หน่วยการตัดสินใจ (DMUs) สำหรับโมเดลแรกที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของ DMUs คือ โมเดล CCR (Charnes, Cooper & Rhodes) และโมเดล BCC (Banker, Charnes & Cooper) เป็นโมเดลที่มีการปรับปรุงจากโมเดล CCR

การวิเคราะห์กรอบข้อมูล Data Envelopment Analysis เป็นการวัดประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่ไม่ต้องมีข้อตกลงเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่ และสามารถวัดประสิทธิภาพในกรณีที่มีหลายปัจจัยการผลิตและหลายปัจจัยผลผลิต (Multi Input and Output) โดยการใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ซึ่งเป็นต้นแบบทางคณิตศาสตร์ที่สามารถหาผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อจำกัดและทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าสูงสุดตามที่ตั้งไว้ (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978) [6]

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดำเนินงานก่อสร้างโครงการฝายทดน้ำทั้ง 4 พื้นที่ เพื่อประกอบการพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการดำเนินการก่อสร้างฝายทดน้ำ โดยประเมินจากสูตรต่อไปนี้

ในการวัดผลการดำเนินงานจะจัดเป็นประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบหน่วยผลิต ซึ่งเป็นดังนี้

Relative Efficiency = Weight sum of output / Weight sum of input

สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ (1)

$$\text{Relative Efficiency} = \frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij}} \quad (1)$$

เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, m$ $r = 1, 2, 3, \dots, s$ $j = 1, 2, 3, \dots, n$

โดยที่ x_{ij} คือ จำนวนของปัจจัยนำเข้าที่ i ของหน่วยผลิตที่ j
 y_{rj} คือ จำนวนของผลผลิตที่ r ของหน่วยผลิตที่ j
 μ_r คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของผลผลิต (Output weight) ที่ r
 ω_i คือ ตัวถ่วงน้ำหนักของปัจจัยนำเข้า (Input weight) ที่ i
 n คือ จำนวนของหน่วยผลิต
 s คือ จำนวนของผลผลิต
 m คือ จำนวนของตัวแปรนำเข้า

การคำนวณหาประสิทธิภาพด้านเทคนิค (Technical Efficiency: TEcrs) และประสิทธิภาพด้านการจัดสรร (Allocative Efficiency: AE) โดยเลือกพิจารณาทางด้านปัจจัยการผลิต (Input-Oriented) บนข้อสมมติฐานแบบผลตอบแทนต่อขนาดแปรผัน (Variable Return to Scale: VRS) ซึ่งจะเพิ่มในส่วน of ค่าความโค้ง (Convexity constraint) เพื่อให้แบบจำลองสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน่วยตัดสินใจในขนาดเดียวกันได้อย่างแท้จริง

4. ผลการวิจัย

จากกลุ่มตัวอย่างโครงการฝ่ายทดน้ำต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งได้ก่อสร้างแล้วเสร็จในช่วงปี พ.ศ. 2562 จำนวน 4 พื้นที่ ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทั้ง 8 ฝ่ายใน 4 รูปแบบ สามารถสรุปผลเป็นตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค (Technical Efficiency: TEcrs) ประสิทธิภาพทางการจัดสรรทรัพยากร (Allocative Efficiency: AE) และมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (Benefit Cost Ratio: B/C) ดังตารางที่ 3 ถึงตารางที่ 5

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค (TEcrs)

ฝ่ายที่	ผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค (TEcrs)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	เฉลี่ย
1	1.00	0.57	0.27	0.88	0.680
2	0.71	0.40	0.34	0.61	0.515
3	0.78	0.94	1.00	0.11	0.708
4	0.63	0.53	0.78	0.00	0.485
5	0.56	0.28	0.24	0.94	0.505
6	0.67	0.36	0.30	0.84	0.543
7	0.48	1.00	1.00	1.00	0.870
8	0.56	0.80	1.00	1.00	0.840
เฉลี่ย	0.674	0.610	0.616	0.673	0.643

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค (TEcrs) เฉลี่ยทั้ง 8 ฝ่าย ของ 4 รูปแบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 64.3 โดยมี 4 ฝ่าย คือ ฝ่ายที่ 1, 3, 7 และ 8 มีค่าประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค สูงกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 68.0, 70.8, 87.0 และ 84.0 ตามลำดับ ฝ่ายที่เหลืออีก 4 ฝ่าย คือ ฝ่ายที่ 2, 4, 5 และ 6 มีค่าประสิทธิภาพทางด้านเทคนิคต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 51.1, 48.5, 50.5 และ 54.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพทางการจัดสรรทรัพยากร (AE)

ฝ่ายที่	ผลการประเมินประสิทธิภาพทางการจัดสรรทรัพยากร (AE)				
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4	เฉลี่ย
1	1.00	0.56	0.27	0.86	0.673
2	0.99	0.54	0.34	1.00	0.718
3	0.67	0.93	1.00	0.23	0.708
4	0.73	0.81	0.78	0.00	0.580
5	0.80	0.28	0.24	1.00	0.580
6	0.84	0.36	0.31	0.74	0.563
7	0.63	1.00	0.43	0.66	0.680
8	0.65	0.81	0.42	1.00	0.720
เฉลี่ย	0.789	0.661	0.474	0.686	0.653

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพทางการจัดสรรทรัพยากร (AE) เฉลี่ยทั้ง 8 ฝ่าย ของ 4 รูปแบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 65.3 โดยมี 4 ฝ่าย คือ ฝ่ายที่ 1, 2, 3, 7 และ 8 มีค่าประสิทธิภาพ ทางด้านการจัดสรรทรัพยากรสูงกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 67.3, 71.8, 70.8, 68.0 และ 72.0 ตามลำดับ ฝ่ายที่ เหลืออีก 4 ฝ่าย คือ ฝ่ายที่ 4, 5 และ 6 มีค่าประสิทธิภาพทางการจัดสรรทรัพยากรต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 58.0, 58.0 และ 56.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (Benefit Cost Ratio: B/C) ทั้ง 4 พื้นที่

พืช	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (B/C)				
	พื้นที่ที่ 1	พื้นที่ที่ 2	พื้นที่ที่ 3	พื้นที่ที่ 4	เฉลี่ย
ข้าวนาปี	35.48	76.48	19.68	17.75	37.348
ข้าวนาปรัง	-	8.12	19.93	13.86	10.478
อ้อยโรงงาน	47.86	13.27	44.32	26.57	33.005
มันสำปะหลังโรงงาน	60.01	20.18	33.09	21.87	33.788
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 1	36.06	13.30	23.86	12.85	21.518
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รุ่น 2	40.36	6.96	38.81	19.06	26.298
เฉลี่ย	36.628	23.052	29.948	18.660	27.072

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (B/C) เฉลี่ยทั้ง 4 พื้นที่ ของพืช 6 ชนิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.072 โดยมี 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ที่ 1 และ 3 มีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สูงกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.628 และ 29.948 ตามลำดับ พื้นที่ที่เหลืออีก 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ที่ 2 และ 4 มีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.052 และ 18.660 ตามลำดับ

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทดน้ำ ซึ่งมีปัจจัยนำเข้าคือ ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และผลผลิต คือ พื้นที่ที่ได้รับประโยชน์ ขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของฝายทดน้ำ โดยพื้นที่ได้รับประโยชน์ส่งผลต่อประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทดน้ำมากที่สุด

การประเมินประสิทธิภาพทางด้านเทคนิค (TEcrs) สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการผลิต โดยการใช้สัดส่วนของปัจจัยการผลิตที่ต้นทุนต่ำที่สุด ณ ปริมาณการผลิตหนึ่งๆ ซึ่งโครงการฝายทดน้ำทั้ง 8 ฝายของ 4 รูปแบบ มีค่าประสิทธิภาพทางด้านเทคนิคเท่ากับร้อยละ 68.0, 51.5, 70.8, 48.5, 50.5, 54.3, 87.0 และ 84.0 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 64.3

การประเมินประสิทธิภาพทางด้านการจัดสรรทรัพยากร (AE) สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการผลิตของหน่วยผลิตที่จะใช้ปัจจัยการผลิตในสัดส่วนที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของระดับราคาปัจจัยการผลิตที่เป็นอยู่ ซึ่งโครงการฝายทดน้ำทั้ง 8 ฝายของ 4 รูปแบบ มีค่าประสิทธิภาพทางด้านการจัดสรรทรัพยากรเท่ากับร้อยละ 67.3, 71.8, 70.8, 58.0, 58.0, 56.3, 68.0 และ 72.0 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 65.3

มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ (B/C) ซึ่งโครงการฝายทดน้ำได้ก่อสร้างใน 4 พื้นที่ มีค่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับ 36.628, 23.052, 29.948 และ 18.660 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.072

เนื่องจากการก่อสร้างฝายทดน้ำแต่ละพื้นที่มีต้นทุนในการก่อสร้างและผลผลิตที่ได้แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพพื้นที่ดินและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน รวมถึงการเพาะปลูกพืชในภาคเกษตรกรรมของแต่ละพื้นที่ จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการก่อสร้างฝายทดน้ำและมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์มีค่าแตกต่างกัน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] องค์การบริหารส่วนจังหวัด. รายงานแสดงผลการปฏิบัติงานประจำปี 2562, 2563 สืบค้นจาก: <http://www.nakhonsawanpao.go.th/ebook/2562>
- [2] เพิ่มวิทย์ วราชิต. การวัดประสิทธิภาพของนิคมอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยวิธี DEA. คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2561
- [3] ประภัศสร วาริศรี และสุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์. ประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์การล้อมกรอบข้อมูล กรณีศึกษาหมวดธุรกิจเกษตร. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 2561, 8 (1), หน้า 113-121.
- [4] สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์. ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของสหกรณ์เครดิตยูเนียน ในจังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2561, 5 (2), หน้า 172-184.

- [5] สำนักงานเกษตรจังหวัด. รายงานสถิติทางการเกษตร พืชอายุสั้น (รต.01) ปีเพาะปลูก 2560/61, 2563
สืบค้นจาก: <http://www.nakhonsawan.doae.go.th/2016>
- [6] อนุรักษ์ ปัญจะบุตร. การประเมินการก่อสร้างฝายทดน้ำโดยใช้วิธีวิเคราะห์กรอบข้อมูล (DEA). วิทยานิพนธ์
มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2552

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง

PRODUCTION EFFICIENCY INCREMENT OF ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROL CABINET IN THE RAIL INDUSTRY

สรายุทธ เก็มเต็ม^{*1} ศักดิ์ชาย รักการ² พจนีย์ ศรีวิเชียร³

Sarayuth Gemlem^{*1}, Sakchai Rakkarn², Podchanee Sriwichian³

^{*1} หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

² หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

³ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

*sgemlem@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยข้อมูลการผลิตพบว่า ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้น้อยกว่า 90% และในกระบวนการผลิตมีปัญหาการเสียเวลาล่าช้าสูญเสียอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อใช้เครื่องมือคุณภาพในการวิเคราะห์ปัญหา แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) และแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบสาเหตุหลักคือ การสูญเสียเวลารอคอย (Waiting Time) ที่เป็นคอขวด และการเสียเวลาล่าช้าสูญเสียในกระบวนการผลิต ด้านเทคนิควงจรควบคุม (M & E Control Design) และงานติดตั้งสายสัญญาณวงจรไฟฟ้า (Wiring & Terminations) จึงได้ทำการวิเคราะห์เสนอวิธีการแก้ไขด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน (Revised Work Process) การปรับสมดุลไลน์การผลิต (Line Balancing) และการปรับปรุงรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ให้เป็นมาตรฐานทั้งระบบ โดยผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถลดเวลาสูญเสียในการผลิต เฉลี่ยลดลงได้เป็น 54.7 ชั่วโมง/หน่วย โดยลดลงจากเดิม 66.3 ชั่วโมง/หน่วย คิดเป็น 17% ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิต (Productivity) มีอัตราผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 79% เพิ่มขึ้นเป็น 97.6% การวัดผลประสิทธิภาพการผลิตของอัตราการส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Efficiency) สามารถเพิ่มยอดการผลิตและส่งมอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาตรฐาน จากเดิม 67% เพิ่มขึ้นเป็น 80.3% และสามารถเพิ่มอัตราการส่งมอบผลิตภัณฑ์โดยรวม จากเดิม 81.4% เพิ่มขึ้นเป็น 94% สามารถบรรลุเป้าหมายการผลิตและส่งมอบสินค้าได้มากขึ้นกว่า 90% การวัดผลด้านการลดต้นทุนและเพิ่มรายได้รวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 26% เป็นเงิน 7,243,212 บาท และสามารถส่งมอบงานทันเวลาที่กำหนด

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพ รอบเวลาการผลิต การปรับสมดุลไลน์การผลิต

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันแก้ไขบทความ 23 กรกฎาคม 2564

วันตอบรับบทความ 11 สิงหาคม 2564

ABSTRACT

This study is the improvement of production process efficiency of electrical control cabinet for the rail industry. The major proposes for efficiency increment and wastes reduction process. By the existing production efficiency result is lower than to target at 90% of the average total production. From the production data, it is found that in the production process has many delays with wastage of production time. Using the QC tools for analysis the problem included the Pareto diagram and Cause and Effect diagram. The main cause of the production process is waiting time, which is the bottleneck including the loss time in process of technical control circuits design for the M & E control system and installation of electrical circuits wiring terminations that are the major problems. Therefore, the solution is proposed by revised work process and production line balancing improvement of the production period with cycle time to improve the production process to be standardized system.

The results of the improvement show that the average of delays time is reduced by 54.7 hours / unit by decreasing from 66.3 hours / unit to 17% loss time reduction, then resulting in the productivity has been increased the production rate by 79% to 97.6%, which achieve the goal of more than 90% as specified. The efficiency measuring of prototype products delivering for the standard mass product is the average increased by 80.3% from 67%, then the total summaries increasing the average of all production rate from 81.4% to 94%. Measuring investment and income can be increased the average total income by 26% or 7,243,212 baht. Moreover, the overall product deliverables on time as scheduling and reduce costs of overtime expenses.

Keywords: Efficiency, Productivity, Cycle Time, Production Line Balancing

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมคมนาคมขนส่งทางรางมีการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพงานอุตสาหกรรมด้านขนส่งระบบรางอย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในระบบขนส่งทางราง เข้ามาใช้ในการเพิ่มความรวดเร็วในการเดินรถขนส่งด้วยรถไฟ ที่มีประสิทธิภาพทั้งด้านความปลอดภัย ความสะดวก ความรวดเร็ว เชื่อถือได้ และความตรงต่อเวลาในการให้บริการขนส่งรถไฟที่มีคุณภาพ ในขณะที่ธุรกิจอุตสาหกรรมรถไฟมีการเติบโตขึ้นอย่างมาก มีการเพิ่มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมระบบราง เพื่อให้เพียงพอกับปริมาณการใช้งานที่มากขึ้น เพื่อรองรับการเพิ่มผลผลิตด้านวิศวกรรมรถไฟในด้านต่าง ๆ เช่น ระบบตัวรถไฟไฟฟ้า ระบบอาณัติสัญญาณ ระบบควบคุมรถไฟไฟฟ้า และระบบราง เป็นต้น ทั้งนี้ ได้รวมถึงการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ควบคุมงานระบบรางต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษางานระบบรถไฟอย่างต่อเนื่อง และการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนใช้ในโครงการรถไฟ เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ และเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตอุปกรณ์ควบคุมงานระบบรถไฟภายในประเทศ และถือเป็นโอกาสก้าวเข้าสู่อุตสาหกรรมระบบรางมากขึ้น จึงต้องคำนึงถึงความสามารถในการผลิตอย่างต่อเนื่องให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า ในขณะเดียวกัน การส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาตามที่ลูกค้ากำหนด เป็นสิ่งสำคัญที่สร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าในการสั่งซื้อสินค้าอย่างต่อเนื่องและเพิ่มโอกาสในการเพิ่มผลผลิตมากยิ่งขึ้น [1]

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต การส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้าทันตามที่กำหนด เป็นส่วนสำคัญไม่น้อยไปกว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและการปรับลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุดต่อธุรกิจ โดยที่ยังรักษาคุณภาพสินค้าได้ดั้งเดิม จากข้อมูลแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้มุ่งเน้นไปที่การจำแนกกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มภายในกระบวนการผลิต ทำการลดและขจัดความสูญเปล่าให้เหลือน้อยที่สุด (Wastes Reduction) เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด เพื่อให้เกิดผลกำไรมากขึ้น โดยมีโครงสร้างสัดส่วนของผลกำไรและต้นทุนของการผลิตสินค้า (Product Cost Ratio) โดยที่มีองค์ประกอบของต้นทุนการผลิตจำแนกได้ดังนี้คือ 1 ส่วนผลกำไร ประกอบด้วยต้นทุนการผลิต 3 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนวัตถุดิบ (Direct Material: DM) ต้นทุนแรงงานทางตรง (Direct Labor: DL) และต้นทุนค่าใช้จ่ายโรงงาน (Factory Over Head: FOH) ที่เป็นต้นทุนรวมโดยตรงของการเพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ (Productivity) [2]

จากการศึกษากระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง พบว่า กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพโดยรวม มีความสามารถในการผลิตโดยเฉลี่ยที่ 79.6% (Base Line) ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายการผลิตที่กำหนดไว้ 90% (Target) ของยอดรวมเฉลี่ยของการผลิตทั้งหมด จึงเป็นสาเหตุสำคัญของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นและสูญเสียรายได้จากการเสียเวลาล่าช้าสูญเปล่าไปในกระบวนการผลิต และทำให้ผลผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด คิดเป็นมูลค่าสูญเสียรายได้รวมประมาณ 13,559,040 บาท ของยอดการผลิตทั้งหมดที่สูญเสีย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ด้วยการลด หรือกำจัดกระบวนการที่สูญเปล่าไม่ก่อให้เกิดคุณค่าออกไปจากกระบวนการผลิตที่เกิดความล่าช้า โดยมีเป้าหมายทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่า 90% ของเป้าหมายการผลิตที่กำหนด โดยนำหลักการวิเคราะห์ในกระบวนการผลิตและการจัดการเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์แก้ไขปัญหา และคาดว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเพิ่มผลผลิต และแก้ไขปัญหา ลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และผลิตภาพ การทำงานที่มีการกำหนดวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมาย ที่ประสบผลสำเร็จ และสามารถวัดผลได้ที่มีตัวบ่งชี้ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยผลิตภาพ (Productivity) มีนิยามที่เป็นที่ยอมรับกัน คือ อัตราส่วนของปริมาณผลิต ผลที่ได้ (Output) ต่อปริมาณสิ่งที่ใส่เข้าไปในการดำเนินการผลิตนั้น ๆ (Input) วัตถุดิบ แรงงาน เงินลงทุน เป็นต้น ผลิตภาพ สามารถนิยามในรูปของการผสมผสานระหว่างประสิทธิภาพ (Efficiency) และประสิทธิผล (Effectiveness) [3] การลดความสูญเปล่าทั้ง 8 ประการ (8 Wastes Reduction) การผลิตมักจะพบความสูญเปล่า คือ การกระทำใด ๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากรไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา เงิน และอื่น ๆ แต่ไม่ทำให้สินค้าหรือบริการเกิดคุณค่าเพิ่มมากขึ้นจากเดิม คือ ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ มีรายละเอียดดังนี้ งานที่ต้องแก้ไข (Defect/Rework) การผลิตสินค้ามากเกินไป (Over Production) การรอคอย (Delay/Waiting Time) ความคิดสร้างสรรค์ของทีมงานที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ (Non Utilized Talent) การขนย้ายบ่อย ๆ (Transportation) สินค้าคงคลังมากเกินไป (Inventory/Unnecessary Stock) การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) และขั้นตอนเยอะซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) [4] เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด นับได้ว่าเป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือเหล่านี้เป็นการรวบรวมและประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติ การใช้หลักการทางด้านเหตุผล และศาสตร์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มารวบรวม และเลือกใช้ในการจัดการกับปัญหาแต่ละชนิด โดยมีการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ทั้ง 7 ชนิด ที่เรียกกันว่า 7 QC Tools ประกอบด้วย แผนภูมิพาเรโต (Pareto

Diagram) ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) กราฟ (Graph) ใบตรวจสอบ (Check Sheet) ผังการกระจาย (Scatter Diagram) ฮิสโตแกรม (Histogram) และแผนภูมิควบคุม (Control Chart) [5] การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยยอดการผลิตมีความต้องการขึ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นถึงเกือบ 5 เท่า ของกำลังการผลิตในปัจจุบัน จาก 9 บอร์ดต่อวัน เป็น 42 บอร์ดต่อวัน ขณะที่รอบเวลาการผลิตของทุกสถานีงานสูงกว่าค่าแทคไทม์ที่ 23.9 นาทีต่อบอร์ด จึงได้ออกแบบสายการผลิตใหม่ด้วยการจัดวางแผนผังสถานีงานใหม่ โดยการลดระยะระหว่างสถานีงาน ลดพื้นที่การใช้อุปกรณ์ขนย้ายบอร์ดจากเดิมที่ใช้รถขนย้าย มาเป็นการใช้สายพานลำเลียงแทน ทำให้สามารถมี 15 สถานีงาน ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตจาก 9 บอร์ดต่อวัน เป็น 50 บอร์ดต่อวัน [6] การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานในสายการผลิตติดตั้งดีมพ์ (Mounting Dump) โดยการกำจัด และลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อสายการผลิต ได้แก่ งานที่เป็นจุดคอขวด ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย การเคลื่อนไหวที่เกินจำเป็น งานเสีย และงานที่ต้องนำกลับซ่อมทำใหม่เพื่อลดต้นทุนของการผลิตการปรับปรุงผังโรงงาน เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต ด้วยการควบคุมรอบเวลาการผลิต ไม่ให้เกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 1,800 วินาทีต่อคัน ได้ทุกสถานีงาน รอบเวลาการผลิตรวมลดลง 300 วินาทีต่อคัน คิดเป็น 1.03% ลดต้นทุนจากการซ่อมสี 122,304 บาท ลดต้นทุนจากการเปลี่ยนแบตเตอรี่ 179,240 บาท และลดต้นทุนจากการเปลี่ยนสายลม 108,825 บาท สามารถปรับปรุงได้ 100% [7] การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางคอมปาวด์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์ จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ พบว่า กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์มีปัญหาการรอคอยงานและกระบวนการผลิตต่อเนื่อง ส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการ ได้แก่ ขั้นตอนการเก็บยางใส่พาเลท ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบในเครื่องและขั้นตอนการทำให้เย็น สาเหตุดังกล่าวใช้เวลาทำงานเกิน Takt Time ที่กำหนด คือ 115.2 วินาที การปรับปรุงกระบวนการผลิตดำเนินการโดยเพิ่มความเร็วการทำงานของ Pusher และสายพานลำเลียง ลดเวลาการเคลื่อนที่ของรถยก ปรับลดเวลาในการนวดยางขั้นตอนสุดท้าย และเพิ่มความเร็วของตัวบาร์ของกระบวนการทำให้เย็น ผลการดำเนินงานหลังจากการปรับปรุง สามารถลดเวลาการผลิตยางคอมปาวด์ทั้งเส้น 43.4 วินาทีต่อการผลิตยางคอมปาวด์ 1 batch คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดได้เท่ากับ 27.0% สามารถเพิ่มผลผลิตยางคอมปาวด์ได้เท่ากับ 35,396.25 กิโลกรัม เทียบน้ำหนักที่ได้กับจำนวนการผลิตยางสำเร็จรูปได้เท่ากับ 3,539.62 เส้น ลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของบริษัทได้ 2,657,894.40 บาทต่อปี และเพิ่มกำไรในการผลิต 1,698,720,000 บาทต่อปี [8]

3. วิธีการวิจัย

การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยใช้หลักการวิเคราะห์และการประยุกต์นำหลักการจัดการงานวิศวกรรมมาช่วยกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ตัวควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง เพื่อลดความสูญเสียเวลาล่าช้าสูญเสียในกระบวนการผลิต และเพิ่มปริมาณในการผลิตและส่งมอบสินค้าให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต พบว่า การผลิตสินค้าแต่ละแบบ มีสัดส่วนการผลิตที่มีองค์ประกอบตามขนาด ปริมาณ ราคา และระยะเวลาในการผลิตสินค้าแต่ละแบบที่มีความแตกต่างกัน การดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหให้เป็นรูปแบบมาตรฐานเดียวกัน (Standard Mass Product) และมุ่งเน้นการแก้ปัญหาด้านแบบสินค้ารุ่นที่เกิดปัญหาความล่าช้ามากที่สุดก่อนเป็นลำดับแรก โดยผลิตภัณฑ์โดยรวมทั้งหมดจำแนกรูปแบบเป็น 4 รุ่น ที่ทำการผลิต ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ทำการผลิต

3.1 ศึกษาสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตและความสูญเสีย

จากการศึกษาวิจัยเก็บข้อมูลการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง เดือน มกราคม ถึง ตุลาคม 2562 พบปัญหาในกระบวนการผลิตมีความล่าช้า มีความสูญเสียเวลารอคอยที่สูญเปล่าในกระบวนการผลิตของขั้นตอนงานออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านเทคนิคการผลิต (M & E Control Design) และงานติดตั้งเดินสายสัญญาณวงจรไฟฟ้างานระบบ (Wiring & Terminations) ซึ่งเป็นปัญหาหลักในกระบวนการผลิตที่มีความล่าช้า มีการสูญเสียเวลาเปล่าไปในกระบวนการผลิตโดยรวมทั้งหมด 6,600 ชั่วโมง คิดเป็นมูลค่าสูญเสียเป็นจำนวนเงิน 13,559,040 บาท และสูญเสียยอดการส่งมอบงานล่าช้าออกไปประมาณ 3 เดือน สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ (1)

$$\text{ผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{เวลาที่ใช้ในการผลิต (Output Hours)}}{\text{เวลาจากแผนการผลิตทั้งหมด (Input Hours)}} \quad (1)$$

จากข้อมูลแผนการผลิตปี พ.ศ. 2562 กำหนดเป้าหมายการผลิตที่ต้องการจำนวน 420 หน่วย / Lot และกำหนดต้นทุนเวลาในแผนการผลิต (Man-hours) ทั้งหมด 21,000 ชั่วโมง

โดยมีแผนกำลังการผลิตเฉลี่ยที่ 1 หน่วย / 50 ชั่วโมง

ยอดการผลิตตามแผนที่ต้องการ = 21,000 / 50 = 420 หน่วย

ยอดการผลิตที่ทำได้จริง = 288 หน่วย / 21,000 ชั่วโมง

จำนวนการผลิตได้จริงล่าช้าไป = 132 หน่วย

สูญเสียเวลาสูญเปล่าล่าช้าไป = 6,600 ชั่วโมง

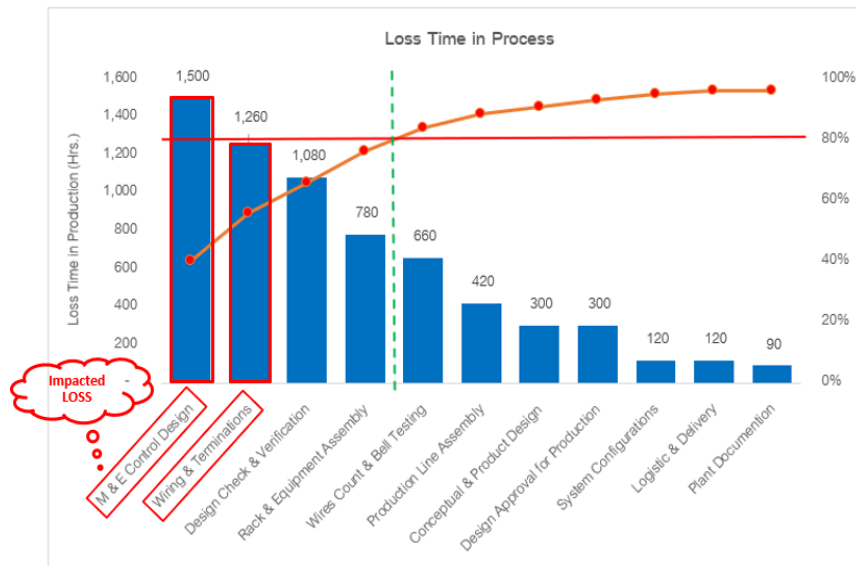
สูญเสียการผลิตล่วงเวลาเพิ่มขึ้นไป = 6,600 / 50 = 132 หน่วย

สูญเสียยอดการส่งมอบงานล่าช้าไป = 3 เดือน

สูญเสียรายได้ยอดขาย (Unit prices) = 102,720 × 132 = 13,559,040 บาท

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ปัญหา สามารถจำแนกปัญหาหลัก ๆ ในขั้นตอนการผลิตเพื่อพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา คืองานออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านเทคนิค (M & E Control Design) และงานติดตั้งสายสัญญาณวงจรไฟฟ้า (Wiring & Termination) ที่เกิดปัญหาความล่าช้ามากที่สุดตามลำดับ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลำดับขั้นตอนกระบวนการผลิตที่เกิดปัญหาการเสียเวลาล่าช้าสูงที่สุด

จากการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เมื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุด้วย ไคอะแกรมของเหตุและผล (แผนภูมิแก๊งปลา) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาความล่าช้าในกระบวนการผลิต

จากแผนภูมิวิเคราะห์ปัญหาไดอะแกรมของเหตุและผล (แผนภูมิแบบผังก้างปลา) แสดงสาเหตุปัญหาเมื่อนำข้อมูลมาจัดกลุ่ม สามารถระบุสาเหตุหลักของการเกิดปัญหาตามลำดับ ที่มีความถี่ในการเกิดความล่าช้าสูญเสียเวลาในขั้นตอนกระบวนการผลิต ประกอบด้วย 4 สาเหตุ คือ ขั้นตอนการทำงานมีความซ้ำซ้อน ขั้นตอนการทำงานมีความไม่ต่อเนื่อง ขั้นตอนการทำงานมีการเสียเวลารอคอยที่เกิดเป็นคอขวด ขั้นตอนการวางแผนงานของแต่ละส่วนงานที่ไม่ชัดเจนสอดคล้องกัน

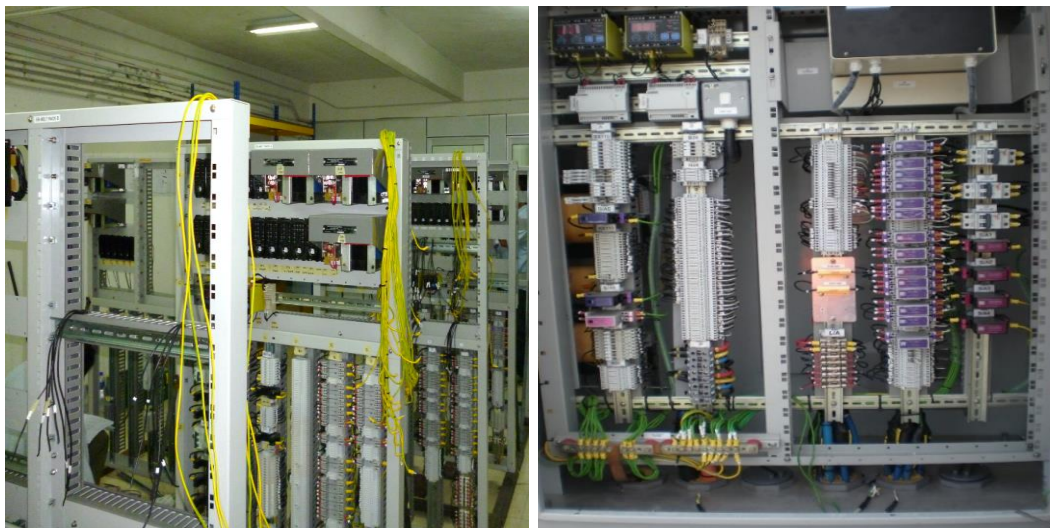
การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและเพื่อลดปัญหาความสูญเสียเวลาความล่าช้าสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตในขั้นตอนงานออกแบบผลิตภัณฑ์และงานติดตั้งเดินสายสัญญาณวงจรไฟฟ้าควบคุม ซึ่งเป็นปัญหาหลักในกระบวนการผลิต (Work Process) และเป็นจุดเสียเวลาคอขวด (Bottleneck) และเกิดความล่าช้า (Delay Time) ในกระบวนการผลิต เมื่อนำมาวิเคราะห์ตามหลักการทฤษฎีการจัดการงานวิศวกรรม สามารถนำข้อมูลมาจัดกลุ่มเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาลึก ๆ ตามลำดับความสำคัญของปัญหาที่สามารถสรุปวิธีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

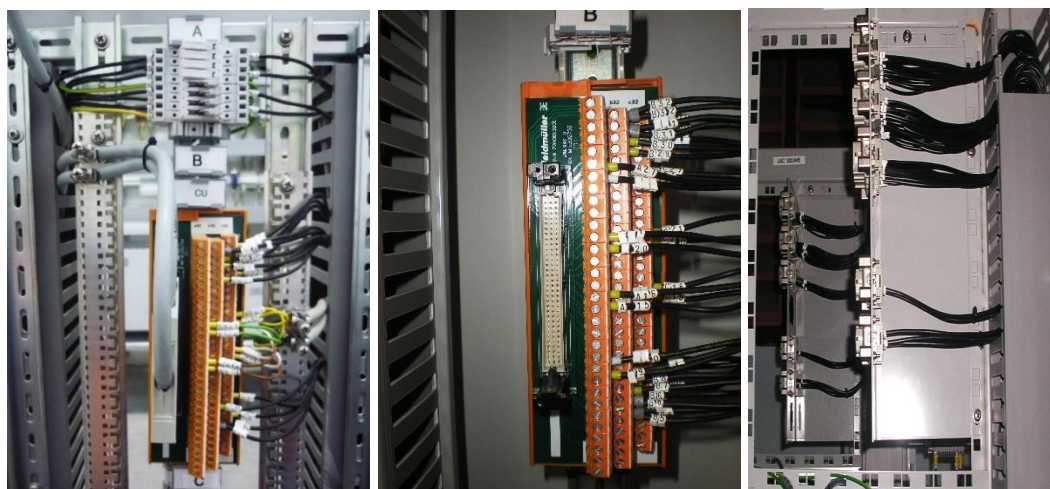
ลำดับ	วิธีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา
1	การปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการ Revised Work Process ปรับปรุงลดขั้นตอนการผลิตที่ซ้ำซ้อนและลดขั้นตอนที่มีความล่าช้าออกในกระบวนการผลิต
2	การปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการ Line Balancing ปรับสมดุลไลน์การผลิต โดยปรับปรุงเวิร์คสเตชันในสายการผลิตให้เป็นระบบ Production Line ให้สถานีงานทั้งระบบมีความต่อเนื่องสอดคล้องกัน
3	การปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการ Cycle Time ปรับปรุงลดรอบเวลาหมุนเวียนในการผลิตให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงานและขั้นตอนเวลาทำงานในกระบวนการผลิต

3.3 การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ Revised Work Process

การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ Revised Work Process ปรับปรุงความล่าช้าที่เป็นคอขวดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนกระบวนการผลิตที่มีความซ้ำซ้อนของส่วนงานติดตั้งเดินสายสัญญาณควบคุมวงจรไฟฟ้า (Wiring & Termination Process) โดยการปรับปรุงแก้ไขด้วยการปรับเปลี่ยนมาใช้ในการต่อสายสัญญาณวงจรไฟฟ้าแบบรวมกลุ่ม Cable Plug-in Connector แทนการเข้าสายสัญญาณวงจรแบบเดิมทีละเส้น เพื่อให้ขั้นตอนการทำงานมีความง่ายขึ้น และรวดเร็วแม่นยำขึ้นในขั้นตอนงานเดินสายสัญญาณควบคุมวงจรไฟฟ้า และสามารถทำการผลิตสินค้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นได้ ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 การติดตั้งการเดินสายวงจรไฟฟ้าแบบเดิมหลายเส้นก่อนการปรับปรุง

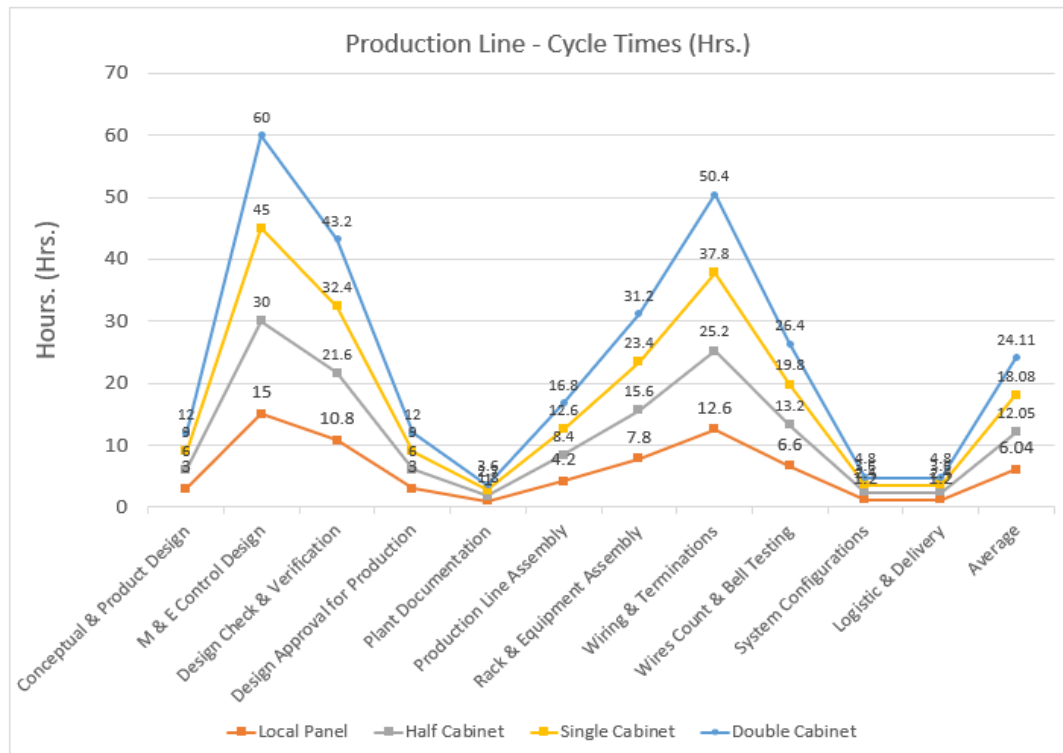


ภาพที่ 5 การปรับปรุงโดยใช้ Cable Plug-in Connector แบบปลั๊กโมดูลรวมกลุ่มสายวงจรไฟฟ้า

การปรับปรุงแก้ไขการติดตั้งสายสัญญาณวงจรไฟฟ้าแบบปลั๊กโมดูล โดยเปลี่ยนมาใช้ในการต่อสายสัญญาณแบบ Cable Plug-in Connector ที่ใช้การเชื่อมต่อสายสัญญาณแบบรวมกลุ่ม ทำให้งานติดตั้งสายวงจรไฟฟ้ามีความรวดเร็วขึ้น และติดตั้งง่ายมากขึ้น สามารถลดเวลาล่าช้าในกระบวนการผลิตที่ซ้ำซ้อนของงานติดตั้งเดินสายสัญญาณวงจรไฟฟ้า

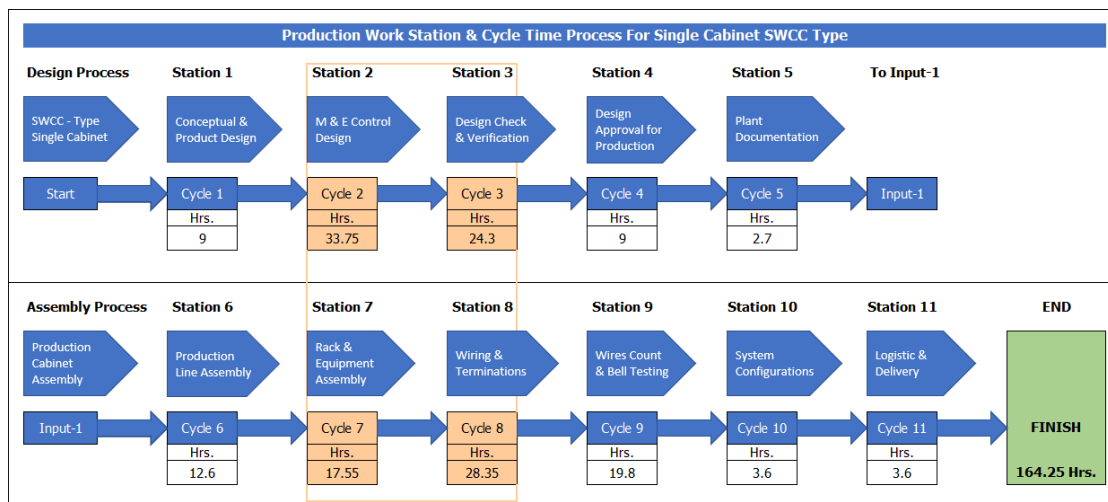
3.4 การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ Line Balancing

การปรับสมดุลของไลน์การผลิตของเวิร์คสเตชันสถานีนงานให้มีความสอดคล้องกันในสายการผลิตให้เป็นระบบ Production Line Balancing เพื่อลดความซ้ำซ้อนในไลน์การผลิตโดยทำการรวมสถานีนงานและการเพิ่มไลน์การผลิตใหม่ ให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้และสามารถจัดจำนวนพนักงานใหม่ให้มีความเหมาะสมกับช่วงเวลาในการทำงานของแต่ละส่วนงานเพื่อลดการเสียเวลาที่สูญเปล่าในการรอคอยในขั้นตอนการผลิตที่เป็นคอขวด



ภาพที่ 6 รอบเวลา (Cycle Time) ของขั้นตอนการผลิต ก่อนการปรับปรุง

จากภาพที่ 6 พบว่าข้อมูลก่อนการปรับปรุงมีช่วงเวลาที่เป็นคอขวด (Waiting Time) เกิดความล่าช้ารอคอยในขั้นตอนการผลิตในช่วงสถานีงานที่ 2 และงานที่ 8 ที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขเวลาทำงานในแต่ละขั้นตอนให้มีความสมดุลกันของกระบวนการผลิตที่ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสถานีงานที่สูญเสียเวลารอคอยเป็นคอขวดให้ลดลงตามลำดับ



ภาพที่ 7 รอบเวลา (Cycle Time) ของสถานีงานไลน์การผลิตที่ปรับลดลง หลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 7 ได้ทำการปรับปรุงลดช่วงเวลาลำซ้ำที่หยุดเป็นคอขวดที่สถานีงานที่ 2 สามารถปรับลดลงเหลือ 33.75 ชั่วโมง และงานที่ 8 ลดลงเหลือ 28.35 ชั่วโมง ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานของสถานีงานที่ 3 สามารถลดเวลาในส่วนงานตรวจสอบและแก้ไขงานที่บกพร่องลดลงได้ และสถานีงานที่ 7 ในส่วนงานประกอบติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถปรับลดเวลาในขั้นตอนการทำงานลดลงตามลำดับ ทำให้ขั้นตอนการปรับปรุงไลน์การผลิตของสถานีงาน (Line Balancing) และการปรับรอบเวลาทำงาน (Cycle Time) ที่มีความสอดคล้องกันและสามารถปรับลดช่วงเวลาลำซ้ำที่เป็นคอขวด ลดลงได้ ทั้งหมด 4 สถานีงานตามลำดับ

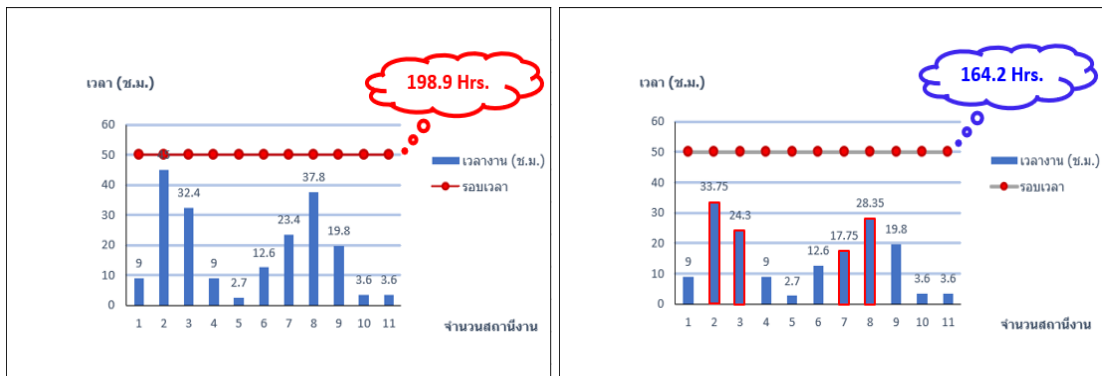
3.5 การปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการปรับรอบเวลา (Cycle Time) เพื่อปรับปรุงลดรอบเวลาหมุนเวียนในการผลิตให้เหมาะสมกับงานและจำนวนพนักงานเพื่อลดเวลาการรอคอยที่สูญเสียไปในการผลิต

จากการปรับปรุงแก้ไขรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ของสถานีงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตสามารถนำมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลการปรับลดช่วงเวลาในกระบวนการผลิตได้ โดยสามารถนำข้อมูลของเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอน คำนวณหาค่าช่วงเวลาที่เหมาะสมของแต่ละสถานีงานได้ ดังสมการที่ (2)

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงการทำงานในหนึ่งเดือน}}{\text{ผลผลิตที่ต้องการต่อเดือน}} \quad (2)$$

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{ชั่วโมงทำงาน 208 (ชั่วโมง)}}{\text{ผลผลิตที่ต้องการ 4.2 (หน่วย)}}$$

$$\text{Cycle Time รอบการผลิต} = 50 \text{ ชั่วโมง / หน่วย}$$



ภาพที่ 8 การปรับรอบเวลา (Cycle Time) สะสมของสถานีงานผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 8 แสดงสถานีงานและช่วงรอบเวลาในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยนำมาปรับปรุงช่วงเวลาสะสมของแต่ละสถานีงานที่มีเวลารอคอยงานปรับลดลงได้ 34.7 ชั่วโมง จากรอบเวลารวม 198.9 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 164.2 ชั่วโมง ในหนึ่งรอบเวลาสะสมจากการปรับปรุงช่วงเวลาในขั้นตอนการผลิต โดยเทียบผลก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง โดยสามารถทำการหมุนเวียนพนักงานสถานีงานที่ 4 งานที่ 5 และ งานที่ 11 เพื่อไปช่วยงานส่วนอื่นได้ให้เกิดความเหมาะสมในช่วงเวลาการทำงานและสามารถช่วยเพิ่มกำลังการผลิตได้เร็วขึ้น

4. ผลการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมระบบราง โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต (Revised Work Process) โดยทำการเปลี่ยนชุดต่อสายสัญญาณเทอมินัล มาเป็นแบบปลั๊กโมดูล (Cable Plug in Connector) และทำการปรับสมดุลไลน์การผลิตให้เป็นระบบ (Production Line Balancing) และการปรับระบบรอบเวลาทำงานให้เหมาะสม (Cycle Time) โดยหลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในด้านต่าง ๆ สามารถวัดผลชี้วัดค่าเฉลี่ยการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตโดยรวม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปวิเคราะห์ผลลัพธ์การดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตตู้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม (วิเคราะห์ผลก่อนและหลังการปรับปรุง) ปี 2562 - 2563				
ผลลัพธ์ข้อมูลการผลิต	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปรียบเทียบผลต่าง	เปอร์เซ็นต์
เวลาในการผลิต (ช.ม./หน่วย)	66.30	54.75	-11.55	-17%
อัตราการผลิต (หน่วย/เดือน)	31.77	38.39	6.62	+21%
อัตราการผลิตส่งมอบ (หน่วย/Lot)	317.73	383.91	66.18	+21%
เวลารวมในการผลิต (ช.ม./Lot)	21,000.00	19,195.43	-1,804.57	-9%
ต้นทุนรวมค่าแรงงาน (บาท)	5,177,088.00	4,732,211.90	-444,876.10	-9%
ยอดขายรวม (บาท)	32,636,762.35	39,435,099.18	6,798,336.83	+21%
ยอดรายได้รวม (บาท)	27,459,674.35	34,702,887.28	7,243,212.92	+26%

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 อภิปรายผลการวัดประสิทธิผล

1. การวัดผลด้านประสิทธิผลการผลิต (Productivity) หลังการดำเนินการปรับปรุง พบว่า กำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่อเดือนสามารถปรับเพิ่มขึ้น 18.6% จากเดิม 79% เพิ่มขึ้นเป็น 97.6% สามารถบรรลุเป้าหมายการผลิตได้มากขึ้นกว่า 90% ทำให้มีประสิทธิผลการผลิตเพิ่มขึ้น

2. การวัดผลประสิทธิภาพการผลิตส่งมอบผลิตภัณฑ์ (Product Deliverable Efficiency) หลังการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบมาตรฐาน (Mass Product) สามารถเพิ่มผลผลิตเพิ่มขึ้น 13.3% จากเดิม 67% เพิ่มขึ้นเป็น 80.3% โดยนำผลมาปรับปรุงต่อเนื่องไปยังผลิตภัณฑ์ชนิดแบบอื่น ๆ ตามลำดับทั้งหมด ทำให้ผลผลิตโดยรวมสามารถเพิ่มอัตราการผลิตและส่งมอบสินค้าได้เพิ่มขึ้น 12.6% จากเดิม 81.4% เพิ่มขึ้นเป็น 94% ทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตส่งมอบสินค้าได้มากขึ้นกว่า 90% บรรลุตามเป้าหมาย

3. การวัดผลจากอัตราคุณภาพ (Quality Rate) หลังการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขความล่าช้าในกระบวนการผลิต สามารถลดเวลาสูญเสียไปในช่วงขั้นตอนการผลิตโดยรวมทั้ง 4 สถานีงานสามารถปรับลดเวลาสูญเสียไปรอบเวลารวมลดลงได้ 1,525 ชั่วโมง และสามารถปรับเวลาในการผลิตโดยเฉลี่ยลดลงได้เป็น 54.7 ชั่วโมง/หน่วย ลดลงจากเดิมที่ผลิตได้ 66.3 ชั่วโมง/หน่วย คิดเป็น 17% ที่สามารถลดเวลาสูญเสียไปในช่วงกระบวนการผลิตได้

4. การวัดผลด้านการลดต้นทุนและเพิ่มรายได้จากการเพิ่มผลผลิต (Cost & Benefit) จากการดำเนินการปรับปรุงการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและการลดเวลาสูญเสียไปในช่วงกระบวนการผลิต สามารถวัดผลได้ด้วยประสิทธิภาพในการผลิตที่สามารถปรับเพิ่มขึ้นได้ 21% และสามารถลดเวลาสูญเสียไปในช่วงกระบวนการผลิตที่ลดลง 17% ส่งผลให้สามารถเพิ่มยอดขายได้รวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 26% เป็นเงิน 7,243,212 บาท ลดต้นทุนการทำงานล่วงเวลา และลดการสูญเสียรายได้จากการผลิตงานล่าช้าลงได้ 100%

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การปรับปรุงกระบวนการผลิต (Work Process) ทำให้เป็นระบบตามแบบมาตรฐาน ไม่ปรับเปลี่ยนบ่อยตามลักษณะความต้องการของเฉพาะโครงการเท่านั้น เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันต่อเนื่อง เพื่อรักษาขั้นตอนกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการใช้เวลาในกระบวนการผลิตที่กำหนด และการควบคุมกำหนดมาตรฐานการทำงานทางวิศวกรรม (Standard Engineering Process and Work Instruction Control)

2. การปรับปรุงกระบวนการผลิตของสินค้าที่มีความหลากหลาย ทำให้เป็นรูปแบบที่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตลาดด้านงานวิศวกรรมระบบรางที่มีปริมาณมากขึ้น (Mass Product) ปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีการผลิตได้รวดเร็ว และมีมาตรฐานขั้นตอนการผลิตไม่ซับซ้อนและหลากหลายมากเกินไป สามารถผลิตสินค้าให้ง่ายขึ้น (Plug & Play Module) รองรับปริมาณการผลิตได้รวดเร็วและง่ายต่อการผลิตสินค้าที่มีปริมาณมาก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. ปีโอไอพร้อมผลักดันผู้ผลิตชิ้นส่วนไทยสู่อุตสาหกรรมระบบราง, 2562. สืบค้นจาก: <https://chonburi.boi.go.th/index.php/home/>.
- [2] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. ต้นทุนการผลิต และวิธีการลดต้นทุนการผลิต, 2562. สืบค้นจาก: <https://bsc.dip.go.th/th/category/sale-marketing/sm-productioncost/>.
- [3] เดชา อัครศรีสวัสดิ์. การบริหารผลิตภาพและคุณภาพเบื้องต้น. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2562.
- [4] สิริพงศ์ จิงถาวรณ. แนวคิดแบบลีน (Lean Thinking) การจัดการความสูญเสีย (Wastes) ทั้ง 8 ประการ, 2559. สืบค้นจาก: <http://www.leanacademy.com/single-post/lean-thinking-8-wastes/>.
- [5] Nutvipa. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools), 2559. สืบค้นจาก: <http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/>.
- [6] ปิยะพร บุปผาชาติ. การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2559.
- [7] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ยอดนภา เกตุเมือง, นรา บุริพันธุ์. การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเสียไปในการกระบวนการผลิตติดตั้งตู้แม่พิมพ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 2555.
- [8] มนตรี พิงอารมณ. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางคอมปาวด์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2559.

การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่ม

IMPROVEMENT OF MACHINERY MAINTENANCE EFFICIENCY IN PRODUCTION: A CASE STUDY OF BEVERAGE FACTORY

ธวัชชัย บัวระภา^{*1} ศักดิ์ชัย รักการ² พจนีย์ ศรีวิเชียร³

Thawatchai Buarapa^{*1}, Sakchai Rakkarn², Podchanee Sriwichian³

^{*1} หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

² หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

³ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

*tong_rs50@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตกรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่มแห่งหนึ่ง จากแผนการผลิต ปี พ.ศ. 2562 กำหนดให้มีแผนในการผลิตทั้งหมด 3,243 ชั่วโมง ซึ่งพบปัญหาเครื่องจักรชำรุดรวมเวลา 907 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 27.96 ซึ่งพบว่าเครื่องแพ็คฟิล์มมีปัญหาฟิล์มตัดไม่ขาดเป็นปัญหาหลัก เมื่อนำมาวิเคราะห์ตามหลักการทฤษฎีการจัดการงานวิศวกรรม โดยใช้เครื่องในการวิเคราะห์ปัญหา ประกอบไปด้วย แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าโรงงานที่ศึกษาไม่มีระบบการจัดการการซ่อมบำรุงอย่างมีประสิทธิภาพ มีแผนซ่อมบำรุงที่ไม่สอดคล้องกับการทำงานของเครื่องจักรในปัจจุบัน การศึกษานี้จึงได้นำระบบการบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive Maintenance) ซึ่งประกอบไปด้วย บำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) และ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เข้ามาแก้ไขปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเดิมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ผลการดำเนินงานหลังปรับปรุงพบว่าเวลาสูญเสียจากเครื่องแพ็คฟิล์มชำรุด เฉลี่ยต่อเดือนลดลง คิดเป็นร้อยละ 29.45 ส่งผลให้อัตราความพร้อมของเครื่องจักรทั้งกระบวนการผลิต ค่าก่อนการปรับปรุง 73.44 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85.77 ประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Performance Efficiency) ค่าก่อนปรับปรุงร้อยละ 90.69 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 96.88 อัตราคุณภาพ (Quality Rate) เพิ่มขึ้นจากค่าก่อนปรับปรุงร้อยละ 99.65 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99.85 โดยส่งผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) จากค่าก่อนปรับปรุงร้อยละ 66.36 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 82.97 ผลต่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.6

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันแก้ไขบทความ 25 กรกฎาคม 2564

วันตอบรับบทความ 11 สิงหาคม 2564

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ การบำรุงรักษา กระบวนการผลิต

ABSTRACT

This study is to research the problem of optimizing machine maintenance in the production process, case study of a beverage factory from the 2019 production plan. There are plans for the production of a total of 3,243 hours, which encounter problems of machinery defects throughout the year, total 907 hours, or 27.96 percent. The film pack machine has found a problem of the failed cutting film. Applying, engineering management is to analyze the problem and root cause with Pareto diagram and cause and effect diagram respectively. It is found that the factory lacks an effective maintenance management system with a maintenance plan is not related with the current machine operation. Therefore, this study has proposed the Proactive Maintenance system including of Predictive Maintenance and Preventive Maintenance for modify existing maintenance

The results show that the average monthly loss time of the breakdown film packer is decreased by 29.45%, the machine availability rate for the entire production process is increased by 73.44% to 85.77%, the efficiency of the machine performance is increased by 90.69 to 96.88%. The quality rate is increased by 99.65% to 99.85%. Finally, the Overall Equipment Effectiveness (OEE) is increased by 66.36% to 82.97% with the difference of increasing approximately 16.6%.

Keywords: Performance, Maintenance, Production

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตได้มีขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีหลากหลายมากขึ้นทั้งด้านคุณภาพ มาตรฐานสินค้า การขนส่ง ผู้ประกอบการต่างนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาเป็นอุปกรณ์เสริม เพื่อช่วยเร่งยอดการผลิตและสามารถผลิตชิ้นงานได้จำนวนมากขึ้น เพื่อให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการขั้นตอนการผลิต เมื่อมีความต้องการของผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้น เครื่องจักรก็จะทำงานหนักต่อเนื่องไม่มีการหยุดพัก อย่างไรก็ตามเครื่องจักรก็มีขีดความสามารถในด้านอายุการใช้งาน โดยเฉพาะชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักรที่เกิดเสื่อมสภาพและชำรุดเสียหายจากการใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรสั้นลงไปด้วย รวมถึงประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลงไปด้วย ถึงแม้จะมีการควบคุมดูแลซ่อมบำรุงเครื่องจักรแล้วก็ตาม แต่ปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรยังคงเกิดขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย ทั้งระบบของเครื่องจักร สภาพแวดล้อม และรูปแบบที่ใช้ในการผลิต รวมไปถึงระยะเวลาในการใช้งาน ดังนั้นการกำหนดวิธีการบำรุงรักษาของเครื่องจักรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีนั้นต้องมีวิธีการที่เหมาะสมและเอื้ออำนวยกับการดูแลรักษาเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้ต่อเนื่องไม่เกิดการหยุดกะทันหันหรือสร้างผลกระทบต่อความสูญเสียด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงอันตรายในการทำงานกับเครื่องจักรที่ไม่สมบูรณ์ รวมถึงกำหนดเวลาการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ทันตามกำหนด ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรเป็นเทคนิคการกำจัดความสูญเสียจากการลดความสูญเสียหลัก เพื่อสร้างผลกำไร โดยนำรูปแบบและขั้นตอนในการบำรุงรักษาเครื่องจักรแบบการบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม มาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการบำรุงรักษา เพื่อแก้ไขปัญหาและวิเคราะห์ลักษณะ

ของความเสียหายเพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงสำหรับการวางแผนงานซ่อมบำรุง และช่วยกำหนดมาตรฐานวิธีการดูแลรักษาที่เหมาะสม รวมไปถึงลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจากสาเหตุของเครื่องจักรชำรุด [1]

อุตสาหกรรมผลิตเครื่องตีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความน่าสนใจและมีการลงทุนสูง มีการนำเครื่องจักรและเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยมาช่วยในการผลิต ซึ่งปัญหาที่ตามมาคือ ปัญหาจากเครื่องจักรขัดข้องชำรุด เกิดความสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิต โดยข้อมูลที่ใช้ในงานศึกษาครั้งนี้ได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัทผลิตเครื่องตีแห่งหนึ่ง ซึ่งพบปัญหาความสูญเสียที่เกิดจากความผิดปกติของเครื่องจักร พบปัญหาเครื่องจักรทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการ จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตตามแผนการผลิตประจำปี พ.ศ. 2562 กำหนดให้มีแผนการผลิตทั้งหมด 3,243 ชั่วโมง แต่ด้วยปัญหาเครื่องจักรชำรุดต้องหยุดซ่อมตลอดทั้งปี ใช้เวลารวมทั้งหมด 907 ชั่วโมง คิดเป็น 27.96% ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจปัญหา เครื่องจักรชำรุดทำงานอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำหลักการทฤษฎีด้านการจัดการงานวิศวกรรม และการซ่อมบำรุง มาประยุกต์แก้ไขปัญหารีบบังและเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผนภูมิพาเรโตสำหรับตรวจสอบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กร ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญที่สุดโดยการเรียงลำดับ จากนั้นนำปัญหาหรือสาเหตุเหล่านั้นมาจัดหมวดหมู่หรือแบ่งแยกประเภทแล้วเรียงลำดับความสำคัญจากน้อยไปหามากเพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละปัญหามีอัตราส่วนเท่าใดเมื่อเทียบกับปัญหาทั้งหมด โดยการแสดงด้วยกราฟแท่ง กราฟแท่งที่สูงที่สุด คือ ปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกันมากที่สุด (Most Common Problem) จำเป็นที่องค์กรต้องสนใจแก้ไข [2] แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) อาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ “ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)” เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลาย ๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว [3] การลดความขัดข้องของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า อย่างน้อย 10% โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพและแนวทางของ QC Story ในการค้นหาสาเหตุของปัญหาและการแก้ไขปัญหาให้ได้ตามวัตถุประสงค์ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 6 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 – มิถุนายน 2561 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบผลการดำเนินการหลังการปรับปรุง จากการศึกษาพบว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของเครื่องจักรที่มีปัญหาสูงสุด คือ Ash Vessel, Step Grate และ Ram Feeder จากนั้นได้ทำการปรับปรุงและจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน [4] การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ โดยใช้หลักการการบำรุงรักษาที่ผลโดยทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) และแนวทางการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Factory Management) มาใช้ในการแก้ปัญหา ในการศึกษาเบื้องต้นใช้แผนภูมิพาเรโตในการลำดับความสำคัญของปัญหา และใช้การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุ จากนั้นคัดเลือกปัญหาจาก 2 สาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องจักรหยุดเนื่องจากเกิดการขัดข้องมาทำการปรับปรุงแก้ไข ก่อนการแก้ปัญหา นั้น ได้แก่ การกำหนดแผนการบำรุงรักษาด้วยตนเอง การกำหนดมาตรฐานการตรวจเช็คเครื่องจักรประจำวัน [5] การพัฒนาระบบการดำเนินงานซ่อมบำรุงช่วงเครื่องจักรหยุดกระบวนการผลิต เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายงบประมาณจากการวางแผนระบบการจัดการการเตรียมงานได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยศึกษาและพัฒนาระบบการจัดการของงานซ่อมบำรุงช่วงเครื่องจักรหยุดกระบวนการผลิตประจำปี 2562 ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ผู้ชำนาญการและการระดมสมอง

(Brainstorming) ภายใต้หลักการและทฤษฎีของการบริหารงานโครงสร้างแผนงาน (Work Breakdown Structure) ในการวิเคราะห์เรียงเรียงขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ จากนั้นได้ทำการพัฒนาปรับปรุงระบบ โดยกำหนดลำดับขั้นตอนการบริหารจัดการและรูปแบบเงื่อนไขของระบบเอกสารที่เกี่ยวข้อง หลังจากการปรับปรุงระบบ พบว่า ค่าใช้จ่ายตลอดการดำเนินงานซ่อมบำรุงช่วงเครื่องจักรหยุดกระบวนการผลิตสามารถประหยัดงบประมาณได้ร้อยละ 18 ของงบประมาณที่อนุมัติ หรือคิดเป็นมูลค่า 18 ล้านบาท [6] การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทอดโดยเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา โรงงานอาหารกึ่งสำเร็จรูป ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องทอดพบว่า เครื่องทอดมีค่าประสิทธิผล โดยรวมอยู่ 60.73% ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ จึงได้วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เครื่องเกิดเหตุขัดข้อง โดยการนำพาเรโตมาเป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการเลือกหัวข้อของปัญหามาทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Why-Why หลังจากทราบถึงสาเหตุของปัญหาแล้ว จึงมีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและดำเนินการตามแผนที่กำหนด หลังการดำเนินงาน พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทอดไปปรุงสุกเพิ่มขึ้นคิดเป็น 1.6% ค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องทอดเพิ่มขึ้นคิดเป็น 1.60% และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องทอดเพิ่มขึ้นคิดเป็น 32.13% ทั้งนี้ส่งผลให้ผลผลิตเนื้อไก่ปรุงสุกเพิ่มขึ้น 39,038 กิโลกรัมต่อเดือน หรือคิดเป็น 31.3% [7] การบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องดื่ม ในระหว่างการผลิตและกำหนดงานบำรุงรักษาให้กับเครื่องจักรของโรงงานตัวอย่างอาศัยหลักการบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีการบำรุงรักษานำมาหาสาเหตุข้อขัดข้องของชิ้นส่วน ด้วยวิธีการวิเคราะห์การขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ด้วยทฤษฎีการบำรุงรักษาตามสภาพ เพิ่มค่าอัตราการเดินเครื่องจักร (Machine Availability) ของกระบวนการผลิตโรงงานผลิตเครื่องดื่ม โดยภายหลังจากการปรับปรุงสามารถเพิ่มค่าความพร้อมการใช้งานเครื่องจักร (Machine Availability) จาก 84.57% /เดือน เป็น 96.45%/เดือน ค่าเวลาเฉลี่ยการซ่อมแซม (Mean Time to Repair: MTTR) ลดลง 20.06 ชั่วโมง/เดือน เป็น 4 ชั่วโมง/เดือน ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักร (Mean Time Between Failures: MTBF) ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 101.12 ชั่วโมง/เดือนเป็น 121.12 ชั่วโมง/เดือน และมูลค่าการสูญเสียรวมค่าเฉลี่ยลดลงจาก 721,852 บาท/เดือนเป็น 418,254.77 บาท/เดือน [8]

3. วิธีการวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพปัญหาของเครื่องจักรและความสูญเสีย

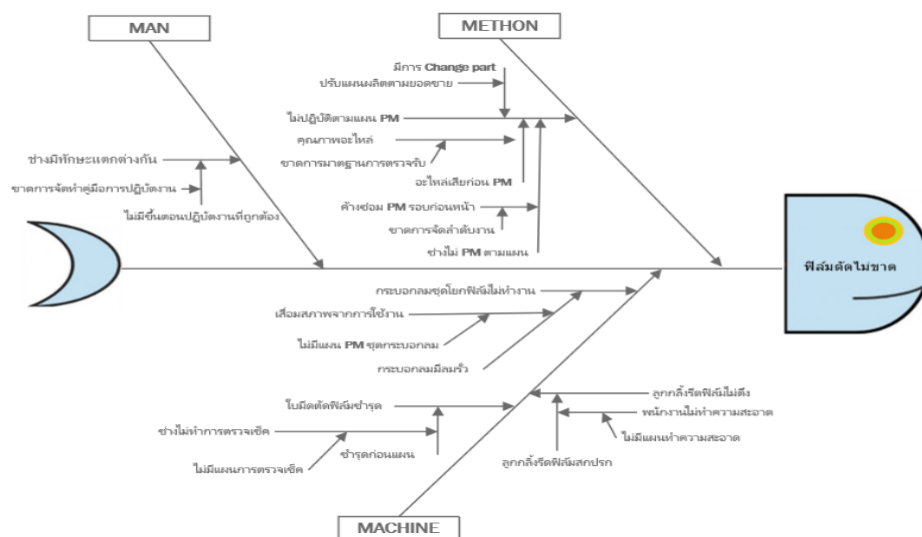
จากศึกษาวิจัยเก็บข้อมูลสภาพปัจจุบันและกระบวนการของโรงงานผลิตเครื่องดื่มที่ใช้เป็นกรณีศึกษา พบปัญหาเครื่องจักรทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งพบว่าเครื่องแพ็คฟิล์มมีปัญหาฟิล์มตัดไม่ขาดเป็นปัญหาหลัก สูงถึง 7,426 นาที ผู้วิจัยจึงเลือก การปรับปรุงแก้ไขเครื่องแพ็คฟิล์มเป็นเครื่องหลัก



รูปที่ 1 ตัวอย่างปัญหาฟิล์มตัดไม่ขาด

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เมื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุด้วย ไดอะแกรมของเหตุและผล (แผนภูมิแก๊งปลา) ดังรูปที่ 2



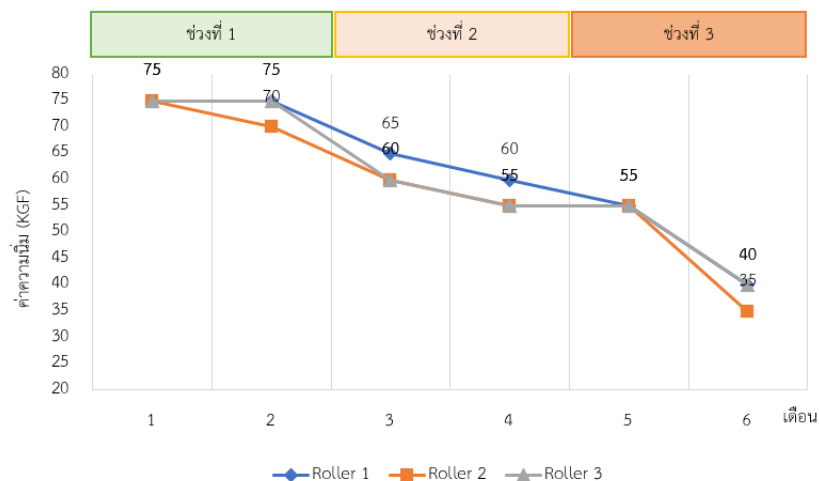
รูปที่ 2 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์ปัญหาฟิล์มตัดขาด

จากแผนภูมิวิเคราะห์ปัญหาไดอะแกรมของเหตุและผล (แผนภูมิแบบผังก้างปลา) แสดงสาเหตุปัญหาฟิล์มตัดไม่ขาด เมื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุของปัญหา สามารถจำแนกและวิเคราะห์สรุปปัญหา กระบอกลมชุดโยกฟิล์มไม่ทำงาน เกิดจาก ลมรั่วจากการเสื่อมสภาพจากการใช้งาน ใบมีดตัดฟิล์มชำรุด เกิดจากไม่มีการตรวจเช็คเนื่องจากไม่มีแผนงาน ลูกกลิ้งรีดฟิล์มสกปรกแข็งเสื่อมสภาพ เกิดจาก อะไหล่เสียก่อนรอบแผนการซ่อมบำรุงเนื่องจากแผนซ่อมบำรุงไม่สอดคล้องกับสภาพเครื่องจักรในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ทำมุ่งเน้นการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเลือกใช้ “ระบบการบำรุงรักษาเชิงรุก” (Proactive Maintenance) ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เข้ามาช่วยคาดการณ์วิเคราะห์ความเสียหายของเครื่องจักร

3.3 การวิเคราะห์การบำรุงรักษาลูกกลิ้งรีดฟิล์ม

ลูกกลิ้งรีดฟิล์ม ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง 4 ลูก ลูกกลิ้งหลัก 1 ลูก และลูกกลิ้งหุ้มด้วยยาง NBR ได้กำหนดแผนซ่อมบำรุงไว้ทุก 6 เดือน ซึ่งจากการเก็บข้อมูลค่าความนิ่มของลูกกลิ้งตามระยะเวลาการใช้งาน โดยใช้หลักการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ตั้งแต่วันที่รับเข้าอะไหล่จนถึงกำหนดการเปลี่ยนตามแผนพบว่า ลูกกลิ้งยาง NBR มีค่าความนิ่มที่เปลี่ยนไปจากอายุการใช้งาน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวิเคราะห์อายุการใช้งานของลูกกลิ้งรีดฟิล์ม

จากรูปที่ 3 พบว่าค่าความนิ่มของลูกกลิ้งที่เปลี่ยนไปตามอายุการใช้งาน เห็นได้ว่าค่าความนิ่มของลูกกลิ้งเริ่มลดลงในช่วงอายุการใช้งานช่วงที่ 2 และตกลงในช่วงอายุการใช้งานช่วงที่ 3 อายุการใช้งานในเดือนที่ 5 จึงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนลูกกลิ้งรีดฟิล์ม

3.4 การวิเคราะห์การบำรุงรักษาลูกปืนลูกกลิ้งรีดฟิล์ม

จากแผนซ่อมบำรุงได้กำหนดการเปลี่ยนลูกปืนลูกกลิ้งตามแผนซ่อมบำรุงทุก 6 เดือน ซึ่งจากการตรวจสอบประวัติการใช้งาน พบว่า ลูกปืนลูกกลิ้งรีดฟิล์มแตกชำรุดก่อนกำหนดแผนการเปลี่ยน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประวัติการเปลี่ยนลูกปืนลูกกลิ้งรีดฟิล์ม

No.	ตำแหน่ง	ตามแผน	ครั้งที่ 1		
		ว/ด/ป	ว/ด/ป	จำนวนวัน	Unit
1	ลูกปืน Roller 1	13-01-19	25-06-19	144	76,032,000
2	ลูกปืน Roller 2	13-01-19	15-07-19	160	84,480,000
3	ลูกปืน Roller 3	13-01-19	15-06-19	137	72,336,000
4	ลูกปืน Roller 4	13-01-19	15-07-19	160	84,480,000
No.	ตำแหน่ง	ตามแผน	ครั้งที่ 2		
		ว/ด/ป	ว/ด/ป	จำนวนวัน	Unit
1	ลูกปืน Roller 1	05-01-20	05-01-20	170	89,760,000
2	ลูกปืน Roller 2	05-01-20	15-12-19	135	71,280,000
3	ลูกปืน Roller 3	05-01-20	05-01-20	180	95,040,000
4	ลูกปืน Roller 4	05-01-20	05-01-20	150	79,200,000

จากข้อมูลตารางที่ 1 ประวัติการเปลี่ยนลูกปืนลูกกลิ้งรีดฟิล์ม ซึ่งได้เก็บข้อมูลการเปลี่ยนลูกปืน พบว่า ลูกปืนชำรุดก่อนแผนจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานที่เหมาะสมของลูกปืน โดยใช้หลัก การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ซึ่งใช้โปรแกรมข้อมูลทางสถิติในการคำนวณ ดังรูปที่ 4

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Bearings	8	0	154.50	5.62	15.89	135.00	138.75	155.00	167.50	180.00

รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานของใบมีดตัดฟิล์ม

จากรูปที่ 4 การนำข้อมูลอายุการใช้งานของลูกปืนหาค่าจากค่าเฉลี่ยจากโปรแกรมข้อมูลทางสถิติ พบว่า อายุการใช้งานลูกปืนมีค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมเท่ากับ 154.5 วัน หรือประมาณ 5 เดือน โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 15.89

3.5 การวิเคราะห์การบำรุงรักษาใบมีดตัดฟิล์ม

จากแผนการซ่อมบำรุงได้กำหนดแผนการเปลี่ยนใบมีดตัดฟิล์มไว้ 1 ปี จากประวัติการเปลี่ยนใบมีด พบว่า ปี 2562 มีการเปลี่ยนใบมีดถึง 2 ครั้ง ซึ่งเป็นการชำรุดก่อนแผนซ่อมบำรุงที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประวัติการเปลี่ยนใบมีดตัดฟิล์ม

ลำดับ	ว/ด/ป	อายุการใช้งาน (วัน)	จำนวนใช้งาน (ครั้ง)	ยอดการผลิต (Unit)
1	25-07-19	181	7,964,000	95,568,000
2	13-01-20	162	7,128,000	85,536,000

จากข้อมูลตารางที่ 2 ประวัติการเปลี่ยนใบมีดตัดฟิล์ม ซึ่งได้เก็บข้อมูลการเปลี่ยน พบว่า ใบมีดตัดฟิล์มชำรุดก่อนแผนการเปลี่ยนจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานที่เหมาะสมของใบมีด โดยใช้หลัก การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ซึ่งใช้โปรแกรมข้อมูลทางสถิติในการคำนวณ ดังรูปที่ 5

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Knife	2	0	171.50	9.50	13.44	162.00	*	171.50	*	181.00

รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานของใบมีดตัดฟิล์ม

จากรูปที่ 5 การนำข้อมูลอายุการใช้งานของใบมีดตัดฟิล์มนำมาหาค่าเฉลี่ยจากโปรแกรมข้อมูลทางสถิติ พบว่า อายุการใช้งานของใบมีดตัดฟิล์มมีอายุการใช้งานเฉลี่ยที่เหมาะสมเท่ากับ 171.5 วัน หรือประมาณ 6 เดือน โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.44

3.6 การวิเคราะห์การตรวจเช็คคลมรั่วกระบอกลมโยกฟิล์ม

เนื่องจากแผนงานซ่อมบำรุงไม่ได้กำหนดการเปลี่ยนอะไหล่ชุดกระบอกลมชุดโยกฟิล์ม จึงเกิดการรั่วไหลของลมที่กระบอกลมส่งผลให้ฟิล์มไม่ตึงทำให้ฟิล์มตัดไม่ขาด จึงทำการตรวจเช็คแรงดันลมรั่วประจำสัปดาห์โดยใช้เครื่องมือ Flow Meter ในการเก็บข้อมูล 13 สัปดาห์ พบว่า กระบอกลมมีลมรั่วไหลจากอายุการใช้งาน โดยสัปดาห์ที่ 1 รั่วไหลที่ 1 ลิตร/นาทีก และสัปดาห์ที่ 13 รั่วไหลที่ 7 ลิตร/นาทีก เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้หลัก การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ซึ่งใช้โปรแกรมข้อมูลทางสถิติในการวิเคราะห์สมการอายุการใช้งานของกระบอกลมโยกฟิล์ม ดังสมการที่ (1)

$$\text{Week} = 0.914 + 1.884 \text{flow} \quad (1)$$

สมการที่ 1 พยากรณ์การซ่อมบำรุงของกระบอกลมรั่ว คือ จำนวนสัปดาห์ที่ต้องเปลี่ยนกระบอกลมเท่ากับ $0.914 + (1.884 \times \text{อัตราการรั่วไหลของลม})$ ลิตร/นาทีก

จากอัตราการรั่วไหลที่เปลี่ยนไปจากการใช้งานของกระบอกลม เมื่อกระบอกลมมีการรั่วไหล 20 (ลิตร/นาทีก) กระบอกลมจะประสิทธิภาพต่ำไม่มีแรงโยกฟิล์ม ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนกระบอกลมเมื่ออัตราการรั่วไหล ที่ 20 (ลิตร/นาทีก)

$$\begin{aligned} \text{จะได้ สัปดาห์} &= 0.914 + (1.884 \times 20) \\ &= 38.59 \text{ สัปดาห์ หรือประมาณ 10 เดือน} \end{aligned}$$

จากแผนซ่อมบำรุงในปัจจุบันนั้น มีระยะเวลาการบำรุงรักษาที่ไม่เหมาะสมกับสภาพเครื่องจักร ทำให้
อะไหล่เครื่องจักรชำรุดก่อนแผนงาน การบำรุงรักษาไม่ประสพผลจึงนำมาทบทวนแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรโดย
ใช้การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) เข้ามาประกอบให้เพื่อสอดคล้องกับปัจจัยการผลิตและ
เหมาะสมกับสภาพเครื่องจักรในปัจจุบัน ดังรูปที่ 6

			แผนการบำรุงรักษา / บันทึกการบำรุงรักษาโรงงาน																												ผู้อนุมัติ	
			ประเภทเครื่องจักร :		อนุมัติเมื่อวันที่/...../.....																											
ลำดับที่	เครื่องจักร / อุปกรณ์	รหัสเครื่องจักร	ความถี่ ชั่วโมง/เดือน/ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.																	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
11	SHRINK WRAPPER	SW-01-001																														
	ชุดติดตั้ง																															
	- เปลี่ยนใบมีดตัดฟิล์ม	-	6 เดือน																													
	- เปลี่ยนลูกปืนชุดลูกกลิ้งรีดฟิล์ม	-	5 เดือน																													
	- เปลี่ยนลูกกลิ้งรีดฟิล์ม	-	5 เดือน																													
	- กระบอกลบโมกฟิล์ม	-	10 เดือน																													

รูปที่ 6 ทบทวนแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักร

4. ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องแม่พิมพ์ ซึ่งก่อนปรับปรุงการบำรุงรักษาเครื่องจักร เครื่องจักรมีเวลา Breakdown สูง ซึ่งพบปัญหาฟิล์มตัดไม่ขาดเป็นปัญหาหลัก หลังจากได้ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ โดยการแก้ไขปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงเครื่องจักรเพื่อให้ประสิทธิผลของเครื่องจักรโดยวัดผลจากการเปรียบเทียบข้อมูลในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 โดยชี้วัดค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง

ข้อมูลการผลิต	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เวลาที่เดินเครื่อง (นาท)	16,210	23,625
เวลาบริการงาน (นาท)	11,904	20,264
เวลาเครื่องจักรเสีย (นาท)	4,306	3,361
กำลังการผลิต (Unit/เดือน)	4,404,542	9,422,682
ของเสีย (Unit/เดือน)	15,416	14,134
(A) อัตราความพร้อม (%)	73.44	85.77
(P) ประสิทธิภาพ (%)	90.69	96.88
(Q) อัตราคุณภาพ (%)	99.65	99.85
(OEE) ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพโดยรวม (%)	66.36	82.97

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 อภิปรายการวัดประสิทธิภาพ

1. อัตราความพร้อมของเครื่องจักร (Availability) หลังการดำเนินงาน พบว่า เวลาสูญเสียจากเครื่องแพ็คฟิล์ม Breakdown เหลือต่อเดือนจากค่าก่อนปรับปรุง 1,393 นาที่ หลังปรับปรุงมีค่าลดลง 983 นาที่ คิดเป็นร้อยละ 29.45 และส่งผลให้อัตราความพร้อมของเครื่องจักรทั้งกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 73.44 เพิ่มเป็นร้อยละ 85.77 คิดเป็นผลต่างร้อยละ 12.34

2. การวัดผลประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Performance Efficiency) หลังการดำเนินงาน ส่งผลให้อัตราความเร็วหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรก่อนปรับปรุงมีค่าอยู่ที่ 400 Unit/นาที่ หลังปรับปรุงเพิ่มสูงขึ้นเป็น 480 Unit/นาที่ คิดเป็นค่าก่อนปรับปรุงร้อยละ 90.69 เพิ่มเป็นร้อยละ 96.88 คิดเป็นผลต่างร้อยละ 6.19

3. การวัดผลจากอัตราคุณภาพ (Quality Rate) หลังการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไข ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราคุณภาพของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากค่าก่อนการปรับปรุงร้อยละ 99.65 เพิ่มเป็นร้อยละ 99.85 คิดเป็นผลต่างร้อยละ 0.20

4. การวัดผลค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) จากการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาเครื่องแพ็คฟิล์ม Breakdown หลังการแก้ไขปรับปรุงสามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เหลือจากเดิมร้อยละ 66.36 เพิ่มเป็นร้อยละ 82.97 คิดเป็นผลต่างร้อยละ 16.60

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรมีการประเมินวิเคราะห์ความเสี่ยงและจัดลำดับความสำคัญของอะไหล่เครื่องจักรเพื่อประกอบการวางแผนซ่อมบำรุง และควรทบทวนแผนซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับการใช้งานเครื่องจักรในปัจจุบันอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

2. ควรมีการศึกษาการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) เพิ่มเติม ซึ่งควรมีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เข้ามาช่วยเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลเพื่อพยากรณ์ผลโดยโปรแกรมอัตโนมัติ เช่น การใช้โปรแกรม PLC ในเก็บข้อมูลส่งเข้าระบบ Scada System เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อภิชาติ นาควิมล. การพัฒนาระบบการจัดการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อลดการสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2560.
- [2] ลลิตดา ชมโณม. การศึกษาปัญหาและการหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพเกี่ยวกับการดำเนินงานด้านเอกสารประกอบการเดินพิธีการกรมศุลกากร (ใบขนขาออก) กรณีศึกษา บริษัทตัวแทนส่งออกสินค้าทางอากาศแห่งหนึ่ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, 2559.
- [3] ปาโก้ เอ็นจิเนียริง. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools), 2560. สืบค้นจาก <http://www.pakoengineering.com/blog/2017/เครื่องมือคุณภาพ-7-qc-tools/>.
- [4] สราลี ล่องนาวา. การลดความขัดข้องของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2560.
- [5] อีรพงษ์ ชันทอง. การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.
- [6] สนธยา สุขคตะ. การพัฒนาระบบการดำเนินงานซ่อมบำรุงช่วงเครื่องจักรหยุดกระบวนการผลิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2563.
- [7] อุเทน เฉลยโณม สุรัตน์ ตรียวนพงศ์ และระพี กาญจนะ. การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทอดโดยเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา โรงงานอาหารกึ่งสำเร็จรูป. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราช มงคลธัญบุรี, 2558, 13 (2), หน้า 21.
- [8] อีระศักดิ์ พรหมเสน. การบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องดื่ม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2556.

การวิเคราะห์ระดับความสุกของกล้วยจากภาพถ่ายด้วยโมเดลสีอาร์จีบีและการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

AN ANALYSIS OF BANANA RIPENESS LEVEL BY IMAGE USING RGB COLOR MODEL
AND SUPERVISED LEARNINGอรอุมา พร้าโมต*¹ จรรยา อันดับ¹On-Uma Pramote*¹, Janya Undub¹^{*1}หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตสงคราม

*onbee@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์พัฒนาขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับความสุกของกล้วยจากภาพถ่ายด้วยโมเดลสีอาร์จีบีและการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การได้มาซึ่งภาพ การระบุสีสีพิกเซล และการวัดระดับความสุก โดยใช้โมเดลสีอาร์จีบีในการวิเคราะห์หาช่วงสีจากเปลือกกล้วยที่ได้จากภาพถ่าย และใช้การเรียนรู้แบบมีผู้สอน 2 เทคนิค คือ ต้นไม้ตัดสินใจและการเรียนรู้เชิงลึกสร้างโมเดลระบุสีพิกเซล การทดลองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนสร้างโมเดลระบุสีพิกเซล ใช้กล้วยในการทดลอง 3 ชนิด คือ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ซึ่งแต่ละชนิดมี 2 ประเภท คือ กล้วยสุกและกล้วยดิบ ภาพแต่ละประเภทมี 20 ภาพ รวมภาพที่ใช้ในการทดลอง 120 ภาพ ประสิทธิภาพของโมเดลต้นไม้ตัดสินใจและการเรียนรู้เชิงลึกในขั้นตอนการฝึกให้ค่าความถูกต้อง 90.90 และ 98.62 และในขั้นตอนการทดสอบ ให้ค่าความถูกต้อง 93.57 และ 99.31 ตามลำดับ ส่วนการวัดระดับความสุกของกล้วย ใช้กล้วย 3 ชนิด 2 ประเภท คือ กล้วยสุกและกล้วยอม ภาพแต่ละประเภทมี 10 ภาพ รวมภาพที่ใช้ในการทดลอง 60 ภาพ โมเดลระบุสีพิกเซลสามารถวัดระดับความสุกได้ทั้งกล้วยสุกและกล้วยอม มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตระดับความสุกกล้วยหอมร้อยละ 94.40 กล้วยไข่ร้อยละ 93.31 และกล้วยน้ำว้าร้อยละ 81.04

คำสำคัญ: โมเดลสีอาร์จีบี, การวิเคราะห์ภาพ, การเรียนรู้แบบมีผู้สอน, กล้วย, ระดับความสุก

ABSTRACT

This research aims to develop an analysis of banana ripeness level by image using the RGB Color model and supervised learning, which consists of 3 main steps are 1) Image acquisition, 2) Identification of Pixel Color, and 3) Measuring ripeness level. The main idea is using the RGB color model to analyze the color of banana peel in images and using supervised learning are two

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันที่แก้ไขบทความ 25 กรกฎาคม 2564

วันที่ตอบรับบทความ 11 สิงหาคม 2564

techniques are Decision Tree and Deep Learning to generate identification models of pixel color. There were two parts to the experiment: 1) Generate model of Identification of pixel color, which use three banana categories i.e., Cavendish Banana, Cultivated Banana, and Lady Finger Banana, which are two kinds are raw and ripe. All each kind uses 20 images as a total of 120 images. The experimental results of accuracy in the training part (decision tree, deep learning) are 90.90 and 98.62, and accuracy in the testing part is 93.57, 99.31. 2) Measuring ripeness level use three banana categories, which are two kinds are ripe and very ripe. All each kind uses 10 images as a total of 60 images. The pixel color identification model can measure ripeness levels for both ripe and very ripe bananas. The experimental results show that the Arithmetic Mean of Cavendish Banana, Lady Finger banana, and Cultivated banana are 94.40, 93.31, 81.04, respectively.

Keywords: RGB Color Model, Image Analysis, Supervised Learning, Banana, Ripeness Level

1. บทนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่ปลูกง่ายปลูกได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย และเป็นผลไม้ที่ทุกเพศทุกวัยสามารถบริโภคได้ กล้วยมีสารอาหารสำคัญต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น โพแทสเซียม วิตามิน และเส้นใยอาหาร [1-2] กล้วยที่คนนิยมบริโภคในประเทศ คือ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ [3] สิ่งสำคัญของการเลือกกล้วยสำหรับบริโภค คือ ความสุกของกล้วย การวัดความสุกของกล้วยโดยทั่วไปนั้นพิจารณาจากเปลือกกล้วย ถ้ากล้วยดิบเปลือกจะมีสีเขียวเข้ม ส่วนกล้วยสุกเปลือกจะมีสีเหลืองอ่อนจนถึงเหลืองเข้ม สำหรับการวัดความสุกของกล้วยในปริมาณน้อยมนุษย์สามารถทำได้ง่าย แต่ในกรณีที่กล้วยมีปริมาณมากหรือต้องการทราบระยะการสุกของกล้วยที่แม่นยำเพื่อส่งออกในเชิงธุรกิจ การอาศัยเพียงแรงงานมนุษย์อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ และแรงงานในการทำงานประเภทนี้เริ่มลดน้อยลง

ภาพถ่ายถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น และในหลาย ๆ ด้านของการทำงานใช้ภาพถ่ายเป็นข้อมูลนำเข้า เพื่อการวิเคราะห์ แยกแยะ หรือจดจำวัตถุในภาพถ่าย [4-5] เทคโนโลยีการวิเคราะห์ภาพได้เข้ามามีบทบาทรวมกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน เพื่อสร้างความชาญฉลาดให้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งเห็นได้จากการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศ คาดการณ์แนวโน้มผลผลิตทางการเกษตรล่วงหน้า [6-7] จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์สามารถช่วยทำงานแทนมนุษย์ โดยเฉพาะงานที่มีปริมาณมาก ต้องการความเที่ยงตรง ถูกต้องและต่อเนื่อง

จากปัญหาและเทคโนโลยีในปัจจุบันที่กล่าวมาทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ระดับความสุกของกล้วยจากภาพถ่ายด้วยโมเดลสีอาร์จีบีและการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ช่วยระบุความสุกได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว ซึ่งจะมีประโยชน์ในด้านธุรกิจการส่งออกหรือเกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคกล้วย

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โมเดลสีอาร์จีบี (RGB Color Model)

โมเดลสีอาร์จีบี [8] ประกอบด้วยแม่สีของแสง 3 สี คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) แต่ละสีถูกแยกเป็นช่อง ซึ่งเป็นโมเดลสีที่นิยมใช้บนจอแสดงผล เช่น จอทีวี จอคอมพิวเตอร์ ลักษณะของช่องสีแสดงเป็นระนาบ (Plane) ความสามารถในการแสดงผลขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้เก็บค่าพิกเซล โดยปัจจุบันใช้ระนาบสีละ 8 บิต ในแต่ละระนาบพิกเซลที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 255 โดย ค่า 0 หมายถึง ความมืด และค่า 255 หมายถึง ความสว่าง โดยแม่สีทั้ง 3 เมื่อนำมารวมกันจะให้ค่าสีขาว เรียกการเสริมกันของค่าสีว่า การผสมสีแบบบวก (Additive)

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพเป็นการประมวลผลสัญญาณ 2 มิติ ด้วยการกระทำทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน เช่น การบวก การลบ การคูณ หรือการกระทำทางคณิตศาสตร์ระดับสูง เช่น ลิเนียร์ ฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ตามความต้องการของผู้ใช้ [9] ซึ่งการประมวลผลภาพนิยมจำแนกตามลักษณะ ได้แก่ การได้มาซึ่งภาพ (Image Acquisition) การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) การฟื้นฟูภาพ (Image Restoration) การบีบอัดภาพ (Image Compression) เป็นต้น

2.3 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

การเรียนรู้แบบมีผู้สอน [10] เป็นวิธีการจำแนกข้อมูล ซึ่งเป็นหนึ่งในศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการฝึก (Training) เป็นการสอนคอมพิวเตอร์ด้วยข้อมูลที่มีผลเฉลยเพื่อให้ได้มาซึ่งโมเดลสำหรับการจำแนก และขั้นตอนการทดสอบ (Testing) เป็นการนำข้อมูลชุดใหม่ที่ไม่มีผลเฉลยส่งให้โมเดลจำแนกข้อมูลเหล่านั้น โดยทั้งการฝึกและการทดสอบมีเครื่องมือสำหรับวัดประสิทธิภาพของโมเดลเพื่อพิจารณาความถูกต้องแม่นยำของโมเดลที่จะนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี 2563 ชลธิชา และอรอุมา พร้าโมต [11] ทำการวิเคราะห์คุณภาพข้าวไรซ์เบอร์รี่จากภาพถ่ายด้วยคุณลักษณะสี ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) เพื่อคัดคุณภาพของเมล็ดข้าว การทดลองใช้เมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่จาก 2 แหล่ง คือ ห้างสรรพสินค้าและเกษตรกร จากผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าความแม่นยำ 99.36%, ความระลึก 99.24% และอัตราการเรียนรู้ 99.30%

ปี 2562 Fatma M. A. Mazen¹ and Ahmed A. Nashat [12] ทำการจำแนกความสุกของกล้วยจากภาพถ่ายด้วยวิธีการ Artificial Neural Network ซึ่งเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่นอีก 5 เทคนิค โดยใช้โมเดลสีแบบเอชเอสวี (HSV) เป็นคุณลักษณะสำคัญในการสร้างตัวจำแนกความสุกดิบของกล้วย โดยมีค่าความถูกต้องของตัวจำแนกเท่ากับ ร้อยละ 97.75

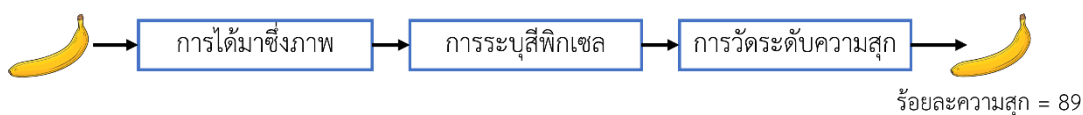
ปี 2560 อภิศักดิ์ พรหมฝ่าย และพิทักษ์ คล้ายชม [13] ทำการทดสอบระดับความสุกทุเรียนพันธุ์หลงลับแล โดยการตรวจสอบระดับสีผิวเปลือกทุเรียนด้วยการประมวลผลภาพ เสนอวิธีการวัดระดับความสุกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลแบบไม่ทำลาย ใช้โมเดลสีแบบ CIE L* a* b* สรุปได้ว่า ค่า L* และ a* ไม่มีผลกับระดับความสุกของทุเรียน ส่วนค่า b* มีผลกับระดับความสุกของทุเรียน โดยค่า b* จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความสุกของทุเรียนสุกมากขึ้น ค่า L* อยู่ระหว่าง 64.7472 ถึง 70.3693 และ ค่า a* อยู่ระหว่าง -5.0545 ถึง 4.3917

จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าภาพถ่ายสามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการใช้เทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ได้ และยังไม่มีการวัดระดับความสุกของกล้วยด้วยโมเดลสีอาร์จีบี

3. วิธีการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิด

การวิเคราะห์ระดับความสุกของกล้วยด้วยภาพถ่าย จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่หนึ่ง การได้มาซึ่งภาพ (Image Acquisitions) เป็นการตั้งค่ากล้องดิจิทัลและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการถ่ายภาพกล้วย ขั้นตอนที่สอง การระบุสีพิกเซล (Identification of Pixel Color) เป็นการวิเคราะห์สีพิกเซลของเปลือกกล้วยทั้งสุก-ดิบ ซึ่งใช้ค่าสี RGB เป็นคุณลักษณะเด่น (Feature) และกำหนดป้ายกำกับ (Label) ซึ่งเป็นผลเฉลยให้กับพิกเซล จากนั้นนำข้อมูลพิกเซลเหล่านี้เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อสร้างโมเดลระบุสีพิกเซลด้วยวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ขั้นตอนที่สาม การวัดระดับความสุก (Measuring of Ripeness Level) เป็นการหาร้อยละของพิกเซลสีโทนเหลืองจากพิกเซลเปลือกกล้วยใน 1 ภาพ ดังแสดงในภาพที่ 1



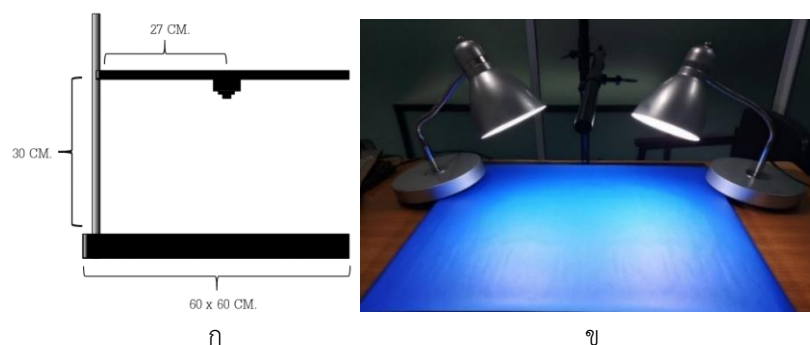
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

กล้วยที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มี 3 ชนิด เป็นกล้วยที่นิยมบริโภค คือ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ ความกว้างของภาพ (Width) 1616 พิกเซล ความสูงของภาพ (Height) 1080 พิกเซล เป็นภาพสี นามสกุลเจพีจี (JPG) ข้อมูลพิกเซลใน 1 ภาพเท่ากับ 1,745,280 พิกเซล ซึ่งกล้วยแต่ละผลที่นำมาใช้เลือกโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยงานวิจัยนี้มีการทดลอง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนระบุสีพิกเซล และขั้นตอนวัดระดับความสุก ในแต่ละขั้นตอนใช้ภาพสำหรับการทดลอง ดังนี้ ขั้นตอนระบุสีพิกเซล ใช้กล้วยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่แต่ละชนิดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สุก และดิบ แต่ละประเภทใช้ภาพ 20 ภาพ รวมภาพที่ใช้ในขั้นตอนนี้ 120 ภาพ ขั้นตอนวัดระดับความสุก กล้วยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ แบ่งเป็น 2 แบบ คือ สุก และงอม แต่ละแบบใช้ 10 ภาพ รวมภาพที่ใช้ 60 ภาพ

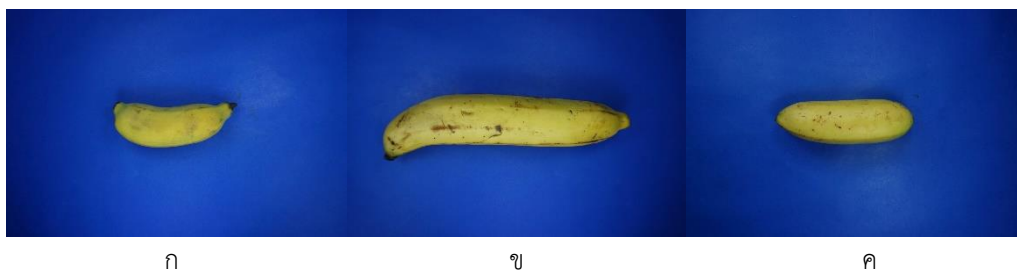
3.3 การได้มาซึ่งภาพ (Image Acquisition)

ในงานวิจัยนี้ การได้มาซึ่งภาพประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) กล้องถ่ายรูป ใช้กล้องดิจิทัลมิลเลอร์เลส ยี่ห้อ Sony α 5100 รุ่น ILCE-5100L เลนส์ E PZ 16-50mm F3.5-5.6 OSS กำหนดค่าการถ่ายดังนี้ ใช้โหมดแมนนวล (Manual) ค่ารูรับแสง (F-Stop) เท่ากับ F22 ค่าความไวแสง (ISO 100) เท่ากับ 100 ความเร็วชัตเตอร์ (Speed) เท่ากับ 1/8 2) ฐานตั้งกล้อง สำหรับยึดตัวกล้องเพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งหรือทิศทางขณะถ่ายภาพ พื้นที่ฐานขนาด 60 x 60 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างตัวกล้องกับฐาน สูง 30 เซนติเมตร ติดตั้งกล้องดิจิทัล โดยถ่ายจากมุมสูง (Top View) ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก) และ 3) แสงไฟ เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในการถ่าย ใช้ไฟแอลอีดี (LED) จำนวน 4 หลอด ตั้งรอบฐาน ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข)



ภาพที่ 2 การฐานถ่ายภาพ และการจัดสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการถ่ายภาพ

การวางผลกล้วยสำหรับการถ่ายภาพต้องกำหนดจุดเพื่อวางกล้วยในตำแหน่งเดียวกัน โดยจะวางกลางแท่นถ่าย ให้กล้วยขนานกับแนวนอนโดยปลายผลจะอยู่ทางด้านซ้ายทุกผล ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวางกล้วย (ก) กล้วยน้ำว้า (ข) กล้วยหอม และ (ค) กล้วยไข่

3.4 การระบุสีพิกเซล (Identification of Pixel Color)

การระบุสีพิกเซล ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ส่วน คือ การตัดแบ่งภาพ (Image Segmentation) การวิเคราะห์สีพิกเซล (Analytic of pixel) และการระบุสีพิกเซลด้วยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervise Learning)

3.4.1 การตัดแบ่งภาพ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง การเลือกช่องสีที่แสดงความแตกต่างระหว่างผลกล้วยกับพื้นหลังได้อย่างชัดเจน พบว่าช่องสีที่แสดงความแตกต่างได้ดีที่สุด คือ ช่องสีแดงในกล้วยสุกและช่องสีเขียวในกล้วยดิบ ขั้นตอนที่สอง การเพิ่มความสว่างให้ภาพด้วยอัลกอริทึมปรับความสว่าง (Brightness Adjustment) ส่งผลให้พื้นหลังของภาพสว่างขึ้น ขั้นตอนที่สาม การปรับพื้นหลังและวัตถุ ข้อมูลของภาพพื้นหลังจะมีค่าเข้าใกล้ 255 จึงทำการลบด้วยค่า 255 ส่งผลให้ค่าที่ได้เข้าใกล้ 0 พิกเซลจะแสดงสีพื้นหลังเป็นสีทึบดำ ผลกล้วยจะมีโทนขาว ขั้นตอนที่สี่ การแบ่งพื้นที่ของกล้วยกับพื้นหลัง โดยใช้เทคนิคการหาค่าแบ่งส่วน (Threshold) อัตโนมัติด้วยวิธีโอตซึ (Otsu's method) ขั้นตอนที่ห้า การเติมพื้นที่ในภาพ จากขั้นตอนที่สี่อาจเกิดช่องว่างในภาพผลกล้วยจึงต้องเติมพื้นที่ช่องว่าง โดยใช้เทคนิคเติมหลุม (Fill Hole) ขั้นตอนที่หก การตัดภาพกล้วยด้วยเทคนิคการตัดภาพเฉพาะพื้นที่ที่สนใจ (Region of Interest: ROI) เพื่อให้ได้เฉพาะบริเวณผลกล้วยที่พร้อมในการนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์สีพิกเซล ดังตัวอย่างในภาพที่ 4



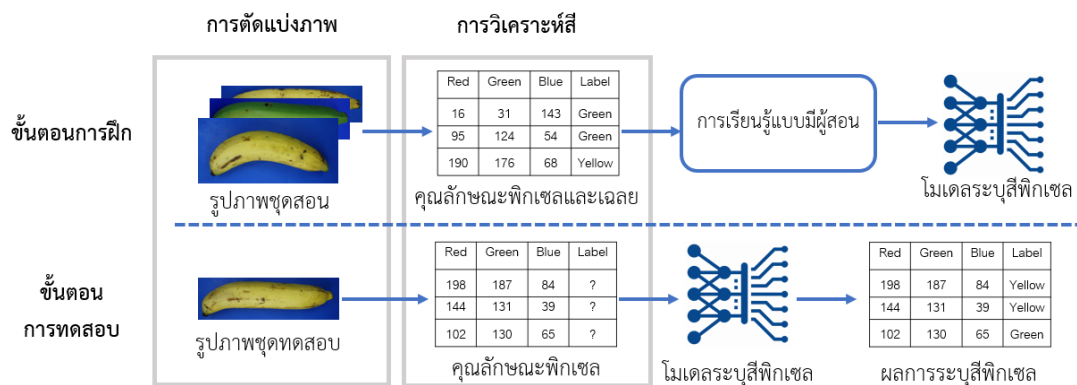
ภาพที่ 4 การตัดแบ่งภาพในขั้นตอนที่หนึ่ง สอง สี และ หก

3.4.2 การวิเคราะห์สีพิกเซล

ในการวิเคราะห์สีพิกเซลใช้ข้อมูลภาพกล้วยสุก 3 ชนิด คือ กล้วยหอม กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ ชนิดละ 10 ภาพ รวม 30 ภาพ โดยพิจารณาพิกเซลแต่ละระนาบสีจากงานวิจัย [14] พบว่า ระนาบสีแดงและระนาบสีเขียวสามารถใช้ระบุความสุกของกล้วยได้ ในงานวิจัยนี้จึงเน้นพิจารณาใน 2 ระนาบข้างต้น ซึ่งมีวิธีการดังนี้ 1) พิจารณาฮิสโตแกรมแต่ละระนาบ เพื่อสำรวจลักษณะความถี่ข้อมูลของค่าความเข้มแสง 2) จากค่าความเข้มแสง 256 ระดับในระนาบสีแดงและเขียวจะมีความถี่หนาแน่นตั้งแต่ระดับ 128 ขึ้นไปแบ่งช่วง ส่วนระนาบสีน้ำเงินจะมีความถี่หนาแน่นระหว่าง 0 ถึง 70 ระดับ จากข้อมูลช่วงทั้ง 3 ระนาบ ส่งผลให้ได้ช่วงของสีโทนเหลืองเพื่อนำเป็นต้นแบบเทียบข้อมูล 3) เลือกค่าของพิกเซลจากระนาบสีแดง เขียว น้ำเงิน และใส่ผลเฉลี่ยให้พิกเซลโทนสีเหลือง เพื่อนำไปใช้ในการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

3.4.3 การระบุสีพิกเซลด้วยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

ข้อมูลนำเข้าของขั้นตอนนี้ คือ ค่าพิกเซลจาก 3 ระนาบสี ได้แก่ แดง เขียว น้ำเงิน และผลเฉลี่ย โดยถูกจัดเก็บในรูปแบบตาราง ขั้นตอนการระบุสีพิกเซลด้วยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ประกอบด้วย ขั้นตอนการฝึก เป็นการสร้างโมเดลระบุสีพิกเซลด้วยข้อมูลพิกเซลที่มีผลเฉลี่ยแล้ว และขั้นตอนการทดสอบ เป็นการใช้โมเดลระบุสีพิกเซลใหม่ที่ไม่มีผลเฉลี่ย การแบ่งข้อมูลเพื่อทดลองใน 2 ขั้นตอนนี้ จะแบ่งดังนี้ ข้อมูลในขั้นตอนการฝึกร้อยละ 70 ซึ่งใช้การนำเข้าข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบแบบไขว้ จำนวน 10 รอบ (10-Fold Cross validation) เพื่อสร้างโมเดลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน 2 เทคนิค คือ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ส่วนข้อมูลในขั้นตอนการทดสอบใช้ร้อยละ 30 ขั้นตอนที่ 2 ส่วน แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการระบุสีพิกเซลด้วยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

3.5 การวัดระดับความสุก (Measuring of ripeness level)

ความสุกของกล้วย คือ เปลือกกล้วยสีโทนเหลือง ดังนั้นการประเมินความสุกหรือระดับความสุกจะใช้ พิกเซลสีเหลือง ที่ปรากฏในพิกเซลทั้งหมดของผลกล้วยใน 1 ภาพ โดยคำนวณเป็นร้อยละ ดังสมการที่ (1)

$$percent = \left(\frac{p}{n}\right) \times 100 \quad (1)$$

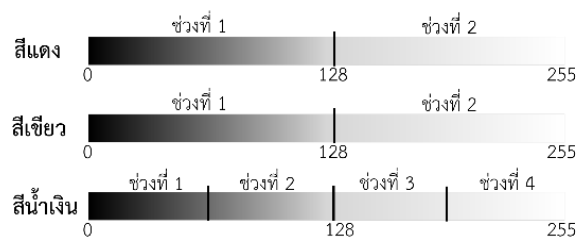
โดยที่ p คือ จำนวนพิกเซลสีเหลือง

n คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของกล้วย

4. ผลการวิจัย

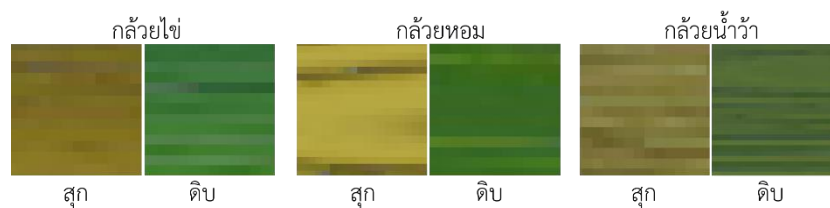
4.1 ผลการวิเคราะห์สีพิกเซล

จากการวิเคราะห์สีพิกเซลได้ผลการแบ่งช่วงตัวเลขของค่าความเข้มแสง ดังนี้ ระบายสีแดง และ ระบายสีเขียว แบ่ง 2 ระดับ ระบายสีน้ำเงิน แบ่ง 4 ระดับ การเลือกใช้ค่าความเข้มแสง ระบายสีแดง และสีเขียวใช้ ช่วงค่าความสว่างช่วงที่ 2 ระบายสีน้ำเงินใช้ช่วงที่ 1-4 และมีเงื่อนไขในการกำกับ 3 เงื่อนไข คือ ค่าสีแดงต้องมากกว่าหรือเท่ากับค่าสีเขียว ค่าสีแดงต้องมากกว่าค่าสีน้ำเงิน ค่าสีเขียวต้องมากกว่าค่าสีน้ำเงิน ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การแบ่งช่วงสีจากการวิเคราะห์

เมื่อนำเงื่อนไขที่ได้จากการวิเคราะห์สีพิกเซลไปสกัดพิกเซลของเปลือกกล้วยทั้ง 3 ชนิด ได้ตัวอย่างสีพิกเซล ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 สีพิกเซลจากการวิเคราะห์

4.2 ประสิทธิภาพของเทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

ในขั้นตอนการฝึกใช้ภาพ 84 ภาพ ได้ข้อมูลฝึกเซตสีแดง เขียว น้ำเงิน และผลเฉลี่ย รวมจำนวน 2,520,000 แกว และขั้นตอนการทดสอบใช้ข้อมูล 36 ภาพ รวมจำนวน 1,080,000 แกว จากการใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน 2 เทคนิค คือ ต้นไม้ตัดสินใจและการเรียนรู้เชิงลึกสร้างโมเดลระบุสีฝึกเซตสามารถวัดประสิทธิภาพของเทคนิคตามคลาสผลเฉลี่ยสีเหลือง และสีเขียว ที่ใช้กับข้อมูลชุดฝึก ผลลัพธ์คือเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) สูงกว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของ 2 เทคนิค ที่ใช้กับข้อมูลการฝึก

การเรียนรู้แบบมีผู้สอน	Precision		Recall		Accuracy
	Class Yellow	Class Green	Class Yellow	Class Green	
Decision Tree	99.30%	84.94%	82.38%	99.42%	90.90%
Deep learning	100.00%	97.32%	97.24%	100.00%	98.62%

การวัดประสิทธิภาพของเทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน ทั้ง 2 เทคนิคในการทดสอบกับข้อมูลทดสอบ ให้ผลลัพธ์คือเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกมีค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ และค่าความระลึกสูงกว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของ 2 เทคนิค ที่ใช้กับข้อมูลการทดสอบ

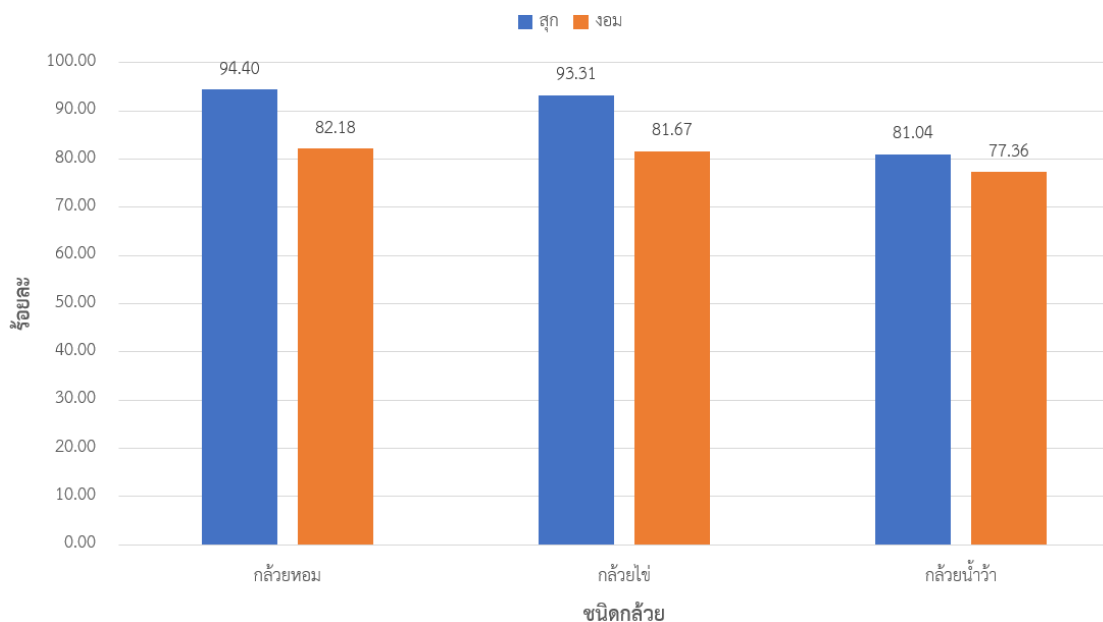
การเรียนรู้แบบมีผู้สอน	Precision		Recall		Accuracy
	Class Yellow	Class Green	Class Yellow	Class Green	
Decision Tree	95.06%	92.17%	91.91%	95.22%	93.57%
Deep learning	100.00%	98.65%	98.63%	100.00%	99.31%

4.3 ผลการวัดระดับความสุกของกล้วย

จากการทดลองด้วยภาพกล้วย 3 ชนิด 2 ประเภท สุก งาม อย่างละ 10 ภาพ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในการระบุสีฝึกเซตได้ผลลัพธ์ดังนี้ สีเปลือกกล้วยสุกหาค่าร้อยละได้มากกว่าสีเปลือกกล้วยงอมในกล้วยทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแสดงเป็นค่ามัธยฐาน (Median) ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยเปลือกกล้วยหอมสุกและกล้วยไข่สุกหาร้อยละได้สูงใกล้เคียงกันและมากกว่ากล้วยน้ำว้าสุก และเปลือกกล้วยน้ำว้างอมจะหาร้อยละได้ต่ำที่สุด

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิตร้อยละของระดับความสุกของกล้วย

3 ชนิด 2 ประเภท รวมจำนวน 60 ภาพ



ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความสุกกล้วย 3 ชนิด

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

ในการวิเคราะห์สีฟักเซลด้วยโมเดลสีอาร์จีบี สีเปลือกกล้วยสุกซึ่งมีสีเหลืองให้ค่าฟักเซลในระนาบสีแดง สูงที่สุดหรือเท่ากับค่าฟักเซลในระนาบสีเขียว ซึ่งค่าฟักเซลระนาบสีแดงและสีเขียวต้องมีค่าเกินร้อยละ 50 ของช่วง ค่าในระนาบ ส่วนระนาบสีน้ำเงินควรมีค่าฟักเซลน้อยที่สุดเพราะทำให้ฟักเซลเกิดสีเหลืองได้มาก ด้วยความรู้ข้างต้น นำไปประมวลผลเฉลยฟักเซลเปลือกกล้วยสุก และใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน 2 เทคนิค คือ ต้นไม้ตัดสินใจและการเรียนรู้เชิงลึกสร้างโมเดลระบุสีฟักเซลของเปลือกกล้วยสุก พบว่าเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกให้ค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ และค่าความระลึกสูงกว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ การวัดระดับความสุกของเปลือกกล้วยจากการระบุ ฟักเซล พบว่าสีเปลือกกล้วยสุกสามารถวัดระดับความสุกได้ดีกว่าเปลือกกล้วยงอม และจำนวนฟักเซลสีเหลืองเกิน ร้อยละ 50 ทั้งสีเปลือกกล้วยสุกและงอม สาเหตุที่ทำให้การวัดระดับของเปลือกกล้วยงอมต่ำกว่าเปลือกกล้วยสุก เป็นเพราะเปลือกมีสีดำปนหรือสีน้ำตาลปน กล้วยหอมและกล้วยไข่หาระดับความสุกได้ดีกว่ากล้วยน้ำว้า เพราะ ลักษณะของเปลือกมีการปนของจุดสีน้ำตาลหรือดำน้อยกว่ากล้วยน้ำว้า

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย อาจารย์ศศิณี เทียนดี ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคการทำวิจัย และการประมวลผลภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เพ็ญจันทร์ สุทธานกุล. (2558). **ชุดโครงการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มปริมาณ ผลผลิตคุณภาพ คุณภาพผลผลิตและเพิ่มมูลค่าทางการตลาดกล้วย สืบค้นจาก**
<http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2262>
- [2] กล้วย. (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.thai-explore.net/file_upload/submitter/file_doc/52b668a277413ae153aa3f12717a11d0.pdf
- [3] รพีพรรณ เทียมเดช. (2560). **กล้วย : วัฏจักรวิถีชีวิตของคนไทย** สืบค้นจาก
<http://hs.pbru.ac.th/journal/wp-content/uploads/2017/11/2560-1-5.pdf>
- [4] การจำแนกพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตโดยวิธีการเชิงวัตถุแบบ เงื่อนไขหลายหลักเกณฑ์ (ออนไลน์). สืบค้นข้อมูลจาก <http://research.gistda.or.th/assets/uploads/pdfs/6b99f-11-.pdf>
- [5] ธวัช รวมทรัพย์. (2559) **การจำแนกใบพืชโดยการใช้คุณลักษณะรูปทรงและพื้นผิวของใบพืชด้วย ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม**. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ), มหาวิทยาลัยศรีปทุม. กรุงเทพฯ
- [6] ปัญญาประดิษฐ์กับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก
http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_6004010374_9941_10208.pdf
- [7] AI กับความเป็นไปได้ทางสภาพอากาศของไทย. (ออนไลน์). สืบค้นจาก <http://medium.com/discovery/ai-กับความ-เป็นไปได้ทางสภาพอากาศของไทย-3d0bacc0e61f>
- [8] อิว ไอยรากาญจนกุล. **การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559
- [9] สมเกียรติ อุดมธรรษากุล. **การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : ท้อป, 2554
- [10] สรรพฤทธิ์ มฤคทัต. **การรู้จำรูปแบบและการเรียนรู้ของเครื่อง**. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วาย.ซี.เอช.มีเดีย, 2561.
- [11] ชลธิชา พินิจ และอรอุมา พริ้มโต. (กุมภาพันธ์ 2563) **การวิเคราะห์คุณภาพข้าวไรซ์เบอร์รี่จากภาพถ่ายด้วยคุณลักษณะสี**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคเอเชีย ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2563, หน้า. 1-10.
- [12] Fatma M. A. Mazen1 · Ahmed A. Nashat, **Ripeness Classification of Bananas Using an Artificial Neural Network**. Arabian Journal for Science and Engineering., 2019, p.p. 6901-6910.
- [13] อภิศักดิ์ พรหมฉาย และ พิทักษ์ คล้ายชม. (เมษายน - มิถุนายน 2560). **การจำแนกระดับความสุกทุเรียนพันธุ์หลงลับแลโดยการตรวจสอบระดับสีผิวเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ**. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 40 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2560.
- [14] ศศิน เทียนดี สุณัฏฐา วัญญะกรรม ปรวี วงศ์สวัสดิ์สุริยะ และอรอุมา พริ้มโต. (สิงหาคม 2563) **การคัดแยกความสุกดิบของกล้วยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, 2563, หน้า. 1-10.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอใยัญชงของวิสาหกิจ
ชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

APPLIES AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY FOR PROMOTE HEMP FABRIC
PRODUCTS OF COMMUNITY ENTERPRISE IN KHIRIRAT SUB-DISTRICT, PHOP PHRA
DISTRICT, TAK PROVINCE.

จักรพันธ์ วงศ์ฤกษ์ดี *¹ พรรณธิภา เพชรบุญมี ²

Chakkapan Wongrerkerdee *¹, Phanthipha Petchboonmee ²

*¹ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

² คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

* wonglerdee@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และพัฒนาระบบเทคโนโลยีเสมือนจริงในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอใยัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยมีขั้นตอนเริ่มต้นที่การเก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์ผ้าใยัญชงของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลคีรีราษฎร์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบแบบจำลองผลิตภัณฑ์ผ้าใยัญชงในรูปแบบ 3 มิติ จากนั้นผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 50 คน โดยพบว่าหลังจากที่ได้ทดลองใช้งานระบบเทคโนโลยีเสมือนจริงแล้วมีระดับพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดีมาก

คำสำคัญ: เทคโนโลยีภาพเสมือนจริง, การประชาสัมพันธ์, ผ้าทอใยัญชง, อำเภอบพพระ, จังหวัดตาก

ABSTRACT

The purpose of this research was to study and development of virtual reality technology system for promoting products of hemp fabrics of community enterprise in Khirirat Sub-district, Phop Phra District, Tak Province and assess the satisfaction of users of the virtual reality technology system. The first step was to collect data of hemp fabric products of the Khiri Rat Sub-district Community Enterprise Group. The data obtained were analyzed and designed in 3D model of hemp

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันแก้ไขบทความ 28 กรกฎาคม 2564

วันตอบรับบทความ 13 สิงหาคม 2564

fabric product. The researcher then conducted a satisfaction assessment of 50 target groups, found that after using the virtual technology system, the average satisfaction level was very good.

Keywords: AR, Public Relation, Hemp Fabric, Phop Phra District, Tak Province

1. บทนำ

หลังคณะรัฐมนตรีมีมติเกี่ยวกับกรอบแนวทางการพิจารณาเพื่อการควบคุมและส่งเสริมการปลูกกัญชงให้เป็นพืชเศรษฐกิจเมื่อปี 2548 “กัญชง” (Hemp) ที่เคยเป็นพืชต้องห้ามและถูกจัดเป็นยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ก็ได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจ เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษจากเส้นใยกัญชงเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพสูงเหมาะกับการนำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม ในเชิงวัฒนธรรม การปลูกต้นกัญชงนับเป็นประเพณีและวิถีชีวิตที่อยู่คู่กับชาวม้งตั้งแต่เกิดจนสิ้นอายุขัย ชาวม้งมักนำเส้นใยกัญชงมาทอเป็นเครื่องนุ่งห่มในชีวิตประจำวัน หรือทำเป็นรองเท้าไว้ใช้ยามเดินทางในป่าเพื่ออพยพย้ายถิ่นฐาน เนื่องจากสามารถป้องกันสัตว์มีพิษกัดต่อยได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้ ชาวม้งจึงทำการปลูกต้นกัญชงเพื่อนำเส้นใยมาใช้ประโยชน์เป็นประจำทุกๆ ปี นอกจากนี้ผ้าทอใยกัญชงยังเปรียบเสมือนทองคำที่พ่อแม่มอบให้กับลูกสาวไว้ติดตัวไปตอนออกรเรือน และเมื่อถึงอายุ 40 ปี ชาวม้งจะมีการเตรียมชุดที่ทอจากใยกัญชงไว้ใส่ในพิธีกรรมตอนเสียชีวิต ซึ่งธรรมเนียมดังกล่าวก็ยังคงมีการปฏิบัติสืบกันมาจนถึงทุกวันนี้ [1]

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality Technology : AR) เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่ผสมผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) โดยผ่านอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่มีลักษณะเป็นวัตถุ (Object) แสดงผลในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติ ลอยอยู่ในเนื้อพื้นผิวจริง มีการแสดงผลที่แสดงวัตถุมีการเคลื่อนไหว ภูมิทัศน์มีความตื่นตันทื่นตา โดยสามารถนำรูปแบบใหม่ของการนำเสนอสินค้าลอยออกมานอกจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการนำเสนอรูปแบบใหม่ในโลกสังคมออนไลน์หรือการตลาดออนไลน์อีกทางหนึ่ง หากเปรียบสื่อต่างๆ เสมือน “กล่อง” แล้ว AR คือการดึงออกมาสู่โลกใหม่ภายนอกกล่องที่สร้างความตื่นตันทื่นตา ในรูปแบบ Interactive Media โดยแท้จริง [2]

โครงการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอใยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพิ่มรายได้ และการท่องเที่ยวของชุมชน ช่วยทำให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ยังไม่มีนำมาใช้งานกันมากนัก ทั้งนี้การนำระบบดังกล่าวมาใช้จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและมีลักษณะจำเพาะของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ประกอบในการจัดทำระบบเทคโนโลยีเสมือนจริงให้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และแม่นยำ ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการจัดทำโครงการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอใยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จะช่วยในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอใยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตากให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวของจังหวัดตากได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัย “การใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอโยกัญของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก” ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ทฤษฎีเกี่ยวกับโยกัญ

“กัญชง” คือ พืชพื้นบ้านที่อยู่คู่กับวัฒนธรรมชาวเขาภาคเหนือมาตั้งแต่อดีตกาล โดยเฉพาะชาวเขาเผ่าม้ง (Hmong) ที่มีวิถีชีวิตผูกพันกับกัญชงตั้งแต่เกิดจนตาย ชาวม้งจึงรู้จักปลูกกัญชงและสั่งสมภูมิปัญญาในการใช้ประโยชน์จากกัญชงมายาวนานตั้งแต่บรรพบุรุษในภาษาม้ง เรียกกัญชงว่า “หมั่ง” หรือ “ม่าง” ชาวม้งเชื่อว่าเทพเจ้าหรือเยอโฮ๊ะ เป็นผู้สร้างโลก สร้างมนุษย์ และได้ประทานพันธุ์พืชให้มนุษย์ได้ใช้ ซึ่งก็คือ “หมั่ง” หรือ “กัญชง” นั่นเอง ชาวม้งใช้ใบกัญชงแทนใบชา ใช้เมล็ดเป็นยารักษาโรคและเป็นยาบำรุงเลือด โดยเคี้ยวเมล็ดสดๆ เพื่อเป็นยาละลายนิ่ว ใช้เปลือกมาทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม และเครื่องใช้สอยในชีวิตประจำวันในคติความเชื่อชาวม้ง “กัญชง” เป็นเสมือนสะพานเชื่อมต่อระหว่างโลกมนุษย์ โลกของเทพเจ้า และโลกของบรรพบุรุษ ถือเป็นของมงคล ชาวม้งจึงลอกเส้นใยจากเปลือกกัญชง นำมาทำเป็นสายสิญจน์ใช้ในพิธีกรรมต่างๆ เช่น ผูกมือให้กับเด็กที่เกิดใหม่ ใช้ในพิธีอวสานหรือพิธีเข้าทรง ซึ่งเป็นงานประเพณีสำคัญของชาวม้ง นำมาทอเป็นเสื้อผ้าใส่ในงานมงคลและวันปีใหม่ แม้แต่ในช่วงสุดท้ายของชีวิต เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายรวมถึงรองเท้าของชาวม้งที่เสียชีวิต ล้วนทำมาจากโยกัญชงทั้งสิ้น ด้วยความเชื่อว่า จะสามารถเดินทางไปสู่สวรรค์และสื่อสารกับวิญญาณบรรพชนได้ หากไม่ใส่เสื้อผ้าที่ทอจากโยกัญชงแล้ว วิญญาณของผู้นั้นจะต้องล่องลอยไปอย่างไร้จุดหมาย ดังนั้น กัญชงจึงเป็นพืชดั้งเดิมที่ใช้ประโยชน์ตามประเพณีและวัฒนธรรมของชนเผ่าม้งมานานแล้วด้วยกัญชงมีลักษณะใกล้เคียงกับกัญชา จนคนทั่วไปแทบจะแยกไม่ออก รัฐจึงมีนโยบายห้ามปลูกกัญชงในประเทศไทย ทำให้ชาวม้งเสียอาชีพไป อีกทั้งชาวม้งในประเทศไทยยังต้องสั่งซื้อผ้าโยกัญชงเพื่อใช้ในพิธีกรรมจากม้งประเทศลาว เมื่อผ้าโยกัญชงกลายเป็นสินค้าที่ตลาดต้องการ ผลผลิตจากประเทศลาวไม่เพียงพอ ม้งลาวจึงต้องไปสั่งซื้อผ้าจากม้งแถบจีนยูนนานแม้ค่าชาวม้งจะต้องเดินทางไปแลกเปลี่ยนซื้อขายโยกัญชง จนกลายเป็นเครือข่ายเชื่อมการค้าขายระหว่างลาว จีน และไทยต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2557 สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ในรัชกาลที่ 9 เสด็จพระราชดำเนินเยี่ยมราษฎรในพื้นที่ภาคเหนือ ทรงผลักดันให้มีการศึกษาและส่งเสริมให้เกษตรกรชาวไทยภูเขาได้ปลูกกัญชง เพื่อใช้ในครัวเรือนและจำหน่ายเป็นอาชีพเสริม สร้างรายได้จากงานหัตถกรรม มูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จึงได้ศึกษาวิจัยสายพันธุ์กัญชงที่มีสารเสพติดต่ำ จนสามารถขึ้นทะเบียนรับรองพันธุ์และทดลองปลูกกัญชงในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย น่าน ตาก และเพชรบูรณ์ เมื่อศูนย์ศิลปาชีพได้มีการส่งเสริมงานหัตถกรรมที่ถักทอผ้าจากโยกัญชง จนเรียกว่าทำเท่าไหร่ ก็ไม่พอขาย ในปี 2557 สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จึงได้ส่งเสริมการปลูกกัญชงในเชิงพาณิชย์ ที่บ้านใหม่คีรีราษฎร์และบ้านใหม่ยอดคีรี ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ในพื้นที่ 97 ไร่ ปัจจุบันได้ขยายไปถึง 150 ไร่ โดยจัดสรรงบประมาณรวมทั้งจัดอบรมให้ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าโยกัญชง พัฒนาเครื่องมือในการลอกเปลือกกัญชงออกจากลำต้น เพื่อลดขั้นตอน ลดระยะเวลาการผลิต และพัฒนาผืนผ้าทอให้มีลวดลายที่เก๋ไก๋หลากหลายกว่าเดิมจากนั้นเป็นต้นมา ผ้าทอโยกัญชงในบ้านเราก็เข้าสู่ยุคพัฒนา มีการทอผสมกับฝ้าย ทอผสมกับไหม หรือแม้แต่ทอผสมกับเส้นใยผ้ายีนส์ จึงได้ลักษณะของเนื้อผ้าที่แตกต่างกันออกไป เมื่อปรับปรุงดีไซน์ให้ทันสมัย จนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมแล้ว ก็ยิ่งเป็นที่ต้องการของตลาดคนรักงานหัตถกรรม [3]

เส้นใยกล้วยของไทย จัดว่าเป็นวัสดุชั้นดี ระดับพรีเมียม เพราะปลูกโดยไม่ใช้สารเคมี เมื่อปลูกจนลำต้นสูงได้ที่ประมาณ 2 เมตร จึงตัดต้น รีดกึ่งและยอดออก แล้วนำไปตากแดด 1 สัปดาห์ พอแห้งแล้ว จึงนำมอลอกเปลือกออก ต่อกันให้เป็นเส้นยาว ก่อนนำไปต้มในน้ำเดือดที่ผสมกับขี้เถ้า เพื่อพอกให้นุ่มและเหนียว ก่อนย้อมด้วยสีธรรมชาติ โดยผู้แก่ผู้เฒ่าในหมู่บ้านจะช่วยกันมัดเส้นใยกล้วยเป็นก้อน เป็นใจ เช่นเดียวกับไหมพรม เพื่อถ่ายทอดกระบวนการผลิต จากนั้นก็กระจายไปให้สมาชิกในหมู่บ้าน ถักออกมาเป็นผลงานหลากหลายชนิด อาทิ เสื้อ กระโปรง กระเป๋า หมวก ผ้าคลุมไหล่ ผ้าปูโต๊ะ ปลอกหมอน เป็นต้น ในต่างประเทศนั้น มีการใช้เครื่องที่พัฒนาขึ้นเป็นพิเศษ สามารถดึงเอาลิกนิน (สารใยความแข็งแรง) ที่ผูกเส้นใยกล้วยออก ทำให้ได้เส้นใยที่อ่อนนุ่มเท่ากับเส้นใยของผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์ สามารถนำมาทอเย็บได้เนื้อผ้าละเอียดนุ่มทนทานด้วยประโยชน์จากเส้นใยกล้วยที่เหนียว นุ่ม แข็งแรงกว่าผ้าฝ้าย ให้ความอบอุ่นกว่าลิกนิน ดูดซับความชื้นได้ดีกว่าไนลอน ป้องกันรังสียูวีได้ร้อยละ 90 แล้วยังมีเสน่ห์ สวยงามแปลกตา มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว กล้วยจึงถูกนำมาแปรรูป ทำเป็นเครื่องนุ่งห่มมานาน ยิ่งในประเทศญี่ปุ่นด้วยแล้ว ชาวญี่ปุ่นถือว่าใยกล้วยเป็นเส้นใยมงคล เปรียบเสมือนกับขามัง ชาวญี่ปุ่นจึงนิยมนำมาตัดกิโมโน (ราคาหลักแสนบาทไทย) เพราะเป็นผ้าที่มีความทนทานนับร้อยปี ทุกวันนี้ผ้าใยกล้วยกลายเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าแบรนด์ดังระดับโลกเช่น Hermes Prada Converse Vans เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากใยกล้วยของไทยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ก็ส่งออกสู่ญี่ปุ่น ที่เหลือส่งไปยุโรป เช่น สวีเดน สหรัฐอเมริกา ฯลฯ โดยกล้วย ถือว่าเป็นพืชที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจต่อยอดทางธุรกิจได้มากมาย และกำลังเป็นสินค้าที่นิยมของผู้บริโภคกลุ่มอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพราะสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ทั้งต้น ใบ เมล็ด เปลือก สามารถแปรรูปนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า 25,000 ชนิด ตั้งแต่อุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่นำเส้นใยมาทำเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม อีกทั้งทำเสื่อเกราะกันกระสุนชั้นดีที่มีน้ำหนักเบา และสามารถใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ทำเยื่อกระดาษ (โดยเฉพาะกระดาษพิมพ์ธนบัตร) วัสดุหีบห่อ ฉนวนกันความร้อน ไบโอพลาสติก ทำอิฐ (Hempcrete) หรือคอนกรีต สำหรับงานก่อสร้าง ทำส่วนประกอบรถยนต์ ทำเฟอร์นิเจอร์ เช่น พรม เก้าอี้ เป็นต้น [4]

ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR หรือ Augmented Reality) คือ เทคโนโลยีใหม่ที่ผสานโลกความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) หรือที่เรียกว่า Augmented Reality (AR) ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง และกำลังนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงรูปแบบสื่อสมัยใหม่ในรูปแบบ Interactive Media ซึ่งใช้ภาพสัญลักษณ์มาตกแต่งเป็นรูปร่างต่างๆ หลังจากนั้นนำไปสร้างรหัส หรือเรียกว่า Marker และเมื่อนำไปตีพิมพ์บนวัตถุต่างๆ เช่น ผ้า แก้วน้ำ กระดาษ หนังสือหรือนามบัตรแล้วส่องด้วยกล้องเว็บแคม หรือ สมาร์ทโฟนที่มี Reality Browser Layer ก็จะเห็นภาพโมเดลของอาคารขนาดใหญ่หรือสัญลักษณ์ของร้านค้า หรือ สินค้าต่างๆ รวมไปถึงรูปคนเสมือนจริงปรากฏขึ้นผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้เทคโนโลยี เอ อาร์ นี้เป็นสิ่งแปลกใหม่และกำลังเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นในปัจจุบัน หลักการของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน 2 แนวคิดหลักของเทคโนโลยีเสมือนจริง คือการพัฒนาเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริงเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งภาพเสมือนจริงนั้น จะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หน้าจอโทรศัพท์มือถือ บนเครื่องฉายภาพหรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่นๆโดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันทีทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่ง สาม

มิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบเพื่อให้ออกมาแบบใด โดยกระบวนการภายในของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมประกอบด้วย 3 กระบวนการ [5] ได้แก่

1) การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหา Marker จากภาพที่ได้จากกล้องแล้ว สืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์ รูปแบบของ Marker การวิเคราะห์ภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less based AR)

2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) ของ Marker เทียบกับกล้อง

3) กระบวนการสร้างภาพสองมิติ จากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่ง เชิง 3 มิติ ที่คำนวณได้จนได้ภาพเสมือนจริง

3. วิธีการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้า ทอใยกล้วยของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เป็น 6 กิจกรรมดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การศึกษา และรวบรวมข้อมูลพื้นฐานจากการลงพื้นที่เป้าหมายที่กำหนดในโครงการวิจัย โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน [6] คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กับผ้าทอใยกล้วยของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ซึ่งมีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดย ใช้วิธีการสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ การถ่ายภาพ และการถ่ายวิดีโอ เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จะนำมาพัฒนาต่อเป็นระบบ เทคโนโลยีเสมือนจริงในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอใยกล้วยของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก 2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ไม่ได้เก็บรวบรวมเอง แต่มีผู้อื่น หรือ หน่วยงานอื่นๆ ทำการเก็บรวบรวมไว้แล้ว เช่น จากระายงาน ที่พิมพ์แล้ว หรือยังไม่ได้พิมพ์ของ หน่วยงานของ รัฐบาล สมาคม บริษัท สำนักงานวิจัย นักวิจัย วารสาร หนังสือพิมพ์ เป็นต้น

กิจกรรมที่ 2 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอใยกล้วยของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยการนำข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 มาประมวลผลนำผลลัพธ์ที่ได้เป็นข้อมูลของตัวผลิตภัณฑ์ผ้าทอ ใยกล้วยของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตากที่มีความโดดเด่น สะดุดตา และพร้อมที่นำไป ประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอใยกล้วยของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตากได้จริง ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแผ่นพับประชาสัมพันธ์ร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราษฎร์ เนื่องจาก ทางกลุ่มยังขาดสื่อที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์ของกลุ่มฯ เมื่อมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมผลิตภัณฑ์ หรือ หน่วยงานที่ต้องการเข้ามาศึกษาผลิตภัณฑ์ แผ่นพับดังกล่าวจะช่วยให้สามารถประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ และอัตลักษณ์ของกลุ่มได้เป็นอย่างดี

กิจกรรมที่ 3 การออกแบบแบบจำลองผลิตภัณฑ์ผ้าใยกล้วยในรูปแบบ 3 มิติ โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูล สารสนเทศที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 และ 2 มาวิเคราะห์ และออกแบบแบบจำลองผลิตภัณฑ์ผ้าใยกล้วยแบบ 3 มิติเพื่อ นำเสนอข้อมูลในแบบภาพถ่าย 360 องศาเพื่อให้สามารถมองเห็นข้อมูลได้อย่างรอบด้าน พร้อมทั้งช่วยในการ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบโมเดล 3 มิติเป็นการเพิ่มความน่าสนใจในการนำเสนอข้อมูลผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ โดย

ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติ คือ 1) โปรแกรมอโต้เดรสมายา (Autodesk Maya) 2) โปรแกรมกูเกิลสเกตช์อัพ (Google Sketchup) เนื่องจากทั้ง 2 โปรแกรมมีความสามารถที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรมอโต้เดรสมายาจะเน้นเก็บรายละเอียดของโมเดลที่มีรายละเอียดของชิ้นงานสูง เช่น ลวดลายบนเนื้อผ้า และลักษณะของเนื้อผ้า เป็นต้น [7] ส่วนโปรแกรมกูเกิลสเกตช์อัพจะเน้นสร้างงานที่เป็นเชิงโครงสร้างที่มีรายละเอียดไม่มากนัก เช่น หุ่นโมเดล หรืออุปกรณ์ประกอบฉาก เป็นต้น

กิจกรรมที่ 4 การพัฒนาระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอโยนกของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ผู้วิจัยเลือกใช้แอปพลิเคชัน Vuforia เป็นชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Kit : SDK) เพราะตัวแอปพลิเคชันนั้นต้องการระบบฐานข้อมูล หรือ Database ในการจัดเก็บ Target หรือมาร์คเกอร์ (Marker) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการใช้แอปพลิเคชัน และยังมี SDK ที่สามารถตรวจจับวัตถุประเภทที่ต่างกันไปได้ เช่นรูปภาพ วัตถุ หรือตัวอักษรภาษาอังกฤษ ทั้งแบบ 2 และ 3 มิติ, รองรับการทำ Virtual Buttons และการสร้างแผนที่ 3 มิติ เป็นต้น พร้อมทั้งเขียนฟังก์ชันการทำงานและการใช้งานให้มีความรวดเร็ว และง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้ใช้งานระบบฯ

กิจกรรมที่ 5 การประเมินผลคุณภาพของโครงการ ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อนำไปวัดระดับความพึงพอใจของผู้รับใช้งานระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอโยนกของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตากด้วยระดับคะแนน 1-5 คะแนน โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ผ้าทอโยนกของกลุ่มฯ จำนวน 50 คน [8] เป็นผู้ทดลองใช้งานระบบแล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางด้านสถิติต่อไป

กิจกรรมที่ 6 สรุปผลโครงการพร้อมทั้งเผยแพร่ผลงานวิจัยในงานบริการวิชาการต่างๆ ผู้วิจัยได้วางแผนที่จะเผยแพร่ผลงานวิจัยโดยการนำเสนอผลงานในโครงการประชุมวิชาการระดับประเทศ หรือระดับนานาชาติต่อไป

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของโครงการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ชุมชนผ้าทอโยนกของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตากสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1) ส่วนของผลการออกแบบแบบจำลองผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ 3 มิติ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนามมาสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ที่ช่วยในนำเสนอผลิตภัณฑ์ผ้าโยนกซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก โดยหลังจากที่ทำการสร้างโมเดลเสร็จแล้วนั้น ได้ทำการกำหนดแบบวัตถุ (Materials) และกำหนดลวดลาย (Texture) ด้วยภาพถ่ายจากลวดลายของผลิตภัณฑ์นั้นจริงๆ รวมทั้งทำการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ประกอบฉาก (Props Design) ให้มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นๆ ให้มากที่สุด และได้ออกแบบแผ่นพับประชาสัมพันธ์ร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ดังภาพที่ 1

Texture



3D Model



ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลการออกแบบแบบจำลองผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ 3 มิติ และแผ่นพับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์

2) ส่วนของผลการพัฒนาระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลระบบภาพเสมือน โดยได้ทำการอัปโหลดทั้งหมดไว้ที่เว็บแอปพลิเคชัน Vuforia ที่ใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลของโมเดล 3 มิติ และใช้โปรแกรม Unity 3D ในการสร้างภาพที่ใช้สำหรับแสดงผลภาพเสมือนโมเดล 3 มิติ โดยมีผลของการพัฒนาระบบภาพเสมือน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการพัฒนาระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) สำหรับผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก

3) ส่วนของผลการประเมินประเมินความพึงพอใจของระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก จากกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของกลุ่มฯ จำนวน 50 คน และได้นำผลคะแนนรวมของแต่ละหัวข้อมาผ่านระเบียบวินัยวิธีการทางสถิติ เพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean) จะพบว่าค่าเฉลี่ยได้อยู่ในระดับ 4.69 ดังนั้นโครงการวิจัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ ดีมาก โดยแบ่งผลการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1.ด้านแอปพลิเคชัน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

2.ด้านรูปแบบการนำเสนอ ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

โดยสามารถแสดงผลของการประเมินระบบจากกลุ่มผู้ใช้งาน ทั้ง 2 ด้านได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอไทยถิ่นของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	ผลลัพธ์
ด้านที่ 1 ด้านแอปพลิเคชัน			
ขั้นตอนในการใช้งานไม่ยุ่งยาก	4.52	0.31	ดีมาก
ความรวดเร็วในการประมวลผลการทำงาน	4.70	0.50	ดีมาก
ความสะดวกในการเข้าใช้งาน	4.62	0.51	ดีมาก
ความสามารถในการแสดงผลข้อมูล	4.70	0.42	ดีมาก
รวมด้านที่ 1	4.63	0.09	ดีมาก
ด้านที่ 2 ด้านรูปแบบการนำเสนอ			
ความเหมาะสมในการนำเสนอเนื้อหา	4.82	0.43	ดีมาก
ภาษาที่ใช้บรรยายมีความเหมาะสมถูกต้อง	4.84	0.54	ดีมาก
ภาพ และเสียงในการนำเสนอเหมาะสม	4.66	0.62	ดีมาก
สามารถใช้งานระบบได้ทุกระบบปฏิบัติการ	4.80	0.55	ดีมาก
คุณภาพของวิดีโอที่แสดงบนระบบ	4.72	0.53	ดีมาก
รวมด้านที่ 2	4.76	0.06	ดีมาก
รวมทั้ง 2 ด้าน	4.69	0.01	ดีมาก

โดยผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินเชิงคุณภาพ และระดับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ระดับความพึงพอใจ ดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ระดับความพึงพอใจ ดี

คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.50 ระดับความพึงพอใจ พอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 ระดับความพึงพอใจ น้อย

จากแบบประเมินผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) [9] โดยใช้สูตรดังนี้

การหาคะแนนรวมของแต่ละข้อย่อยได้จากสมการที่ (1)

$$\sum_{i=1}^{ns} \frac{x_i}{ns} \quad (1)$$

เมื่อ ns แทน จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

x_i แทน คะแนนความพึงพอใจรวมที่ได้จากผู้ประเมินทั้งหมดในแต่ละข้อย่อย

การหาคะแนนรวมของแต่ละข้อย่อยได้จากสมการที่ (2)

$$\sum_{i=1}^m \frac{ns \times n}{x_i} \quad (2)$$

เมื่อ m แทน จำนวนข้อย่อยในแต่ละด้าน

x_i แทน คะแนนความพึงพอใจรวมทั้งหมดของข้อย่อยในแต่ละด้าน

การหาคะแนนรวมของแต่ละข้อย่อยได้จากสมการที่ (3)

$$\sum_{i=1}^n \frac{ns \times m_{all}}{x_i} \quad (3)$$

เมื่อ n แทน จำนวนด้านที่ประเมิน

x_i แทน คะแนนความพึงพอใจรวมทุกด้านในแบบประเมิน

m_{all} แทน จำนวนข้อย่อยทั้งหมด

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากสมการที่ (4)

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

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum (x - \bar{x})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนข้อย่อยทั้งหมด

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

หลังจากประเมินผลความพึงพอใจของโครงการวิจัย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ดีมาก สอดคล้อง กับงานวิจัยหัวข้อโครงการวิจัย การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสามมิติเชิงแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ ฟาร์มเกษตร ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน ซึ่งได้นำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาประยุกต์ใช้แนะนำผลิตภัณฑ์ฟาร์มเกษตรในรูปแบบจำลองสามมิติเชิงโต้ตอบ โดยใช้หลักการออกแบบและการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือน 3 มิติ เพื่อประชาสัมพันธ์แหล่งเรียนรู้ทางการเกษตร และมีผลการประเมินสื่ออยู่ในระดับดีมาก จากกลุ่มเป้าหมายที่กำหนดจำนวน 10 คน [10] ซึ่งหลังจากได้รวบรวมผลการประเมินระบบจากกลุ่มเป้าหมายแล้วนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 50 คน ที่เป็นผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของกลุ่มฯ นำมาปรับปรุงและแก้ไขระบบให้ดียิ่งขึ้นก่อนจะส่งมอบสื่อ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งในการพัฒนาโครงการวิจัย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลคีรีราษฎร์ อำเภอบพพระ จังหวัดตาก ควรมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับบริบทของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผลิตภัณฑ์ และควรนำเทคโนโลยีที่ทันสมัย และเป็นที่ยอมรับอยู่ใน ปัจจุบันมาใช้ เช่น การใช้ระบบสภาพแวดล้อมเสมือน (Virtual Reality: VR) และระบบวัตถุเสมือนจริง (Augmented Reality: AR) เป็นต้น เพื่อเพิ่มความน่าสนใจ และดึงดูดลูกค้าให้กลับมาใช้บริหาร หรือซื้อสินค้าซ้ำอีกต่อไปในอนาคต

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่มอบทุนสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการโครงการงานวิจัยดังกล่าว และขอขอบคุณหน่วยงาน องค์การทั้งภาครัฐ และภาคเอกชนรวมทั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผ้าทอยกัญชงตำบลศรีราษฎร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตากที่ให้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชง ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล. โครงการรายงานการศึกษาเรื่องการยกระดับและพัฒนาสินค้าประเภทวัสดุและบรรจุภัณฑ์จากวัสดุไทย. ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556
- [2] นิตศักดิ์ เจริญรูป. “การประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสริมเพื่อนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว : กรณีศึกษาวัดพระแก้ว จังหวัดเชียงราย”. วารสารวิทยาการจัดการสมัยใหม่, 2560, 10(1) หน้า 13-30
- [3] กรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม. โยกัญชง มหัศจรรย์เส้นใยแห่งสายวัฒนธรรมชาวเขาเผ่าม้ง. วารสารวัฒนธรรม, 2562, 58(1) หน้า 112-117
- [4] ปาริชาติ พจนศิลป์. “เฮมพ์ หรือกัญชง” พืชเส้นใยคุณภาพ ต่อยอดสู่พืชเศรษฐกิจ กลุ่มวิชาการ สถาบันวิจัยพืชสวน. 2560. สืบค้นจาก <http://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2019/01pdf>.
- [5] จินตนา ดาวใส. การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสามมิติเชิงแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ฟาร์มเกษตรด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2561
- [6] ประเวศน์ มหารัตน์สกุล. หลักการและวิธีการเขียนงานวิจัย วิทยานิพนธ์ สารนิพนธ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ปัญญาชน, 2557
- [7] Kelly Murdock. Autodesk Maya 2020 Basics Guide. United States of America: SDC Publications, 2020
- [8] บดินทร์ พรวิลาวัลย์. สถิติเบื้องต้น เรียนพื้นฐานได้ง่ายๆ ด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2559
- [9] กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2560
- [10] จินตนา ดาวใส. การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสามมิติเชิงแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ ฟาร์มเกษตร ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2561

การศึกษาสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

STUDY OF THERMAL PROPERTISE OF BRIQUETTE CHARCOAL FROM MOTHONG
DURIAN SHELLคมสัน มุ่ยสี^{1,*} และ กฤษณะ จันทสิทธิ์²Komsan Muisee¹ and Krisana Janthasit²^{*1} สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี² สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี

* E-mail: Komsanmuisee@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความสามารถในการนำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนในรูปของถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ขึ้นรูปถ่านด้วยวิธีอัดเย็น ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนถ่านเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองกับแป้งมันสำปะหลังที่ 97:3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่ออบแห้งแล้วเป็นไปตามคุณลักษณะทั่วไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จากการทดสอบพบว่าค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 5.60 โดยน้ำหนัก ค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 6.4 โดยน้ำหนัก และค่าความร้อน 5,735 แคลอรีต่อกรัม เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดค่าปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ค่าปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม จากผลการศึกษาพบว่าสามารถนำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ประโยชน์ให้พลังงานความร้อนได้

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียน ค่าความร้อน

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันแก้ไขบทความ 29 กรกฎาคม 2564

วันตอบรับบทความ 13 สิงหาคม 2564

ABSTRACT

This research studied the ability of using Monthong durian shell as a fuel for heat energy in the form of briquette charcoal by using tapioca starch as a binder. Extrusion by cold compression the results showed that the charcoal ratio from Monthong durian shell and tapioca starch was 97:3 by weight, after drying, met the general characteristics of the community product standard. From the test, it was found that the moisture content of 5.60% by weight, ash content 6.4% by weight, the heat value of 5,735 calories per gram. Which according to the community product standard, the moisture content is not more than 8% by weight, the ash content is not more than 8% by weight, the heat value is not less than 5,000 calories per gram. From the results of the study, it was found that Monthong durian shell could be used to produce charcoal briquettes for use in heating energy.

Keywords: briquette charcoal, Durian Shell, heat energy

1. บทนำ

ทุเรียนพันธุ์หมอนทองเป็นพืชเศรษฐกิจตัวหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับจังหวัดจันทบุรี เปลือกทุเรียนเป็นชิ้นส่วนที่เหลือจากการทำประโยชน์ซึ่งจะถูกทิ้งกองเหมือนขยะ ปริมาณผลผลิตของทุเรียนในจังหวัดจันทบุรีจะเริ่มออกสู่ตลาดตั้งแต่ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคมโดยผลผลิตจะออกสู่ตลาดมากในเดือนพฤษภาคม สถานการณ์การผลิตทุเรียนของ 3 จังหวัด (ตราดจันทบุรีและระยอง) ภาควะวันออกปี 2559 มีเนื้อที่ยืนต้นจำนวน 288,783 ไร่เพิ่มขึ้นจากปี 2558 จำนวน 2,539 ไร่คิดเป็นร้อยละ 0.89 เนื้อที่ให้ผลจำนวน 259,543 ไร่ลดลงจำนวน 3,026 ไร่คิดเป็นร้อยละ 1.15 และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 1,353 กิโลกรัมเพิ่มขึ้น 121 กิโลกรัมคิดเป็นร้อยละ 9.82 ทำให้มีปริมาณผลผลิตโดยรวม 351,289 ตันเพิ่มขึ้นจำนวน 27,916 ตันคิดเป็นร้อยละ 8.63 พ.ศ. 2559 ผลทุเรียนที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานสำหรับส่งต่างประเทศจะถูกนำไปแปรรูป ประเทศไทยผลิตทุเรียนกวนปริมาณ 2,700 ตันคิดเป็นมูลค่า 165 ล้านบาทราคาส่งออกจำนวน 61,000 บาทต่อตันและผลิตทุเรียนอบแห้งปริมาณ 500 ตันปริมาณการผลิตลดลงจากปีที่แล้วเป็นมูลค่าการส่งออกจำนวน 165 ล้านบาทสูงกว่าทุกปีที่ผ่านมาส่วนราคาส่งออกเป็นเงิน 330,000 บาทต่อตัน[1] จะเห็นได้ว่าการผลิตทุเรียนแปรรูปเป็นจำนวนมากสิ่งที่เหลือจากการแปรรูปก็คือเปลือกและเมล็ดที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ประกอบกับปัจจุบันเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารมีแนวโน้มราคาเพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา อาทิแก๊สหุงต้ม หรือแม้กระทั่งถ่านไม้จากธรรมชาติ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่เหลือจากการแปรรูปมาผลิตให้อยู่ในรูปแบบของถ่านอัดแท่งสามารถให้ความร้อนทดแทนถ่านไม้ได้ เป็นทางเลือกหนึ่งในการทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เช่น ชานอ้อย กะลามะพร้าว[2] กากกาแฟและกากชา[3] เปลือกสับปะรด[4] ต้นข้าวโพดและขี้เลื่อยไม้มะขาม

[5] มีการนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับแ่งมันสำปะหลังแล้วอัดเป็นแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น ค่าความร้อนที่ได้จากเปลือกทุเรียนที่ใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนสูงที่สุด 4,348 แคลลอรี่ต่อกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากฟืนไม้ เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ[6] จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนการผลิตถ่านอัดแท่ง พบว่าลงทุนปัจจัยกระบวนการผลิตจำนวน 125,000 บาท สามารถคืนทุนได้ใน 46 วันเมื่อเปรียบเทียบกับกำไรที่ได้จำนวน 2723.80 บาทต่อวันซึ่งเห็นได้ว่าการทำอาชีพผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนขายเป็นอาชีพที่สามารถทำกำไรได้ดีให้กับเกษตรกรในอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี[7] จากการทดลองผลผลิตที่ได้รับจากเปลือกทุเรียนพบว่า การเผาในเตาเผาถ่านดินให้ถ่านเฉลี่ยร้อยละ 2.47 การเผาในตู้อบลมร้อนไฟฟ้าเมื่อหันเปลือกทุเรียนเป็นขึ้นให้ถ่านร้อยละ 10.03 ถึงร้อยละ 11.59 เปลือกทุเรียนอัดแบบก่อนกลมผสมซีลี้อยู่ในระดับ 0, 20 และ 40 ให้ถ่านร้อยละ 12.81, 11.48 และ 15.54 ตามลำดับ การแปรรูปเปลือกทุเรียนเป็นผลิตภัณฑ์ถ่านควรลดความชื้นก่อนนำเข้าเผาจะทำให้ลดต้นทุนการผลิต[8]

3. วิธีการวิจัย

แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และขั้นตอนการอัดถ่านแท่ง โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

1.1 นำเปลือกทุเรียนที่สดทำความสะอาดเอาเนื้อทุเรียนออกให้หมด และนำไปตากแห้งประมาณ 7-14 วัน เพื่อลดปริมาณความชื้นในเปลือกทุเรียน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตากแห้งเปลือกทุเรียน

1.2 นำเปลือกทุเรียนแห้งเผาให้เป็นถ่านใช้เวลา 3 ชั่วโมง จะได้ถ่านเปลือกทุเรียนมีลักษณะสีดำล้วนแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ถ่านเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

1.3 นำถ่านเปลือกทุเรียนไปย่อยด้วยเครื่องกวนให้มีขนาดเล็กลงจนละเอียดเป็นผง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผงถ่านเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

2. ขั้นตอนการอัดถ่านแท่ง

2.1 นำผงถ่านเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง 5 กิโลกรัม ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลัง 3-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก น้ำ 5 ลิตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน

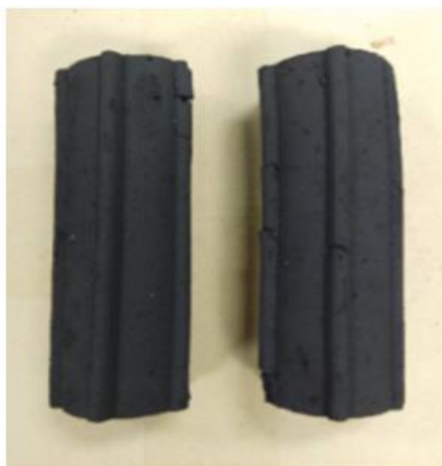
2.2 นำไปเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยวิธีอัดเย็น

2.3 ตัดถ่านแท่งให้ได้ขนาด 10 เซนติเมตร แล้วนำไปอบเพื่อไล่ความชื้น โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง [9] แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การอบถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

จากการศึกษาพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีผลโดยตรงทำให้เกิดปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ปริมาณความร้อนลดลง[4] การใช้แป้งมันสำปะหลังจึงควรใช้ให้น้อยที่สุด จากการทดลองขึ้นรูปถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังอย่างน้อย 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ถ่านอัดแท่งยังคงขึ้นรูปอยู่ได้ไม่เกิดการร่วนซุยของตัวถ่าน แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่ง

- 3.1 ค่าความร้อน ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM D3286
- 3.2 ปริมาณความชื้นทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173
- 3.3 ปริมาณเถ้า (ash content) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาค่าปริมาณความชื้น

จากการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่ามีค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยที่ 5.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 8 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

อัตราส่วน	ค่าปริมาณความชื้น (%)	ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ย(%)
97:3(1)	5.46	5.60
97:3(2)	5.75	
97:3(3)	5.58	

ผลการศึกษาค่าปริมาณเถ้า

จากการทดสอบหาค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่ามีปริมาณเถ้าเฉลี่ยที่ 6.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 8 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

อัตราส่วน	ค่าปริมาณเถ้า (%)	ค่าปริมาณเถ้าเฉลี่ย(%)
97:3(1)	6.3	6.4
97:3(2)	6.4	
97:3(3)	6.6	

ผลการศึกษาค่าความร้อน

จากการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่าได้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่ 5,735 แคลอรีต่อกรัมโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มีคุณสมบัติสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงในรูปแบบถ่านอัดแท่งได้

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

อัตราส่วน	ค่าความร้อน (Cal/g)	ค่าความร้อนเฉลี่ย (Cal/g)
97:3 (1)	5,760	5,735
97:3 (2)	5,732	
97:3 (3)	5,714	

จากผลการทดลองนำมาเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองกับถ่านอัดแท่งชนิดอื่น แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าความร้อนถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองกับถ่านอัดแท่งชนิดต่างๆ

ชนิดถ่านอัดแท่ง	ค่าความร้อน (Cal/g)
ถ่านอัดแท่งเปลือกสับปะรด	5,241
ถ่านอัดแท่งเห้จ้ำมันสำประหลัง	4,307
ถ่านอัดแท่งเปลือกกล้วย	5,028
ถ่านอัดแท่งเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ	5,493
ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง	5,735

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

จากการศึกษาการผสมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง ทรงกระบอกมีครึ่งด้านข้าง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางรูด้านใน 1 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตร อบลดความชื้นที่อุณหภูมิในการอบ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ถ่านอัดแท่ง ยังคงรูปอยู่ตัวไม่ร่วนซุย เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกันตลอดทั้งแท่ง มีสีดำ สม่ำเสมอ ไม่เปราะแตกหักง่าย ขณะติดไฟไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงพบว่าค่า ปริมาณความร้อน ค่าความเป็นกรด และค่าความร้อน เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.๒๓๘/๒๕๔๗)

ผลการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน พิจารณาด้านทุนคงที่เครื่องย่อยถ่านและเครื่องอัดถ่าน และต้นทุนแปรผันซึ่งมีหลายตัวแปร ประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง ถูพลาสติกใส่ถ่าน ฉลากสินค้า แรงงานในการผลิต พลังงานไฟฟ้า รวมต้นทุนแปรผันคิดเป็นเงิน 5.89 บาทต่อกิโลกรัม ต่อการผลิต 300 กิโลกรัม

คำขอบคุณ

การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณะผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร, 2562. สืบค้นจาก <http://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดทุเรียน/TH-TH>
- [2] วัฒนะจิระ ลดาวัลย์, ลาปิ่น ณรงค์ศักดิ์, ชัชวาลย์ วิภาวดี . et al. การพัฒนาก่อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษ พางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2016, 39(2), หน้า 239-255.
- [3] นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล, พัชรี ปรีดาสุริยะชัย. การศึกษากากกาแฟและกากชามาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 2558, ๑7(13), หน้า 15-26.
- [4] จิตพร เจาจะจง, และโชติกา ยอดบุษดี. การใช้ประโยชน์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci, 2561, 19(2), หน้า 280-286.
- [5] สุภาพร นางแย้ม, เสาวลักษณ์ ลำบอง, วราภรณ์ จังธนสมบัติ, กาญจนา อัจฉริยะจิต. ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากต้นข้าวโพดและขี้เลื่อยไม้มะขามโดยใช้กากแบ่งเปียกเป็นตัวประสาน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี, 2560, 6(1), หน้า 85-94.
- [6] อัจฉรา อัครจุฑิกลชัย, ชลันดา เสมสายัณห์, นัฐพร ประภักดิ์, ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ, และ นิภาวรรณ ชูชาติ. การนำเปลือกทุเรียน และ เปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูป เชื้อเพลิงอัดแท่ง การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, 2554, หน้า 162-168.

- [7] วิลาสินี หอมระรื่น, วิสาชา ภูจินดา. แนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดเป็นเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งและปุ๋ย : กรณีศึกษาอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี วารสารดุสิตบัณฑิตทางสังคมศาสตร์, 2562, 9(2), หน้า 452-466.
- [8] วรวรรณ สังก้าว, การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะคุณภาพต้นทุนการผลิตและความคิดเห็นของผู้ใช้ถ่านที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนและเปลือกทุเรียนผสมผงถ่าน. เล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา ม.ราชภัฏรำไพพรรณี, 2551.
- [9] สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และสิงห์แก้ว ป็อกเท็ง, การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนถ่านจากไม้. เล่มโครงการวิจัยเทคโนโลยีทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครวิทยาเขตพระนครเหนือ, 2549.

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม
เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITY PACKAGE USING GROUP PROCESS TO
PROMOTING BASIC SCIENCE PROCESS SKILLS FOR PRATHOMSUKSA 4

อมรรัตน์ วิริขิตกุล^{*1} เบญจพร สว่างศรี²

Amornrat Wirikhitkul^{*1} Benchaporn Sawangsri²

^{*1}หลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาชีพครู มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

³คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*E-mail: amwiri9@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพ 80/80 2) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม และ 4) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดคูเมือง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.33/82.93 2) นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.16, S.D. = 0.64) 3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 2.90, S.D. = 0.18)

วันที่รับบทความ 15 มกราคม 2564

วันแก้ไขบทความ 31 กรกฎาคม 2564

วันตอบรับบทความ 13 สิงหาคม 2564

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้, กระบวนการกลุ่ม, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to develop learning activity packages using group process to promoting basic science process skills to meet the hypothetical criterion of 80/80. 2) study basic science process skills for prathomsuksa 4 with learning activity package using group process. 3) study the learning achievement before and after learning activity packages using group process with 75 percent threshold and 4) study investigate satisfaction to learning activity packages using group process of prathomsuksa 4. The research sample is prathomsuksa 4

students of Watkoomuang School studying in the semester first of the 2020 academic year. The research instruments are learning activity packages, basic science process skills assessment forms, a learning assessment forms and satisfaction assessment forms. The data were analyzed by using percentage, mean, standard deviation and t-test dependent.

The research resulted that 1) the learning activity packages using group process for prathomsuksa 4 have efficiency value was 84.33/82.93, 2) the basic science process skills after learning of the students in a good respectively ($\bar{X} = 4.16$, S.D. = 0.64), 3) the achievement of students were significantly after learning higher than before learning at .05 level and 4) students were satisfaction with learning activity packages using group process was in a high level ($\bar{X} = 2.90$, S.D. = 0.18).

Keywords: learning activity packages, group process, basic science process skills

1. บทนำ

วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นวิชาที่สำคัญมากวิชาหนึ่ง เนื่องจากในปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีต่างๆที่มีในปัจจุบันนั้นเป็นผลมาจากการพัฒนาของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงจำเป็นอย่างมากต่อการเตรียมความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงไปของอนาคต ซึ่งโดยปกติแล้ววิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นวิชาพื้นฐานในการให้การศึกษาแก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยการจัดการเรียนการสอนมีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิด ซึ่งทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ให้กับตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) [1] และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในชีวิตประจำวันหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้

การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็น และทักษะการ

พยากรณ์ (สมาคมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา American Association for the Advancement of Science-AAAS, 1970) [2] เพื่อค้นคว้าหาความรู้และแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งการส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานจึงมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่คุณครูให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22) [3] ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกลุ่มในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของผู้เรียน

การทำงานเป็นกลุ่มหรือกระบวนการกลุ่ม เป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเน้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือเรียกว่าการมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งผู้เรียนจะมีจุดประสงค์ในการทำกิจกรรมร่วมกัน การทำงานแบบกระบวนการกลุ่มจะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เนื่องจากผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะต่างๆ จากการทำงานแบบกระบวนการกลุ่มและเรียนรู้ทักษะต่างๆจากเพื่อนในกลุ่ม เนื่องจากผู้เรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ทำให้เกิดการทำงานแบบกระบวนการกลุ่มที่ผู้เรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์ตามที่ต้องการ (เขมวันต์ กระด้าง, 2554) [4] การทำงานแบบกระบวนการกลุ่มทำให้ผู้เรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีการพัฒนา ซึ่งการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม ทำให้สมาชิกภายในกลุ่มมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา มีความเป็นหนึ่งเดียวกัน มีความไว้วางใจกันภายในกลุ่ม มีบรรยากาศที่ดี เป็นต้น ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถบรรลุเป้าหมายที่ผู้เรียนตั้งไว้ (ปวีณา งามประภาสม, 2555) [5]

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่มีความเหมาะสมที่จะจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ที่มีประสิทธิภาพ การจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะทำให้คุณครูสามารถสอนบทเรียนที่มีความซับซ้อนให้ผู้เรียนเข้าใจมากขึ้น อีกทั้งเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเกิดการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองหรือการศึกษาค้นคว้าแบบเป็นกลุ่ม ซึ่งเป็นการเรียนรู้อย่างมีลำดับขั้นตอน โดยมีคุณครูคอยแนะนำช่วยเหลือช่วยให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (อริยาภรณ์ ขุนปักซี่, 2561) [6]

ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึงนำปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งก็คือ นักเรียนบางคนยังขาดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม ไม่สามารถเรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่มได้ และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานน้อยหรือไม่สามารถใช้ทักษะได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานจำเป็นอย่างมากต่อการค้นคว้า การแสวงหาความรู้ และการแก้ไขปัญหา อย่างเป็นระบบ ดังนั้นถ้านักเรียนไม่มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน อาจจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้จัดทำวิจัยในชั้นเรียนนี้ขึ้นเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ที่เป็นทักษะที่สำคัญอย่างยิ่งในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้จัดทำวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่มควบคู่ไปด้วย ผู้วิจัยที่เป็นครูผู้สอนเล็งเห็นถึงความสำคัญของผู้เรียน จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยในชั้นเรียนเรื่องนี้จะประโยชน์อย่างมากในการศึกษาต่อไป

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อริยาภรณ์ ขุนปักษ์ (2561) ชุดกิจกรรม หมายถึง นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อใช้ประกอบในการจัดการเรียนการสอนโดยให้มีเนื้อหาสอดคล้องกับสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ ซึ่งครูผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นโดยการวางแผนกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและปฏิบัติกิจกรรม เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จ [6]

สุพจน์ วิจิตรเวชการ (2560) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม มีดังนี้ 1. การเรียนรู้เกิดจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย การเรียนรู้ที่เกิดจากการบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาพฤติกรรมได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาพฤติกรรมของผู้เรียนโดยใช้กระบวนการกลุ่มนั้นจะเป็นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ศักยภาพของแต่ละคนทั้งในด้านความคิด การกระทำ ความรู้สึก การแลกเปลี่ยนความคิด และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน 2. การเรียนรู้จากกระบวนการกลุ่มที่สร้างสรรค์จะทำให้บรรยากาศในการทำงานกลุ่มของผู้เรียนมีอิสระในการแสดงความรู้สึกรู้สึกนึกคิด นักเรียนมีบทบาทในการรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีชีวิตชีวาและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน 3. การเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่มทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง การเรียนรู้ด้วยการทำกิจกรรมด้วยตนเองจะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสรู้เนื้อหาวิชาจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเป็นอย่างดี เข้าใจอย่างลึกซึ้ง และจดจำได้ดี ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนเจตคติและพฤติกรรมของตนเองได้ รวมทั้งสามารถนำไปสู่การพัฒนาบุคลิกภาพในทุกๆด้านของผู้เรียนได้ 4. การเรียนรู้ โดยกระบวนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือที่จำเป็นอย่างมากในการแสวงหาความรู้ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตทุกๆด้านของผู้เรียน ดังนั้นถ้าผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีขั้นตอนก็จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้และการแสวงหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

ธนพรณ์ ก้องเสียง (2558) สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล และการพยากรณ์ [8]

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (2562) สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกยอมรับ ความพอใจ เจตคติที่ดี ของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเมื่อได้รับการตอบสนองตามที่ตนเองต้องการ [9]

สงกรานต์ โฉมวิไล, กันยารัตน์ สอนสุภาพ และคงวิทย์ ประสิทธิ์นอก (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 50 คน จำนวน 2 ห้องเรียนห้องเรียนละ 25 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มผลการวิจัยปรากฏว่า 1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอนและแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีค่าเท่ากับ 82.89/86.93 และ 81.26/80.80 2) ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน และแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีค่าเท่ากับ 0.7963 และ 0.6956 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะ

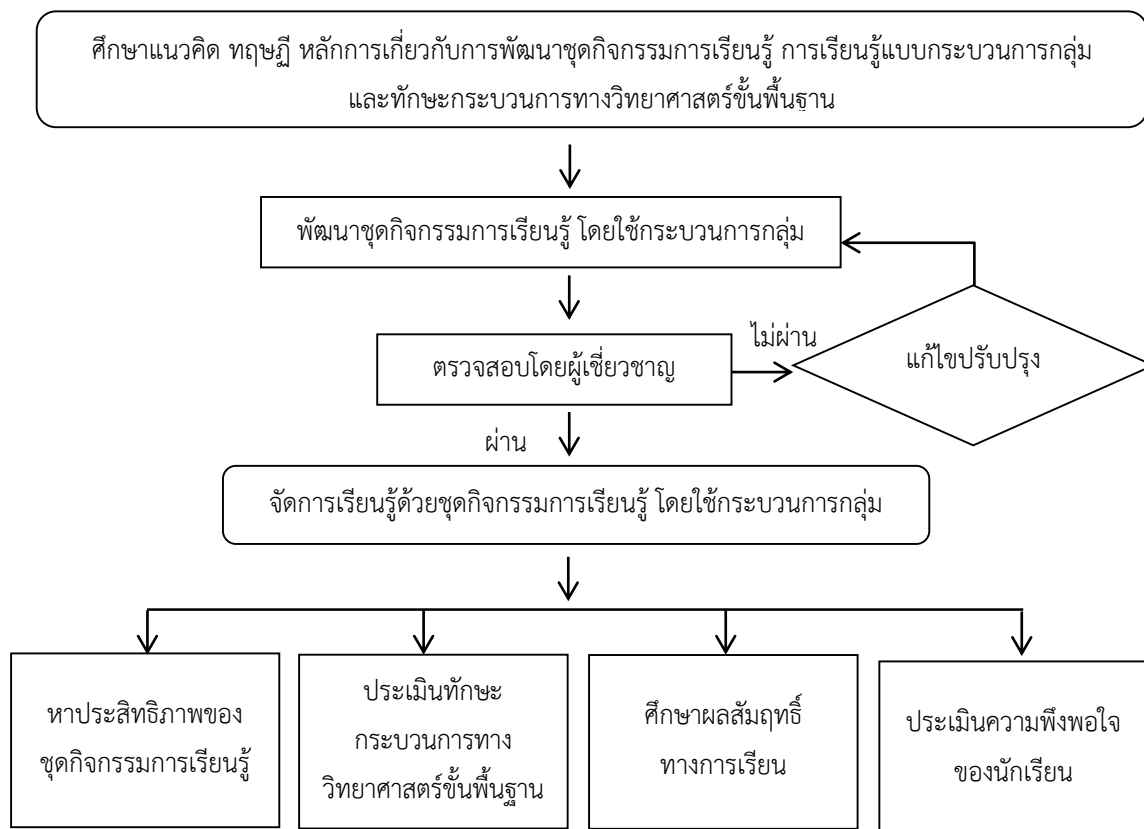
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 [10]

ภารดี กล่อมดี (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดแบบฝึกทักษะร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จำนวน 20 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ผลการวิจัยพบว่า การใช้ชุดแบบฝึกทักษะร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถนำมาใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้ และการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนโดยใช้ชุดแบบฝึกทักษะร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้ชุดแบบฝึกอยู่ในระดับมาก [11]

อริยาภรณ์ ขุนปักษ์ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 35 คน โดยการเลือกตัวอย่างแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 80/80, นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้ชุดกิจกรรม และการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD และเทคนิค TGT มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD และเทคนิค TGT อยู่ในระดับมากที่สุด [6]

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม โดยมีวิธีการวิจัยดังแผนผังต่อไปนี้



เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

2.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พืช แบ่งออกเป็น

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช ชุดที่ 1
2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช ชุดที่ 2
3. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช ชุดที่ 3

โดยชุดกิจกรรมทั้ง 3 ชุดประกอบด้วยกิจกรรม ใบความรู้ และใบงานเรื่องพืช กิจกรรมการทดลองเรื่องพืช และกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม ซึ่งชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 ชุดผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 1.00 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกข้อ

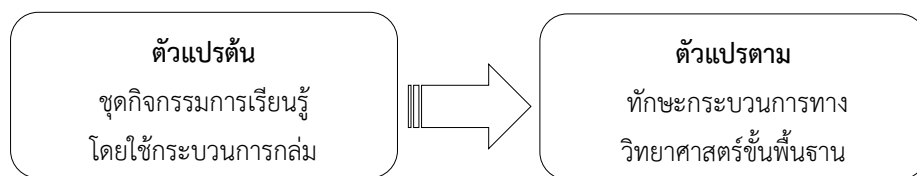
2.2 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะการพยากรณ์ ทำการประเมินผู้เรียนทั้ง 8 ทักษะ รวมทั้งหมด 8 ข้อ โดยการใช้การสังเกตและบันทึกผลลงในแบบประเมินซึ่งครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมิน ซึ่งแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 1.00 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกข้อ

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก แบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 30 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 30 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 1.00 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกข้อ นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม TAP (Test Analysis Program) ซึ่งค่าความยากง่ายของแบบทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 - 1.00 และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) ของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.73

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มี 2 ด้าน จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบประเมิน 3 ระดับ ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 1.00 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกข้อ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดคูเมือง ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 8 คน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยเป็นวิจัยเชิงทดลอง โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ผู้วิจัยได้ปฐมนิเทศนักเรียนเพื่อชี้แจงเกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ก่อนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดที่ 1, ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม
2. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมด 3 ชุด ใช้เวลาในการดำเนินการทั้งหมด 6 ชั่วโมง และระหว่างที่นักเรียนเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของผู้เรียน และบันทึกผลการประเมินเป็นรายบุคคล
3. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน เพียงสลับข้อคำถามเท่านั้น
4. ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. หาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการรวบรวมคะแนนจากการทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช
2. ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75
3. วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยหาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ดำเนินการหาผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
4. ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

4. ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพ 80/80
2. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

การจัดการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดที่ 1	20	17	1.07	
ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75	40	33.26	5.14	ดี

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช ชุดที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเท่ากับ 33.26 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.15 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนดไว้สำหรับการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พืช โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	แปลผล
การจัดการเรียนรู้ (ระหว่างเรียน: E_1)	60	50.26	84.33	ผ่านเกณฑ์
แบบทดสอบหลังเรียน (E_2)	30	24.88	82.93	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 84.33/82.65 ดังนั้นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ผู้วิจัยสามารถนำมาใช้และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนต่อไปได้

3. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	8	30	21.63	1.51	6.74*
แบบทดสอบหลังเรียน	8	30	24.88	1.07	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 แสดงคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น

4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

ข้อคำถาม	N	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านเนื้อหา				
1. เนื้อหาอ่านแล้วเข้าใจง่าย	8	2.75	0.46	มาก
2. เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	8	3.00	0.00	มาก
3. เนื้อหามีคำชี้แจงชัดเจน	8	3.00	0.00	มาก
4. เนื้อหามีความหลากหลาย	8	3.00	0.00	มาก
5. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	8	2.75	0.46	มาก
สื่อใบความรู้และใบงานกิจกรรม				
1. ใบงานกิจกรรมมีความเหมาะสม	8	3.00	0.00	มาก
2. กิจกรรมมีลำดับขั้นตอนอย่างถูกต้อง	8	2.88	0.35	มาก
3. กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	8	2.63	0.52	มาก
4. กิจกรรมมีความหลากหลาย	8	3.00	0.00	มาก
5. กิจกรรมส่งเสริมการทำงานกลุ่ม	8	3.00	0.00	มาก
รวมเฉลี่ย	8	2.90	0.18	มาก

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เนื่องจากคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับมาก

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

1. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 84.33/82.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับอริยาภรณ์ ขุนปักษี (2561) ที่กล่าวว่า ชุดกิจกรรม เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อใช้ประกอบในการสอนโดยให้มีเนื้อหาสอดคล้องกับสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ ซึ่งครูผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นโดยการวางแผน กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและปฏิบัติกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนก็จะประสบความสำเร็จตามที่คาดหวังไว้ [6] ซึ่งผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนายังสอดคล้องกับสงกรานต์ โฉมวิไล, กันยารัตน์ สอนสุภาพ และคงวิทย์ ประสิทธิ์นอก (2558) ที่ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลปรากฏว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น และแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีค่าเท่ากับ 82.89/86.93 และ 81.26/80.80 [10] และสอดคล้องกับสุริธิดา ล้านสา และศิริวรรณ วณิชพัฒน์ (2559) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีค่าประสิทธิภาพ 81.40/85.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ [12]

2. การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับดี ซึ่งนักเรียนได้มีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานทั้ง 8 ทักษะ ตามที่ ธนพรณ์ ก้องเสียง (2558) ได้สรุปไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล และการพยากรณ์ ทั้งนี้เมื่อผู้วิจัยได้ทำการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะทั้ง 8 ทักษะอยู่ในระดับดี [8] ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของ ผ่องศรี เครือกลัด, สุธี พรหมหาญ และอุษา คงทอง (2558) เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่อง แรงและความดันของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี ที่ผลการวิจัยพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสูงขึ้น [13] และสอดคล้องกับ พรหมนิภา ทับทิมเมือง และอัญชลี ทองเอน (2560) การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและพลังงาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี

ที่ 4 นักเรียนมีทักษะกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ดีจำนวน 40 คน คิด เป็นร้อยละ 90.90 และดีมาก จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09 [14]

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมากขึ้น สอดคล้องกับธนพร บัวฉวน (2558) ได้พัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่อง วัสดุรอบตัวเรา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนโดยใช้ แบบฝึกเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่อง วัสดุรอบตัวเรา กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 [15] และสอดคล้องกับชุดมา เจริญผล (2560) ได้พัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดการสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 [16]

4. การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพึงพอใจและให้ความร่วมมือในการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ตามที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (2562) สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกยอมรับ ความพอใจ เจตคติที่ดี ของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเมื่อได้รับการตอบสนองตามที่ตนเองต้องการ [3] ซึ่งสอดคล้องกับอนันต์ ช่างต่อ (2559) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมวิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสตรีอ่างทอง พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดกับ STAD และเทคนิค TGT อยู่ในระดับมากที่สุด [17] และสอดคล้องกับอริยาภรณ์ ขุนปักษี (2561) [6] ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์ โดย การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

การนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้นั้นครูผู้สอนจะต้องศึกษาขั้นตอนในการใช้ให้เข้าใจก่อนที่จะนำไปใช้ และควรมีการวางแผนไว้ล่วงหน้าเพื่อที่จะได้ดำเนินกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง และควรเตรียมความพร้อมของชุดกิจกรรมก่อนการจัดการเรียนการสอน เพราะถ้ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจะได้แก้ไขได้อย่างถูกต้อง

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป

ควรปรับปรุงเนื้อหาให้มีความถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้บางชุดยังมีคำถามที่ใช้ถามไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนไม่สามารถทำกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, 2552.
- [2] สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. บทความวิชาการก้าวทันโลก วิทยาศาสตร์ปีที่ 8(2), 2551, หน้า 29-32.
- [3] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545, 2547.
- [4] เขมวันต์ กระดังงา. ผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการกลุ่มร่วมกับเว็บสนับสนุนการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม วิชาการพัฒนาเว็บไซต์เบื้องต้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2554, หน้า 18.
- [5] ปวีณา งามประภาสม. การเพิ่มศักยภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกระบวนการกลุ่ม. วารสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 2555, หน้า 61.
- [6] อริยาภรณ์ ขุนปักชี. การพัฒนาชุดกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์หลักสูตร, 2561.
- [7] สุพจน์ วิจิตรเวชการ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา การใช้โปรแกรมสำนักงานขั้นสูง ระหว่างการเรียนการสอนแบบครูเป็นศูนย์กลางกับการเรียนการสอนด้วยเทคนิคกระบวนการกลุ่มแบบเพื่อนเป็นครูสอนเพื่อน ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาการจัดการธุรกิจค้าปลีก วิทยาลัยเทคโนโลยีปัญญาภิวัฒน์. วิจัยในชั้นเรียน, 2560.
- [8] ธนภรณ์ ก้องเสียง. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ เสริมการเรียนรู้ : กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทย์วิทยา รามอินทรา. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558, หน้า 40.
- [9] สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. ความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตต่อการปฏิบัติงานและ คุณลักษณะของบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เล่มปี พ.ศ. 2562. รายงาน การวิจัย, 2562, หน้า 7.
- [10] สงกรานต์ โฉมวิไล, กันยารัตน์ สอนสุภาพ, คงวิทย์ ประสิทธิ์นอก. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 2558, บทความย่อ.
- [11] ภารดี กล่อมดี. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดแบบฝึกทักษะร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5E), 2561. สืบค้นจาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/download/120921/97531/>

- [12] สุวธิดา ล้านสา, ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริม ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 2559, บทคัดย่อ.
- [13] ผ่องศรี เครือกลัด, สุธี พรรณหาญ, อุษา คงทอง. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่อง แรงและความดันของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผสมผสานกับผังมโนทัศน์รูปตัววี. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2, 2558, บทคัดย่อ.
- [14] พรรณนิภา ทับทิมเมือง, อัญชลี ทองแถม. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การทดลองทางวิทยาศาสตร์, 2560, บทคัดย่อ.
- [15] กัณณพัชร บัวฉุน. การพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เรื่อง วัสดุรอบตัวเรา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558, บทคัดย่อ.
- [16] ชุติมา เจริญผล. การพัฒนาชุดการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์, 2560, บทคัดย่อ.
- [17] อนันต์ ช้างต่อ. การศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมวิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสตรีอ่างทอง, 2559, บทคัดย่อ.