

The Journal of Industrial Technology

Suan Sunandha Rajabhat University

Volume 6 / Number 2 / July - December 2018

ISSN 2351-0811

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2561)

Keywords

- Efficiency development, Local fabric, Production process Improvement, Spinning wheel
- Reduction In The Loss, Rubber Latex Process, Flow Process Chart
- Digital Circuits Learning Media, Android Application, Digital Simulator
- Factor, Analytic Hierarchy Process, Multiple Linear Regression, Product Design
- Spatial Rainfall Estimation, Dual Polarization Radar, Interpolation Methods
- Pulmonary Function, Bus Driver
- Dust Stone, Roller Compacted Concrete, Concrete Pipe
- Vapor Absorber, Coconut Shell, Palm Shell
- Rotary Dryer, Parametric Sensitivity Analysis, Heat and Mass Transfer
- Research, Technology Management, Industrial

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณภาพด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี
2. เพื่อเป็นช่องทางในการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ฤเดช เกิดวิชัย	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลัง วงษ์ธนสุภรณ์	คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิบูล ไวจิตรกรรม	รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ
--	-----------------------------------

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรภวิชัย บุญศรีเมือง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
--	-----------------------------

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.สุชปา เนตรประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา หาญสืบสาย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย ใจกล้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจนา จันทราสา	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นารีนารถ รักสุนทร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ดร.ชนมภัทร ไตรระสะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คณะกรรมการประเมินบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.มานิช สรรพกิจทิพากร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัฐไชย์ สีนางวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เนียมมาศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รองศาสตราจารย์ ดร.อุทัย ผ่องรัศมี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ เพ็ชรประยูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ สอนสุวิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย ชูศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎางค์ ศุภระมูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์	มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กองการจัดการ

นางสาวรฤทัย หาญโชติพันธ์

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – มิถุนายน) และ ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม)

เจ้าของวารสาร

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สำนักงาน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทงนอก เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 22 โทรสาร 0 2160 1440 www.fit.ssru.ac.th

พิมพ์ที่

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ดี-วิทย์ (สำนักงานใหญ่) 589/1091 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงบางอ้อ เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 081 810 1419

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นวารสารที่ตีพิมพ์เผยแพร่เฉพาะบทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีผลกระทบโดยตรงกับการสร้างนวัตกรรมในแวดวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี อุตสาหกรรม และวิศวกรรม ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 2 ของปีที่ 6 (เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2561) บทความวิจัยในเล่มนี้มี 9 เรื่อง ประกอบด้วย การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี, การลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันด้วยการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล, แอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน, การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, การประมาณค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยคูอร์โพร่าไรเซชันแบบซีแบนด์เรดาร์ตรวจอากาศบริเวณภาคกลาง, ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสมรรถภาพอดทนปฏิกานของนักกรีฑา, คอนกรีตบดอัดที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย, การพัฒนาวัสดุดูดซับไอระเหยสารโพลีอินจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์ม, การคำนวณหาความยาวของท่ออบแห้งแบบหมุนในงานอุตสาหกรรมโดยการวิเคราะห์ความไวที่ใช้ฟราเมเตอร์ และฉบับนี้ จะตีพิมพ์บทความวิชาการเป็นครั้งสุดท้าย เรื่องการวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เนื้อหาของบทความดังกล่าวมานี้เรียบเรียงจากผลการวิจัยที่เป็นนวัตกรรมใหม่ มีความร่วมสมัยและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสมสำหรับใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าของคณาจารย์ นักวิชาการและผู้ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับวารสารฉบับต่อไป คือ ฉบับที่ 1 ของปีที่ 7 (เดือนมกราคม – มิถุนายน 2562) กำลังเปิดรับงานเขียนในรูปแบบบทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และด้านวิศวกรรมศาสตร์เท่านั้น วารสารยังมีพื้นที่ให้ผู้สนใจ นักวิจัย อาจารย์และนักศึกษา ส่งผลงานมาให้พิจารณาเพื่อการตีพิมพ์วารสารยินดีเป็นสื่อกลางสำหรับการเผยแพร่ผลงาน โดยบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพจากกองบรรณาธิการและพิจารณาจากเพื่อนร่วมงาน (peer review) โดยผู้ทรงคุณวุฒิตามสาขาที่เกี่ยวข้อง

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ขอขอบคุณสมาชิกวารสารที่ได้ให้ความสนใจติดตามวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทามา ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิบูล ไวจิตรกรรม
บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
บทความวิจัย	
การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี The efficiency development of local fabric of Ban Dung district, Udon Thani province <i>ฤดี นิยมรัตน์, กฤษฎา สังขมณี, สมบูรณ์ สารสิทธิ์</i>	6
การลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันด้วยการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล The Reduction in the Loss of Rubber Latex Process by Flow Process Chart <i>ศุภยา ศรีโยม, พิเชษฐ์ จันทวี, สุวัจน์ เพชรรัตน์</i>	13
แอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน Digital System Simulation on Smartphone <i>ณรงค์เดช เมธาวี, เกษราภรณ์ กลมทุกสิ่ง, อสมภรณ์ กาญจนารัตน์, อภิสิทธิ์ รัตนาดรานุรักษ์</i>	24
การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม Study of Influenced Factors Affecting to the Designing of Wet Waste Transformer into Artificial Soil by Using of Hierarchical and Multiple Regression Analysis with the Designing Principle of Industrial Products <i>ดารณี ธนวัฒน์, ทรงวุฒิ เอกวุฒิมังศา</i>	33
การประมาณค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยคูอร์โพราไรเซชันแบบซีแบนด์เรดาร์ตรวจอากาศ บริเวณภาคกลาง Estimation of Spatial Rainfall from the Dual Polarization C-Band Radar over the Central of Thailand <i>กมล พรหมสาขา ณ สกลนคร, เศรษฐกาล โปรงนุช</i>	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทความวิจัย	
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสมรรถภาพปอด พนักงานขับรถโดยสารประจำทาง Factors associated with Abnormalities of pulmonary function the bus driver <i>อรรัญ ขวัญปาน</i>	53
คอนกรีตบดอัดที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย The Compaction of Concrete Using Dust Stone Substitute Sand <i>เฉลิมพล ไชยแก้ว, วรัญ วงศ์ประชุม</i>	63
การพัฒนาวัสดุดูดซับไอระเหยสารโพลูอินจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์ม Development of Toluene Vapor Adsorbent from Coconut Shell Charcoal and Palm Shell Charcoal <i>ผุสดี ลีกระจ่าง, สุณี ภูสีม่วง, ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล</i>	72
การคำนวณหาความยาวของท่ออบแห้งแบบหมุนในงานอุตสาหกรรมโดยการวิเคราะห์ ความไวที่ใช้พารามิเตอร์ Calculation for Length of Rotary Dryer Pipe in Industry using Parametric Sensitivity Analysis <i>สุชาดา สิทธิจงสถาพร, ธนภรณ์ พันธุ์ปรีชารัตน์</i>	81
บทความวิชาการ	
การวิจัยทางด้านการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม Industrial Technology Management Research <i>อนันต์ รัศมี</i>	91

การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ฤดี นิยมรัตน์¹, กฤษฎา สังขมณี², สมบูรณ์ สารสิทธิ์³

¹สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²สาขาวิชาการเงินการธนาคาร คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

³สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี กลุ่มเป้าหมายคือกลุ่มผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมือง จำนวน 7 ราย ได้แก่ 1) กลุ่มทอผ้าบ้านอาสาพัฒนา 2) กลุ่มทอผ้ามัดหมี่ 3) กลุ่มทอผ้าไหมมัดหมี่บ้านกล้วย 4) กลุ่มทอผ้าบ้านหนองสว่าง 5) กลุ่มทอผ้าทอพื้นเมืองย้อมครามสีธรรมชาติ 6) กลุ่มทอผ้าบ้านจิว และ 7) กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรวิงสมบัติ

ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ด้านต้นทุนการผลิตพบว่า เมื่อเปลี่ยนวัสดุของลื้อปั่นด้ายจากเชือกใยสังเคราะห์เป็นยางสามารถลดต้นทุนในการผลิตผ้าทอพื้นเมืองจาก 1,800 บาท เหลือ 1,700 บาท สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจาก 1.94 เป็น 2.06 หรือประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 2) การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ด้านกระบวนการผลิตพบว่า เมื่อเปลี่ยนวัสดุของลื้อปั่นด้ายจากเชือกใยสังเคราะห์เป็นยาง สามารถลดเวลาในการผลิตลงได้ 40 นาที จาก 1 ชั่วโมง 30 นาที เหลือ 50 นาที 3) การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ด้านความพอใจในผลงานพบว่า ผู้ผลิตมีความพึงพอใจในการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต เนื่องจากสามารถลดต้นทุนและเวลาในการผลิตผ้าทอพื้นเมือง โดยการใช้อย่างมาแทน ทำให้ยืดระยะเวลาในการใช้งานนานกว่าเชือกใยสังเคราะห์ และยังเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายจากร้านซ่อมรถทั่วไป

คำสำคัญ : การพัฒนาประสิทธิภาพ, ผ้าทอพื้นเมือง, การปรับปรุงกระบวนการผลิต, ลื้อปั่นด้าย

The efficiency development of local fabric of Ban Dung district, Udon Thani province

Ruedee Niyomrath¹, Krisada Sungkhamanee², Somboon Sarasit³

¹Industrial Management, Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

²Finance and Banking, Faculty of Management Science, Suan Sunandha Rajabhat University

³Ceramics Technology, Faculty of Industrial Technology, Pranakhon Rajabhat University

ABSTRACT

The purpose of this research were to study and improve the efficiency of local fabric production in Ban Dung district, Udon Thani province. The target groups were 7 local fabric manufacturers: 1) Ban Are San Puttana weaving group, 2) Mud Mee weaving group, 3) Ban Klui silk-Mud Mee weaving group, 4) Ban Nong Sawang weaving group, 5) Natural indigo dyed fabric weaving group, 6) Ban Ngew weaving group, and 7) Wang Sombat farmers' housewives group

The results of the study were as follows: 1) The efficiency improvement of local fabric production in Ban Dung district, Udon Thani province in aspect of production cost was found that when changing the raw material of a spinning wheel from a synthetic rope into a rubber, it can reduce the cost of production of local fabrics from 1,800 baht to 1,700 baht. It can increase production efficiency from 1.94 to 2.06, or production efficiency increased by 12 percent. 2) The development of local fabric production in Ban Dung district, Udon Thani province in aspect of the production process was found that when changing the raw material of a spinning wheel from a synthetic rope into a rubber, it can reduce production time by 40 minutes from 1 hour 30 minutes to 50 minutes. 3) The development of local fabric production in Ban Dung district, Udon Thani province in aspect of the satisfaction in the work was found that manufacturers are satisfied with the development of production efficiency. Because this can reduce the cost and time of local fabric production by using a rubber instead, the rubber lasts longer than synthetic fibers, and the rubber is easily accessible from the car repair shop.

Keywords : Efficiency development, Local fabric, Production process improvement, Spinning wheel

บทนำ

อำเภอบ้านดุงเป็นอำเภอหนึ่งในจำนวน 20 อำเภอของจังหวัดอุดรธานี โดยอำเภอบ้านดุงตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัด แบ่งพื้นที่การปกครองออกเป็น 13 ตำบล 148 หมู่บ้าน มีการผลิตสินค้าหัตถกรรมจำนวน 46 ผลิตภัณฑ์ ที่จำแนกผลิตภัณฑ์หรือสินค้าได้เป็น 2 กลุ่มประเภท ได้แก่ ประเภทของใช้เช่น หมอน เสื้อ ผ้าทอมัดหมี่ มวยนึ่งข้าว ดอกไม้จันทน์ ผลิตภัณฑ์จากมุกประดับ เป็นต้น และประเภทเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายได้แก่ ผ้าขาวม้า กระเป๋า เสื้อผ้า และผ้าทอ โดยสินค้าส่วนใหญ่ของอำเภอบ้านดุง อยู่ในกลุ่มผ้าทอพื้นเมืองและผลิตภัณฑ์จากผ้าทอ เนื่องจากจังหวัดอุดรธานีมีผ้าทอพื้นเมืองเป็นเอกลักษณ์ เป็นสิ่งที่ดึงดูดนักท่องเที่ยว และเป็นตัวชี้วัดของจังหวัด (สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัด, ม.ป.ป., หน้า 15)

การทำผ้าทอพื้นเมืองเป็นศิลปะชนิดหนึ่งที่มีนิยามทำกันมาช้านานในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยและอีกหลายจังหวัดทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ชาวบ้านใช้เวลาว่างจากการทำนาและการเก็บเกี่ยวมาทอผ้าไว้ใช้ในครัวเรือนหรือทอผ้าไว้ใช้ในงานประเพณีต่าง ๆ ลวดลายส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรอบตัว การทำผ้าทอพื้นเมืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่นิยมทำด้วยไหม โดยการมัดย้อมเส้นไหมให้เกิดสีและลวดลายก่อนแล้วจึงนำไปเรียงทอบนกี่ เรียกว่าผ้าไหมมัดหมี่ โดยผ้าทอพื้นเมืองแต่ละชิ้นนั้นมักไม่มีการซ้ำกัน ถึงแม้ว่าจะมีสีลวดลายเดิมวางไว้เป็นตัวอย่างก็ตาม (พิพิธภัณฑสถานผ้า, 2551)

ในปัจจุบันการค้าบริการมีการแข่งขันสูงมากขึ้น ประกอบกับความผันผวนทางเศรษฐกิจทั่วโลก ทำให้ต้นทุนการผลิตและการขนส่งสูงขึ้นผู้ประกอบการจึงต้องตื่นตัวและพร้อมสำหรับ

การแข่งขันที่มีอยู่เพื่อหาแนวทางที่จะปรับปรุงพัฒนา และบริหารงานในกระบวนการต่าง ๆ ให้เกิดประสิทธิภาพ หรือได้ผลงานที่เกิดประโยชน์สูงสุด (อนันต์ รัชมี, 2017 หน้า 107) และสร้างศักยภาพในการแข่งขันให้กับองค์กรมากที่สุด ซึ่งการที่องค์กรจะสามารถแข่งขันได้นั้น ต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว สามารถบริหารต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ และมีกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่จะทำให้องค์กรเจริญเติบโตอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการจัดการด้านกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ ด้วยการปรับปรุงกระบวนการ วิธีการทำงาน และระบบสารสนเทศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพภายในองค์กร รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต (การลดต้นทุน) การเพิ่มประสิทธิภาพของบุคลากร (ลดเวลาการทำงาน) และการสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับลูกค้า (กระทรวงพาณิชย์, 2554)

ประสิทธิภาพการผลิตโดยทั่วไปหมายถึงผลการปฏิบัติงานที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจ และได้รับผลกำไรจากการผลิตนั้น โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (input) กับผลผลิต (output) ที่ได้รับ การวัดประสิทธิภาพจึงวัดเป็นอัตราส่วนของผลผลิตต่อปัจจัยนำเข้าในการผลิตหรือค่าใช้จ่ายต่อหน่วย ที่คำนึงถึงปริมาณในรูปของกำไรหรือผลผลิตสูงสุด ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี จึงพิจารณาได้จากประสิทธิภาพของปัจจัยนำเข้าที่เป็นปัจจัยการผลิต ที่ประกอบด้วยต้นทุนพลังงาน ต้นทุนแรงงาน และต้นทุนวัตถุดิบ ประสิทธิภาพของผลผลิตได้แก่สินค้าหัตถกรรมที่พร้อมจำหน่าย และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ความพอใจในผลงานของผู้ผลิต ที่เป็นผลมาจากการพัฒนาประสิทธิภาพด้านกระบวนการผลิต

ผลจากการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี สามารถตอบสนองยุทธศาสตร์ประเทศ (country strategy) และยุทธศาสตร์ของจังหวัดอุดรธานีที่ให้ความสำคัญด้านการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ สร้างโอกาสและรายได้ แก่วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) และเศรษฐกิจชุมชน การพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขัน เกิดประโยชน์โดยตรงต่อผู้ผลิตในกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดย่อม และอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่เป็นอุตสาหกรรมส่วนมากของประเทศ สร้างรายได้ให้กับชุมชนและท้องถิ่น ผู้ผลิตทั่วไปที่สามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตของตน เพิ่มรายได้ให้กับผู้ผลิตสินค้าหัตถกรรม นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางอ้อมเป็นการสร้างความตระหนักให้สังคมได้มีความรู้ และมีจิตสำนึกเกี่ยวกับการมีความรู้ในการจัดการธุรกิจที่ช่วยลดต้นทุน ได้ผลผลิตที่ดี มีกำไรเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี
2. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยได้แก่ผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี จำนวน 7 ราย ได้แก่ 1) กลุ่มทอผ้าบ้านอาสาพัฒนา 2) กลุ่มทอผ้ามัดหมี่ 3) กลุ่มทอผ้าไหมมัดหมี่บ้านกล้วย 4) กลุ่มทอผ้าบ้านหนองสว่าง 5) กลุ่มทอผ้าทอพื้นเมืองย้อมครามสีธรรมชาติ 6) กลุ่มทอผ้าบ้านจิว และ 7) กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรวังสมบัติ

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 เลือกผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี โดยการเลือกผู้ผลิตจากกลุ่มผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมืองที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยจำนวน 1 ราย

2.2 สร้างความเข้าใจต่อผู้ผลิตและผู้เกี่ยวข้องเพื่อการดำเนินงานจัดเก็บข้อมูลด้านการผลิตและการดำเนินงาน (production and operation) ด้านการตลาด (marketing) และด้านการเงิน (finance) ของผู้ผลิต

2.3 ศึกษาข้อมูลการผลิต โดยการบันทึกขั้นตอนการทำงานจากการสัมภาษณ์และการสังเกต ตั้งแต่ต้นกระบวนการได้แก่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ ถึงการผลิตให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จพร้อมจำหน่าย

2.4 วิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษา เพื่อวางแผนการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี

2.5 แจกแผนการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ให้กับผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมือง เพื่อสร้างความเข้าใจรวมทั้งยอมรับและให้ความร่วมมือในแนวทางการดำเนินงานตามแผน หรือให้ข้อเสนอแนะและโอกาสที่สามารถดำเนินงานได้ตามสภาพการผลิต

2.6 ดำเนินงานปรับปรุงเพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ตามแผนที่กำหนด

2.7 ศึกษาความพอใจในผลงานหลังการพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี

2.8 เปรียบเทียบผลการดำเนินงานและประสิทธิภาพการผลิตก่อนการดำเนินกิจกรรมและหลังดำเนินงานตามแผน

ผลการวิจัย

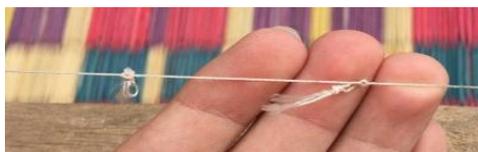
ในการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองได้พิจารณาและทำข้อตกลงเพื่อดำเนินงานวิจัยกับกลุ่มทอผ้ามัดหมี่ โดยมีผู้ผลิตคือนางคำ ชันรัฐบาล อายุ 70 ปี บ้านเลขที่ 90 หมู่ 13 ตำบลบ้านม่วง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ผู้ผลิตมีการเรียนรู้การทอผ้ามัดหมี่จากครอบครัว และเริ่มประกอบอาชีพทอผ้าตั้งแต่อายุ 30 ปี ถึงปัจจุบัน ในอดีตการทอผ้ามัดหมี่ใช้ด้ายสีขาวมาทอเป็นผ้ามัดหมี่ หลังจากทอผ้ามัดหมี่เสร็จก็นำไปขาย จากนั้นผู้ที่รับซื้อนำผ้ามัดหมี่ไปย้อมสี แล้วตัดเป็นเครื่องนุ่งห่ม ต่อมาได้มีการใช้ด้ายสีโดยการย้อมสีด้ายด้วยตนเอง ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตโดยการซื้อหลอดด้ายจากตลาด นำมาทอกับด้ายมัดหมี่ มีการลงทุนซื้อวัตถุดิบในการผลิตใน 1 เดือนราคา 1,800 บาท สามารถผลิตได้จำนวน 10 ผืน ราคาผืนละ 350 บาท เมื่อหักค่าใช้จ่ายในการซื้อวัตถุดิบแล้วมีกำไรเดือนละ 1,700 บาท มีช่องทางในการจำหน่ายสินค้าที่ผู้บริโภคสามารถซื้อสินค้าได้โดยตรงและมีตลาดรองรับที่รับซื้อทั้งหมดที่สามารถผลิตได้ การผลิตผ้ามัดหมี่ใน 1 รอบกระบวนการผลิต มี 8 ขั้นตอน เริ่มจากการจัดหาวัตถุดิบ เรียงเส้นด้าย เรียงหลอดด้าย ทำหลอดด้าย มัดด้ายเรวกู้บก็ บรรจุหลอดด้าย เข้ากระสวย ทอผ้า ตัดผ้า ใช้เวลาตลอดกระบวนการโดยไม่นับเวลาพักได้ 2 วัน 8 ชั่วโมง 20 นาที

ผลการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี มีดังนี้

1. ผลการพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ด้านต้นทุน โดยเปลี่ยนวัสดุของล่อปั่นด้ายจากเชือกโยสังเคราะห์เป็นยาง พบว่าก่อนการปรับปรุงมีต้นทุนในการผลิตต่อ 1 รอบกระบวนการผลิตจำนวน 1,800 บาท ประกอบด้วยค่าด้ายประดิษฐ์ 1,000 บาท ค่าด้ายเรวกู้บ 700 บาท และค่าเชือกโย

สังเคราะห์ 100 บาท มีผลผลิตจำนวน 10 ผืน ราคาผืนละ 350 บาท รวมเป็นเงิน 3,500 บาท เมื่อหาค่าประสิทธิภาพในการผลิตจากสูตร $\text{Efficiency} = \text{Output} / \text{Input}$ (ไพบูลย์ แยมเฟือน, 2543 หน้า 10) = $3,500 / 1,800$ ค่าประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 1.94 และหลังการปรับปรุงมีต้นทุนในการผลิตต่อรอบกระบวนการผลิต จำนวน 1,700 บาท คือ ค่าด้ายประดิษฐ์ 1,000 บาท และค่าด้ายเรวกู้บ 700 บาท เมื่อหาค่าประสิทธิภาพในการผลิตได้ $3,500 / 1,700$ ค่าประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 2.06 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจาก 1.94 เป็น 2.06 หรือมีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 12

2. ผลการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ด้านกระบวนการผลิต โดยเปลี่ยนวัสดุของล่อปั่นด้ายในขั้นตอนการทำหลอดด้ายจากเชือกโยสังเคราะห์ (ภาพที่ 1) เป็นยาง (ภาพที่ 2) ซึ่งพบว่าการปรับปรุงในขั้นตอนการทำหลอดด้ายใช้เวลาในการผลิต 1 ชั่วโมง 30 นาที และหลังการปรับปรุงในขั้นตอนการทำหลอดด้ายใช้เวลาในการผลิต 50 นาที สามารถลดเวลาในการผลิตจาก 1 ชั่วโมง 30 นาที เหลือ 50 นาที



ภาพที่ 1 ลักษณะเชือกสังเคราะห์ที่แตกหรือหย่อนและต้องมัดใหม่



ภาพที่ 2 ยางในรถจักรยานยนต์ที่ใช้แทนเชือกสังเคราะห์



ภาพที่ 3 ล้อปั่นด้ายที่ใช้ยางแทนเชือก

3. ผลการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุงจังหวัดอุดรธานี ด้านความพอใจในผลงาน พบว่า ผู้ผลิตมีความพอใจในการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิต เนื่องจากสามารถลดต้นทุนและเวลาในการทอผ้า โดยการใช้ยางมาแทน ทำให้ยี่ดระยะเวลาในการใช้งานนานกว่าเชือกใยสังเคราะห์ และยางเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายจากร้านซ่อมรถทั่วไป นอกจากนี้ช่วยลดต้นทุนแล้วยังไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบผลการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง

ประสิทธิภาพ	ก่อนปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ด้านต้นทุน	ต้นทุนในการผลิต 1,800 บาท ค่าประสิทธิภาพ 1.94	ต้นทุนในการผลิต 1,700 บาท ค่าประสิทธิภาพ 2.06 ลดต้นทุนในการผลิตได้ 100 บาท
ด้านกระบวนการผลิต	ใช้เวลาในการผลิตในขั้นตอนการทำ หลอดด้าย 1 ชั่วโมง 30 นาที	ใช้เวลาในการผลิตในขั้นตอนใน การทำหลอดด้าย 50 นาที ลดเวลาได้ 40 นาที
ด้านความพอใจใน ผลงาน	-	ผู้ผลิตมีความพึงพอใจในการ ปรับปรุงการผลิต สามารถลดต้นทุน และเวลาในการผลิตผ้าทอพื้นเมือง

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมือง จากการศึกษาข้อมูลด้านการผลิตของผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมืองจากกลุ่มทอผ้ามัดหมี่บ้านเลขที่ 90 หมู่ 13 ตำบลบ้านม่วง อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี นำสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเปลี่ยนวัสดุของล้อปั่นด้ายในขั้นตอนการทำหลอดด้าย จากเชือกใยสังเคราะห์เป็นยางส่งผลให้หลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาในการผลิตลงได้ 40 นาที จากเดิมใช้เวลาในการผลิต 1 ชั่วโมง 30 นาที ลดลงเหลือ 50 นาที ด้านประสิทธิภาพการผลิตในด้านต้นทุนพบว่า ค่าประสิทธิภาพใน

การผลิตเพิ่มจาก 1.94 ก่อนการปรับปรุง เป็น 2.06 หลังการปรับปรุง เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตลดลง และผู้ผลิตมีความพอใจในการปรับปรุงการผลิต เพราะการเปลี่ยนวัสดุของล้อปั่นด้ายโดยใช้ยางซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย วิธีการไม่ซับซ้อน แต่สามารถช่วยลดต้นทุนและยี่ดระยะเวลาในการใช้งานได้นานกว่าเชือกใยสังเคราะห์ นำสู่การอภิปรายผลดังนี้

จากการวิจัยพบว่า การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตโดยการลดเวลาการผลิตผ้าทอพื้นเมืองในขั้นตอน

การทำหลอดด้าย และลดต้นทุนในการผลิต รวมทั้งผู้ผลิตมีความพอใจในกระบวนการใหม่ ซึ่งผลการพัฒนาประสิทธิภาพดังกล่าวเป็นการพิจารณาประสิทธิภาพในเรื่องของการจัดสรรปัจจัยการผลิต โดยใช้ทรัพยากรในการผลิตให้น้อยที่สุดเพื่อผลิตให้ได้จำนวนสินค้าตามความต้องการ (Layard and Walters, 1978 : p.11) นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตแบบที่ไม่ต้องเพิ่มปัจจัยการผลิต โดยการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตให้ได้มากที่สุด ประกอบกับการลดต้นทุนของวัตถุดิบ (material cost) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มผลผลิตด้วยเช่นกัน (Sumanth, 1985)

ข้อเสนอแนะ

1. จากการวิจัยพบว่า การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตผ้าทอพื้นเมืองโดยเปลี่ยนวัสดุของล่อปั่นด้าย สามารถลดต้นทุนและเวลาในการผลิตได้ ดังนั้นผู้ผลิตผ้าทอพื้นเมืองรายอื่นที่สนใจสามารถนำแนวทางจากงานวิจัยไปใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าทอพื้นเมืองของตนเองได้

2. จากการวิจัยพบว่า ในขั้นตอนการทำหลอดด้ายใช้เวลาในการผลิตนานถึง 1 ชั่วโมง 30 นาที เนื่องจากต้องมัดหรือเปลี่ยนเชือกโยสังเคราะห์ และในการวิจัยนี้ได้เปลี่ยนวัสดุจากเชือกโยสังเคราะห์เป็นยางไนรอนต์ซึ่งผู้ผลิตอาจทดลองใช้วัสดุอื่นที่มีความยืดหยุ่นมาใช้ เช่น เส้นเอ็น ลวดสลิงเส้นเล็ก เป็นต้น

3. จากการวิจัยยังพบปัญหาในขั้นตอนการทอผ้าที่มีเส้นด้ายเกินขอบของผืนผ้า และพบปัญหาด้านการใช้อุปกรณ์การทอผ้าที่ส่งผลให้เกิด

ความเมื่อยล้าของผลผลิต ดังนั้นจึงสามารถนำปัญหาดังกล่าวมาสู่การพิจารณาเพื่อแก้ไขในโอกาสต่อไป

References

- Anan Russame. (2017). "Industrial Technology Management" in **The Journal of Industrial Technology**. 5(1): 106-114.
- Layard, P. R. G. and Walters, A. A. (1978). **Microeconomic theory**. New York: McGraw-Hill.
- Ministry of commerce. (2011). **The 7th project of cost reduction and logistic enhancement**. Bangkok, Thailand: Department of international trade.
- Paiboon Yamphun. (2000). **Engineering Economy**. Bangkok, Thailand: SE-EDUCATION.
- Sumanth, D. J. (1985). **Productivity engineering and management**. New York: McGraw-Hill.
- Textile museum. (2008). **Local woven fabric and production process**. Pitsanulok, Thailand: Naresuan university.
- Udon Thani community development office. (n.d.). **Udon Thani provincial development plan 4 years (2004-2017)**. Udon Thani, Thailand: Author.

การลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันด้วยการวิเคราะห์

แผนภูมิการไหล

ศุภยา ศรีโยม¹, พิเชษฐ์ จันทวี², สุวัจนี เพชรรัตน์³

^{1,2}โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

³สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการรับซื้อน้ำยางสดของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว ตำบลทุ่งหวัง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน และลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงาน โดยได้นำเทคนิคการวิเคราะห์แผนภูมิการไหลเพื่อปรับปรุงและแก้ไข้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงาน ผลของการศึกษาและปรับปรุง พบว่า ขั้นตอนการแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่นสามารถลดเวลาการทำงานได้ 120 นาที คิดเป็นร้อยละ 24.44 และขั้นตอนการนำยางพาราแผ่นเข้าโรงอบสามารถลดเวลาการทำงานได้ 482 นาที คิดเป็นร้อยละ 11.15 รวมถึงลดขั้นตอนการทำงานได้ 1 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 25 ส่วนขั้นตอนการคัดแยกและบรรจุภัณฑ์สามารถลดระยะทางระหว่างโรงอบยางพาราจนถึงคลังเก็บสินค้าได้ 40 เมตร คิดเป็นร้อยละ 29.41 สามารถลดเวลาการทำงานได้ 1 นาที คิดเป็นร้อยละ 5.56 รวมถึงลดขั้นตอนการทำงานได้ 1 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 7.14 และเมื่อสรุปโดยภาพรวมพบว่า ระยะทาง ระยะเวลา และขั้นตอนการผลิตลดลง คิดเป็นร้อยละ 9, 12.39 และ 5.26 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การลดความสูญเสีย, กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน, แผนภูมิการไหล

The Reduction in the Loss of Rubber Latex Process by Flow Process Chart

Kulaya Sriyom¹, Pichet Chantawee², Suwatchanee Petcharat³

^{1,2}Program of Industry and Technology, Faculty of Industrial Technology, Songkhla Rajabhat University

³ Program of Marketing, Hatyai Business School, Hatyai University

ABSTRACT

The study of purchased rubber latex process of Ban Saikao rubber co-operatives fund, Tambon Thung Wang, Amphoe Mueang, Songkhla, to reducing losses of process. Flow process chart was used to develop and resolved problems. It was found the time reduction from rubber latex to rubber sheet process is 120 minutes equal to 24.44 percentage. The time of handle rubber sheet to drying house process is 482 minutes equal to 11.15 percentage. The process step was reduced 1 step equal to 25 percentage. Separation and packaging process, reducing the distance from drying house to the warehouse is 40 meters equal to 29.41 percentage. The time was reduced 1 minute equal to 5.56 percentage and the process step is reduced 1 step equal to 7.14 percentage. In conclusion, distance, time and process step were decreased, 9, 12 and 5.26 percentage, respectively.

Keywords : reduction in the loss, rubber latex process, flow process chart

บทนำ

หากพูดถึงอุตสาหกรรมหลักในประเทศไทยนั้น อุตสาหกรรมยางพารา ถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญ และสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี โดยข้อมูลจากสถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย ปี 2558 รายงานว่าประเทศไทยผลิตยางได้ 4,473,370 เมตริกตัน มีมูลค่าการส่งออกยางทั้งระบบ 3,749,456 เมตริกตัน ทั้งยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น ยางผสม และอื่น ๆ

ในพื้นที่ภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดสงขลานิยมกรีดยางพาราแล้วขายน้ำยางสดกันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำยางสดสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปยางดิบ น้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ ยางแท่งเกรด STR XL และ STR 5L น้ำยางสดที่รวบรวมได้ เกษตรกรจะซื้อขายผ่านพ่อค้ารวบรวมท้องถิ่น จุดรับซื้อของโรงงาน และสหกรณ์ กองทุนสวนยางในระดับหมู่บ้านเพื่อนำเข้าสู่โรงงานแปรรูปเป็นน้ำยางข้นต่อไป บริษัทที่รับซื้อน้ำยางพารา หรือน้ำยางสดในพื้นที่จังหวัดสงขลามีจำนวนมาก ซึ่งสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว ตำบลทุ่งหวัง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ถือเป็นสถานที่หนึ่งที่เป็นจุดรับซื้อน้ำยางใหญ่แห่งหนึ่งแล้วนำมาแปรรูปเป็นยางแผ่นรมควัน จากการศึกษากระบวนการทำงาน พบว่ากระบวนการในการผลิตไม่สามารถดำเนินได้อย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการรอคอยงาน และงานบางงานมีความซ้ำซ้อนกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยประยุกต์ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตเพื่อทำการปรับปรุงให้กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว

2. เพื่อลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว ด้วยการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล

ทฤษฎีและวรรณกรรม

1. ความสูญเสีย

ความสูญเสีย คือ สิ่งที่สูญเสียไปในกระบวนการผลิตโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใด ๆ แต่กลับทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ต้นทุนการผลิตสูง ใช้เวลาผลิตนาน มีของเสียมาก คุณภาพ และการส่งมอบต่ำ หรือใช้พนักงานมากเกินไป ความจำเป็น ซึ่งสิ่งที่บ่งบอกให้ทราบว่าเกิดความสูญเสียมี 7 ประการดังนี้

- 1) การผลิตมากเกินไป (Overproduction)
- 2) การรอคอย (Waiting)
- 3) การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Transporting)
- 4) การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ (Processing)
- 5) การเก็บสินค้าที่มากเกินไป (Inventory)
- 6) การเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น (Motions)
- 7) ของเสีย (Defect)

ความสูญเสียทั้ง 7 ประการนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็น และไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้น เราควรจะทำการลดความสูญเสียเหล่านี้ลงโดยใช้หลักการ ECRS ซึ่งประกอบไปด้วย

- 1) การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและพยายามกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการที่พบออกไป
- 2) การรวมกัน (Combine) คือ การพิจารณา ว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิม
- 3) การจัดเรียงใหม่ (Rearrange) คือ

การจัดเรียงขั้นตอนการผลิตใหม่ หรือสลับลำดับ
ในการทำงานเพื่อลดการเคลื่อนที่ หรือการรอคอย

4) การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง
การ ปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น
โดยอาจจะ ออกแบบ jig หรือ fixture เข้าช่วยใน
การทำงาน

2. แผนภูมิการไหล (Flow Process Chart)

จันทรศิริ สิ่งเลื่อน ให้ข้อมูลว่า แผนภูมิ
การไหลเป็นแผนภูมิที่ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหล
(Flow) ของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงาน และอุปกรณ์
ที่เคลื่อนไปในกระบวนการพร้อม ๆ กับกิจกรรม
ต่างๆโดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัว ซึ่งกำหนด
โดย ASME ในสหรัฐอเมริกา ดังนี้

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความโดยย่อ
○	การปฏิบัติงาน	- การเตรียมวัตถุดิบ - การประกอบ ชิ้นส่วน/ถอด ส่วนประกอบออก
□	การตรวจสอบ	- การตรวจสอบ คุณภาพหรือปริมาณ
⇒	การเคลื่อนที่	- การเคลื่อนวัตถุดิบจาก จุดหนึ่งไปยังอีกจุด หนึ่ง - พนักงานกำลังเดิน
D	การรอคอย	- การรอคอย
▽	การเก็บ	การเก็บรักษา

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษา
ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นเอกสาร ได้แก่ ข้อมูลจาก
วิทยานิพนธ์ และบทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ
นำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล
จากนั้นผู้วิจัยทำการศึกษาระบบการผลิตยางแผ่นรมควัน
ของสหกรณ์ ดังนี้

1. การศึกษากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน
โดยศึกษากระบวนการต่าง ๆ ในการผลิต พร้อม
ทั้งสัมภาษณ์หัวหน้างานและสังเกตการทำงาน
ของพนักงานในโรงงาน

2. การวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตโดยใช้
แผนภูมิการไหล ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

3. วางแผนแนวทางการปรับปรุงกระบวนการ
ผลิตยางแผ่นรมควันร่วมกับหัวหน้างานในโรงงาน
ตามหลักการลดความสูญเสีย

4. ดำเนินแผนการตามขั้นตอนที่กำหนดไว้
โดยกำหนดให้พนักงานปฏิบัติตามแผนที่ผู้วิจัย
กำหนด

5. วิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตหลังการปรับปรุง
กระบวนการ โดยใช้แผนภูมิการไหล ด้วยการ
เปรียบเทียบระยะเวลาและขั้นตอนที่ใช้ใน
กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

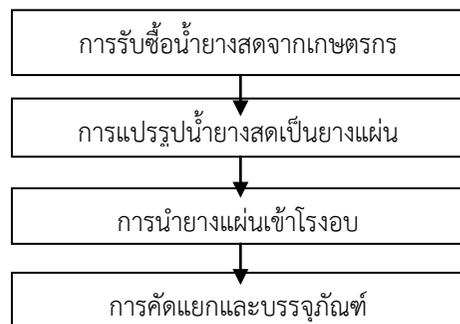
6. วิเคราะห์ความสูญเสียที่ลดลงจากการ
ปรับปรุงกระบวนการ

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการลดความสูญเสียใน
กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันด้วยการ
วิเคราะห์แผนภูมิการไหล ได้ผลการวิจัยดังนี้

1. การศึกษากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

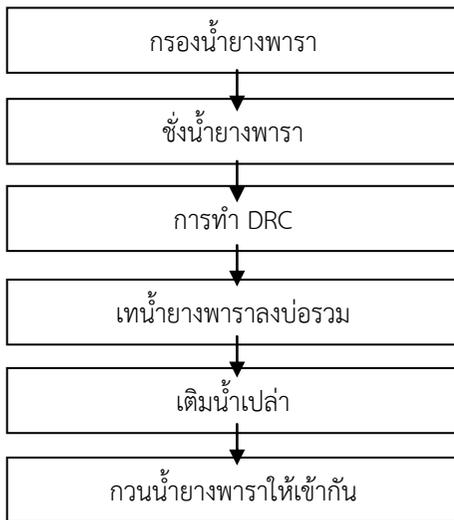
สภาพการทำงานของกระบวนการผลิตยาง
แผ่นรมควัน สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตได้ 4
ขั้นตอนหลัก รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.1.1 ขั้นตอนการรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกร

เมื่อเกษตรกรนำน้ำยางพาราจากสวนยางถึงสหกรณ์ จะทำการกรองน้ำยางด้วยตะแกรงเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำยาง เช่น ใบไม้ เศษยาง น้ำ และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ซึ่งทำให้น้ำยางมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการผลิต จากนั้นชั่งน้ำยาง ทำ DRC เสร็จแล้วเทน้ำยางลงบ่อรวม เติมน้ำเปล่า และกวนน้ำยางให้เข้ากัน ดังแสดงในภาพที่ 2

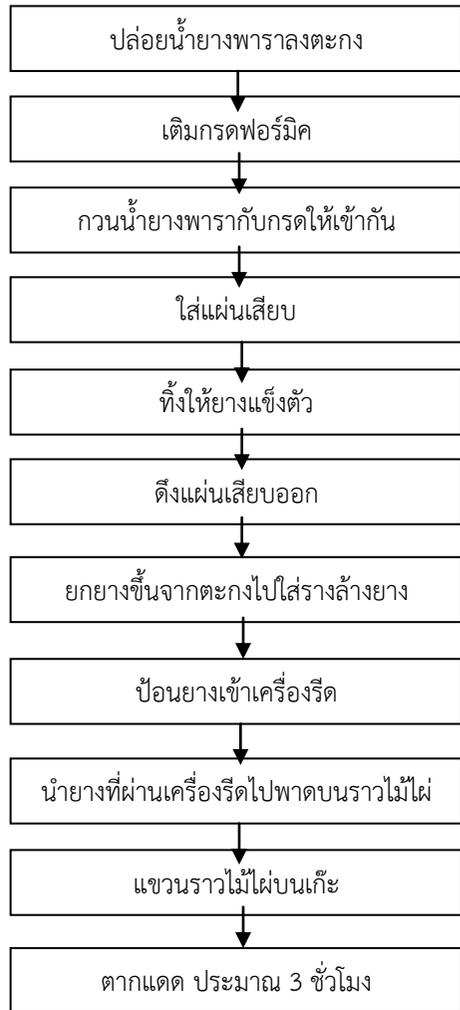


ภาพที่ 2 กระบวนการรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกร

1.1.2 ขั้นตอนการแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่น

หลังจากได้น้ำยางสดที่กวนผสมแล้วจึงทำการปล่อยน้ำยางลงตะกอน เติมกรดฟอร์มิค ใช้ไม้พายกวนน้ำยางให้เข้ากัน ถ้าเกิดฟองให้ตักฟองอากาศออกให้หมด (ถ้ามี) เพราะฟองอากาศจะทำให้เกิดการดำหนิในแผ่นยาง จากนั้นใส่แผ่นเสียบให้ตรงกับช่องเสียบแต่ละช่องของตะกอนทิ้งไว้ทิ้งไว้ 18 ชั่วโมง ให้น้ำยางแข็งตัว แล้วฉีดน้ำลงในตะกอนให้ทั่วเพื่อดึงแผ่นเสียบออก และยกยาง

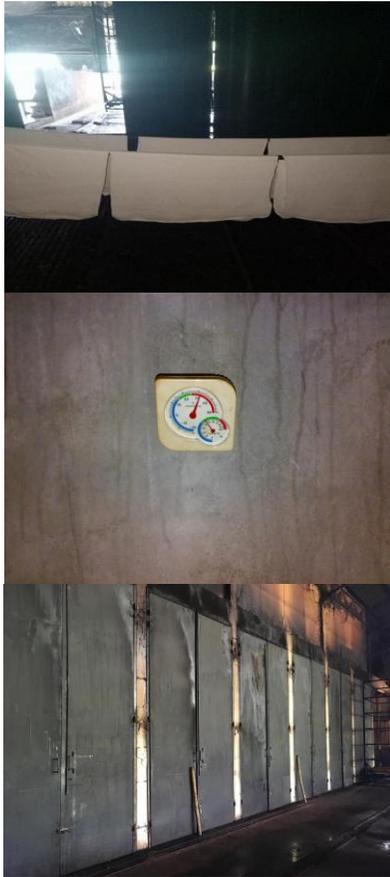
ขึ้นจากตะกอนไปใส่รางล้างยาง น้ำยางที่แข็งตัวป้อนเข้าเครื่องรีด น้ำยางที่ผ่านเครื่องรีดไปวางพาดบนราวไม้ไผ่ จากนั้นแขวนราวไม้ไผ่บนกะเชใช้รถโฟคลิฟท์ขนไปตากแดด ใช้เวลาในการตากแดดประมาณ 3 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน) รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่น

1.1.3 ขั้นตอนการนำยางแผ่นเข้าโรงอบ

เมื่อยางพาราแห้งจะนำแผ่นยางพาราทุกแผ่นเข้าสู่โรงอบ โดยควบคุมอุณหภูมิประมาณ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส โดยต้องตรวจสอบอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ ใช้เวลาอบ 84 ชั่วโมง (ขึ้นกับสภาพอากาศ หากความชื้นในอากาศสูงอาจใช้เวลามากกว่านี้)



ภาพที่ 4 แสดงการอบยางในตู้อบยางพารา

1.1.4 ขั้นตอนการตัดแยกและบรรจุภัณฑ์

เมื่อนำยางพาราออกมาจากตู้อบ จะทำการตัดยางพาราส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานออก เช่น ยางพาราไม่สุก มีสิ่งสกปรกปนเปื้อน มีฟองอากาศ เป็นต้น เสร็จแล้วทำการตัดแยก

ประเภทยางพาราโดยใช้สายตาพิจารณาตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

- ยางแผ่นชั้น 1 พิเศษ (ADS XL) ต้องไม่มีตำหนิที่แผ่นยาง

- ยางแผ่นชั้น 1 (RSS 1) มีราแห้งบนท่อหรือผิวก้อนได้เล็กน้อย แต่ต้องไม่มีตำหนิที่แผ่นยาง

- ยางแผ่นชั้น 2 (RSS 2) มีราแห้งราสนิมบนท่อ/ผิวก้อนและในก้อนได้เล็กน้อยแต่ไม่เกินร้อยละ 5 ของตัวอย่างที่ตรวจ ตำหนิที่มีได้คือ ฟองอากาศและสิ่งสกปรกเล็ก ๆ

- ยางแผ่นชั้น 3 พิเศษ (RSS 3) ให้มีการขึ้นราได้เหมือนชั้น 2 แต่ไม่เกินร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่ตรวจ ตำหนิที่มีได้คือ ฟองอากาศ สิ่งสกปรก และสีต่างดำเล็กน้อย

- ยางแผ่นชั้น 4 พิเศษ (RSS 4) การขึ้นราเหมือนชั้นที่ 2 และ 3 แต่ไม่เกินร้อยละ 20 ของตัวอย่างที่ตรวจ ตำหนิที่มีได้คือ ฟองอากาศ สิ่งสกปรก และสีต่างดำ ปานกลาง เหนียว และแกร่งเล็กน้อย

- ยางแผ่นรมควันชั้น 5 พิเศษ (RSS5) การขึ้นราเหมือนกับชั้นที่ 2 3 และ 4 แต่ไม่เกินร้อยละ 30 ของตัวอย่างที่ตรวจ ตำหนิที่มีได้คือ ฟองอากาศและสิ่งสกปรกใหญ่ขึ้น สีคล้ำมากขึ้น แกร่มและยางเหนียวปานกลาง ยางพอง และอ่อนรมได้เล็กน้อย

หลังจากแยกประเภทยางแล้ว นำมาชั่งให้ได้ 33.33 กิโลกรัมเพื่อนำไปพบลงถัง แล้วนำไปเข้าเครื่องอัดยางให้เป็นก้อน เพื่อนำไปบรรจุถุง ทำการซีลถุงเพื่อป้องกันความชื้นและนำไปเก็บในคลังเก็บสินค้า



ภาพที่ 5 แสดงยางพาราที่ผ่านการพิจารณาตามหลักเกณฑ์



ภาพที่ 6 แสดงยางพาราที่บรรจุถุงเรียบร้อยแล้ว

1.2 การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลเพื่อลดความสูญเสียของกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.2.1 ขั้นตอนการรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกร

จากแผนภูมิการไหลขั้นตอนการรับซื้อน้ำยางสดแสดงดังภาพที่ 7 พบว่ามีกิจกรรมทั้งหมด 7 กิจกรรม โดยเป็นกิจกรรมที่มีการปฏิบัติงาน 3 ครั้ง การเคลื่อนย้าย 2 ครั้ง และการตรวจสอบ 2 ครั้ง รวมระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบทั้งสิ้น 1 เมตร ใช้เวลาในกระบวนการทำงานทั้งสิ้น 17 นาที ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยไม่ได้มีการปรับปรุงการทำงาน

FLOW PROCESS CHART							
CHART NO. SHEET NO. 1	SUMMARY						
ACTIVITY : การรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกร	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING			
METHOD	OPERATION ○	3					
METHOD: PRESENT / PROPOSES	TRANSPORT ⇄	2					
	DELAY □	-					
	INSPECTION ▢	2					
	STORAGE ▽	-					
	DISTANCE (M.)	1					
	TIME นาที	17					
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL			อุปกรณ์	
			○	⇄	□	▽	ขนาดขั้ววัตถุ
เกษตรกรนำยางพาราขึ้นโรงรม	-	-					
-กรอน้ำยางพารา	60	-	●	—			-
-กรอน้ำยางพาราขึ้นเครื่อง	5	0.5	●	—			คน
-จัดน้ำยางพารา	10	-	●	—			-
-ทำ DRC	300	-	●	—			-
-ขนน้ำยางพาราลงบ่อรวมขนาด 1,500 ลิตร	15	0.5	●	—			คน
-เดินนำน้ำยางไปบ่อรวม	350	-	●	—			-
-ควานน้ำยางพาราไปใช้ซักกัน	300	-	●	—			-

ภาพที่ 7 แสดงแผนภูมิการไหลการรับซื้อน้ำยางสด

1.2.2 ขั้นตอนการแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่น

จากแผนภูมิการไหลขั้นตอนการแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่น แสดงดังภาพที่ 8 พบว่ามีกิจกรรม ทั้งหมด 13 กิจกรรม โดยเป็นกิจกรรมที่มีการปฏิบัติงาน 8 ครั้ง และการขนย้าย 5 ครั้ง รวมระยะทางเคลื่อนที่ของวัตถุดิบทั้งสิ้น 162.5 เมตร ใช้เวลาในกระบวนการทำงานทั้งสิ้น 371 นาที ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงการทำงานของขั้นตอนการให้ยางแข็งตัว ซึ่งเดิมโรงงานใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาการรอคอยที่ค่อนข้างนาน และจากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปยางพาราโดยทั่วไปนั้น พบว่าการทำให้ยางพาราแข็งตัว จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

FLOW PROCESS CHART				
CHART NO. SHEET NO. 2	SUMMARY			
ACTIVITY : ขั้นตอนการปรับปรุงน้ำ	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
ยาลดเป็นยางแผ่น	OPERATION	8		
METHOD: PRESENT / PROPOSES	TRANSPORT	5		
	DELAY	-		
	INSPECTION	-		
	STORAGE	-		
	DISTANCE (ม.)	162.5		
	TIME นาที	491		
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL	อุปกรณ์ ชนิดวัสดุ
น้ำยางสดที่สวนผสมแล้วจากขั้นตอนที่ 1	-	-		
- ป้อนน้ำยางพาราลงตะกร	60	30		ท่อ
- เดิมกรวดฟอรึมิก	5	-		-
- ความน้ำยางพาราที่กรวดให้เข้ากัน	60	-		-
- ตักฟองออก	75	-		-
- ใส่มันเชื่อม	240	-		-
- ทิ้งให้อุ่นแข็งตัว (ประมาณ 5 ชม.)	18,000	-		-
- ตีมันเชื่อมออก	60	-		-
- อยางพาราขึ้นจากตะกร	5	0.5		คน
- เคลื่อนอยางพารา	10	10		รถราง
- ป้อนเข้าเครื่องรีด	10	-		-
- นำยางพาราไปตากที่ราว	15	2		-
- อยางพาราออกไปตากแดด	120	120		รถโฟลลิท์
- ตากแดดประมาณ 3 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับอากาศด้วย)	10,800	-		-

ภาพที่ 8 แสดงแผนภูมิการไหลการแปรรูปน้ำยางสด (ก่อนการปรับปรุง)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ยางพาราแข็งตัว และได้ยางพาราแผ่นที่มีคุณภาพตามที่โรงงานต้องการ พบว่าระยะเวลาที่ทิ้งให้ยางพาราแข็งตัว 3 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อครบ 3 ชั่วโมงแล้วให้นำยางพาราไปตากแดดทันที ในกรณีที่ไม่มีแดดให้นำไปเข้าเตาอบ แต่ปรับอุณหภูมิในการอบให้สูงกว่าปกติที่ 60-70 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิปกติอยู่ที่ 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส) จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อไล่น้ำที่อยู่ในแผ่นยางพาราออก แล้วจึงปรับอุณหภูมิให้กลับมาอยู่ที่ค่าปกติในการอบต่อไปจนได้ยางพาราแผ่นสุกตามต้องการ แสดงดังภาพที่ 9

FLOW PROCESS CHART				
CHART NO. SHEET NO. 2	SUMMARY			
ACTIVITY : ขั้นตอนการปรับปรุงน้ำ	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
ยาลดเป็นยางแผ่น	OPERATION	8	8	
METHOD: PRESENT / PROPOSES	TRANSPORT	5	-	
	DELAY	-	-	
	INSPECTION	-	-	
	STORAGE	-	-	
	DISTANCE (ม.)	162.5	162.5	
	TIME นาที	491	371	
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL	อุปกรณ์ ชนิดวัสดุ
น้ำยางสดที่สวนผสมแล้วจากขั้นตอนที่ 1	-	-		
- ป้อนน้ำยางพาราลงตะกร	60	30		ท่อ
- เดิมกรวด	5	-		-
- ความน้ำยางพาราที่กรวดให้เข้ากัน	60	-		-
- ตักฟองออก	75	-		-
- ใส่มันเชื่อม	240	-		-
- ทิ้งให้อุ่นแข็งตัว (ประมาณ 3 ชม.)	10,800	-		-
- ตีมันเชื่อมออก	60	-		-
- อยางพาราขึ้นจากตะกร	5	0.5		คน
- เคลื่อนอยางพารา	10	10		รถนำ
- ป้อนเข้าเครื่องรีด	10	-		-
- นำยางพาราไปตากที่ราว	15	2		-
- อยางพาราออกไปตากแดด	120	120		รถโฟลลิท์
- ตากแดดประมาณ 3 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับอากาศด้วย)	10,800	-		-

ภาพที่ 9 แสดงแผนภูมิการไหลการแปรรูปน้ำยางสด (หลังการปรับปรุง)

1.2.3 ขั้นตอนการนำยางแผ่นเข้าโรงอบ

จากแผนภูมิการไหลของขั้นตอนการนำยางแผ่นเข้าโรงอบ แสดงดังภาพที่ 10 พบว่ามีกิจกรรมทั้งหมด 3 กิจกรรม เป็นกิจกรรมการปฏิบัติงาน 1 ครั้ง การขนย้าย 1 ครั้ง การรอคอย 1 ครั้ง รวมระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดิบ 145 เมตร ใช้เวลาทั้งสิ้น 3,841 นาที

FLOW PROCESS CHART				
CHART NO. SHEET NO. 3	SUMMARY			
ACTIVITY : ขั้นตอนการนำยางพารา	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
แผ่นเข้าโรงอบ	OPERATION	2		
METHOD: PRESENT / PROPOSES	TRANSPORT	2		
	DELAY	-		
	INSPECTION	-		
	STORAGE	-		
	DISTANCE (ม.)	145		
	TIME นาที	4,323		
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL	อุปกรณ์ ชนิดวัสดุ
เมื่อยางพาราแผ่นแห้งแล้ว				
- เคลื่อนอยางพาราเข้ามาขังโรงอบ	120	130		โฟลลิท์
- ใช้ไม้ทรวงพาราไม้ตีคั่น	20	-		-
- นำยางพาราแห้งขังในโรงอบ	45	15		โฟลลิท์
- ทำการอบ	259,200	-		-

ภาพที่ 10 แสดงแผนภูมิการไหลการนำยางแผ่นเข้าโรงอบ (ก่อนการปรับปรุง)

ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงการทำงาน โดยลดขั้นตอนการทำงานจากเดิมต้องนำยางเข้า มาหน้าโรงอบก่อนแล้วใช้ไม้แทรกยางไม่ให้ติดกัน เปลี่ยนวิธีการทำงานเป็นการใช้ไม้แทรกยาง ณ จุดที่ตากยาง ทำให้สามารถลดขั้นตอนและ ระยะเวลาในการเคลื่อนย้าย และถ้าเพิ่มอุณหภูมิ ในการอบ โดยเริ่มต้นอุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียสและเพิ่มอุณหภูมิในการอบช่วงละ 5 องศาเซลเซียส โดยแบ่งรอบการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 16 ชั่วโมง จะสามารถลดเวลาในการอบจากเดิมใช้เวลาในการอบ 84 ชั่วโมง เหลือ เพียง 64 ชั่วโมง คิดเป็นระยะเวลาที่ลดลงเท่ากับ ร้อยละ 23.81 แสดงดังภาพที่ 11

FLOW PROCESS CHART					
CHART NO.		SUMMARY			
SHEET NO. 3		ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
ACTIVITY : ขั้นตอนการนำยางพารา		OPERATION	2	2	-
แผ่นซีโรอบ		TRANSPORT	2	1	1
METHOD: PRESENT / PROPOSES		DELAY	-	-	-
		INSPECTION	-	-	-
		STORAGE	-	-	-
		DISTANCE (ม.)	145	145	-
		TIME นาที	4,323	3,841	-
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL		อุปกรณ์ ขนถ่ายวัสดุ
เมื่อยางพาราแผ่นแห้งแล้ว	-	-	○	□	-
- ใช้ไม้แทรกยางพาราไม่ให้ติดกัน	20	-	○	□	-
- นำยางพาราเข้าในโรงอบ	45	145	○	□	รถราง
- ทำการอบ	230,400	-	○	□	-

ภาพที่ 11 แสดงแผนภูมิการไหลการนำยางแผ่นเข้าโรงอบ (หลังการปรับปรุง)

1.1.4 ขั้นตอนการคัดแยกและบรรจุภัณฑ์ จากแผนภูมิการไหลของขั้นตอน การคัดแยกและบรรจุภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 12 พบว่ามีกิจกรรมทั้งหมด 13 กิจกรรม โดยมี กิจกรรมการปฏิบัติงาน 4 ครั้ง การขนย้าย 6 ครั้ง การตรวจสอบ 2 ครั้ง และการจัดเก็บ 1 ครั้ง รวม ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของวัสดุทุกทั้งสิ้น 96 เมตร ใช้เวลาในกระบวนการทำงานทั้งสิ้น 17 นาที

FLOW PROCESS CHART					
CHART NO.		SUMMARY			
SHEET NO. 4		ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
ACTIVITY : ขั้นตอนการคัดแยกและ		OPERATION	5	-	-
บรรจุภัณฑ์		TRANSPORT	6	-	-
METHOD: PRESENT / PROPOSES		DELAY	-	-	-
		INSPECTION	2	-	-
		STORAGE	1	-	-
		DISTANCE (ม.)	136	-	-
		TIME นาที	17	-	-
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL		อุปกรณ์ ขนถ่ายวัสดุ
การคัดแยกและบรรจุภัณฑ์	-	-	○	□	-
- นำยางพาราออกจากโรงอบ	60	32	○	□	โฟลค์ลิฟท์
- นำยางพาราออกจากหี	10	-	○	□	-
- อยางพาราบด	5	1	○	□	คน
- คัดแยกรยางที่ไม่ได้มาตรฐานออก	10	-	○	□	-
- แยกประเภทของพารา	10	-	○	□	-
- นำยางพาราไปซัง	350	7	○	□	คน
- ชั่งยางพารา	10	-	○	□	-
- พียงพาราบด	350	-	○	□	-
- นำยางพาราเข้าเครื่องอัด	5	1	○	□	คน
- ทำการอัดยางพารา	10	-	○	□	-
- ใส่ถุง และซีลถุง	60	-	○	□	-
- ยกใส่พาเลท	5	2	○	□	คน
- นำไปไว้ในคลังเก็บ	180	93	○	□	โฟลค์ลิฟท์
- จัดเก็บ	5	-	○	□	โฟลค์ลิฟท์

ภาพที่ 12 แสดงแผนภูมิการไหลการคัดแยกและบรรจุภัณฑ์ (ก่อนการปรับปรุง)

ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงการทำงาน โดยการรวมการตัดยางพาราที่ไม่ได้มาตรฐาน กับ การแยกประเภทยางพาราไว้ด้วยกัน โดย กำหนดให้คนที่ทำหน้าที่ตัดยางพารา เมื่อตัดเสร็จ แล้ว ให้ทำการคัดแยกประเภทของยางพาราทันที นอกจากนี้ได้ทำการย้ายจุดคัดแยกบรรจุภัณฑ์ มาอยู่ในพื้นที่ที่ใกล้กับคลังเก็บสินค้า เพื่อให้ การเคลื่อนย้ายมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถ ลดระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายลงได้ร้อยละ 83.87 รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 13

FLOW PROCESS CHART						
CHART NO.	SUMMARY					
SHEET NO. 4	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING		
กิจกรรม: ขั้นตอนการตัดแยกและบรรจุภัณฑ์	OPERATION	5	4	1		
บรรจุภัณฑ์	TRANSPORT	6	6	-		
METHOD: PRESENT / PROPOSE	DELAY	-	-	-		
	INSPECTION	2	2	-		
	STORAGE	1	1	-		
	DISTANCE (M.)	136	96	40		
	TIME นาที	18	17	1		
DESCRIPTION	TIME นาที	DIST. เมตร	SYMBOL			อุปกรณ์
			○	□	▽	ชนิดวัสดุ
การตัดแยกและบรรจุภัณฑ์	-	-				
- นำยางพาราออกจากโรงงาน	120	70				โพลีเอทิลีน
- นำยางพาราออกจากเครื่องตัด	10	-				-
- ออกยางพาราที่คัดส่วนที่ไม่ได้มาตรฐาน	5	1				คน
- คัด และแยกประเภทยางพารา	20	-				-
- นำยางพาราไปซักรีด	350	7				คน
- ซักรีดยางพารา	10	-				-
- พับยางพาราลง	350	-				-
- นำยางพาราเข้าเครื่องอัด	5	1				คน
- ทำการอัดยางพารา	10	-				-
- ไล่อู และฉีดลง	60	-				-
- อัดใส่แพคเกจ	5	2				คน
- นำไปไว้ในคลังเก็บ	30	15				โพลีเอทิลีน
- จัดเก็บ	5	-				คน

ภาพที่ 13 แสดงแผนภูมิการไหลการตัดแยกและบรรจุภัณฑ์ (หลังการปรับปรุง)

อภิปรายผล

จากการศึกษา กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านทรายขาว มี 4 ขั้นตอนหลัก คือ การรับซื้อน้ำยางสดจากเกษตรกร การแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่น การนำยางแผ่นเข้าโรงอบ และการตัดแยกและบรรจุภัณฑ์ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการแปรรูปน้ำยางสดเป็นยางแผ่นเดิมใช้เวลาในการผลิต 491 นาที หลังการปรับปรุงระยะเวลาลดลงเหลือ 371 นาที เวลาลดลงทั้งสิ้น 120 นาที คิดเป็นร้อยละ 24.44

2. ขั้นตอนการนำยางพาราแผ่นเข้าโรงอบสามารถลดได้ทั้งระยะเวลาการทำงาน และขั้นตอนการทำงาน คือ เดิมใช้ระยะเวลา 4,323 นาที หลังการปรับปรุงระยะเวลาลดลงเหลือ 3,841 นาที เวลาลดลงทั้งสิ้น 482 นาที คิดเป็นร้อยละ 11.15 และก่อนการปรับปรุงมีจำนวนขั้นตอนการทำงาน 4 ขั้นตอน หลังการปรับปรุง

สามารถลดขั้นตอนการทำงานเหลือ 3 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 25

3. ขั้นตอนการตัดแยกและบรรจุภัณฑ์สามารถลดได้ทั้ง ระยะทาง ระยะเวลา และขั้นตอนการทำงานได้ คือ ระยะทางเดิม 136 เมตร หลังการปรับปรุงระยะทางลดเหลือ 96 เมตร ระยะทางลดลงทั้งสิ้น 40 เมตร คิดเป็น ร้อยละ 29.41 ส่วนระยะเวลาที่ใช้เดิม 18 นาที หลังการปรับปรุงระยะเวลาลดลงเหลือ 17 นาที เวลาลดลงทั้งสิ้น 1 นาที คิดเป็นร้อยละ 5.56 และก่อนการปรับปรุงมีจำนวนขั้นตอนการทำงาน 14 ขั้นตอน หลังการปรับปรุงสามารถลดขั้นตอนการทำงานเหลือ 13 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 7.14

จากการวิเคราะห์แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน สามารถสรุปผลก่อน และหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการสรุปผลก่อน และหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	คิดเป็นร้อยละ
ระยะทาง (เมตร)	444.5	404.5	40	9
ระยะเวลา (นาที)	4,849	4,248	598	12.39
ขั้นตอนการผลิต	38	36	2	5.26

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้ว พบว่า ระยะทาง ระยะเวลา และขั้นตอนการผลิต ลดลง คิดเป็นร้อยละ 9, 12.39 และ 5.26 ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมูस्ताซเซห์ (2558) เรื่องการลดความสูญเสียเปล่าในขั้นตอนการประกอบผลิตภัณฑ์โดยการจัดสมดุลสายการผลิต ซึ่งผลการวิจัยพบว่าในกระบวนการผลิตมีงานระหว่างผลิตเป็นจำนวนมาก และเกิดปัญหา

คอขวด จึงใช้เทคนิคความสูญเสียเปล่า 7 ประการ เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ จากนั้นได้ประยุกต์หลักการ ECRS ช่วยในการกำจัดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการ ผลจากการดำเนินงาน พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแผนกประกอบบรรจุผลิตภัณฑ์ได้จากเดิมร้อยละ 52.86 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 85.16 คิดร้อยละประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นได้ 30.30 และสามารถลดรอบเวลาการผลิตจากเดิม 129.50 นาที เป็น 77.50 นาที เทียบเป็นร้อยละที่ลดลงได้ 40.15 อีกทั้งยังลดงานระหว่างผลิตจากเดิม 11 ตู้/วัน ลดลง เหลือ 9 ตู้/วัน คิดร้อยละงานระหว่างผลิตลดลงได้ 18.18 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนิตา (2561) เรื่องการลดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ ผลการศึกษาพบว่าที่ผ่านมารีชประสพปัญหาสำคัญ คือ มีของเสียจากกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์จำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อลดของเสียดังกล่าว โดยได้ทำการประยุกต์ใช้แผนภูมิพาเรโต แผนผังแสดงเหตุและผล ในการจำแนกและจัดลำดับประเภทของเสีย อีกทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย ซึ่งพบว่าของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมล็กมีปริมาณมากที่สุด โดยมีสาเหตุหลักมาจากอุปกรณ์จับยึดแบบเดิม ล็อคชิ้นงานไม่แน่น และอุปกรณ์จับยึดองศาบังแนวเชื่อม จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นใหม่ ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า ของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมล็กลดลงจากร้อยละ 2.04 เหลือ ร้อยละ 0.34 หรือลดลงร้อยละ 1.70 โดยคิดเป็นการลดลงร้อยละ 83.33

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้บริหาร หรือเจ้าของกิจการต้องมีการประชุมชี้แจงวิธีการทำงานใหม่ให้กับพนักงาน และผู้ที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจอย่างละเอียด เพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานที่เปลี่ยนไป ให้พนักงานทุกคนทราบถึงประโยชน์ที่จะได้รับ หลังจากการที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน
2. ควรมีการวางแผนติดตามผลการปฏิบัติงานของพนักงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเริ่มต้น เพื่อลดปัญหาความไม่ได้คุณภาพ หรือการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน
3. ควรมีการติดตามวิเคราะห์วิธีการทำงานใหม่อย่างสม่ำเสมอเป็นระยะ ๆ เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีกว่าเดิมอย่างต่อเนื่อง และจัดทำเป็นคู่มือการทำงานที่ชัดเจนเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อถือปฏิบัติเป็นแนวทางเดียวกันต่อไป

References

- Chansiri Singhtaun. Process Analysis. [PowerPoint. Retrieved <http://stin.ac.th/th/file.pdf>
- Mustasah Usuh. (2015). To Reduce Waste in the Process of Product Assembly by Balancing the Production Line . SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 1 (No. 1), 50-57.
- Thanida Sunarak. (2018). Defect Reduction in the Welding Process of Motorcycle STAY R-L Part. The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University, Vol. 6 (No.1), 6-15.
- The Rubber Ribbed Smoked Sheets. (2015). Bangkok: Rubber Authority of Thailand.

แอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน ณรงค์เดช เมธาวี¹, เกษราภรณ์ กลมทุกสิ่ง², อสมาภรณ์ กาญจนานันท์³, อภิสิทธิ์ รัตนตรานุกรักษ์⁴

¹E-STAGE (ประเทศไทย) กรุงเทพฯ

^{2,3,4}สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

ในบทความนี้กล่าวถึงสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน และหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน เครื่องมือในการวิจัยมี 2 ส่วน คือ สื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล และแบบประเมินความพึงพอใจ โดยสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัลจะมีการสร้างวงจรลอจิกเกต วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ และวงจรฟลิปฟล็อป สำหรับการใช้งานบนสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในงานวิจัยนี้มีการสำรวจความพึงพอใจของแอปพลิเคชัน โดยสำรวจกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 50 คน โดยสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัลสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ และจากผลการสำรวจความง่ายต่อการใช้งานคะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.24 ความง่ายต่อการเลือกใช้งานฟังก์ชัน 3.26 ความเร็วในการประมวลผล 3.3 ความเข้าใจง่ายของแอปพลิเคชัน 3.22 และตำแหน่งการจัดวางฟังก์ชัน 3.28

คำสำคัญ : สื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล, แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, การจำลองวงจรดิจิทัล

Digital System Simulation on Smartphone

**Narongdaj Meathavee¹, Ketsaraphorn Klomtooksing²,
Asamaphorn Kanjanathanawath³, Apisit Rattanatanurak⁴**

¹E-STAGE (Thailand), Bangkok

^{2,3,4}Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This paper presents Digital System Simulation learning media. This work consists of 2 parts. It aims to develop Digital Simulation on Android Smartphone which can be used to simulate logic gate, multiplexer, and flipflop. Moreover, the survey is used in this work. The 50 electronic technology students of Suan Sunandha Rajabhat University are the target group. It can be run correctly and effectively. The survey results show that the ease of use of the application is 3.24, functionality is 3.26, performance is 3.3, user experience is 3.22 and position of menu is 3.28.

Keywords : Digital Circuits Learning Media, Android Application, Digital Simulator

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีการพัฒนามากขึ้น และมีบทบาทต่อมนุษย์ตลอดเวลา แอปพลิเคชัน เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากมาย ซึ่งในปัจจุบันความนิยมของอุปกรณ์พกพาที่สูงมากขึ้น ส่งผลให้การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน มีความนิยมสูงขึ้นเช่นเดียวกัน แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วบนสมาร์ตโฟน ซึ่งเป็นที่แพร่หลายในทุกวงการ ไม่ว่าจะเป็นเกม ความบันเทิง การท่องเที่ยว และธุรกรรมต่าง ๆ

ระบบดิจิทัลเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในการทำงานของอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากสามารถพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีข้อดีคือมีความรวดเร็วในการทำงานกับระบบงานที่มีความซับซ้อน มีการประมวลผลได้รวดเร็ว และมีความแม่นยำ การออกแบบสามารถสร้างได้โดยราคาไม่แพง แก้ไขได้ใจ และมีความสะดวกในการทำงาน ซึ่งปัญหาที่ต้องสร้างสื่อการเรียนรู้วงจรดิจิทัล เนื่องจาก การเรียนรู้วงจรดิจิทัลโดยทั่วไปแล้ว ไม่สามารถจะเห็นผลลัพธ์ได้ทันที ทำให้การเรียนรู้เข้าใจได้ยาก ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยเห็นว่าการสร้างแอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟนนั้นสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนวิชาการออกแบบดิจิทัล ซึ่งนักศึกษาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการเรียนมากยิ่งขึ้นในงานวิจัยนี้จะมีการสร้างแอปพลิเคชันจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งจะมีการจำลองลอจิกเกต Inverter, OR, AND, NAND, NOR, EXCLUSIVE-OR, EXCLUSIVE-NOR, Multiplexer, และวงจร Flip-Flop (Katz, R. H., 2005)

แอปพลิเคชันประเภทนี้ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยของ Kehtarnavaz et al.

(Kehtarnavaz, N., Parris, S., & Sehgal, A., 2015) ได้มีการออกแบบโปรแกรม Digital Signal Processing เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชา Signal Processing ซึ่งสามารถทำงานอยู่บน Smartphone โดยสามารถทำงานได้ทั้งบน iPhone และระบบปฏิบัติการ Android

งานวิจัยของ Peshin, S. et al. (Peshin, S., 2015) ได้มีการสร้างโปรแกรมจำลองระบบ PV array ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และส่งข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ งานของ Hassan, H. et al. (Hassan, H., 2013) ได้มีการนำเสนอแอปพลิเคชันที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือสำหรับมัลติมีเดีย การจำลองการออกแบบเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

งานวิจัยของ Liu, J. et al. (Liu, J., 2011) ได้มีการแอปพลิเคชันการจำลอง Signal Processing ทั้งอุปกรณ์ iOS และ Android โดยใช้ i-DSP ซึ่งสามารถจำลองฟังก์ชันได้หลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้งานของ Ranganath, S. (Ranganath, S., 2015) ได้มีการทำแอปพลิเคชันบนปฏิบัติการ android เพื่อจำลองการทำงานของ DSP เช่นเดียวกัน

งานวิจัยด้านการจำลองการทำงานของดิจิทัล เช่น งานวิจัยของ Magdin, M. et al. (Magdin, M., 2012) ได้มีการจำลองการทำงาน LogicSim ลงบน Moodle โดยใช้ Java Applet ซึ่งสามารถทำงานได้บน Web browser ที่รองรับการทำงานของ Java

งานวิจัยของ Potts, J. (Potts, J., 2011) ได้มีการนำเอาเนื้อหาของระบบดิจิทัลไปพัฒนาบน แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ android และ iOS นอกจากนี้งานของ de Moura Oliveira, P. B. (de Moura Oliveira, P., 2015) ได้มีการนำเอาเนื้อหาการทำ Logic control และ process control ไปพัฒนาลงบนระบบปฏิบัติการ android และ iOS

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่น่าสนใจเช่น งานวิจัยของ สุทธิกานต์ พรหมมานพ (สุทธิกานต์, 2018) ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาหมายเลขโทรศัพท์ สถานที่ราชการจังหวัดพิษณุโลกบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งความพึงพอใจของแอปพลิเคชันโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี

ในบทความนี้กล่าวถึงเนื้อหาตามลำดับดังนี้ วัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งหัวข้อนี้จะแสดงถึงวัตถุประสงค์การทํารว้จย จากนั้นจะนำเสนอเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานวิจัย เพื่ออธิบายขั้นตอนการทํารว้จย และวิธีการทดลอง จากนั้นจะมีการนำเสนอผลการทดลองที่ได้ และจะมีการสรุป อภิปรายผลเป็นส่วนสุดท้าย และแนวทางในการพัฒนาต่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในงานวิจัยขั้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการแอปพลิเคชันจำลองการทำงานระบบดิจิทัลบนสมาร์ตโฟน ซึ่งสามารถนำมาเป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาการออกแบบวงจรดิจิทัล และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีการสร้างแอปพลิเคชันการจำลองการทำงานวงจรดิจิทัล โดยใช้ระบบสัมผัสบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งจะมีการออกแบบหน้าต่างการทำงานของแอปพลิเคชัน ฟังก์ชันส่วน อินพุต เอาท์พุต ลอจิกเกต ฟลิปฟลอป มัลติเพล็กซ์เซอร์ ซึ่งจะมีการทดสอบการทำงานเพื่อไม่ให้มีข้อผิดพลาดของแอปพลิเคชัน โดยหลังจาก

ทดสอบจะมีการหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยมีกลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 50 คน โดยสุ่มตั้งแต่ชั้นปีที่ 2-4

การออกแบบหน้าต่างการทำงานของแอปพลิเคชัน จะต้องมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ดังต่อไปนี้

- 1) อินพุต (Input)
- 2) เอาท์พุต (Output)
- 3) ลอจิกเกต (Logic Gate)
- 4) ฟลิปฟลอป (FlipFlop)
- 5) มัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexers)

ซึ่งการออกแบบแอปพลิเคชันจะต้องมีการเชื่อมต่อจากอินพุต ไปยังลอจิกเกต ฟลิปฟลอป หรือ มัลติเพล็กซ์เซอร์ จากนั้นเชื่อมต่อไปยังเอาท์พุตดังภาพที่ 1 โดยการออกแบบหน้าต่างตัวเลือกการทำงานของแอปพลิเคชันนั้นจะต้องปรับขนาดหน้าต่างเท่ากับขนาดของสมาร์ตโฟน ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ดังภาพที่ 2 ภายในตัวเลือกอินพุต จะประกอบไปด้วยสัญญาณลอจิก 0 และ 1 นอกจากนี้ยังมีการนำสัญญาณนาฬิกา 0.5 Hz และ 1 Hz เข้ามาร่วมด้วย หน้าตัวเลือกเอาท์พุต โดยจะประกอบไปด้วยหลอดไฟ (Lamp) และเซเวนเซกเมนต์ (7-segment) ตัวเลือกลอจิกเกต จะประกอบไปด้วย AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR และ NOT เกต ในตัวเลือกฟลิปฟลอป ประกอบไปด้วย D-Flip Flop, T-Flip-Flop, RS-Flip Flop และ JK-Flip Flop หน้าต่างตัวเลือกมัลติเพล็กซ์เซอร์ ซึ่งประกอบไปด้วย 2:1 และ 4:1 มัลติเพล็กซ์เซอร์



ภาพที่ 1 ภาพรวมการออกแบบแอปพลิเคชัน
ที่มา : อภิลิทธิ์ รัตนตรานูรักษ์. (2559) วาดภาพ



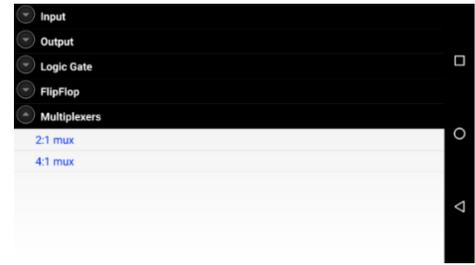
ภาพที่ 2 หน้าต่างตัวเลือกการทำงานแอปพลิเคชัน
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 6 หน้าต่างตัวเลือกหน้าฟลิปฟลอป
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



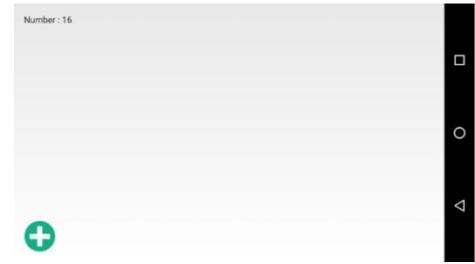
ภาพที่ 3 หน้าต่างตัวเลือกหน้าอินพุต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



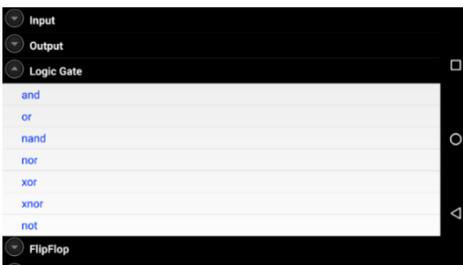
ภาพที่ 7 หน้าต่างตัวเลือกหน้ามัลติเพล็กซ์เซอร์
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 4 หน้าต่างตัวเลือกหน้าเอาท์พุต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 8 หน้าต่างการจำลองวงจรดิจิทัล
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 5 หน้าต่างตัวเลือกหน้าลอจิกเกต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)

ในการใช้งานแอปพลิเคชันนั้นสามารถทำงานได้โดยกดสัญลักษณ์ + บนหน้าติดต่อผู้ใช้ จากนั้นจะมีเมนูเครื่องมือต่าง ๆ ขึ้นมาให้ผู้ใช้เลือก ซึ่งทำให้ภายในหน้าจอสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ซึ่งกระบวนการสร้างแอปพลิเคชันข้างต้นได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 ถึง 8

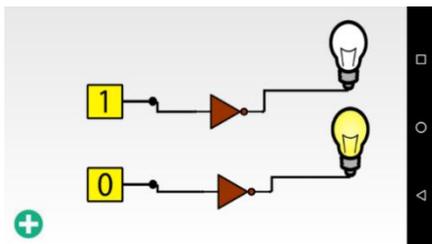
การสร้างแอปพลิเคชันนั้นจะต้องออกแบบฟังก์ชันในหลายฟังก์ชันไม่ว่าจะเป็น ฟังก์ชันการเลือกลอจิกเกต ซึ่งจะมีการสร้างวัตถุเกตในรูปแบบ

ต่าง ๆ ฟังก์ชันการเชื่อมลอจิกเกต ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบจุดที่เชื่อมต่อได้ของเกต แสดงจุดของเกต จากนั้นเลือกเชื่อมจุดที่ 1 และตรวจสอบจุดที่ 2 นอกจากนี้จะต้องมีการตรวจสอบจุดที่เชื่อมต่อจะต้องมีข้อกำหนดอินพุต เอาท์พุต ที่ถูกต้อง ฟังก์ชันการย้ายลอจิกเกต จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งของวัตถุ และตรวจสอบจุดเชื่อมของวัตถุ โดยสายไฟที่ต่อเชื่อมกับวัตถุ จะต้องเลื่อนตามวัตถุไปด้วย

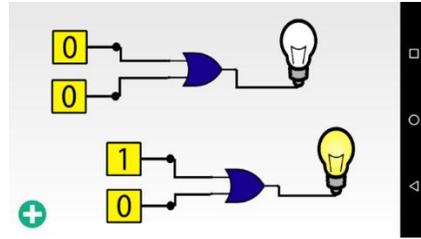
ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะมีการนำซอฟต์แวร์พัฒนาลงบนสมาร์ตโฟน โดยใช้ภาษาจาวา (Gosling, J., 2000) และพัฒนามบน Android Studio (Rogers, R., 2009) (Studio, A.,2017) โดยจะมีการใช้ Motorola Nexus 6 ซึ่งเป็นสมาร์ตโฟนมาตรฐานในการพัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งลงระบบปฏิบัติการเวอร์ชัน 5.0.1 และ ASUS_T00Q ซึ่งลงระบบปฏิบัติการเวอร์ชัน 4.4.2

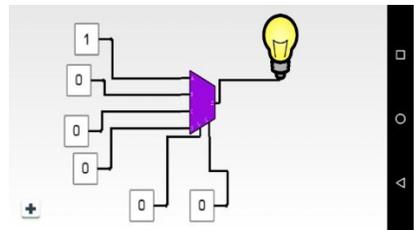
ในการทดลองนั้นผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบผลการทดลองในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR, 2:1, 4:1 Multiplexer, RS, JK, D และ T FlipFlop โดยตัวอย่างดังภาพที่ 9 ถึง 12 จะแสดง NOT, OR เกต 4:1 มัลติเพล็กซ์เซอร์ และ JK Flipflop



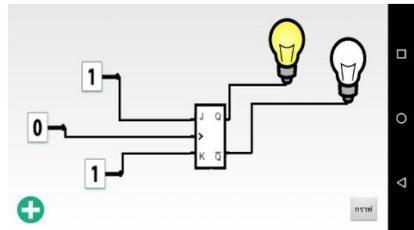
ภาพที่ 9 ค่าผลลัพธ์ของ NOT เกต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 10 ค่าผลลัพธ์ของ OR เกต
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



ภาพที่ 11 ค่าผลลัพธ์ของ 4:1 มัลติเพล็กซ์เซอร์
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)



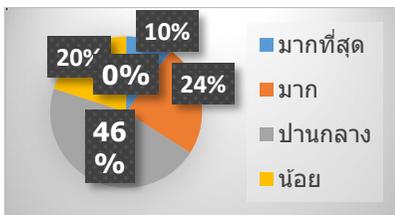
ภาพที่ 12 ค่าผลลัพธ์ของ JK FlipFlop
ที่มา : ณรงค์เดช เมธาวี (2560)

ในงานวิจัยชิ้นนี้มีการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชัน โดยมีการสำรวจจากนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 50 คน แบ่งออกเป็น นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 30 นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 30 นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 20 และนักศึกษที่สำเร็จการศึกษาแล้ว ร้อยละ 20 ซึ่งสำรวจนักศึกษาเพศหญิงร้อยละ 56 และชาย ร้อยละ 44 ดังตารางที่ 1

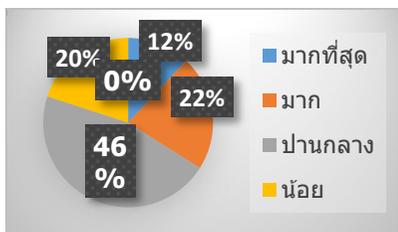
ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างในการสำรวจ

ชั้นปีที่	จำนวน (คน)	ร้อยละ
2	15	30
3	15	30
4	10	20
สำเร็จการศึกษาแล้ว	10	20

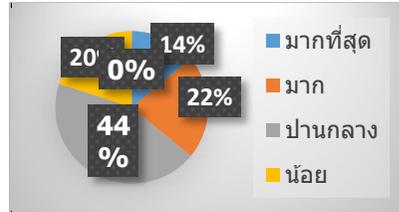
จากการสำรวจ ระดับความพึงพอใจในหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายต่อการเลือกใช้งานฟังก์ชันที่ต้องการได้ แอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ แอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว แอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย การวางตำแหน่งของวัตถุภายในแอปพลิเคชันสามารถวางได้อย่างเหมาะสม แสดงดังภาพที่ 13 ถึง 17



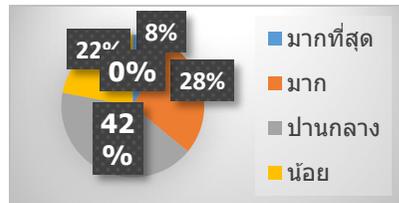
ภาพที่ 13 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายในการเลือกใช้งานฟังก์ชันที่ต้องการ
ที่มา : อภิสสิทธิ์ รัตนตราอนุรักษ์. (2560)



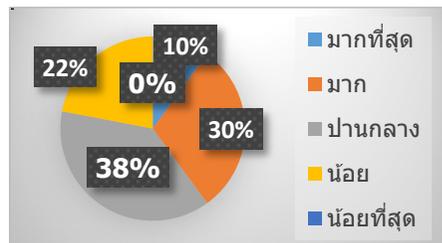
ภาพที่ 14 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้อง
ที่มา : อภิสสิทธิ์ รัตนตราอนุรักษ์. (2560)



ภาพที่ 15 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว
ที่มา : อภิสสิทธิ์ รัตนตราอนุรักษ์. (2560)



ภาพที่ 16 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย
ที่มา : อภิสสิทธิ์ รัตนตราอนุรักษ์. (2560)



ภาพที่ 17 ความพึงพอใจหัวข้อแอปพลิเคชันมีการวางตำแหน่งฟังก์ชันได้อย่างเหมาะสม
ที่มา : อภิสสิทธิ์ รัตนตราอนุรักษ์. (2560)

สรุปและอภิปรายผล

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันการจำลองการทำงานวงจรดิจิทัลบนสมาร์ตโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งประกอบไปด้วยหน้าจอ ฟังก์ชันส่วนอินพุต เอาท์พุต ลอจิกเกต ฟลิปฟล็อป มัลติเพล็กซ์เซอร์ ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้องทุกฟังก์ชัน ซึ่งการพัฒนานั้นจากการทดสอบความผิดพลาดของแอปพลิเคชัน ปรากฏว่าไม่มีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นหลังจากที่มีการ

พัฒนาแอปพลิเคชัน สามารถแสดงผลลัพท์โดยภาพรวมได้อย่างถูกต้อง

จากการสำรวจความพึงพอใจในหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายต่อการเลือกใช้งาน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.24 ในหัวข้อนี้กลุ่มที่มีความพึงพอใจมากที่สุดและมาก รวมกันถึงร้อยละ 34 ซึ่งถือว่าแอปพลิเคชันค่อนข้างใช้งานง่าย ความพึงพอใจในหัวข้อแอปพลิเคชันมีความง่ายต่อการเลือกใช้งานฟังก์ชันที่ต้องการ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.26 ในหัวข้อนี้กลุ่มที่มีความพึงพอใจมากที่สุดและมาก รวมกันคิดเป็นร้อยละ 34 ซึ่งถือว่าแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบแอปพลิเคชันนั้นสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้อง หัวข้อแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.3 ในหัวข้อนี้ กลุ่มที่มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด และมาก คิดเป็นร้อยละ 36 นั่นคือกลุ่มตัวอย่างเห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว หัวข้อแอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.22 ในหัวข้อนี้กลุ่มตัวอย่างที่มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด และมาก คิดเป็นร้อยละ 36 นั้นหมายถึง แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถเข้าใจได้ไม่ยากนัก หัวข้อตำแหน่งการจัดวางฟังก์ชันมีความเหมาะสม กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 3.28 ในหัวข้อนี้กลุ่มตัวอย่างที่พึงพอใจในระดับมากที่สุด และมาก รวมกันคิดเป็นร้อยละ 40 ซึ่งนั่นหมายความว่าแอปพลิเคชันมีส่วนติดต่อผู้ใช้ เข้าใจได้ค่อนข้างง่าย ซึ่งสัมพันธ์กับหัวข้อแอปพลิเคชันสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยแอปพลิเคชันที่

พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลลัพท์ที่ได้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

References

- de Moura Oliveira, P. B. (2015, March). Teaching automation and control with App Inventor applications. In **Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, 2015 IEEE (pp. 879-884). IEEE.
- Gosling, J. (2000). **The Java language specification**. Addison-Wesley Professional.
- Hassan, H., Martinez-Rubio, J. M., Perles, A., Capella, J. V., Dominguez, C., & Albaladejo, J. (2013). Smartphone-based industrial informatics projects and laboratories. **IEEE transactions on industrial informatics**, 9(1), 557-566.
- Katz, R. H., & Borriello, G. (2005). **Contemporary logic design**. Chicago.
- Kehtarnavaz, N., Parris, S., & Sehgal, A. (2015). Smartphone-Based Real-Time Digital Signal Processing. **Synthesis Lectures on Signal Processing**, 7(1), 1-157.
- Liu, J., Spanias, A., Banavar, M. K., Thiagarajan, J. J., Ramamurthy, K. N., Hu, S., & Zhang, X. (2011, October). Work in progress—Interactive signal-processing labs and simulations on iOS devices. In **Frontiers in Education Conference (FIE)**, 2011 (pp. F2G-1). IEEE.

- Magdin, M., Cápay, M., & Halmeš, M. (2012, November). Implementation of LogicSim in LMS moodle. In Emerging eLearning Technologies & Applications (ICETA), **2012 IEEE 10th International Conference on** (pp. 57-59). IEEE.
- Peshin, S., Ramirez, D., Lee, J., Braun, H., Tepedelenlioglu, C., Spanias, A., ... & Srinivasan, D. (2015). A photovoltaic (PV) array monitoring simulator. In **Modeling, Identification, and control, int. conf. on**, Innsbruck, Austria.
- Potts, J., Moore, N., & Sukittanon, S. (2011, March). Developing mobile learning applications for electrical engineering courses. In Southeastcon, 2011 **Proceedings of IEEE** (pp. 293-296). IEEE.
- Ranganath, S., Thiagarajan, J. J., Ramamurthy, K. N., Hu, S., Banavar, M., & Spanias, A. (2015). **Undergraduate signal processing laboratories for the android operating system**. arXiv preprint arXiv:1502.07026.
- Rogers, R., Lombardo, J., Mednieks, Z., & Meike, B. (2009). **Android application development: Programming with the Google SDK**. O'Reilly Media, Inc..
- Studio, A. (2016). **the official IDE for Android**. Android Studio. URL: <https://developer.android.com/studio/index.html>.
- Suttikan Phrommanop. (2017). The development of applications for the phone number the government in Phitsanulok. **The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University**, 5(1), 66-73.

**การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก
เป็นดินเทียม ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและการวิเคราะห์
การถดถอยเชิงพหุคูณตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ดารณี ธนวัฒน์¹, ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา²**

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม 2) เพื่อพยากรณ์ระดับความพึงพอใจและวิเคราะห์ความสำคัญตามหลักการออกแบบของผู้บริโภค โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงสำรวจ

ประชากร คือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม ในโครงการแปรรูปสภาพขยะ จำนวน 389 คน (สมาชิกในกลุ่มและผู้สนใจ, 2560) โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม ในโครงการแปรรูปสภาพขยะ จำนวน 300 คน (การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบลำดับชั้น) ใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ค่าดัชนีความสอดคล้อง คือ 0.611

พบว่า ผลลัพธ์จากเทคนิค AHP ในการวิจัยเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมด้วยเทคนิคลูกกลิ้งความร้อน จากเกณฑ์พิจารณา 6 ด้าน จำนวน 3 รูปแบบแนวความคิด นั้นแนวความคิดที่ 2 เหมาะสมในการนำมาประยุกต์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกมากที่สุด ที่ระดับ 0.20 นำค่านัยสำคัญจากกระบวนการวิเคราะห์ AHP จากกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ (N=6) เรียงลำดับค่าความสำคัญต่อกระบวนการพัฒนา คือ ประโยชน์ใช้สอย (0.377), ราคาต้นทุน (0.21), ความสวยงาม (0.151), แข็งแรงทนทาน ขนส่ง (0.123), จำหน่าย (0.09) และกระบวนการผลิต (0.048) โดยนำผลมาวิเคราะห์ด้วย Factor Analysis สำหรับการสกัดปัจจัยสามารถอธิบายความผันแปรของทุกตัวแปรสะสม (Cumulative Sum of squared loading) เท่ากับ 75.879 เปอร์เซ็นต์ และ Factor ที่ 1 อธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้สูงสุด คือ 33.491 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ได้แก่ วัสดุและการประกอบมีความคงทนและแข็งแรง (C3), ผลิตภัณฑ์มีรูปลักษณะที่สวยงาม (C4), ราคามีความเหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (C9), ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีคุณภาพ (C10) นำผลปัจจัยมาพัฒนาผลิตภัณฑ์และประเมินต้นแบบ พบว่า ระดับความพึงพอใจของผู้บริโภค (Y) ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจด้านราคา (X₁) ด้านความสวยงาม (X₂) และ ด้านประโยชน์ใช้สอย (X₃) จากสมการคาดการณ์ $\hat{Y} = -3.010 + 1.539X_1 + 0.397X_2 + 0.112X_3$

คำสำคัญ : ปัจจัย, การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น, การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ, ออกแบบผลิตภัณฑ์

Study of Influenced Factors Affecting to the Designing of Wet Waste Transformer into Artificial Soil by Using of Hierarchical and Multiple Regression Analysis with the Designing Principle of Industrial Products

Daranee Thanawat¹, Songwut Egwutvongs²

^{1,2}Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This research has the objectives as this following: 1. To study of influenced factors affecting to the designing procedure of wet waste transformer into artificial soil 2. To predict of the satisfaction level and the importance analysis with designing principle of the consumers.

In this case, it has studied for the development of wet waste transformer into artificial soil with the populations that are the customer group with totally for 389 people who are interested in the wet waste transformer into artificial soil. Besides, this is involving with the project of rubbish transforming and rubbish advantage applying from total numbers of the members and the interested people in A.D. 2018. In this case, the group sample is the customer group who is interested in the wet waste transformer into artificial soil in the rubbish transformer and rubbish advantage applying project totally with 300 people. On the same way, it has applied the method of stratified random sampling by using the Rating Scale with the congruence index value at 0.611. According to the result, it was found as this following : The result from using AHP technique with testing of wet waste transformer into artificial soil by using hot rolling technique. With this case, it has considered from 6 fields standard with using for three concept idea patterns as the level of 0.20. Therefore, it has brought for the significance value from AHP analyzing procedure by the expert group as N=6 as well as ordering the importance values affecting to the development procedure that are the applying advantages as 0.377, cost prices as 0.21, beauty as 0.151, strength in transportation as 0.123, selling as 0.09 and production procedure as 0.048 by bringing the analyzing result of factor analysis to apply.

According to the detail of cumulative sum for squared loading, it was equal to 75.879 percent and the first factor explains about the variance of information as the highest level that is in 33.491 percent as well as the second important factors for the customers that are such as the strong and durable materials and assembling (C3) , the beautiful image of products (C4) , the suitable prices with the product quality

(C9) and the advantage applying for the products in quality way (C10). After that, it should bring for the factor result to develop of the products and take assessment for the models. As the result, it was found that the satisfaction level of the customers or Y is relying on the price satisfaction or X_1 in beauty field or X_2 including with the advantage applying field or X_3 according to the expectation solution or $\hat{Y} = -3.010+1.539X_1+0.397X_2+0.112X_3$.

Keywords : Factor, Analytic Hierarchy Process, Multiple Linear Regression, Product Design

บทนำ

การวิจัยในครั้งนี้เกิดขึ้นจากการต่อยอดผลลัพธ์ของการวิจัย “การศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรรูปพริกขี้หนูเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์” ที่ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559 ตามสัญญาเลขที่ A118-59-027 ผลลัพธ์คือ กระบวนการแปรรูปพริกขี้หนูและเครื่องจักรต้นแบบ จำนวน 2 เครื่อง (ดังภาพประกอบที่ 1) ขึ้นจัดจำหน่ายและบรรจุภัณฑ์ดินเทียมจากพริกขี้หนู จำนวน 21 ชิ้นงาน และได้ทำการยื่นขอจดสิทธิบัตรทางการออกแบบ จำนวน 6 ชิ้นงาน พบว่า ดินเทียมจากเศษอาหารทั้ง 3 สูตรนั้นมีค่าความชื้นอยู่ที่ 4.58 2.97 และ 6.36 มีค่าดัชนีการงอกอยู่ที่ 80.07 90.15 และ 95.90 ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่พบคือ 0.80 1.32 และ 1.49 % ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่พบคือ 0.41 2.19 และ 1.23 % ปริมาณของธาตุโพแทสเซียมที่พบคือ 0.85 1.04 และ 1.47 % มีค่า pH อยู่ที่ 8.35 7.36 และ 8.13 ตามลำดับ ซึ่งดินเทียมจากเศษอาหารสามารถมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับดินผสมการค้า ในส่วนดินเทียมจากเศษอาหารเพื่อปลูกต้นไม้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อให้สิ่งแวดล้อมสวยงาม ลดปริมาณขยะมูลฝอย



ภาพที่ 1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ระยะที่ 1 เพื่อประเมินผลพยากรณ์และพัฒนาในระยะที่ 2

ดังนั้นกระบวนการวิจัยเครื่องแปรรูปพริกขี้หนูแบบลูกกลิ้งความร้อนครั้งนี้มีแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตและต่อยอดทางด้านเศรษฐกิจและทางการช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนเข้าสู่สภาพแวดล้อม

ตามแนวคิด “คาร์บอนเครดิต” ที่เป็นการบริหารจัดการการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกผ่านกระบวนการที่มีความสมบูรณ์ทั้งทางการจัดการขยะเปียกได้อย่างครบวงจรและลดแรงงาน (นิรมล สุธรรมกิจ, 2552) ตลอดจนค่าใช้จ่ายในกระบวนการ เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้งานของภาคเอกชน ส่งเสริมให้เกิดการลดปริมาณของเสียประเภทขยะเปียกด้วยวิธีการแปรรูปขยะเปียกได้ด้วยตนเองและยังสามารถช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้ด้วยขยะเปียกที่แปรรูปเป็นดินเทียมแล้วให้กลับกลายเป็นดินที่มีความสมบูรณ์พร้อมเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชพรรณไม้ต่าง ๆ ถือเป็น การสร้างสรรค์ “กระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดตามพิธีสารเกียวโต” ที่มุ่งดำเนินงานในการสร้างความตระหนักรู้ต่อภาคธุรกิจและสังคมไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนถือเป็นการดำเนินงานเพื่อสังคมในการป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติทางธรรมชาติในอนาคต ผู้วิจัยมีความมุ่งหวังให้เกิดการใส่ใจของภาคประชาชนและภาคสังคมร่วมกันพัฒนากระบวนการจัดการสิ่งแวดล้อม การลดปัญหาขยะ ด้วยการมีส่วนร่วมของชุมชนหรือสังคมถือว่าการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน ที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการวิจัยมาประยุกต์ใช้เพื่อ “ปฏิบัติการสร้างสรรค์” ให้เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ (ทรงวุฒิ เอกวุฒินงศา, 2560 : 40-41) ที่มีความมุ่งหมายเพื่อการนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาร่วมสร้างสรรค์ ให้เกิดเป็นองค์ความรู้ที่ผสมผสานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยส่งผลกระทบต่อกระบวนการออกแบบเครื่องแปรรูปพริกขี้หนู
2. เพื่อพยากรณ์ระดับความพึงพอใจและวิเคราะห์ความสำคัญตามหลักการออกแบบ

ระเบียบวิธีวิจัย

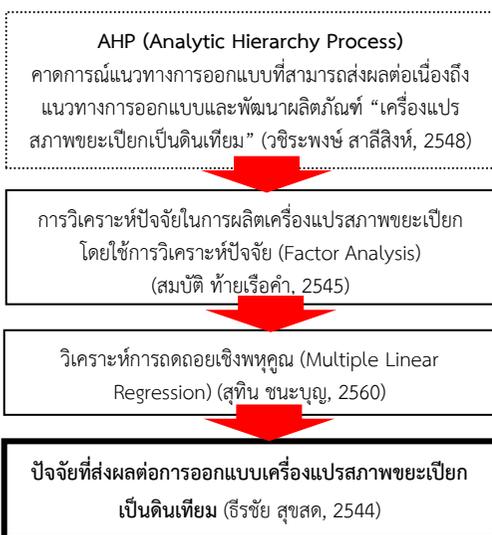
1. กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ก. กรอบแนวความคิดวัตถุประสงค์ที่ 1 ใช้แนวคิดการลดปริมาณขยะมูลฝอย ในส่วนขององค์ประกอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ดังนี้ 1) การลดปริมาณขยะมูลฝอยที่อาจเกิดขึ้น 2) การแปรสภาพและหมุนเวียนนำกลับมาใช้

ข. กรอบแนวความคิดที่วัตถุประสงค์ที่ 2 ใช้แนวคิดเรื่องหลักเกณฑ์การออกแบบ (นิรัช สุดสังข์, 2548) ในส่วนของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรม

2. ขอบเขตของการวิจัย กระบวนการดำเนินงานขั้นตอนวิจัยแบบผสมผสาน (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 กระบวนการดำเนินการวิจัย



1. ประชากร คือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม ในโครงการแปรสภาพขยะและใช้ประโยชน์จากขยะ จำนวน 389 คน (จำนวนสมาชิกในกลุ่มและผู้สนใจ, 2560)

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม

ในโครงการแปรสภาพขยะและใช้ประโยชน์จากขยะ จำนวน 300 คน (การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบลำดับขั้น)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

4. การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น เพื่อให้การวิเคราะห์ปัจจัยดำเนินไปด้วยความถูกต้อง จึงต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องจึงต้องทำการตรวจสอบข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งตรวจสอบความเหมาะสมของปัจจัย โดยค่า KMO ควรมากกว่า 0.6

2.2 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เป็นการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ : Multiple Linear Regression (สุทิน ชนะบุญ, 2560)

1. ประชากร คือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม ในโครงการแปรสภาพขยะและใช้ประโยชน์จากขยะ จำนวน 389 คน (สมาชิกในกลุ่มและผู้สนใจ, 2560)

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม ในโครงการแปรสภาพขยะและใช้ประโยชน์จากขยะ จำนวน 300 คน (การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบลำดับขั้น)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความคิดเห็น การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ค่าดัชนีความสอดคล้อง คือ 0.611 โดยการพิจารณาค่า p-value ในผลการวิเคราะห์กับใน ส่วนค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α ; นิยมกำหนดเกณฑ์ที่ 0.05)

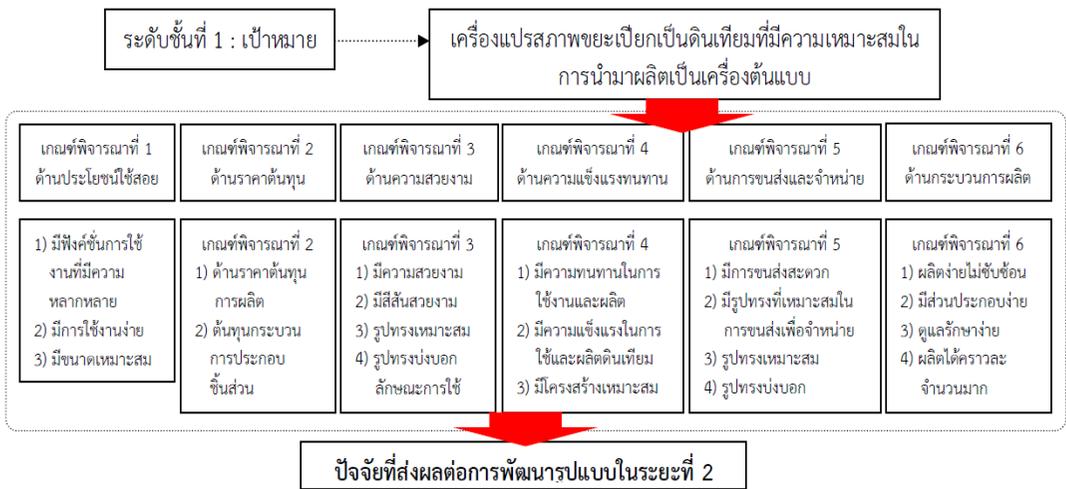
ผลการวิจัย

1. การวินิจฉัยเปรียบเทียบความสำคัญเกณฑ์การตัดสินใจเปรียบเทียบเกณฑ์ 6 เกณฑ์

โดยเปรียบเทียบรายคู่ ซึ่งเป็นรูปแบบของการเปรียบเทียบกำหนดเกณฑ์ค่าน้ำหนักรายคู่ด้วยเทคนิค AHP รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้บริโภคนับจำนวน 6 คน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบนัยยะเพื่อการศึกษาและพัฒนา (ดังแสดงตารางที่ 2)

2. ในพื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และโรงเรียนขนาดเล็กและขนาดใหญ่นั้นพบว่าปริมาณของเศษขยะเปียกนั้นมียังจำนวนมากและจะเหลือทิ้งในแต่ละวันจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัดโดยสามารถวิเคราะห์หาค่า Eigenvector (ดังแสดงตารางที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 2 ลำดับชั้นของโครงสร้างการตัดสินใจเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมที่พัฒนาใหม่ แผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจในการใช้งานเครื่องแปรรูปขยะที่พัฒนาใหม่



ตารางที่ 3 การคำนวณค่า Eigenvector

เกณฑ์การพิจารณา	เกณฑ์พิจารณา 1 ประโยชน์ใช้สอย	เกณฑ์พิจารณา 2 ราคาต้นทุน	เกณฑ์พิจารณา 3 ความสวยงาม	เกณฑ์พิจารณา 4 แข็งแรงทนทาน	เกณฑ์พิจารณา 5 ขนส่ง, จำหน่าย	เกณฑ์พิจารณา 6 กระบวนการผลิต	ผลรวม แนวนอน	ค่า Eigenvector
เกณฑ์พิจารณา 1 ประโยชน์ใช้สอย	0.40	0.57	0.60	0.19	0.33	0.17	2.26	0.377
เกณฑ์พิจารณา 2 ราคาต้นทุน	0.13	0.19	0.25	0.28	0.17	0.22	1.24	0.211
เกณฑ์พิจารณา 3 ความสวยงาม	0.06	0.06	0.08	0.37	0.17	0.17	0.91	0.151
เกณฑ์พิจารณา 4 แข็งแรงทนทาน	0.20	0.06	0.02	0.09	0.28	0.09	0.74	0.123
เกณฑ์พิจารณา 5 ขนส่ง, จำหน่าย	0.08	0.06	0.03	0.02	0.05	0.31	0.54	0.090
เกณฑ์พิจารณา 6 กระบวนการผลิต	0.13	0.04	0.02	0.05	0.01	0.04	0.29	0.048
ผลรวม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	1.000

พบว่า ลำดับที่หนึ่ง ด้านประโยชน์ใช้สอย ระดับ E=0.377 อันดับที่สอง ด้านราคาและต้นทุนการผลิต ระดับ E=0.211 อันดับสาม

ด้านความสวยงาม ระดับ E=0.151 อันดับสี่ ด้าน แข็งแรงและทนทาน ระดับ E=0.123 อันดับ ที่ห้า ด้านการขนส่งและการจำหน่าย ระดับ

ตารางที่ 6 กำหนดปัจจัยจาก Factor Analysis

ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ C3, C4, C9, C10
ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ C2, C6, C7, C12
ปัจจัยที่ 3 ได้แก่ C1, C8, C11
ปัจจัยที่ 4 ได้แก่ C5

การสกัดปัจจัยสามารถอธิบายความผันแปรของทุกตัวแปรสะสม เท่ากับ 75.879 % และ Factor ที่มีความสำคัญที่สุดคือ Factor ที่ 1 (ดังแสดงตารางที่ 6) เนื่องจากอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลตัวอย่างมากที่สุด คือ 33.491% ดังนั้นปัจจัยที่ผู้บริโภคเลือกในการผลิตเครื่องแปรรูปขยะเปียก ที่สำคัญที่สุดคือ C3, C4, C9, C10 ได้แก่ วัสดุและการประกอบมีความคงทนและแข็งแรง, ผลิตภัณฑ์มีรูปปลั๊กซิมที่สวยงาม, ราคามีความเหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์, ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีคุณภาพ เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาพัฒนาเครื่องต้นแบบตามแนวความคิดพัฒนาจากปัจจัยทั้ง 4 ด้าน ที่ได้จาก Factor Analysis เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างต้นแบบในระยยะที่ 2 โดยผ่านกระบวนการสร้างสรรค์และผสมผสานประโยชน์ใช้สอย (ทรงวุฒิ เอกวุฒิจวงศา, 2560 : 159)

4) นำผลลัพธ์จากการออกแบบและขึ้นต้นแบบระยยะที่ 2 แล้วมาประเมินค่าความพึงพอใจจากกลุ่มผู้บริโภค เพื่อใช้การพยากรณ์ระดับ

ความพึงพอใจและวิเคราะห์ความสำคัญตามหลักการออกแบบของผู้บริโภค (n=300) ความต้องการเลือกซื้อเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ พบว่า ความพึงพอใจ/ด้านประโยชน์ใช้สอย ได้ค่า Pearson Correlation= 0.716 และค่า p -value เข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ระดับความพึงพอใจ กับ ประโยชน์ใช้สอยมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้น

ความพึงพอใจ/ด้านความปลอดภัย ได้ค่า Pearson Correlation= 0.748 และค่า p -value เข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ระดับความพึงพอใจ กับ ด้านความปลอดภัยมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้น

ความพึงพอใจ/ด้านความสวยงาม ได้ค่า Pearson Correlation= 0.635 และค่า p -value เข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ระดับความพึงพอใจ กับ ด้านความสวยงามมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้น

ความพึงพอใจ/ด้านราคา ได้ค่า Pearson Correlation= 0.923 และค่า p -value เข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ระดับความพึงพอใจ กับ ด้านราคามีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้น

จากการทดสอบความสัมพันธ์ ด้วยวิธี Pearson พบว่า ระดับความพึงพอใจกับด้านต่างๆ คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความปลอดภัย และแข็งแรง ด้านความสวยงาม และด้านราคา มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้น

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
3	Regression	155.480	3	51.827	661.624	.000 ^d
	Residual	23.186	296	.078		
	Total	178.667	299			

พบว่าค่า F-test เท่ากับ 661.624 และค่า p-value เข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.0$ สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระมีความแตกต่างจากศูนย์ (ดังแสดงตารางที่ 7) จึงสามารถวิเคราะห์หาสมการถดถอยเชิงพหุคูณ และคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีการ Stepwise เป็นการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณ และใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธี Stepwise พบว่า model ที่จะถูกนำมาใช้คือ model ที่ 3 ซึ่งตัวแปรที่อยู่ในสมการ คือ ความพึงพอใจด้านราคา (X_1) ด้านความสวยงาม (X_2) และด้านประโยชน์ใช้สอย (X_3) ซึ่งสมการที่ได้ คือ

$$\hat{Y} = -3.010 + 1.539X_1 + 0.397X_2 + 0.112X_3$$

จาก model พบว่า ระดับความพึงพอใจของผู้บริโภค (Y) ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจด้านราคา (X_1) ด้านความสวยงาม (X_2) และด้านประโยชน์ใช้สอย (X_3) โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญในด้านราคามาเป็นอันดับแรก เนื่องจากค่า Standardized Beta สูงสุด คือ 0.882 รองลงมา คือ ด้านความสวยงามซึ่งได้ค่า Standardized Beta เท่ากับ 0.168 และพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับด้านประโยชน์ใช้สอยน้อยที่สุด ซึ่งได้ค่า Standardized Beta เท่ากับ 0.072 ซึ่งสมการถดถอยที่ได้นี้เมื่อทำการตรวจสอบปัญหาความสัมพันธ์กันของตัวแปรอิสระ พบว่า ไม่เกิดปัญหานั้น เนื่องจากค่า VIF น้อยกว่า 10 ทุกค่า และค่า Tolerance ไม่เข้าใกล้ 0 ทุกค่า

สรุปและอภิปรายผล

กระบวนการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบเครื่องปรับอากาศขณะเป็ยักเป็นดินเทียมด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงการคิดลำดับขั้น : AHP (Analytic Hierarchy Process) กระบวนการวิเคราะห์หาค่า Eigenvector พบว่า ลำดับที่หนึ่ง

ด้านประโยชน์ใช้สอย อันดับที่สองด้านราคาและต้นทุนการผลิต อันดับที่สาม ด้านความสวยงาม สอดคล้องแนวความคิดของ (วราวุธ วุฒิวิชัย, 2546 : 57-76) ในด้านกระบวนการประเมินและขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลที่ส่งผลต่อระดับนัยสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ที่ปัจจัยที่คาดว่าจะมีความเหมาะสมเข้าสู่กระบวนการทดสอบปัจจัย

1. กระบวนการกำหนดปัจจัย Factor ที่มีความสำคัญที่สุด คือ Factor ที่ 1 (33.491%) ดังนั้นปัจจัยที่ผู้บริโภคเลือกในการตัดสินใจซื้อเครื่องปรับอากาศขณะเป็ยัก ที่สำคัญที่สุด คือ วัสดุและการประกอบมีความคงทนและแข็งแรง, ผลิตรถยนต์ที่มีรูปลักษณ์ที่สวยงาม, ราคาที่มีความเหมาะสมกับคุณภาพของผลิตรถยนต์, ผลิตรถยนต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีความสอดคล้องตามแนวคิดการวิเคราะห์ (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2540) ใช้การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวที่ส่งผลต่อการคาดการณ์ผลลัพ์ในอนาคต

2. จากผลลัพ์การวิจัยสอดคล้องตามแนวคิดในกระบวนการพยากรณ์ปัจจัยที่ส่งผลในอนาคตด้วยตัวแปรที่มีในปัจจุบันของ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546) พบว่า ระดับความพึงพอใจด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความปลอดภัยและแข็งแรง ด้านความสวยงามและด้านราคา มีความสัมพันธ์กัน การวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณใช้ model ที่ 3 ซึ่งตัวแปรที่อยู่ในสมการ คือ ความพึงพอใจด้านราคา ด้านความสวยงาม ด้านประโยชน์ใช้สอย

ข้อเสนอแนะ

กระบวนการวิจัยในครั้งนี้เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์เพื่อนำกระบวนการวิจัยในรูปแบบของสังคมศาสตร์ การตลาด เข้ามาร่วมผสมผสานเพื่อการออกแบบ อีกทั้งบทความวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้จากงบประมาณการวิจัยที่ได้รับจาก “โครงการกิจกรรมส่งเสริมและ

สนับสนุนต่อยอดสิ่งประดิษฐ์ไทย” ประเภททุน
กิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย ประจำปี
2560 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ซึ่งทำให้การผลิตต้นแบบและการทดสอบทางด้าน
ต่างๆ ประสบความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ
โดยเครื่องที่พัฒนาใหม่ได้รับความคุ้มครอง
ทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่สิทธิบัตร 62552 เมื่อ
วันที่ 6 มกราคม 2560

References

- Kalaya Wanitbancha. A.D. (2003). **High Level of Statistic Analysis by Using SPSS for Windows**. Edition 3rd. Thammasarn: Bangkok.
- Niramol Suthammakit. (2009). **Negotiation and Solving of Global Warming Problems in Thailand**. Phapphim Partnership: Bangkok.
- Nirat Sudsang. (2005). **Industrial Product**. Odeastore: Bangkok.
- Sombat Thairiakham. (2015). **Variences and Assumptions in Basic Research**. Thammasarn: Bangkok.
- Songwut Egwutvongsa. (2017). **Study and Evaluation of Design for Development a wet waste converting machine for artificial soil to Organic Agriculture : Using the Classification of Quality Function Development (QFD) and TRIZ40**. The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University. (Vol 5, No 2) : Bangkok.
- Suchat Prasitratasin. 1997. **Multiply Variance Analysis Technique for Social Science and Behavior Science Research**. Edition 4th. Liangchiang: Bangkok.
- Suthin Chanabun. (2002). **Frequency and Factors with the Relationships of Alcohol Drinking Consumption for People in Khonkhaen, Thailand**. Medical Achieve of Thailand Medical Council in Patronage of 98th Year with Copy No. 6 and Page No. (S34-S40) : Bangkok.
- Theerachai Suksod. (2001). **Industrial Product Designing**. OS Printing House: Bangkok.
- Wachirapong Saleesing. (2005). **Attitude Survey of Employees by Using Hierarchical Analysis**. Productivity World. Year 9th : Bangkok.
- Warawut Wuttiwanit. (2003) . **Making Decision by Using of Hierarchical Analysis**. Irrigation Engineering Alumni Association in Royal Patronage. January 4th, 2003. Page No. (57-76) : Bangkok.

การประมาณค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยดูออร์โพรราไรเซชันแบบซีแบนด์เรดาร์ ตรวจอากาศบริเวณภาคกลาง

กมล พรหมสาขา ณ สกลนคร¹, เศรษฐกาล โปร่งนุช²

¹ ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลเรดาร์และดาวเทียม สำนักพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการประมาณค่าฝนจากเรดาร์ตรวจอากาศดูออร์โพรราไรเซชันแบบซีแบนด์เรดาร์เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบข้อมูลให้มีความถูกต้องเสียก่อน (QC) เพื่อกำจัดข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลสัญญาณฝนออกไป จากนั้นทำการหาการประมาณค่าปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) Kriging และ Trend ตามลำดับ แล้วนำปริมาณฝนที่ได้แต่ละวิธีทำการเปรียบเทียบกับปริมาณฝนที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีอุตุนิยมวิทยาแล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่าทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการประมาณค่าฝนด้วยวิธี Kriging เป็นวิธีการประมาณค่าที่ดีที่สุด โดยมีค่าความสัมพันธ์ของการกระจายข้อมูลที่ดี และมีค่าความถูกต้องในการประมาณค่าปริมาณฝนได้แม่นยำกว่าวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) และ Trend ตามลำดับ

คำสำคัญ : การประมาณค่าน้ำฝน, เรดาร์ตรวจอากาศดูออร์โพรราไรเซชัน, วิธีการแทรก

Estimation of Spatial Rainfall from the Dual Polarization C-Band Radar over the Central of Thailand

Kamol Promasakha na Sakolnakhon¹, Sethakarn Prongnuch²

¹Meteorological Radar and Satellite Data Analysis Division, The Meteorological Department,

²Computer Engineering Department, Faculty of Industrial Technology,

Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This paper presents the comparison of the estimation of spatial rainfall from the dual polarization c-band radar over the central part of Thailand, radar orbital radar, with rainfall data from meteorological stations. In this study, the data were validated (QC) by eliminating non-rain data, and Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging and Trend, respectively, were used to determine the amount of precipitation, compared with the rainfall obtained from the meteorological stations. Statistical analysis was performed. The results show that the Kriging method is the best estimation method, giving a good correlation coefficient, and the accuracy of the estimation of rainfall is better than the Inverse Distance Weighted (IDW) and Trend, respectively.

Keywords : Spatial Rainfall Estimation, Dual Polarization Radar, Interpolation Methods

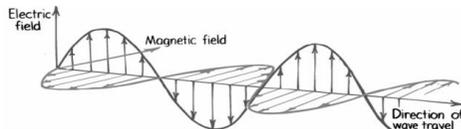
บทนำ

เทคโนโลยีเรดาร์ปัจจุบัน ในกิจการอุตุนิยมวิทยา โดยนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับ เครื่องเรดาร์ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ เรดาร์มากยิ่งขึ้น เช่น ใช้ตรวจจับบริเวณที่มี ฝนหรือฝนฟ้าคะนอง รายงานความแรงทิศทาง และความเร็วในการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝน ใช้ ตรวจและติดตามการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝน ใช้ ศูนย์กลางของพายุหมุน ใช้ตรวจหิมะ ลูกเห็บ เมฆ ใช้วิเคราะห์ทิศทางและความเร็วลมชั้นบนใน ระดับต่าง ๆ ช่วยในการเตือนภัยและเตรียมการ เรดาร์ตรวจอากาศได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้เป็น เครื่องมือปรับปรุงแทนการตรวจวัดตามสถานี ต่างๆ ซึ่งมีข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ หลักการของ เรดาร์ตรวจอากาศโดยการปล่อยคลื่นแม่เหล็ก ออกไปและตรวจวัดพลังของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ สะท้อนกลับ ซึ่งปริมาณน้ำในบรรยากาศเป็นไป ตามสมการที่ 1 (S. Koontanakulvong and et al., 2007)

$$P_r = \frac{C|K|^2Z}{r^2} \quad (1)$$

โดยที่ C คือ ค่าคงที่ของเรดาร์ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในเครื่องพลังงานส่งเสาอากาศ การส่ง พลังงาน เสาอากาศ ความกว้างของลำแสง ระยะเวลาในการเดินของซีพจร และผลรวมของ การสูญเสียทั้งหมด r คือ ช่วงเรดาร์ $|K|^2$ คือ ปัจจัย อิเล็กทริกขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพ ของเป้าหมาย Z คือ ปัจจัยที่สะท้อนแสงของเรดาร์

ประเทศไทยได้มีเรดาร์ตรวจอากาศแบบ- ดอปเปอร์โพลาไรเซชัน (Polarization Doppler Weather Radar) พัฒนาจากเรดาร์ตรวจอากาศ แบบดอปเปอร์ สามารถส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่ง ประกอบด้วยคลื่นในแนวนอน และแนวตั้ง แสดง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแนวแกนนอนและ แกนตั้ง ลักษณะการเคลื่อนที่ที่ต่างกันตามแกน ที่มา : S. Koontanakulvong and et al., 2007.

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณปริมาณ น้ำฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ ได้แก่ งานวิจัยเรื่อง แนวทางบูรณาการในการแก้ไขข้อผิดพลาดใน การประมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์แบบเวลาจริง นำเสนอ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย การนำข้อมูล จากเรดาร์ทั้งหมดมาใช้ แปลงค่าข้อมูลที่ได้เป็น ค่าความสัมพันธ์ Z-R และการทำ Bias-Correction (S. Chumchean and et al., 2006) ถัดมางานวิจัย เรื่องการศึกษาผลกระทบของความละเอียดของ มาตรฐานปริมาณน้ำฝนต่อความสัมพันธ์ Z-R (P. P. Mapiam and et al., 2009) และงานวิจัยการ วัดปริมาณฝน จากเครื่องวัด เรดาร์ภาคพื้นดิน และดาวเทียม เหนืออาณาเขตพินาย จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย (Wetchayont, and et al., 2013)

การศึกษาการประมาณปริมาณน้ำฝนด้วย เรดาร์ตรวจอากาศแบบดอปเปอร์โพลาไร-เซชัน ด้วยความสัมพันธ์ Z-R เลือกภูมิอากาศที่เหมาะสม จากข้อมูลหลายเหตุการณ์ จากสถานีตรวจวัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับนำมาใช้เพื่อป้องกัน อุทกภัยในประเทศไทย ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ครั้งนี้ เป็นข้อมูลเรดาร์ของสถานีตรวจวัด จังหวัด ชัยนาท เรดาร์ในตำแหน่งนี้เป็นแบบคูอร์โพราไร เซชันแบบ Plan Position Indicator (PPI) คือ การตรวจวัดข้อมูลทางแนวระดับโดยใช้มุมเงย เพียงมุมเดียว ซึ่งจะใช้ในการตรวจหากกลุ่มฝนที่ อยู่ในอากาศ และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนราย 15 นาที ทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าของแต่ละ วิธี คือ Inverse Distance Weighted (IDW), Kriging และ Trend เพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละวิธีกับ

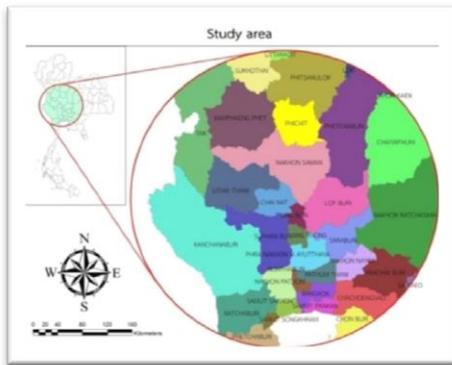
ค่าน้ำฝนที่ได้จากในแต่ละสถานี ที่รัศมีของเรดาร์ครอบคลุม ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการประมาณค่า นำไปประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประมาณค่าฝนเรดาร์ตรวจอากาศเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
2. เพื่อเปรียบเทียบการประมาณค่าฝนที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเรดาร์ ด้วยวิธี IDW, Kriging และ Trend กับค่าน้ำฝนที่ได้จากการตรวจวัดที่สถานีอุตุนิยมวิทยา
3. เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการประมาณค่าของแต่ละวิธี

พื้นที่ศึกษาและข้อมูล

1. พื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษาจากสถานีตรวจอากาศเรดาร์อุตุนิยมวิทยาชัยนาทตรวจวัด

พื้นที่ศึกษา ตามรัศมีของเรดาร์ตรวจอากาศชัยนาท จังหวัดชัยนาท ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 240 กิโลเมตร ดังภาพที่ 2 ตั้งแต่ $13.1^{\circ}N$ ถึง $17.9^{\circ}N$ และ $97.6^{\circ}E$ ถึง $102.2^{\circ}E$ ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่มีแนวภูเขาเป็นขอบด้านตะวันออกและตะวันตก ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบลุ่ม

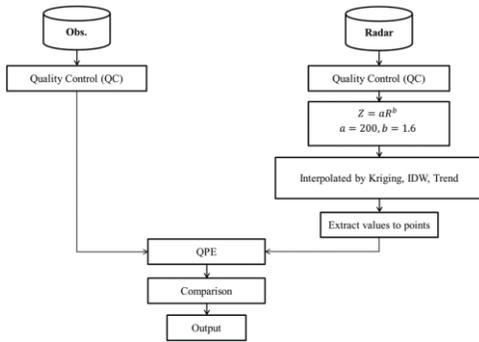
แม่น้ำ ซึ่งครอบคลุมสถานีตรวจวัด 238 สถานี 35 จังหวัด คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 157,331 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 98,333,560.38 ไร่

2. ข้อมูล

สำหรับข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดฝนอุตุนิยมวิทยาอัตโนมัติชัยนาทครอบคลุมพื้นที่รัศมี 240 กิโลเมตร จากศูนย์กลางที่สถานีเรดาร์ตรวจอากาศชัยนาทตรวจวัดมีจำนวน 238 สถานี และ 2) ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ แบบคูอร์โพรไรเซชันแบบ PPI ที่สถานีตรวจอากาศชัยนาทตำแหน่งละติจูด $16.4^{\circ}N$ และลองจิจูด $99.4^{\circ}E$ สูงจากระดับน้ำทะเล 210 เมตร เป็นการตรวจวัดข้อมูลทางแนวระดับ โดยใช้ 4 มุมยก ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.5 แบบซีแบนด์ ซึ่งจะใช้ในการตรวจหากลุ่มฝนที่อยู่ในอากาศ และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนราย 15 นาที ข้อมูลที่นำมาศึกษาระหว่างวันที่ 26-30 กันยายน 2557

กระบวนการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการบูรณาการด้วยการนำเทคโนโลยีทางด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์มาประยุกต์ใช้งานเพื่อทำการเปรียบเทียบ และการประมาณค่า ขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 3 เริ่มจากเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากจุดสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติและข้อมูลปริมาณน้ำฝนของเรดาร์จากกรมอุตุนิยมวิทยา ต่อมาดำเนินการควบคุมคุณภาพข้อมูลเรดาร์ (Quality Control: QC) ด้วยการเขียนโปรแกรมเพื่อกรองค่าช่วงคลื่นความถี่ที่ไม่ต้องการออก ขั้นตอนสุดท้ายประมาณค่า 3 วิธี คือ 1) IDW 2) Kriging และ 3) Trend และเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอัตโนมัติ โดยขั้นตอนในการศึกษาจะสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 3 ขั้นตอนในการศึกษาการประมาณค่า ปริมาณฝนเชิงพื้นที่ด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. เรดาร์ (Radio Detection And Ranging: Radar) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจับตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของเมฆ และพายุ โดยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปกระทบแล้วสะท้อนกลับมา แล้วคำนวณเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่คลื่นเดินทางออกไปแล้วสะท้อนกลับมา ทำให้ทราบว่ามีเมฆหรือพายุอยู่ห่างออกไปเท่าไร เครื่องรับ-ส่งเรดาร์มักจะถูกติดตั้ง ตำแหน่งที่ตั้งเดียวกัน แม้ว่าสัญญาณเรดาร์ที่สะท้อนกลับที่ถูกดักจับโดยสายอากาศรับสัญญาณมักจะอ่อนมาก แต่สามารถขยายให้มีความเข้มข้นได้โดยเครื่องขยายอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการที่ซับซ้อนมากขึ้นจากการประมวลผลสัญญาณยังใช้เพื่อกู้คืนสัญญาณเรดาร์ที่มีประโยชน์ การถูกดูดซึมอย่างอ่อน ๆ ของคลื่นวิทยุโดยสื่อตัวกลางที่มันเคลื่อนที่ผ่านไปเป็นสิ่งที่ช่วยให้ชุดเรดาร์ตรวจจับวัตถุในช่วงระยะสัมพันธ์ที่ยาวขึ้น ช่วงที่ซึ่งเป็นความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น แสง รังสีอินฟราเรด และ รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความเข้มข้นมากขึ้นไปให้เงาจางลง (S. Koontanakulvong and et al., 2007)

2. ความสัมพันธ์ Z-R (Z-R Relationship) คือ ความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนของเรดาร์

และสภาพอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ โดย $Z = 200R^{1.6}$ เป็นค่าที่ใช้ใน (J.S. Marshall and W.M. Palmer., 1989) และ (N. Areerachakul, et al., 2017) ดังสมการที่ 2

$$Z = aR^b \quad (2)$$

เมื่อ a และ b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ขึ้นอยู่กับสถานที่และความแตกต่างของภูมิอากาศ เช่น ฤดูกาล ประเภทของฝน เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้เป็นตัวแปรอิสระที่เกี่ยวกับปริมาณน้ำฝน

3. การแทรก (Interpolation) เป็นการนำค่าให้กับเซลล์ในราสเตอร์ (Raster) จากข้อมูลจุดตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด วิธีการแทรกค่า (Interpolation Methods) มีหลายวิธี ได้แก่ IDW, Natural Neighbors, Spline และ Kriging เพื่อสร้างพื้นผิวผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้งานในรูปแบบการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ ส่วนวิธีการสร้างพื้นผิวแบบ Trend นั้นต้องมีการเขียนโปรแกรมหรือคำสั่งเพื่อเรียกใช้วิธีการแทรกค่า ซึ่งแต่ละวิธี จะทำการสันนิษฐานว่าควรประมาณการค่าใด โดยจะขึ้นอยู่กับข้อมูลจริงที่มีอยู่และการกระจายตัวของจุดตัวอย่าง วิธีการแทรกค่าแต่ละแบบจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นผิวจริงแต่ละลักษณะ และให้ผลลัพธ์ต่างกันจากวิธีการแต่ละแบบด้วย

4. Inverse Distance Weighted (IDW) เป็นวิธีการแทรกค่าโดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังเซลล์ที่ต้องแทรกค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบลดลงตามระยะทางที่ไกลออกไปจากเซลล์ที่ต้องการแทรกค่า ดังนั้นจุดที่อยู่ใกล้กับเซลล์ที่ต้องการคำนวณค่าจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป โดยสามารถเจาะจงจำนวนจุดหรืออาจใช้ทุกจุดที่อยู่ในรัศมีที่กำหนด มาคำนวณทำให้เซลล์ผลลัพธ์ได้วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่ตัวแปรที่ใช้

การสร้างแผนที่มีการปรับค่าตามระยะทางจากจุดตัวอย่าง โดยหลักการคำนวณ IDW แสดงดังสมการที่ 3

$$Z_p = \frac{\sum_i \left(\frac{z_i}{d_{ij}^2} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{d_{ij}^2} \right)} \quad (3)$$

เมื่อ Z_i เป็นค่าของจุดที่ทราบค่า d_{ij} เป็นระยะทางจากจุดที่ทราบค่า Z_p เป็นจุดที่ไม่ทราบค่า n เป็นเลขยกกำลัง (1, 2, 3, ..., n) ข้อเสียของวิธี IDW เกิดจากการไม่สามารถทราบจำนวนจุดที่มีอิทธิพลต่อการเฉลี่ยค่าในการกระจายแบบสุ่มระยะทางแต่ละจุดที่ไม่เท่ากันของพื้นที่ศึกษา ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้จึงเหมาะกับข้อมูลที่ขึ้นกับระยะทาง (S Eiamprasert, 2011)

5. Kriging วิธีการแทรกน้มนิยมใช้ในกรณีที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ซึ่งมักจะใช้ทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา วิธีการแทรกค่าแบบ Kriging ใช้พื้นฐานจากแบบจำลองทางสถิติต่างๆ และเพิ่มการวิเคราะห์การเกี่ยวพันของข้อมูลโดยอัตโนมัติ (ความสัมพันธ์ทางสถิติของจุดที่วัดได้) เพราะวิธีการนี้มีประสิทธิภาพในการสร้างพื้นผิวล่วงหน้า (Prediction Surface) สามารถกำหนดความแน่นอน หรือความถูกต้องของพื้นผิวที่ทำนาย โดยทั่วไปแล้ว Kriging จะเหมือนกับ IDW ในเรื่องการกำหนดน้ำหนักให้กับจุดตัวอย่างแวดล้อมที่วัดได้ เพื่อสร้างการทำนายให้กับตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า สมการทั่วไปของเครื่องมือแทรกค่าทั้งสองในการหาผลรวมจากค่าน้ำหนักของข้อมูลมีดังสมการที่ 4

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (4)$$

โดย $Z(s_i)$ คือ ค่าของตำแหน่งที่ได้ ณ ตำแหน่งใดๆ λ_i คือ น้ำหนักที่ยังไม่ทราบค่าจากจุดที่ต้องการวัดค่า ณ ตำแหน่งใด ๆ s_0 คือ ตำแหน่งที่ต้องการทำนายค่า N คือ จำนวนของจุดทั้งหมดที่วัดค่า

6. Trend วิธีการแทรกค่าแบบนี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม ได้ด้วยการระบุลำดับของพีชคณิต ให้กับจุดตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องนำมาวิเคราะห์ วิธีการนี้ใช้ค่าจากเซลล์สามเหลี่ยมเล็กๆที่ ผ่านมาในการปรับค่าให้พอเหมาะแสดงดังสมการที่ 5

$$Z = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4y^2 + a_5xy \quad (5)$$

เมื่อ Z คือ ค่าที่จุด x ใด ๆ และ a คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณในสมการถดถอย ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพื้นผิวที่มีความแปรปรวนต่ำ สมพันธ์กับค่าที่ได้จากจุดตัวอย่างออกมาเป็นพื้นผิวต่อเนื่องกันตามแนวโน้มของข้อมูล โดยที่ความแตกต่างทั้งหมดระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณการ (ค่าความแปรปรวน) จะมีค่าน้อยมาก พื้นผิวที่ได้จึงไม่ต่างจากข้อมูลจริงจากจุดตัวอย่างมากนัก วิธีการหาด้วยแนวโน้มหรือ Trend ต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อเรียกใช้ เพราะไม่สามารถเรียกผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบการวิเคราะห์แบบ 3 มิติได้ (N. Areeerachakul, et al., 2017)

ค่าสถิติตรวจสอบความสัมพันธ์ และความถูกต้องของข้อมูล

วิธีการเปรียบเทียบมาตรฐานสำหรับการประเมินปริมาณน้ำฝนเกี่ยวข้องกับการคำนวณ เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง และเหมาะสมมีดังต่อไปนี้

1. Mean Absolute Error (MAE) ใช้วัดค่าเฉลี่ยของความแตกต่างกันระหว่างการประมาณการ

และสถานีวัดข้อผิดพลาดที่แน่นอนยังคงความแตกต่างในขนาดที่อื่นจะลดลงเนื่องจากความแตกต่างของค่าบวกและค่าลบจะยกเลิกกันในระดับหนึ่งช่วงของ MAE เป็น $0-\infty$ และคะแนนที่เหมาะสมเป็น 0

2. Root Mean Square Error (RMSE) มีความคล้ายคลึงกับ MAE ใช้วัดขนาดความผิดพลาดเฉลี่ยแต่มันทำให้น้ำหนักมากขึ้นข้อผิดพลาดใหญ่เนื่องจากมีตารางความแตกต่างก่อนที่จะรวมแรงค์ของ RMSE เป็น $0-\infty$ และคะแนนสมบูรณ์เป็น 0

3. Correlation Coefficient (CC) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือความสัมพันธ์เพียร์สัน การวัดความแรง และทิศทางของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรทั้งสองกำหนดให้เป็นความแปรปรวนร่วม ซึ่งอาจใช้ค่าใด ๆ ระหว่าง -1.0 และ 1.0

4. Probability of Detection (POD) ความน่าจะเป็นของการตรวจสอบ หรืออัตราส่วนของสังเกต 'ใช่' เหตุการณ์ที่คาดการณ์ไว้ว่าใช่ POD ช่วง 0-1 และให้คะแนน 1 หมายถึง การคาดการณ์ที่สมบูรณ์แบบคะแนนนี้มีความรวดเร็วต่อค่า hit แต่จะละเว้นเตือนที่ผิดพลาดซึ่งมีความสำคัญมากต่อความถี่ภูมิอากาศของเหตุการณ์

5. False Alarm Ratio (FAR) อัตราส่วนสัญญาณผิดพลาดคือการวัดส่วนของการคาดการณ์ 'ใช่' เหตุการณ์ที่จริง ยังไม่เกิดขึ้นช่วงนี้คะแนน 0-1 และคะแนน 0 หมายถึงการคาดการณ์ที่สมบูรณ์แบบคะแนนนี้มีความรวดเร็วในการเตือนที่ผิดพลาด แต่ไม่สนใจเหตุการณ์พลาดมันมีความสำคัญมากกับความถี่ภูมิอากาศของเหตุการณ์

6. Probability Of False Detection (POFD) ความน่าจะเป็นของการตรวจจับเท็จหรือ อัตราการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดเป็นส่วนของการตั้งข้อสังเกตเหตุการณ์ 'ไม่' ภาพไมโครเวฟ (TMI), เครื่องวัดพลังงานรังสีไมโครเวฟสำหรับระบบ

สังเกตการณ์โลก (AMSR-E), ภาพไมโครเวฟเซนเซอร์พิเศษ (SSMI), เซ็นเซอร์พิเศษไมโครเวฟที่ไม่ถูกต้องปรับเป็น 'ใช่' คะแนนช่วง 0-1 และคะแนนที่สมบูรณ์แบบเป็น 0 ในขณะที่มีความรวดเร็วต่อการเตือนที่ผิดพลาดจะไม่สนใจ รวมถึงเหตุการณ์เชิงลบที่ถูกต้องในสถานที่ของ hits (in FAR)

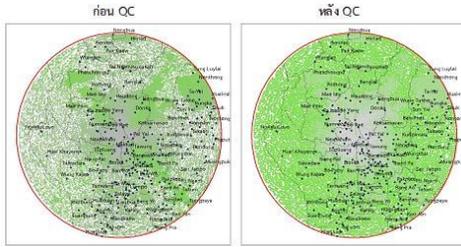
7. คะแนนดัชนีความสำเร็จที่สำคัญ (Critical Success Index: CSI) บอกให้ทราบถึงวิธีที่ดีที่สุดได้คาดการณ์เหตุการณ์ที่ 'ใช่' สอดคล้องกับข้อสังเกตเหตุการณ์ 'ใช่' ช่วงคะแนนนี้ 0-1 โดยที่ 0 บ่งชี้ที่ไม่มีทักษะและ 1 หมายถึงคะแนนที่สมบูรณ์แบบมันเป็นที่สุดถูกต้องเมื่อสิ่งที่ถูกต้องจะถูกเอาออกจากพิจารณา เช่น ดัชนีความสำเร็จเฉพาะเกี่ยวข้องกับคาดการณ์ที่นับคะแนนนี้มีความรวดเร็วต่อปริมาณขณะให้ค่า miss และ false alarm ดังตารางที่ 1 แสดงชุดของสถิติคะแนนจะถูกคำนวณบนพื้นฐานของตารางฉุกเฉินเด็ดขาดโดยที่เหตุการณ์ 'ใช่' ถูกกำหนดโดยปริมาณน้ำฝนมากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด (0.1 มิลลิเมตรต่อวัน) มิฉะนั้นจะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้ 'ไม่'

ตารางที่ 1 ตารางฉุกเฉินสำหรับการประมาณการประเภทของจุดที่จะชี้เหตุการณ์ ที่ใด a, b, c และ d จำนวนเหตุการณ์ที่สังเกตที่สูงกว่าเกณฑ์

Estimate	Observed		Total
	Yes	No	
Yes	a (hit)	b (false alarm)	$a + b$
No	c (miss)	d (correct rejection)	$c + d$
Total	$a + c$	$b + d$	$a + b + c + d = n$

ผลการศึกษา

1. ผลลัพธ์จากการ QC การทำ QC ทำโดยจัดรูปแบบข้อมูลและเลือกข้อมูลที่เป็นฝนจริง ๆ จากเซ็นเซอร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ QC แสดงดังภาพที่ 4 คือ ข้อมูลที่ไม่ใช่ฝนจะถูกกำจัดออกไป



ภาพที่ 4 ผลลัพธ์ก่อนและหลังการทำ QC

โดยความแตกต่างกันก่อนและหลังการทำ QC คือ ก่อนการทำ QC ข้อมูลจะเก็บในรูปของ Polygon ซึ่งจะเก็บค่าข้อมูลไว้ ส่วนหลังจากการทำ QC ข้อมูลจะอยู่ในรูปของตาราง ซึ่งต้องทำการสร้างจุดพิกัดขึ้นมาให้อยู่ในรูปแบบ Point โดยแต่ละจุดจะเป็นตำแหน่งเดียวกัน และมีค่าข้อมูลเดียวกัน ส่วน Attribute ของข้อมูล ก่อนและหลังการทำ QC จะมีความแตกต่างกัน โดยหลังการทำ QC จะทำให้ได้ค่าที่อยู่ในช่วงของค่าน้ำฝนจริง ๆ

2. ผลลัพธ์จากการประมาณค่าข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าข้อมูลด้วยวิธีทั้ง 3 วิธี และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้วยสมการถดถอย มีรายละเอียดดังนี้

ก) Kriging ผลจากการประมาณค่าฝนด้วยวิธี Kriging พบว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่ดี โดยมีค่า $R^2 = 0.7968$ และวิธีตรวจการประมาณค่าฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศกับข้อมูลจากการตรวจวัดที่สถานีด้วยค่าทางสถิติ ได้ค่า MAE=2.34, RMAE=4.48, และ CC=0.89 สำหรับวิธีตรวจการประมาณค่าฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศกับข้อมูลจากการตรวจวัดที่สถานีด้วยค่าโอกาสของการเกิดฝนที่ตรงกัน ได้ค่า POD = 0.38, TS = 0.38, FAR = 0.00 และ POFD = 0.00

ข) IDW ผลจากการประมาณค่าฝนด้วยวิธี IDW พบว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่ดี โดยมีค่า $R^2 = 0.5827$ และวิธีตรวจการประมาณ

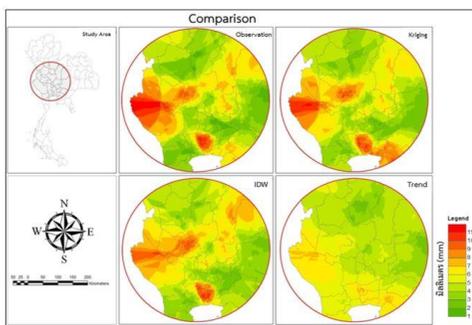
ค่าฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศกับข้อมูลจากการตรวจวัดที่สถานีด้วยค่าทางสถิติมีค่า MAE=2.80, RMAE=6.81 และ CC=0.76 สำหรับวิธีตรวจการประมาณค่าฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศกับข้อมูลจากการตรวจวัดที่สถานีด้วยค่าโอกาสของการเกิดฝนที่ตรงกัน มีค่า POD = 0.84, TS = 0.84, FAR = 0.01 และ POFD = 0.01

ค) Trend ผลจากการประมาณค่าฝนด้วยวิธี Trend พบว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์ที่ดี โดยมีค่า $R^2 = 0.5762$ และวิธีตรวจการประมาณค่าฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศกับข้อมูลจากการตรวจวัดที่สถานีด้วยค่าทางสถิติมีค่า MAE = 4.69, RMAE = 7.92 และ CC = 0.76 สำหรับค่าโอกาสของการเกิดฝนที่ตรงกัน มีค่า POD = 0.40, TS = 0.38, FAR = 0.09 และ POFD = 0.20

ตารางที่ 2 ค่าทางสถิติจากการประมาณค่า

Interpolation	R^2	MAE	RMAE	CC
Kriging	0.79	2.34	4.98	0.89
IDW	0.58	2.8	7.12	0.76
Trend	0.57	4.69	8.51	0.76

การเปรียบเทียบการประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศกับสถานีตรวจวัดที่รัศมีเรดาร์ตรวจอากาศชัยนาท จังหวัดชัยนาท แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนจากการประมาณค่าด้วยวิธี Kriging, IDW และ Trend ได้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่า R-Square ในช่วงค่า 0.57 - 0.79 ข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่าในแต่ละวิธี ทำให้ได้ค่าที่ต่างกัน ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับวิธีในการประมาณค่าของแต่ละวิธีซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงวันดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 5 และหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงบทสรุป



ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนที่ได้จาก สถานีตรวจวัดและการประมาณค่าเป็นรูปแบบ เดียวกัน แสดงเป็นภาพ

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการประมาณค่าปริมาณฝน ด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ โดยการหาความสัมพันธ์ ปริมาณฝนและความถี่ของคลื่นสะท้อนกลับ ของเรดาร์ตรวจฝน และทำการประมาณค่า ปริมาณค่า ปริมาณฝน เชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW, Kriging และ Trend มาเปรียบเทียบปริมาณฝน ที่ได้กับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดเพื่อหา ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากการประมาณค่าของแต่ละวิธี ผลปรากฏว่า Kriging เป็นวิธีการประมาณ ค่าที่ดีที่สุด โดยมีค่า MAE, RMSE, Correlation เท่ากับ 2.336, 4.984, 0.893 ตามลำดับ รองลงมา เป็นการประมาณค่าแบบ IDW และการประมาณ ค่าแบบ Trend เป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งสังเกตได้ จากค่า MAE, RMSE ซึ่งยังมีค่าน้อยความถูกต้อง ยิ่งมีมาก และค่า Correlation ซึ่งถ้าค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าใด ความสัมพันธ์ของข้อมูลยิ่งมีมาก

ดังนั้น การประมาณค่าฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการ ประมาณค่าฝนบริเวณภาคกลางของประเทศไทย ได้ เพื่อใช้ในการเฝ้าระวัง ติดตาม และพยากรณ์ อากาศระยะสั้น สำหรับใช้ในการบริหารจัดการ ต่อไป

References

- Chumchean, S., A. Sharma, and A. Seed, (2006). An Integrated Approach to Error Correction for Real-Time Radar-Rainfall Estimation. J. Atmos. Oceanic Technol., 23, 67–79.
- J.S. Marshall and W.M. Palmer. (1948). The distribution of Raindrops with Size, The Journal of Meteorology, 5, 165-166.
- Mapiam, P.P., N. Sriwongsitanon, S. Chumchean, and A. Sharma, (2009). Effects of Rain Gauge Temporal Resolution on the Specification of a Z-R Relationship. J. Atmos. Oceanic Technol., 26, 1302–1314.
- N. Areerachakul, S. Prongnuch, and K. P.N. Sakolnakhon. (2017). The Estimation of Rainfall by Using Radar Data and IDW to Simulate 3D Rainfall Map. The Journal of Water Sustainability (JWS), 7(2), 183-191.
- Sanchai Eiamprasert (2011). Comparison of Spatial Daily Rainfall Amount Interpolation Methods by Using Geographic Information System at Chao-Phra-Ya Flood Plain. Master of Science (Environmental Management), National Institute of Development Administration.
- Sucharit Koontanakulvong and et al. (2007). Evaluation and Estimation Rainfall Remote data. Bangkok: Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

Wetchayont, and et al. (2013). Retrieval of Rainfall by Combining Rain Gauge, Ground-Based Radar and Satellite Measurements over Phimai, Thailand. Scientific online letters on the atmosphere: SOLA. 9. 166-169.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสมรรถภาพปอด

พนักงานขับรถโดยสารประจำทาง

อริญ ขวัญปาน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การศึกษาภาคตัดขวางในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสมรรถภาพปอดพนักงานขับรถโดยสารประจำทางที่มีความเสี่ยงจากการการรับสัมผัสในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 38 คน วิเคราะห์ข้อมูลใช้ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานได้แก่ Independent Sample T-test, Chi-square และ Multiple Regression ผลการศึกษาพบว่า งานขับรถโดยสารสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) บนรถประจำทางอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 3 mg/m^3 (ACGIH) มีพนักงานขับรถเพียงบางคันที่สัมผัสเกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณฝุ่นละอองของรถปรับอากาศอยู่ระหว่าง $1.06\text{-}4.75 \text{ mg/m}^3$ รถไม่ปรับอากาศอยู่ระหว่าง $1.25\text{-}3.19 \text{ mg/m}^3$ พบว่า ความชุกของสมรรถภาพปอดในพนักงานขับรถปรับอากาศและไม่ปรับอากาศมีสมรรถภาพปอดที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 85,72) มีปริมาตร FVC ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 75,66.67) และมีปริมาตร FEV₁ ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติปกติ (ร้อยละ 60,61.11) ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ FEV₁/FVC ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ เมื่อแปลผลความผิดปกติของสมรรถภาพปอด พบว่าความผิดปกติแบบอุดกั้น (ร้อยละ 5, 5.6) ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (ร้อยละ 80, 66.7) ตามลำดับ และความผิดปกติแบบผสมพบเฉพาะพนักงานที่ขับรถปรับอากาศ (ร้อยละ 5) พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ เพศ น้ำหนัก ประสบการณ์ทำงาน การสูบบุหรี่ ปัจจัยมีผลต่อสมรรถภาพปอดที่มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดได้ดีที่สุด คือ การสูบบุหรี่ ประสบการณ์ทำงาน และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ได้ร้อยละ 60.72 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ปัจจัยที่มีผลต่อการจำกัดการอุดกั้น (Obstructive) คือ น้ำหนัก และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ได้ร้อยละ 23.5² อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และปัจจัยที่มีผลต่อการจำกัดการขยายตัว (Restrictive) คือ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) การสูบบุหรี่ และประสบการณ์ทำงาน ได้ร้อยละ 64.8² อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

คำสำคัญ : สมรรถภาพปอด, พนักงานขับรถโดยสาร

Factors associated with Abnormalities of pulmonary function the bus driver.

Aran kwanpan

Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

The study of cross section in this study have objectives of studying the relation factors of anomaly efficiency lung of bus drivers who have risk of contact the pollution in Bangkok 38 samples. The statistic tools are descriptive statistic, mean, frequency, standard deviation, independent sample t- test, Chi square and multiple regression. The results showed that the bus drivers who contact small particulate matter (PM10) are in standard value of 3 mg/m^3 (ACGIH). There are some bus driver contact higher than standard value. The value of particulate matter $1.06\text{-}4.75 \text{ mg/ m}^3$ are in airbus and $1.25\text{-}3.19 \text{ mg/ m}^3$ are in normal bus. The efficiency of lung are under normal standard value (85,72)% with FVC lower than standard (75,66.67%) and FEV₁ under standard value (60,61.11%) respectively. However, comparing percentage of FEV₁/FVC, it is in the normal standard range. The abnormally of lung efficiency demonstrated that the obstructive abnormal lung efficiency were 5- 5.6% and the abnormally of lung efficiency in expansion were 80, 66.7% respectively. Additionally, the abnormally mixed efficiency are 5% in air bus drivers. The study of relation factors showed that the significantly statistic relation factors were sex, weight, work experience, and smoking. The significant factors to predict lung efficiency were smoking, work experience, and PM10 showed result 60.72% at significant statistic 0.05. The factors which effect obstructive were weight and PM10 showed 23.5% at 0.05 significant statistical level. The factors which effect restrictive were PM 10, smoking and work experience showed result 64.8% at 0.05.

Keywords : pulmonary function, Bus driver

บทนำ

รถโดยสารประจำทางถูกเลือกสำหรับการเดินทางของคนเมืองทุกสาขาอาชีพอันดับ 2 (ร้อยละ 35.13) รองจากแท็กซี่ (ร้อยละ 37.61) (AU POLL, 2017) กลไกด้านคมนาคมขนส่ง มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนในห้วงค์ประกอบเมืองสามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างบูรณาการ หากผู้ให้บริการขาดความตระหนักถึงผลกระทบในบางมิติอาจจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้บริการ ขณะเดียวกันผู้ให้บริการที่ติดกับรถยนต์โดยสารประจำทางวันละไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง อาจจะได้รับผลกระทบมากกว่านำมาสู่สุขภาพอนามัยที่ไม่เหมาะสมหรือเป็นโรคจากการทำงาน จากปัญหาการจราจรทำให้เกิดการกระจายตัวของอนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอากาศ เมื่อถูกกระแสลมพัดจะกระจายตัวอยู่ในอากาศ และตกลงสู่พื้น แหล่งกำเนิดของฝุ่นจะแสดงถึงคุณสมบัติความเป็นพิษของฝุ่นด้วย เช่น แอสเบสตอส ตะกั่ว ไฮโดรคาร์บอน กัมมันตรังสี ฝุ่นแบ่งตามขนาดเป็น 2 ส่วน คือ ฝุ่นขนาดใหญ่ และฝุ่นขนาดเล็ก ซึ่งเรียกว่า PM10 ในช่วงที่มีการจราจรคับคั่งหลายคนเชื่อว่าการอยู่ในห้องโดยสารของรถยนต์ปลอดภัยจากมลภาวะทางอากาศเป็นพิษที่อยู่บนท้องถนน งานวิจัยหลายชิ้น พบว่า ผู้ที่อยู่ในรถยนต์บนท้องถนน ต้องสูดดมภาวะเป็นพิษมากกว่าผู้ที่เดินหรือขี่จักรยานอยู่บนท้องถนนเดียวกัน Chavanut Punyot (2018) PM10 จะผ่านเข้าสู่หลอดลมใหญ่ หลอดลมฝอยและลงลึกถึงถุงลมปอด อาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับร่างกายเฉียบพลันตั้งแต่การระคายเคือง ไอ จาม น้ำมูกไหล ก่ออาการแพ้ การรับสัมผัสมากเป็นระยะเวลาาน อาจก่อให้เกิดการอักเสบและระคายเคืองเรื้อรัง เกิดพังผืดหรือรอยแผลเป็นภายในปอดส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง จากรายงานสารพิษ (เบต้า-กลูแคน เอ็นโดท็อกซิน) รวมทั้งเขม่าควัน จากไอเสียรถยนต์ อาจมีผลกระทบต่อ

สุขภาพหรือระบบทางเดินหายใจ เช่น อาการ ไอ มีเสมหะ แน่นหน้าอก หอบหืด และโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น การตีบแคบของทางเดินหายใจขนาดเล็ก (small airway disease) นั้น น่าจะมีสาเหตุจากการสูบบุหรี่และการสูดเอาฝุ่นธาตุ (mineral dusts) เข้าไปในปอด ซึ่งเป็นความผิดปกติที่พบได้ในระยะแรกก่อนที่ผู้ป่วยจะมีอาการทางปอดและการเปลี่ยนแปลงทางรังสีทรวงอก (Chalerm Liwrsrisakul et al. (2002) ซึ่งถ้าได้รับฝุ่นละอองปริมาณมากติดต่อกันจะทำให้เกิดการสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและการติดเชื้อของปอด หลอดลมอักเสบหอบหืด ถุงลมโป่งพองและมีโอกาสติดเชื้อระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นตลอดจนสามารถทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของปอดได้ (Vichit-Vadakan & Vajanapoom, 2011)

ดังนั้นอาชีพพนักงานขับรถและพนักงานเก็บค่าโดยสารจึงมีโอกาสรับสัมผัสสิ่งคุกคามหลายปัจจัย จากการทบทวนปัญหาเห็นได้ว่าการทำงานในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพรถ สภาพถนน จากผู้โดยสารและปัจจัยอื่น ๆ และมีสิ่งคุกคามต่าง ๆ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญจึงต้องการศึกษาถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพปอด ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์นำไปสู่แนวทางหรือมาตรการป้องกันจากองค์กรและอาจจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อป้องกันการสัมผัสปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพตามความเสี่ยงทางอาชีพอนามัยที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสมรรถภาพปอด ได้แก่ ปัจจัยด้านปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรม ในกลุ่มพนักงานขับรถ

โดยสารประจำทางที่วิ่งทั้งคืน ทั้งรถปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศ

สมมติฐานการวิจัย

พฤติกรรมพนักงาน และปริมาณฝุ่นละออง PM10 มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้มีหนังสือประสานไปยังองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เพื่อขอสัมภาษณ์ พร้อมตรวจสอบสมรรถภาพปอด โดยการควบคุมของนางศรีัญญา มุสิกพงษ์ พยาบาลวิชาชีพชำนาญการ พนักงานที่เข้าร่วมการวิจัยได้รับการอธิบายคำแนะนำและสิทธิวิธีการตรวจสอบสมรรถภาพปอด และยินยอมเข้าร่วมด้วยความเต็มใจ และทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 บนรถประจำทางบริเวณด้านหลังพนักงานของพนักงานขับรถ และบริเวณประตูขึ้นลงรถโดยสาร ซึ่งงานวิจัยได้ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ (COA.1-052/2018)

กลุ่มตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองจากรถโดยสารประจำทางประเภทปรับอากาศและไม่ปรับอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมีเกณฑ์คัดเลือก คือ เป็นรถที่วิ่งระยะทางมากกว่า 10 กิโลเมตร และเป็นรถที่ให้บริการทั้งคืน ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นรถปรับอากาศจำนวน 20 คัน และรถไม่ปรับอากาศ 18 คัน คือ สาย 2, 3, 4, 7, 26, 29, 34, 59, 60, 63, 71, 76, 82, 84, 95, 97, 134, 203, 554 และ 558
2. เก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์และตรวจสอบสมรรถภาพปอดพนักงานขับรถโดยสารประจำทาง โดยมีเกณฑ์คัดเลือกคือ ขับรถอย่างน้อย 1 ปี และเข้าร่วมตามความสมัครใจ เกณฑ์คัดออกคือ มีโรคประจำตัวที่จะมีผลต่อการทดสอบ

สมรรถภาพ เช่น โรคหืด อากาศไอ เหนื่อย หอบ และมีประวัติการผ่าตัดที่ขาและหลัง เป็นต้น ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานขับรถโดยสารประจำทางรถปรับอากาศและรถไม่ปรับอากาศรวม 38 คน

เครื่องมือในการวิจัย

1. แบบสัมภาษณ์ปัจจัยด้านเพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ประสบการณ์ทำงาน พฤติกรรมการสูบบุหรี่ และการใช้อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจหรืออุปกรณ์ PPE
2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM10 โดยใช้ Personal Air Sampler และอุปกรณ์คัดขนาดฝุ่นชนิด nylon cyclone ยี่ห้อ Gillian GilAir
3. เครื่องมือตรวจสอบสมรรถภาพปอดโดยใช้ Spirometer ทดสอบค่า FVC, FEV₁ และ FEV₁/FVC

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับการวิจัยนี้ได้รับการประเมินและตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน (Sawai Siritongthaworn, 2018) และได้ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปใช้ในการเก็บข้อมูล เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กและเครื่องตรวจสอบสมรรถภาพปอด ได้ทำการตรวจสอบการสอบเทียบทุกครั้งก่อนใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาด้วยจำนวน ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงอนุมานใช้สถิติ Independent Sample T-test ใช้สถิติ Chi-square ทดความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ และใช้การวิเคราะห์ถดถอย Multiple Regression พยากรณ์ตัวแปรที่มีอำนาจทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด
3. วิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการเก็บตัวอย่างหลังพนักงานขับรถ

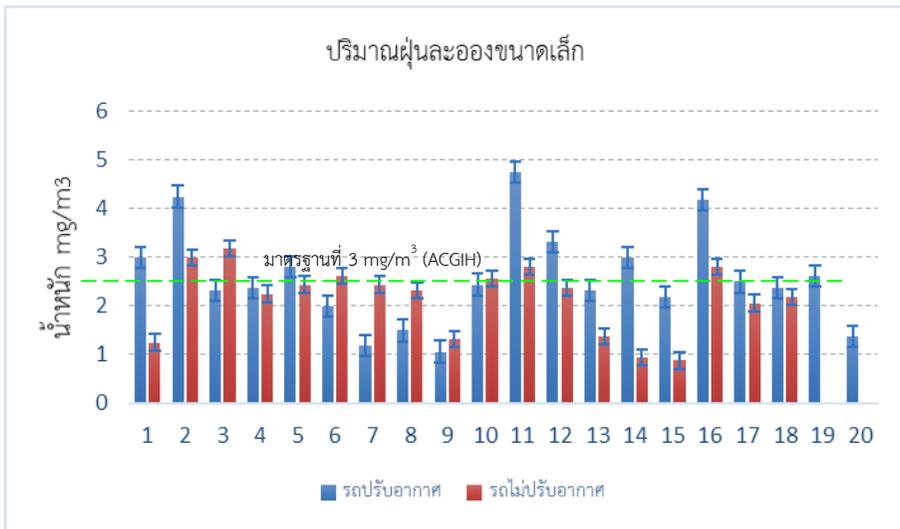
ตามวิธี NIOSH เรื่อง Particulate not otherwise Regulated, Respirable 0600 และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ 3 mg/m^3 ขององค์การนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาคีรัฐแห่งอเมริกา (ACGIH)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางประชากร

พนักงานขับรถโดยสารประจำทางทั้งปรับอากาศไม่ปรับอากาศ ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 86.84) อายุระหว่าง 40-45 ปี (ร้อยละ 39.5) น้ำหนักมากกว่า 60 กิโลกรัม (ร้อยละ 39.5) ส่วนสูงมากกว่า 160 เซนติเมตร (ร้อยละ 31.6) ประสบการทำงานระหว่าง 1-10 ปี (ร้อยละ 52.6) ส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 63.2) และส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจแบบผ้า (ร้อยละ 52.6) ความชุกของปริมาณฝุ่นละออง PM10 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองในรถปรับอากาศส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 3 mg/m^3 (ร้อยละ 30) และไม่ปรับอากาศผ่าน (ร้อยละ 88.89) ปริมาณฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 1.06-4.75

mg/m^3 , 1.25-3.19 mg/m^3 ตามลำดับ อัตราการสะสมของปริมาณฝุ่น พบว่ารถปรับอากาศมีปริมาณการสะสมมากกว่าจากจำนวนรถที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 6 คัน (ร้อยละ 30) ขณะที่รถไม่ปรับอากาศไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 2 คัน (ร้อยละ 11.11) (ภาพที่ 1) ความชุกของสมรรถภาพปอดพบว่า ส่วนใหญ่พนักงานขับรถปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศมีสมรรถภาพปอดที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ร้อยละ 85.72 มีปริมาตร FVC ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 75,66.67) และมีปริมาตร FEV_1 ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติปกติ (ร้อยละ 60,61.11) ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ FEV_1/FVC ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ เมื่อแปลผลความผิดปกติ พบว่าความผิดปกติแบบอุดกั้น (ร้อยละ 5, 5.6) ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (ร้อยละ 80,66.7) ตามลำดับ และความผิดปกติแบบผสมของรถปรับอากาศ (ร้อยละ 5) สมรรถภาพปอดของพนักงานขับรถโดยสารปรับอากาศและไม่ปรับอากาศไม่ต่างกัน ปริมาณฝุ่นละออง PM10 บนรถปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศมีปริมาณไม่ต่าง (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ของรถประจำทาง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสมรรถภาพปอดและปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก (PM10)

ตัวแปร	รถปรับอากาศ n=20		รถไม่ปรับอากาศ n=18		t	Sig.
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
สมรรถภาพปอด	2.80	.696	2.39	.916	1.567	.126
ปริมาณฝุ่น (PM10)	1.55	.510	1.28	.461	1.718	.094

2. ความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการ เพศ น้ำหนัก ประสบการณ์ทำงาน การสูบบุหรี่
ทดสอบสมรรถภาพปอดกับแต่ละตัวแปร พบว่า ตัวแปร การใช้อุปกรณ์ PPE (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์สถานะความผิดปกติของสมรรถภาพปอดกับตัวแปรต่างๆ

ตัวแปร	value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
เพศ	7.995a	3	.046*
อายุ	14.959a	9	.092
น้ำหนัก	28.656a	9	.001*
ส่วนสูง	15.324a	9	.082
ประสบการณ์ทำงาน	31.990a	9	.000*
การสูบบุหรี่	20.349a	3	.000*
การใช้อุปกรณ์ PPE	11.212a	3	.011*
ปริมาณฝุ่น (PM10)	6.802a	3	.078
ประเภทของรถ	2.760a	3	.430

3. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติ ประสบการณ์ทำงาน การสูบบุหรี่ และปริมาณฝุ่น
ของสมรรถภาพปอด ละออง PM10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ผลการวิเคราะห์สถิติถดถอยพหุคูณ พบว่า .05 โดยพิจารณาปัจจัยตัวแปรอิสระที่มีอำนาจใน
ตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว ร่วมกันอธิบายความผันแปร การทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถ ภาพปอด
ของสมรรถภาพปอดได้ร้อยละ 60.7² โดยพบว่า ได้ดีที่สุด คือ การสูบบุหรี่ ประสบการณ์ทำงาน
ปัจจัยตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด คือ และปริมาณฝุ่นละออง PM10 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสถานะผิดปกติของสมรรถภาพปอด

ตัวแปร	B	S.E.	Beta
ประสบการณ์ทำงาน	.700	.231	.416
การสูบบุหรี่	.632	.172	.569
ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10)	-.505	.261	-.241
$R^2 = .607$, S.E.E = .516, $F = 20.074$, Sig = .000			

4. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะผิดปกติของสมรรถภาพปอด Obstructive

ผลการวิเคราะห์สถิติถดถอยพหุคูณ พบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 2 ตัว ร่วมกันอธิบายความผันแปรของสมรรถภาพปอดได้ร้อยละ 23.5² โดยพบว่าปัจจัยตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด คือ

น้ำหนัก และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 โดยพิจารณาปัจจัยตัวแปรอิสระที่มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดได้ดีที่สุด คือ น้ำหนัก และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะผิดปกติของสมรรถภาพปอดลักษณะจำกัดการอุดกั้น Obstructive

ตัวแปร	B	S.E.	Beta
น้ำหนัก	.092	.033	.410
ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10)	-.066	.038	-.259
R ² = .235, S.E.E= .198, F= 6.668, Sig= .004			

5. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะผิดปกติของสมรรถภาพปอด Restrictive

ผลการวิเคราะห์สถิติถดถอยพหุคูณ พบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัว ร่วมกันอธิบายความผันแปรของสมรรถภาพปอดได้ร้อยละ 64.8² โดยพบว่าปัจจัยตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด คือ ประสบการณ์ทำงาน การสูบบุหรี่ และปริมาณ

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพิจารณาปัจจัยตัวแปรอิสระที่มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดได้ดีที่สุด คือ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) การสูบบุหรี่ และประสบการณ์ทำงาน ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะผิดปกติของสมรรถภาพปอดลักษณะจำกัดการขยายตัว Restrictive

ตัวแปร	B	S.E.	Beta
ประสบการณ์ทำงาน	-.098	.088	-.162
การสูบบุหรี่	.254	.118	.278
ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10)	.893	.134	.786
R ² = .648, S.E.E= .265, F= 23.690, Sig=.000			

สรุปและอภิปราย

การศึกษาครั้งนี้พบว่าพนักงานขับรถโดยสารสัมผัสปริมาณฝุ่นละออง PM10 บนรถประจำทางอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 3 mg/m³ (ACGIH) มีพนักงานบนรถเพียงบางคันเท่านั้นที่สัมผัสเกินเกณฑ์มาตรฐาน (ACGIH) ปริมาณฝุ่นละอองของ

รถปรับอากาศอยู่ระหว่าง 1.06-4.75 mg/ m³ รถไม่ปรับอากาศอยู่ระหว่าง 1.25-3.19 mg/ m³ เมื่อพิจารณาถึงอัตราการสะสมของปริมาณฝุ่นพบว่า รถปรับอากาศมีปริมาณ การสะสมมากกว่าจากจำนวนรถที่มีปริมาณฝุ่น ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 6 คัน (ร้อยละ 30) ขณะที่รถไม่ปรับอากาศไม่

ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 2 คัน (ร้อยละ 11.11) รถปรับอากาศจึงมีปริมาณการสัมผัสมากกว่าจึงมีความสอดคล้องกับการศึกษา Anusara Rodthane (2015) ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในห้องโดยสารรถโดยสารสาธารณะ พบว่า ในกลุ่มผู้ใหญ่นบนรถประจำทางปรับอากาศมีการสัมผัสสัมผัสมากที่สุด รองลงมา คือ รถมินิบัส จากผลการศึกษปริมาณฝุ่นละออง แม้ว่าจะไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่เมื่อพิจารณาถึงสมรรถภาพปอดของพนักงานขับรถโดยสารที่ติดอยู่บนรถมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ความชุกของสมรรถภาพปอดในพนักงานขับรถปรับอากาศและไม่ปรับอากาศมีสมรรถภาพปอดที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 85,72) มีปริมาตร FVC ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 75,66.67) และมีปริมาตร FEV₁ ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติปกติ (ร้อยละ 60,61.11) ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบเป็นร้อยละ FEV₁/FVC ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ เมื่อแปลผลความผิดปกติของสมรรถภาพปอด พบว่า ความผิดปกติแบบอุดกั้น (ร้อยละ 5,5.6) ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (ร้อยละ 80, 66.7) ตามลำดับ และความผิดปกติแบบผสมพบเฉพาะพนักงานที่ขับรถปรับอากาศ (ร้อยละ 5) เมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพปอดของพนักงานขับรถโดยสารปรับอากาศและไม่ปรับอากาศไม่ต่างกัน เช่นเดียวกับปริมาณฝุ่นละออง PM10 บนรถปรับอากาศและไม่ปรับอากาศมีปริมาณไม่ต่าง อธิบายได้ว่าสมรรถภาพปอดของพนักงานที่ขับรถทั้งสองประเภทไม่แตกต่างกัน และปริมาณฝุ่นละอองของรถทั้งสองประเภทก็มีปริมาณไม่ต่างกัน สอดคล้องกับตัวแปรหนึ่งตัว (ประเภทของรถ) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสมรรถภาพปอดกับแต่ละตัวแปร พบว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ เพศ น้ำหนัก ประสิทธิภาพทำงาน การสูบบุหรี่ ส่วนตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพ

ปอด ได้แก่ อายุ ส่วนสูง การใช้อุปกรณ์ PPE ปริมาณฝุ่นละออง PM10 และประเภทของรถ ตัวแปรการสูบบุหรี่จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Nipapom Muangchan (2011) ได้ศึกษาระดับสมรรถภาพปอดของตำรวจจราจร พบว่าผู้ที่สูบบุหรี่ 20 มวนต่อวันมีค่า FEV1 และ EV1/FVC% แตกต่างกับคนที่ไม่สูบบุหรี่ ตัวแปรประสิทธิภาพทำงานสอดคล้องกับการศึกษาของ Latdawan dokkeaw (2015) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของ สมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ระยะเวลาการทำงาน และอายุ (p-value < 0.05) แต่ตัวแปรอายุไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pannipa Suebsuk (2014) ปัจจัยด้านอายุต่อสมรรถภาพปอด โดยอายุที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้สมรรถภาพปอดผิดปกติเพิ่มขึ้น Sarayoot Mongkol et al. (2013) ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลได้จากอายุ เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นร่างกายจะเริ่มมีการสูญเสียอีลาสติน (elastin) และคอลลาเจน (collagen) ความยืดหยุ่นของถุงลมปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทรวงอกจะอ่อนแรงลง และผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Pawaree Kompayak (2003) สำหรับผลการตรวจวัดสมรรถภาพปอดในกลุ่มคนงาน พบว่า ผิดปกติแบบ Restrictive 23 ราย แบบ Obstructive 3 ราย และแบบ Combine 20 ราย รวมลักษณะผิดปกติของสมรรถภาพปอดเป็น 46 ราย คิดเป็น 21.10% ของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของการสัมผัสฝุ่นแต่ละประเภทกับการเสื่อมสมรรถภาพปอด พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน (p-value >0.05) และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับการเสื่อมสมรรถภาพปอด พบว่า อายุ อายุการทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และการสูบบุหรี่ ไม่มีสัมพันธ์กับการกับการเสื่อมสมรรถภาพปอด (p-value >0.05) แต่พบว่าการไอเรื้อรังมีความสัมพันธ์

กับการเสื่อมสมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.05$)

จากปัจจัยความสัมพันธ์นำมาสู่การหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพปอดจากการวิเคราะห์สถิติถดถอยพหุคูณ พบว่า ปัจจัยมีผลต่อสมรรถภาพปอดโดยพิจารณาปัจจัยตัวแปรอิสระที่มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดได้ดีที่สุด คือ การสูบบุหรี่ ประสิทธิภาพการทำงาน และปริมาณฝุ่นละออง PM10 ได้ร้อยละ 60.72 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะผิดปกติของสมรรถภาพปอดลักษณะจำกัดการอุดกั้น (Obstructive) ปัจจัยมีผลต่อสมรรถภาพปอดโดยพิจารณาปัจจัยตัวแปรอิสระที่มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดได้ดีที่สุด คือ น้ำหนัก และปริมาณฝุ่นละออง PM10 ได้ร้อยละ 23.5² อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาวะผิดปกติของสมรรถภาพปอดลักษณะจำกัดการขยายตัว (Restrictive) ปัจจัยมีผลต่อสมรรถภาพปอดโดยพิจารณาปัจจัยตัวแปรอิสระที่มีอำนาจในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดได้ดีที่สุด คือ ปริมาณฝุ่นละออง PM10 การสูบบุหรี่ และประสิทธิภาพการทำงาน ได้ร้อยละ 64.8² อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถอธิบายได้ว่าปัจจัยของปริมาณฝุ่นละออง PM10 มีผลกระทบต่อความผิดปกติของปอด (Abnormal) จำกัดการอุดกั้น (Obstructive) จำกัดการขยายตัว (Restrictive) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Noppamas Hirinthepatip (1998) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองและสมรรถภาพปอดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($R = 0.39$) สอดคล้องกับตัวแปรระยะเวลาการทำงานของ Nipaporn Muangchan (2011) พบว่า ระยะเวลาการทำงานมีแนวโน้มว่า มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของ

สมรรถภาพปอด โดยกลุ่มที่ทำงานตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไปมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติของสมรรถภาพปอด 2.19 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ทำงานน้อยกว่า 20 ปี สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศอียิปต์ Abou-El Wafa, et al. (2014) ที่พบว่าพนักงานที่มีอายุมากกว่า และมีระยะเวลาการทำงานนานมีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของสมรรถภาพปอด

ข้อเสนอแนะ

หน่วยงานต้นสังกัดบำรุงรักษา รถ ลดการปล่อยมลพิษ ทำความสะอาดระบบตัวกรองในห้องโดยสาร และการทำความสะอาดห้องโดยสารทุกวัน จัดกิจกรรมสร้างเสริมสุขภาพสร้างความตระหนัก สร้างเสริมความรู้ด้านสุขภาพ อาชีวอนามัย การลด-ละ-เลิกบุหรี่ การตรวจสุขภาพหรือการเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพของพนักงานอย่างต่อเนื่อง และจัดอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ ชนิดที่สามารถป้องกันฝุ่นขนาดเล็ก (PM10) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

References

- Abou-ElWafa, H.S., El-Bestar, S.F., El-Gilany, A.H. & Awad El-Torady, Eel-S. (2014). **Respiratory disorders among municipal solid waste collectors in Mansoura, Egypt: a comparative study.** Arch Environ Occup Health 69(2): 100-106.
- Anusara Rodthanee. (2015). **Quantities of PM2.5 Inside Public Vehicles in Bangkok.** Graduate School, Silpakorn University Chalerm Liwrsrisakul, Sangnual Tungkanakorn, Anchana.

- Chavanut Punyot. (2018). **In the car, the risk of death with more pollution than you think.** Executive System Engineer (Business) Aeronautical Radio of Thailand.
- Latdawan dokkeaw. (2015). **Prevalence and factors associated with symptoms Respiratory and pulmonary function in the garbage collector of Bangkok.** Faculty of Public Health. Mahidol University. Bangkok.
- Liewhiran, Yupadee Yutabootr, Tippawan Prapamontol. (2002). **Effects of Air Pollution on Lung Function: A Study in Traffic Policemen in Ching Mai.** Chiang Mai Medical Journal. Vol 41(2): 89-94.
- Nipaporn Muangchan. (2011). **Pulmonary Functions of Traffic Police, Ubon Ratchathani Province.** Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University.
- Noppamas Hrimthepatip. (1998). **Pulmonary Function Deterioration of Population in Blasting Crushing and Grinding Activities Area Case Study : Narphalan Sub-District, Muang District , Saraburi Province.** Graduate School. Mahidol University. Bangkok.
- Pannipa Suebsuk, Autchariya Pongnumkul, Darunee Leartsudkanung, Penchun Sareewiwatthana. (2014). **Predicting Factors of Lung Function among Motorcycle Taxi Drivers in the Bangkok Metropolitan Area.** Journal of Public Health. Vol 44 No1. 44(1):79-93.
- Pawaree Kompayak. (2003). **A Comparative Study of Dust Exposure to Pulmonary Function Impairment of Sugar Mill Workers.** Graduate School. Mahidol University. Bangkok.
- Research and Academic Works. (2017). **Bangkok public bus service statistics.** Assumption University, (AU Poll).
- Sarayoot Mongkol, Saranypong Boonpanyaruk, Sirilukn Markmee, Nathaporn Panalikul. (2013). **Relationship between lung function and waist circumference in obese women at level 1.** Thai journal of Physical Therapy, 35(3), 157-164.
- Sawai Siritongthaworn. (2018). **Proposition of Technology Literacy Competency Development regarding Standards of the International Technology Education Association (ITEA).** The journal of Industrial Technology. Vol 6, No1, 55-65.
- Ulubas, B. Gen, R. Tumkaya, M. Akbay,E. Calikoglu, M. (2011). **Lung function impairment in women aged over 40 years: The critical role of abdominal obesity.** Obes Res Clin Pract, 5, 79-83.
- Vichit-Vadakan,N.& Vajanapoom N. (2011). **Health impact from air pollution in Thailand: Current and future challenges.** Environmental Health Perspectives, 119, A197-A198.
- Yang, C.Y., Chang, W.T., Chuang, H.Y., Tsai, S.S., Wu, T.N., & Sung, F.C. (2001). **Adverse health effects among household waste collectors in Taiwan.** Environment Research, 85(3),19-29.

คอนกรีตบดอัดที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย เฉลิมพล ไชยแก้ว¹, วรัญ วงศ์ประชุม²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการนำหินฝุ่นที่มีอยู่ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาใช้ทดแทนทรายในการผสมคอนกรีตแบบบดอัด โดยมีอัตราส่วนของหินฝุ่นแทนที่ทรายร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นทำการทดสอบคอนกรีตบดอัด (Compaction Test) แบบสูงกว่ามาตรฐาน เพื่อหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับใช้หล่อตัวอย่างคอนกรีตในการทดสอบกำลังอัด ซึ่งจากผลการทดสอบ พบว่า การผสมคอนกรีตแบบบดอัดจะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุด เมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นในอัตราส่วน S20 : DS80 และได้ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่ำสุด เมื่อนำค่าที่ได้จากการผสมคอนกรีตแบบบดอัดไปหล่อตัวอย่างคอนกรีตสำหรับทดสอบกำลังอัด ผลของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายล้วนกับคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแทนที่ในอัตราส่วน S20 : DS80 มีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินฝุ่นมีค่าที่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติ

คำสำคัญ : หินฝุ่น, คอนกรีตบดอัด, ท่อคอนกรีต

The Compaction of Concrete Using Dust Stone Substitute Sand Chalermphol Chaikaew¹, Warun Wongprachum²

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

ABSTRACT

This research a study on the modify compaction concrete test of specimens with dust stone (Product area in phetchaburi and prachuap khiri khan province) replace in nature sand for at 0% 20% 40% 60% 80% and 100% by mass. The results showed that the maximum density of specimens replace dust stone at 80% by mass and low compressive strength of specimens replace dust stone at 80% when compare specimens nature sand at 100% by mass.

Keywords : Dust stone, Roller compacted concrete, Concrete pipe

บทนำ

ปัญหาหนึ่งในงานผลิตวัสดุก่อสร้าง ท่อคอนกรีตสำเร็จรูปในพื้นที่ จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นผลมาจากราคาต้นทุนวัตถุดิบบางชนิดมีราคาสูง เนื่องจากมีแหล่งผลิตอยู่ห่างไกลจากโรงงาน ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง และสูญเสียเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งการผลิตท่อคอนกรีตในพื้นที่จะใช้วัตถุดิบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ ทรายหยาบ และหินเกล็ด ซึ่งถือว่าทรายหยาบเป็นมวลรวมละเอียดและหินเกล็ดเป็นมวลรวมหยาบ โดยมีแหล่งผลิตวัตถุดิบในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์หลายแหล่ง ทำให้มีราคาต้นทุนที่ปกติและวัตถุดิบไม่ขาดแคลน แต่ปัญหาอยู่ที่แหล่งผลิตทรายคุณภาพในพื้นที่ มีความขาดแคลนประกอบกับมีปริมาณการใช้ทรายสำหรับงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมากอยู่แล้ว ทำให้ทรายหยาบขาดตลาดไม่เพียงพอต่อความต้องการ และมีราคาแพงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้หินฝุ่น ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตหินเกล็ดในพื้นที่อยู่แล้ว และมีลักษณะทางกายภาพที่คาดว่าจะนำมาทดแทนทรายหยาบเพื่อใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตบดอัดที่เหมาะสมสำหรับผลิตท่อคอนกรีตบดอัดได้ โดยใช้หลักการคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete : RCC) เนื่องจากการผลิตท่อหรือบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่ในปัจจุบันนิยมผลิตใช้วิธีการของคอนกรีตแบบ RCC เพราะสามารถถอดแบบหล่อคอนกรีตได้ทันที (C. Chhorn., S. Jae Hong and S. Woo Lee, 2017 : 535-543) ซึ่งวัสดุมวลรวมที่ใช้ในคอนกรีตบดอัดมีหลักในการคัดเลือกวัสดุ เช่นเดียวกับคอนกรีตปกติทั่วไป ซึ่งถ้าใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่นใกล้เคียงมาประยุกต์ใช้งาน จะส่งผลในด้านต้นทุนการผลิตและการนำหินฝุ่นที่เป็นของเสียมาใช้งานได้

อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในวงการก่อสร้างได้เล็งเห็นถึงคุณค่าของวัสดุที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าในเชิงเศรษฐิกิจมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ตามศักยภาพและความสามารถของวัสดุนั้นได้

ปรัชญาการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบดอัดโดยวิธีปฐพี

การออกแบบส่วนผสมโดยวิธีปฐพีที่นิยมใช้ในงานคอนกรีตบดอัดแบบหยาบ (Lean RCC) โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Density and Optimum Moisture Content Relationship) มาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบโดยอาศัยสมมติฐานว่า สำหรับคอนกรีตบดอัดใด ๆ ก็ตามที่ถูกกำหนดมาให้แล้วถึงประเภทและปริมาณซีเมนต์ขนาดและสัดส่วนของมวลรวม (ยกเว้นปริมาณน้ำ) ที่ค่าพลังงานบดอัดค่าใด ๆ ในห้องปฏิบัติการเราสามารถหาค่าความชื้นที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งหลังการบดอัดสูงสุดได้ และที่สำคัญค่าดังกล่าวต้องสอดคล้องกับค่าที่ได้ในสนามจริงซึ่งได้จากการบดอัดโดยรถบดถนน การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น และค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของคอนกรีตบดอัดนั้นสามารถทำได้ง่ายโดยการประยุกต์ใช้วิธีการทดลองทางปฐพีวิทยาที่เรียกว่า Standard Proctor Compaction Test โดยในการทดสอบมาตรฐานนั้นตัวอย่างดินจะถูกนำมาบดอัดโดยใช้น้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ปล่อยให้ตกกระทบจากความสูง 305 มิลลิเมตร ตัวอย่างดินที่นำมาบดอัดนั้นจะถูกแปรผันค่าความชื้นจากน้อยไปมาก ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ามีค่าความชื้นที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเท่านั้นที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ความชื้นที่มากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดต่ำลง (J.L. Larson, 1986 : 22-29)

สำหรับคอนกรีตบดอัดก็เช่นเดียวกัน วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการทดลองก็เพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบดอัดสูงสุดสำหรับค่าพลังงานบดอัดค่าหนึ่ง ๆ โดยในกรณีของคอนกรีตบดอัด การทดลองมาตรฐานจะต้องนำมาปรับให้มีค่าพลังงานบดอัดมากขึ้นโดยการเพิ่มน้ำหนักกระทำและค่าความสูงตกกระทบ เป็น 4.5 กิโลกรัม และ 457 มิลลิเมตร ตามลำดับโดยจะเรียกวิธีนี้ว่า Modified Proctor Compaction Test (ASTM D1557)

วิธีการวิจัย

นำหินฝุ่นจากโรงโม่หินมาใช้เป็นส่วนผสมแทนทรายในคอนกรีต ทำการทดสอบหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะเพื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ด้วยวิธีการบดอัด (Compaction Test) แบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามมาตรฐาน ASTM D 1557 โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

4.1 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบสัดส่วนผสม

วัสดุที่ใช้จะประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ (ประเภทที่ 1) 200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทรายหยาบ 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หินขนาด 3/8 นิ้ว 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และทำการแทนที่ทรายหยาบด้วยหินฝุ่นจากโรงงานโม่หินในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในอัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, 80 และ 100 โดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมในปริมาณน้ำเริ่มต้นที่ ร้อยละ 4 และออกแบบกำลังอัดที่ 240 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (ทรงกระบอก)

ในการวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ตัวอย่างคอนกรีตบดอัด เช่น S20 : DS80 โดยสัญลักษณ์ S20 หมายถึง ปริมาณทรายหยาบร้อยละ 20 ของมวลรวมละเอียด และสัญลักษณ์ DS80 หมายถึง

การแทนที่ทรายหยาบด้วยหินฝุ่นร้อยละ 80 ของมวลรวมละเอียด

4.2 การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล่าง

การหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของมวลรวมทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบกระทำโดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กมีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) แล้วเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ กับมวลทั้งหมดของตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM D6913 / D6913M

4.3 การทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

วิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัด เมื่อทำการบดอัดในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ด้วยค้อนหนัก 4.537 กิโลกรัม (10.0 ปอนด์) ระยะปล่อยค้อนตก 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) ตามมาตรฐาน ASTM D1557

4.4 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดใช้แบบหล่อก้อนตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร แล้วนำไปกดด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต Universal Testing Machine (UTM) ซึ่งจะทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน

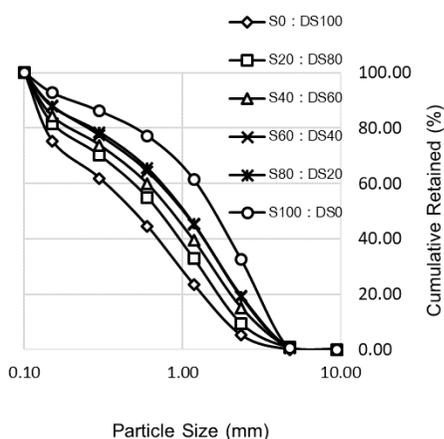
ผลการวิจัย

การทดสอบวัสดุมวลรวมและคอนกรีตบดอัดครั้งนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการขั้นตอนการผลิต และการทดสอบคุณสมบัติการนำเอาหินฝุ่นมาทดแทน

ทราย หาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยได้ทำการทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน ทล.-ท.108/2517 (เทียบเท่า AASHTO T 180) และการทดสอบการรับกำลังอัดคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 / C39M – 18 และนำสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตใช้งานต่อไป

5.1 ผลการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม โดยผ่านตะแกรงแบบล่าง

ผลการทดสอบขนาดคละของตัวอย่างทดสอบที่นำเอาหินฝุ่นมาทดแทนทรายในสัดส่วนต่าง ๆ สามารถนำค่ามาเปรียบเทียบการกระจายตัวของมวลรวมในสัดส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1 สามารถแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละขนาดของมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร พบว่า ค่าการกระจายตัวของวัสดุมวลรวมแต่ละอัตราส่วน ร้อยละสะสมของหินฝุ่นมีค่าใกล้เคียงกับขอบเขตล่างตามมาตรฐาน ASTM C33 / C33M – 18. แต่อย่างไรก็ตามในช่วงมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร หินฝุ่นมีร้อยละสะสมต่ำกว่าทรายแม่น้ำ ในขณะที่มวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร หินฝุ่นมีร้อยละสะสมมากกว่า ดังนั้นหินฝุ่นจึงสามารถแทรกตัว (Filling) เข้าระหว่างช่องว่างภายในอนุภาคทรายแม่น้ำได้

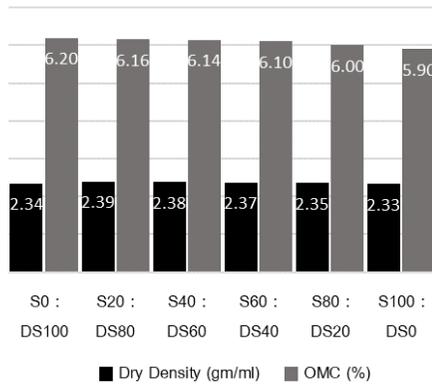


ภาพที่ 1 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการกระจายตัวของมวลรวมแต่ละอัตราส่วนผสม

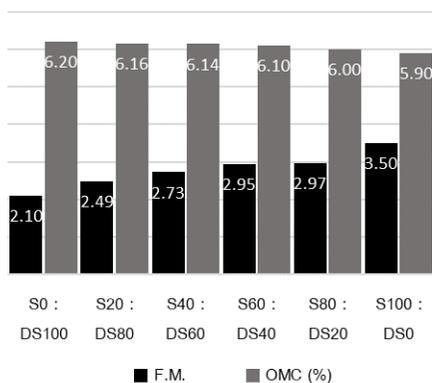
5.2 ผลการทดสอบการบดอัด Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

การทดสอบ Compaction Test วิธีนี้เป็น การทดลองโดยใช้วิธี Dynamic Compaction เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท. 108/2517 (เทียบเท่า AASHTO T 180) โดยแสดงค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นสูงสุดในแต่ละตัวอย่างทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นจนถึงอัตราส่วนแทนที่ร้อยละ 80 จะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 2.387 กรัม/มิลลิลิตร ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.6 และเมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่น ในปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.9 จะทำให้ความหนาแน่นลดลง เนื่องจากหินฝุ่นมีความละเอียดสูงและมีพื้นที่ผิวมากกว่าทราย เมื่อนำมาแทนที่ในปริมาณที่สูงเกินขีดจำกัด ทำให้มีความต้องการปริมาณการดูดซึมน้ำมาก จึงทำให้ได้ค่าความหนาแน่นที่ต่ำลง ซึ่งเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสความละเอียดและปริมาณน้ำที่เหมาะสม เมื่อค่าโมดูลัส

ความละเอียดมีค่าต่ำ จะแปรผันให้มีค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Density และค่า OMC ในแต่ละอัตราส่วนผสม

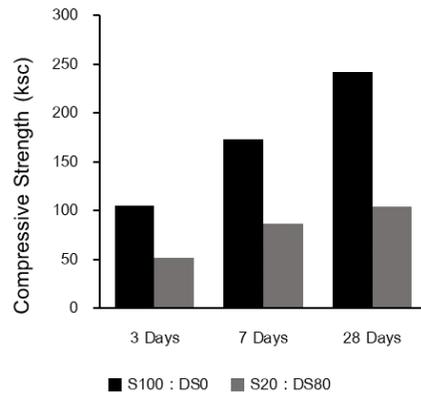


ภาพที่ 3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่า FM และ OMC

5.3 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีตบดอัด

การทดสอบค่าการรับกำลังอัดของคอนกรีต โดยทำการทดสอบก้อนตัวอย่างของคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อายุ 3, 7 และ 28 วัน โดยเลือกตัวอย่างทดสอบใน อัตราส่วนแทนที่หินปูน

ร้อยละ 80 (S20 : DS80) มาหล่อก่อนตัวอย่างทดสอบกำลังอัด เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นสูงสุด โดยใช้ปริมาณน้ำที่ผสมต่ำที่สุด และนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทรายล้วน (S100 : DS0)



ภาพที่ 4 แผนภูมิค่ากำลังอัดประลัยกับอายุของคอนกรีตบดอัด

จากภาพที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายล้วนกับคอนกรีตที่ใช้หินปูนแทนทรายบางส่วนหรือทั้งหมด จะพบว่ามีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินปูนมีค่าที่ต่ำกว่าทรายในธรรมชาติ เช่น ในกรณีของหินปูนจากโรงโม่ของบริษัทโรงโม่ไทย จำกัด เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี (K. Surachai, 2013 : 44-53) พบว่า มีแร่ควอตซ์ (SiO₂) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 72.5 ในขณะที่ทรายในธรรมชาติมีแร่ควอตซ์ประมาณร้อยละ 90 นอกจากนี้ หากพิจารณาในเชิงวิศวกรรม (Engineering Geology) อาจกล่าวได้ว่าทรายที่นำมาใช้ในการผสมคอนกรีตเป็นวัสดุที่เกิดจากการกัดกร่อนผุพัง (Weathering Process) ของ

หินในธรรมชาติเป็นขบวนการทางธรณีวิทยา แต่หินฝุ่นเป็นทรายที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์จากความต้องการหินก่อสร้างจากโรงโม่หิน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทรายล้วนจึงมีคุณสมบัติหลายประการที่ส่งผลให้มีกำลังที่ต่ำกว่า และจากผลการวิจัยโดยใช้หินฝุ่น ชนิดหินปูนจากโรงโม่หิน ศิลา เทพตะวัน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี ซึ่งศึกษาโดย (N. Phaopong and K. Prachoom, 2005) พบว่า การรับกำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำกว่า เมื่อใช้หินฝุ่นแกรนิต ตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนผสม 1 : 2 : 4 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.45, 0.50 และ 0.55 พบว่าคอนกรีตที่อายุการบ่ม 28 วัน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45 โดยใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนแทนทราย โดยร่อนผ่านตะแกรง จะมีค่ากำลังอัดเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นชนิดหินปูนกับคอนกรีตปกติ พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นชนิดหินปูนมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตปกติ ประมาณร้อยละ 20

นอกจากนี้การใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนแทนทราย จากการวิจัยของ (S. Nippon, 1998 : 1-5) ได้ศึกษาเปรียบเทียบกับกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนเป็นมวลรวมละเอียดกับทรายที่มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากัน จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต พบว่า คอนกรีตที่ใช้ทรายมีค่ากำลังอัดสูงกว่าที่ใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนประมาณร้อยละ 10 - 25 ซึ่งจากผลการวิจัยที่กล่าวมาจะเป็นข้อบ่งชี้ที่ให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกัน

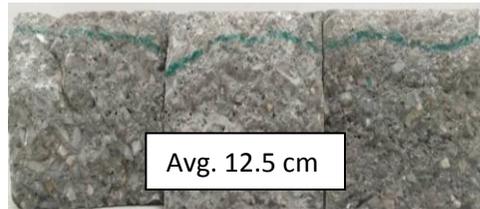
5.4 การขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากผลการทดลองข้างต้น ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วน S20 : DS80 มีค่ากำลังอัด และความหนาแน่นสูงสุด เมื่อนำมาทดสอบการซึม

ผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดัน ตามมาตรฐาน DIN 1048 พบว่า ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วนแทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80) มีการต้านทานการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดันได้มากกว่า ตัวอย่างตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทรายล้วน (S100 : DS0) ดังแสดงในภาพที่ 5 จึงนำมาขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีต ดังแสดงในภาพที่ 6



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 แสดงระยะการซึมของน้ำหลังการทดสอบการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดันที่ตัวอย่างขนาด 15x15x15 เซนติเมตร

(ก) ทรายล้วน (S100 : DS0)

(ข) แทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80)



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้หินฝุ่น ร้อยละ 80 (S20 : DS80)

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมพบว่า ร้อยละสะสมของหินฝุ่นมีค่าใกล้เคียงกับขอบเขตล่างตามมาตรฐาน ASTM C33 แต่อย่างไรก็ตามในช่วงตะแกรงร่อนขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 50 หินฝุ่นมีร้อยละสะสมต่ำกว่าทรายแม่น้ำ ในขณะที่ขนาดตะแกรงเล็กกว่า เบอร์ 50 หินฝุ่นมีร้อยละสะสมมากกว่า เนื่องจากหินฝุ่นมีอนุภาคความละเอียดสูงกว่าทราย

การทดสอบการบดอัด Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน พบว่า ค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นจนถึงอัตราส่วนแทนที่ร้อยละ 80 จะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุด และค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่ำสุด แต่เมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นล้วน จะทำให้ความหนาแน่นลดลง เนื่องจากหินฝุ่นมีอนุภาคที่มีความละเอียดสูงและมีพื้นที่ผิวมากกว่าทราย เมื่อนำมาแทนที่ในปริมาณที่สูงเกินขีดจำกัด ทำให้มีปริมาณการดูดซึมน้ำมาก

เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายตามปกติกับคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแทนที่ทรายบางส่วนหรือทั้งหมดจะพบว่า มีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินฝุ่นมีค่าที่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติ ดังนั้น หินฝุ่นที่นำมาใช้แทนที่ทราย ยังไม่สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้าง ที่ต้องการกำลังอัดสูงกว่า 180 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า คอนกรีตที่ผลิตจากอัตราส่วนของหินฝุ่นที่มาแทนที่ทราย มีความเป็นไปได้ที่สามารถนำมาศึกษาและพิจารณาสำหรับการนำมาใช้ผลิตเป็นคอนกรีตบดอัดสำหรับการใช้งานจริง หากมีการควบคุม

คุณภาพ วิธีการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ ที่ดีและพิจารณาเลือกใช้หินฝุ่นมาทดแทนที่ทรายที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยและเครื่องมือ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จ

References

- ASTM C33 / C33M – 18. Standard Specification for Concrete Aggregates.
- ASTM C39 / C39M – 18. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- ASTM D1557 – 07. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).
- ASTM D6913 / D6913M – 17. Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.
- C. Chhorn., S. Jae Hong and S. Woo Lee. (2017). A study on performance of roller-compacted concrete for pavement. *Construction and Building Materials*, 2017 (Vol.153), 535-543.
- J.L. Larson, *Roller-Compacted Concrete Pavement Design Practices for Intermodal Freight Terminals at the Port of Tacoma*. In: Presented at Facing the Challenge. The intermodal Terminal of the Future, New Orleans, Louisiana, 1986. 22-29.

- K. Surachai. (2013). The Investigation of Compressive Strength of Concrete in Case Study using Granite Dust from Thai Crushing Plant as Replacement for Sand. **Princess of Naradhiwas University Journal**, 2013 (Vol.5), 44-53.
- N. Phaopong and K. Prachoom (2005). Substitution of Sand to Mineral Dust in Concrete. **Research Information Repository Journal**, Bangkok. 2005.
- S. Nippon. (1998). Compressive Strength of Concrete Composed of Crushed Dust Instead of Sand. **The Journal Engineering khonkaen University**, 1998 (Vol.25), 1-5.

การพัฒนาวัสดุดูดซับไอระเหยสารโพลูอินจากถ่านกะลามะพร้าว และถ่านกะลาปาล์ม

ผู้สดี สักระจำ¹, สุณี ภูสีม่วง², ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล³

^{1,2} สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

³ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวัสดุดูดซับไอระเหยสารโพลูอินจากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม รวมถึงศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโพลูอิน

การดำเนินการวิจัยโดยการนำกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม มาเผาในสภาพไร้ออกซิเจนและทำการบดและร่อนให้ได้ขนาด 1-3 มิลลิเมตร นำถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์มมากระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สัดส่วน ถ่าน:KOH 1:1 1:3 และ 1:5 และให้ความร้อน 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และวัดค่าไอโอดีนนัมเบอร์ และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและนำผลการวิจัยสัดส่วนที่ดีที่สุดโดยคัดเลือกจากผลการทดลองค่าไอโอดีนนัมเบอร์และคุณสมบัติทางกายภาพ ไปทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินต่อไป และคำนวณต้นทุนในการพัฒนาวัสดุดูดซับเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้า

ผลการทดลองการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว พบว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ดีที่สุดคือ 1:3 เท่ากับ 618.45 มิลลิกรัมต่อกรัม และผลการทดลองการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม พบว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ดีที่สุดคือ 1:3 เท่ากับ 605.75 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยเมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าถ่านกะลามะพร้าวมีลักษณะพื้นที่ผิวถูกเปิด และเห็นเป็นโพรงลึกลงไปในโครงสร้างและภายในมีรูพรุนขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมาก ส่วนถ่านกะลาปาล์มสามารถสังเกตเห็นเป็นโพรงลึกลงไปโครงสร้างถ่าน แต่รูพรุนที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอและรูพรุนยังถูกปิดคลุมอยู่ และผลการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับพบว่าถ่านกะลาปาล์ม ถ่านกะลามะพร้าว และถ่านกัมมันต์ทางการค้า มีประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินเท่ากับ 43.60 83.96 และ 221.83 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ช่วงเบรคทรมีค่าเท่ากับ 25.69 33.94 และ 37.11 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สามารถกักจับไอระเหยสารโพลูอินได้ 20 30 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มมีต้นทุนน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ทางการค้าถึง 4 เท่า

คำสำคัญ : วัสดุดูดซับไอระเหย, ถ่านกะลามะพร้าว, ถ่านกะลาปาล์ม

Development of Toluene Vapor Adsorbent from Coconut Shell Charcoal and Palm Shell Charcoal

Pusadee Leekrajang¹, Sunee Poosrimuang², Prapat Pongkiatkul³

^{1,2}Department of Sciences and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University

³Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineer, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi

ABSTRACT

This research aimed to develop the toluene absorbent materials from coconut shell and palm one, which were waste from industrial sectors. As well as to study the effectiveness of toluene vapor adsorption.

Coconut shell and palm shell burned in oxygenless conditions. Crushed and sieved to (a size of) 1-3 millimetres. Then, the coconut-shell and palm-shell charcoals activated by potassium hydroxide (KOH). The ration between KOH and mix coconut shell and palm one was 1: 1, 1: 3 and 1: 5. Next, the mixture was heated to 800 °C for 2 hours. Iodine number and physical properties were analysed. The good proportion of the toluene vapor adsorbents was tested. Calculate. The cost of developing for the adsorbent material was compared to the activated carbon.

The optimal conditions of activated carbon from coconut shell showed the best iodine number at 1: 3 at 618.45 mg /g. The results showed that the optimal iodine number was 1:3; equivalent to 605.75 mg/g. Coconut-shell charcoal was characterized by open surface area. It was found a deep hole in the structure and a small internal porous hole formed. The coconut-shell charcoal can be seen as a deep cavity in the charcoal structure. However, the porosity is uneven and porous is covered. The toluene vapor adsorption efficiency of the palm charcoal; coconut-shell charcoal and activated charcoal was 43.6071, 83.96 and 221.83 mg/g respectively. The breakthroughs of the palm charcoal, coconut shell charcoal and activated charcoal were 25.69, 33.94 and 37.11 mg/g, respectively. respectively. The cost of production was 4 times less than that of activated carbon.

Keywords : Vapor Absorber, Coconut Shell, Palm Shell

บทนำ

สารโทลูอีน (Toluene) ถือเป็นสารเคมีที่เป็นพิษ ตาม พรบ.วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ระบุว่าสารโทลูอีนเป็นสารอันตรายชนิดที่ 3 ควบคุมโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารโทลูอีนส่วนใหญ่จะเป็นสารที่โรงงานอุตสาหกรรมนำมาทำเป็นตัวทำละลาย โดยทั่วไปสารโทลูอีนเป็นของเหลวใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย คล้ายกลิ่นเบนซิน เมื่อได้รับในปริมาณมากจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีผลผลิตมากมายที่ถูกขนส่งมายังโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น และเมื่อหลังจากสิ้นสุดการผลิตจะเกิดของเสียมากมาย ดังนั้นหากมีการนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาประยุกต์หรือดัดแปลงใหม่เพื่อให้เกิดการใช้งานที่มีประโยชน์มากขึ้นและมีมูลค่ามากยิ่งขึ้น เช่น การนำมาแปรรูปเป็นตัวดูดซับ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีงานวิจัยมากมายที่มีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุดูดซับที่พัฒนามาจากธรรมชาติ เนื่องจากหลายภาคส่วนได้หันมาสนใจสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่ประกอบไปด้วยคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์น้ำหนักเพียง 1 กรัมจะมีพื้นที่ผิวภายในโดยรวมระหว่าง 500-1,500 ตารางเมตรขึ้นอยู่กับเกรดของถ่าน ชนิดวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต บุญรักษ์ กาญจนวรรณิษฐ์ (2559) ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตโดยทั่วไปในประเทศไทยหรือที่รับมาจากต่างประเทศยังมีประสิทธิภาพหรือรูพรุนค่อนข้างต่ำ ทำให้ต้องสูญเสียเงินเป็นจำนวนมากในการนำเข้าถ่านกัมมันต์ และแนวโน้มการใช้ถ่านกัมมันต์ก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้จึงทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับถ่านกัมมันต์จำนวนมาก ซึ่ง

วัตถุดิบที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอยู่ภายในประเทศอยู่แล้ว โดยมีการนำวัสดุเหล่านั้นมาปรับผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน และทำการกระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ กระตุ้นทางกายภาพ และการกระตุ้นทางเคมี โดยการกระตุ้นทางเคมีจะใช้เวลาและอุณหภูมิน้อยกว่าการกระตุ้นทางกายภาพ ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากกว่า แต่ยังมีข้อจำกัดคือจำเป็นต้องล้างสารเคมีที่กระตุ้นออกด้วยน้ำ อภิสสิษฐ์ ศงสะเสน (2553)

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการนำของเสียกลับมาพัฒนาต่อยอดเป็นวัสดุดูดซับไอระเหยสารโทลูอีน และเห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ จึงสนใจศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม โดยกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เพราะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ง่าย และมีราคาถูก แล้วตรวจสอบพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เกิดขึ้น นำเม็ดถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์มไปใช้ในการดูดซับไอระเหยสารโทลูอีน เปรียบเทียบกับวัสดุดูดซับที่ผลิตจากที่ขายในท้องตลาด รวมถึงทำการประเมินต้นทุนของกระบวนการผลิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับการต่อยอดผลงานสู่การใช้จริงในเชิงพาณิชย์

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์และกระบวนการดูดซับไอระเหยสารโทลูอีนดังนี้

สถาพร บุ่งทอง และคณะ (2558) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มโดยกระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมี รวมถึงสมบัติของถ่าน ความสามารถในการดูดซับ และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ปัญญา มณีจักร (2555) ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกहुควาง โดยทำการวิเคราะห์

พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

อรนิจ อูปรี และสัญญา สิริวิทยาภรณ์ (2559). ได้ศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและเหง้ามันสำปะหลังในการบำบัดน้ำเสียจากการย้อมไหม โดยศึกษากระบวนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน รวมทั้งวิเคราะห์พื้นที่ผิวและค่าไอโอดีนนัมเบอร์

องอาจ สุขะพันธ์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาวัสดุดูดซับไอระเหยสารโหลอินจากถ่านไม้ โดยนำวัสดุดูดซับที่พัฒนาขึ้นจากถ่านไม้โดยใช้น้ำยารักษาเป็นตัวประสาน และนำไปศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโหลอิน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม
2. เพื่อพัฒนาวัสดุดูดซับไอระเหยของสารโหลอินจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์ม
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโหลอินของวัสดุดูดซับที่พัฒนาขึ้น
4. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตวัสดุดูดซับที่พัฒนาขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

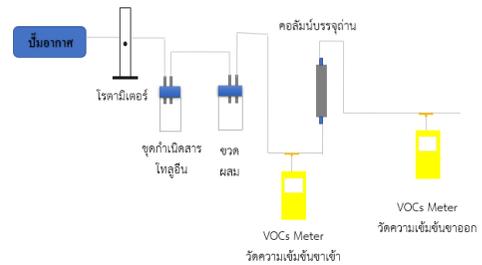
1. การเตรียมถ่านกัมมันต์

นำกะลาปาล์มและกะลามะพร้าว มาเผาในสภาพไร้ออกซิเจน ภายในถังขนาด 200 ลิตร และทำการบดและร่อนให้ได้ขนาด 1-3 mm นำถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์มมาปรับสภาพด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ 0.5 N โดยใช้สัดส่วน ถ่าน:KOH 1:1 1:3 และ 1:5 และให้ความร้อน 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์พื้นที่ผิว ด้วยกล้องจุลทรรศน์

แบบส่องกราด (SEM) และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนนัมเบอร์ โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

2. การทดสอบการดูดซับโหลอิน

จัดเตรียมชุดทดลองในการดูดซับสารโหลอินดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชุดทดลองการดูดซับสารโหลอิน

นำวัสดุดูดซับจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม และวัสดุดูดซับทางการค้า (ถ่านหิน) ปริมาณ 10 กรัมใส่ในคอลัมน์บรรจุถ่านและทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง VOCs Meter ทำซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์ผลการทดลองแสดงค่าประสิทธิภาพการดูดซับที่สามารถถูกดูดซับไว้ได้ ณ เวลาใด ๆ คำนวณได้จากสมการ ต่อไปนี้

$$Q_p = Q_0 - Q_1$$

Q_p = ปริมาณการดูดซับก๊าซ (%)

Q_0 = ปริมาณความเข้มข้นก๊าซก่อนการทดลอง (%)

Q_1 = ปริมาณความเข้มข้นก๊าซหลังการทดลอง (%)

ผลการวิจัย

1. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม

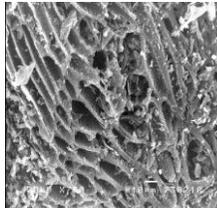
1.1 การเผาถ่าน

ศึกษากระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม อย่างง่ายภายในถังขนาด 200 ลิตร โดยพบว่าเมื่อเริ่มเผาจะสามารถสังเกตเห็นควันขาวหรือควันสีเทาขุ่นที่เกิดขึ้นมีจำนวนมาก

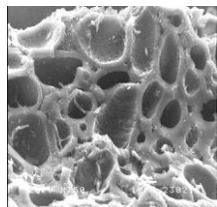
หลังจากนั้นควันที่เกิดขึ้นจะค่อย ๆ จางลง
อย่างเห็นได้ชัด แสดงว่ากะลามะพร้าวแปรสภาพ
กลายเป็นถ่าน ซึ่งใช้เวลาในการเผาให้เป็นถ่าน
นาน 2 ชั่วโมง ส่วนกะลาปาล์มใช้เวลาในการเผา
ให้เป็นถ่านนาน 4 ชั่วโมง

1.2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวภายนอก ด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ชนิดส่องกราด (SEM)

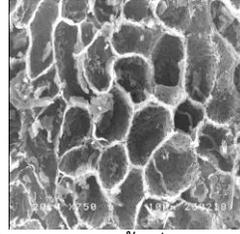
การศึกษาลักษณะพื้นผิวภายนอกของ
ถ่านทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะเป็นสีดำ ผิวขรุขระและมี
น้ำหนักเบา และเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์
อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดขนาดกำลังขยาย 750
เท่า พบว่ารูพรุนของถ่านกะลามะพร้าวมีลักษณะ
ลึกลงไปในเนื้อถ่านจำนวนมาก และมีความเป็น
ระเบียบและสม่ำเสมอ ส่วนรูพรุนจากกะลาปาล์ม
มีลักษณะลึกลงไปในเนื้อถ่านเปิดกว้าง มีความไม่
สม่ำเสมอ บางส่วนเป็นพื้นผิวแบบเรียบ และ
ขนาดรูพรุนที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน ซึ่งรูพรุนจะเกิด
เฉพาะบางจุดของผิวถ่านเท่านั้น แต่มีจำนวนน้อย
กว่าถ่านกะลามะพร้าว ดังแสดงในภาพที่ 2 – 9



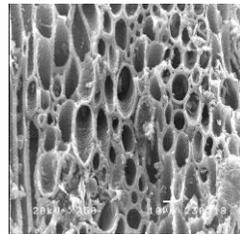
ภาพที่ 2 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของถ่าน
กะลามะพร้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วย KOH



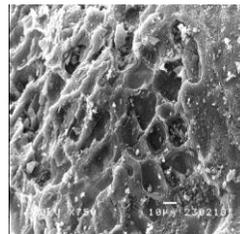
ภาพที่ 3 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ
กะลามะพร้าวที่ผ่านการปรับสภาพในสัดส่วน
ถ่าน:KOH เท่ากับ 1:1



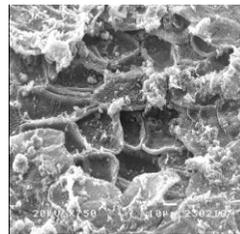
ภาพที่ 4 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ
กะลามะพร้าวที่ผ่านการปรับสภาพในสัดส่วน
ถ่าน:KOH เท่ากับ 1:3



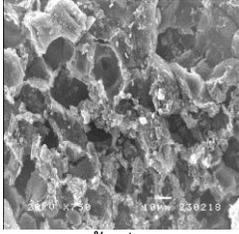
ภาพที่ 5 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของ
กะลามะพร้าวที่ผ่านการปรับสภาพในสัดส่วน
ถ่าน:KOH เท่ากับ 1:5



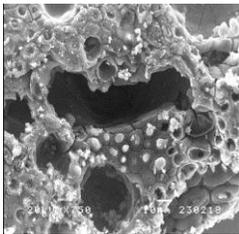
ภาพที่ 6 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของถ่าน
กะลาปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วย KOH



ภาพที่ 7 ลักษณะพื้นผิวภายนอกของกะลาปาล์ม
ที่ผ่านการปรับสภาพในสัดส่วนถ่าน:KOH เท่ากับ
1:1



ภาพที่ 8 ลักษณะพื้นที่ผิวภายนอกของกะลาปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพในสัดส่วนถ่าน:KOH เท่ากับ 1:3



ภาพที่ 9 ลักษณะพื้นที่ผิวภายนอกของกะลาปาล์มที่ผ่านการปรับสภาพในสัดส่วนถ่าน:KOH เท่ากับ 1:5

อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวไม่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการดูดซับได้ทั้งหมด เพราะขึ้นอยู่กับ การปรับสภาพและชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ด้วย ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดี จึงควรศึกษาสมบัติด้านอื่น ๆ เพื่อประกอบในการศึกษาต่อไปด้วย

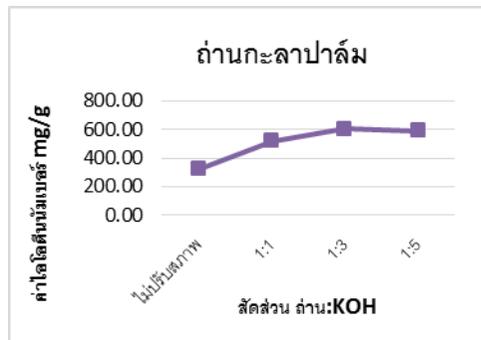
1.3 การศึกษาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number)

ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์มที่ยังไม่ได้ปรับสภาพด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่น้อยมาก และเมื่อถูกนำไปปรับสภาพในอัตราส่วน 1:1 1:3 และ 1:5 พบว่า ค่าไอโอดีนนัมเบอร์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในอัตราส่วน 1:5 ค่าการดูดซับจะลดลง โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกะลามะพร้าวก่อนปรับสภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 269.96 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งถือว่ามีค่าการดูดซับที่น้อยมาก แต่เมื่อนำถ่านไปปรับสภาพด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าสัดส่วนถ่าน: KOH เท่ากับ 1:1 1:3 และ 1:5 มีค่าเฉลี่ยการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 445.22 618.45 และ 600.66 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม

จากภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกะลาปาล์มก่อนปรับสภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 320.09 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งถือว่ามีค่าการดูดซับที่น้อยมาก แต่เมื่อนำถ่านไปปรับ

สภาพด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่าสัดส่วนถ่าน: KOH เท่ากับ 1:1 1:3 และ 1:5 มีค่าเฉลี่ยการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 520.36 605.75 และ 592.60 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับจากค่าไอโอดีนนมเบอร์จากถ่านกลามะพร้าว และถ่านกะลาปาล์มแสดงผลในกราฟค่าไอโอดีนนมเบอร์ (ภาพที่ 10 และ 11) พบว่าผลการทดลองค่าไอโอดีนนมเบอร์แต่ละสัดส่วนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในสัดส่วน 1:5 ค่าเฉลี่ยการดูดซับจะลดลง ดังนั้นสัดส่วนที่ดีที่สุดของถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิดคือ 1:3 ซึ่งมีค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่มากที่สุด

2. ประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม

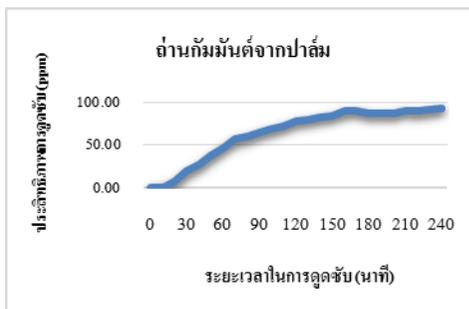
ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มและกะลามะพร้าว มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ แต่ประสิทธิภาพยังไม่ดีเท่าถ่านกัมมันต์ทางการค้า โดยมีผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 12-14



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินจากกะลามะพร้าว

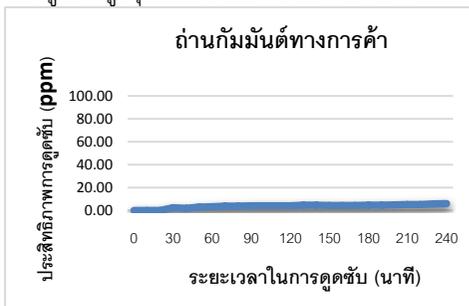
จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่าการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวมีอัตราค่าเฉลี่ยการดูดซับที่ลดลง แต่ยังสามารถดูดซับได้จนถึงเวลา 240 นาที ในระหว่างการวัดค่า

ไอระเหยสารโพลูอินทุก ๆ 10 นาที ซึ่งค่าการดูดซับสูงสุด 83.9627 มิลลิกรัมต่อกรัม



ภาพที่ 13 กราฟแสดงผลการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินจากกะลามะพร้าว

จากภาพที่ 13 จะเห็นได้ว่าการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มมีอัตราค่าเฉลี่ยการดูดซับที่ลดลงแต่ยังสามารถดูดซับได้จนถึง 240 นาที ในระหว่างการวัดค่าไอระเหยสารโพลูอินทุก 10 นาที ซึ่งค่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุด 43.6071 มิลลิกรัมต่อกรัม



ภาพที่ 14 กราฟแสดงผลการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินจากถ่านกัมมันต์ทางการค้า

จากภาพที่ 14 จะเห็นได้ว่าการดูดซับไอระเหยสารโพลูอินของถ่านกัมมันต์ทางการค้ามีอัตราการดูดซับที่ลดลงหลังจากผ่านไป 10 นาที แต่ยังสามารถดูดซับได้จนถึง 240 นาที ในระหว่างการวัดค่าไอระเหยสารโพลูอินทุก ๆ 10 นาที ซึ่งค่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุด 221.828 มิลลิกรัมต่อกรัม

3. วิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตวัสดุดูดซับที่พัฒนาขึ้น

การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวสามารถสรุปค่าใช้จ่าย โดยคำนวณจากถ่านกะลามะพร้าว สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก ดังนั้นการผลิตถ่านกัมมันต์ 1 กิโลกรัม รวมค่าแรง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 364.56 บาท

การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม สามารถสรุปค่าใช้จ่าย โดยคำนวณจากถ่านกะลาปาล์ม สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก ดังนั้นการผลิตถ่านกัมมันต์ 1 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่าย 358.23 บาท

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีการทดสอบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ โดยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม เท่ากับ 618.45 และ 605.75 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ สภาพร บุ่งทอง และคณะ (2559) ที่ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวปรับสภาพ รวมถึงศึกษาลักษณะทางกายภาพ พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด พบว่าถ่านทั้ง 2 ชนิดมีพื้นที่ผิวที่กว้างและลึก รวมถึงจำนวนรูพรุนของถ่านที่ปรับสภาพในสัดส่วน 1:3 มีจำนวนมากกว่าถ่านก่อนปรับสภาพและถ่านที่ปรับสภาพในสัดส่วน 1:1 และ 1:5 จากผลการศึกษาจากผลการศึกษาค่าไอโอดีนนัมเบอร์และลักษณะทางกายภาพของถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด สามารถนำไปทำเป็นวัสดุดูดซับได้ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ผ่านเกณฑ์ มอก. 900-2547 รวมถึงมีพื้นที่ผิวและรูพรุนซึ่งเป็นสมบัติของถ่านกัมมันต์ ทั้งนี้จึงมีการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นวัสดุดูดซับไอระเหย

สารโทลูอินในขั้นตอนต่อไป โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มที่ได้พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้า ซึ่งประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว และถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มได้ค่าประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโทลูอินสูงสุด 83.9627 และ 43.6071 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด สามารถดูดซับเฉลี่ยได้สูงสุดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยหลังจากการปรับสภาพด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สามารถนำไปเป็นวัสดุดูดซับไอระเหยสารโทลูอินได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้าซึ่งผลิตจากถ่านหินพบจะได้ค่าประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยสารโทลูอินเฉลี่ยสูงสุด 221.828 มิลลิกรัมต่อกรัม และสามารถดูดซับได้มากกว่า 4 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มมีกระบวนการผลิตที่ง่าย ต้นทุนต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้าที่มีกระบวนการผลิตที่สูงกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับยังไม่สามารถเทียบเท่ากับถ่านกัมมันต์ทางการค้าได้ นอกจากนี้จึงได้มีการคำนวณต้นทุนการผลิต พบว่าคำนวณถึงต้นทุนที่ใช้ ถ่านกะลามะพร้าวมีต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ 1 กิโลกรัม รวมค่าแรง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 364.56 บาท ถ่านกะลาปาล์มต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ 1 กิโลกรัมรวมค่าแรง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 358.23 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้าที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ใกล้เคียงกัน ซึ่งราคาอยู่ประมาณ 76 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าวัสดุดูดซับไอระเหยสารโทลูอินจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านกะลาปาล์ม วัสดุทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพสามารถดูดซับไอระเหยสารโทลูอินได้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่ประสิทธิภาพยังไม่สามารถเทียบเท่ากับถ่านกัมมันต์ทางการค้าได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนและจำนวนรอบใน

การเปลี่ยนตัวดูดซับถือว่ายังไม่เหมาะสม ทั้งนี้จึง
ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถใช้งานได้
ระยะเวลานานขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของความสัมพันธ์กับ
ประสิทธิภาพในการดูดซับ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลใน
การนำมาใช้งานจริง และเป็นการคาดคะเน
ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนถ่านกัมมันต์
2. เพื่อให้มีการนำไปใช้งานได้หลากหลาย
จึงควรมีการพัฒนาต่อยอด โดยใช้สารเคมีชนิดอื่น
เข้ามาทดสอบ เช่น สาร VOCs ชนิดอื่น เป็นต้น
3. ศึกษากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์
เพื่อให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น และมีราคา
ต้นทุนต่ำ
4. ศึกษาการนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่
อีกครั้ง เพื่อลดปริมาณการส่งของเสียไปกำจัด

References

Apsit Songsasen., (2010). **Preparation of
activated carbon from bamboo.** 12
January 2018. From <https://is.gd/SqF7yv>
Bunrak Kanchanaworawanit., (2015). **Knowledge:
charcoal alarm!**. 12 January 2018.
From <https://is.gd/ATxoh3>

Ong-ard Sriyabhandha et al., (2015).
**Development of Wooden Charcoal
for Toluene Adsorption.** KKU Science
Journal 43. 249-259.
Oranit Aupparee and Sanya Sirivithayapakom.
(2016). **Efficiency of Bagasse and
Cassava Rhizome Activated Carbon
on Dyed Silk Wastewater Treatment.**
The Journal of Industrial Technology
Suan Sunandha Rajabhat University.
37-50.
Panya Maneechakr., (2015). **Preparation
of Activated Carbon from the Seed
of Terminalia Catappa.** APHEIT Journal.
18. 119-128.
Sathaporn Bhungthong et al., (2015).
**Feasibility study on activated
carbon production from palm oil
shell by chemical activation
method.** 12 January 2018. From
<https://is.gd/u4SQF2>

การคำนวณหาความยาวของท่ออบแห้งแบบหมุนในงานอุตสาหกรรม

โดยการวิเคราะห์ความไวที่ใช้พารามิเตอร์

สุชาติ สิริจัสสถาพร¹, ธนภรณ์ พันธุ์ปรีชารัตน์²

¹สถาบันนวัตกรรมมหานคร ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

²สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบเพื่อหาขนาดความยาวของท่ออบแห้งแบบหมุนสำหรับการอบแห้งแบบโปรยในระดับอุตสาหกรรม ด้วยการวิเคราะห์ความไวที่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งการวิเคราะห์ความไวที่ใช้พารามิเตอร์เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ ความชื้นสมดุล, สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร และ สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน เป็นต้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการคำนวณหาขนาดความยาวท่อหมุนอบแห้งระดับอุตสาหกรรมที่เหมาะสมกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลที่ได้จากการคำนวณเมื่อนำค่าที่ได้คำนวณเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีการใช้งานในปัจจุบัน พบว่า ในกรณีศึกษาที่ 1 ความยาวท่อหมุนที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเท่ากับ 2.17 เปอร์เซ็นต์ และในกรณีศึกษาที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของขนาดท่อหมุนเท่ากับ 6.17 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้งสองกรณีสามารถคำนวณได้ขนาดใกล้เคียงกับท่อหมุนที่มีการใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรม

คำสำคัญ : ท่ออบแห้งแบบหมุน การวิเคราะห์ความไวที่ใช้พารามิเตอร์, ความร้อนและการถ่ายเทความร้อน

Calculation for Length of Rotary Dryer Pipe in Industry using Parametric Sensitivity Analysis

Suchada Sitjongsataporn¹, Tanaporn Pantuprecharat²

¹Mahanakorn Institute of Innovation, Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering,
Mahanakorn University of Technology

²Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This paper presents a design of length of industrial rotary dryer for the thermal efficiency of showering drying with a parametric sensitivity analysis, that analyze the effect of parameter currently used in industry; such as Equilibrium Moisture, Volumetric heat transfer coefficient and Heat loss coefficient, etc. The objective is to analyze the relation of selected parameters to calculate the length of industrial rotary dryer based on the parametric sensitivity analysis. In case study 1, the percentage error of rotary dryer length calculated from the proposed method is 2.17. In case study 2, the percentage error is 6.17. Results of proposed method shows that can be calculated in comparison with some example in the industrial use.

Keywords : Rotary dryer, Parametric sensitivity analysis, Heat and mass transfer

บทนำ

การอบแห้งแบบทอหมุน (rotary dryer) ที่ใช้หลักการโปรยของแข็งหรือวัสดุเปียกด้วยการตกของแข็งที่อยู่ภายในทอหมุนแล้วโปรยลงสู่ด้านล่างโดยการให้ลมร้อน (hot air) เคลื่อนที่ผ่านตลอดความยาวทอ ลมร้อนจะทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของแข็งเปียกกับลมร้อนและพัดพาให้ของแข็งเคลื่อนที่ผ่านทอหมุนได้ โครงสร้างหลักของเครื่องอบแห้งแบบหมุน (Rotary drum dryer) ประกอบด้วยทอทรงกระบอกหมุนทำมุมเอียงที่เหมาะสม กับแนวระดับเพื่อให้ของแข็งเกิดการเคลื่อนที่ ต่อมาทำการป้อนของแข็งเปียกเข้าทางปลายข้างหนึ่งของทอทรงกระบอกซึ่งของแข็งเมื่อมีการสัมผัสกับลมร้อนที่ไหลผ่านทอทรงกระบอก ทำให้เกิดการระเหย ความชื้นภายในของแข็งเปียกได้ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบหมุนโดยทั่วไป จะขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของของแข็งเปียกภายในทอหมุน และการถ่ายเทความร้อนและมวลซึ่งจัดเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานของเครื่องอบแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้ทอหมุนอบแห้งมีการนำมาใช้เพื่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในระดับอุตสาหกรรม ในส่วนการวิจัยได้มีการนำเสนองานวิจัยต่าง ๆ โดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์และการจำลองการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพของทอหมุนอบแห้งในอุตสาหกรรมต่างๆ (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, & Ghanbari, 2013) - (Iguaz, Esnoz, Martínez, López, & Virseda, 2003) โดยการนำเสนอความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลความชื้นของแอมโมเนียมไนเตรทที่เป็นส่วนประกอบในการทำปุ๋ยเม็ด (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, & Ghanbari, 2013) และ อัตราการอบแห้งที่ใช้สำหรับทำปุ๋ยเม็ด (Silva, Lira, Arruda, Murata, & Barrozo, 2012) ส่วน

บทความ (Osborn, White, Sulaiman, & Walton, 1989) ได้กล่าวถึงการคาดการณ์สัดส่วนของสมดุลความชื้นของถั่วเหลือง ส่วนบทความ (Jr., Lobato, Arruda, & Barrozo, 2008) นำเสนอวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับการอบแห้งในทอหมุนอบแห้งด้วยวิธีการหาวิวัฒนาการโดยใช้การหาอนุพันธ์ ต่อมาทีมงานวิจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งแบบหมุน (Friedman & Marshal, 1949) และรูปแบบการถ่ายเทความร้อนและมวลภายในทอหมุนอบแห้ง (Gu, Zhang, Li, & Yuan, 2014) ส่วนบทความ (Iguaz, Esnoz, Martínez, López, & Virseda, 2003) นำเสนอการจำลองการทำงานสำหรับกระบวนการขจัดน้ำออกจากผลผลิตทางการเกษตรสำหรับตลาดชายฝั่ง ในบทความ (สุชาติดา, 2561) เสนอการออกแบบครีบภายในทอหมุนเพื่อให้มีการอบแห้งตามหลักการโปรยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาขนาดความยาวของทออบแห้งแบบหมุนในระดับอุตสาหกรรมที่สัมพันธ์กับอัตราการอบแห้งด้วยวิธีการวิเคราะห์ความไวที่ใช้พารามิเตอร์ (Gal & Greenberg, 1997)
2. เพื่อนำเสนอสมการที่ใช้คำนวณหาขนาดความยาวทอหมุนอบแห้งที่เหมาะสมกับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบพื้นฐานที่สัมพันธ์กับความชื้นสมดุล สมบัติการถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร สมบัติการสูญเสียความร้อน เวลาคงอยู่และอัตราการอบแห้ง
3. เพื่อให้ผู้ที่สนใจหรือผู้ทำงานในภาคอุตสาหกรรมสามารถทำความเข้าใจการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบทอหมุนได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปปรับใช้เมื่อมีการวางแผนปรับปรุงประสิทธิภาพ

การอบแห้งของท่อหมุนอบแห้งระดับอุตสาหกรรม
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. สมดุลมวลและพลังงาน (Energy and Mass Balances)

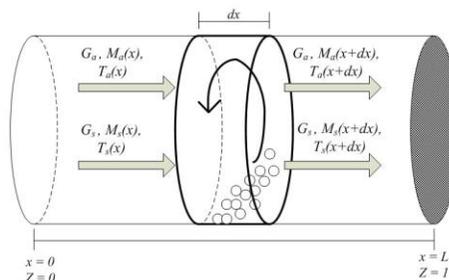
โมเดลทางคณิตศาสตร์ในหนึ่งมิติ (One-dimensional mathematical model) มีการพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำและอุณหภูมิของวัสดุที่เกี่ยวข้องตลอดความยาวของท่อหมุนอบแห้ง (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, & Ghanbari, 2013) โดยมีสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ของท่อหมุน ดังต่อไปนี้

1) สมมติให้การดำเนินการอยู่ในสถานะคงตัว (steady state)

2) ขบวนการทำให้แห้ง (drying process) จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องกับการโปรยของแข็ง (Falling-rate period) เท่านั้น

3) การไหลของอากาศและของแข็งตลอดทั้งความยาวท่อเป็นการไหลแบบตามกัน (plug flow regime)

การพัฒนาโมเดลโดยใช้ชิ้นส่วนประกอบปริมาตรขนาดเล็กในระบบพิกัดทรงกระบอก (Infinitesimal volume element) ภายในท่อหมุนอบแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 1 เป็นการทำงานเมื่อการไหลมีทิศทางเดียวกัน (concurrent flow) โดยเป็นสัดส่วนกับตำแหน่งของ x และความยาวของท่อหมุน เมื่อ z เป็นความยาวชนิดไม่มีมิติ (non-dimensional length)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบปริมาตรขนาดเล็กในระบบพิกัดทรงกระบอกภายในท่อหมุนอบแห้ง

2. สมการสำหรับองค์ประกอบพื้นฐาน (Constitutive Equations)

2.1 ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture)

สมการที่ใช้หาความชื้นสมดุล โดยเลือกใช้สมการที่ปรับปรุงจากสมการของ Halsey (Modified Halsey's equation) (Osborn, White, Sulaiman, & Walton, 1989) ดังนี้

$$M_{eq} = \left(\frac{-e^{-2.08-0.045T_s}}{\ln(RH)} \right)^{\frac{1}{1.435}} \quad (1)$$

โดยที่ T_s เป็นอุณหภูมิที่ผิวของของแข็ง หน่วยเป็น °C และ RH เป็น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative Humidity of air)

2.2 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (Volumetric heat transfer coefficient)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (U_v) (Jr., Lobato, Arruda, & Barrozo, 2008) คำนวณได้จาก

$$U_v = 3.535G_f^{0.289}G_s^{0.541} \quad (2)$$

โดยที่ G_f เป็นอัตราไหลของไอร้อน (หน่วยเป็น kg/min) และ G_s เป็นอัตราไหลของแข็ง (หน่วยเป็น kg/min)

2.3 สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน (Heat loss coefficient)

สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน (U_p) (Silva, Lira, Arruda, Murata, & Barrozo, 2012) คำนวณได้จาก

$$U_p = 0.022G_f^{0.879} \quad (3)$$

โดยที่ G_f เป็นอัตราไหลของไอร้อน (หน่วยเป็น kg/min)

2.4 อัตราการอบแห้ง (Drying rate)

อัตราการอบแห้ง (M_R) (Silva, Lira, Arruda, Murata, & Barrozo, 2012) สำหรับของแข็งที่มีความชื้นในรูปแบบของข้อมูลทางจลนศาสตร์การอบแห้ง (Drying kinetics data) คำนวณได้ดังนี้

$$M_R = e^{-K \cdot t^{0.424}} \quad (4)$$

$$K = 0.304 \cdot e^{-\frac{128.828}{T_f}} \quad (5)$$

โดยที่ T_f เป็นอุณหภูมิก๊าซ หน่วยเป็น °C และ t เป็นเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง หน่วยเป็นวินาที

2.5 เวลาคงอยู่ (Residence Time)

เวลาคงอยู่ (τ) (Friedman & Marshal, 1949) หน่วยเป็น นาที หาได้จาก

$$\tau = L \left(\frac{0.1962}{\alpha DN_R^{0.9}} \pm \frac{0.00036G_f}{G_s d_p^{0.5}} \right) \quad (6)$$

โดยที่ G_s เป็นอัตราไหลของแข็ง (หน่วยเป็น kg/min)

G_f เป็นอัตราไหลของไอร้อน (หน่วยเป็น kg/min)

D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางท่อหมุน (หน่วยเป็น m)

L เป็นความยาวท่อหมุน (หน่วยเป็น m)

α เป็นมุมเอียงของท่อหมุนจากพื้น (หน่วยเป็น radian)

N_R เป็นจำนวนรอบหมุนต่อนาที (หน่วยเป็น rpm)

d_p เป็น เส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคของแข็ง (หน่วยเป็น m)

สังเกตว่าเทอมที่ 2 ในสมการที่ (6) นั้นจะมีค่าเป็น บวก เมื่อมีการไหลไปในทิศทางเดียวกัน (concurrent flow) และมีค่าเป็น ลบ เมื่อมีการไหลไปในทิศทางสวนกัน (countercurrent flow)

ในบทความนี้กำหนดให้ท่อหมุนอบแห้งระดับอุตสาหกรรมมีการไหลชนิดไปโนทิศทางเดียวกัน ดังนั้น เวลาคงอยู่ ($\tilde{\tau}$) จะเป็น

$$\tilde{\tau} = L \left(\frac{0.1962}{\alpha DN_R^{0.9}} + \frac{0.00036G_f}{G_s d_p^{0.5}} \right) \quad (7)$$

2. การคำนวณความยาวท่อหมุนอบแห้ง

บทความนี้นำเสนอ การพิสูจน์เพื่อหาความยาวท่อหมุนอบแห้ง โดยใช้ความสัมพันธ์ของเวลาที่ของแข็งคงอยู่ในท่อหมุน (τ) และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (t) ดังต่อไปนี้

จัดสมการที่ (4) ให้อยู่ในรูปตัวแปร t โดยใส่ $\ln\{\cdot\}$ ทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\begin{aligned} \ln\{M_R\} &= \ln\{e^{-K \cdot t^{0.424}}\} \\ \ln\{M_R\} &= -K \cdot t^{0.424} \\ -\ln\{M_R\} &= K \cdot t^{0.424} \\ \ln\left\{\frac{1}{M_R}\right\} &= K \cdot t^{0.424} \\ t^{0.424} &= \frac{1}{K} \ln\left\{\frac{1}{M_R}\right\} \\ \therefore t &= \left(\frac{1}{K} \ln\left\{\frac{1}{M_R}\right\}\right)^{\frac{1}{0.424}} \quad (8) \end{aligned}$$

แทนค่า $\tilde{\tau}$ ในสมการที่ (7) ด้วย t จากสมการที่ (8) แล้วจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปตัวแปร L เพื่อหาความยาวท่อหมุน จะได้

$$L = \frac{t}{\left(\frac{0.1962}{\alpha DN_R^{0.9}} + \frac{0.00036G_f}{G_s d_p^{0.5}} \right)} \quad (9)$$

โดยที่ t กำหนดให้เป็นเวลาที่ของแข็งคงอยู่ภายในท่อหมุนนั้นเป็นเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมีหน่วยเป็น นาที คำนวณได้จากสมการที่ (8)

ต่อมาแทนค่า t จากสมการที่ (8) ในสมการที่ (9) จะได้สมการเพื่อหาความยาวท่อหมุน L ดังนี้

$$L = \frac{\left(\frac{1}{K} \ln\left\{\frac{1}{M_R}\right\}\right)^{0.424}}{\left(\frac{0.1962}{\alpha D N_R^{0.9}} - \frac{0.00036 G_f}{G_S d_p^{0.5}}\right)} \quad (10)$$

โดยที่ K กำหนดไว้ในสมการที่ (5)

3. การวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

กำหนดให้สมการวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันของความยาวท่อหมุนอบแห้งที่สัมพันธ์กับอัตราการอบแห้งจากสมการที่ (4) ดังนี้

$$\begin{aligned} f(\mathbf{x}) &= M_R(t_z, T_f) \\ &= e^{-K \cdot t_z^{0.424}} \\ &= e^{-0.304 \cdot e^{\frac{-128.828}{T_f}} \cdot t_z^{0.424}} \end{aligned}$$

โดยที่ t_z คำนวณจาก (Silva, Lira, Arruda, Murata, & Barrozo, 2012)

$$t_z = \left(\frac{1}{\left(-0.431 \cdot e^{\frac{-121.845}{T_f}}\right)} \ln\left\{\frac{1}{M_{Rz}}\right\} \right)^{0.392} \quad (11)$$

$$M_{Rz} = \frac{M - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} \quad (12)$$

เมื่อ M_{eq} คำนวณได้จากสมการที่ (1)

M เป็นความชื้นของแข็ง และ

M_0 เป็นความชื้นเริ่มต้นของแข็ง

t_z เป็นเวลาที่ใช้สัมพันธ์กับอัตราการอบแห้ง หน่วยเป็นวินาที

T_f เป็นอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง หน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$

รูปแบบปัญหาการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมกับสมการวัตถุประสงค์และสมการเงื่อนไข $g_j(\mathbf{x})$ มีดังนี้

$L = \text{Minimize } f(\mathbf{x});$

$$g_j(\mathbf{x}) \leq 0, j = 1, 2, \dots, 5 \quad (13)$$

โดยที่ L เป็นขนาดของความยาวท่อหมุน โดยกำหนดให้

$$\begin{aligned} \therefore L = f(x) &= \frac{\left(\frac{1}{K} \ln\left\{\frac{1}{M_R}\right\}\right)^{0.424}}{\left(\frac{0.1962}{\alpha D N_R^{0.9}} - \frac{0.00036 G_f}{G_S d_p^{0.5}}\right)} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{K} \ln\left\{\frac{1}{M_R}\right\}\right)^{2.358}}{\left(\frac{0.1962}{\alpha x_1 N_R^{0.9}} - \frac{3.6 \times 10^{-4} x_2}{x_3 x_4^{0.5}}\right)} \quad (14) \end{aligned}$$

และ

$$K = 0.304 \cdot e^{\frac{-128.828}{T_f}} \quad (15)$$

โดยที่ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหมุน หน่วยเป็น m

T_f เป็นอุณหภูมิแก๊ส หน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$

M_R เป็นอัตราอบแห้ง

α เป็นมุมเอียงของท่อหมุนจากพื้น หน่วยเป็น radian

N_R เป็นจำนวนรอบหมุนต่อนาที หน่วย

เป็น rpm

x_1 ถึง x_4 เป็นตัวแปรไม่ทราบค่าที่ใช้ในการออกแบบเพื่อหาความยาวท่อหมุน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรไม่ทราบค่าที่ใช้ในการออกแบบ

สัญลักษณ์	ตัวแปรไม่ทราบค่า	หน่วย
x_1	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหมุน (D)	m
x_2	อัตราไหลของไอร้อน (G _f)	kg/min
x_3	อัตราไหลของอนุภาคของแข็ง (G _S)	kg/min
x_4	เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคของแข็ง (d _p)	m

ผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อค่าที่เหมาะสม หรือ เรียกว่า การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) ซึ่งในบทความนี้ กำหนดค่ามุมเอียงของท่อหมุนจากพื้น (α) ระหว่าง 1 ถึง 4 องศา และจำนวนรอบหมุน ระหว่าง 2 ถึง 5 rpm โดยศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อความยาวท่อหมุนรอบแห้ง (L) ที่เหมาะสม

1.1 กรณีศึกษาที่ 1

ทำการคำนวณเพื่อหาความยาวท่อหมุนรอบแห้ง โดยใช้สมการเงื่อนไข ดังแสดงในตารางที่ 2 และมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบจากบทความ (Lisboa, Vitorino, Delaiba, Finzer, & Barrozo, 2007) ดังแสดงในตารางที่ 3 จากนั้นทำการแก้ปัญหา และวิเคราะห์ด้วยสมการที่ (11) - (13)

ตารางที่ 2 สมการเงื่อนไข

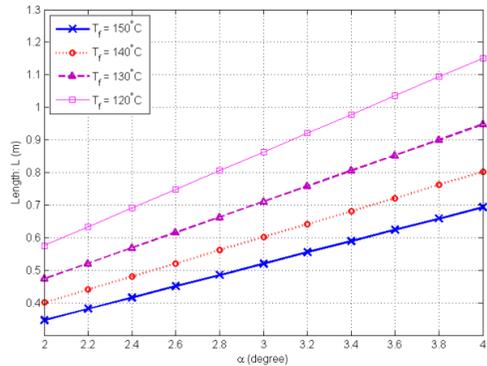
สมการเงื่อนไข	รูปแบบ
$g_1(x)$	$U_p \leq 0.005$
$g_2(x)$	$U_v \leq 1.50$

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบจากบทความ (Lisboa, Vitorino, Delaiba, Finzer, & Barrozo, 2007)

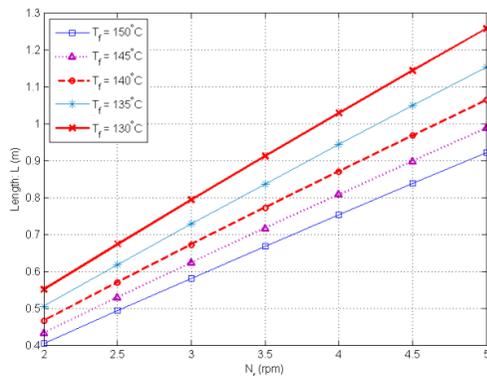
พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด (หน่วย)
เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคของแข็ง (d_p)	2.76 mm
ความเร็วรอบของท่อหมุน (N_R)	2.65 rpm
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหมุน (D)	0.25 m
อัตราไหลของไอร้อน (G_f)	0.15 kg/min
อัตราไหลของอนุภาคของแข็ง (G_s)	0.33 kg/min

ในภาพที่ 2 พบว่า เมื่อมุมเอียงของท่อหมุนจากพื้นเพิ่มขึ้น ยิ่งต้องเพิ่มความยาวท่อหมุน

รอบแห้งให้ยาวยิ่งขึ้น และอุณหภูมิของแก๊สมีผลต่อความยาวท่อหมุนรอบแห้ง กล่าวคือ เมื่อใช้อุณหภูมิของแก๊สที่สูงขึ้น จะทำให้สามารถลดขนาดความยาวท่อหมุนรอบแห้งลงได้



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวท่อหมุนรอบแห้ง (L) และมุมเอียงของท่อหมุนจากพื้น (α) เมื่ออุณหภูมิแก๊ส (T_f) ที่มีค่าแตกต่างกันโดยใช้พารามิเตอร์ในการออกแบบจากบทความ (Lisboa, Vitorino, Delaiba, Finzer, & Barrozo, 2007)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวท่อหมุนรอบแห้ง (L) และความเร็วรอบของท่อหมุน (N_R) เมื่ออุณหภูมิแก๊ส (T_f) ที่มีค่าแตกต่างกันโดยใช้พารามิเตอร์ในการออกแบบจากบทความ (Lisboa, Vitorino, Delaiba, Finzer, & Barrozo, 2007)

ในภาพที่ 3 พบว่า เมื่อยิ่งเพิ่มความเร็วยรอบของท่อหมุนขึ้น ยิ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ท่อขนาดความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิที่มีผลขนาดความยาวของท่อที่ต้องใช้สอดคล้องกับผลการทดลองในภาพที่ 2 กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของแก๊สให้สูงขึ้น สามารถลดขนาดความยาวท่อหมุนอบแห้งลงได้

สรุปผลการการคำนวณหาขนาดความยาวท่อหมุนอบแห้งที่ได้นำเสนอ ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดความยาวท่อหมุนในบทความ (Lisboa, Vitorino, Delaiba, Finzer, & Barrozo, 2007) เท่ากับ 0.60 m และจากภาพที่ 3 ได้ขนาดความยาวท่อหมุนที่คำนวณได้เท่ากับ 0.613 m ที่ความเร็วรอบของท่อหมุน (N_R) เป็น 2.65 rpm และอุณหภูมิแก๊ส (T_f) เป็น 140°C โดยมีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดขนาดความยาวท่อหมุนเท่ากับ

$$\frac{|0.613-0.60|}{0.60} \times 100 = 2.17\%$$

1.2 กรณีศึกษาที่ 2

ทำการคำนวณเพื่อหาความยาวท่อหมุนอบแห้ง โดยใช้สมการเงื่อนไข ดังแสดงในตารางที่ 4 และมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ จากบทความ (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, & Ghanbari, 2013) ดังแสดงในตารางที่ 5 จากนั้นทำการแก้ปัญหาและวิเคราะห์ด้วยสมการที่ (11) - (13)

ตารางที่ 4 สมการเงื่อนไข

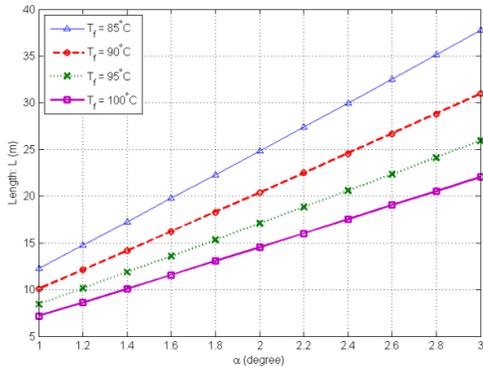
สมการเงื่อนไข	รูปแบบ
$g_1(x)$	$U_p \leq 0.03$
$g_2(x)$	$U_v \leq 2.75$

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบจากบทความ (Lisboa, Vitorino, Delaiba, Finzer, & Barrozo, 2007)

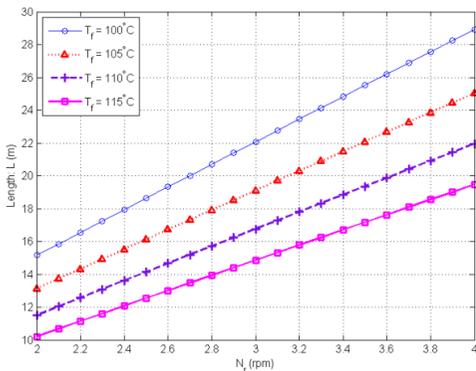
พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด (หน่วย)
เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคของแข็ง (d _p)	2 mm
ความเร็วรอบของท่อหมุน (N _R)	3 rpm
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหมุน (D)	3.324 m
อัตราไหลของไอร้อน (G _f)	1.016 kg/min
อัตราไหลของอนุภาคของแข็ง (G _s)	0.538 kg/min

ในภาพที่ 4 พบว่า เมื่อมุมเอียงของท่อหมุนยิ่งเพิ่มขึ้น ยิ่งต้องเพิ่มความยาวท่อให้ยาวยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังพบอีกว่า อุณหภูมิของแก๊สมีผลต่อความยาวที่จำเป็นของท่อ กล่าวคือ เมื่อใช้อุณหภูมิของแก๊สที่สูงขึ้น จะทำให้สามารถลดขนาดความยาวท่อหมุนอบแห้งลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในกรณีศึกษาที่ 1

ในภาพที่ 5 พบว่า เมื่อยิ่งเพิ่มความเร็วยรอบของท่อหมุนขึ้น ยิ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ท่อขนาดความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิที่มีผลขนาดความยาวของท่อที่ได้ สอดคล้องกับผลการทดลองในกรณีศึกษาที่ 1 กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของแก๊สให้สูงขึ้น สามารถลดขนาดความยาวท่อหมุนอบแห้งลงได้ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าว ได้ผลไปในทำนองเดียวกันกับผลการทดลองที่ได้จากกรณีศึกษาที่ 1



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวท่อหมุนอบแห้ง (L) และมุมเอียงของท่อหมุนจากพื้น (α) เมื่ออุณหภูมิแก๊ส (T_f) ที่มีค่าแตกต่างกันโดยใช้ พารามิเตอร์ในการออกแบบจากบทความ (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, & Ghanbari, 2013)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวท่อหมุนอบแห้ง (L) และความเร็วรอบของท่อหมุน (N_r) เมื่ออุณหภูมิแก๊ส (T_f) ที่มีค่าแตกต่างกันโดยใช้ พารามิเตอร์ในการออกแบบจากบทความ (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, & Ghanbari, 2013)

สรุปผลที่ได้จากการคำนวณหาขนาดความยาวท่อหมุนอบแห้งที่ได้นำเสนอ ดังแสดงในภาพที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดความยาวท่อหมุนในบทความ (Abbasfard, Rafsanjani, Ghader, &

Ghanbari, 2013) เท่ากับ 18 m. และจากรูปที่ 5 ได้ขนาดความยาวท่อหมุนที่คำนวณได้ เท่ากับ 19.11 m. ที่ความเร็วรอบของท่อหมุน (N_r) เป็น 3 rpm และอุณหภูมิแก๊ส (T_f) เป็น 105°C โดยมีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดขนาดความยาวท่อหมุนมากกว่ากรณีที่ 1 คือ เท่ากับ

$$\frac{|19.11-18|}{18} \times 100 = 6.17\%$$

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสูตรที่เสนอ เหมาะกับพารามิเตอร์ในกรณีศึกษาที่ 1 มากกว่า

สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้ได้นำเสนอสูตรที่ใช้สำหรับคำนวณหาความยาวของท่ออบแห้งแบบหมุน สำหรับการอบแห้งแบบโปรยในระดับอุตสาหกรรม จากผลการทดลองพบว่า สูตรที่เสนอสามารถคำนวณหาความยาวท่ออบแห้งได้ใกล้เคียงกับที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน โดยเมื่อใช้สูตรกับพารามิเตอร์ตามกรณีศึกษาที่ 1 จะได้ความยาวของท่ออบแห้งที่ใกล้เคียงกับท่ออบแห้งที่ใช้งานจริงในโรงงานมากกว่าที่ใช้กับพารามิเตอร์ตามกรณีศึกษาที่ 2 คือเมื่อคำนวณโดยใช้พารามิเตอร์ตามกรณีศึกษาที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนเพียง 2.17% และเมื่อคำนวณโดยใช้พารามิเตอร์ตามกรณีศึกษาที่ 2 มีความคลาดเคลื่อน 6.17%

References

- Abbasfard, H., Rafsanjani, H. H., Ghader, S., & Ghanbari, M. (2013). Mathematical modeling and simulation of an industrial rotary dryer: A case study of ammonium nitrate plant. *Powder Technology*, 239, 499-505.
- Friedman, S., & Marshal, W. (1949). Studies in rotary drying. *Chemical Engineering Progress*. 45, 482-573.

- Gal, T., & Greenberg, H. (1997). **Advances in Sensitivity Analysis and Parametric Programming**. Springer.
- Gu, C., Zhang, X., Li, B., & Yuan, Z. (2014). Study on heat and mass transfer of flexible filamentous particles in a rotary dryer. **Power Technology**, 267, 234-239.
- Iguaz, A., Esnoz, A., Martínez, G., López, A., & Vírveda, P. (2003). Mathematical modeling and simulation for the drying process of vegetable wholesale by-products in a rotary dryer. **Journal of Food Engineering**, 59, 151-160.
- Jr., V. S., Lobato, F. S., Arruda, E. B., & Barrozo, M. A. (2008). Estimation of drying parameters in rotary dryers using differential evolution. **Journal of Physics: Conference Series**, 138, 1-8.
- Lisboa, M. H., Vitorino, D. S., Delaiba, W. B., Finzer, J. R., & Barrozo, M. A. (2007). A Study of Particle Motion in Rotary Dryer. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 24(3), 365-374.
- Osborn, G. S., White, G. M., Sulaiman, A. H., & Walton, L. R. (1989). Predicting Equilibrium Moisture Proportion of Soybeans. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, 32 (6), 2109-2113.
- Silva, M. G., Lira, T. S., Arruda, E. B., Murata, V. V., & Barrozo, M. A. (2012). Modelling of fertilizer drying in a rotary dryer: Parametric sensitivity analysis. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 29(2), 359-369.
- Suchada, S. (2017). Design of 3-segment Flights within an Industrial Rotary Dryer. **Engineering Journal Chiang Mai University**, 25(1), 147-155.

การวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

อนันต์ รัตมี

ข้าราชการบำนาญ

บ้านเลขที่ 38/3 หมู่ 1 ตำบลคลอง 7 อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

บทความวิชาการเรื่อง “ การวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ” มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับความหมายของการวิจัยความสำคัญของการวิจัย ประเภทของการวิจัย จรรยาบรรณของนักวิจัย การวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ขั้นตอน/กระบวนการที่ใช้ในการวิจัย และองค์ประกอบของเค้าโครงการวิจัย ซึ่งในการวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ 1) การคัดเลือกปัญหาวิจัย 2) การเก็บรวบรวมข้อมูล 3) การวิเคราะห์ข้อมูล 4) การสรุปผลการวิจัย 5) การเขียนรายงานการนำเสนอ

คำสำคัญ : การวิจัย, การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Industrial Technology Management Research

Ananta Rasmee

Pension Government Official

38/3 Moo 1 Sob-District Khlong 7 District Khlong Luang Phatum thani 12120

ABSTRACT

Academic Article topic “Aims to study Industrial Technology Management Research” which affecting to the readers to have a knowledge, understanding and ability to used applied in their works such as meaning of research, significant of research, kinds of research, ethics of researcher, industrial technology management research, process of research and the composition proposal composition of research. The Industrial Technology Management Research consists of the following steps 1) Selected the problem 2) Data gathering 3) Data analysis 4) Conclusion 5) Report paper writing paper and presentation.

Keywords : Research, Technology Management, Industrial

บทนำ

เมื่อกล่าวถึง “การวิจัย” ที่ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Research” ซึ่งเป็นกระบวนการศึกษา ค้นคว้า เพื่อหาคำตอบหรือข้อเท็จจริงอย่างเป็นระบบ ระเบียบและขั้นตอนที่เชื่อถือได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิชาการทุกแขนงวิชาชีพยอมรับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ ให้ละเอียด ชัดเจนยิ่งขึ้นในการจัดการเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ บุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถและเข้าใจ หลักการวิจัยในการที่จะนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการพัฒนา ตลอดจนการปรับปรุง แก้ไขให้ ได้ดียิ่งขึ้น ส่วนคำว่าวิจัยทางการจัดการ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ก็คือ กระบวนการหา ความรู้ใหม่อย่างเป็นขั้นตอนมีระเบียบวิธีที่ นำเชื่อถือเกี่ยวกับกระบวนการนำวัตถุดิบมาแปร เปลี่ยนเป็นสินค้าและบริการ ในบทความฉบับนี้ ผู้เขียนจะกล่าวถึงความหมาย ความสำคัญของการวิจัย ประเภทของการวิจัย จรรยาบรรณของ นักวิจัย การวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยี อุตสาหกรรม ตลอดจนขั้นตอนและการเขียนโครงร่างเพื่อขอทำวิจัยและการเขียนรายงานการวิจัย

ความหมายของการวิจัย

พัชรา สีนลอยมา (2553 : 20) ได้ให้ความหมายของการวิจัยว่า หมายถึง กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ๆ ที่เป็นความจริงเชิงตรรกะ (Logical) หรือความจริงเชิงประจักษ์ (Empirical) เพื่อตอบปัญหาทางการศึกษาอย่างมีระบบและมี วัตถุประสงค์ที่แน่นอน โดยอาศัยวิธีการทาง วิทยาศาสตร์เป็นหลัก

ผ่องพรรณ ดรัมย์คลกุล (2553 : 21) สรุปความหมายของการวิจัยว่า การวิจัย คือ การศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบ ระเบียบ เพื่อทำความเข้าใจ ปัญหาและแสวงหาคำตอบเป็นกระบวนการที่ อาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก

รัตน์ะ บัวสนธ์ (2553 : 3) ให้ความหมายของการวิจัยว่า การหาความจริงเชิงสาธณะด้วยวิธีการที่เรียกว่า กระบวนการวิจัย ซึ่งมีลักษณะเป็นระบบมีขั้นตอน

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2553 : 5) ให้ความหมายของคำว่า การวิจัยด้านวิชาการ หมายถึง กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ หรือกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อตอบปัญหาที่มีอยู่อย่างมีระบบและมีวัตถุประสงค์ที่แน่นอน โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า การวิจัยเป็นกระบวนการที่เสาะแสวงหาความรู้ใหม่ (Finding Fact) หรือเป็นการสอบย้ำความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว (Confirm Fact) หรืออาจจะสรุปได้อีก อย่างหนึ่งว่า การวิจัยหมายถึง “การศึกษา ค้นคว้าหาความจริงด้วยระเบียบวิธีที่น่าเชื่อถือ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ในสิ่งที่วิจัยนั้น”

ความสำคัญของการวิจัย

จากคำนิยามศัพท์ดังกล่าวพอสรุปความสำคัญของการวิจัยได้ ดังนี้ : (อนันต์ รัตมี : 1-2)

1. จะต้องมีความเที่ยงตรงทั้งภายในและภายนอก (Internal and External Validity) หมายความว่า ผลการวิจัยที่ค้นพบนั้นเป็นผลอันเกิดจากการทดสอบและการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ของปัญหาโดยตรงมิได้เกิดจากสาเหตุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างมีระบบกับเรื่องที่จะต้องศึกษา แต่อย่างไรก็ตาม ส่วนที่มีความเที่ยงตรงภายนอก หมายความว่า ผลการวิจัยที่ค้นพบนั้นสามารถประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่คล้ายกันหรือเหมือนกันได้อย่างเที่ยงตรง

2. จะต้องเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวม ข้อมูลใหม่ ๆ สำหรับจุดมุ่งหมายที่กำหนดขึ้นใหม่

3. จะต้องเกี่ยวข้องกับการแก้ไข้ปัญหาโดยตรง ซึ่งเราต้องกำหนดปัญหาในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไป โดยตัวแปรเป็น

เหตุและเป็นผล ดังนั้น การวิจัยจึงเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การตีความหมายของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้

4. จะต้องเป็นกิจกรรมที่กำหนดขึ้นอย่างมีระบบและมีเหตุผลในการวิเคราะห์ข้อมูล

5. การวิจัยมักจะเน้นการพัฒนาทฤษฎีที่เชื่อถือได้หรือเน้นเกี่ยวกับการค้นพบหลักเกณฑ์ต่าง ๆ

6. ต้องการนักวิจัยที่มีความรู้ ความสามารถ ในปัญหาที่จะทำโดยเฉพาะ เพราะจะต้องทราบ และมีความเข้าใจปัญหาที่จะทำนั้นโดยตลอด

7. จะต้องมีเครื่องมือและวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้

8. เป็นขบวนการที่มีเหตุผลและเป็นปรนัย เราสามารถทดสอบความเที่ยงตรงตามความเชื่อมั่นได้ทุกขั้นตอนจากข้อมูลที่เก็บมาได้ ความลำเอียงต่าง ๆ จึงถูกจัดไปจึงเน้นที่การทดสอบ (Testing) สมมติฐานมากกว่าการพิสูจน์ (Proving) สมมติฐาน

9. เป็นขบวนการที่จะต้องกระทำอย่างระมัดระวัง ไม่รีบร้อน

10. จะต้องมีนักวิจัยที่มีความซื่อสัตย์ กล้าหาญและมีความกล้าในการรายงานผลการวิจัย

11. จะต้องประกอบด้วยการบินที่กข้อมูล และการเขียนรายงานการวิจัยอย่างระมัดระวัง มีนิยามศัพท์และคำสำคัญต่าง ๆ ให้ชัดเจน ระบุขอบเขตของการวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น อธิบายรายละเอียดต่าง ๆ อ้างอิงเอกสารอย่างระมัดระวัง ตลอดจนรายงานผลทางข้อมูล สรุปด้วยความซื่อสัตย์ ปราศจากความลำเอียงทั้งสิ้น

ประเภทของการวิจัย

การวิจัยอาจแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับ การที่เราจะใช้อยู่เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ถ้าใช้จุดมุ่งหมายเป็นเกณฑ์ในการแบ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1. การวิจัยบริสุทธิ์ (Pure Research) 2. การวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research)

3. การวิจัยเชิงปฏิบัติ (Action Research) หากใช้ระเบียบวิธีวิจัย (Method) เป็นเกณฑ์อาจแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ การวิจัยเชิงประวัติศาสตร์ (Historical Research) การวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive Research) และการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ถ้าหากใช้เนื้อหาวิชาที่ทำกรวิจัยเป็นเกณฑ์ในการแบ่งเรียกว่าการวิจัยตามชื่อเนื้อหานั้นๆ เช่น การวิจัยการศึกษา (Educational Research) การวิจัยเศรษฐกิจ (Economic Research) การวิจัยตลาด (Marketing Research) ฯลฯ แต่ถ้าแบ่งตามลักษณะข้อมูลถือเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เป็นต้น

จรรยาบรรณของนักวิจัย

นักวิจัยทุกคนจะต้องมีความประพฤติที่เหมาะสมในการประกอบอาชีพ เพื่อรักษาชื่อเสียง และส่งเสริมเกียรติคุณของตนเอง เพราะผลงานวิจัยที่มีคุณภาพขึ้นอยู่กับ ความรู้ความสามารถในเรื่องที่ศึกษา และขึ้นอยู่กับคุณธรรม จริยธรรมของนักวิจัยด้วย ด้วยเหตุผลนี้ สภาวิจัยแห่งชาติจึงได้กำหนดจรรยาบรรณของนักวิจัย (Ethics for Researcher) เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติบนพื้นฐานของจริยธรรมและหลักวิชาการที่เหมาะสมไว้ 9 ประการ ดังนี้ (สภาวิจัยแห่งชาติ, 2541 : 3-13)

1. นักวิจัยต้องซื่อสัตย์และมีคุณธรรม (Honesty and Virtue) คือ ซื่อสัตย์ต่อตนเอง ไม่นำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน ต้องให้เกียรติ และอ้างอิงถึงบุคคลหรือแหล่งที่มาของข้อมูลที่นำมาใช้ในงานวิจัย ต้องชื่อตรงต่อการแสวงหาทุนวิจัยและมีความเป็นธรรมเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

แนวทางปฏิบัติ

1.1 นักวิจัยต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเองและผู้อื่น

1.1.1 นักวิจัยต้องมีความซื่อสัตย์ในทุกขั้นตอนของกระบวนการวิจัย ตั้งแต่การเลือกเรื่องที่จะทำวิจัย การเลือกผู้เข้าร่วมทำวิจัย การดำเนินการวิจัย ตลอดจนการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1.2 นักวิจัยต้องให้เกียรติผู้อื่น โดยการอ้างอิงบุคคลหรือแหล่งที่มาของข้อมูล และความคิดเห็นที่นำมาใช้ในงานวิจัย

1.2 นักวิจัยต้องซื่อตรงต่อการแสวงหาทุนวิจัย

1.2.1 นักวิจัยต้องเสนอข้อมูลและแนวคิดอย่างเปิดเผยและตรงไปตรงมาในการเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับทุน

1.2.2 นักวิจัยต้องเสนอโครงการวิจัยด้วยความซื่อสัตย์โดยไม่ขอทุน ชำซ้อน

1.3 นักวิจัยต้องมีความเป็นธรรมเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1.3.1 นักวิจัยต้องจัดสรรสัดส่วนของผลงานวิจัยแก่ผู้ร่วมวิจัยอย่างยุติธรรม

1.3.2 นักวิจัยต้องเสนอผลงานอย่างตรงไปตรงมา โดยไม่นำผลงานของผู้อื่นมาอ้างว่าเป็นของตน

2. นักวิจัยต้องตระหนักถึงพันธกรณี (Obligation) ในการทำวิจัยตามข้อตกลงที่ทำไว้กับหน่วยงานที่สนับสนุนการวิจัยและต่อหน่วยงานที่ตนสังกัด

แนวปฏิบัติ

2.1 นักวิจัยต้องตระหนักถึงพันธกรณีในการทำวิจัย

2.1.1 นักวิจัยต้องศึกษาเงื่อนไขและกฎเกณฑ์ของเจ้าของทุนอย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อป้องกันความขัดแย้งที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง

2.1.2 นักวิจัยต้องปฏิบัติตามเงื่อนไข

ระเบียบและกฎเกณฑ์ตามข้อตกลงอย่างครบถ้วน

2.1.3 นักวิจัยต้องทุ่มเทความสามารถและเวลาให้กับการทำงานวิจัย เพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและเป็นประโยชน์ (Avail)

2.2 นักวิจัยต้องมีความรับผิดชอบในการทำวิจัย

2.2.1 นักวิจัยต้องมีความรับผิดชอบต่อไม่ละทิ้งงานโดยไม่มีเหตุผลอันควร และส่งงานตามกำหนดเวลาไม่ทำผิดสัญญาข้อตกลงจนก่อให้เกิดความเสียหาย

2.2.2 นักวิจัยต้องมีความรับผิดชอบในการจัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เพื่อให้ผลอันเกิดจากการวิจัยได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3. นักวิจัยต้องมีพื้นฐานความรู้ (Basic Knowledge) ในสาขาวิชาการที่ทำวิจัยอย่างเพียงพอและมีความรู้ความชำนาญหรือมีประสบการณ์

แนวปฏิบัติ

3.1 นักวิจัยต้องมีพื้นฐานความรู้ ความชำนาญหรือประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ทำวิจัยอย่างเพียงพอเพื่อนำไปสู่งานวิจัยที่มีคุณภาพ

3.2 นักวิจัยต้องรักษามาตรฐานและคุณภาพของงานวิจัยในสาขาวิชาการนั้น ๆ เพื่อป้องกันความเสียหายต่อวงการวิชาการ

4. นักวิจัยต้องมีความรับผิดชอบต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่มีชีวิตหรือไม่มีชีวิต

นักวิจัยต้องดำเนินการด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง และเที่ยงตรงในการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคน สัตว์ พืช ศิลปวัฒนธรรม ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม มีจิตสำนึกและปณิธานที่จะอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

แนวปฏิบัติ

4.1 การใช้คนหรือสัตว์เป็นตัวอย่างทดลอง ต้องทำในกรณีที่ไม่มีทางเลือกอื่นเท่านั้น

4.2 นักวิจัยต้องดำเนินการวิจัยโดยมีจิตสำนึกที่จะไม่ก่อความเสียหายต่อคน สัตว์ พืช ศิลปวัฒนธรรม ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม

4.3 นักวิจัยต้องมีความรับผิดชอบต่อผลที่จะเกิดแก่ตนเอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา และสังคม

5. นักวิจัยต้องเคารพศักดิ์ศรี และสิทธิของมนุษย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย

นักวิจัยต้องไม่คำนึงถึงผลประโยชน์ทางวิชาการจนละเลย และขาดความเคารพในศักดิ์ศรีของเพื่อนมนุษย์ต้องถือเป็นภาระหน้าที่ที่จะอธิบายจุดมุ่งหมายของการวิจัยแก่บุคคลที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยไม่หลอกลวงหรือบีบบังคับ และไม่ละเมิดสิทธิส่วนบุคคล

แนวปฏิบัติ

5.1 นักวิจัยต้องมีความเคารพในสิทธิของมนุษย์ที่ใช้ในการทดลองโดยต้องได้รับความยินยอมก่อนทำการวิจัย

5.2 นักวิจัยต้องปฏิบัติต่อมนุษย์และสัตว์ที่ใช้ในการทดลองด้วยความเมตตา ไม่คำนึงถึงแต่ผลประโยชน์ทางวิชาการจนเกิดความเสียหายที่อาจก่อให้เกิดความขัดแย้ง

5.3 นักวิจัยต้องดูแลปกป้องสิทธิประโยชน์ และรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

6. นักวิจัยต้องมีอิสระทางความคิด โดยปราศจากอคติในทุกขั้นตอนของการทำวิจัย

นักวิจัยต้องมีอิสระทางความคิด ต้องตระหนักว่าอคติส่วนตนหรือความลำเอียงทางวิชาการอาจส่งผลให้มีการบิดเบือนข้อมูลและข้อค้นพบทางวิชาการ อันเป็นเหตุให้เกิดผลเสียหายต่องานวิจัย

แนวปฏิบัติ

6.1 นักวิจัยต้องมีอิสระทางความคิด ไม่ทำงานวิจัยด้วยความเกรงใจ

6.2 นักวิจัยต้องปฏิบัติงานวิจัยโดยใช้หลักวิชาการเป็นเกณฑ์และไม่มีอคติมาเกี่ยวข้อง

6.3 นักวิจัยต้องเสนอผลงานวิจัยตามความเป็นจริง ไม่จงใจเบี่ยงเบนผลการวิจัย โดยหวังผลประโยชน์ส่วนตน หรือต้องการสร้างความเสียหายแก่ผู้อื่น

7. นักวิจัยพึงนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในทางที่ชอบ

นักวิจัยพึงเผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อประโยชน์ทางวิชาการและสังคมไม่ขยายผลข้อค้นพบจนเกิดความเป็นจริง และไม่ใช้ผลงานวิจัยไปในทางมิชอบ

แนวปฏิบัติ

7.1 นักวิจัยพึงมีความรับผิดชอบและรอบคอบในการเผยแพร่ผลงานวิจัย

7.2 นักวิจัยพึงเผยแพร่ผลงานวิจัยโดยคำนึงถึงประโยชน์ทางวิชาการ และสังคมไม่เผยแพร่ผลงานวิจัยเกินความเป็นจริงโดยเห็นแก่ประโยชน์ส่วนตนเป็นที่ตั้ง

7.3 นักวิจัยพึงเสนอผลงานวิจัยตามความเป็นจริงไม่ขยายผลข้อค้นพบโดยปราศจากการตรวจสอบ ยืนยัน ในทางวิชาการ

8. นักวิจัยพึงเคารพความคิดเห็นทางวิชาการของผู้อื่น

นักวิจัยพึงมีใจกว้าง พร้อมทั้งจะเปิดเผยข้อมูล และขั้นตอนการวิจัยยอมรับฟังความคิดเห็นและเหตุผลทางวิชาการของผู้อื่น และพร้อมที่จะปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยของตนให้ถูกต้อง

แนวปฏิบัติ

8.1 นักวิจัยพึงมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ยินดีแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างความเข้าใจในงานวิจัยกับเพื่อนร่วมงานและนักวิชาการอื่น ๆ

8.2 นักวิจัยพึงยอมรับฟัง แก้ไขการทำวิจัยและการเสนอผลงานวิจัยตามข้อเสนอแนะที่ดี เพื่อสร้างความรู้ที่ถูกต้องและสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้

9. นักวิจัยพึงมีความรับผิดชอบต่อสังคม ทุกระดับ

นักวิจัยมีจิตสำนึกที่จะอุทิศกำลังสติปัญญาในการทำวิจัย เพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการเพื่อความเจริญและประโยชน์สุขของสังคมและมวลมนุษยชาติ

แนวปฏิบัติ

9.1 นักวิจัยพึงไตร่ตรองหาหัวข้อการวิจัยด้วยความรอบคอบและทำการวิจัยด้วยจิตสำนึกที่จะอุทิศกำลัง ปัญญาของตนเพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการ เพื่อความเจริญของสถาบัน และประโยชน์สุขต่อสังคม

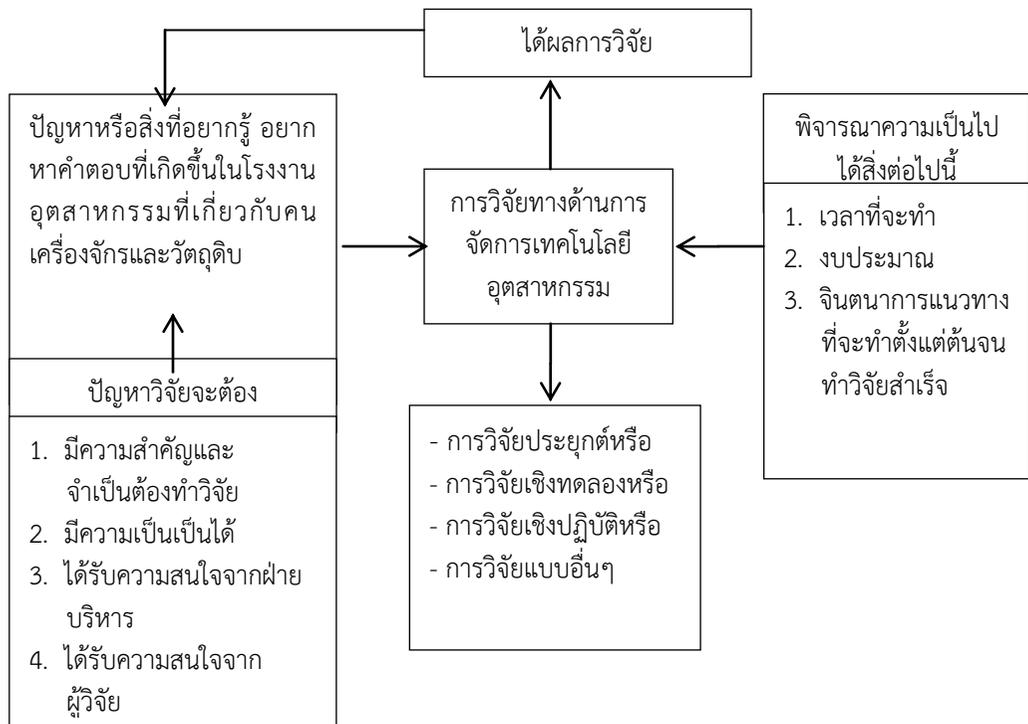
9.2 นักวิจัยพึงรับผิดชอบในการสร้างสรรค์ผลงานวิชาการเพื่อความเจริญของสังคม ไม่ทำการวิจัยที่ขัดกับ กฎหมาย ความสงบเรียบร้อย และศีลธรรมอันดีของประชาชน

9.3 นักวิจัยพึงพัฒนาบทบาทของตนให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้นและอุทิศเวลา น้ำใจ กระทำ การส่งเสริมพัฒนาความรู้ จิตใจ พฤติกรรมของนักวิจัยรุ่นใหม่ให้มีส่วนร่วมสร้างสรรค์ความรู้แก่สังคมสืบไป

จากจรรยาบรรณของนักวิจัยทั้ง 9 ข้อที่ได้กล่าวแล้วนั้น จึงสรุปได้ว่า นักวิจัยทุกคนจะต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

การวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นการวิจัยอย่างหนึ่งที่เน้นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับเครื่องจักร อุปกรณ์ แรงงานและกระบวนการทำงานที่ใช้ในการผลิตสินค้าในหน่วยงานอุตสาหกรรม โดยมีจุดมุ่งหมายคือ การค้นคว้าหาแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้นที่เกิดจากสิ่งดังกล่าว .ซึ่งคำว่า “อุตสาหกรรม” ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Industry ซึ่งหมายถึงหน่วยงานหรือองค์กรที่ทำหน้าที่แปรรูปหรือแปรสภาพวัตถุดิบในชั้นต่าง ๆ เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์และส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้วัตถุดิบนั้นมี

มูลค่าเพิ่มขึ้นในชั้นต่าง ๆ จนถึงขั้นสูงสุด เพื่อเป็นสินค้าสู่ท้องตลาดหรือเป็นเครื่องอุปโภค บริโภค ที่ทำการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันได้ รวมถึงการให้บริการต่าง ๆ ด้วย (วารสารวิชาการ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 2560 : 111) นอกจากนี้ ธีรวุฒิ บุญโสภณ และวีรพงษ์ เฉลิมจิระวัฒน์ (2537 : 12) ได้กล่าวว่า การบริหารการผลิต จัดการอุตสาหกรรมก็คือ กระบวนการอย่างหนึ่งภายในองค์กรอุตสาหกรรม เพื่อวางแผนและควบคุมการผลิตมีลำดับการทำงานเป็นขั้นตอน มีแรงงานหรือพนักงานเป็นกลไกสำคัญในการบริหารและมีเครื่องจักรและวัตถุดิบเป็นองค์ประกอบด้วย สำหรับปัญหาการวิจัย สุวิมล ตรีภานันท์ (2556 : 27) ได้กล่าวว่า ปัญหาการวิจัยเป็นประเด็นปัญหาที่ผู้วิจัยสงสัย และต้องการดำเนินการ เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ตรงกับความเป็นจริง ทำให้มีลักษณะเป็นข้อสงสัยของผู้วิจัยต่อสถานการณ์ทั้งที่เป็นความขัดแย้งและไม่เป็นความขัดแย้งระหว่างสถานการณ์ที่เป็นจริงกับสถานการณ์ที่คาดหวัง หรือสถานการณ์ที่ควรจะเป็น หากผู้วิจัยเห็นว่า การหาคำตอบสถานการณ์ใดก็สามารถนำมาเป็นประเด็นปัญหาการวิจัยได้ ปัญหาการวิจัยเป็นปัญหาที่ต้องการหาคำตอบด้วยกระบวนการการวิจัยด้วยเหตุผลที่ ประเด็น ปัญหา ที่ต้องการหาคำตอบด้วยกระบวนการการวิจัย ด้วยเหตุผลที่ประเด็นปัญหามีความยุ่งยาก สลับซับซ้อนหรือเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยการตอบคำถามแบบง่าย ๆ จึงต้องใช้กระบวนการทางการวิจัย เพื่อค้นหาคำตอบและหาข้อเท็จจริงเช่นเดียวกันกับการวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นั้นเป็นการกำหนดประเด็นปัญหาที่เกิดจากการบริหารงานอุตสาหกรรมที่อยู่บนพื้นฐานของปัจจัยการบริหารในองค์กรอุตสาหกรรม ดังนั้น ปัจจัยด้านบุคคลหรือพนักงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการผลิตดังกล่าวประกอบ ดังนี้



ภาพที่ 1 ทิศทางการดำเนินการวิจัยทางการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 ที่มา : ยุทธ ไกยวรรณ, 2560 : 46

การวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง

การนำวิธีการวิจัยไปใช้เพื่อแสวงหาข้อเท็จจริงหรือคำตอบในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งนั้น ประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. การเลือกปัญหา ต้องมีปัญหาก่อนและปัญหานั้นจะต้องตอบโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นปัญหาที่มีคุณค่า น่าสนใจและไม่สามารถตอบได้โดยวิธีง่าย ๆ เช่น ปัญหาวิจัยเพื่อการบริหารงานอุตสาหกรรม เป็นการกำหนดประเด็นปัญหาที่เกิดจากการบริหารงานอุตสาหกรรม เช่น ปัจจัยด้านบุคคลหรือพนักงาน เครื่องจักรและวัตถุดิบ

2. การวิเคราะห์ปัญหา ขั้นต่อไป คือ การวิเคราะห์ปัญหา นักวิจัยจะต้องนิยามปัญหาให้ชัดเจน ศึกษาผลงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ เพราะจะช่วยให้สามารถสร้างสมมติฐานในปัญหาที่กำลังศึกษาให้ดีขึ้นและยังเป็นแนวทางให้ทราบว่าจะต้องเก็บข้อมูลอะไรบ้างและจะเก็บข้อมูลอย่างไร ซึ่งจะต้องนิยามศัพท์ต่าง ๆ ในปัญหาที่จะศึกษาให้ชัดเจน

3. การเลือกระเบียบวิธีและการสร้างเครื่องมือวิจัย

ปัญหาที่จะทำการวิจัยมักจะระบุถึงวิธีการวิจัยตามมาด้วยเสมอ เพราะบางครั้งอาจใช้วิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimentation) บางปัญหาต้องใช้วิธี การวิจัยบรรยาย (Descriptive) การเลือกระเบียบในการวิจัยยังมีอิทธิพลต่อรายการต่าง ๆ

ในการออกแบบการวิจัย (Research Design) และวิธีการจัดตัวแปรต่าง ๆ อีกด้วย ดังนั้น นักวิจัยจำเป็นต้องปรับปรุงและสร้างเครื่องมือในการวัดข้อมูลต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับการออกแบบแผนการวิจัยด้วย

4. การรวบรวมและการตีความหมายของข้อมูล เนื่องจากสมมติฐานต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นจะต้องทำการทดสอบในขั้นนี้จึงจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งรวมถึงการนำแบบทดสอบแบบสอบถาม แบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์ต่างๆ ออกไปดำเนินการวัดและเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลมาแล้ว ก็ทำการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติและตีความหมายจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น

5. การเขียนรายงาน นักวิจัยจะต้องหาวิธีในการเขียนรายงานผลการวิจัยของเขา ให้ผู้ที่สนใจทราบอย่างถูกต้องและชัดเจน เพราะรายงานนี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ในการวิจัย วิธีการทดลองจนข้อสรุปต่าง ๆ ของการค้นพบข้อเท็จจริงอย่างชัดเจน (อนันต์ รัตมี : 3)

การเขียนโครงร่างเพื่อขอทำวิจัย และการเขียนรายงานการวิจัย การนำเสนอโครงร่างเพื่อขอทำวิจัย เป็นขั้นตอนที่สำคัญของขบวนการทำวิจัย ถ้าเป็นสถาบันการศึกษาที่สอนในระดับบัณฑิตวิทยาลัย จะต้องให้นักศึกษาทำโครงร่างเสนอก่อน เมื่อโครงร่างได้รับการอนุมัติแล้วจึงลงมือทำได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการวิจัย ผู้ที่ควบคุมการวิจัย (Advisor) จะช่วยให้ผู้วิจัยทำงานได้สำเร็จอีกด้วย ฉะนั้นความสำคัญของการเสนอโครงร่างเพื่อขอทำวิจัยมี ดังนี้ (อนันต์ รัตมี : 41)

1. เปรียบเสมือนพิมพ์เขียว (Blue Print) ของการทำวิจัยเป็นการวางแผนวิจัยล่วงหน้า
2. ต้องทำแผนล่วงหน้า เพราะการค้นพบได้ต้องเกิดจากการกระทำที่จงใจ
3. การเขียนโครงร่างการวิจัย (Research Proposal) ผู้วิจัยต้องใช้สติปัญญา ความคิดที่จะ

ร่างวิธีการแก้ปัญหา นั้น เช่น จะใช้สถิติอะไรและข้อมูลอะไร เป็นต้น

4. ช่วยให้ผู้วิจัยเห็นลู่ทางล่วงหน้าในการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาหรืออุปสรรค

5. ทำให้ทราบค่าใช้จ่ายล่วงหน้า แหล่งข้อมูลต่างๆ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์

6. เป็นเครื่องแสดงให้กรรมการได้มีแนวทางที่จะพิจารณาอนุมัติให้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความยากง่าย เวลาที่จะทำความสำคัญของเรื่อง

7. ถ้าการทำเพื่อขอทุนจะได้พิจารณาว่าควรหรือไม่ ค่าใช้จ่ายมากน้อยเพียงใด เหมาะสมหรือไม่

องค์ประกอบของเค้าโครงการวิจัย มหาวิทยาลัยแต่ละแห่งจะไม่กำหนดรูปแบบตายตัว (Format) แต่จะสามารถยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม ประกอบด้วย 3 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย

- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- สมมติฐานของการวิจัย (ถ้ามี)
- ขอบเขตของการวิจัย
- นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

- แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- การสร้างเครื่องมือ
- การทดสอบเครื่องมือ
- การเก็บรวบรวมข้อมูล
- การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

1. แผนกำหนดเวลาการทำวิจัย (Flow Chart)
2. งบประมาณการวิจัย
3. ประวัติผู้วิจัย

การเขียนรายงานการวิจัย เป็นการรวบรวม
ทฤษฎี หลักการ ข้อคิดเห็น งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ผลของการวิจัยและบทสรุปผล อภิปรายผลและ
ข้อเสนอแนะ โดยทั่วไปประกอบด้วย 5 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย

- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- สมมติฐานของการวิจัย (ถ้ามี)
- ขอบเขตของการวิจัย
- นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ประกอบด้วย

- แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- การสร้างเครื่องมือ
- การทดสอบเครื่องมือ
- การเก็บรวบรวมข้อมูล
- การวิเคราะห์ข้อมูล
- สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

- สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
- การแปลผล การวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ
ประกอบด้วย

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
โดยย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยย่อ

วิธีการดำเนินการวิจัยโดยย่อ

อภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำเสนอ
ผลการวิจัยไปใช้

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษา ค้นคว้า
ต่อไป

ส่วนอ้างอิง ประกอบด้วย

- บรรณานุกรม
- ภาคผนวก
- ประวัติผู้วิจัย

สรุปผล

จากบทความวิชาการดังกล่าว สรุปได้ว่า
การวิจัยทางด้านการจัดการเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม เป็นกระบวนการที่ถูกนำไปประยุกต์
ในการค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ครอบคลุมทุกสาขาวิชา
อาชีพ การวิจัยทางด้านการจัดการเทคโนโลยี
อุตสาหกรรมเป็นส่วนในการนำกระบวนการวิจัย
มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาหรือ
แก้ไขปัญหาอันเกิดกับเครื่องจักรอุปกรณ์และ
แรงงานในการผลิตสินค้าในองค์กรอุตสาหกรรม
โดยมีวัตถุประสงค์ก็คือต้องการให้การผลิตมี
ประสิทธิภาพสูงและสินค้าที่มีคุณภาพตอบสนอง
ความต้องการของลูกค้าได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

การเขียนรายงานวิจัยทางด้านการจัดการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะต้องยึดหลักตามความ
ต้องการ ครบถ้วน สมบูรณ์ สัมพันธ์เชื่อมโยง
สอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาแต่ละบทแต่ละตอน

การเขียนอ้างอิง บรรณานุกรม จะต้องปฏิบัติตาม ขั้นตอนที่เป็นระบบเดียวกันทั้งฉบับ โดยเขียนให้ ครบถ้วน สมบูรณ์ จึงจะทำให้รายงานการวิจัยนั้น มีความน่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับในวง วิชาการและวิชาชีพนั้น และผู้ที่ทำการวิจัยจะต้อง เป็นผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจ และมีประสบการณ์ ในสาขาวิชานั้นอย่างแท้จริง จึงจะสามารถมอง ปัญหาการวิจัยได้อย่างทะลุปรุโปร่ง

References

- Boonreang Kajornsil. (2010). **Education Research Methodology**. 4th ed. Bangkok : P.N. Printing Press.
- National Research Council. (1998). **Ethics For Researcher**. Bangkok : National Research Council.
- Phachara Sinloyma. (2010). **Foundation of Research**. Bangkok : Faculty of Science, Forensic Science, Silpakorn University.
- Phongphun Trimongkolagoon. (2010). **Class-room Research**. Bangkok Kasetsart University.
- Prof. (Honorary) Dr. Ananta Rasmee. (2014). **Hand out of Research Methodology in Political Science**, Phatumthani University.
- _____. (2017). **Industrial Technology Management in Thailand**. Academic journal of Industrial Technology, Suansunantha Rajabhat University, Volume 5/Number1/January-June.
- Ratana Bouson. (2010). **Quantitative Research**. Bangkok : P.N. Printing Press.
- Suvimol Tiraganon. (2013). **Statistic used in Social Science Research**. Bangkok: Measurement and Evaluation Research Division, Faculty of Education, Ramkhumheng University.
- Terawoot Boonsophon. and Veraphong Chalermjirawat. (1994). **Foundation of Industrial Management**. 3rd ed. Bangkok : King Mongkut Technology University.
- Yuth Khaiyawan, Kusuma Phalaprom and Phunya Udomprasongsook. (2017). **Industrial Technology Research**. (None-Printing Place).

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นวารสารตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยในด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยบทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารอื่น บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ท่านต่อหนึ่งบทความ และได้รับความเห็นชอบจากบรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับและการพิจารณาตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง โดยมีข้อเสนอแนะในการส่งบทความดังนี้

การเตรียมต้นฉบับบทความ

รูปแบบและการจัดพิมพ์

- เขียนบทความภาษาไทย ด้วยตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 บนกระดาศมาตรฐาน B5 (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) มีความยาวไม่เกิน 10 หน้า
- เว้นระยะห่างจากขอบกระดาษ ขอบบน 0.5 นิ้ว ขอบล่าง 0.5 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว ขอบขวา 1 นิ้ว
- ชื่อเรื่องพิมพ์ไว้ตรงกึ่งกลางหน้ากระดาษด้วยอักษรขนาด 18 ตัวหนา ชื่อผู้เขียนพิมพ์ไว้ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษด้วยอักษรขนาด 16 ตัวหนา ส่วนหัวข้อหลักอื่น ๆ พิมพ์ไว้ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษด้วยขนาด 16 ตัวหนา

รายละเอียดของบทความประกอบด้วย

- ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 18 ตัวหนา
- ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวหนา
- สถานที่ทำงานหรือหน่วยงานที่สังกัดของผู้เขียนบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14
- บทคัดย่อภาษาไทยจำนวนคำไม่เกิน 250 คำ และภาษาอังกฤษจำนวนคำไม่เกิน 300 คำ พร้อมด้วยคำสำคัญ (Keywords) จำนวน 3-5 คำ อยู่ด้วยกันใน 1 หน้ากระดาษ
 - บทคัดย่อและคำสำคัญภาษาไทย : ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวธรรมดา
 - บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) : ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวธรรมดา
- เนื้อหางานวิจัย หัวข้อหลักใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวหนา หัวข้อรองและส่วนเนื้อหาใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวธรรมดา โดยเนื้อหาประกอบด้วย
 - บทนำ อธิบายถึงความสำคัญ ความเป็นมา และปัญหาของงานวิจัยภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - วัตถุประสงค์ของการวิจัย การกำหนดจุดมุ่งหมายของการวิจัยให้สอดคล้องกับความต้องการของปัญหาที่จะศึกษาโดยระบุเป็นข้อ ๆ
 - วิธีการวิจัย อธิบายขั้นตอนการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวม

- ผลการวิจัย ข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล อธิบายผลการทดลองต่างๆ การแปลความ ควรเสนอตามลำดับของวัตถุประสงค์ และ หรือสมมติฐาน
 - สรุปและอภิปรายผล สรุปผลงานสำคัญที่ค้นพบจากการวิจัยหรือ การศึกษา โดยนำแนวคิด ทฤษฎีและผลการวิจัย มาสนับสนุน
 - เอกสารอ้างอิง (ในเนื้อหา) ให้ใช้วิธีการอ้างอิงแบบนาม-ปี โดยระบุชื่อ ผู้เขียน ปีที่พิมพ์ และเลขหน้าของเอกสาร ไว้ข้างหน้าหรือข้างหลังของข้อความที่ต้องการ อ้างอิง เช่น ชื่อผู้แต่ง (ปีที่พิมพ์: หน้า) หรือ (ชื่อผู้แต่ง & ชื่อผู้แต่ง, ปีพิมพ์: หน้า)
 - เอกสารอ้างอิง (ท้ายบทความ) เรียงตามลำดับอักษรชื่อผู้เขียน โดยใช้รูปแบบ การเขียนอ้างอิง ระบบ APA และ แปลเอกสาร อ้างอิงที่เป็นภาษาไทยให้เป็นภาษาอังกฤษ
- รูปภาพและตาราง กรณีรูปภาพต้องเป็นภาพขาวดำที่ชัดเจน คำบรรยายรูปภาพให้อยู่ใต้ รูปภาพ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวธรรมดา

การเขียนเอกสารอ้างอิง

American Psychological Association (APA)

การอ้างอิงท้ายบทความ เป็นการรวบรวมเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนบทความได้ใช้อ้างอิงในการ เขียนบทความ และจัดเรียงรายการตามลำดับอักษรชื่อผู้แต่ง ตัวอย่าง เช่น

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). **ชื่อหนังสือ**. (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). **ชื่อบทความ**. ใน **ชื่อบรรณาธิการ**, **ชื่อหนังสือ**. (เลขหน้าบทความ). เมือง ที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). **ชื่อบทความ**. **ชื่อวารสาร**, ปีที่พิมพ์ (ฉบับที่), เลขหน้าบทความ.

ชื่อผู้เขียนวิทยานิพนธ์. (ปีที่วิจัยสำเร็จ). **ชื่อวิทยานิพนธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญา(ระดับ) ชื่อ สาขาวิชา สังกัดของสาขาวิชา มหาวิทยาลัย.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่เผยแพร่). **ชื่อเรื่อง**. ค้นเมื่อ [วัน เดือน ปี] จาก แหล่งสารสนเทศ.[หรือ URL]

การส่งต้นฉบับบทความ

ส่งบทความผ่านระบบ <http://www.journal.fit.ssru.ac.th> เท่านั้น หากต้องการรายละเอียด เพิ่มเติม สามารถติดต่อได้ที่ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏ สอนสุนันทา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสอนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวงษิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 22 โทรสาร 0 2160 1440 Email : fit@ssru.ac.th



แบบฟอร์มส่งบทความวิจัยเพื่อพิจารณาตีพิมพ์
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ชื่อบทความ (ภาษาไทย)

(ภาษาอังกฤษ)

ชื่อ-สกุล ผู้เขียนบทความ

สถานที่ติดต่อผู้เขียนบทความ

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้ร่วมบทความ (1)

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้ร่วมบทความ (2)

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความฉบับนี้ยังไม่เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อน

ลงชื่อผู้ส่งบทความ

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....