

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
Industrial Technology
Lampang Rajabhat University Journal

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2564
Volume 14 No.1 January – June 2021

ISSN: 1906-5337 (Print) / E-ISSN: 2672-9539 (Online)

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100
โทรศัพท์ 0 5423 7352 ต่อ 1339 โทรสาร 0 5424 1079
<http://www.itech.lpru.ac.th>

**คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**

เจ้าของ ที่ปรึกษา	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อธิการบดี รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
บรรณาธิการผู้ก่อตั้ง บรรณาธิการ ผู้ช่วยบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์บุญชาติ เนติศักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนาคกิตกร รองศาสตราจารย์ธิดิมา คุณยศยิ่ง

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก Peer Review)

ศ.เกียรติคุณ เสริมศักดิ์	นาคบัว	มหาวิทยาลัยศิลปากร	รศ.	สมชาย	ชื่นวัฒนาประณีติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ศ.ดร. ก้องกิติ	พูสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รศ.	สมพงษ์	บุญเลิศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ศ.ดร. ตรีนท	เหล่าศิริพงษ์ทอง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รศ.	สายัณห์	จันทวีรัช	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ศ.ดร. ทนงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	รศ.	สุมาลี	อุณหวนิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ศ.ดร. ธนารักษ์	ธีระมันคง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์				พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศ.ดร. ปริญญา	จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	รศ.	สุวิษ	บุตรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร. ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รศ.	อายุวัฒน์	สว่างผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ศ.ดร. สุพล	อนันดา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร.	จิรพัฒน์	วณิชวัฒนาโกศล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร. วัฒนวงศ์	รัตนวราห	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	ผศ.ดร.	นิพนธ์	เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ศ.ดร. อภิรัฐ	ศิริธราวัตร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ.ดร.	นิวัตร	พัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.ดร. กวิน	สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร.	ศศิธร	คนทน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร. เกียรติศักดิ์	เชียวมั่ง	มหาวิทยาลัยบูรพา	ผศ.ดร.	ศักดิ์พล	เทียนเสมอ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. ชิตชัย	อนันตเศรษฐ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร.	สมชาย	มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ชวงโชติ	พันธุ์เวช	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	ผศ.ดร.	สุธี	วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.ดร. ดรณี	วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	ผศ.ดร.	อภิชาติ	แจ้งบำรุง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. ถาวร	สารวิทย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร.	ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ธีรศิลป์	ทุมวิภาต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี				

รศ.ดร. นกตล	อุทัยภักขิ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร. นพมณี	โทบุญญานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร. นัฐพร	ไชยญาติ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน
		มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร. ปรงศักดิ์	อัมพพ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รศ.ดร. พิระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
		เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร. พงศ์	หรรดา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร. มนตรี	ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
		พระนครเหนือ

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)

รศ.ดร.	กิตติศักดิ์	สมุทธารักษ์
ศ.	จำเนียร	นันทดิลก
รศ.ดร.	นันทะ	บุตรน้อย
รศ.ดร.	อนิรุจน์	มะโนธรรม
ผศ.	พงษ์สวัสดิ์	อำนาคกิตกร
Mr.	Richard	Lawrence Mann

ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร

รศ.	ธิดิมา	คุณยศยิ่ง	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
ผศ.ดร.	วศินวิโรตม์	เนติศักดิ์	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
ผศ.	นราธิป	วงศ์ปัน	ฝ่ายวารสารออนไลน์
นาง	วัชรญาณันท์	เมธีวัชรโยธิน	ฝ่ายธุรการและการเงิน
นางสาว	กมลชนก	ถาแก้ว	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ

วัตถุประสงค์ : เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดออกวารสาร : ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

เว็บไซต์วารสาร : <http://www.journal.itech.lpru.ac.th>

สารจาก อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ด้วยความมุ่งมั่นและความตั้งใจของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งดำเนินการมาเป็นปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2564 โดยยังคงมุ่งมั่นที่จะเป็นสื่อกลางเพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้รับการรับรองคุณภาพ จากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งแสดงถึงมาตรฐานและคุณภาพของวารสารวิชาการ รวมทั้งมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับมหาวิทยาลัย ในการพัฒนวารสารวิชาการให้เข้มแข็ง และเป็นการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิชาการ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่บูรณาการ เข้ากับวิถีภูมิปัญญาท้องถิ่น และเป็นการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ และเพื่อส่งเสริมการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้สนใจ และการใช้ประโยชน์ของบุคคล สังคม ท้องถิ่น เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศต่อไป อย่างยั่งยืน

ในโอกาสนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ ที่ร่วมกลั่นกรองและคัดสรรผลงานที่มีคุณภาพ รวมทั้งคณะทำงานทุกท่านที่มีส่วนร่วมการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการนี้ และขออวยพรให้วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประสบความสำเร็จและมีกำลังใจเพื่อผลิตผลงานคุณภาพเช่นนี้ต่อไป

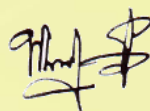


รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ สมุทธารักษ์
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

สารจาก บรรณาธิการ

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ดำเนินการมาเป็นปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2564 โดยยังคงมุ่งมั่นที่จะเป็นสื่อกลางการเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ และประชาสัมพันธ์ผลงานที่เกี่ยวข้องกับบทความวิชาการ บทความวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผลการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม คณะทำงานมีความมุ่งมั่น และตั้งใจที่จะพัฒนาคุณภาพวารสารให้ได้มาตรฐานของวารสารที่ได้รับการยอมรับในระดับอาเซียนต่อไป

จากผลการดำเนินการของ วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตลอดระยะเวลา 13 ปี ที่ผ่านมา ที่เป็นสื่อกลางในการตีพิมพ์ เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ ของนักวิชาการ คณาจารย์ และนักวิจัย ในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จนเป็นที่รู้จักและยอมรับในวงวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับมหาวิทยาลัย ในการพัฒนาวารสารวิชาการให้เข้มแข็ง เพื่อส่งเสริมการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้ที่สนใจ และการใช้ประโยชน์ของบุคคล สังคม ท้องถิ่น ทำให้คณะทำงานมีกำลังใจในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยี และพร้อมที่จะพัฒนาสู่วารสารที่มีคุณภาพยิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนาคิจิตกร
บรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สารจากบรรณาธิการ

หน้า

การสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ชุมชนเครื่องปั้นดินเผาผ่านเกวียนจากนวัตกรรมการสู่ผลิตภัณฑ์ สินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา (โคราชจิโอพาร์ค) เกรียงไกร ดวงขจร, อ่อนลมี กมลอินทร์, ดุริวัฒน์ ตาไธสง, ชน ยีนาง และชัยศิริ หลวงแนม	1
การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรม และโครงสร้างพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย ณัฐเขต มณีกร และคงฤทธิ เหลืองไตรรัตน์	13
การประมาณค่าเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์การแพร่กระจายฝุ่นละออง ในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ธิดารัตน์ คำล้อม	24
การปรับปรุงกระบวนการผลิตยาสมุนไพร โดยใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน และการศึกษาเวลา ธีรวัชร แก้วเปี้ย และนิภาพร ไตรสุพรรณ	37
การออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตสบู่สมุนไพร กรณีศึกษาศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต๋อยยอด นพพร บีกแว่น, สุขุมล เจริญทอง, ศศิธร คนทน และสถาพร วีระสุนทร	52
แนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย วัฒนพล อยู่สวัสดิ์, พงศตะวัน นันทศิริ และวิบูลพร วุฒิกุล	65
ภาคผนวก ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการ	78

CONTENTS

Letters from the president

Letters from the Editors

Page

Value Addition for Dan Kwian Village Pottery Products Innovation to
souvenirs from identity of Nakhonratchasima Tourist Attraction

1

(Khorat Geopark)

*Kriangkrai Duangkachon, Onlamee Kamon-in, Duriwat Tathaisong, Chon Yeenang,
and Chaisiri Luangnaem*

Comparison for architectural and construction of Buddhist Chapel
in Wat Phra Kaew and Wat Phra Singha Chiang Rai Province

13

Nudtakhed Maneekorn and Kongrit Luengtrirat

Spatial Interpolation for Analysis on the Diffusion of Particulate Matter
in the Phuket Municipality, Phuket Province

24

Tidarat Kumlom

Work Improvement in Herbal Medicine Process using by Work Method
and Time Study

37

Teerawat Kaewpia and Nipaporn Tosupan

The Design and Development of Herbal Soap Manufacturing
Process Case studies, Learning Center TORYOD Community

52

*Nopporn Bukwan, Sukhuman Rianthong Sasithorn Khonthon
and Sathaporn Veerasoonthorn*

Design Guidelines for promoting public space potential
in the Old District of Chiangrai City

65

Wattanapon Eusawat, Pongtawan Nuntasiri and Viboonporn Wutthikun

Appendix

Standard requirements for academic journals

78

การสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ชุมชนเครื่องปั้นดินเผาผ่านเกวียนจากนวัตกรรม สู่ผลิตภัณฑ์สินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา (โคราชจีโอพาร์ค)

Value Addition for Dan Kwian Village Pottery Products Innovation to souvenirs from identity of Nakhonratchasima Tourist Attraction (Khorat Geopark)

เกรียงไกร ดวงขจร^{1*}, อ่อนลมี กมลอินทร์², ดุริวัฒน์ ตาโธสง³, ชน ยีนาง⁴ และชัยศิริ หลวงแนม⁵
Kriangkrai Duangkachon^{1*}, Onlamee Kamon-in², Duriwat Tathaisong³, Chon Yeenang⁴,
and Chaisiri Luangnaem⁵

^{1*,2,3,4,5}หลักสูตรนวัตกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

^{1*,2,3,4,5}Ceramic Innovation, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University,

340 Suranarai Road, Nai Mueang Sub-district, Mueang District, Nakhon Ratchasima 30000

E-mail: kriangkrai.d@nrnu.ac.th

วันที่รับบทความ 1 ธันวาคม 2563

Received: Dec. 1, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 27 เมษายน 2564

Revised: Apr. 27, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 17 พฤษภาคม 2564

Accepted: May. 17, 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถอดอัตลักษณ์ แหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดนครราชสีมา (โคราชจีโอพาร์ค) มาพัฒนาเป็นสินค้าที่ระลึกสร้างมูลค่าเพิ่มเครื่องปั้นดินเผาผ่านเกวียน เพื่อจะต่อยอดภูมิปัญญาด้วยนวัตกรรมการสร้างต้นแบบจาก 3D Printer มีวิธีการดำเนินการวิจัยเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การทดลองดินด้านเกวียนเพื่อพัฒนาเป็นน้ำดินหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน ที่มีอัตราส่วนผสมวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดินเหนียวด้านเกวียน ดินทรายท้องนาด้านเกวียนและดินขาวลำปาง ทดสอบหาอัตราส่วนผสมจำนวน 36 สูตร โดยได้ทดสอบความสามารถในการหล่อ การหดตัวหลังเผา และสีหลังเผา ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา (โคราชจีโอพาร์ค) และสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์สินค้าที่ระลึกจาก 3D Printer และการทำพิมพ์เพื่อหล่อขึ้นรูปชิ้นงานด้วยน้ำดินหล่อด้านเกวียน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้เลือกดินสูตรที่ 12 มาผลิตเป็นน้ำดินหล่อ อัตราส่วนผสม คือ ดินเหนียวด้านเกวียน ร้อยละ 40 ดินทรายด้านเกวียน ร้อยละ 40 และดินขาวลำปาง ร้อยละ 20 กวนผสมกับน้ำปริมาณร้อยละ 50 และใส่โซเดียมซิลิเกตน้ำยากันดินตกตะกอน ร้อยละ 0.1 โดยสูตรที่ 12 ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นถึงร้อยละ 80 และหล่อขึ้นรูปด้วยพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ได้ง่ายรวดเร็ว ไม่มีการแตกร้าว มีการหดตัวเพียงร้อยละ 14 หลังทำการเผาแกร่งด้วยเตาแก๊ส บรรยากาศการเผาไหม้แบบรีดักชันที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่มีความใกล้เคียงผลงานเครื่องปั้นดินเผาผ่านเกวียนคงเอกลักษณ์สีน้ำตาลแดงดั้งเดิม 2) การออกแบบสินค้าที่ระลึกโคราชจีโอพาร์ค นำเสนอโคราชมหาานครแห่งบรรพชีวินที่พบฟอสซิลจำนวนมาก ครบ 3 มหายุค ทั้งเก่า กลาง และใหม่เป็นอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยว โดยคัดเลือกช่างดีกาดำบรรพ์ที่มีลักษณะเด่น

ทางกายภาพ คือ ลักษณะการเกิดของงาที่ต่างกันมาสร้างเป็นต้นแบบของที่ระลึก 3 สายพันธุ์ คือ ช้างงาจบ ช้างงาเสื่อม และช้างสีงา และได้คัดเลือกไดโนเสาร์กินเนื้อ สายพันธุ์ “สยามแรปเตอร์ สุวัจน์ติ” และไดโนเสาร์กินพืช “สิรินธรนา โคราชเอนซิส” โดยทำของที่ระลึกเป็นหุ่นจำลองประติมากรรมลอยตัวและประติมากรรมหุ่นตัวขนาดเล็กทั้งหมดจำนวน 10 แบบ

คำสำคัญ: นวัตกรรม, สินค้าที่ระลึก, อัตลักษณ์

Abstract

This research aimed to convey the identity of a tourist attraction in Nakhon Ratchasima (Korat Geopark) by developing souvenir products that could add value to Dan Kwian pottery and expand knowledge by creating prototypes from a 3 D printer. This research was a two-step process. Step 1- Dan Kwian clay experiments were carried out to develop slip casting to form workpieces containing 3 kinds of raw materials: Dan Kwian clay, Dan Kwian field sand, and Lampang Kaolin clay. The mixture ratio of 36 formulas were tested to analyze the ability to cast, the firing shrinkage and the color after firing. Step 2- souvenirs according to the identity of the Nakhon Ratchasima tourist attraction, Korat Geopark, were designed; prototypes of the 3D printer souvenir product were created; a mold for forming the piece using a slip casting from Dan Kwian clay was created.

The results of this research found that formula 12 had a suitable mix ratio for producing a slip casting, consisting of 40% Dan Kwian clay, 40% Dan Kwian field sand and 20% Lampang Kaolin clay, stirred with 50% water and 0.1% sodium silicate water precipitate. Because this recipe uses up to 80% local ingredients (Dan Kwian clay and Dan Kwian field sand), it can be easily cast in a plaster mold without cracking. Shrinkage after firing was 14% after high-temperature burning with kiln gas. Firing at 1200 degrees celsius was used to obtain the souvenir product similar to the work of Dan Kwian pottery and retain its original reddish-brown color. For the design of Korat souvenir products, Geopark, as the center of fossilology where many fossils of all 3 great ages (old, middle and new) were found, represents the identity of Nakhon Ratchasima tourist attractions. Primeval elephants with distinctive features of different tusks were selected to create 3 types of souvenirs: Prodeinotherium elephant, Protanuncus elephant and Stegolophodon elephant. In addition, the carnivorous dinosaur "Siam Raptor Suwatti" and the herbivorous dinosaur "Sirindhorna Korat Ensis" were selected to create 10 souvenir models of floating sculptures and small relief sculptures.

Keywords: Innovation, Souvenir Products, Identity

1. บทนำ

งานหัตถกรรมและทักษะเชิงช่างในหลายแขนงฝังรากลึกอยู่ในจิตวิญญาณของคนไทย ในอดีตหลายคนมองเป็นเรื่องไกลตัวมองข้ามที่จะเรียนรู้ เพราะยากในการหาแหล่งข้อมูลเชิงลึก เนื่องจากงานหัตถกรรมดั้งเดิมคือวัฒนธรรมของความเป็นพื้นถิ่น ซึ่งความชำนาญในแต่ละพื้นที่นั้นมีเสน่ห์แตกต่างกันออกไป การออกแบบที่สื่อให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในชุมชนที่เกิดมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้ทำให้สินค้าของชุมชนมีคุณค่า มีมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์มีเอกลักษณ์โดดเด่นเน้นเรื่องราว (Chumkate, J., 2017) ดังจะเห็นได้จาก “เครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน” ที่มีประวัติความเป็นมาอันยาวนาน ชื่อผลิตภัณฑ์ได้มาจากแหล่งที่ตั้งบริเวณที่พักคาราวานเกวียนติดริมฝั่งแม่น้ำมูล มีวัตถุดิบเป็นแหล่งดินจากริมฝั่งแม่น้ำมูลง่ายต่อการขึ้นรูปจึงเกิดช่างปั้นดินเผาที่สร้างสรรค์ผลงานเป็นของใช้ในครัวเรือน เช่น โอ่ง อ่าง ครก ไพลาร้า รูปทรงของชิ้นงานสร้างขึ้นโดยตอบสนองประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก เป็นรูปทรงที่เรียบง่ายและตกแต่งเพียงเล็กน้อย การปั้นชิ้นงานจะขึ้นรูปโดยอาศัยแป้นหมุน หรือ “พะมอน” แล้วเพิ่มความสูงของภาชนะด้วยวิธีการขุดดินและผสมผสานกับวิธีการขึ้นแป้นหมุน แล้วจึงปรับแต่งให้เป็นรูปทรงที่ต้องการ ในระหว่างการขึ้นรูปจะต้องมีผู้ช่วยคอยหมุนแป้นจนงานเสร็จ เป็นรูปทรงที่เรียบง่าย ชิ้นงานจึงไม่มีรูปลักษณะโดดเด่น ต่อมาได้มีการเข้ามาพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน โดยคณาจารย์ คณะสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา) โดยใช้รากฐานจากการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาจากพะมอน ที่จะมีลักษณะภาชนะเป็นทรงกลม และนำมาต่อยอดเป็นรูปทรงที่หลากหลายผ่านการตกแต่งจากการนำรูปทรงเรขาคณิตมาประยุกต์ใช้ให้ชิ้นงานมีความร่วมสมัยโดยการขุดลาย ฉลุลาย และการปั้นแปะ จนเกิดเป็นเอกลักษณ์ของตัวชิ้นงาน (Dan Kwian Sub-district Municipality, 2559)

ปัจจุบันชุมชนเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน ยังสามารถผลิตสินค้าได้หลากหลายประเภท อาทิ เครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน ของตกแต่งบ้านและสวน รวมทั้งเครื่องประดับ โดยรูปแบบการผลิตยังคงเอกลักษณ์ทางภูมิปัญญาท้องถิ่นของด่านเกวียนเอาไว้อย่างชัดเจน ทั้งวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต การปั้น การตกแต่งลวดลาย และการเผาให้ได้ผลิตภัณฑ์ แต่ถึงกระนั้นก็มีปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันที่ส่งผลต่อคุณภาพและรูปแบบเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียนที่เปลี่ยนไป อาทิเช่น วัตถุดิบเนื้อดินที่ขาดคุณภาพเพราะขาดการพัฒนาและเตรียมเนื้อดินที่ดี ทำให้เกิดการสูญเสียหลังเผาเป็นจำนวนมาก จนต้องมีการซ่อมและปกปิดด้วยการทาสี จึงทำให้สีสนของเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียนเปลี่ยนแปลงไปจากสีน้ำตาลดำ ที่ชาวบ้านเรียกกันว่าสีเลือดปลาไหลที่เกิดจากการเผาด้วยเตาฟืนที่ไพลอุณหภูมิสูงประมาณ 1100 – 1200 องศาเซลเซียส จนแร่เหล็กในเนื้อดินออกมามีความดำมันวาวจากธรรมชาติของการเผาที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากวัตถุดิบคือดินที่มีแร่เหล็กปนอยู่มาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เมื่อเผาแล้วมีเนื้อแกร่ง และมีการดูดซึมน้ำต่ำ

จากปัญหาและความสำคัญในข้างต้นจึงเกิดแนวคิดในการทำโครงการวิจัยที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกิดมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นดูมีคุณค่า มีมาตรฐาน มีเอกลักษณ์โดดเด่นเน้นเรื่องราว จากวัตถุดิบในท้องถิ่นคือดินเหนียว ด่านเกวียนและดินทรายท้องถิ่นด่านเกวียนและดินขาวลำปาง เพื่อพัฒนาน้ำดินหล่อที่จะทำให้ชิ้นงานมีความหนาบางสม่ำเสมอ มีน้ำหนักเบาว่าดินปั้นด่านเกวียนในปัจจุบัน สามารถหล่อขึ้นรูปด้วยพิมพ์

ปูนปลาสเตอร์ได้ง่าย สามารถทำซ้ำและผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม โดยอัตราส่วนผสมให้มีความละเอียดและเหมาะสมต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ที่จะสร้างสรรค์เป็นสินค้าที่ระลึกที่มาจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวโคราชจีโอพาร์คหรืออุทยานธรณีในจังหวัดนครราชสีมา โดยจะนำเสนอโคราชมหานครแห่งบรรพชีวิน ที่พบฟอสซิลจำนวนมาก ครบ 3 มหายุค ทั้งเก่า กลาง และใหม่ และฟอสซิลบางกลุ่มมาเป็นแนวทางในการออกแบบ เป็นสินค้าที่มีคุณภาพสร้างมูลค่าเพิ่มเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน เพื่อจะต่อยอดภูมิปัญญาด้วยนวัตกรรมสร้างต้นแบบจาก 3D Printer และผลิตชิ้นงานตามกระบวนการทางเครื่องปั้นดินเผาให้มีความงามและรูปแบบที่ร่วมสมัย จากนั้นนำองค์ความรู้มาถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบการและเยาวชนที่จะเป็นอนาคตในการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียนให้มีความงามและรูปแบบที่ร่วมสมัยคงอยู่สืบทอดอย่างยั่งยืน และยังส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนผู้ผลิตผ่านสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดนครราชสีมา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำดินหล่อจากเนื้อดินด่านเกวียนที่เหมาะสมต่อการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์

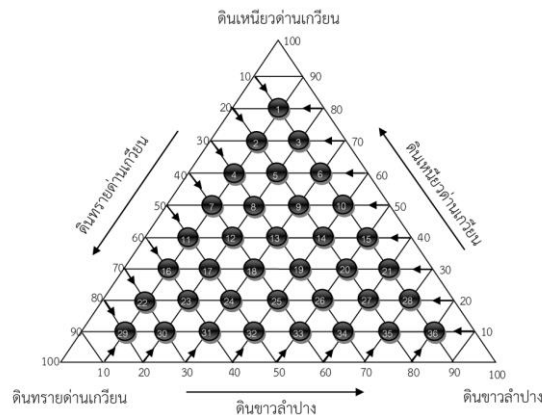
2.2 เพื่อสร้างสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวโคราชจีโอพาร์คจังหวัดนครราชสีมา ให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้วยนวัตกรรมการสร้างต้นแบบจาก 3D Printer

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 พัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำดินหล่อจากเนื้อดินด่านเกวียนที่เหมาะสมต่อการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนที่ 2 สร้างสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวโคราชจีโอพาร์คจังหวัดนครราชสีมา ให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้วยนวัตกรรมการสร้างต้นแบบจาก 3D Printer และผลิตชิ้นงานตามกระบวนการทางเครื่องปั้นดินเผา

3.1 การพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำดินหล่อจากเนื้อดินด่านเกวียนที่เหมาะสมต่อการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์

การวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดขอบเขตของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ส่วนผสมของดินบ้านด่านเกวียน ตำบลด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ที่ประกอบไปด้วยดินเหนียวด่านเกวียน ดินทรายด่านเกวียน และ ดินขาวลำปาง โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram) อย่างมีระบบ จำนวน 36 สูตร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า แสดงส่วนผสมของน้ำดินหล่อด้านเกวียน

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของน้ำดินหล่อที่ประกอบด้วยวัตถุดิบ 3 ชนิด

ตัวอย่าง ที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)			ตัวอย่าง ที่	วัตถุดิบ (ร้อยละ)		
	ดินเหนียว ด้านเกวียน	ดินทราย ด้านเกวียน	ดินขาว ลำปาง		ดินเหนียว ด้านเกวียน	ดินทราย ด้านเกวียน	ดินขาว ลำปาง
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

การพัฒนาเนื้อดินด้านเกวียนเป็นน้ำดินหล่อขึ้นรูปมีขั้นตอนดังนี้

1.1 เตรียมวัตถุดิบในการทดลองได้แก่ 1) ดินเหนียวด้านเกวียน 2) ดินทรายด้านเกวียน 3) ดินขาวลำปาง

1.2 บดวัตถุดิบด้วยวิธีการบดแห้งและกรองผ่านตะแกรง ขนาด 60 เมช ให้ได้ความละเอียดเสมอกัน

1.3 นำวัตถุดิบที่ผ่านการบดมาซึ่งตามอัตราส่วนผสมในตารางที่ 1 ทั้ง 36 สูตร

1.4 ผสมวัตถุดิบทั้งหมดลงในเครื่องกวนผสม โดยใช้วิธีการผสมแบบเปียกด้วยน้ำปริมาณ ร้อยละ 50 และเติมโซเดียมซิลิเกตในอัตราส่วน ร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง

1.5 ทดสอบความสามารถในการหล่อแบบ และการถอดออกจากแบบแม่พิมพ์ โดยใช้การ หล่อน้ำดินในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เพื่อหาความสามารถในการหล่อแบบ ถ้าชิ้นงานสามารถ ถอดออกจากพิมพ์ได้ง่ายและไม่แตกหัก ถือว่าชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย แต่ถ้าชิ้นงานติดพิมพ์ หรือแตกหัก ถือว่าชิ้นงานแตก/ถอดพิมพ์ยาก ดังภาพที่ 2

1.6 นำแท่งทดลองที่ได้จากการหล่อ ไปเผาทดลองที่อุณหภูมิ 900, 1000, 1100 และ 1200 องศาเซลเซียส

1.7 ทดสอบคุณสมบัติของแท่งทดลองหลังการเผา หาค่าร้อยละการหดตัวหลังการเผา (Firing Shrinkage) โดยใช้สูตรการคำนวณตามสมการที่ (1)

$$\text{ค่าร้อยละการหดตัว} = \frac{\text{ความยาวเนื้อดินเปียก} - \text{ความยาวเนื้อดินหลังเผา}}{\text{ความยาวเนื้อดินเปียก}} \times 100 \quad (1)$$

1.8 คัดเลือกเนื้อดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการขึ้นรูปนำไปสร้างชิ้นงาน



ภาพที่ 2 ผสมวัตถุดิบทั้งหมดลงในเครื่องกวนผสม และนำไปหล่อลงในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

3.2 สร้างสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวโคราชจีโอพาร์คจังหวัดนครราชสีมา ให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้วยนวัตกรรมการสร้างต้นแบบจาก 3D Printer

มีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

2.1 ลงพื้นที่เพื่อค้นหาอัตลักษณ์ โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นสถาบันวิจัยไม้ กลายเป็นหิน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยใช้วิธีการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลมาประกอบการออกแบบสินค้าที่ระลึก เพื่อถอดอัตลักษณ์ โดยการลงพื้นที่พิพิธภัณฑ์ไม้กลายเป็นหิน (โคราชจีโอพาร์ค) เก็บข้อมูลและภาพถ่าย ศึกษาสิ่งที่ พิพิธภัณฑ์ได้จัดแสดงว่ามีลักษณะเด่นอย่างไร ต้องการจะนำเสนออะไร ดังภาพที่ 3 เพื่อนำมา ประกอบเป็นข้อมูลทำการออกแบบเป็นภาพร่าง 2 มิติ

2.2 การออกแบบและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์สินค้าที่ระลึกจาก 3D Printer และทำพิมพ์ ปูนปลาสเตอร์เพื่อหล่อขึ้นรูปชิ้นงานเป็นประติมากรรมลอยตัวและประติมากรรมนูนต่ำขนาดเล็ก

โดยใช้แนวคิดในการออกแบบและพัฒนา จากการคัดเลือกช้างศึกดำบรรพ์ที่มีลักษณะเด่นทางกายภาพ คือ ลักษณะการเกิดของงาที่ต่างกันมาสร้างเป็นต้นแบบของที่ระลึก 3 สายพันธุ์ คือ ช้างงาจบ ช้างงาเสื่อม และช้างสีงา และได้คัดเลือกไดโนเสาร์กินเนื้อสายพันธุ์ “สยามแรปเตอร์ สุวณัฏ์” และไดโนเสาร์กินพืช “สิรินธรนา โคราชเอนซิส” มาสร้างเป็นสินค้าที่ระลึกเป็นหุ่นจำลองจำนวน 10 แบบ

- 1) สร้างแบบและทำการออกแบบ 2 มิติ
- 2) นำแบบ 2 มิติมาสร้างต้นแบบ 3 มิติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซีบรัช (ZBrush) เป็นโปรแกรมเครื่องมือประติมากรรมดิจิทัล
- 3) สร้างต้นแบบด้วยเครื่อง เครื่องพิมพ์ 3D Printer ด้วยเส้นพลาสติก PLA filament (เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ, 2560)
- 4) ทำพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จากต้นแบบ 3D Printer เพื่อจะเป็นแม่พิมพ์สำหรับการหล่อน้ำดินจากดินด่านเกวียน โดยเริ่มจากการสร้างต้นแบบและทำการแบ่งพิมพ์ในแต่ละด้าน จากนั้นจึงกันพิมพ์และนำปูนปลาสเตอร์มาเททำพิมพ์แต่ละด้านจนครอบคลุมชิ้นงาน โดยจะต้องทำรูเดรนไว้สำหรับการเทหล่อน้ำดินและเทน้ำดินออก เมื่อได้แม่พิมพ์แล้วให้เอาไปตากให้แห้ง
- 5) กระบวนการผลิตและขึ้นรูปชิ้นงานโดยการหล่อจากน้ำดินด่านเกวียน โดยการเตรียมน้ำดินหล่อจากดินสูตรที่ 12 นำมาผสมในถังขนาดใหญ่จากนั้นแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 2 คืน แล้วปรับให้ดินไหลตัวได้ดีด้วยน้ำปริมาณร้อยละ 50 และโซเดียมซิลิเกตน้ำยากันดินตกตะกอนร้อยละ 0.1 จากนั้นนำมาปั่นด้วยสว่านให้น้ำดินเข้ากันเหมาะสมที่นำไปทำการหล่อชิ้นงานได้ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกตามแบบที่ต้องการ
- 6) การตกแต่งชิ้นงานบริเวณตะเข็บ ก่อนนำเข้าเตาเผาในชุมชนที่มีอุณหภูมิโดยประมาณ 1200 - 1280 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่มีความใกล้เคียงผลงานเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียนเดิมที่ยังคงคุณค่าความงามและสีสันผลงานที่ยังคงเอกลักษณ์
- 7) ออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่จะถ่ายทอดที่มาของที่ระลึกเพื่อบรรจุและจำหน่ายสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า



ภาพที่ 3 การลงพื้นที่พิพิธภัณฑ์ไม้กลายเป็นหิน (โคราชจีโอพาร์ค) เก็บข้อมูลและภาพถ่าย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองน้ำดินหล่อด่านเกวียนที่เหมาะสมต่อการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์สมบัติหลังเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000, 1100 และ 1200 องศาเซลเซียส ได้ข้อมูลดังตารางที่ 2

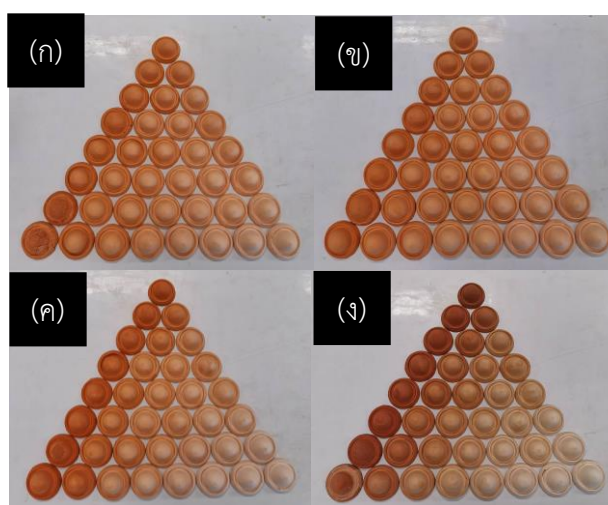
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติหลังการเผาของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง โดยได้ทดสอบความสามารถในการหล่อ และการหดตัวหลังเผา

สูตร ที่	ความสามารถในการหล่อ	การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ (°C)				สีหลังเผาที่อุณหภูมิ (°C)			
		900	1000	1100	1200	900	1000	1100	1200
1	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	15	16	20	22	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาลเข้ม
2	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	12	12	17	17	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาลเข้ม
3	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	12	13	13	15	ส้ม	ส้ม	ส้ม	น้ำตาลเข้ม
4	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	9	9	13	13	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาลเข้ม
5	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	11	11	11	13	ส้ม	ส้ม	ส้ม	น้ำตาล
6	ชิ้นงานแตก/ถอดพิมพ์ยาก	10	10	10	12	ส้มอ่อน	ส้มอ่อน	ครีม	ครีม
7	ชิ้นงานแตก/ถอดพิมพ์ยาก	7	9	9	9	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาล
8	ชิ้นงานแตก/ถอดพิมพ์ยาก	2	4	5	5	ส้ม	ส้ม	ส้ม	ส้ม
9	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	13	14	18	19	ส้มอ่อน	ส้มอ่อน	ครีม	ครีม
10	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	12	13	15	17	ครีม	ครีม	ครีม	ครีม
11	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	11	11	11	13	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาล
12	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	9	11	12	14	ส้ม	ส้ม	ส้ม	ส้ม
13	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	10	10	11	ส้มอ่อน	ส้มอ่อน	ครีม	ครีม
14	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	7	8	10	10	ครีม	ครีม	ครีม	ครีม
15	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	6	8	8	10	ครีม	ครีม	ครีม	ครีม
16	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	11	14	17	20	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาล
17	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	12	12	15	17	ส้ม	ส้ม	ส้ม	ส้ม
18	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	11	12	13	14	ส้มอ่อน	ส้มอ่อน	ครีม	ครีม
19	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	9	9	12	12	ครีม	ครีม	ครีม	ครีม
20	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	9	10	10	10	ครีม	ครีม	ครีม	ขาว
21	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	6	7	7	9	ครีม	ครีม	ขาว	ขาว
22	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	12	13	13	17	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	น้ำตาล
23	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	9	11	13	17	ส้ม	ส้ม	ส้ม	ส้ม
24	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	9	13	13	14	ส้มอ่อน	ส้มอ่อน	ครีม	ครีม
25	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	10	11	11	13	ครีม	ครีม	ครีม	ครีม
26	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	10	13	13	ครีม	ครีม	ครีม	ขาว
27	ชิ้นงานแตก/ถอดพิมพ์ยาก	9	11	12	15	ครีม	ครีม	ขาว	ขาว
28	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	10	11	14	ครีม	ครีม	ขาว	ขาว
29	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	11	11	11	14	ส้ม	ส้ม	ส้มเข้ม	ส้ม

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติหลังการเผาของเนื้อดินกลุ่มตัวอย่าง โดยได้ทดสอบความสามารถในการหล่อ และการหดตัวหลังเผา (ต่อ)

สูตร ที่	ความสามารถในการหล่อ	การหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ (°C)				สีหลังเผาที่อุณหภูมิ (°C)			
		900	1000	1100	1200	900	1000	1100	1200
30	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	6	8	8	10	ส้ม	ส้ม	ส้ม	ส้ม
31	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	10	10	11	18	ส้มอ่อน	ส้มอ่อน	ครีม	ครีม
32	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	9	11	13	ครีม	ครีม	ครีม	ครีม
33	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	9	9	13	ครีม	ครีม	ครีม	ขาว
34	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	10	12	14	ครีม	ครีม	ขาว	ขาว
35	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	9	10	14	ครีม	ครีม	ขาว	ขาว
36	ชิ้นงานไม่แตก/ถอดพิมพ์ง่าย	8	9	13	16	ครีม	ครีม	ขาว	ขาว

จากตารางที่ 2 พบว่าการทดลองเนื้อดินโดยใช้ดินทดลองทั้งหมด 3 ชนิดโดยใช้ดินในท้องถิ่น ชุมชนบ้านด่านเกวียนเป็นหลัก คือ ดินเหนียวด่านเกวียน ดินทรายด่านเกวียน และดินขาวลำปาง เพื่อนำมาทดสอบหาอัตราส่วนผสมแบบตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Blend) จำนวน 36 สูตร โดยได้ทดสอบความสามารถในการหล่อ การหดตัวและสีหลังเผา ที่เผาทดลองด้วยเตาแก๊ส บรรยากาศแบบรีดักชันที่อุณหภูมิ 900, 1000, 1100 และ 1200 องศาเซลเซียส โดยได้เลือกดินสูตรที่ 12 มาผลิตเป็นน้ำดินหล่อเพราะสามารถหล่อขึ้นรูปได้ดี มีการหดตัวเพียงร้อยละ 14 มีสีส้มแดงที่ยังคงเอกลักษณ์ดั้งเดิม สูตรที่ 12 มีส่วนผสมประกอบด้วย ดินเหนียวด่านเกวียน ร้อยละ 40 ดินทรายด่านเกวียน ร้อยละ 40 และดินขาว ร้อยละ 20 ผสมกับน้ำปริมาณร้อยละ 50 และใส่โซเดียมซิลิเกตในอัตราส่วน ร้อยละ 0.1 เหตุผลที่เลือกสูตรที่ 12 เพราะได้มีการใช้ดินในพื้นที่หมู่บ้านด่านเกวียน ร้อยละ 80 และใช้วัตถุดิบนอกพื้นที่คือ ดินขาว ร้อยละ 20 มีความเหมาะสมต่อการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4 ผลการทดลองเนื้อดินปั้นภายหลังจากการเผาที่ (ก) 900 (ข) 1000 (ค) 1100 และ (ง) 1200 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการสร้างสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวโคราชจีโอพาร์ค จังหวัดนครราชสีมา ให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้วยนวัตกรรมการสร้างต้นแบบจาก 3D Printer

จากการลงพื้นที่เพื่อค้นหาอัตลักษณ์พิพิธภัณฑ์ไม้กลายเป็นหิน (โคราชจีโอพาร์ค) เพื่อศึกษาองค์ประกอบสำคัญที่เกิดขึ้นพร้อมกับการท่องเที่ยวคือการซื้อขายสินค้าที่ผลิตขึ้นในแหล่งท่องเที่ยว เพื่อเป็นสัญลักษณ์ของสถานที่นั้น โดยได้ทำของที่ระลึกเป็นหุ่นจำลองประติมากรรมลอยตัว และประติมากรรมหุ่นตัวขนาดเล็ก จำนวน 10 ต้นแบบ ที่มีกระบวนการออกแบบ 2 มิติ และสร้างต้นแบบ 3 มิติ เพื่อจะนำไปพิมพ์ในเครื่อง 3D Printer เป็นต้นแบบของที่ระลึก ดังภาพที่ 5 ประกอบด้วยช้างงาจบ ช้างงาเสื่อม ช้างสีงา ไดโนเสาร์กินเนื้อสายพันธุ์ “สยามแรปเตอร์ สุวักขิ” และไดโนเสาร์กินพืช “สิรินธรนา โคราชเอนซิส” จากนั้นจึงมาสู่กระบวนการทำพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จากต้นแบบ เพื่อจะทำเป็นแม่พิมพ์สำหรับการหล่อน้ำดินจากดินด่านเกวียนผลิตและขึ้นรูปเป็นชิ้นงานของที่ระลึกตามกระบวนการทางเครื่องปั้นดินเผา การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่จะถ่ายทอดที่มาของสินค้าที่ระลึกเพื่อบรรจุและจำหน่ายเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ วัตถุประสงค์ในการออกแบบที่ต้องการให้กล่องบรรจุภัณฑ์แสดงให้เห็นตัวสินค้าหรือผลงาน โดยการวัดขนาดสินค้าและทดลองสร้างกล่องบรรจุภัณฑ์ให้มีรูปแบบที่เหมาะสมกับตัวผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นของที่ระลึกชนิดเครื่องปั้นดินเผา ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสมโครงสร้างกล่องบรรจุภัณฑ์จะต้องสามารถถือผลิตภัณฑ์ได้ มีความพอดีระหว่างสินค้ากับกล่อง ซึ่งจะช่วยลดการเสียหายของสินค้าได้เวลาขนย้าย จากนั้นนำไปทำการออกแบบลวดลาย สี สัน และเนื้อหาที่จะนำเสนอ (Artwork) ลงบนกล่องจัดการพื้นที่เพื่อการดีไซน์กราฟิกที่สื่อถึงตัวผลิตภัณฑ์สินค้าเจาะช่องให้เห็นถึงตัวสินค้าที่อยู่ภายในเพื่อนำเสนอผลงาน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ผลงานการสร้างต้นแบบ 3 มิติจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซีบรัช (ZBrush) และผลงานการสร้างต้นแบบด้วยเครื่อง เครื่องพิมพ์ 3D Printer



ภาพที่ 6 กระบวนการผลิตชิ้นงานด้วยน้ำดินหล่อด่านเกวียน พร้อมการออกแบบบรรจุภัณฑ์

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลองเพื่อนำนวัตกรรมมาทำการสร้างสินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา การออกแบบสินค้าในระดับพื้นที่ให้มีมูลค่าเพิ่มจากเดิม ทั้งด้านราคา ภาพลักษณ์และประโยชน์ใช้สอย เพื่อให้ทุกภาคส่วนร่วมพัฒนาตนเอง ชุมชนและสังคม เป็นการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข (Monphrom, R., 2017) การนำอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยว ที่จะผสมกับภูมิปัญญาดั้งเดิมที่มีอยู่แล้ว ผ่านการออกแบบ เพื่อให้ได้ผลงานเป็นไปตามที่ต้องการ จึงมีการทดลองเนื้อดินโดยใช้ดินเหนียวด้านเกวียน ดินทรายด้านเกวียน และดินขาวลำปาง เพื่อนำมาทดสอบหาอัตราส่วนผสม โดยพบว่าดินสูตรที่ 12 ซึ่งประกอบด้วยดินเหนียวด้านเกวียน ร้อยละ 40 ดินทรายด้านเกวียน ร้อยละ 40 และดินขาว ร้อยละ 20 นำมาผสมกับน้ำปริมาณ ร้อยละ 50 และใส่โซเดียมซิลิเกต น้ำยากันดินตกตะกอนร้อยละ 0.1 โดยใช้เวลาในการหล่อแบบ 30 นาที สามารถนำมาหล่อขึ้นรูปได้ดีมีความหนา 5 มิลลิเมตร และยังใช้วัตถุดิบคือดินและทรายในพื้นที่หมู่บ้านด้านเกวียน ร้อยละ 80 โดยใช้วัตถุดิบนอกพื้นที่ คือ ดินขาว เพียงร้อยละ 20 ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ด้วยเตาแก๊สบรรยากาศแบบรีดักชัน หดตัวหลังการเผา ร้อยละ 14 ซึ่งถือว่าหดตัวน้อยถ้าเทียบกับดินด้านเกวียนแบบดั้งเดิม และมีน้ำหนักเบาเพราะขึ้นรูปจากการหล่อทำให้ได้ชิ้นงานมีความหนาสม่ำเสมอ พบการบิดเบี้ยวบ้างเล็กน้อยจากลักษณะรูปทรงของชิ้นงานที่ทำการหล่อขึ้นรูปแต่ยังคงให้สีที่เป็นอัตลักษณ์ดั้งเดิมของเนื้อดินปั้น ด้านเกวียนที่สีของเนื้อดินจะมีสีน้ำตาล ดำ แดงเข้ม ม่วงคล้ำเปลี่ยนแปลงมั่งคุด ซึ่งถือเป็นความงามตามอัตลักษณ์ดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด้านเกวียน (Raksorn, D., 2016) การสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ชุมชนเครื่องปั้นดินเผาด้านเกวียนจากนวัตกรรมสู่ผลิตภัณฑ์สินค้าที่ระลึกจากอัตลักษณ์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา เป็นสินค้าที่ผลิตจากเครื่องปั้นดินเผาที่ให้สีดินเผาจากธรรมชาติและยังคงเป็นสินค้าที่ต้องการในปัจจุบัน โดยการสร้างต้นแบบจากเทคโนโลยีและนวัตกรรมการขึ้นรูปด้วย 3D printer ถ่ายทอดเป็นสินค้าที่ระลึกขนาดเล็ก และคงรูปแบบความเป็นอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยวสร้างรายได้และแรงบันดาลใจให้เยาวชนในท้องถิ่นได้สืบสานภูมิปัญญาด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยใช้แนวคิดการเสริมคุณค่าให้กับปัจเจกบุคคล แนวคิดเสริมคุณค่าทางประวัติศาสตร์ และแนวคิดการสร้างแหล่งเรียนรู้ที่มีชีวิตจะช่วยขับเคลื่อนระบบและกลไกการดำรงอยู่ของเครื่องปั้นดินเผา ด้านเกวียนให้ยั่งยืนต่อไปได้ในอนาคต (Sirimongkolgal, S., 2018)

6. ข้อเสนอแนะ

นวัตกรรมและเทคโนโลยีการย่อส่วนผลิตภัณฑ์ด้านเกวียนเหมาะสมกับการซื้อขายสินค้าในโลกออนไลน์ส่งผ่านระบบขนส่ง เพราะจะได้รายละเอียดผลงานที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบาจากการหล่อขึ้นงานที่มีความบางสม่ำเสมอทั่วชิ้นงาน สามารถผลักดันสินค้าด้านเกวียนที่มีอัตลักษณ์เข้าสู่ระบบออนไลน์ต่อยอดเชิงพาณิชย์สร้างรายได้ให้กับชุมชนต่อไปในอนาคต

7. เอกสารอ้างอิง

- Chumkate, J. (2017). **Research report: Product Development from Local Wisdom to Increase an Efficiency of Community-Based Management with Sustainability in Thai-Muslim Village, Amphur Cha Am, Phetchaburi Province.**, Nakhon Pathom : Silpakorn University. Pp 60-64. (in Thai)
- Dan Kwian Sub-district Municipality, Chokchai District, Nakhon Ratchasima Province (2559). **General information of Dan Kwian Subdistrict.** [online], Available: <http://www.dankwiancity.go.th/info.php?cg=2&ct=8>. access on October 20, 2017. (in Thai)
- Monphrom R. (2017). Product development and value of the souvenir's products for Nakhon Sawan, **Art and Architecture Journal Naresuan University**, Vol. 8 (1), June 2017, pp. 40-51. (in Thai)
- Raksorn, D. (2016). Evolution and Development of Dan Kwian Clay to Retain Aesthetic Identity, **Mekong Chi Mun Art and Culture Journal**, Vol.2 (2), December 2016, pp. 109-136. (in Thai)
- Sirimongkolgal, S., Thimwatbunthong, S., Tangcharoen and W., Supasetsiri, P. (2018). The Development of system and Mechanism of Dan Kwian pottery existence in the age of globalization, **Institute of Culture and Arts Journal Srinakharinwirot University**, Vol. 19 (2), June 2018, pp. 133-150. (in Thai)
- 3D printing technology. (2017). **Professional 3D Printer VS Home-use 3D Printer, how to choose and use it.** [online], Available: <http://www.siam3dprinter.com>. access on October 25, 2017. (in Thai)

การเปรียบเทียบสถาปัตยกรรม และโครงสร้างพระอุโบสถวิหาร

วัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

Comparison for architectural and construction of Buddhist Chapel in Wat Phra Kaew and Wat Phra Singha Chiang Rai Province

ณัฐเขต มณีกร^{1*} และคงฤทธิ เหลืองไตรรัตน์²

Nudtakhed Maneekorn^{1*} and Kongrit Luengtrirat²

^{1,2}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

โทร 0 5377 6015 E-mail: nudtakhed_13@hotmail.com

Industrial Technology faculty 80 m.9 Phahonyotin Rd., Meuang, Chiang Rai, Thailand 57100 Tel. +66 5377 6015

E-mail: nudtakhed_13@hotmail.com

วันที่รับบทความ 16 พฤศจิกายน 2563

Received: Nov. 16, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 10 กุมภาพันธ์ 2564

Revised: Feb. 10, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 8 มีนาคม 2564

Accepted: Mar. 8, 2021

บทคัดย่อ

พระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว และพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย เป็นอาคารที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์คู่เมืองเชียงราย และอาณาจักรล้านนาแต่เดิม วัดพระแก้วเป็นวัดที่เคยเป็นที่ประดิษฐานพระแก้วมรกต หรือพระพุทธรูปทองคำสมัยสุโขทัย ส่วนวัดพระสิงห์เป็นวัดที่มีชื่อเหมือนวัดพระสิงห์ที่จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นความนิยมตั้งชื่อวัดสำคัญให้เหมือนกับวัดสำคัญในศูนย์กลางล้านนาเชียงใหม่

การวางผังของพระอุโบสถวิหารเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทางทิศตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งพบเห็นได้โดยทั่วไปในพื้นที่วัฒนธรรมลุ่มน้ำอิงและลุ่มน้ำกก ความสำคัญของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ คือการบูรณปฏิสังขรณ์ที่ยังคงรูปแบบเดิมด้วยโครงสร้าง และการก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (เทคนิคการก่อสร้างสมัยใหม่ พ.ศ.2443) ซึ่งเป็นการก่อสร้างที่ห่างกันเพียง 7 วัน ทำให้มีนักวิชาการในท้องถิ่นสันนิษฐานว่าสร้างโดยช่างชุดเดียวกัน

การศึกษาโครงสร้าง และสถาปัตยกรรม พบว่าพระอุโบสถวิหารทั้งสองหลังมีความเหมือนกันด้านคติการวางผังอาคาร และองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมพระอุโบสถวิหารล้านนา แต่มีความแตกต่างกันทางด้านเทคนิคงานก่อสร้าง โดยที่พระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วโครงสร้างหลังคาเป็นรูปแบบมั่วต่างใหม่ ที่มีการถ่ายเทน้ำหนักลงเป็นแนวตั้ง ซึ่งแตกต่างกับพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์ที่มีโครงสร้างหลังคาเป็นแบบตั้งโย ที่มีการถ่ายเทน้ำหนักลงเป็นแนวเฉียง ความแตกต่างของโครงสร้างหลังคาเป็นภูมิปัญญาสำคัญที่แสดงออกมาจากความชำนาญของช่างในแต่ละพื้นที่

คำสำคัญ: วัดพระแก้ว จังหวัดเชียงราย, วัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

Abstract

The chapels of Phra Kaew Temple and Phra Singha Temple in Chiang Rai province are important to the history of Chiang Rai and the Lanna old town because of their associations with the Emerald Buddha (Phra Kaew Morakot). It is popular to use the same name for important temples in Lanna's Center, such as Phra Singha Temple.

The plans of the chapels are rectangular in an east-west direction set alongside the Ing River and the Kok River. The chapel of Phra Kaew Temple had an important renovation in 1899. The renovation used a new technique of reinforced concrete built seven days apart, causing local scholars to signal that it was built by the same technician.

Study of the architectural structures found that the two temple buildings had the same building plans, although there were differences in terms of the construction techniques and the architectural styles.

Keywords: Phra Kaew Temple, Phra Singha Temple, Chiang Rai Province

1. บทนำ

“วัดพระแก้ว และวัดพระสิงห์” เป็นวัดสำคัญที่มีการพัฒนาการมาตั้งแต่อดีต เกี่ยวพันกับความศรัทธา ความเชื่อ วิถีชีวิตของผู้คนชาวเชียงราย วัดพระแก้วเดิมชื่อวัดป่าเยี้ยะ เนื่องจากพื้นที่เดิมของวัดเต็มไปด้วยต้นไผ่พื้นเมือง ไม่มีหนาม นิยมนำมาทำคันธนู เป็นที่รู้จักในระดับประเทศ เนื่องจากเป็นวัดที่พบพระแก้วมรกต หรือพระพุทธรูปทองคำที่ประดิษฐานอยู่ภายในพระอุโบสถ วัดพระศรีรัตนศาสดาราม (วัดพระแก้ว) ตามตำนานกล่าวว่าเมื่อบริเวณพระสถูป (พระธาตุ) เนื่องจากพระสถูปถูกฟ้าผ่าทลายลงมา ประมาณปี พ.ศ.1979 ได้พบพระแก้วมรกต พบพระพุทธรูปปูนปั้น ต่อมาได้แกะเทอะออกเผยให้เห็นถึงหินหยกสีเขียวอยู่ภายใน ซึ่งถือว่าเป็นพระพุทธรูปที่ได้รับความสำคัญจากกษัตริย์ล้านนาโดยประดิษฐานในเมืองต่าง ๆ เช่น เมืองลำปาง เชียงใหม่ หลวงพระบาง เวียงจันทน์ กรุงธนบุรี และกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน

วัดพระสิงห์ ไม่ปรากฏหลักฐานว่าสร้างขึ้นเมื่อใด พบหลักฐานที่เป็นลายลักษณ์อักษรในช่วงปี พ.ศ.2387 เจ้าหม่อมลังกา เป็นบุตรของพระยาคำพัน เจ้าผู้ครองนครเชียงใหม่องค์ที่ 3 โดยได้รับมอบหมายจากพระยาพุทธวงศ์ เจ้าผู้ครองนครเชียงใหม่องค์ที่ 4 (พ.ศ.2369-2389) ให้เป็นเจ้าผู้ครองเมืองเชียงราย และให้ฟื้นฟูเมืองเชียงรายขึ้นใหม่ หลังจากเป็นเมืองร้างไปตั้งแต่ปี พ.ศ.2347 โดยเกณฑ์เอาคน 4 จำพวก คือ พวกเชียงตุง ฝายก เมืองเลน และเมืองสาด เข้ามาถึงเมืองเชียงราย ณ เดือน 3 แรม 11 ค่ำ ได้เข้ามาอยู่ที่วัดพระสิงห์เป็นที่แรก แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของวัดพระสิงห์ที่มีมาก่อนที่เมืองจะร้างจากสงครามระหว่างล้านนากับพม่า

วัดพระแก้ว และวัดพระสิงห์ เป็นวัดสำคัญก่อนเชียงรายเป็นเมืองร้าง จนกระทั่งปี พ.ศ.2433 ได้มีผู้บูรณะวัดพระแก้วและวัดพระสิงห์ในเวลาอันใกล้เคียงกัน ดังนี้ พ.ศ.2433 เดือน 8 ขึ้น 5 ค่ำ วันเสาร์ สร้างวิหารวัดพระแก้ว และ ถึงเดือน 8 ขึ้น 12 ค่ำ วันเสาร์ สร้างวิหารวัดพระสิงห์ ในช่วงเวลานี้มีการบูรณะวัดสำคัญในเวียงเชียงรายถึง 2 วัด ห่างกันเพียง 7 วัน

สถาปัตยกรรมรูปทรงวิหารวัดพระแก้วและวัดพระสิงห์มีรูปแบบและขนาดใกล้เคียงกันมาก สันนิษฐานว่าช่าง หรือสถาปนิกที่สร้างเป็นคณะเดียวกัน (Sirichai, A. 2016: 199)

จากข้อสันนิษฐานของนักวิชาการท้องถิ่น ทำให้เกิดข้อสงสัยประเด็นเรื่องช่าง หรือสถาปนิกที่สร้างว่าเป็นคณะเดียวกัน ผู้วิจัยจึงทำการสอบสวนมูติดฐานด้วยการเปรียบเทียบรูปแบบทางสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่จะสามารถต่อยอดไปในประเด็นอื่น ๆ ทางด้านงานช่างพื้นถิ่นต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

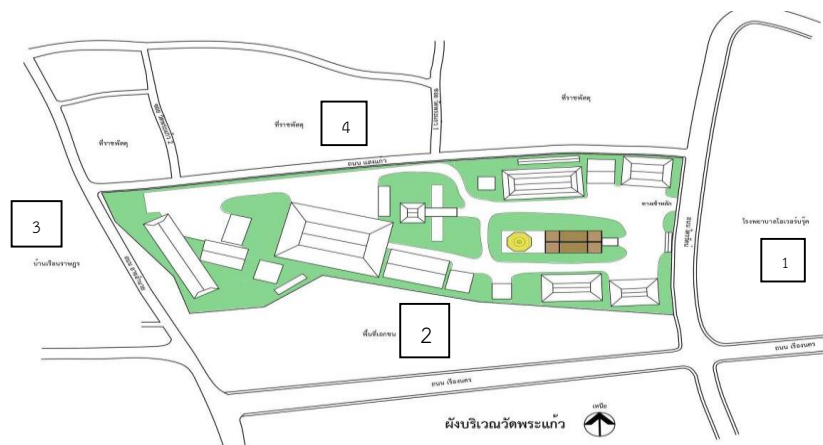
2.1 เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบสถาปัตยกรรม ของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

2.2 เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับวัดพระแก้ว และวัดพระสิงห์

1. สภาพแวดล้อมและภูมิทัศน์ วัดพระแก้วเป็นพระอารามหลวงชั้นตรี ชนิดสามัญ ตั้งอยู่ที่ถนนไตรรัตน์ ตำบลเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย สังกัดคณะสงฆ์มหานิกาย มีเนื้อที่ 6 ไร่ 2 งาน 9.9 ตารางวา ตามโฉนดที่ดินเลขที่ 1861 มีอาณาเขตดังนี้ ทิศเหนือ จดที่ราชพัสดุและทางสาธารณประโยชน์ ทิศใต้ จดบ้านเรือนราษฎร ทิศตะวันออก จดถนนไตรรัตน์ ทิศตะวันตก จดวัดดอยงำเมือง (Pratammarachanuwat, 2011: 1)

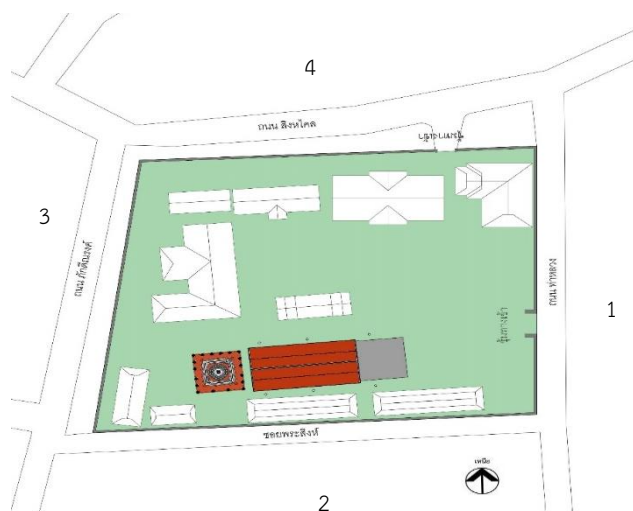


ภาพที่ 1 สภาพแวดล้อมวัดพระแก้ว จังหวัดเชียงราย

1.1 โบราณสถานสำคัญที่ประกาศกรมศิลปากร ประกอบด้วย พระอุโบสถวิหาร เจดีย์

1.2 โบราณวัตถุสำคัญ พระพุทธรูปและพระอัครสาวกภายในพระอุโบสถวิหาร นำมาจากวัดดอยจำเมืองซึ่งวัดแห่งนี้เดิมชื่อ “วัดงามเมือง”

2. สภาพแวดล้อมและภูมิทัศน์ วัดพระสิงห์เป็นพระอารามหลวงชั้นตรี ชนิดสามัญ ตั้งอยู่บนถนนสิงห์ไคล ตำบลเวียง อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย สังกัดคณะสงฆ์มหานิกาย มีเนื้อที่ 4 ไร่ 2 งาน 42 ตารางวา มีอาณาเขตดังนี้ ทิศเหนือจดถนนสิงห์ไคล ทิศตะวันออกจดถนนท่าหลวง ตรงข้ามกับศาลากลางจังหวัดเชียงราย (หลังเก่า) ทิศใต้จดซอยพระสิงห์ และทิศตะวันตกจดถนนภักดีณรงค์



ภาพที่ 2 สภาพแวดล้อมวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

2.1 โบราณสถานสำคัญที่ประกาศกรมศิลปากร ประกอบด้วย พระอุโบสถวิหารเจดีย์

2.2 โบราณวัตถุสำคัญ พระพุทธรูปประธานศิลปะล้านนา ประมาณพุทธศตวรรษที่ 21 ปางมารวิชัย วัสดุทำจากสำริด ปิดด้วยทองคำเปลว

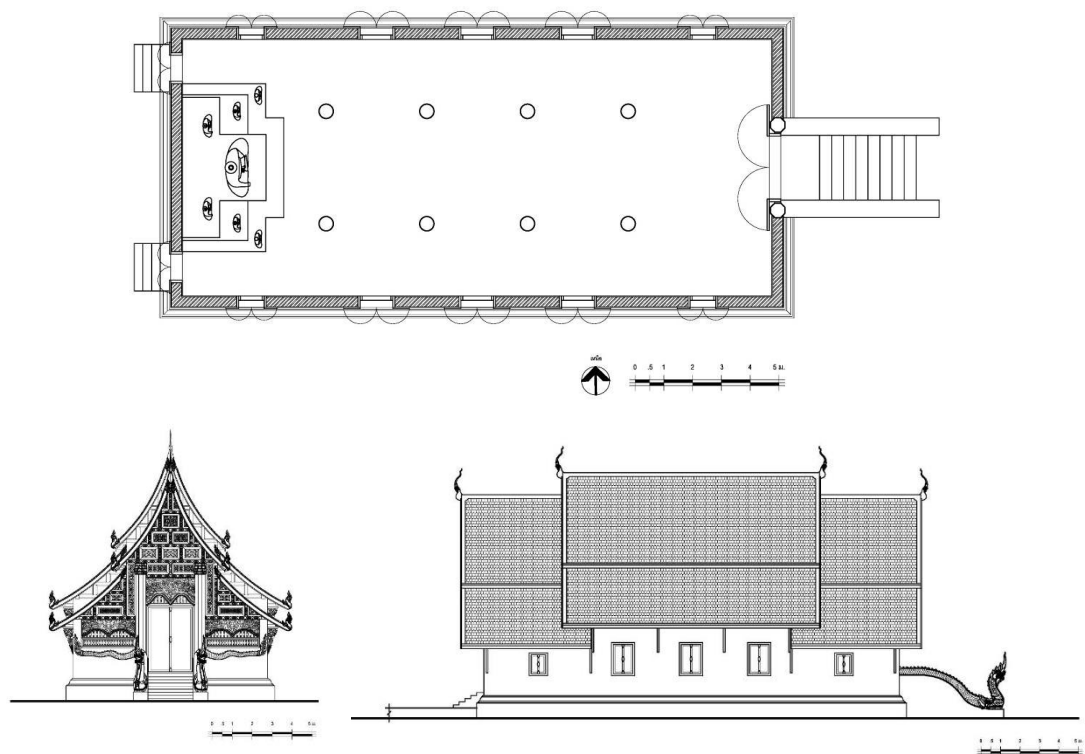
3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลทางกายภาพของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว และวัดพระสิงห์

1. ข้อมูลทางกายภาพของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว

1.1 ผังพื้นพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว เป็นอาคารทรงโรงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามแนวแกนทิศตะวันออก-ตะวันตก ขนาดกว้าง 3 ห้อง ยาว 5 ห้อง ยกพื้นสูงประมาณ 1.20 เมตร มีเสาคอนกรีต (เสาร่วมใน) 2 แถว เพื่อรับน้ำหนักหลังคาภายในอาคาร และกำแพงรับน้ำหนักเพื่อรับโครงสร้างหลังคาทางด้านข้างอาคาร ห้องด้านหน้าทิศตะวันออกประตูทางเข้ามีบันไดนาค

ศิลปะล้านนา ห้องด้านหลังมีประดิษฐานพระพุทธรูปสัมฤทธิ์ปางมารวิชัย แบบเชียงแสนรุ่นหลัง (Prapatpong, K. 1965: 85-86) ประดิษฐานบนฐานชุกชีไม้แกะสลักลวดลายล้านนา การวางผังอาคารแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่มีการยกเก็จ นิยมมากในพื้นที่จังหวัดพะเยา และจังหวัดเชียงราย

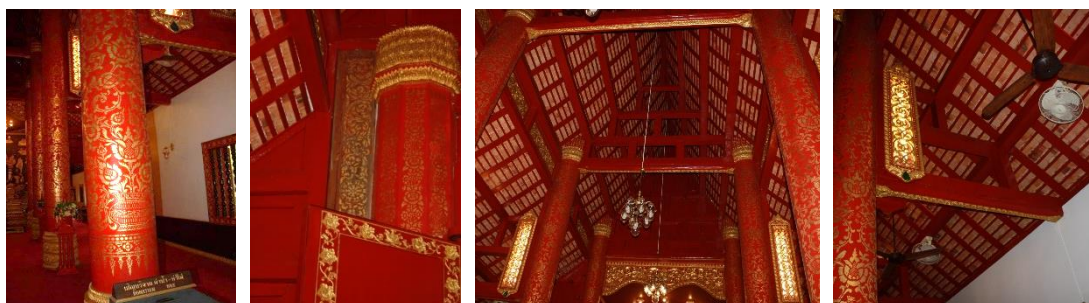
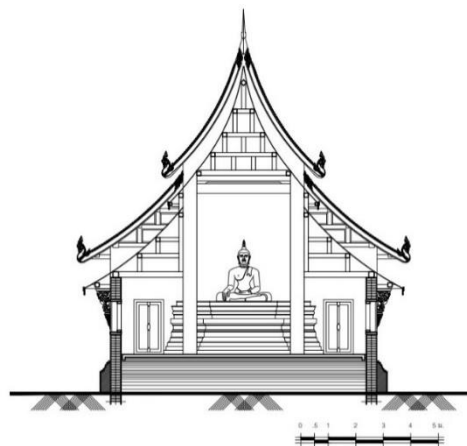
1.2 รูปแบบทางสถาปัตยกรรมพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว ผนังโดยรอบเป็นผนังก่ออิฐถือปูน หนาประมาณ 40 เซนติเมตร การเจาะช่องประตู และหน้าต่างเป็นแบบทั่วไป ไม่มีลวดลายประดับ ผนังภายนอกมีลวดบัวคว่ำ และหน้ากระดาน ผนังภายในประดับตกแต่งกรอบหน้าต่างด้วยไม้แกะสลักกรูไม้จริง และบัวเชิงผนัง ด้านหลังพระประธานกรูไม้จริง ตกแต่งด้วยไม้แกะสลักสีทอง (นำมาตกแต่งในภายหลัง) ผนังอุโบสถส่วนใหญ่เป็นสีขาวไม่มีการเขียนลวดลายใด ๆ การประดับตกแต่งผนังด้านหน้าพระอุโบสถวิหาร หน้าแห่นบวรณะตามรูปแบบเดิม คือเป็นลูกฟักในแบบโครงสร้างไม้ต่างใหม่ประดับด้วยลายไม้แกะสลักสีทองพื้นสีแดง โถงค้ำไม้แกะสลักลวดลายใบไม้ดอกไม้ทาสีทองพื้นสีแดง ผนังช่วงข้างมีการเปิดช่องระบายอากาศ กันด้วยลูกมะหวดไม้ และโถงค้ำไม้แกะสลักลวดลายใบไม้ดอกไม้ทาสีทองพื้นสีแดง



ภาพที่ 3 แพลนพื้น รูปด้านทิศตะวันออก และภาพด้านทิศใต้ วัดพระแก้ว จังหวัดเชียงราย

1.3 โครงสร้างพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว เสาอุโบสถ มีทั้งหมด 10 ต้น โดยมีเสาหลวง (เสาร่วมใน) เป็นเสากลม ส่วนเสาคู่หน้า (เสاهر) เป็นเสาแปดเหลี่ยม โครงสร้างเสาเป็นคอนกรีต การประดับตกแต่งเสากลม เชิงเสาเป็นปูนปั้นลวดลายกลีบบัวตกแต่งเป็นลวดลายดอกพุดตาน ท้องเสาเป็นลวดลายหม้อดอกไม้อหรือปुरुณฆู และดอกบัว-ใบดอกบัวเลื้อยพันรอบเสา หัวเสา

เป็นปูนปั้นบัวโถ หรือบัวกลุ่มทาสีทอง หลังคามีลดชั้นด้านหน้าและด้านหลัง ด้านละ 2 ชด (ห้องที่ 1 และห้องที่ 5) โครงสร้างไม้ต่างใหม่ไม้ แปและไม้ก้านผ้า (ไม้ระแนง) หลังคากระเบื้องดินขอปลายมน



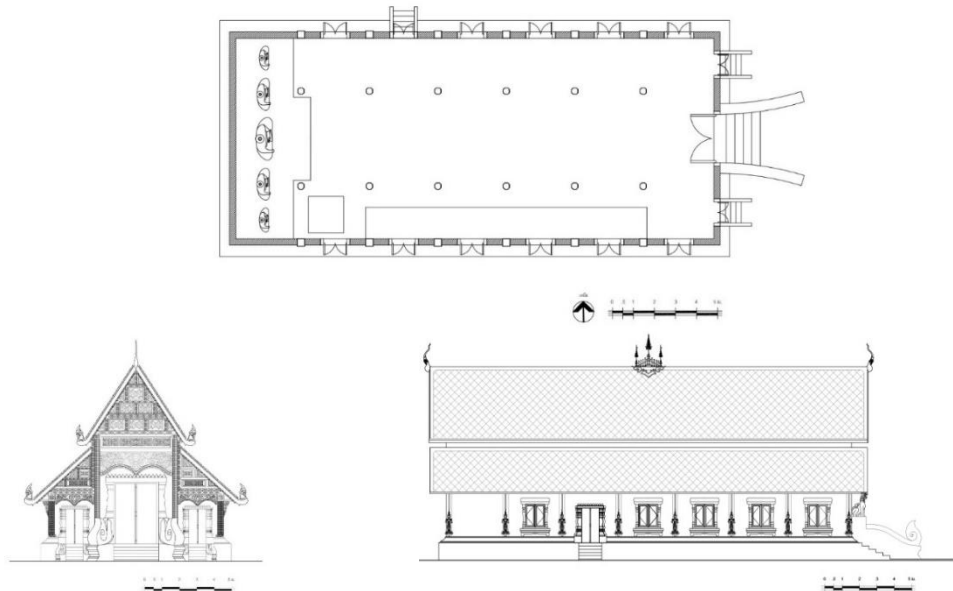
ภาพที่ 4 รูปตัดพระอุโบสถวิหาร โครงสร้างภายใน วัดพระแก้ว จังหวัดเชียงราย

2. ข้อมูลทางกายภาพของพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์

2.1 ผังพื้นพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์ เป็นอาคารทรงโรงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามแนวแกนทิศตะวันออก - ตะวันตก ขนาดกว้าง 3 ห้อง ยาว 7 ห้อง ยกพื้นสูงประมาณ 0.75 เมตร มีเสาคอนกรีต (เสาร่วมใน) 2 แถว เพื่อรับน้ำหนักหลังคาภายในอาคาร และกำแพงรับน้ำหนัก เพื่อรับโครงสร้างหลังคาทางด้านข้างอาคาร ห้องด้านหน้าทิศตะวันออกประตูทางเข้ามีบันไดสิงห์ปูนปั้น และทางวันศิลปะล้านนา ห้องด้านหลังมีประดิษฐานพระพุทธรูปปางมารวิชัย แบบเชียงแสน ประดิษฐานบนแท่นแก้ว (ฐานชุกชีปูนปั้นประดับกระจก ลวดลายล้านนา) การวางผังอาคารแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่มีการยกเก็จ นิยมมากในพื้นที่จังหวัดพะเยา และจังหวัดเชียงราย

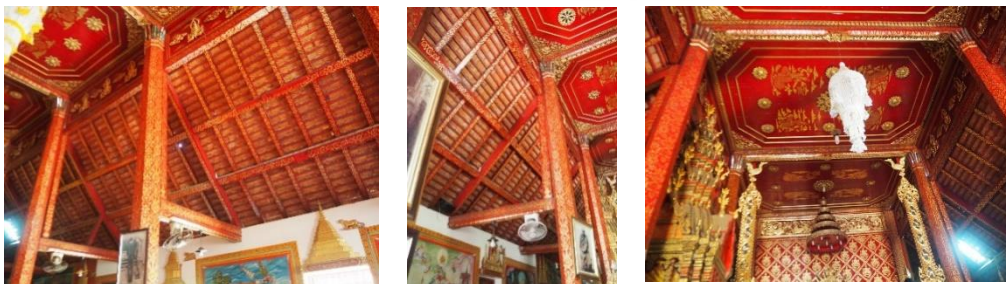
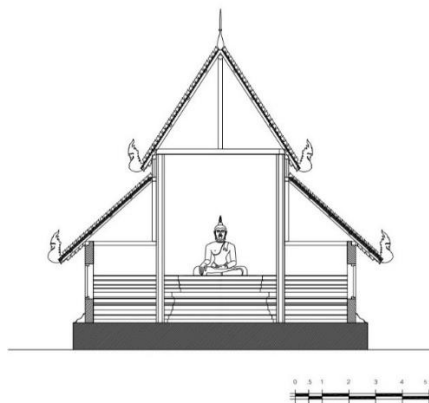
2.2 รูปแบบทางสถาปัตยกรรมพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์ ผนังโดยรอบเป็นผนังก่ออิฐถือปูน หนาประมาณ 40 เซนติเมตร การเจาะช่องประตู และหน้าต่างกรอบบานบัวปูนปั้น บานประตูหน้าต่างไม้แกะสลักลวดลายพฤกษาปิดทองพื้นหลังสีแดง ผนังภายนอกมีลวดบัวคว่ำ และหน้ากระดาน ผนังภายในประดับตกแต่งด้วยภาพวาดพุทธประวัติ และบัวเชิงผนัง ด้านหลังพระประธานลวดลายพระพุทธรูปเจ้าสลับกับเทวดาปิดทองคำเปลว การประดับตกแต่งผนังด้านหน้าพระอุโบสถวิหาร หน้าแผนบูรณะตามรูปแบบเดิม คือเป็นลูกฟักเลียนแบบโครงสร้างไม้ต่างใหม่ ประดับด้วยลายไม้แกะสลักสีทองพื้นสีแดง โถงคิ้วไม้แกะสลักลวดลายพฤกษาทาสีทองพื้นสีแดง

ผนังช่วงข้างมีการเปิดช่องระบายอากาศ กันด้วยลูกมะหวดไม้ และโค้งคิ้วแกะสลักลวดลายใบไม้ ดอกไม้ทำสีทองพื้นสีแดง



ภาพที่ 5 แพลนพื้น รูปด้านทิศตะวันออก และภาพด้านทิศใต้ วัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

2.3 โครงสร้างพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์ เสาอุโบสถ มีทั้งหมด 12 ต้น โดยมีเสาหลวง (เสาร่วมใน) และเสาหน้าเป็นเสาแปดเหลี่ยม โครงสร้างเสาเป็นคอนกรีต การประดับหัวเสาเป็นกลีบบัว เสาประดับลวดลายดอกพุดตานปิดทอง หลังคาแบบยาวทอดเดียว ไม่มีลดชั้นหลังคา โครงสร้างตั้งโยแปะและไม้ก้านฟ้า (ไม้ระแนง) หลังคากระเบื้องดินขอใบโพธิ์



ภาพที่ 6 รูปตัดพระอุโบสถวิหาร โครงสร้างภายใน วัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

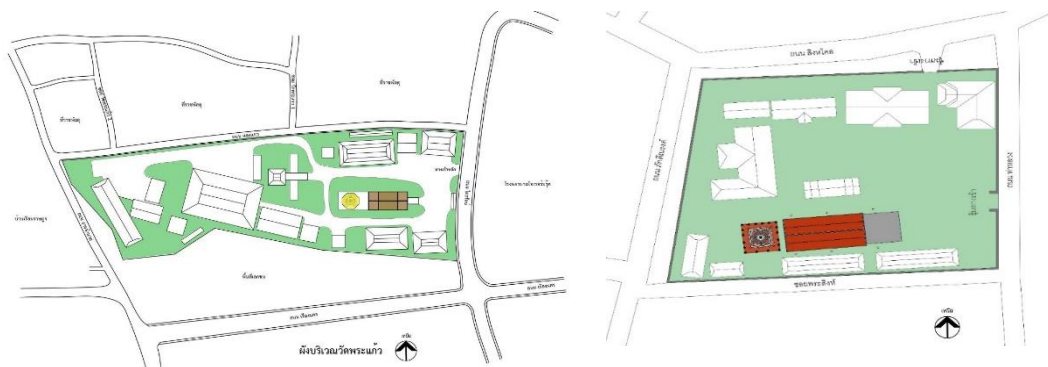
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยที่ตอบวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบสถาปัตยกรรมของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

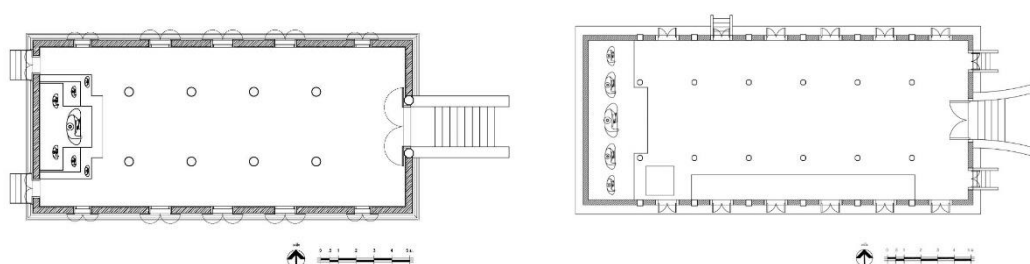
1. เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์

1.1 ลักษณะการวางแนวแกนของอาคารเหมือนกัน โดยวางแนวแกนทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยเข้าพระอุโบสถวิหารอยู่ทางทิศตะวันออก มีเจดีย์สำคัญอยู่ด้านทิศตะวันตก

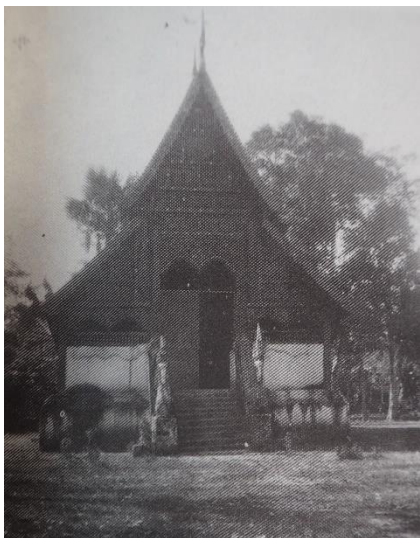
1.2 ลักษณะผังพื้นมีลักษณะเดียวกัน คือผังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่มีการยกเก็จ วัดพระสิงห์มีขนาดใหญ่กว่า ประตูทางเข้าพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วมี 1 ประตู ส่วนวัดพระสิงห์มี 3 ประตู (จากภาพถ่ายเก่าพบว่าประตูทางเข้าพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์มี 1 ประตูเช่นเดียวกับวัดพระแก้ว) ประตูด้านหลังพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วจำนวน 2 ประตู ส่วนวัดพระสิงห์มีประตูด้านข้างทางทิศเหนือ



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบการวางผังอาคารพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบผังพื้นพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 9 ภาพเก่าเปรียบเทียบพระอุโบสถพระวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ พ.ศ.2467
ที่มา : หอจดหมายเหตุแห่งชาติ

2. เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์

2.1 รูปแบบทางสถาปัตยกรรม บันไดทางขึ้นของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วเป็นบันไดนาคนูนปั้นประดับกระจกสีปลานานา วัดพระสิงห์เป็นบันไดแบบหางวันปูนปั้นและสิงห์โตปูนปั้นสีปลานานา องค์ประกอบทางด้านศิลปะสถาปัตยกรรมพระอุโบสถทั้ง 2 หลังมีลักษณะคล้ายกัน ประกอบด้วย หน้าบันเป็นแบบกรอบโครงไม้ต่างไหมลูกฟักไม้ตกแต่งด้วยไม้แกะสลักลวดลายพฤกษาปิดทองพื้นสีแดง หน้าแขนบไม้แกะสลักลวดลายพฤกษาปิดทองแผงแลไม้แกะสลักปิดทอง ป้านลมไม้แกะสลักนาคลวดลายล่านนา ซ่อฟ้าไม้แกะสลักวัดพระแก้วได้รับการบูรณะใหม่ส่วนวัดพระสิงห์ยังเป็นรูปแบบทางภาคกลาง



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบรูปแบบทางสถาปัตยกรรมพระอุโบสถพระวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์

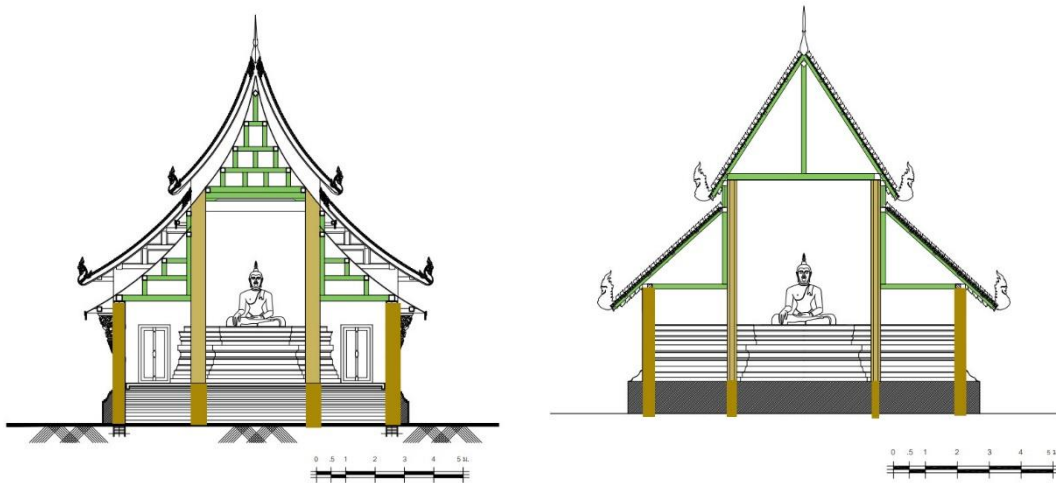
4.2 ผลการวิจัยที่ต่อบัณฑิตประสงค์เปรียบเทียบโครงสร้างของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

1. เปรียบเทียบโครงสร้างที่เหมือนกันของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์
โครงสร้างระบบเสากลาง (เสาร่วมใน) รับหลังคา และผนังหนา 40 เซนติเมตร โดยรอบเพื่อใช้เป็นผนังรับน้ำหนักหลังคา

2. เปรียบเทียบโครงสร้างที่ต่างกันของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์

2.1 โครงสร้างหลังคาพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว เป็นโครงสร้างที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “โครงสร้างมั่วต่าใหม่” ลักษณะคือการถ่ายน้ำหนักจากหลังคากระเบื้องดินขอลงมาถึงโครงสร้างแนวนอน คือไม้ระแนง ถ่ายน้ำหนักลงมาถึงกลอน และแป น้ำหนักทั้งหมดจะถูกถ่ายลงสู่โครงสร้างแนวตั้ง คือข้อเอกกับข้อโท ลักษณะเป็นการถ่ายน้ำหนักลงมาเป็นชั้น ๆ มายังเสา และถ่ายน้ำหนักลงดินต่อไป

2.2 โครงสร้างหลังคาพระอุโบสถวิหารวัดพระสิงห์ เป็นโครงสร้างที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “โครงสร้างต้งโย” ลักษณะคือการถ่ายน้ำหนักจากหลังคากระเบื้องดินขอลงมาถึงโครงสร้างแนวนอน คือไม้ระแนง ถ่ายน้ำหนักลงมาถึงกลอน และแป น้ำหนักทั้งหมดจะถูกถ่ายลงสู่โครงสร้างแนวเฉียงเรียกว่าไม้จันทัน ลงสู่โครงสร้างแนวตั้งเรียกว่าต้ง ถ่ายน้ำหนักลงข้อ เสา และพื้นดินเป็นลำดับ



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบโครงสร้างพระอุโบสถพระวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลตามวัตถุประสงค์ เปรียบเทียบรูปแบบสถาปัตยกรรมของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย

ในความเห็นของนักวิชาการท้องถิ่นที่ตั้งข้อสันนิษฐานว่าพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้วกับวัดพระสิงห์เป็นช่างกลุ่มเดียวกัน จากรูปแบบสถาปัตยกรรม พบว่ามีความคล้ายคลึงกันคาดว่าช่างฝีมือที่ทำงานสถาปัตยกรรมเป็นช่างกลุ่มเดียวกัน แต่จะเป็นช่างกลุ่มไหนยังไม่อาจสรุปได้เนื่องจากยังไม่มีเอกสารยืนยันได้อย่างชัดเจน

5.2 อภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ เปรียบเทียบโครงสร้างของพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว กับวัดพระสิงห์ จังหวัดเชียงราย มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

1. ในความเห็นของนักวิชาการท้องถิ่นที่ตั้งข้อสันนิษฐานว่าพระอุโบสถวิหารวัดพระแก้ว กับวัดพระสิงห์เป็นช่างกลุ่มเดียวกัน จากรูปแบบโครงสร้าง พบว่ามีความแตกต่างกันเป็นอย่างมาก เนื่องจากโครงสร้างของวัดพระแก้วเป็นแบบโครงสร้างมั่วต่างใหม่ ที่พบมากในวิหารแบบล้านนา ประเพณี ส่วนวัดพระสิงห์เป็นแบบโครงสร้างต่งโย ที่พบมากในกลุ่มช่างไตลื้อ

2. ในความเห็นของสุชล มัลลิกะมาลย์ อธิบายปัจจัยของโครงสร้างหลังคาต่งโย ว่ามีพัฒนาการก่อนเข้ามาของเทคโนโลยีตะวันตก และจากการเข้ามาของเทคโนโลยีตะวันตก เช่น การเปลี่ยนแปลงเรื่องความรู้เรื่องแรงในโครงสร้าง การพัฒนาการของเครื่องมือ และการเปลี่ยนแปลงทางสำนักของสังคม (พ.ศ.2485 - 2505) เช่น วัสดุสมัยใหม่ การประสานประโยชน์ การประนีประนอม จนถึงการเปลี่ยนแปลงสำนักทางสังคม

ในบทความนี้ขอเสนอว่าช่างใหญ่ที่เป็นผู้นำในการสร้างเป็นช่างคนละกลุ่มกัน เนื่องจากการทำโครงสร้างแต่ละแบบต้องมีประสบการณ์ และความชำนาญอย่างสูงในการกำหนดสัดส่วนของไม้ในโครงสร้างแต่ละแบบในอนาคตเมื่อมีหลักฐาน และการศึกษาที่มากขึ้นจะทำให้พบกับข้อสรุปที่ชัดเจนต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- Boonyasurat, V. (2001). **Wiharn Lanna**. Bangkok. Muangboran publishing.
- Mullikamaly, S. (2015). A historic structural system of roof in Lanna. **Najua Architecture Design and Environment**, vol. 29, pp. 35-61.
- Prapatpong, K. (1965). History of Wat Pra Kaew and Buddha image in chapple. **Silapakorn Journal**, vol. 9 (4).
- Pratammarachanuwat (Sutat Suttatsano). (2011). **Wat Pra Kaew**. Chiang Rai. Chiang Rai Pisal printing.
- Royal Academy. (2007). **Dictionary of technician issue for Royal Academy**. Bangkok. Dansutta printing.
- Sirichai, A. (2016). **Rooreungmuang Chiang Rai**. Chiang Rai, Lau Lanna printing.

การประมาณค่าเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์การแพร่กระจายฝุ่นละออง ในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

Spatial Interpolation for Analysis on the Diffusion of Particulate Matter in the Phuket Municipality, Phuket Province

ธิดารัตน์ คำล้อม^{1*}

Tidarat Kumlom^{1*}

^{1*} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 หมู่ 6 ถนนเทพกระษัตรี ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000
โทร 0 7624 0474 ต่อ 4000 โทรสาร 0 7621 8806 E-mail: tidarat.k@pkru.ac.th

^{1*} Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6 Thepkasattri Road, Ratsada Subdistrict,
Mueang District, Phuket Province, Thailand, 83000 Tel. +66 7624 0474 ext. 4000 Fax. +66 7621 8806
E-mail: tidarat.k@pkru.ac.th

วันที่รับบทความ 21 เมษายน 2564

Received: Apr. 21, 2021

วันที่รับแก้ไขบทความ 25 มิถุนายน 2564

Revised: Jun. 25, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 25 มิถุนายน 2564

Accepted: Jun. 25, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละออง โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละออง TSP PM10 และ PM2.5 จากสถานที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ ได้แก่ วงเวียนสุริยเดช วงเวียนนิมิตร วงเวียนสุรินทร์ สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ และสวนสาธารณะสะพานหิน ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนธันวาคม 2563 – เดือนมกราคม 2564 และทำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ RBF, Kriging, LPI และ IDW ผลการคัดเลือกวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำนายของวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ จำนวน 4 วิธี พบว่า วิธี IDW มีค่า RMSE น้อยที่สุดในการทดสอบ รองลงมา ได้แก่ วิธี Kriging วิธี LPI และวิธี RBF ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธี IDW ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต เพราะผลการประมาณค่าในเชิงพื้นที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับพื้นที่จริง ซึ่งแตกต่างจาก Kriging LPI และ RBF ที่ให้การประมาณค่ามากกว่าค่าจริงที่ทำการตรวจวัดมา ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาพื้นที่เฝ้าระวังมลพิษทางอากาศและเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่จะนำไปวางแผนงานในการแก้ไขบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นจากมลพิษทางอากาศต่อไป

คำสำคัญ: การประมาณค่าเชิงพื้นที่, ฝุ่นละออง, เทศบาลเมืองนครภูเก็ต

Abstract

This research aims to study the appropriate spatial interpolation to generate an amount of particulate matter map model. Applies a geographic information system to analyze the average value of dust particles size TSP PM10 and PM2.5 from particulate matter sampling area such as Suriyadet Circle, Nimit Circle, Surin Circle, Chaloem Phra Kiat Public Park and Saphan Hin Public Park. The period of data collection is from December 2020 to January 2021. and runs a performance test in the prediction of various spatial interpolation methods such as RBE, Kriging, LPI and IDW. The result of suitable spatial interpolation methods selection for generating dust particles map models from the predictive performance test of four spatial interpolation methods shows that IDW has the lowest RMSE value, followed by Kriging, LPI and RBF, respectively. The researcher then selects the IDW method for the spatial interpolation and generate particulate matter map models in the Phuket Municipality, Phuket Province. Because the spatial interpolation results are quite close to the real area. Unlike Kriging LPI and RBF, the interpolation is greater than the actual measured value which can be analyzed for finding air pollution monitoring areas. Also, this result is beneficial to the agency who plans to lay out guidelines for solving problems that may arise from air pollution further.

Keywords: Spatial Interpolation, Dust, Phuket Municipality

1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศของประเทศไทยได้เพิ่มมากขึ้นอย่างน่าวิตก โดยเฉพาะพื้นที่ริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น จากการตรวจวัดพบปริมาณฝุ่นควันและก๊าซมลพิษมีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งสาเหตุมาจากการเพิ่มจำนวนของยานพาหนะต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกินมาตรฐานจัดได้ว่าเป็นปัญหาหลักและรุนแรงที่สุด (Chu-In, S., 2016) ถนนสายหลักที่เป็นเส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยวที่มีการจราจรคับคั่งล้วนเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และอาจส่งผลกระทบต่อสวนสาธารณะในเมืองที่มีผู้คนเข้าไปอยู่ร่วมกันเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน และใช้เวลาในการพักผ่อนหย่อนใจ นันทนาการ และออกกำลังกาย มลพิษทางอากาศมีผลกระทบต่อร่างกายและสุขภาพโดยตรง ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยและโรคร้ายต่าง ๆ และเกิดการสะสมจนเกิดปัญหาต่อสุขภาพได้เช่นกัน (Vorapracha, P., et al., 2015) ซึ่งจังหวัดภูเก็ตมีศักยภาพสูงด้านทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม และการเดินทางไปมาที่สะดวกสบาย จึงมีการส่งเสริมการท่องเที่ยวตามจุดแข็งของจังหวัด โดยกำหนดไว้ในแผนพัฒนาจังหวัดภูเก็ต พ.ศ.2561 – พ.ศ.2565 (Phuket Provincial Office, 2019) มีการพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจ สังคม อุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประชาชนเข้าสู่จังหวัดภูเก็ตเพื่อทำงานและท่องเที่ยว การจราจรหนาแน่นในช่วงเทศกาลต่าง ๆ

และการจราจรติดขัดบางพื้นที่ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศจากฝุ่นละออง เพราะมีสาเหตุสำคัญจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของรถยนต์บนท้องถนน จากสถานการณ์หมอกควันที่ปกคลุมหนาแน่นในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตในเดือนตุลาคม พ.ศ.2558 ซึ่งเป็นกลุ่มหมอกควันที่เกิดจากการเผาไหม้ป่าที่เกิดขึ้นบนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย จากปริมาณการเผาไหม้ (Hot Spots) ที่มีจำนวนสูงขึ้น ประกอบกับทิศทางของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ที่พัดเอากลุ่มหมอกควันจากแหล่งกำเนิดผ่านประเทศมาเลเซียและเข้าสู่ภาคใต้ของประเทศไทย ส่งผลให้ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) มีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ และในเดือนกันยายน พ.ศ.2562 พบจุดความร้อนในพื้นที่ใกล้เคียง ประกอบกับทิศทางลมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าพื้นที่จังหวัดภูเก็ต และลมค่อนข้างนิ่งทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดจากพื้นที่จราจรและฝุ่นที่พัดพามาจากที่อื่นระบายออกไม่ได้ จึงทำให้ฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐาน (Tekasakul, P., 2015) สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศทางด้านฝุ่นละอองที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในย่านที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว และสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศที่มีอยู่ยังไม่ครอบคลุมในทุกพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถทำตรวจวัดได้ ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน จึงจำเป็นที่จะต้องมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศให้ทันเหตุการณ์

ปัจจุบันมีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศ เพราะการลงเก็บข้อมูลภาคสนามไม่สามารถจัดเก็บได้ทุกพื้นที่ เนื่องจากมีพื้นที่กว้างขวาง จึงต้องทำการประมาณค่าในส่วนที่ไม่มีข้อมูล โดยทำนายค่าจุดข้อมูลพื้นที่ผิวจากข้อมูลต่อเนื่องของจุดที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละจุด อาศัยจุดข้อมูลที่ทราบค่ามาทำนายโดยใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความถูกต้อง วิธีการประมาณค่าในช่วงมีหลายวิธี ได้แก่ Inverse Distance Weighting (IDW) Global Polynomial Interpolation (GPI) Radial Basis Functions (RBF) Local Polynomial Interpolation (LPI) และ Kriging (Jirakajohnkul, S., 2017) แนวคิดในการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประมาณค่าเชิงพื้นที่สำหรับวิเคราะห์การแพร่กระจายฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จะแสดงให้เห็นภาพการกระจายตัว การเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่าง ๆ ในเชิงพื้นที่ได้ชัดเจน เข้าใจง่ายมากกว่าการพิจารณาจากตารางสถิติ สามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ และการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ ตรวจสอบติดตามคุณภาพอากาศ ทำให้การใช้ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ในการบริหารจัดการพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Intarat, T., 2011) เพราะฉะนั้นการศึกษารูปแบบนี้จะสามารถเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจสามารถนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้ เป็นประโยชน์แก่หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน หรือบริษัททางด้านสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปใช้ในการศึกษาติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ และใช้ประโยชน์ช่วยในการวางแผน กำหนดนโยบาย การติดตามประเมินผลโครงการ การจัดสรรงบประมาณ ตลอดจนการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ในการวิเคราะห์การแพร่กระจายปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

2.2 เพื่อสร้างแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

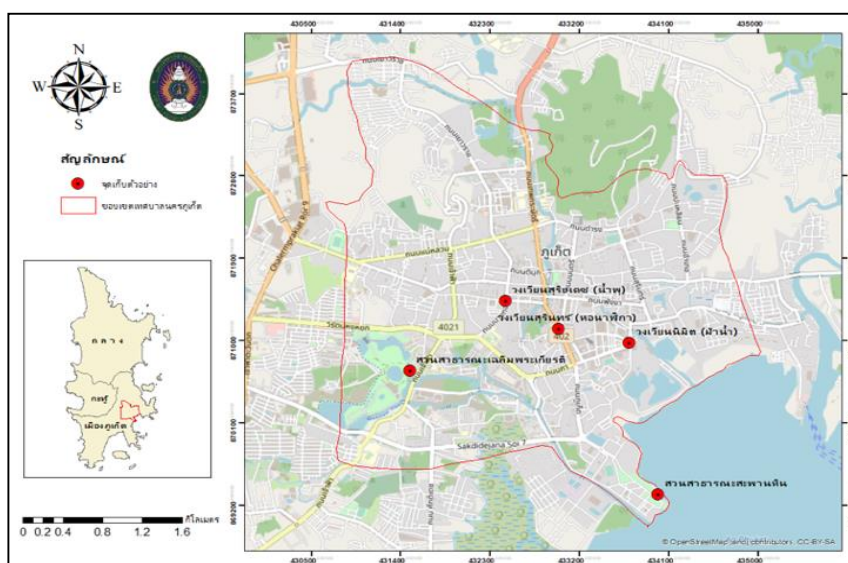
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาคือ ปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ โดยเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนธันวาคม 2563 – เดือนมกราคม 2564 ในช่วงวันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันจันทร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2 ขอบเขตการศึกษา

วิเคราะห์การประมาณค่าเชิงพื้นที่ ได้แก่ 1) Inverse Distance Weighting (IDW) 2) Kriging 3) Local Polynomial Interpolation (LPI) และ 4) Radial Basis Function (RBF) จากข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่ได้จากสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งเน้นไปที่เส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยว ได้แก่ วงเวียนสุริยเดช วงเวียนนิมิตร วงเวียนสุรินทร์ เนื่องจากการจราจรที่หนาแน่น และสวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ และสวนสาธารณะสะพานหิน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีผู้คนเข้าไปใช้บริการเพื่อพักผ่อนหย่อนใจและออกกำลังกายเป็นจำนวนมาก ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต

โดยการพิจารณาพื้นที่ติดตั้งสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง มีหลักสำคัญที่จะต้องพิจารณาคือ จุดที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจะต้องมีการไหลของอากาศที่ดีไม่ควรเป็นสิ่งก่อสร้างที่มีผลต่อความเร็วและทิศทางลม เช่น ตึก ระเบียง และต้นไม้ และความสูงจากพื้นดินของจุดเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1.5 - 4 เมตร เป็นไปตามหลักเกณฑ์ทั่วไปในการเลือกจุดติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองของกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2003) และอยู่ระดับคนหายใจ ซึ่งเหมาะสมกับการตรวจวัดการรับสัมผัสของคนและบริเวณการจราจรหนาแน่น จากประสบการณ์ของนักวิจัยในทางปฏิบัติจะใช้ความสูง 2.5 เมตร เพื่อความปลอดภัยและป้องกันการทำลายเครื่องมือ

1. สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติและสวนสาธารณะสะพานหิน ใช้แนวทางการเลือกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั่วไป โดย 1) ระยะห่างจากถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ประมาณ 100 เมตร 2) ความสูงของจุดตรวจวัดสูงจากพื้นดิน 2 - 4 เมตร และ 3) บริเวณโดยรอบไม่มีสิ่งกีดขวางที่สูงกว่า 3 เมตร บดบังในช่วงปริมาณ 20 เมตร หรือระยะห่างอย่างน้อย 20 เท่าของความสูงสิ่งกีดขวาง

2. วงเวียนสุริยเดช วงเวียนนิมิต และวงเวียนสุรินทร์ ใช้การติดตั้งสถานีตรวจวัดบริเวณริมเส้นทางจราจร โดย 1) ระยะห่างจากถนนประมาณ 1 - 5 เมตร 2) ความสูงของจุดตรวจวัดสูงจากพื้นดิน 1 - 5 เมตร และ 3) บริเวณโดยรอบไม่มีสิ่งกีดขวางที่สูงกว่า 3 เมตร บดบังในช่วงปริมาณ 20 เมตร

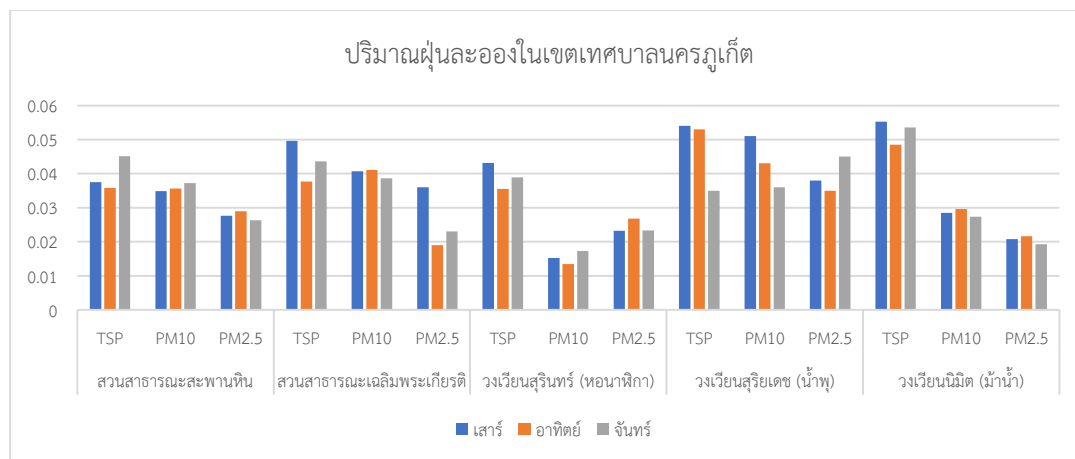
3.3 เครื่องมือและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1. คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลข้อมูล
2. โปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 10.3
3. เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ (High Volume Air Sampler) รุ่น Ecotech World Class Environmental Monitoring Model Number HVS 3000 Serial Number 18 – 1837 พร้อมชุดอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศที่ได้รับการรับรอง และชุดปรับเทียบ Calibration Orifice ใช้วิธีการตรวจวัดตามระบบกราวิเมตริก (Gravimetric) (Punin, W., 2018) ตามมาตรฐานการเก็บตัวอย่างของ U.S.EPA Code of Federal Regulation, Part 50 (Tisch Environmental, 2019) และตามมาตรฐานของประเทศไทยคือ กรมควบคุมมลพิษ และกรมโรงงานอุตสาหกรรม (Suwanathada, P., 2017)

4. ข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง TSP PM10 และ PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากสถานีที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองที่ใช้ในการทดสอบ

สถานที่	TSP (mg/m ³)	PM10 (mg/m ³)	PM2.5 (mg/m ³)
สวนสาธารณะสะพานหิน	0.0395	0.0359	0.0276
สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ	0.0437	0.0401	0.0260
วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา)	0.0392	0.0153	0.0244
วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ)	0.0470	0.0430	0.0390
วงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ)	0.0525	0.0285	0.0206



ภาพที่ 2 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต

3.4 การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลฝุ่นละออง

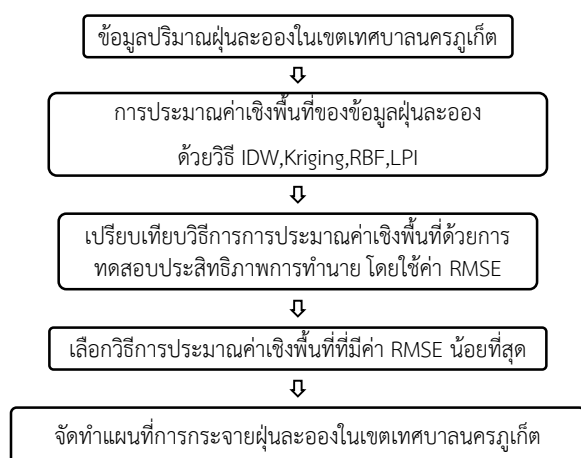
1. สร้างขอบเขตที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา คือ เทศบาลนครภูเก็ต ในรูปแบบ Polygon
2. นำเข้าข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองของจุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ สวนสาธารณะสะพานหิน สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ วงเวียนสุรินทร์ (หอนาฬิกา) วงเวียนสุริยเดช (น้ำพุ) และวงเวียนนิมิต (ม้าน้ำ)
3. ทำการปิดจุดวัดฝุ่นละอองที่ต้องการทราบค่า จากนั้นใช้โปรแกรม ArcGIS สร้างปริมาณฝุ่นละอองเชิงพื้นที่ด้วยฟังก์ชัน Geostatistical Analyst ได้แก่ 1) Inverse Distance Weighting (IDW) 2) Kriging 3) Local Polynomial Interpolation (LPI) และ 4) Radial Basis Function (RBF) โดยสร้างให้เต็มพื้นที่ขอบเขตที่กำหนดในข้อ 1.
4. หาค่าปริมาณฝุ่นละอองที่ทำกรประมาณค่าที่ตรงกับตำแหน่งพิกัดของจุดเก็บตัวอย่าง ฝุ่นละอองที่ทำกรปิดไว้ในข้อ 3) ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าจริงของจุดเก็บตัวอย่าง
5. ทำการสร้างค่าปริมาณฝุ่นละออง TSP PM10 และ PM2.5 ในบริเวณอื่น ๆ ในเขตเทศบาลนครภูเก็ตที่ต้องการทราบค่า

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่

วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่สามารถทำได้หลายวิธี ในแต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมแตกต่างกันตามคุณลักษณะของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่แต่ละวิธี โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองในการทดสอบ และนำค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) ดังสมการที่ (1) ของค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละวิธีมาพิจารณาเปรียบเทียบกัน หาวิธีการที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ปริมาณฝุ่นละออง และสร้างเป็นค่าผลลัพธ์เชิงพื้นที่ในรูปแบบแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต

3.6 การจัดทำแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต

การประมาณค่าเชิงพื้นที่ ที่ได้แก่ 1) Inverse Distance Weighting (IDW) 2) Kriging 3) Local Polynomial Interpolation (LPI) และ 4) Radial Basis Function (RBF) โดยแบ่งชั้นข้อมูล (Reclassified) เพื่อแบ่งชั้นข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองเป็น 10 class เพื่อให้ได้แผนที่การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของปริมาณฝุ่นละอองและจัดทำ Layout แผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละออง ในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต โดยใส่คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) ลูกศรกำกับทิศ (North Arrow) และมาตราส่วน (Scale Bar)



$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x)^2}{N}} \quad (1)$$

โดยที่ x_i = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า
 x = ค่าจริง
 N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการออกแบบ/พัฒนา

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์การแพร่กระจายปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

โดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง TSP PM10 และ PM2.5 จำนวน 5 สถานี นำมาสู่กระบวนการวิเคราะห์สถิติภูมิศาสตร์ โดยการทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของวิธีการประมาณการค่าเชิงพื้นที่แต่ละวิธี และพิจารณาค่า RMSE ที่ได้จากการทำนายในแต่ละวิธี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลำดับค่า RMSE ของการประมาณค่าเชิงพื้นที่แต่ละวิธีของ TSP PM10 และ PM2.5

ลำดับ	วิธีการ	RMSE		
		TSP	PM10	PM2.5
1	Inverse Distance Weighting (IDW)	0.000011	0.000022	0.000013
2	Kriging	0.000084	0.000067	0.000545
3	Local Polynomial Interpolation (LPI)	1.071356	1.071356	1.081028
4	Radial Basis Function (RBF)	9.225954	1.353345	7.789446

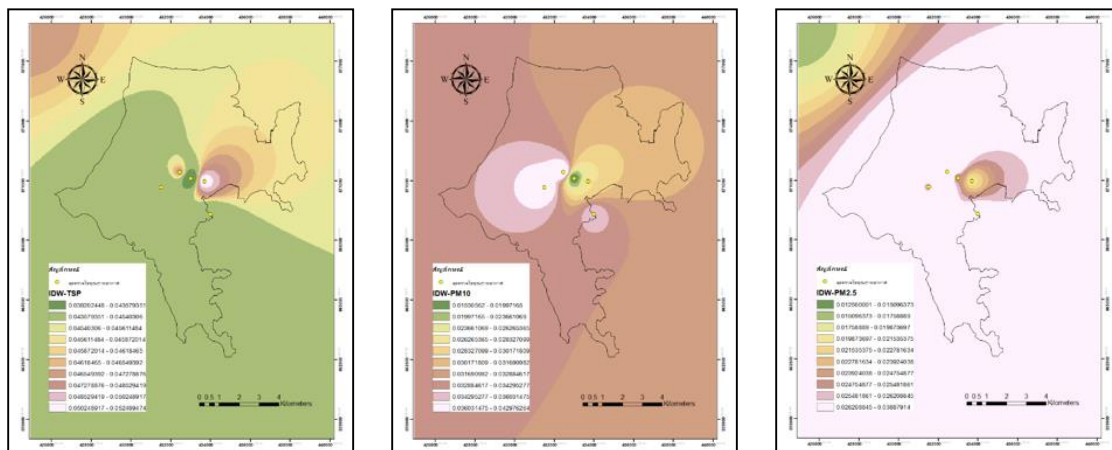
จากตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของวิธีการประมาณการค่าเชิงพื้นที่ของ TSP จำนวน 4 วิธี พบว่า วิธี Radial Basis Function (RBF) มีค่า RMSE มากที่สุด คือ 9.225954 รองลงมาคือ Local Polynomial Interpolation (LPI) มีค่า RMSE คือ 1.071356 วิธี Kriging มีค่า RMSE คือ 0.000084 และวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) มีค่า RMSE น้อยที่สุด คือ 0.000011

การทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของวิธีการประมาณการค่าเชิงพื้นที่ของ PM10 จำนวน 4 วิธี พบว่า วิธี Radial Basis Function (RBF) มีค่า RMSE มากที่สุด คือ 1.353345 รองลงมาคือ Local Polynomial Interpolation (LPI) มีค่า RMSE คือ 1.071356 วิธี Kriging มีค่า RMSE คือ 0.000067 และวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) มีค่า RMSE น้อยที่สุด คือ 0.000022

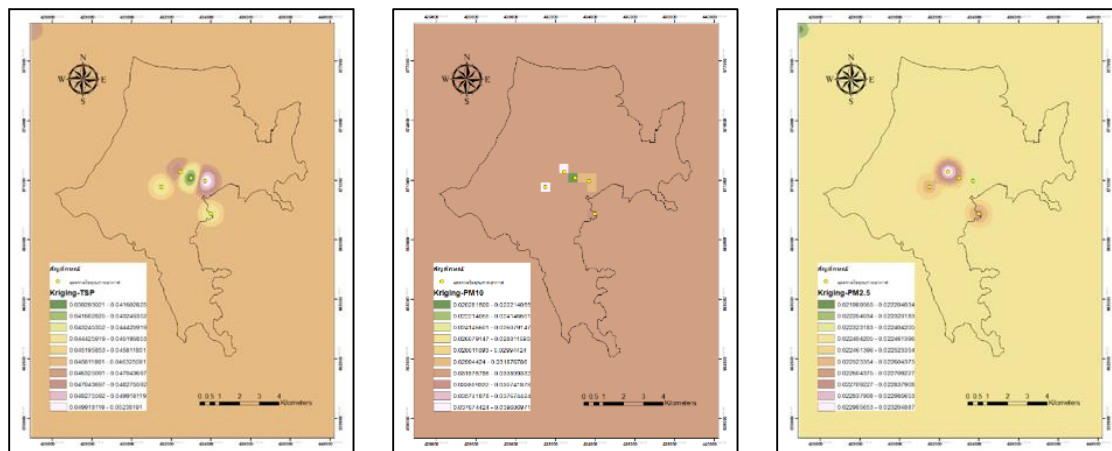
การทดสอบประสิทธิภาพในการทำนายของวิธีการประมาณการค่าเชิงพื้นที่ของ PM2.5 จำนวน 4 วิธี พบว่า วิธี Radial Basis Function (RBF) มีค่า RMSE มากที่สุด คือ 7.789446 รองลงมาคือ Local Polynomial Interpolation (LPI) มีค่า RMSE คือ 1.081028 วิธี Kriging มีค่า RMSE คือ 0.000545 และวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) มีค่า RMSE น้อยที่สุด คือ 0.000013

4.2 ผลการจัดทำแผนที่แบบจำลองการกระจายของฝุ่นละออง ในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

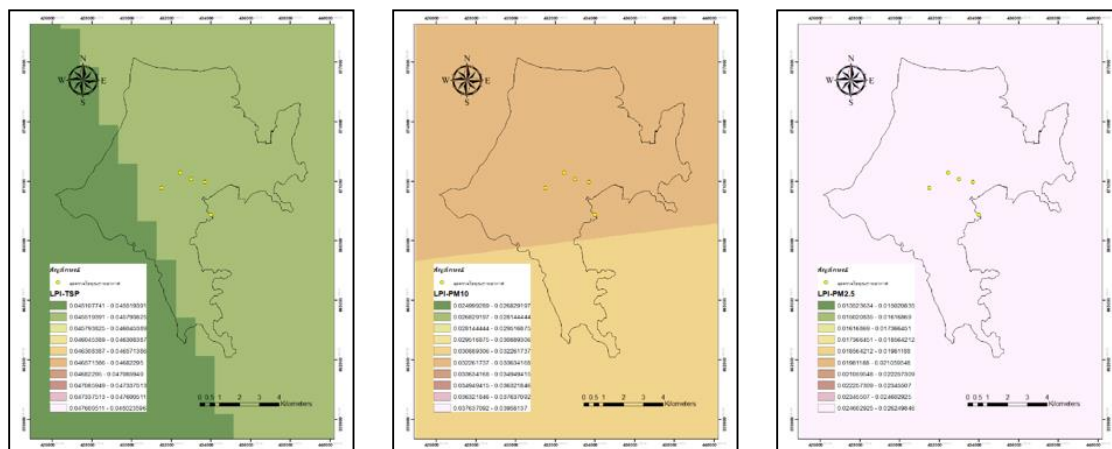
จากการทดสอบวิธีการในการทำนายค่าเชิงพื้นที่ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต จากการประมาณค่าเชิงพื้นที่แต่ละวิธี ได้แก่ 1) Inverse Distance Weighting (IDW) 2) Kriging 3) Local Polynomial Interpolation (LPI) และ 4) Radial Basis Function (RBF) ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4 - 7



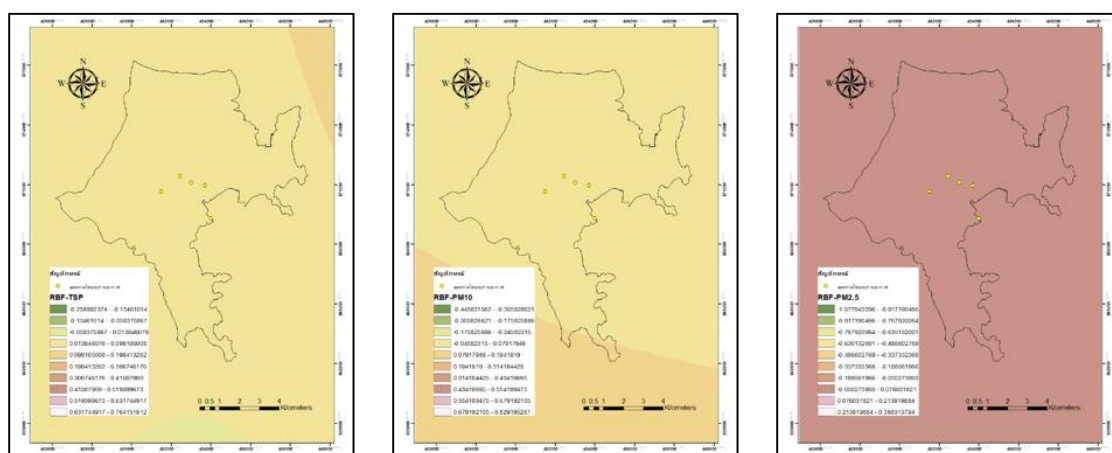
ภาพที่ 4 แผนที่แบบจำลองการกระจายของฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยวิธี IDW



ภาพที่ 5 แผนที่แบบจำลองการกระจายของฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยวิธี Kriging



ภาพที่ 6 แผนที่แบบจำลองการกระจายของฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยวิธี LPI



ภาพที่ 7 แผนที่แบบจำลองการกระจายของฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยวิธี RBF

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 จากการศึกษาวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของปริมาณฝุ่นละออง และทดสอบประสิทธิภาพการทำนายของวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ จำนวน 4 วิธี พบว่า วิธี IDW มีค่า RMSE น้อยที่สุดในการทดสอบ รองลงมา ได้แก่ วิธี Kriging วิธี LPI และวิธี RBF ตามลำดับ เนื่องจากแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละอองจากวิธี IDW คำนวณค่าจากจุดตัวอย่างสัมพันธ์กับระยะทางและจุดที่ต้องการประมาณค่า ดังนั้นจุดที่อยู่ใกล้กับที่ต้องการคำนวณค่าจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป การประมาณค่าจะไม่คำนึงถึงแนวโน้มหรืออิทธิพลของปัจจัยอื่นที่มีต่อข้อมูล ค่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าไม่เกินข้อมูลตัวอย่าง และในการทดสอบเราใช้ข้อมูลจำนวน 5 สถานี ในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จึงทำให้มีค่า RMSE น้อยที่สุด คือ 0.000011 (TSP) 0.000022 (PM10) และ 0.000013 (PM2.5) โดยสอดคล้องกับการประยุกต์ภูมิสารสนเทศเพื่อการประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์ความเข้มข้นของการแพร่กระจายของสารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยใช้การประมาณค่าในช่วงด้วยหลักการ IDW พบว่า สารที่มีการแพร่กระจายสะสมรวมรายปีที่มีความเข้มข้นสูงสุดคือ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) (Pharazit, M. and Chaiyakarn, T., 2020) และการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการประมาณค่าสำหรับการสร้างแบบจำลองมลพิษทางอากาศ พบว่า IDW, RBF และ GPI เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับมลพิษทางอากาศ NO_2 , SO_2 และ RSPM ตามลำดับ ซึ่งมีค่า RMSE ต่ำ (Goutham Priya, M. et al., 2018)

วิธี Kriging ประมาณค่าจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างแต่ละจุด คำนวณจากน้ำหนัก โดยใช้แบบจำลองเซมิแวรีโอแกรม (Semi-Variogram) เพื่อหาค่าความแปรปรวนในการประมาณค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ไม่มีข้อมูล (Jirakajohnkul, S., 2017) ซึ่งคล้ายกับวิธี IDW แต่ต่างกันที่วิธี Kriging เป็นการจับกลุ่มของตำแหน่งที่ทราบค่าไว้เป็นกลุ่ม ๆ ตามลักษณะความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกันในแต่ละจุด แล้วหาค่าความผันแปร เพื่อนำมาใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก จึงทำให้มีค่า RMSE เท่ากับ 0.000084 (TSP) 0.000067 (PM10) และ 0.000545 (PM2.5)

วิธี LPI คำนวณด้วยจุดเก็บตัวอย่างใกล้เคียงเท่านั้น วิธีการนี้ได้ทำนายค่าพื้นผิวคล้ายกับวิธีการวัดค่าความคลาดเคลื่อนในวิธี Kriging แต่การสร้างโครงข่ายความโค้งจะน้อย ความคลาดเอียงของพื้นผิวสามารถหาได้จากการใช้ระยะทางของจุดใกล้เคียงร่วมกับตัวแปรยกกำลัง โดยมีพื้นฐานอยู่ที่ระยะทางจะลดลงตามการถ่วงน้ำหนักจากจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้เคียงนั้น ทำให้มีค่า RMSE เท่ากับ 1.071356 (TSP) 1.071356 (PM10) และ 1.081028 (PM2.5)

วิธี RBF มีค่า RMSE มากที่สุดในการทดสอบ คือ 9.225954 (TSP) 1.353345 (PM10) และ 7.789446 (PM2.5) เพราะการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ให้ความสำคัญกับระยะทางรัศมีเป็นหลัก และใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างโครงข่ายข้อมูลบนพื้นผิวที่มีลักษณะต่อเนื่อง วิธีนี้จะสามารถกำหนดจุดตัวอย่างที่นำมาเป็นข้อมูลจากจุดตัวอย่างทั้งหมด สำหรับพื้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปและต้องการผลลัพธ์เป็นส่วนโค้ง

5.2 การจัดทำแผนที่แบบจำลองการกระจายของฝุ่นละอองในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต จากการทดสอบวิธีการในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ผู้วิจัยได้คัดเลือก วิธี IDW ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ปริมาณฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต และนำเสนอในรูปแบบแผนที่แบบจำลองปริมาณฝุ่นละออง ผลลัพธ์ดังภาพที่ 3 เพราะมีค่า RMSE น้อยที่สุดในการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดทำแผนที่การกระจายของฝุ่นละออง PM10 จากการเผาไหม้ชีวมวลในภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง GIS พบว่า การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของฝุ่นละออง PM10 โดยใช้ IDW ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับ Kriging และ Spline (Mitmark, B. and Jinsart, W., 2017) และสอดคล้องกับการประเมินปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ด้วยวิธีประมาณค่าเชิงพื้นที่ในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า การประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการจัดทำแผนที่ประเมินปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Srinarang, T. and Ket-ord, R., 2020) และยังสอดคล้องกับการสร้างแบบจำลองความเข้มข้นของอนุภาค โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเทคนิคการถดถอยเพื่อประเมินคุณภาพอากาศ พบว่า วิธี IDW มีค่า RMSE มีค่าต่ำกว่าวิธีอื่น ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่เพื่อกำหนดความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM10 และ PM2.5 คือ PM10 มีค่า RMSE เท่ากับ 0.03733 และ PM2.5 มีค่า RMSE เท่ากับ 0.023 (Sajjadi, S.A., et al., 2017) เพราะในแต่ละวิธีนั้นไม่มีวิธีใดที่ให้ค่าความถูกต้องดีที่สุดเสมอไปสำหรับทุกสภาพพื้นที่ ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาวิธีที่มีความเหมาะสมในการศึกษาแต่ละครั้ง

การประมาณค่าเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์การแพร่กระจายฝุ่นละอองในเขตเทศบาลเมืองนครภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต ครั้งนี้ เป็นเพียงการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามเท่านั้น โดยไม่ได้วิเคราะห์ร่วมกับอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และทิศทางลม ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการวิเคราะห์คุณภาพอากาศ ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรพิจารณาปัจจัยดังกล่าวประกอบด้วย เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โครงการทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2563 สัญญาเลขที่ มรภ.11/2563 สนับสนุนทางด้านงบประมาณเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 ที่ให้การสนับสนุนผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือเก็บข้อมูล และการใช้ห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายจากเทศบาลนครภูเก็ต ในจังหวัดภูเก็ต ที่กรุณาเสียสละเวลาในการติดตั้งสายไฟฟ้าและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่เพื่อเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Chu-In,S. (2016). **Air Pollution**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Goutham Priya, M. Jayalakshmi, S. and Samundeeswari, R. (2018). A Study on Comparison of Interpolation Techniques for Air Pollution Modelling. **International Journal of Science Research**. 17(2): 58-63, 2018.
- Intarat, T. (2011). Geoinformatics Application on Air Quality Assessment: A Case Study in Chon Buri Province. **Burapha Science Journal**. 16 (2554) 1, 32-40. (in Thai)
- Jirakajohnkul, S. (2017). **Learn Geospatial Systems with ArcGIS Desktop 10.5. For Desktop Program**. Bangkok: A.P. GRAPHIC DESIGN AND PRINT COMPANY LIMITED. (in Thai)
- Mitmark, B. and Jinsart, W. (2017). A GIS Model for PM10 Exposure from Biomass Burning in the North of Thailand. **Applied Environmental Research**. 39(2) (2017): 77-87. (in Thai)
- Pharasit, M. and Chaiyakarm, T. (2020). Geoinformatics Application on Air Quality Assessment: A Case Study in Bangkok. **Thai Science and Technology Journal**, 28(5), 743 – 758. (in Thai)
- Phuket Provincial Office. (2019). **Phuket 5-Year Development Plan (2018-2022) (Yearly Review)**, [online]. Available: <https://www.phuket.go.th/webpk/contents.php?str=plan>. Access on October 23, 2020.
- Pollution Control Department. (2003). **Guide to measuring particulate matter in the ambient**. [online]. Available: <http://infofile.pcd.go.th/air/DustinAmbient.pdf>. Access on February 15, 2021.
- Punin, W. (2018). A study on the efficiency of dust removal using a wet air scrubber treatment system on a local community rice mill, **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal**, 11(1), 48-73. (in Thai)
- Sajjadi, S.A., Zolfaghari, G., Adab, H., Allahabadi, A and Delsouz, M. (2017). Measurement and modeling of particulate matter concentrations: Applying spatial analysis and regression techniques to assess air quality. **MethodsX**. 4(2017), 372-390
- Srinarang, T. and Ket-ord, R. (2020). Estimating the Particulate Matters (PM10) with Spatial Interpolation Methods in the Northern of Thailand. **The Journal of Spatial Innovation Development**, 1(2), 35-47. (in Thai)

- Suwanathada, P. (2017). Importance of flow rate to atmospheric dust measurements. **Academic Conference in 2017 Flow Metrology Day “We go together”**, National Institute of Metrology (Thailand) Pathum Thani Province. (in Thai)
- Tekasakul, P. (2015). **Report on the situation of haze problems in Hat Yai District, Songkhla Province and the South Issue 24/2015**. [online]. Available: <https://rdo.psu.ac.th/th/index.php/report-smog-hy/434-581007report-smog-hy>. Access on May 18, 2021.
- Tisch Environmental. (2019). **EPA Documents**, [online]. Available: <https://tisch-env.com/resources/epa-documents>. Access on September 10, 2020.
- Vorapracha, P., Phonprasert, P., Khanaruksombat, S. and Pijarn, N. (2015). A Comparison of Spatial Interpolation Methods for predicting concentrations of Particle Pollution (PM10). **International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)**, 3(4) (2015), 302-306.

การปรับปรุงกระบวนการผลิตยาสมุนไพร โดยใช้เทคนิคการศึกษาการทำงานและการศึกษาเวลา Work Improvement in Herbal Medicine Process using by Work Method and Time Study

ธีรวัชร แก้วเปีย^{1*} และนิภาพร โตสุพรรณ²

Teerawat Kaewpia^{1*} and Nipaporn Tosupan²

^{1,*}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

โทร 08 6589 4820 โทรสาร 0 5377 6015 E-mail: kaewpia_t@hotmail.com

^{1,2}Faculty of Industrial Technology Chiang Rai Rajabhat University 80 m.9, Mueang, Chiang Rai, 57100

Phone +668 6589 4820 Fax +66 5377 6015 E-mail: kaewpia_t@hotmail.com

วันที่รับบทความ 12 พฤศจิกายน 2563

Received: Nov. 12, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 1 กุมภาพันธ์ 2564

Revised: Feb. 1, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 17 พฤษภาคม 2564

Accepted: May. 17, 2021

บทคัดย่อ

การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาเพื่อการปรับปรุงงานในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร โดยใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการผลิตยาสมุนไพรโดยใช้เทคนิคการศึกษาเวลา สามารถย่อยงานได้ 26 กระบวนการ (ก่อนการปรับปรุง) โดยใช้ไดอะแกรมกระบวนการผลิตของกระบวนการผลิตยาสมุนไพรสมุนไพร และระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด 5 กระบวนการ โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 6W-1H ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงงานโดยใช้หลักการ ECRS ในกระบวนการทำงานได้ดังนี้ กระบวนการ 5 และ 26 เกิดการเคลื่อนที่ไม่จำเป็น จึงเสนอให้ยกเลิกงานที่ต้องทำมากเกินไปจนจำเป็นออก กระบวนการที่ 10 เกิดความล่าช้าจากการทำงานจึงใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น กระบวนการที่ 14 และ 17 เกิดปัญหาการจัดสถานีงานไม่สัมพันธ์การทำงานจึงดำเนินการจัดสถานีงานใหม่ เพื่อการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น

จากผลการปรับปรุงกระบวนการในการทำงานลดลงจากเดิมเป็น 25 กระบวนการ (หลังการปรับปรุง) และเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการทำงาน (selected time) โดยใช้จำนวนรอบในการจับเวลาที่เหมาะสมจำนวน 3 รอบ พบว่า เวลาก่อนการปรับปรุง 2,492.10 นาที เทียบกับหลังการปรับปรุง 2,469.83 นาที ลดลงจากเดิมร้อยละ 0.89 เวลาปกติ (normal time) ก่อนการปรับปรุง 2,855.47 นาที เทียบกับหลังการปรับปรุง 2,814.91 นาที ลดลงจากเดิมร้อยละ 1.42 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้เวลามาตรฐาน (standard time) ก่อนการปรับปรุง 3,027.88 นาที เทียบกับหลังการปรับปรุง 2,982.36 นาที พบว่า ลดลงจากเดิมร้อยละ 1.50

คำสำคัญ: การศึกษาการทำงาน, การศึกษาเวลา, การปรับปรุงการทำงาน, ยาสมุนไพร

Abstract

The purpose of this research was to study the improvement of work processes in the production of the herbal medicine. Researchers compared the work efficiency before and after the standard time. For analysis, work tasks were separated into flow process charts according to 26 processes (pre-improvement) and problems were identified using the 6W-1H technique. Using ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, and Simplify) principles, the following guidelines were proposed to solve problems found in the work processes: 1) eliminate work that involves unnecessary movements (processes 5 and 26); 2) use appropriate equipment to make work easier and reduce delays (process 10); and 3) simplify work by removing inappropriate workstations (processes 14 and 17).

Results showed that post-improvements in the flow process charts related to 25 processes. Post-improvements in relation to time were as follows: 1) selected time of pre-improvement was 2,492.10 minutes compared with 2,469.83 minutes of post-improvement (decrease of 0.89%); 2) normal time of pre-improvement was 2,855.47 minutes compared with 2,814.91 minutes of post-improvement (decrease of 1.42%); and 3) standard time of pre-improvement was 3,027.88 minutes compared with 2,982.36 minutes of post-improvement (decrease of 1.50%).

Keywords: Work Method, Time Study, Work Improvement, Herbal Medicine

1. บทนำ

ยาสมุนไพรเป็นผลผลิตจากธรรมชาติที่มนุษย์นำมาใช้เป็นประโยชน์ตั้งแต่โบราณ เพื่อการรักษาโรคภัยไข้เจ็บและเป็นยาบำรุงรักษาให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรง เป็นการสืบสานองค์ความรู้และภูมิปัญญาไทยและให้ประชาชนในแต่ละท้องถิ่นรู้จักช่วยตนเอง ในการนำพืชสมุนไพรในท้องถิ่นของตนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ตามแบบแผนโบราณ และกลับมาดำเนินชีวิตใกล้ชิดธรรมชาติยิ่งขึ้น ทำให้เกิดความภูมิใจในคุณค่าของความเป็นไทยมาจนถึงปัจจุบัน (Herbs Thailand, 2011) โดยยาสมุนไพรไทยที่ผลิตและวางจำหน่ายมีหลากหลายผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไปตามลักษณะการนำไปใช้ในการรักษาโรค โดยกระบวนการในการผลิตนั้นจะต้องนำมีส่วนผสมของสมุนไพรหลายชนิดมาผสมปนให้เป็นเนื้อเดียวกันที่มีลักษณะข้นเหนียว จากนั้นจึงนำยาที่ได้ปั่นขึ้นรูปเป็นเม็ดกลม แล้วจึงนำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดดจากธรรมชาติ ซึ่งกระบวนการที่ได้กล่าวมานั้นจะใช้แรงงานคนในการปฏิบัติงานตลอดกระบวนการผลิต เช่น การโม่ยา การปั่นยา การนำยาไปตากแห้ง การผสมยาแดง การบรรจุยาใส่ขวด การนับขวด รวมไปถึงการปิดฝาบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจากการสังเกตผู้วิจัยได้เห็นถึงการปฏิบัติงานที่ไม่สัมพันธ์กับสถานการณ์งานในกระบวนการผลิต เกิดความซ้ำซ้อนของงาน และเกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นสำหรับพนักงานในการปฏิบัติงาน และยังไม่ได้มีการวิเคราะห์หาเวลาในการปฏิบัติงานที่เป็นเวลามาตรฐาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษากระบวนการผลิตและวิธีการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตยาสมุนไพรจากแผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart) และใช้แผนผังการไหล (Flow Diagram) บันทึกพื้นที่ในการปฏิบัติงานและการไหลของวัสดุที่สัมพันธ์กับแผนภูมิกระบวนการ (Gangopadhyay S. et al., 2006, pp. 915 – 920) ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 6W-1H เพื่อวิเคราะห์และระบุปัญหาของกระบวนการทำงาน และกำหนดแนวทางในการปรับปรุงการทำงานโดยใช้หลักการ ECRS (Lu Xin, 2018, pp. 53-55) เพื่อลดความสูญเสียหรือลดความซ้ำซ้อนในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kato, I. and Smalley, 2011) โดยแสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการดำเนินงานได้จากค่าเวลายามาตรฐาน (S. Anil Kumar and N. Suresh, 2008) ซึ่งพิจารณาค่าเวลาเพื่อสำหรับธุระส่วนตัว (Personal Allowance) และเวลาเพื่อสำหรับความเมื่อยล้าจากการทำงาน (Fatigue Allowance) เทียบจากตารางค่าความเผื่อจากการทำงานขององค์การแรงงานระหว่างประเทศ (I.L.O. Recommendation of Relaxation Allowance) (Bambang S. et al., 2019) และสรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำลังการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงในหน่วยเวลาการทำงานการผลิตต่อขวดของกระบวนการผลิตยาสมุนไพร (Mongkol K. et al., 2019, pp. 7181)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร โดยใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน

2.2 เพื่อเปรียบเทียบเวลายามาตรฐานและประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการผลิตยาสมุนไพร โดยใช้เทคนิคศึกษาเวลา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กำหนดขอบเขต การศึกษาวิธีการทำงานในกระบวนการผลิตยาสมุนไพรตั้งแต่เริ่มกระบวนการของการผลิต (Production) ถึงกระบวนการบรรจุ (Packing)

3.2 การเก็บข้อมูลและบันทึกวิธีการทำงาน

1. การสังเกตการณ์โดยตรง โดยผู้ศึกษาจะเป็นผู้สังเกตการณ์อย่างใกล้ชิด ซึ่งสามารถทำให้เห็นกิจกรรมแต่ละกระบวนการการทำงานได้ถูกต้อง

2. การสัมภาษณ์ เป็นการหารายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม โดยการสัมภาษณ์บุคคลสำคัญ ได้แก่ เจ้าของโรงงาน พนักงานที่ปฏิบัติงานแต่ละกระบวนการ วิธีการค้นหาปัญหาดังกล่าว จะทำให้เกิดแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของการผลิตยาสมุนไพร (Wanchai Richirawanit, 2002)

3. การบันทึกงาน เป็นการบันทึกข้อมูลต้องบันทึกข้อมูลที่เป็นจริง จำเป็น เข้าใจง่าย และอ่านง่าย ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้ทั่วไป คือ แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องใช้บันทึกและแบ่งย่อยงานในแต่ละกระบวนการ และใช้แผนผังการไหล บันทึกพื้นที่ในการปฏิบัติงานและการไหลของวัสดุที่สัมพันธ์กับแผนภูมิกระบวนการ

3.3 การวิเคราะห์และการปรับปรุงวิธีการทำงาน

1. เครื่องมือใช้ในการวิเคราะห์การทำงาน ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 6w-1H เพื่อตรวจสอบข้อมูลวิธีการทำงานที่บันทึกมา โดยมีการตรวจสอบความเหมาะสมของงานจากการใช้กลุ่มคำถาม 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม What, Who, When, Where, How สำหรับตรวจสอบ และกลุ่ม Why, which เพื่อพัฒนาแนวทางการปรับปรุงวิธีการทำงาน (Teerawat Kaewpia, et al., 2020, pp. 1121-1130)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงการทำงาน ในงานวิจัยนี้หลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัดกระบวนการการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าออก (Eliminate) การรวมกระบวนการในการทำงานหลายส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อลดความซ้ำซ้อนของงาน (Combine) การจัดลำดับกระบวนการการทำงานใหม่ให้สัมพันธ์กับกิจกรรมที่เกิดขึ้น (Rearrange) และการปรับปรุงกระบวนการการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify)

3.4 การวัดผลการทำงานโดยใช้เวลามาตรฐาน

การเปรียบเทียบวัดผลวิธีการทำงานโดยใช้เวลามาตรฐานอาจ เรียกว่า การวัดงาน (Work Measurement) มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา (Cycle time) ในงานวิจัยนี้คำนวณจำนวนรอบในการจับเวลาที่เหมาะสมโดยใช้ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และความผิดพลาดร้อยละ 5 ดังสมการที่ 1

$$N' = \left[\frac{k \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad (1)$$

N' = จำนวนรอบในการจับเวลา

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X = ค่าของข้อมูล

k = ระดับความเชื่อมั่น ($k = 2$, ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

s = ความผิดพลาด ($s = 0.05$, ความผิดพลาดร้อยละ 5)

2. คำนวณหาเวลาเฉลี่ย (Selected Time) เป็นค่าเฉลี่ยจากการจับเวลาที่ได้จากการใช้เครื่องมือจับเวลาโดยตรงจากการทำงานของพนักงาน (Direct Time Study) ของกระบวนการที่ถูกบันทึกไว้ในแผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งจำนวนครั้งในการจับเวลาให้เป็นไปตามจำนวนรอบการจับเวลาที่เหมาะสม

3. ประเมินความเร็วในการทำงานของพนักงานในระบบเวสต์ติ้งเฮาส์ (Westinghouse System of Rating) โดยกำหนดให้ผู้ประกอบการเป็นผู้ประเมินประเมินความเร็วในการทำงาน โดยสามารถคำนวณหา ดังสมการที่ 2

$$\text{Rating of Factor} = \text{ผลรวมของคะแนนประเมิน} + 1 \quad (2)$$

4. คำนวณหาเวลาปกติ (Normal time) ค่าเวลาในการทำงานของพนักงานที่ได้จากประเมินอัตราการการทำงานที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$NT = \text{Selected Time} \times \text{Rating of Factor} \quad (3)$$

NT = เวลาปกติ

Selected Time = เวลาเฉลี่ย

Rating of Factor = อัตราความเร็วในการทำงาน

5. กำหนดเวลาเผื่อ (Allowance Time) สามารถหาเวลาเผื่อได้จากผลรวมของเวลา ได้แก่ เวลาเผื่อสำหรับธุระส่วนตัว และเวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจากการทำงาน

6. คำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) เป็นเวลาที่ใช้ในหนึ่งงานตามกระบวนการผลิต ที่การปรับมีระดับความเชื่อมั่นและระดับคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ โดยใช้ข้อมูลจากค่าเฉลี่ย ด้านเวลาและพิจารณาพร้อมกับค่าเวลาเพื่อตามสภาพงานนั้น (Watcharin Sitticharoen, 2004) สามารถหาดังสมการที่ 4

$$ST = NT + (NT \times A) \quad (4)$$

ST = เวลามาตรฐาน

A = ค่าความเผื่อให้อยู่ในรูปทศนิยม

3.5 วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

วิเคราะห์และกำหนดแนวทางในการปรับปรุงปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต ยาสมุนไพรก่อนและหลังการปรับปรุงในด้านวิธีการปฏิบัติงาน สถานีงาน การไหลของวัสดุ ของกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุด ระยะก้าว เวลาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานโดยใช้เวลามาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ศึกษาการกระบวนการผลิตยาสมุนไพร

จากข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการแห่งนี้ พบว่า เวลาในการทำงานจะเริ่มประมาณ 07.00 น. – 16.00 น. โดยพักรับประทานอาหาร 1 ชั่วโมง จากการศึกษาการกระบวนการผลิต ยาสมุนไพรสามารถจัดแบ่งสถานีงานได้ 8 สถานี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสถานีงาน

สถานีงานกระบวนการผลิตยาสมุนไพร	
	

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสถานีนงาน (ต่อ)

สถานีนงานกระบวนการผลิตยาสมุนไพร	
สถานีที่ 1 จุดโม่ยา  สถานีที่ 3 ลานตาก 3  สถานีที่ 5 ลานตาก 5  สถานีที่ 7 จุดนับขวด	สถานีที่ 2 จุดบ่มยา  สถานีที่ 4 จุดคลุกผงยาแดง  สถานีที่ 6 จุดบรรจุเม็ดยา  สถานีที่ 8 ห้องเก็บสินค้า

และจากการศึกษาและบันทึกงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตของการกระบวนการผลิตยาสมุนไพรสามารถแบ่งย่อยกระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นทั้งหมด 26 กระบวนการ ตั้งแต่เริ่ม - สิ้นสุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนภูมิกระบวนการผลิต (ก่อนการปรับปรุง)

รายละเอียด	จำนวนเดิน (ก้าว)	สัญลักษณ์
1. นำส่วนผสมแต่ละชนิดเทลงในเครื่องโม่ (43รอบ)	-	○○○○○→○○○→○○○→○○○→
2. ทำการโม่	-	
3. เทส่วนผสมที่ไม่เสร็จแล้ว ลงในกะละมังใหญ่	-	
4. จัดเตรียมอุปกรณ์ในการบ่มยา	-	
5. นำกะละมังเล็กไปตักยาที่เครื่องโม่ (6รอบ)	72	
6. ตักยา (6รอบ)	-	
7. เดินกลับ (6รอบ)	72	
8. เริ่มทำการบ่มยา (3,649รอบ)	-	
9. ทำการร่อนยาให้เป็นเม็ดทรงกลม (72รอบ)	-	
10. เดินนำยาไปตาก (12รอบ)	216	

ตารางที่ 2 แผนภูมิกระบวนการผลิต (ก่อนการปรับปรุง) (ต่อ)

รายละเอียด	จำนวนเดิน (ก้าว)	สัญลักษณ์
11. วางยาลงบนที่ตาก (12 รอบ)	-	
12. เดินกลับ (12รอบ)	216	
13. ตากยา (10 ชั่วโมง)	-	
14. ขนย้ายยามาที่ผสมยาแดง และเทกองบนลานผสม (12รอบ)	168	
15. เดินไปเอายาแดง (1รอบ)	42	
16. ใส่ผงยาแดงลงในเม็ดยา และคลุกผงยาแดงให้ทั่วเม็ดยา	-	
17. นำเม็ดยาที่ผสมยาแดงเสร็จ ไปเทใส่ที่ตากที่ 5	7	
18. ทำการเกลี่ยยาสมุนไพรให้ทั่วที่ตาก	-	
19. ทำการตาก (12 ชั่วโมง)	-	
20. รวมกองเม็ดยา	-	
21. ร่อนเอาผงยาแดงออกจากเม็ดยาสมุนไพร แล้วนำเม็ดยาใส่ในกะละมังใหญ่ (16รอบ)	-	
22. ขนย้ายมาไว้ที่บรรจุ	27	
23. แบ่งเม็ดยาใส่กะละมังเล็ก (2รอบ)	-	
24. เตรียมขวดยาสำหรับบรรจุ (เทกอง)	-	
25. บรรจุเม็ดยาใส่ขวด (1,123 รอบ)	-	
26. นับขวดยาใส่ถุง ถุงละ100ขวด (11รอบ)	-	
รวม	820	

4.2 การวิเคราะห์งานและการปรับปรุงงาน

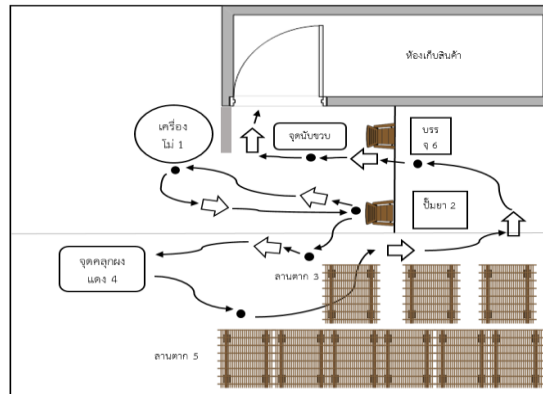
จากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานได้ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 6W-1H พิจารณาถึงความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการทำงานพบว่า ขั้นตอนที่ 5 เกิดการเดินไปตักยาที่บริเวณเครื่องไม่หลายครั้งและทำให้เกิดการยกในแต่ละครั้งที่มีน้ำหนักประมาณ 16 - 17 กก. ต่อครั้ง จึงทำให้เกิดความเมื่อยล้าในการทำงานได้ ขั้นตอนที่ 10 เกิดความล่าช้าในการเดินไป-กลับ หลายรอบ ขั้นตอนที่ 14 เกิดระยะทางที่ไม่จำเป็นในการขนยาไปจุดคลุกผงยาแดง และขั้นตอนที่ 17 เกิดระยะทางที่ไม่จำเป็นในการขนยาที่คลุกผงยาแดงเสร็จไปตากที่ลานตาก และขั้นตอนที่ 26 เกิดการเสียเวลาในการนับขวดเนื่องจากขวดที่สั่งซื้อมามีเป็นถุงรวม

ดังนั้นจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่า ในการปรับปรุงโดยใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุง โดยกระบวนการที่ 5 ใช้ Eliminate คือยกเลิกงานการเดินไปตักจากเครื่องไม่ออกโดยการย้ายเคลื่อนไม่มาไว้ใกล้กับจุดป้อนยาทำให้พนักงานไม่ต้องเดินไปตักยาที่เครื่องไม่หลายรอบ

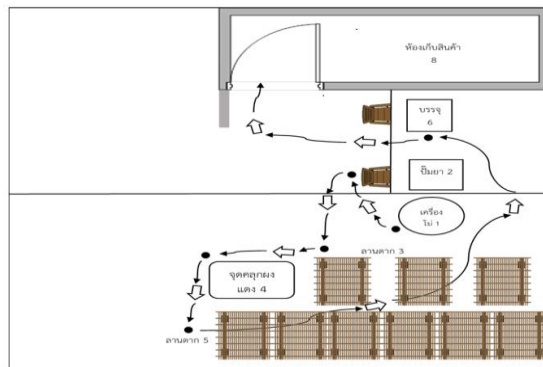
กระบวนการที่ 10 ใช้ Simplify คือการใช้รถเข็นมาช่วยในการทำงาน เพื่อลดจำนวนรอบในการขนยาไปตาก

กระบวนการที่ 14 และ 17 ใช้ Simplify คือปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น โดยการย้ายสถานีนานจุดคลุกผงยาแดงให้ขยับมาใกล้ลานตากเนื่องจากมีพื้นที่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานทำให้ระยะทางในการเคลื่อนที่ลดลง และจะส่งผลต่อกระบวนการที่ 17 ที่ขนยาที่คลุกผงยาแดงเสร็จไปตากที่ลานตากเดิม

กระบวนการที่ 26 ใช้ Eliminate คือการลดกระบวนการที่ไม่จำเป็นออก เนื่องจากวิธีการทำงานเดิมเกิดการเสียเวลาในการนับขวดหลังการบรรจุเพื่อแพ็คใส่ถุง แพ็คละ 100 ขวด/ถุง ดังนั้นจึงปรับปรุงการสั่งซื้อขวดก่อนการบรรจุให้แยกขวดและทำการแพ็คย่อยเป็นถุงละ 100 ขวด/ถุง จึงทำให้พนักงานบรรจุยาไม่ต้องมานับขวดเพื่อแพ็คหลังการบรรจุ โดยแสดงการเปรียบเทียบรูปแบบสถานีนงาน ก่อน - หลัง ได้ดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของกระบวนการผลิต (ก่อนการปรับปรุง)



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของกระบวนการผลิต (หลังการปรับปรุง)

ตารางที่ 3 แผนภูมิกระบวนการผลิต (หลังการปรับปรุง)

รายละเอียด	จำนวนเดิน(ก้าว)	สัญลักษณ์
1. นำส่วนผสมแต่ละชนิดเทลงในเครื่องโม่ (43รอบ)	-	○○○○○↕○○○○○↕
2. ทำการโม่	-	
3. เทส่วนผสมที่โม่เสร็จแล้ว ลงในกะละมังใหญ่	-	
4. จัดเตรียมอุปกรณ์ในการปั๊มยา	-	
5. ลากกะละมังใหญ่มาไว้ใกล้ที่ปั๊มยา	3	
6. ตักยา (6รอบ)	-	
7. เริ่มทำการปั๊มยา (3,649รอบ)	-	
8. ทำการร่อนยาให้เป็นเม็ดทรงกลม (72รอบ)	-	
9. นำยาไปวางบนรถเข็น (12 รอบ)	3	
10. นำยาไปตาก (2รอบ)	36	

ตารางที่ 3 แผนภูมิกระบวนการผลิต (หลังการปรับปรุง) (ต่อ)

รายละเอียด	จำนวนเดิน(ก้าว)	สัญลักษณ์
11. วางยาลงบนที่ตาก (12 รอบ)	-	
12. เดินกลับ (2รอบ)	36	
13. ตากยา (10 ชั่วโมง)	-	
14. ขนย้ายยามาที่ผสมยาแดง และเทกองบนลานผสม (12รอบ)	36	
15. เดินไปเอายาแดง (1รอบ)	54	
16. ใส่ผงยาแดงลงในเม็ดยา และคลุกผงยาแดงให้ทั่วเม็ดยา	-	
17. นำเม็ดยาที่ผสมยาแดงเสร็จ ไปเทใส่ที่ตากที่ 5	2	
18. ทำการเกลี่ยยาสมุนไพรให้ทั่วที่ตาก	-	
19. ทำการตาก (12 ชั่วโมง)	-	
20. รวมกองเม็ดยา	-	
21. ร่อนเอาผงยาแดงออกจากเม็ดยาสมุนไพร แล้วนำเม็ดยาใส่ในกะละมังใหญ่ (16รอบ)	-	
22. ขนย้ายมาไว้ที่บรรจุ	27	
23. แบ่งเม็ดยาใส่กะละมังเล็ก (2รอบ)	-	
24. เตรียมขวดยาสำหรับบรรจุ (เทกองที่ละถุง)	-	
25. บรรจุเม็ดยาใส่ขวด (1,123 รอบ)	-	
รวม	221	

จากการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อน-หลังการปรับปรุงในตารางที่ 2 และ 3 พบว่า กระบวนการลดลง 1 กระบวนการ จำนวนการก้าวเท้าลดลงจากเดิม 599 ก้าว การปฏิบัติงานลดลงจากเดิม 11 ครั้ง และการเคลื่อนย้ายลดลงจากเดิม 19 ครั้ง แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนภูมิกระบวนการผลิต (หลังการปรับปรุง)

สัญลักษณ์	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	%
	4943	4932	11.00	0.22
	51	32	19.00	37.25
จำนวนก้าว	820	221	599.00	73.05

4.3 การศึกษาเวลามาตรฐาน

1. คำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลาที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ มีค่าเท่ากับ 3 รอบ โดยคำนวณจากการจับเวลาเบื้องต้นโดยใช้นาฬิกาจับเวลา 3 ครั้ง และกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และความผิดพลาดร้อยละ 5 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รอบในการจำเวลาที่เหมาะสม

ลำดับ	ข้อมูล	จำนวนครั้ง ในการจับเวลาเบื้องต้น			N'	จำนวนรอบที่ เหมาะสม
		1	2	3		
5	นำกะละมังเล็กไปต้กยาที่เครื่องไม่	1.28	1.30	1.40	2.50	3
10	นำยาไปตาก	3.58	3.73	3.37	2.75	3
14	ขนย้ายยามาที่ผสมยาแดง และเทกองบนลานผสม	2.60	2.80	2.56	2.50	3
17	นำเม็ดยาที่ผสมยาแดงเสร็จ ไปเทใส่ที่ตากที่ 5	0.41	0.45	0.42	2.54	3
26	นับขวดยาใส่ถุง ถุงละ100ขวด	14.59	15.09	16.23	3.22	3

2. คำนวณหาเวลาเฉลี่ย คำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการจับเวลาจำนวน 3 ครั้ง ที่ได้จากการใช้เครื่องมือจับเวลาโดยตรงจากการทำงานของพนักงานของกระบวนการที่ถูกบันทึกไว้ในแผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

3. ประเมินความเร็วในการทำงานของพนักงานในระบบเวสต์อิงเฮาส์ โดยกำหนดให้ผู้ประกอบการเป็นผู้ประเมินประเมินความเร็วในการทำงาน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ประเมินความเร็วในการทำงานของพนักงานในระบบเวสต์อิงเฮาส์ (หลังการปรับปรุง)

ลำดับ	งานย่อย	อัตราความเร็ว				Rating
		Skill	Effort	Condition	Consistency	
1	นำส่วนผสมแต่ละชนิดเทลงในเครื่องไม่	0.13	0.1	0.02	0.01	1.26
2	ทำการไม่	0.08	0.05	0.04	0.04	1.21
3	เทส่วนผสมที่ไม่เสร็จแล้ว ลงในกะละมังใหญ่	0.06	0.08	0.04	0.01	1.19
4	จัดเตรียมอุปกรณ์ในการบ่มยา	0.06	0.02	0.02	0.01	1.11
5	ลากกะละมังใหญ่มาไว้ใกล้ที่บ่มยา	0.03	0.12	0.00	0.00	1.15
6	ต้กยา	0.06	0.05	0.02	0.01	1.14
7	เริ่มทำการบ่มยา	0.13	0.08	0.02	0.01	1.24
8	ทำการร่อนยาให้เป็นเม็ดทรงกลม	0.11	0.12	0.00	0.03	1.26
9	นำยาไปวางบนรถเข็น	0.03	0.02	0.04	0.01	1.1
10	นำยาไปตาก	0.03	0.05	-0.03	0.01	1.06
11	วางยาลงบนที่ตาก	0.03	0.02	-0.03	0.03	1.05
12	เดินกลับ	0.03	0.05	-0.03	0.01	1.06
13	ตากยา	-	-	-	-	-
14	ขนย้ายยามาที่ผสมยาแดง และเทกองบนลานผสม	0.08	0.08	-0.03	0.01	1.14
15	เดินไปเอายาแดง	0.03	0.02	-0.03	0.00	1.02
16	ใส่ผงยาแดงลงในเม็ดยา และคลุกผงยาแดงให้ทั่วเม็ดยา	0.08	0.05	-0.07	0.01	1.07
17	นำเม็ดยาที่ผสมยาแดงเสร็จ ไปเทใส่ที่ตากที่ 5	0.11	0.08	-0.03	0.01	1.17
18	ทำการเกลี่ยยาสมุนไพรให้ทั่วที่ตาก	0.08	0.08	-0.03	0.01	1.14
19	ทำการตาก	-	-	-	-	-
20	รวมกองเม็ดยา	0.06	0.05	-0.03	0.01	1.09
21	ร่อนเอาผงยาแดงออกจากเม็ดยาสมุนไพร แล้วนำเม็ดยาใส่ในกะละมังใหญ่	0.08	0.08	-0.07	0.00	1.09
22	ขนย้ายมาไว้ที่บรรจุ	0.03	0.1	-0.03	0.01	1.11
23	แบ่งเม็ดยาใส่กะละมังเล็ก	0.03	0.05	0.04	0.01	1.13
24	เตรียมขวดยาสำหรับบรรจุ (เทกองที่ละถุง)	0.06	0.02	0.04	0.01	1.13
25	บรรจุเม็ดยาใส่ขวด	0.13	0.12	0.04	0.03	1.32
รวม						26.24

* ไม่พิจารณาประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการนั้น

ในงานวิจัยนี้ได้เป็นระบบประเมินค่าความสามารถการทำงาน ที่มีผลต่อการทำงาน 4 ประการ คือ 1) ทักษะความสามารถการทำงานตามวิธีที่กำหนด 2) ความความพยายามและความตั้งใจทำงาน 3) สภาพแวดล้อมและเงื่อนไขการทำงานที่มีผลต่อการทำงาน และ 4) ความสม่ำเสมอของการทำงานแต่ละรอบ และประเมินโดยเจ้าของสถานเมื่อให้คะแนนในแต่ละปัจจัยเรียบร้อยแล้วให้นำค่าผลรวมคะแนนที่ได้บวก 1

4. ค่าความเหนื่อยของสภาพการทำงาน หาได้จาก ค่าเวลาเหนื่อยของบุคคล (ชาย/หญิง) รวมกับ ค่าเวลาเพื่อสภาพงาน (%) โดยมีค่า การยืน น้ำหนัก สภาพแสง และสภาพอากาศ จะได้เป็น ค่าเวลาเหนื่อยของกระบวนการทำงาน โดยค่าความเหนื่อยบุคคล ชาย ร้อยละ 9 หญิง ร้อยละ 11 บวกกับการยืนในการทำงานคิดเป็น ชาย ร้อยละ 2 หญิง ร้อยละ 4 และแสงในการทำงานมีแสงที่ทั่วถึงไม่มีดทึบ จึงคิดเป็นร้อยละ 0 สภาพอากาศการทำงานบางกระบวนการมีฝุ่น เช่น การม่ การคลุกผงยาแดง และการร่อนเอาผงยาแดงออก จึงประเมินเป็นร้อยละ 5 และส่วนอื่นไม่มีฝุ่นละอองประเมินค่าเป็นร้อยละ 0 แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความเหนื่อยของสภาพการทำงาน (หลังการปรับปรุง)

ลำดับงาน	งานย่อย	ค่าเวลาเหนื่อยบุคคล %		ค่าเวลาเพื่อสภาพงาน (%)				ค่าเวลาเหนื่อย (%)
		ชาย	หญิง	การยืน	น้ำหนัก	สภาพแสง	สภาพอากาศ	
1	นำส่วนผสมแต่ละชนิดเทลงในเครื่องม่ (43รอบ)	9	-	2	0	0	5	16
2	ทำการม่	9	-	2	0	0	5	16
3	เทส่วนผสมที่ไม่เสร็จแล้ว ลงในกะละมังใหญ่	9	-	2	1	0	0	12
4	จัดเตรียมอุปกรณ์ในการบ่มยา	-	11	4	0	0	0	15
5	ลากกะละมังใหญ่มาไว้ใกล้ที่บ่มยา	9	-	2	58	0	0	69
6	ตักยา (6รอบ)	-	11	4	1	0	0	16
7	เริ่มทำการบ่มยา(3649รอบ)	-	11	0	0	0	0	11
8	ทำการร่อนยาให้เป็นเม็ดทรงกลม (72รอบ)	-	11	0	0	0	0	11
9	นำยาไปวางบนรถเข็น (12 รอบ) (8กก/รอบ)	-	11	4	4	0	0	19
10	นำยาไปตาก (2รอบ) (48/รอบ)	-	11	4	15	0	0	30
11	วางยาลงบนที่ตาก (12 รอบ) (8กก/รอบ)	-	11	4	4	0	0	19
12	เดินกลับ (2รอบ)	-	11	4	1	0	0	16
13	ตากยา (10 ชั่วโมง) *	-	0	0	0	0	0	0
14	ขนย้ายยามาที่ผสมยาแดง และเทกองบนลานผสม (12รอบ)	9	-	2	1	0	0	12
15	เดินไปเอายาแดง (1รอบ)	9	-	2	1	0	0	12
16	ใส่ผงยาแดงลงในเม็ดยา และคลุกผงยาแดงให้ทั่วเม็ดยา	9	-	2	14	0	5	30
17	นำเม็ดยาที่ผสมยาแดงเสร็จ ไปเทใส่ที่ตากที่ 5	9	-	2	14	0	5	30
18	ทำการเกลี่ยยาสมุนไพรให้ทั่วที่ตาก	9	-	2	0	0	0	11
19	ทำการตาก (12 ชั่วโมง) *	0	-	0	0	0	0	0
20	รวมกองเม็ดยา	9	-	2	3	0	5	19
21	ร่อนเอาผงยาแดงออกจากเม็ดยาสมุนไพร แล้วนำเม็ดยาใส่ในกะละมังใหญ่ (16รอบ)	9	-	2	0	0	5	16
22	ขนย้ายมาไว้ที่บรรจุ	9	-	2	14	0	0	25

ตารางที่ 7 ค่าความเหนื่อยของสภาพการทำงาน (หลังการปรับปรุง) (ต่อ)

ลำดับ งาน	งานย่อย	ค่าเวลาเพื่อ บุคคล %		ค่าเวลาเพื่อสภาพงาน (%)				ค่าเวลา เพื่อ (%)
		ชาย	หญิง	การ ยืน	น้ำ หนัก	สภาพ แสง	สภาพ อากาศ	
23	แบ่งเม็ดยาใส่กะละมังเล็ก (2รอบ)	-	11	4	6	0	0	21
24	เตรียมขวดยาสำหรับบรรจุ (เทกองที่ละถุง)	-	11	4	0	0	0	15
25	บรรจุเม็ดยาใส่ขวด (1123 รอบ)	-	11	0	0	0	0	11
รวม								452

* ไม่พิจารณาประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการนั้น

6. เวลาปกติและเวลามาตรฐาน การคำนวณหาเวลาปกติใช้สมการที่ 3 และคำนวณหาเวลามาตรฐานจากสมการที่ 4 พบว่า เวลาปกติหลังการปรับปรุงคือ 2,814.91 นาที เวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง คือ 2,982.36 นาที

ตารางที่ 8 ค่าความเหนื่อยของสภาพการทำงาน (หลังการปรับปรุง)

ลำดับ งาน	งานย่อย	จำนวน พนักงาน (คน)	เวลา เฉลี่ย (นาที)	Rating Factor	เวลา ปกติ (นาที)	ค่าเวลา เพื่อรวม (%)	เวลา มาตรฐาน (นาที)
1	นำส่วนผสมแต่ละชนิดเทลงในเครื่องไม่ (43รอบ)	1	10.03	1.26	12.64	16	14.66
2	ทำการไม่	1	13.37	1.21	16.17	16	18.76
3	เทส่วนผสมที่ไม่เสร็จแล้ว ลงในกะละมังใหญ่	1	2.98	1.19	3.55	12	3.98
4	จัดเตรียมอุปกรณ์ในการบ่มยา	1	4.00	1.11	4.44	15	5.11
5	ลากกะละมังใหญ่มาไว้ใกล้ที่บ่มยา	1	0.08	1.15	0.10	69	0.16
6	ตักยา (6รอบ)	1	3.80	1.14	4.33	16	5.03
7	เริ่มทำการบ่มยา (3649รอบ)	1	182.45	1.24	226.24	11	251.12
8	ทำการร่อนยาให้เป็นเม็ดทรงกลม (72รอบ)	1	20.40	1.26	25.70	11	28.53
9	นำยาไปวางบนรถเข็น (12 รอบ) (8กก/รอบ)	1	1.00	1.10	1.10	19	1.31
10	นำยาไปตาก (2รอบ)	1	0.70	1.06	0.74	30	0.96
11	วางยาลงบนที่ตาก (12 รอบ)	1	0.80	1.05	0.84	19	1.00
12	เดินกลับ (2รอบ)	1	0.37	1.06	0.39	16	0.45
13	ตากยา (10 ชั่วโมง)	1	600.00	0.00	600.00	0	600.00
14	ขนย้ายยามาที่ผสมยาแดง และเทกองบนลานผสม (12รอบ)	1	1.00	1.14	1.14	12	1.28
15	เดินไปเอายาแดง (1รอบ)	1	0.35	1.02	0.36	12	0.40
16	ใส่ผงยาแดงลงในเม็ดยา และคลุกผงยาแดงให้ทั่วเม็ดยา	1	1.25	1.07	1.34	30	1.74
17	นำเม็ดยาที่ผสมยาแดงเสร็จ ไปเทใส่ที่ตากที่ 5	1	0.23	1.17	0.27	30	0.35
18	ทำการเกลี่ยยาสมุนไพรให้ทั่วที่ตาก	1	3.62	1.14	4.12	11	4.58
19	ทำการตาก (12 ชั่วโมง)	1	720.00	0.00	720.00	0	720.00
20	รวมกองเม็ดยา	1	0.55	1.09	0.60	19	0.71
21	ร่อนเอาผงยาแดงออกจากเม็ดยาสมุนไพร แล้วนำเม็ดยาใส่ในกะละมังใหญ่ (16รอบ)	1	1.87	1.09	2.03	16	2.36
22	ขนย้ายมาไว้ที่บรรจุ	1	0.40	1.11	0.44	25	0.56
23	แบ่งเม็ดยาใส่กะละมังเล็ก (2รอบ)	1	1.97	1.13	2.22	21	2.69
24	เตรียมขวดยาสำหรับบรรจุ (เทกองที่ละถุง)	1	0.22	1.13	0.24	15	0.28
25	บรรจุเม็ดยาใส่ขวด (1123 รอบ)	1	898.40	1.32	1185.89	11	1316.34
รวม			2469.83	26.24	2814.91	452	2982.36

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแผนภูมิกระบวนการผลิตยาสมุนไพรไคอะแกรมกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงและเทคนิคการตั้งคำถาม 6W-1H พบว่า กระบวนการผลิตยาสมุนไพรมีทั้งหมด 26 กระบวนการ และได้พิจารณาปรับปรุงงานในกระบวนการที่ 5, 10, 14, 17 และ 26 ผู้วิจัยจึงนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงงานโดยใช้หลักการ ECRS ในกระบวนการทำงานได้ดังกล่าวจึงเสนอให้กระบวนการ 5 และ 26 เกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นจึงเสนอให้ยกเลิกงานที่ต้องทำมากเกินไป จำเป็นออก กระบวนการที่ 10 เกิดความล่าช้าจากการทำงาน จึงใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น กระบวนการที่ 14 และ 17 เกิดปัญหาการจัดสถานีงานไม่สัมพันธ์การทำงานจึงดำเนินการจัดสถานีงานใหม่เพื่อการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น ผลลัพธ์หลังการปรับปรุงการทำงานสามารถลดกระบวนการทำงาน ระยะเวลาในการขนย้าย และลดจำนวนครั้งในการปฏิบัติในขั้นตอนนั้น ๆ ได้

ตารางที่ 9 ตารางสรุปผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตยาสมุนไพร

กระบวนการ	จำนวน กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย (นาท)	เวลาปกติ (นาท)	ค่าความ เผื่อ (%)	เวลามาตรฐาน (นาท)	ผลิต นาท/ขวด
ก่อนปรับปรุง	26	2,492.10	2855.47	411	3027.88	2.70
หลังปรับปรุง	25	2,469.83	2814.91	452	2982.36	2.66
ประสิทธิภาพ	3.85	0.89	1.42	-9.98	1.50	1.50

จากเปรียบเทียบประสิทธิภาพกระบวนการผลิตยาสมุนไพร ตารางที่ 4 กระบวนการทำงานลดลง 1 กระบวนการ จากการยกเลิกกระบวนการการนับขวด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดีขึ้นร้อยละ 3.85 เวลาเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 2,492.10 นาท ลดลงเหลือ 2,469.83 นาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดีขึ้นร้อยละ 0.89 เวลาปกติก่อนการปรับปรุง 2,855.47 นาท ลดลงเหลือ 2,814.91 นาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดีขึ้นร้อยละ 1.42 ค่าความเผื่อร้อยละ 411 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 452 เวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุง 3,027.88 นาท ลดลงเหลือ 2,982.36 นาท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดีขึ้นร้อยละ 1.50

กำลังการผลิตก่อนการปรับปรุงผลิตได้ 2.70 นาท/ขวด คิดเป็น 1,121 ขวด และกำลังการผลิตหลังการปรับปรุงผลิตได้ 2.66 นาท/ขวด ลดลงร้อยละ 1.50 ซึ่งพิจารณาจากกำลังการผลิตเดิมเทียบกับกำลังการผลิตหลังการปรับปรุงส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นผลิตเพิ่มขึ้น 17 ขวด (ราคาขายขวดละ 30 บาท) ทำให้รายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 510 บาทต่อรอบการผลิต

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการทำงานในสภาพอากาศปกติ ไม่พิจารณาความแปรปรวนของสภาพอากาศตามฤดูกาลเนื่องจากระยะเวลาในการผลิตในขั้นตอนการตากจะส่งผลต่อเวลารวมในการผลิต โดยพิจารณาการศึกษาเวลาของพนักงานในการทำงาน 1 คน ต่อ 1 กระบวนการทำงาน ซึ่งจากการพิจารณาเวลามาตรฐานก่อนและหลังการปรับปรุงแล้ว พบว่า นอกจากจำนวนกระบวนการ ระยะทาง และรอบในการทำงาน ส่งผลต่อเวลามาตรฐานที่ลดลงแล้ว แต่ในความเป็นจริงแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อเวลามาตรฐานร่วมด้วย ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงานของคน และค่าความเผื่อที่กำหนดตามสภาพงานส่งผลกับเวลามาตรฐานเหมือนกัน ดังในกระบวนการที่ 5 (ลากกะละมังใหญ่มาไว้ใกล้ที่ปั๊มยา) ส่งผลให้ค่าเวลาเผื่อเพิ่มขึ้นจากเดิม

เนื่องจากค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากเดิมแบ่งการชนเป็น 6 รอบ เมื่อปรับปรุงการทำงานแล้วปรับให้เหลือเพียง 1 รอบ จึงส่งผลให้น้ำหนักของยาต่อรอบเพิ่มจึงทำให้น้ำค่าความเผื่อพิจารณาจากน้ำสูงขึ้นจากเดิมก่อนการปรับปรุงการทำงานค่าความเผื่อจากการยกน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 15 ก่อนการปรับปรุงการทำงานค่าความเผื่อจากการยกน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 58

ผู้วิจัยจึงเสนอให้ทางสถานประกอบการควรนำแนวทางการปรับปรุงไปพัฒนามาตรฐานการทำงานหากนำร่างสไลด์เข้ามาช่วยในกระบวนการนี้ จะเปลี่ยนกระบวนการยกเป็นการลาก ซึ่งอาจจะทำให้น้ำหนักที่ใช้ลดลงจากเดิมได้ถึงร้อยละ 80 เมื่อพิจารณาค่าจากตาราง I.L.O จะสามารถลดค่าความเผื่อได้จากเดิม ค่าความเผื่ออยู่ที่ร้อยละ 452 เหลือเพียงร้อยละ 404 ทำให้พนักงานที่ปฏิบัติลดอาการเมื่อยล้าระหว่างการปฏิบัติ และยังเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานในภาพรวมได้อีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- Bambang S., Nur A., and Pringgo W. L. (2019). Minimizing Waste using Lean Manufacturing and ECRS Principle in Indonesian Furniture Industry, **Cogent Engineering** [Online], 6(1). Available: <https://www.tandfonline.com/loi/oaen20>.
- Gangopadhyay S., Ghosh T., Das T., Ghoshal G. and Das B. (2006). Work Organization in Sand Core Manufacturing for Health and Productivity, **International Journal of Industrial Ergonomics**, 36(10): pp. 915 – 920.
- Herbs Thailand, (2011), **Medicinal plants**. Retrieved September 1, [Online], Available: <https://sites.google.com/site/smunphirthythailand/>
- Kato, I. and Smalley, (2011). **A. Toyota Kaizen Methods Six Steps to Improvement**, NY: Productivity Press. New York.
- Lu Xin. (2018). Multi-project Management Model based on ECRS Method, **International Conference on Educational Research, Economics, Management and Social Sciences (EREMS 2018)**, pp. 53-55.
- Mongkol K., Napatsorn P. and Tanawat P. (2019). Application of Industrial Engineering Techniques to Improve Production Efficiency: A Case Study of Mushroom Grain Spawn Process, **Kasem Bundit Engineering Journal Vol.9 No.2**, May-August, pp. 7181. (in Thai)
- S. Anil Kumar and N. Suresh, (2008). **Production and Operations Management 2nd Edition**, New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi.
- Teerawat Kaewpia, Supaporn Kamteja and Jutamas Korkerd. (2020). Improving the Crispy Barley Flour Rolls Vegan Production Process by Work Study Techniques, **paper presented Conference on Logistics and Supply Chain 2020**, College of Logistics and Supply Chain, Suansunandha Rajabhat University, Nakhon Pathom. pp. 1121-1130. (in Thai)

Wanchai Richirawanit. (2002). **Work Study Principles and Case studies**. Bangkok:
Chulalongkorn University Press. (in Thai)

Watcharin Sitticharoen. (2004). **Work Study**. Bangkok: National Innovation Agency. (in Thai)

การออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตสบู่สมุนไพร

กรณีศึกษาศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต่อยอด

The Design and Development of Herbal Soap Manufacturing Process Case studies, Learning Center TORYOD Community

นพพร บิ๊กแวน^{1*}, สุขุมาล เจริญทอง², ศศิธร คนทน³ และสธภาพ วีระสุนทร⁴

Nopporn Bukwan^{1*}, Sukhuman Rianthong², Sasithorn Khonthon³ and Sathaporn Veerasoonthorn⁴

^{1*,2,3,4} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

^{1*,2,3,4} Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University,

เลขที่ 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

โทร 0 2522 6637 โทรสาร 0 2522 6637 E-mail : luckpull2520@gmail.com

9 Chaengwattana Rd., Anusawari Sub-district, Bangkok District, Bangkok 10220

Tel +66 2522 6637 Fax +66 2522 6637 Email : luckpull2520@gmail.com

วันที่รับบทความ 25 กุมภาพันธ์ 2564
Received: Feb. 25, 2021

วันที่รับแก้ไขบทความ 25 พฤษภาคม 2564
Revised: May. 25, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 25 มิถุนายน 2564
Accepted: Jun. 25, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตสบู่สมุนไพร (2) เพื่อหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ปั๊มสบู่สมุนไพรและประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรที่พัฒนาของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต่อยอด การดำเนินงานวิจัยนี้ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรคือ สบู่สมุนไพรขมิ้น สบู่สมุนไพรทานาคา สบู่สมุนไพรรังไหม และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบแม่พิมพ์จำนวน 3 แม่พิมพ์ ตลอดจนนำเทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซีเข้ามาช่วยผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสบู่สมุนไพร ผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ปั๊มสบู่สมุนไพรพบว่า อัตราการผลิตเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรขมิ้นเท่ากับ 239 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 31,548 ก้อนต่อเดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18 ก้อนต่อชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรทานาคาเท่ากับ 228 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 30,096 ก้อนต่อเดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24 ก้อนต่อชั่วโมง และอัตราการผลิตเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรรังไหมเท่ากับ 231 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 30,492 ก้อนต่อเดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22 ก้อนต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบอัตราผลิตสบู่ของศูนย์เรียนรู้มีอัตราการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 12,188 ก้อนต่อเดือนกับกระบวนการผลิตที่พัฒนามีอัตราการผลิตเฉลี่ย 30,712 ก้อนต่อเดือน ทำให้ประสิทธิภาพของอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 152.0 ด้านการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่ามีผลการประเมินสบู่สมุนไพรขมิ้นอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.50$, S.D.= 0.52) ผลการประเมินสบู่สมุนไพรทานาคาอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.32$, S.D.= 0.49) และผลการประเมินสบู่สมุนไพรรังไหมอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.40$, S.D.=0.52)

คำสำคัญ: สบู่สมุนไพร, แม่พิมพ์ปั๊ม, ศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต่อยอด, การพัฒนากระบวนการผลิต

Abstract

This research aimed to (1) design and develop the manufacturing process of herbal soap; (2) determine the efficacy of the herbal soap mold; and (3) assess the satisfaction of the developed herbal soap products of the TORYOD Community Learning Center. This research deployed a computer-aids design program to design three products: Turmeric Soap, Thanaka Herbal Soap, and Silk Cocoon Soap. The computer program was used to help design 3 molds for the production of each soap type. Besides this, CNC (Computerized Numerical Control) technology and a milling machine were used to produce herbal soap molds. From the experiments of performance testing of the herbal soap molds, we found that the average production rate of Turmeric Soap was 239 pieces/hour, 31,548 pieces /month, with an average defective product rate of 18 pieces/hour. The average production rate of Thanaka Herbal Soap was 228 pieces/hour, 30,096 pieces/ month, with an average defective product rate of 24 pieces/hour. The average production rate of Cocoon Herbal Soap was 231 pieces/hour, 30,492 pieces/month with an average defective product rate of 22 pieces/hour. Comparing the soap production rates of the Learning Center, there was an increased average production rate from 12,188 pieces/ month to 30,492 pieces/month, an increase of 152%. The satisfaction assessment of the herbal soap products using a questionnaire with a sample size of 20 people found that the soap products all performed with good levels- Turmeric Soap ($\bar{X}$ = 4.50, S.D.= 0.52); Thanaka Herbal Soap ($\bar{X}$ = 4.32, S.D. = 0.49); and Silk Cocoon Soap ($\bar{X}$ = 4.32, S.D.= 0.52).

Keywords: Herbal Soap, Soap Mold, Learning Center TORYOD Community, Development of Manufacturing Process

1. บทนำ

ศูนย์การเรียนรู้โครงการบ้านต๋อยอด ตั้งอยู่เลขที่ 160 ซอยพหลโยธิน 50 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ โดยศูนย์ดังกล่าวประกอบอาชีพผลิตเครื่องสำอาง ได้แก่ สบู่สมุนไพร ครีม เซรั่ม งานสปาเป็นต้นและได้มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ที่ขึ้นทะเบียนเลขจดแจ้งของกระทรวงสาธารณสุข โดยมีสมาชิกของศูนย์เรียนรู้ประกอบไปด้วย 10 ครอบครัว มีนางสาวญาณี อนันตสุข เป็นผู้ก่อตั้งศูนย์การเรียนรู้และเป็นผู้ถ่ายทอดการผลิตเครื่องสำอางในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยใช้วัตถุดิบสารสกัดสมุนไพร ได้แก่ รังไหม ถั่งเช่า ทานาคา ขมิ้น น้ำมันมะกอก และทางศูนย์มีการส่งเสริมให้คนในชุมชนประกอบอาชีพผลิตสบู่สมุนไพรที่ใช้ในครัวเรือนและสามารถจัดจำหน่ายเป็นสินค้าของศูนย์เรียนรู้ การผลิตสบู่ทางศูนย์เรียนรู้ได้คิดค้นสูตรเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซึ่งสบู่สมุนไพรที่ผลิตขึ้นมีคุณลักษณะเฉพาะที่หลากหลายมีสรรพคุณตรงตามผู้บริโภค (Tepaya, N., 2006) จากนั้นนำวัตถุดิบที่ได้ไปขึ้นทะเบียนจดแจ้งของกระทรวงสาธารณสุข และนำวัตถุดิบที่ผ่านการอนุญาตมาทำการผสมเป็นสารตั้งต้นเพื่อใช้ในการผลิตสบู่สมุนไพร จากการลงพื้นที่สำรวจปัญหาและเก็บข้อมูล

พบว่าทางศูนย์เรียนรู้กำลังประสบปัญหาด้านการออกแบบเพื่อสร้างความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์ (Khunphonkaew, C., 2003) และการพัฒนารูปแบบของสบู่เพื่อสร้างอัตลักษณ์ให้กับสินค้า (Inkong, P., 2014) อีกทั้งกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ซึ่งลูกค้าต้องการสั่งซื้ออย่างน้อย 30,000 ก้อนต่อเดือน แต่ทางศูนย์ไม่สามารถผลิตได้ เนื่องจากกำลังการผลิตในปัจจุบัน ศูนย์เรียนรู้สามารถผลิตได้ 12,188 ก้อน/เดือน จากการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาพบว่าเกิดจากระบบการผลิตของศูนย์เรียนรู้ใช้วิธีการเทหล่อสบู่ลงในแม่พิมพ์ซิลิโคน ซึ่งแม่พิมพ์ดังกล่าวทางศูนย์สั่งซื้อมาจากสื่อออนไลน์และมีราคาค่อนข้างสูง รวมถึงมีข้อจำกัดในการเพิ่มกำลังการผลิตและต้องใช้เวลาค่อนข้างนานเพื่อให้สบู่คงรูป ทำให้ทางศูนย์เรียนรู้ต้องปฏิเสธการสั่งซื้อจากลูกค้าและลูกค้าบางรายมีความต้องการสบู่สมุนไพรรูปแบบใหม่ ๆ ที่ไม่มีขายในท้องตลาด ทางศูนย์เรียนรู้ไม่สามารถผลิตสินค้าได้เพราะขาดความรู้และเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ที่ใช้ในระบบการผลิตสบู่ไม่มีขายในท้องตลาด จึงทำให้ทางศูนย์เรียนรู้ขาดโอกาสในการเพิ่มรายได้และเพิ่มช่องทางด้านการตลาด จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์และพัฒนากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปสบู่สมุนไพร โดยนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบเพื่อพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์แบบใหม่ รวมถึงเทคโนโลยีเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเข้ามาช่วยพัฒนากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสบู่สมุนไพรเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต (Khunphonkaew, C., 2003) และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ตลอดจนสร้างรายได้และเกิดความยั่งยืนให้แก่ศูนย์เรียนรู้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตสบู่สมุนไพรสำหรับเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต่อยอด

2.2 เพื่อหาผลผลิตภาพของแม่พิมพ์ปั๊มสบู่สมุนไพรและประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรที่พัฒนา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษากระบวนการผลิตสบู่สมุนไพร

1. ศึกษาขั้นตอนการผลิตของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต่อยอด

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อศึกษากระบวนการการผลิตสบู่สมุนไพรของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต่อยอด จากการศึกษาพบว่าการทำสบู่สมุนไพรเริ่มจากนำส่วนผสมของสบู่ไปตุ๋นในหม้อจนละลาย โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 40 - 50 องศาเซลเซียส เมื่อได้อุณหภูมิตามที่กำหนดเติมสารสกัดสมุนไพรคือ ถั่งเช่า รังไหม ทานาคา ขมิ้น ดังภาพที่ 1(ก) ทำการตุ๋นอีก 10 นาที ทำการปิดไฟของหม้อตุ๋นรอให้สารสกัดเย็นตัวประมาณ 10 นาที จากนั้นเติมน้ำหอมเพื่อใช้ในการปรุงแต่งสีกลิ่นของสบู่ ดังภาพที่ 1(ข) ขั้นตอนสุดท้ายคือนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ เทลงในสไลด์คแม่พิมพ์ซิลิโคนปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นจึงนำก้อนสบู่ออกจากพิมพ์ 1(ค) รอให้สบู่คงรูปประมาณ 30 วัน จึงนำสบู่มาบรรจุลงในกล่องบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตสับู่สมุนไพรมะขามของศูนย์การเรียนรู้โครงการบ้านต๋อยอด

2. ศึกษาการผลิตของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต๋อยอด

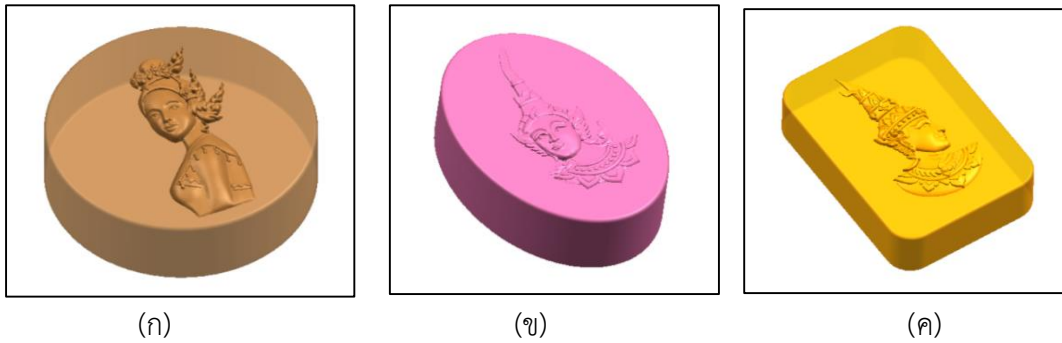
จากการศึกษาการผลิตสับู่สมุนไพรมะขามพบว่าลูกค้ามีความต้องการสับู่รูปแบบใหม่ แต่ทางศูนย์ไม่สามารถผลิตได้ เนื่องจากขาดเทคโนโลยีด้านการออกแบบ ส่วนด้านการผลิตคณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลอัตราการผลิต 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้เวลา 5 วัน พบว่าการผลิตสับู่สมุนไพรมะขามสามารถผลิตได้เฉลี่ย 570 ก้อนต่อวัน การผลิตสับู่สมุนไพรมะขามสามารถผลิตได้เฉลี่ย 540 ก้อนต่อวัน และการผลิตสับู่สมุนไพรมะขามสามารถผลิตได้เฉลี่ย 552 ก้อนต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งในปัจจุบันการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าซึ่งลูกค้าต้องการสั่งซื้อแต่ละสูตรอย่างน้อย 30,000 ก้อนต่อเดือน ปัญหาที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตในปัจจุบันพบว่าทางศูนย์ใช้วิธีการเทหล่อลงในบล็อกพิมพ์ซิลิโคนซึ่งมีข้อจำกัดในการเพิ่มกำลังการผลิตเพราะต้องใช้เวลาค่อนข้างนานเพื่อให้สับู่คงรูป และบล็อกพิมพ์ซิลิโคนที่มีขายในตลาดมีราคาแพงอีกทั้งยังไม่ตอบสนองเมื่อมีลูกค้าต้องการสับู่รูปแบบใหม่

ตารางที่ 1 การศึกษาอัตราการผลิตของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต๋อยอด

วันที่	สับู่สมุนไพรมะขาม (ก้อน/วัน)	สับู่สมุนไพรมะขาม (ก้อน/วัน)	สับู่สมุนไพรมะขาม (ก้อน/วัน)
1	575	545	565
2	570	541	548
3	571	540	538
4	572	542	562
5	560	531	545
เฉลี่ย	570	540	552

3. แนวคิดการออกแบบและพัฒนากระบวนการผลิตสับู่สมุนไพรมะขาม

จากข้อมูลความต้องการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์สับู่สมุนไพรมะขามของศูนย์เรียนรู้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดแนวคิดในการออกแบบ คือนำตัวละครในวรรณคดีมาวางบนผลิตภัณฑ์สับู่ โดยการนำเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ของศูนย์เรียนรู้ จากนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบชิ้นงานสามมิติ ซึ่งได้รูปแบบผลิตภัณฑ์สับู่ 3 รูปแบบ คือแบบสับู่สมุนไพรมะขามดังภาพที่ 2(ก) แบบสับู่สมุนไพรมะขามดังภาพที่ 2(ข) แบบสับู่สมุนไพรมะขามดังภาพที่ 2(ค)

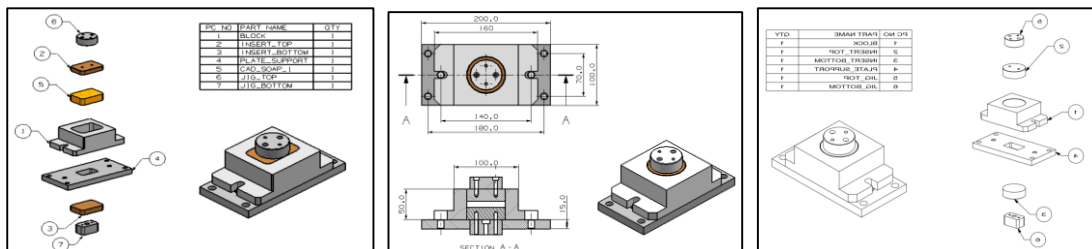


ภาพที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสบู่มุนไพร์

แนวคิดด้านการพัฒนากระบวนการผลิตสบู่มุนไพร์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตของศูนย์และนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มกำลังการผลิต โดยคำนึงถึงการใช้งานและสามารถนำไปประยุกต์กับการทำงานที่ศูนย์ได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยมีแนวคิดโดยเปลี่ยนกระบวนการผลิตจากกระบวนการเทหล่อลงในแม่พิมพ์ซิลิโคนเป็นการใช้กระบวนการปั๊มขึ้นรูป เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ จากนั้นนำวัตถุดิบที่ได้มาปั๊มขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ปั๊มและเครื่องปั๊มขึ้นรูปสบู่มุนไพร์ เมื่อปั๊มขึ้นรูปชิ้นงานเสร็จจึงนำสบู่ออกจากแม่พิมพ์ เพื่อลดระยะเวลาในการคงรูปของสบู่อและเพิ่มกำลังการผลิตสบู่มุนไพร์ให้กับศูนย์เรียนรู้ อีกทั้งสามารถปรับรูปแบบของสบู่มุนไพรรูปแบบใหม่ตามที่ถูกความต้องการได้

4. ออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มสบู่มุนไพร์

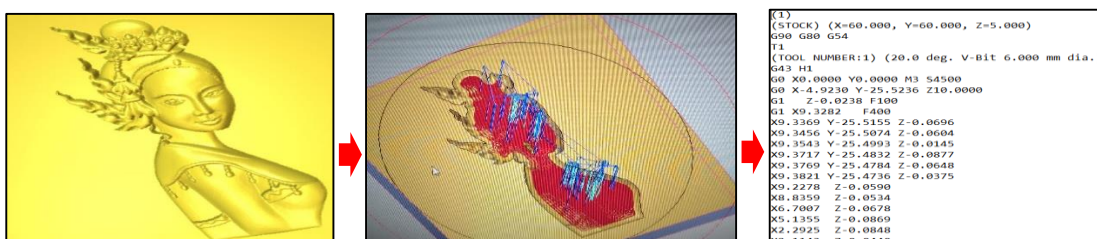
การออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มสบู่มุนไพร์ คณะผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโดยใช้โปรแกรมยูนิกราฟิกส์เวอร์ชัน 6.0 โดยเริ่มจากการนำไฟล์แบบงานสามมิติที่ได้จากการออกแบบมาสร้างส่วนประกอบของแม่พิมพ์คือ แม่พิมพ์ปั๊มด้านบน แม่พิมพ์ปั๊มตัวกลาง แม่พิมพ์ปั๊มด้านล่าง แผ่นรองแม่พิมพ์ด้านล่าง และอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดแม่พิมพ์ด้านบนและด้านล่าง โดยหลักการทำงานของแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปสบู่มุนไพร์คือแม่พิมพ์ด้านบนมีหน้าที่ปั๊มขึ้นรูปบริเวณที่เป็นผิวเรียบของชิ้นงาน ส่วนแม่พิมพ์ด้านล่างมีหน้าที่ปั๊มขึ้นรูปปลายของชิ้นงานและในส่วนของแม่พิมพ์ตัวกลางทำหน้าที่ปั๊มขึ้นรูปทรงของชิ้นงานได้แก่รูปทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยม และรูปทรงวงรี ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มสบู่มุนไพร์

5. สร้างโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัตสำหรับผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟ

หลังจากได้ข้อมูลออกแบบส่วนประกอบของแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟขั้นตอนต่อไปคณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม ART CAM เวอร์ชัน 2017 ในการสร้างโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัต (Toolpath) การสร้างลำดับขั้นตอน กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานกัด ทำการแปลงเส้นทางเดินของมิดกัต และทำการแปลงข้อมูลเป็นรหัสหรือโค้ด เพื่อส่งผ่านข้อมูลไปยังชุดควบคุมของเครื่องกัดซีเอ็นซีในลำดับต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การสร้างโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัต

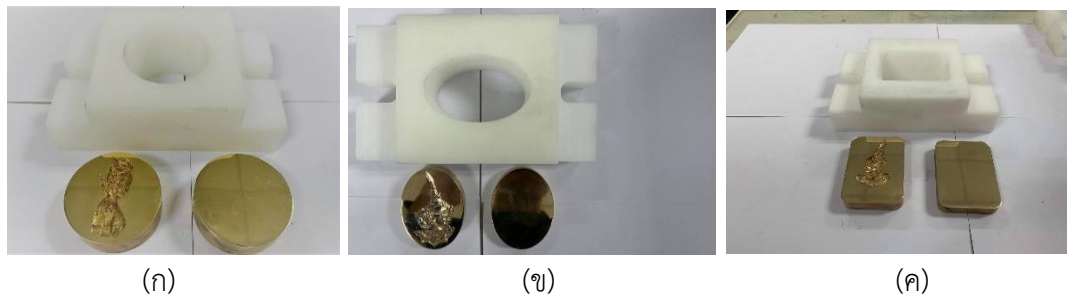
6. ผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

การผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟคณะผู้วิจัยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีแบบ 3 แกน โดยเครื่องจักรดังกล่าวมีหลักการทำงานควบคุมด้วยรหัสคำสั่งที่ประกอบไปด้วยตัวเลขและตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่น ๆ ซึ่งจะถูกละเปลี่ยนเป็นคลื่นสัญญาณของกระแสไฟฟ้าที่จะไปควบคุมให้เครื่องจักรทำงาน ตามขั้นตอนการวางแผนการผลิตและสร้างโปรแกรม (Tragangoon, C., 2011) โดยขั้นตอนในการผลิตแม่พิมพ์สูญสุมนไฟ เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์ ได้แก่ ชิ้นงานทองเหลืองและชิ้นงานพลาสติก จากนั้นนำวัตถุดิบดังกล่าวมาขึ้นรูปตามขั้นตอนของโปรแกรมบนเครื่องจักรซีเอ็นซี ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

หลังจากผลิตแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี จะได้แม่พิมพ์ซึ่งประกอบด้วย 3 แม่พิมพ์ ได้แก่ แม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟขม้น ดังภาพที่ 6(ก) แม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟทานาคา ดังภาพที่ 6(ข) และแม่พิมพ์ปั๊มสูญสุมนไฟรังไหม ดังภาพที่ 6(ค) โดยแม่พิมพ์มีขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความยาว 140 มิลลิเมตร ความสูง 100 มิลลิเมตร ซึ่งแม่พิมพ์ที่ใช้ปั๊มลวดลายจะใช้วัสดุทองเหลือง ในส่วนของแม่พิมพ์ที่ใช้ปั๊มขอบชิ้นงานจะใช้วัสดุเป็นพลาสติก



ภาพที่ 6 แม่พิมพ์ปั๊มสุบสมุนไพรโดยใช้เครื่องกดซีเอ็นซี

4. เครื่องมือและอุปกรณ์

งานวิจัยนี้เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยเครื่องปั๊มสุบสมุนไพรโดยใช้ระบบควบคุมแบบนิวแมติกส์ มีขนาด ความกว้าง 40 เซนติเมตร ความยาว 50 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร และมีอุปกรณ์ประกอบด้วยปั๊มลมขนาด 50 ลิตร ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งเครื่องดังกล่าวมีหลักการทำงานคือใช้ระบบนิวแมติกส์มาควบคุมการทำงานทางไฟฟ้าโดยผ่านชุดโซลินอยด์วาล์วเพื่อใช้ควบคุมการปั๊มขึ้นงาน

5. ผลการดำเนินการ

5.1 ขั้นตอนการทดสอบปั๊มขึ้นรูปสุบสมุนไพร

1. การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ทดสอบ

เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบสารสกัดสมุนไพรไปตุ๋นในหม้อจนละลาย โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 40 - 50 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 7(ก) เมื่อได้อุณหภูมิตามที่กำหนดเติมสารสกัดสมุนไพรคือ ถั่งเช่า โยโหม และทานาคา ทำการตุ๋นอีก 10 นาที และทำการปิดไฟของหม้อตุ๋นรอให้สารสกัดเย็นตัวประมาณ 10 นาที เติมน้ำและน้ำหอมเพื่อใช้ในการปรุงแต่งสีกลิ่นของสุบ ดังภาพที่ 7(ข) จากนั้นทำการเทวัตถุดิบลงในบล็อกแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ ดังภาพที่ 7(ค) ปล่อยให้วัตถุดิบเย็นตัวประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการปั๊มสุบสมุนไพร

2. การติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊มสุบสมุนไพรและทดสอบปั๊มขึ้นรูป

ขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊มสุบสมุนไพร โดยนำแม่พิมพ์ปั๊มด้านบนยึดกับชุดอุปกรณ์จับยึด และนำแม่พิมพ์ที่ยึดกับอุปกรณ์มายึดติดกับชุดอุปกรณ์

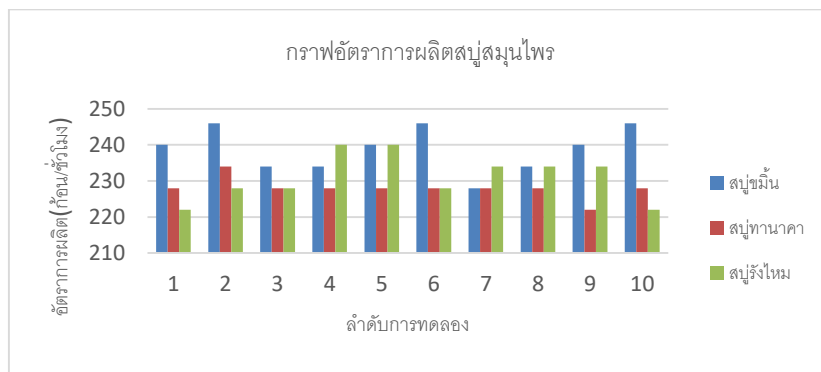
ที่ติดกับเครื่อง จากนั้นนำมาประกอบกับชุดแผ่นเคลื่อนที่ด้านบนของเครื่องปั๊มสบู่เมื่อทำการประกอบชุดแม่พิมพ์ด้านบนเสร็จ ขั้นตอนต่อไปนำแม่พิมพ์ปั๊มด้านล่างที่มีลวดลายมาประกอบกับชุดอุปกรณ์จับยึด นำมาประกอบกับชุดต้นขึ้นงานออก โดยใช้กระบอกลมและนำแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปตัวกลางที่เป็นพลาสติกมาประกอบให้ตรงกับแม่พิมพ์ด้านล่าง ทำการปรับตั้งระยะให้แม่พิมพ์ด้านบนและแม่พิมพ์ด้านล่างตรงกัน จากนั้นคณะผู้วิจัยทดสอบปั๊มขึ้นรูปสบู่สมุนไพร ดังแสดงในภาพที่ 8



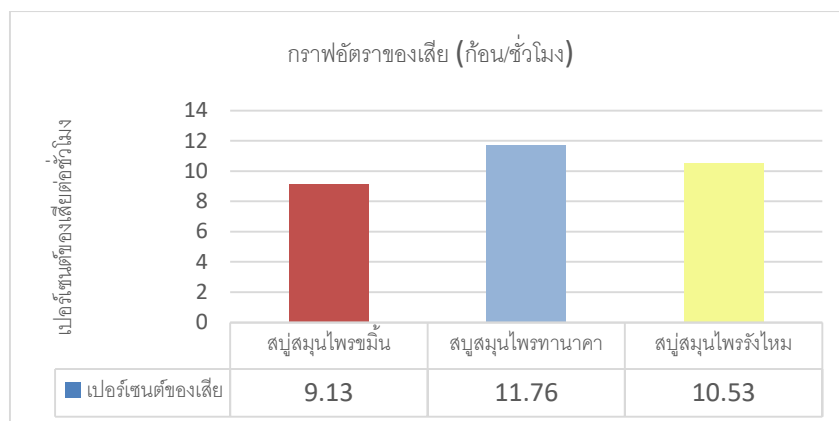
ภาพที่ 8 ประกอบและติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊มสบู่

5.2 ผลการหาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา

การหาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสบู่โดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองหาอัตราการผลิตและจำนวนของเสียที่ได้ โดยตัวแปรต้นคือจำนวนครั้งในการทดสอบปั๊มขึ้นรูปสบู่ ตัวแปรตาม คือ อัตราการผลิต และจำนวนของเสีย โดยนำวัตถุดิบในการทำสบู่ มาทำการตุ๋นให้ละลาย เติมน้ำมันสกัดสมุนไพรขมิ้น ทานาคา และรังไหม จากนั้นนำมาเทลงในบล็อกพิมพ์ที่เตรียมไว้ ปล่อยให้วัตถุดิบเย็นตัว 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อได้เวลาที่ต้องการนำวัตถุดิบมาตัดเป็นก้อนตามขนาด โดยจับเวลารอบละ 10 นาที ทำการทดสอบวนซ้ำจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของอัตราการผลิตและอัตราของเสียที่ได้และทำการศึกษาผลที่เกิดขึ้นด้านประสิทธิภาพอัตราการผลิตสบู่สมุนไพรแบบเดิมของศูนย์เรียนรู้กับกระบวนการผลิตที่ได้พัฒนาผลการทดสอบประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในการปั๊มสบู่สมุนไพร พบว่ามีอัตราการผลิตเฉลี่ยสบู่สมุนไพรขมิ้นเท่ากับ 239 ก้อน/ชั่วโมง หรือ 31,548 ก้อน/เดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18 ก้อนต่อชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ยสบู่สมุนไพรทานาคาเท่ากับ 228 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 30,096 ก้อน/เดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24 ก้อนต่อชั่วโมงและอัตราการผลิตเฉลี่ยสบู่สมุนไพรรังไหมเท่ากับ 231 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 30,492 ก้อน /เดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22 ก้อนต่อชั่วโมง ดังภาพที่ 10 และดังภาพที่ 11



ภาพที่ 10 แสดงกราฟอัตราของเสียของสบู่สมุนไพร



ภาพที่ 11 แสดงกราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียของสบู่สมุนไพร

จากกราฟอัตราของเสียของสบู่สมุนไพร พบว่าของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตสบู่ โดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนามีอัตราของเสียมากที่สุดคือสบู่สมุนไพรทานาคาร้อยละ 11.76 สบู่สมุนไพรรังไหมร้อยละ 10.53 และสบู่สมุนไพรขมิ้นร้อยละ 9.13 โดยสาเหตุจากการทดสอบพบว่าเกิดจากการออกแบบรูปทรงตลอดจนความละเอียดของสบู่และแม่พิมพ์ปั๊มที่มีความละเอียดและซับซ้อน จึงทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งวิธีการปรับปรุงความละเอียดของผลผลิตในการออกแบบ

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการผลิตสบู่ของศูนย์เรียนรู้ โครงการบ้านตัวอย่างกับกระบวนการผลิตที่ได้พัฒนา

สบู่สมุนไพร	อัตราการผลิตแบบเดิม (ก่อน/วัน)	อัตราการผลิตแบบเดิม (ก่อน/เดือน)	อัตราการผลิตที่พัฒนา (ก่อน/วัน)	อัตราการผลิตที่พัฒนา (ก่อน/เดือน)	ผลต่างของอัตราการผลิต	ประสิทธิภาพอัตราการผลิตเพิ่มขึ้น (ร้อยละ)
ขมิ้น	570	12,540	1,434	31,548	19,008	151.6
ทานาคา	540	11,880	1,368	30,096	18,216	153.3
รังไหม	552	12,144	1,386	30,492	18,348	151.1
เฉลี่ย	554	12,188	1,396	30,712	18,524	152.0

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการผลิตสบู่ของศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านตัวอย่างกับกระบวนการผลิตที่ได้พัฒนา พบว่าอัตราการผลิตสบู่สมุนไพรแบบเดิมของศูนย์เรียนรู้ โดยคิดจากจำนวนชั่วโมงการทำงาน 1 วัน 6 ชั่วโมง จำนวน 22 วันใน 1 เดือน เฉลี่ย 554 ก่อนต่อวัน หรือ 12,188 ก่อนต่อเดือน กระบวนการผลิตสบู่ที่พัฒนามีอัตราการผลิตเฉลี่ย 1396 ก่อนต่อวัน หรือ 30,712 ก่อนต่อเดือน มีอัตราการผลิตสบู่สมุนไพรขมิ้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 151.6 อัตราการผลิตสบู่สมุนไพรทานาคามีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 153.3 และอัตราการผลิตสบู่สมุนไพรรังไหมมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 151.1

5.3 ผลประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรที่พัฒนา

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาคือสบู่สมุนไพรขมิ้น สบู่สมุนไพรทานาคาและสบู่สมุนไพรรังไหมกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีคัดเลือกแบบเจาะจงกับศูนย์การเรียนรู้

โครงการบ้านต่อยอด จำนวน 20 คน เมื่อได้ข้อมูลแบบประเมินครบตามจำนวน จึงนำแบบประเมินที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลผลประเมินความพึงพอใจของสบู่มุนไพรขมิ้น สมนไพรทานาคา และสมนไพรรังไหม โดยผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความพึงพอใจไปเก็บข้อมูลประชากรกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วย เพศชาย 5 คนและเพศหญิง 15 คน รวมจำนวน 20 คน เกณฑ์การประเมินทั้งหมด 10 ข้อผลการประเมินสบู่มุนไพรขมิ้นค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.50 ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.52 อยู่ในระดับดี ผลการประเมินสบู่มุนไพรทานาคาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.32 ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.49 อยู่ในระดับดี และผลการประเมินสบู่มุนไพรรังไหมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.40 ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.52 อยู่ในระดับดี จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการกระจายข้อมูลอยู่ในระดับดี ในประเด็นผลประเมินความพึงพอใจที่มีคะแนนสูงที่สุดคือผลิตภัณฑ์สามารถช่วยสร้างรายได้ให้กับศูนย์เรียนรู้ รองลงมาคือกระบวนการผลิตแม่พิมพ์สามารถตอบสนองความต้องการ ในส่วนประเด็นประเมินความพึงพอใจต่ำที่สุดของผู้ตอบแบบสอบถามคือลดทลายบนผลิตภัณฑ์มีความคมชัด ส่วนข้อเสนอแนะด้านอื่น ๆ สิ่งที่ต้องปรับปรุงด้านลดทลายบนผลิตภัณฑ์ให้มีความคมชัด ควรปรับลายให้มีความละเอียดน้อยลง ควรเพิ่มโลโก้หรือตราสัญลักษณ์ตัวหนังสือลงบนผลิตภัณฑ์สบู่มุนไพรเพื่อเป็นสื่อในการประชาสัมพันธ์ศูนย์เรียนรู้ให้กับผู้บริโภค

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์สบู่มุนไพรที่พัฒนา

หัวข้อประเด็นการวัดความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น	
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
ผลิตภัณฑ์สบู่มุนไพรขมิ้น		
1. ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่เหมาะสม	4.60	0.50
2. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์	4.65	0.49
3. ผลิตภัณฑ์มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างอัตลักษณ์	4.35	0.49
4. ลดทลายบนผลิตภัณฑ์มีความคมชัด	4.15	0.59
5. รูปแบบลดทลายสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ศูนย์เรียนรู้	4.55	0.51
6. ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์แบบเดิม	4.40	0.50
7. กระบวนการผลิตแม่พิมพ์สามารถตอบสนองความต้องการ	4.40	0.50
8. ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยสร้างรายได้ให้กับศูนย์เรียนรู้	4.70	0.47
9. ผลิตภัณฑ์สามารถสร้างแรงจูงใจในการเลือกซื้อของลูกค้า	4.55	0.51
10. ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าทางวัฒนธรรมเป็นที่ยอมรับ	4.50	0.51
ค่าเฉลี่ย	4.50	0.52
ผลิตภัณฑ์สบู่มุนไพรทานาคา		
1. ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่เหมาะสม	4.40	0.50
2. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์	4.30	0.47
3. ผลิตภัณฑ์มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างอัตลักษณ์	4.35	0.49
4. ลดทลายบนผลิตภัณฑ์มีความคมชัด	4.05	0.51

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรที่พัฒนา (ต่อ)

หัวข้อประเด็นการวัดความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น	
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
5. รูปแบบขวดสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ศูนย์เรียนรู้	4.40	0.50
6. ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์แบบเดิม	4.20	0.41
7. กระบวนการผลิตแม่พิมพ์สามารถตอบสนองความต้องการ	4.45	0.51
8. ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยสร้างรายได้ให้กับศูนย์เรียนรู้	4.55	0.51
9. ผลิตภัณฑ์สามารถสร้างแรงจูงใจในการเลือกซื้อของลูกค้า	4.20	0.41
10. ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าทางวัฒนธรรมเป็นที่ยอมรับ	4.30	0.47
ค่าเฉลี่ย	4.32	0.49
ผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรรางไหม		
1. ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่เหมาะสม	4.45	0.51
2. ความสวยงามของผลิตภัณฑ์	4.50	0.51
3. ผลิตภัณฑ์มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างอัตลักษณ์	4.40	0.50
4. ขวดลายบนผลิตภัณฑ์มีความคมชัด	4.10	0.64
5. รูปแบบขวดสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ศูนย์เรียนรู้	4.40	0.50
6. ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์แบบเดิม	4.40	0.50
7. กระบวนการผลิตแม่พิมพ์สามารถตอบสนองความต้องการ	4.45	0.51
8. ผลิตภัณฑ์สามารถช่วยสร้างรายได้ให้กับศูนย์เรียนรู้	4.55	0.51
9. ผลิตภัณฑ์สามารถสร้างแรงจูงใจในการเลือกซื้อของลูกค้า	4.35	0.49
10. ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าทางวัฒนธรรมเป็นที่ยอมรับ	4.30	0.47
ค่าเฉลี่ย	4.40	0.52

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

ผลการหาประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสบู่สมุนไพร กรณีศึกษาศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านต๋อยอด จากการทดสอบปั๊มขึ้นรูปสบู่สมุนไพรพบว่าอัตราการผลิตเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรหมักเท่ากับ 239 ก้อน/ชั่วโมง หรือ 31,548 ก้อน/เดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18 ก้อนต่อชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรทานาคาเท่ากับ 228 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 30,096 ก้อน/เดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24 ก้อนต่อชั่วโมง และอัตราการผลิตเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรรางไหมเท่ากับ 231 ก้อนต่อชั่วโมง หรือ 30,492 ก้อน/เดือน อัตราของเสียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22 ก้อนต่อชั่วโมง จากการเปรียบเทียบอัตราการผลิตของศูนย์เรียนรู้โดยใช้กระบวนการเทหล่อลงในแม่พิมพ์ซิลิโคนมีอัตราการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 12,188 ก้อนต่อเดือน เมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตที่พัฒนาโดยใช้การปั๊มขึ้นรูปจากแม่พิมพ์มีอัตราการผลิตเฉลี่ย 30,712 ก้อนต่อเดือน ทำให้ประสิทธิภาพของอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 152.0 ในส่วนผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ในส่วนของคุณค่าต้นทุน ต้นทุนคงที่ของเครื่องปั๊มสบู่สมุนไพรซึ่งประกอบด้วยตัวเครื่องและชุดควบคุมระบบนิวแมติกส์ ปั๊มลมขนาด 50 ลิตร และในส่วนด้านการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูป

สบู่สมุนไพร 3 แม่พิมพ์ มีค่าใช้จ่ายคือ ค่าการออกแบบแม่พิมพ์ 8,000 บาท ค่าจัดซื้อวัสดุทองเหลือง และแผ่นพลาสติก 12,000 บาท และการเขียนโปรแกรม 10,000 บาท และค่าผลิตแม่พิมพ์บนเครื่องจักรซีเอ็นซี 15,000 บาท รวมค่าใช้จ่ายในการผลิตแม่พิมพ์เท่ากับ 45,000 บาท อัตราการผลิตของสบู่สมุนไพรเฉลี่ยเท่ากับ 1,396 ก้อนต่อวัน หรือ 30,712 ก้อนต่อเดือน จุดคุ้มทุน 6,307 ก้อน

ด้านผลประโยชน์ความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ของกลุ่มตัวอย่างศูนย์การเรียนรู้โครงการบ้านตัวอย่าง จำนวน 20 คน ผลการประเมินเฉลี่ยของสบู่สมุนไพรขมิ้น เท่ากับ 4.50 ผลการประเมินสบู่สมุนไพรรางไหมค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และผลการประเมินสบู่สมุนไพรรางไหมค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ซึ่งอยู่ในระดับดี

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ สามารถเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับลูกค้า การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของผลิตภัณฑ์ตามที่ถูกความต้องการ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรของศูนย์เรียนรู้ให้มีความหลากหลาย และการพัฒนากระบวนการผลิตสบู่สมุนไพร โดยใช้แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูป พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตสบู่สมุนไพรของศูนย์เรียนรู้ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตและสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปตามผลิตภัณฑ์ที่ถูกค่ามีความต้องการ โดยนำเทคโนโลยีการออกแบบแม่พิมพ์ การผลิตแม่พิมพ์ด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซีเพื่อลดความผิดพลาดและสามารถผลิตแม่พิมพ์ที่มีความซับซ้อนได้ อีกทั้งกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปที่พัฒนาสามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตสบู่โดยใช้วิธีการเทลงในแม่พิมพ์ซิลิโคนได้จริง การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตเป็นทางเลือกให้ผู้ประกอบการ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และศูนย์เรียนรู้ ที่ผลิตสินค้าเพื่อสร้างทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับศูนย์เรียนรู้ทั้งด้านกำลังการผลิตและลดต้นทุนของสินค้าได้จริง สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง Process and Quality Development of Black sesame crispy cracker from broken Sinlek Rice (Ladnoi, S., & Wongtong, O. 2017) และงานวิจัยเรื่อง Increasing Productivity of Patch pocket for 7-Eleven (Tawinwongsuriya, V., Rakkan, S., Sakulthai, T., & Plongmai, j. 2015) ที่ได้กล่าวว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตทำให้ลดต้นทุนของสินค้าและประสิทธิภาพของการผลิตเพิ่มขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์เรียนรู้โครงการบ้านตัวอย่าง เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ที่อนุเคราะห์วัตถุดิบในการทดลอง ตลอดจนให้ข้อมูลด้านการผลิตสบู่สมุนไพร อีกทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผู้ให้ทุนวิจัย รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

Inkong, P. (2014). Development of the northern souvenir product in promoting creative economic tourism: A case study of Yao tribal group. *Art Klong Hok, Journal*. 1(2),21-41.

- Keawserm, T. (2008). **Study problems and needs for develop potential of producers community products in Phetchabun province**, in Faculty of Agriculture, Phetchabun Rajabhat University.
- Khunphonkaew, C. (2003). **Basic productivity improvement**. (3rd ed.). Bangkok: Thailand Productivity Publisher. (In Thai)
- Ladnoi, S., & Wongtong, O. (2017). Process and Quality Development of Black sesame crispy cracker from broken Sinlek Rice. **VRU Research and Development Journal**, 12(2),19-27.
- Tawinwongsuriya, V., Rakkan, S., Sakulthai, T., & Plongmai, j. (2015). Increasing Productivity of Patch pocket for 7-Eleven. **Kasem Bundit Engineering Journal**, 5(2), 186-198.
- Tepaya, N. (2006). Amazing Herb Soap. **Journal of Yala Rajabhat University**, 1(2),156-164.
- Tragangoon, C. (2011). **CNC Technology**. (4th ed.). Bangkok: Technology promotion association (Thailand-Japan) Publisher. (In Thai)

**แนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพ
ของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย**
**Design Guidelines for promoting public space potential
in the Old District of Chiangrai City**

วัฒนพล อยู่สวัสดิ์^{1*}, พงศ์ตะวัน นันทศิริ² และวิบูลพร วุฒิกุล³

Wattanapon Eusawat^{1*}, Pongtawan Nuntasiri² and Viboonporn Wutthikun³

^{1*,2,3} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ม.9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

^{1*,2,3} Faculty of Industrial Technology Chiang Rai Rajabhat University

80 m.9 Phahonyothin Rd., Mueang, Chiang Rai, Thailand 57100

วันที่รับบทความ 11 พฤศจิกายน 2563

Received: Nov. 11, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 25 ธันวาคม 2563

Revised: Dec. 25, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 6 มกราคม 2564

Accepted: Jun. 6, 2021

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย แนวทางการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ พฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งาน นำไปสู่การกำหนดแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย งานวิจัยนี้มีรูปแบบวิธีวิจัยเชิงผสมผสาน (Mix Method) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบสำรวจพื้นที่สาธารณะ แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสอบถามความต้องการในการใช้งานพื้นที่สาธารณะ

ผลการศึกษาพบว่า แนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเด็นหลัก คือ 1. พื้นที่สาธารณะที่ควรส่งเสริมศักยภาพ ได้แก่ สวนสาธารณะ คือ บริเวณสวนตุ่ง (เรือนจำเก่า) ซึ่งอยู่ในย่านเมืองเก่าเชียงราย เป็นพื้นที่ที่นิยมใช้จัดกิจกรรมประจำปี เดินทางสะดวก เชื่อมต่อย่านเศรษฐกิจ ควรส่งเสริมให้เกิดการใช้งานที่หลากหลาย 2. พฤติกรรมและความต้องการใช้งานพื้นที่สาธารณะของทั้งคนในและนอกเขตพื้นที่ 3. แนวทางการออกแบบพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงรายในเชิงสร้างสรรค์ที่ ประกอบไปด้วย ชุดเฟอร์นิเจอร์สาธารณะและการออกแบบพื้นที่ 4. ข้อเสนอแนะและการวางแผนเพื่อพัฒนาศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย เช่น การเพิ่มช่องทางการเข้าถึงพื้นที่ การเพิ่มจุดบริการต่าง ๆ ข้อพิจารณาด้านการวางป้ายและสื่อโฆษณา เป็นต้น

คำสำคัญ: แนวทางการออกแบบ, พื้นที่สาธารณะ, เฟอร์นิเจอร์สาธารณะ, เมืองเก่า, จังหวัดเชียงราย

Abstract

This research article investigated the potential of public spaces in Chiang Rai old district. Analysis of user behavior and needs led to the determination of design guidelines that sought to promote the potential uses of these public areas. This was a mixed method research collecting both qualitative and quantitative data. The research instruments used were a public space survey form, a behavioral observation form, and a user requirements questionnaire.

The study found that the design guidelines to promote the potential of public areas in Chiang Rai old district could be separated into 4 main aspects: 1) The highest potential public space is a park in Suantung area (the old prison) located in Chiang Rai old district. This is a popular area for organizing annual events, is convenient to travel to, and connects to the economic area. Therefore, the government should encourage a wide range of its uses. 2) The needs of public space users both inside and outside Chiang Rai old district should be investigated. 3) The guidelines for the creative design of public spaces in Chiang Rai old district, comprising public furniture sets and space design should be established. 4) Planning for the potential development of public areas in Chiang Rai old district, such as increasing access to areas, adding service points and considerations of signage and advertising media should be carried out.

Keywords: Design Guidelines, Public Space, Public Furniture, The Old District, Chiangrai

1. บทนำ

พื้นที่สาธารณะ (Public Space) เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้ชุมชนเกิดกิจกรรม เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพชีวิตของผู้คน สร้างเอกลักษณ์และวิถีประจำวันผ่านการใช้พื้นที่ (Kotchasee, K. & Anukulyudhathon, E., 2019) อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเมือง ที่ส่งเสริมให้เกิดคุณภาพชีวิตและรองรับความต้องการที่หลากหลาย (Chaijan, S. & Laiprakobsup, N., 2016) โดยมี 4 องค์ประกอบสำคัญ คือ มีความเป็นสังคมและชีวิตชีวา มีการใช้สอยและทำกิจกรรม สามารถเข้าถึงและเชื่อมโยงพื้นที่ส่วนต่าง ๆ และมีความสะดวกสบายปลอดภัย น่าดึงดูด ดังนั้นคุณภาพของพื้นที่สาธารณะย่อมมีผลที่เกิดจากศักยภาพของพื้นที่สาธารณะเป็นสำคัญ และพื้นที่สาธารณะที่มีศักยภาพจะก่อให้เกิดกิจกรรมทางเลือก มีสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้ทำกิจกรรมและเป็นสถานที่ที่เชื้อเชิญให้เกิดกิจกรรมขึ้น (Gehl, J., 1987)

เมืองเชียงรายเป็นเมืองที่มีความสำคัญตั้งแต่อดีตและมีประวัติศาสตร์อันยาวนาน ปรากฏร่องรอยที่เป็นรูปธรรมของ ชุมชน สังคมและศิลปวัฒนธรรม และแหล่งทรัพยากรทางวัฒนธรรมในเขตย่านเมืองเก่าเชียงรายมากมาย แบ่งเป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ วัดและศาสนสถาน กำแพงเมืองและคูเมือง พิพิธภัณฑสถานกลางเมือง อาคารราชการและสถานศึกษา อนุสาวรีย์และอนุสรณ์สถาน แหล่งมรดกความทรงจำ

และแหล่งภูมิปัญญาท้องถิ่น และย่านวัฒนธรรมและย่านการค้า (Namjaidee, N., 2020) อีกทั้งยังเป็นที่ตั้งของพื้นที่สาธารณะที่มีความสำคัญหลายแห่ง แต่ในภายหลังได้มีการพัฒนาเมืองเก่าเชียงราย ซึ่งเป็นไปตามนโยบาย สภาพเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมสมัยใหม่ รวมถึงประชากรของเมืองที่มีความหนาแน่นสูงขึ้น ทำให้เกิดความเจริญเติบโตของเมืองอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้พื้นที่สาธารณะในเมืองไม่ได้รับการพัฒนาควบคู่ไปกับตัวเมือง ขาดความเป็นเอกลักษณ์ รูปแบบทางกายภาพไม่สอดคล้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น การพัฒนาที่ขาดความเข้าใจในพฤติกรรมของคนเมืองและการใช้พื้นที่สาธารณะอย่างเหมาะสม ทำให้เกิดผลตามมาคือไม่มีผู้ใช้งาน พื้นที่ สิ่งก่อสร้าง และอุปกรณ์เสื่อมโทรม อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อภูมิทัศน์ของเมืองเก่าเชียงรายอีกด้วย

บทความวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย ความต้องการ และพฤติกรรมการใช้งานของคนเมือง เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย ด้วยกระบวนการคิดในเชิงการออกแบบ และการออกแบบอย่างมีส่วนร่วมของคนในชุมชน เพื่อให้พื้นที่สาธารณะนี้ตอบสนองพฤติกรรมและการใช้งานมากขึ้น อำนวยความสะดวกเหมาะสม ยึดหยุ่นกับกิจกรรมในพื้นที่ มีรูปแบบที่เป็นเอกลักษณ์ และดึงดูดผู้ที่เข้ามาใช้งาน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 สำรวจและศึกษาศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย
- 2.2 ศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งานพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย
- 2.3 นำเสนอแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ที่เข้ามาใช้งานพื้นที่ ณ สวนตุ่งและโคมเชียงรายเฉลิมพระเกียรติ 75 พรรษา กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้วิจัยใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยมีวัตถุประสงค์การเก็บข้อมูลด้านพฤติกรรมและความต้องการการใช้งานที่หลากหลาย จึงเก็บข้อมูลแยกตามช่วงเวลา ได้แก่ 6.00 - 12.00 น. 12.00 - 18.00 น. 18.00 - 21.00 น. และ 3.00 - 6.00 น. ช่วงเวลาละ 50 คน รวมเป็น 200 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบเครื่องมือด้วยวิธีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Valid) ด้วยผู้เชี่ยวชาญ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านภาษา และด้านการออกแบบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องตรงตามเนื้อหา ความครอบคลุม และความเหมาะสมของเนื้อหา จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง (Try out) เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของภาษาและคำตอบที่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยมีเครื่องมือการวิจัย ดังนี้

1. แบบสำรวจพื้นที่สาธารณะ เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลด้านตำแหน่ง ที่ตั้งของพื้นที่สาธารณะในย่านเมืองเก่าเชียงราย และประเมินองค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่สาธารณะ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่

2. แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลด้านพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาใช้งานในพื้นที่ และสังเกตสิ่งที่ยู่นอกเหนือขอบเขตของการสอบถาม

3. แบบสอบถามความต้องการ เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความต้องการใช้งาน ความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวก สภาพปัญหา และความคิดเห็นที่มีต่อพื้นที่

3.3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่สาธารณะข้อมูลของย่านเมืองเก่าเชียงราย และแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ

2. สำรวจทางลักษณะกายภาพและระบุตำแหน่งของพื้นที่สาธารณะในเขตเมืองเก่าและวิเคราะห์ศักยภาพและคัดเลือกพื้นที่ การทำแบบสอบถามจากผู้ในพื้นที่สาธารณะครอบคลุมพื้นที่การศึกษา การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม จากสถานที่จริงที่เกิดขึ้นของผู้ใช้พื้นที่สาธารณะในย่านเมืองเก่าเชียงราย กิจกรรมในพื้นที่สาธารณะในช่วงเวลาหรือเทศกาลที่มีการใช้พื้นที่สาธารณะด้วยการบันทึกเป็นภาพถ่าย บันทึกลงบนแผนที่

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอ โดยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนำมาวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามสอดคล้องกับข้อมูลด้านการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยการจำแนกข้อมูลจากนั้นแปลงข้อมูล โดยการนับความถี่และการวัดความซ้ำของข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์สังเคราะห์และสรุปผลเพื่อนำไปสู่การออกแบบ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจและแบบสังเกต จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเรียบเรียงและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยาย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ในงานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้จากแบบสอบถามความต้องการ จากนั้นนำเสนอการแปลผลข้อมูลในรูปแบบของตารางประกอบคำบรรยาย

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษสามารถแบ่งได้เป็น 4 หัวข้อหลัก คือ 1) การสำรวจและศึกษาศักยภาพพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย 2) การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งาน 3) แนวทางการ

ออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย 4) ข้อเสนอแนะและการวางแผน เพื่อพัฒนาศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย ดังนี้

4.1 การสำรวจและศึกษาศักยภาพพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

การสำรวจพื้นที่เพื่อนำมาสู่การประเมินศักยภาพของพื้นที่สาธารณะในเขตเมืองเก่าเชียงราย มีขอบเขตในการศึกษาพื้นที่ตามองค์ประกอบของพื้นที่สาธารณะทั้งหมด 7 ประเภท คือ 1. ลานวัด 2. ลานคนเมือง 3. ตลาด 4. ศาลเจ้า 5. ที่ว่าง ที่จอดรถ 6. สระน้ำ คูเมือง สวนสาธารณะ 7. ถนน ทางเดิน (Lisund, N., 2016 & Namjaidee, N., 2020) และได้กำหนดตำแหน่งลงบนแผนที่ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงหมายเลขที่ ประเภทและตำแหน่งของพื้นที่สาธารณะในเขตพื้นที่เมืองเก่าเชียงราย

ผู้วิจัยประเมินศักยภาพของพื้นที่ตามองค์ประกอบของพื้นที่สาธารณะทั้งหมด 7 ประเภท ด้วยการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพตามแนวคิดเกณฑ์คุณภาพของพื้นที่สาธารณะ 10 ประการ ตามแนวคิดของ (Kozlova, L. & Kozlov, M., 2018 & Smith, T., et al 1997 and Praliya, S. & Garg, P., 2019) สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 การประเมินศักยภาพของพื้นที่สาธารณะของแต่ละองค์ประกอบย่านเมืองเก่าเชียงราย
ตามแนวคิดเกณฑ์คุณภาพของพื้นที่สาธารณะ

องค์ประกอบ	10 เกณฑ์คุณภาพของพื้นที่สาธารณะ										สรุปผล
	Accessibility	Multifunction	Safety	Legibility	Sustainability	Human Scale	Identity	Interactivity	Flexibility	Scenario	
1. ลานวัด ได้แก่ วัดศรีเกิด, วัดกลางเวียง, วัดมุงเมือง, วัดมิ่งเมือง, วัดดอยงำเมือง, วัดดอยจอมทอง* , วัดศรีบุญเรือง, วัดพระสิงห์, วัดพระแก้ว	P	-	P	-	-	-	P	-	-	P	ศักยภาพต่ำ
2. ลานคนเมือง ได้แก่ ลานพ่อขุนเม็งราย* , ลานหน้าศาลากลางหลังเก่า, ลานบริเวณหอนาฬิกา	P	-	-	-	-	P	P	-	-	P	ศักยภาพปานกลาง
3. ตลาด ได้แก่ ตลาดสดเทศบาลนครเชียงราย ตลาดศิริกรณ์	P	-	-	P	-	-	-	-	-	-	ศักยภาพต่ำ
4. ศาลเจ้า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ไม่มี
5. ที่ว่าง ที่จอดรถ ได้แก่ ถนนหน้าศาล, วัดมิ่งเมือง, ถนนสิงห์ไคล	P	-	P	-	-	-	-	-	-	-	ศักยภาพต่ำ
6. สระน้ำ คูเมือง สวนสาธารณะ ได้แก่ สวนตุ่ง* , พื้นที่ริมคูเมืองเชียงราย	P	-	-	-	P	P	-	-	P	P	ศักยภาพปานกลาง
7. ถนน ทางเดิน ได้แก่ ถนนสิงห์ไคล, บรรพปราการ, อูตรกิจ, และถนนหน้าศาล*	P	-	-	P	-	-	P	-	P	P	ศักยภาพปานกลาง

ผลการศึกษาจากตารางที่ 1 พื้นที่สาธารณะประเภทลานวัด ตลาด ถนนและทางเดิน มีขนาดคับแคบ ไม่เหมาะสมกับการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ มีเพียงลานคนเมืองและสวนสาธารณะบางแห่งที่มีศักยภาพเหมาะสมต่อการใช้งานและประกอบกิจกรรม ผู้วิจัยจึงสรุปและคัดเลือกพื้นที่สาธารณะที่ควรส่งเสริมศักยภาพและเป็นกรณีศึกษา คือ สวนตุ่ง (สวนสาธารณะในพื้นที่เรือนจำเก่า) เพราะพื้นที่สวนตุ่งมีเกณฑ์คุณภาพของพื้นที่สาธารณะอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนถนนหน้าศาลที่เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูง เชื่อมโยงพื้นที่ทั้งเขตชุมชนเมือง เศรษฐกิจและวัฒนธรรมเข้าด้วยกันแวดล้อมด้วยสถานที่ท่องเที่ยวมากมาย สามารถเข้าถึงได้ง่าย สะดวก เป็นสวนสาธารณะใกล้ใจกลางเมือง

มีพื้นที่กว้างขวาง ร่มรื่น กอปรกับตัวพื้นที่เป็นสถานที่ที่ใช้จัดกิจกรรมของเมืองอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี เป็นพื้นที่ที่ยืดหยุ่นสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ เช่น กิจกรรมทางวัฒนธรรม งานดอกไม้ งานดนตรี การพักผ่อน หรือถนนคนเดินเชียงราย เป็นต้น

4.2 การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งาน

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยวิธีการตอบแบบสอบถามจำนวน 200 ชุด ครอบคลุมพื้นที่เขตเมืองเก่าและพื้นที่สวนตุงที่เป็นกรณีศึกษา นำผลการตอบแบบสอบถามมาสังเคราะห์ข้อมูลความต้องการและพฤติกรรมการใช้งานในรูปแบบ P.O.I.N.T Model เพื่อหาแนวทางในการออกแบบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 P.O.I.N.T Model การสรุปประเด็นสำคัญด้านพฤติกรรม ความต้องการผู้ใช้งานและแนวคิดการพัฒนา (Thailand Creative & Design Center, 2014)

P : PROBLEM (ปัญหาที่พบในพื้นที่)	O : OPPORTUNITY (โอกาส)	T : THEME (แนวคิดการพัฒนา)
- ไม่มีผู้คนเข้ามาใช้งาน - จำนวนสิ่งอำนวยความสะดวกไม่เพียงพอ เช่น เก้าอี้ โต๊ะ ป้ายข้อมูล ถึงขยะ ห้องน้ำ - ไม่สามารถเข้า-ออกได้ในบางจุด - สภาพรอบนอกเสื่อมโทรม - ขาดพื้นที่พักผ่อน พื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์	- ถนนหน้าลาย เป็นย่านชุมชนเก่าแก่เป็นเขตพื้นที่เศรษฐกิจที่มีร้านค้า ร้านอาหารและนักท่องเที่ยวให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก - มีถนนคนเดินเชียงรายทุกสัปดาห์บนถนนหน้าลายที่พาดผ่านสวนตุง - มีระบบขนส่งสาธารณะที่เข้าถึงเดินทางสะดวก - ใกล้สถานศึกษา มีแหล่งท่องเที่ยวกระจายอยู่เต็มพื้นที่	- การสร้างภาพลักษณ์ใหม่ (Rebrand) การออกแบบพื้นที่เพื่อเชิญชวนให้ผู้คนเข้ามาใช้งานโดยมีข้อพิจารณาการออกแบบครอบคลุมคุณสมบัติของพื้นที่สาธารณะที่ดีทั้ง 4 ด้าน คือ 1) การเข้าถึงและเชื่อมโยง (Access & Linkages) 2) ความสะดวกสบายและภาพลักษณ์ (Comfort & Image) 3) การใช้งานและกิจกรรม (Uses & Activities) และ 4) การเข้าสังคม (Sociability) (Project for public spaces. 2018) (โครงการเพื่อพื้นที่สาธารณะ, 2561) ด้วยการเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกในพื้นที่ อาทิเช่น เฟอร์นิเจอร์สาธารณะสำหรับการนั่งพักและรับประทานอาหาร ถึงขยะ ป้ายข้อมูล แสงสว่าง เพิ่มเครื่องเล่นและอุปกรณ์การออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมกิจกรรมรองโดยคำนึงถึงความเป็นเอกลักษณ์ ความสวยงามของเมือง และความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้มาใช้บริการ
I : INSIGHT (ข้อมูลเชิงลึก)	N : NEED (ความต้องการ)	
- มีผู้คนใช้งานเฉพาะช่วงที่มีกิจกรรมประจำปีเท่านั้น - ผู้ที่ใช้งานส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ เด็ก นักเรียน นักศึกษา มักใช้งานเป็นกลุ่ม - เริ่มมีผู้ใช้งานจำนวนมาก 16.00 น. เป็นต้นไป - เป็นจุดพักสำหรับรถรับจ้าง - ไม่มีแรงจูงใจในการเข้าถึงพื้นที่	- ต้องการพื้นที่เพื่อรองรับกิจกรรมนันทนาการที่มีความหลากหลาย - การเพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับกิจกรรมอื่นๆ - พื้นที่ที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของเมือง มีจุดเด่น สวยงาม ดูน่าใช้งาน - การเข้าถึงพื้นที่ในแต่ละจุดได้ง่าย - พื้นที่ใช้งานเป็นกลุ่ม	

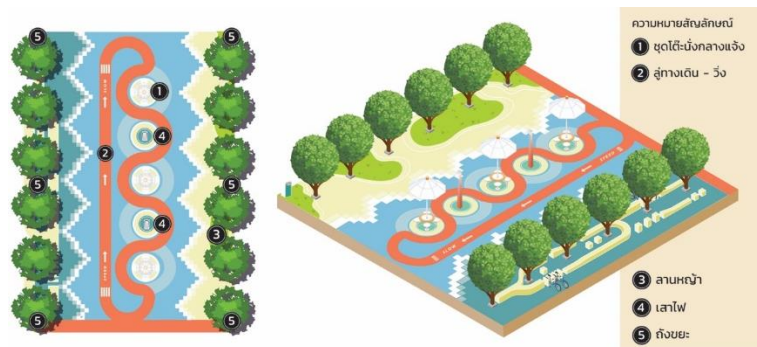
4.3 แนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการออกแบบที่เกี่ยวข้องดังภาพที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลสรุปผลจัดทำแบบร่างและประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบ สามารถสรุปและนำเสนอแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย ตามความสอดคล้องกับพฤติกรรม ความต้องการของผู้ใช้งานและศักยภาพของพื้นที่ ดังรูปภาพที่ 3 - 5 ต่อไปนี้



ภาพที่ 2 Placemaking Diagram (Project for public spaces. 2018)

แนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย พิจารณาจากคุณสมบัติที่สำคัญ 4 ประการคือ 1) การเข้าถึงและเชื่อมโยง 2) ความสะอาดสวยงาม และภาพลักษณ์ 3) การใช้งานและกิจกรรม และ 4) การเข้าถึงสังคม รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ นำมาประยุกต์ให้สอดคล้องกับพื้นที่ พฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งาน สามารถสรุปเป็นแนวทางการออกแบบ ดังนี้



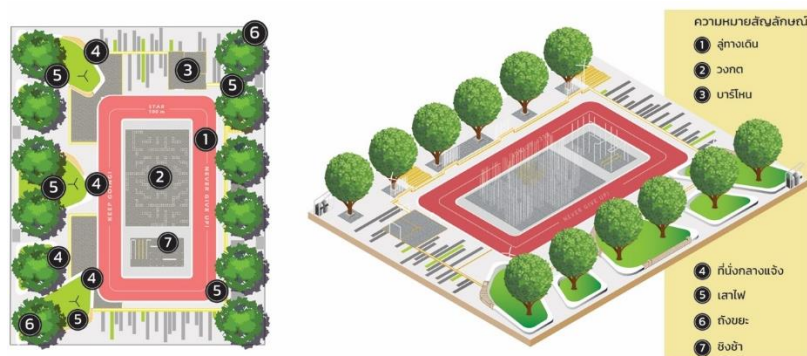
ภาพที่ 3 แนวทางการออกแบบตัวอย่างที่ 1

แนวทางการออกแบบที่ 1 สร้างความเป็นเอกลักษณ์พื้นที่สาธารณะของเมืองด้วย เส้น สี สันบนพื้นที่มีการนำเอาลักษณะเด่นของลายผ้าทอพื้นถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ บริเวณกลางของพื้นที่มีจุดให้แสงสว่าง ที่นั่งพักและรับประทานอาหาร ล้อมรอบด้วยเส้นทางการออกกำลังกาย เพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ในพื้นที่ พื้นที่ด้านข้างตามแนวต้นไม้ทั้ง 2 ด้าน มีจุดนั่งพักผ่อนที่มีรูปแบบแตกต่างกัน สามารถใช้ได้ทั้งเป็นที่นั่งพัก ที่ออกกำลังกาย และเครื่องเล่นทรงตัวสำหรับเด็ก สามารถใช้งานได้จากทุกทิศทาง สะดวก มีจุดทิ้งขยะ 4 จุด รอบพื้นที่



ภาพที่ 4 แนวทางการออกแบบตัวอย่างที่ 2

แนวทางการออกแบบที่ 2 การสร้างจุดหมายตาและความสอดคล้องกับพื้นที่โดยรอบ ด้วยการออกแบบเฟอร์นิเจอร์สาธารณะขนาดใหญ่ที่มีแนวคิดมาจากรูปร่างของโคมไฟลำนานำมาตัดทอนรายละเอียด กำหนดขนาดให้เหมาะสม สามารถใช้งานได้หลากหลาย ทั้งการนั่ง นอน รับประทานอาหาร และเป็นเครื่องเล่นสำหรับเด็กได้ เลือกใช้วัสดุไม่ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมโดยรอบ สร้างบรรยากาศให้ดูอบอุ่น พื้นใช้การสลับพื้นที่สีเขียวให้ดูสวยงาม ส่วนของพื้นที่ด้านข้างสามารถใช้งานได้เป็นที่นั่งพักผ่อนใกล้ขีดธรรมชาติ



ภาพที่ 5 แนวทางการออกแบบตัวอย่างที่ 3

แนวทางการออกแบบที่ 3 เน้นการเสริมกิจกรรมในพื้นที่ทั้งการออกกำลังกายและการเล่นของเด็ก ด้วยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่ 1 พื้นที่ตรงกลางออกแบบด้วยการจัดวางเสาเหล็กสี่เหลี่ยม จัดวางตามแนวรูปแบบเขาวงกต เป็นทั้งพื้นที่การเล่นและออกกำลังกาย สนุกสนาน เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้กับเด็ก เว้นระยะห่างพอเหมาะสำหรับการเล่นในพื้นที่ล้อมรอบด้วยเส้นทางวิ่งระยะสั้นสำหรับผู้ชื่นชอบในการออกกำลังกาย ส่วนที่ 2 พื้นที่โดยรอบเป็นทั้งจุดนั่งพักผ่อน และพื้นที่กิจกรรมเล็ก ๆ ที่มีการออกแบบจัดวางโครงสร้างเหล็กเพื่อรองรับการใช้งาน

4.4. ข้อเสนอแนะและการวางแผนเพื่อพัฒนาศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

ข้อเสนอแนะและข้อพิจารณาเพิ่มเติมสำหรับแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย มีดังนี้

1. การศึกษาครั้งนี้เฉพาะเจาะจงเพียงบางตัวอย่างผลงานการออกแบบ ควรศึกษาเพิ่มเติมให้ครอบคลุมถึงผลงานหรือแนวทางการออกแบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. พิจารณานโยบายการออกแบบให้ครอบคลุมรายละเอียดขององค์ประกอบในพื้นที่ เช่น ป้ายบอกทาง แผนที่ รูปแบบถังขยะ เป็นต้น
3. ด้านการเข้าถึง ควรคำนึงการออกแบบที่สามารถเข้าถึงได้สำหรับคนทุกกลุ่ม (Universal Design) เช่น การเพิ่มทางลาด สัญลักษณ์สำหรับผู้พิการ และการเพิ่มช่องทางการเข้าถึงด้วยระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น เช่น การวางแผนเส้นทาง รถราง รถสองแถวในอนาคต
4. ด้านการบริการ การวางแผนสำหรับจุดร้านค้าบนพื้นที่สาธารณะ ทางเท้า ส่งผลต่อภาพลักษณ์ที่ดีในพื้นที่และเมือง การมีจุดบริการ เช่น รับฝากของ จักรยานเช่า และการเพิ่มจำนวนห้องน้ำสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่เข้ามาใช้บริการได้เป็นอย่างดี
5. ด้านภูมิทัศน์ การควบคุมจุดวางป้าย จุดติดตั้งป้ายโฆษณา รวมถึงรูปแบบส่งผลต่อความสวยงามและความสอดคล้องกับพื้นที่โดยรอบ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการบดบังทัศนียภาพและอันตรายที่จะเกิดขึ้น

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

สรุปผลแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

5.1 ด้านศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพพบว่าไม่มีพื้นที่ใดที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากขาดคุณสมบัติบางประการตามเกณฑ์คุณภาพ แต่จากการศึกษาพบว่าภายในเขตเมืองเก่าเชียงรายมีพื้นที่สาธารณะที่มีศักยภาพปานกลางบางพื้นที่ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เชื่อมต่อกัน มีคุณสมบัติเกื้อกูลกันคือ พื้นที่สวนตุ่งที่ตั้งอยู่บนถนนหน้าลาย เป็นพื้นที่ที่เชื่อมโยงทั้งเขตชุมชนเมือง เศรษฐกิจและวัฒนธรรมเข้าด้วยกัน สอดคล้องกับผลการสำรวจของ (Office of Natural resources and Environmental policy and Planning, 2013) ว่าพื้นที่ทั้ง 2 มีโอกาสที่จะพัฒนาและส่งเสริมศักยภาพให้เป็นพื้นที่

สาธารณะที่สำคัญของเมือง ส่งเสริมให้รองรับกิจกรรมและความต้องการที่หลากหลายได้ และมีความสะดวกสบาย ปลอดภัย ดึงดูดผู้มาใช้งาน จึงเป็นที่มาของผู้วิจัยเลือกเป็นพื้นที่ในกรณีศึกษา

5.2 ด้านความต้องการและพฤติกรรมการใช้งาน

สามารถสรุปและจำแนกประเด็นสำคัญของความต้องการได้ 3 ด้าน คือ

1. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ความต้องการมากที่สุดคือ เพอร์นิเจอร์สาธารณะเพื่อใช้ในการนั่งพักผ่อน รับประทานอาหาร มากถึงที่สุดเป็นอันดับแรก รองลงมาได้แก่ ห้องน้ำ ถังขยะ ป้ายสัญลักษณ์บอกข้อมูล เพิ่มจุดให้แสงสว่างและอุปกรณ์ออกกำลังกายตามลำดับ

2. ด้านการสร้างเสริมกิจกรรมในพื้นที่ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความต้องการให้เสริมกิจกรรมการออกกำลังกาย สนามเด็กเล่น เครื่องเล่น โดยมีข้อเสนอแนะด้านความสะดวกในการเข้าออกพื้นที่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากไม่มีกิจกรรมประตูเข้าพื้นที่จะเปิดเพียงประตูทางทิศเหนือประตูเดียวเท่านั้น

3. ด้านการปรับสภาพแวดล้อม กลุ่มที่มีลำดับความต้องการมากที่สุด 3 เรื่องมีจำนวนผู้ตอบใกล้เคียงกัน คือ 1. สร้างบรรยากาศให้เป็นเอกลักษณ์ของเมือง 2. มีความต้องการเพิ่มจุดให้แสงสว่าง การเพิ่มพื้นที่กิจกรรม ขยายทางเดิน ตามลำดับ และ 3. การปรับพื้นที่ให้อำนวยความสะดวกแก่คนพิการ การปรับปรุงภูมิทัศน์โดยรอบให้สวยงามยิ่งขึ้น และการเพิ่มจุดขายสินค้าในพื้นที่

5.3 ด้านแนวทางการออกแบบเพื่อส่งเสริมศักยภาพของพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดการออกแบบซึ่งสามารถสรุปองค์ประกอบและข้อพิจารณาการออกแบบได้สอดคล้องกับแนวคิดของ (Carmona, M., 2019) ทั้งในด้านของความสะดวกสบาย (Comfortable) ความหลากหลาย (Diverse) และการเข้าร่วมในสังคม (Social) แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อพิจารณาอื่นที่ควรคำนึง เช่น การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความโดดเด่น เป็นเอกลักษณ์ (Meaningful) จึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับศักยภาพของพื้นที่ พฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งานให้เหมาะสม สรุปได้เป็น 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 3 - 5 จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่สาธารณะย่านเมืองเก่าเชียงราย และนำเสนอให้กับผู้ใช้งาน นักท่องเที่ยว และเทศบาลนครเชียงรายให้ได้มีส่วนร่วมในการออกแบบ ประเมิน แสดงความคิดเห็นและพัฒนาพื้นที่สาธารณะแห่งนี้ร่วมกัน

6.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนทุนวิจัยและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Chaijan, S. & Laiprakobsup, N. (2016). Public Concepts of Urban Public Space. **Built Environment Inquiry – BEI**, vol. 15(2), 71-83. (in Thai)
- Gehl, J. (1987). **Life Between Buildings**. Washington: Island Press, ISBN: 978-1597268271.
- Kotchasee, K. & Anukulyudhathon, E. (2019). Dimension Application of Public space and Role of Traditional Community in Chiang Mai City. **Rajabhat Chiang Mai Research Journal**, vol. 20(1), 6-18. (in Thai)
- Lisnund, N. (2016). **The study of Public Space Potential in the Old District of Nakhon Ratchasima City**. Faculty of Industrial Technology. Nakhon Ratchasima Rajabhat University. (in Thai)
- Ludmila Kozlova & Valery Kozlov. (2018). Ten quality criteria of the public spaces in a large city. **MATEC Web of Conferences**, 212(21), 1-7
DOI: 10.1051/matecconf/201821204012
- Matthew Carmona. (2019). Principles for public space design, planning to do better. **URBAN DESIGN International**, 24(1), 47–59.
- Namjaidee, N. (2020). Survey and Study of Important Cultural Resources in the District Area Chiang Rai Old Town, Mueang District, Chiang Rai Province. **Journal of Social Academic**, vol. 13(1), 37-47. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2013). **The project scope in the old city of Chiang Rai**. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Project for Public Spaces (PPS). 2018. **PLACEMAKING**. n.p.
- Seema Praliya & Pushplata Garg. (2019). Public space quality evaluation: prerequisite for public space management. **The Journal of Public Space**, 4(1), 93-106.
- Tara Smith, Maurice Nelischer & Nathan Perkins. (1997). Quality of an urban community: a framework for understanding the relationship between quality and physical form. **Landscape and Urban Planning**, 39(2), 229-241.
- Thailand Creative & Design Center. (2014). **Service Design**. n.p. (in Thai)

ภาคผนวก

ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เพื่อให้วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์ของวารสารวิชาการ เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง

2. ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์
2.2 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ เทคโนโลยีไฟฟ้า เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีพลังงาน/พลังงานทดแทน เทคโนโลยีก่อสร้าง/โยธา เทคโนโลยีการผลิต มาตราวิทยา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิก การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

3. กำหนดออกวารสาร

วารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม ด้วยระบบ Online: ThaiJo

4. การพิจารณาบทความ

4.1 การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในพิจารณา 2 คน ต่อ 1 บทความ

4.2 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณาส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 2 คน

4.3 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณาส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 2 คน

4.4 กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา ที่กองบรรณาธิการแจ้งกองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

5. คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์

5.1 วิธีส่งบทความ เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/lttech> และนำส่งเอกสารได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ม.9 ถ.ลำปาง – แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่อง (English)

ชื่อ นามสกุล^{1*}, ชื่อ นามสกุล² และ ชื่อ นามสกุล³ (ภาษาไทย)

ชื่อ นามสกุล^{1*}, ชื่อ นามสกุล² และ ชื่อ นามสกุล³ (ภาษาอังกฤษ)

^{1*} ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxx โทรสารxxxxx E-mail: YYYYYY

² ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

³ ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาไทย)

^{1*} ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxx โทรสารxxxxx E-mail: YYYYYY

² ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

³ ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาอังกฤษ)

วันที่รับบทความ XXXXXXXXXX

Received: XXXXXXXXXX

วันที่รับแก้ไขบทความ XXXXXXXXXX

Revised: XXXXXXXXXX

วันที่ตอบรับบทความ XXXXXXXXXX

Accepted: XXXXXXXXXX

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยต้องประกอบด้วยบทคัดย่อที่ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป ในกรณีที่ต้นฉบับเป็นภาษาไทย ให้ผู้เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ

คำสำคัญ: รูปแบบบทความ, ขนาดตัวอักษร, รูปแบบตัวอักษร

Abstract

An article of research to composes with abstract to specify importance of subject, object, method to study, result and summary. Both Thai and English abstracts are required. The length of each should not exceed 300 words. Also, the keywords should not be used more than 5 words.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font size, font style, blank line

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพและเพื่อให้การจัดทำเอกสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ผู้ที่ส่งบทความควรพิมพ์บทความตามรูปแบบและแนวทางที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

2. เนื้อหาบทความ

วารสารฉบับเต็มควรประกอบด้วย ชื่อบทความ ชื่อและที่อยู่ของผู้เขียนบทความ บทคัดย่อ คำสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาโดยสมบูรณ์ของบทความ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง โดยในส่วนของเนื้อหาของบทความ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก หัวข้อย่อย และอาจแบ่งถึงหัวข้อย่อยลงมา ทั้งนี้ตัวอักษรทั้งหมดที่ใช้ในการพิมพ์ทุกส่วนให้ใช้ตัวอักษรแบบ TH SarababunPSK ขนาด 16 ตัวหนาทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ระยะระหว่างบรรทัดเป็นแบบบรรทัดเดี่ยว (Single Space) และแต่ละหน้าไม่ต้องการเติมหมายเลขหน้า

2.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 ($8\frac{1}{4} \times 11\frac{1}{4}$ นิ้ว) โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังนี้

ริมขอบกระดาษด้านบน	1.5	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	1	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	1.5	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านขวา	1	นิ้ว

ความยาวโดยรวมของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ และบันทึกไฟล์ข้อมูลด้วย Microsoft Word 2016 เท่านั้น

2.2 ชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียน

ในการพิมพ์ชื่อบทความให้พิมพ์ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยใช้ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ พิมพ์เป็นตัวหนา โดยแต่ละคำในชื่อภาษาอังกฤษให้พิมพ์อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ (ยกเว้น คำนำหน้านาม: articles, คำสันธาน: coordinate conjunctions และ คำบุพบท: prepositions นอกจากคำเหล่านี้จะถูกใช้นำชื่อเรื่อง) สำหรับชื่อผู้เขียนบทความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยต์ ในขณะที่ส่วนของที่อยู่ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 พอยต์ โดยที่อยู่ควรประกอบไปด้วย

สำหรับบุคลากรภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำแหน่งทางวิชาการ สาขาวิชาที่สังกัด เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ และ E-mail ที่สามารถติดต่อได้ กรณีผู้เขียนมากกว่าหนึ่ง สามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียด ผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ และ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

สำหรับบุคลากร ภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ซึ่งสามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ

เบอร์โทรศัพท์ เบอร์โทรสารและ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

3. บทคัดย่อและคำสำคัญ

การพิมพ์บทคัดย่อและคำสำคัญให้พิมพ์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ และจัดรูปแบบอยู่ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษ โดยให้พิมพ์ชื่อหัวข้อ “บทคัดย่อ” และ “Abstract” เป็นแบบตัวหนา

4. เนื้อหาของบทความ

บทความวิจัยควรประกอบด้วย บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา นำไปสู่การศึกษา วัตถุประสงค์ วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Method) กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์และการทดลองที่กระชับและชัดเจน ผลการทดลอง (Results) บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน สรุปและอภิปรายผล (Discussion and Conclusion) อาจเขียนรวมกับการทดลองได้ เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร ต้องมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือการหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ส่วนของเนื้อหาบทความ กำหนดตัวอักษรที่ใช้ในเนื้อหาให้มีขนาด 16 พอยต์ รวมถึงไม่ต้องมีการเว้นบรรทัดระหว่างย่อหน้า (ไม่ต้องเคาะบรรทัดเมื่อขึ้นย่อหน้าใหม่) สำหรับรูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์หัวข้อกำหนดดังนี้

4.1 หัวข้อหลัก

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อหลัก และให้พิมพ์ไว้ชิดริมซ้ายของคอลัมน์

4.2 หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา และให้พิมพ์ห่างจากริมซ้ายของคอลัมน์ 0.5 นิ้ว

5. รูปภาพ ตาราง และสมการ

5.1 รูปภาพและตาราง

การนำเสนอรูปภาพและตารางสามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึงหรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพและตารางไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่านำหน้ากระดาษที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.1

ทั้งรูปภาพและตารางจะต้องมีคำอธิบายโดยคำอธิบายของรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ และอยู่ชิดซ้ายของหน้ากระดาษ หากรูปภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับเช่น (ก) และ (ข) ส่วนคำอธิบายตารางให้

พิมพ์ไว้เหนือตารางและขีดริมนซ้ายของกระดาษ โดยการเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน

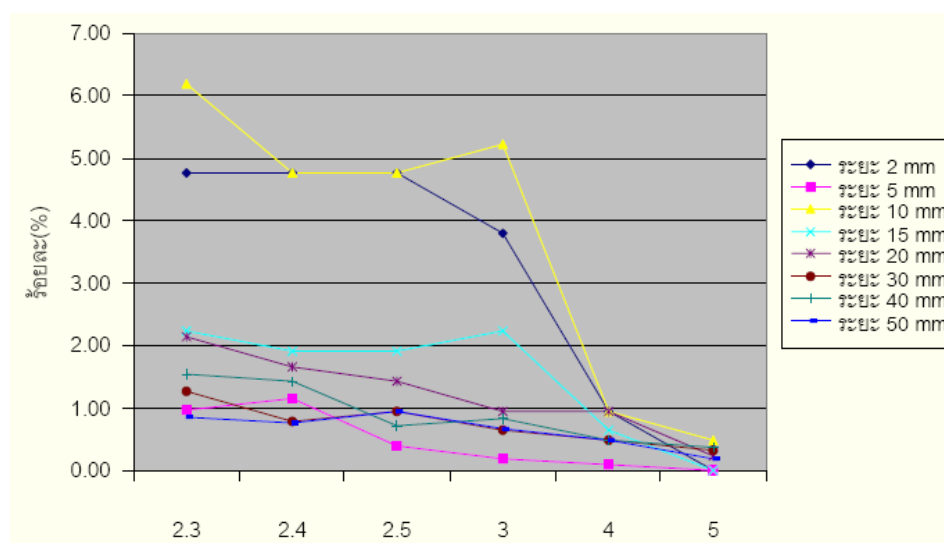
ตารางข้อมูลที่นำลงตีพิมพ์ ต้องพิมพ์ด้วย word เพื่อความคมชัดของตาราง เช่น
ตารางที่ 1 ตารางที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้อาคาร
1)กระเบื้องดินเผามีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1)กระเบื้องดินเผาที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2)ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2)กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพัก มีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้อาคารอาจจะลื่นเมื่อใช้งาน
	3)เนื่องจากความไม่แข็งแรงของกระเบื้องดินเผา เมื่อผ่านการใช้งาน หรือมีวัตถุตกกระทบ ทำให้กระเบื้องดินเผาแตก กะเทาะ หรือบิ่น ซึ่งแสดงถึงความไม่ทนทานแข็งแรง

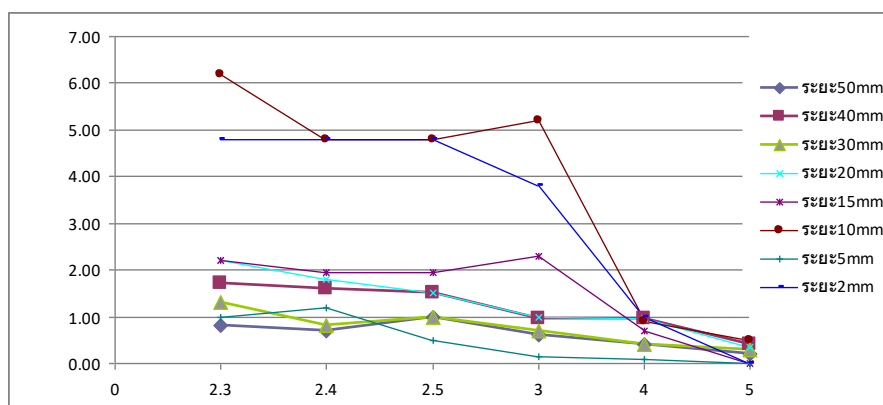
ตารางที่ 2 ตารางที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้อาคาร
1) กระเบื้องดินเผาที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1) กระเบื้องดินเผาที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพักมีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้อาคารอาจจะลื่น เมื่อใช้งาน

รูปภาพที่นำลงตีพิมพ์ ควรเลือกภาพที่เหมาะสมและคมชัดที่สุด

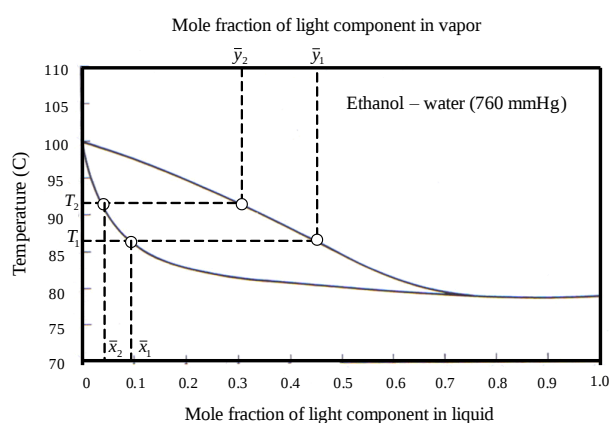


ภาพที่ 1 ภาพที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์



ภาพที่ 2 ภาพที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความให้ระบุเป็นรูปที่และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1, ภาพที่ 1 – 3, ตารางที่ 1, ตารางที่ 1 – 3 เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนภาพสมดุลของของผสมไอ – ของเหลวที่มี 2 องค์ประกอบภายใต้สภาวะความดันคงที่

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในแต่ละภาคเศรษฐกิจ ๆ ของประเทศไทย (หน่วย: ล้านลิตร)

ภาคเศรษฐกิจ	ปี	
	2545	2546
1. เกษตรกรรม	3,509	3,827
2. เหมืองแร่	19	26
3. อุตสาหกรรม	4,821	4,937
4. ไฟฟ้า	703	757
5. การก่อสร้าง	169	172
6. ที่พักอาศัยและการพาณิชย์	2,729	2,792
7. คมนาคมขนส่ง	23,980	25,475
Total	35,930	37,986

5.2 สมการ

การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์และมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1), (2) เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้เอื้อเฟื้อเอกสารและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 24

7. การอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษาแทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยระบุเป็น 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้าง ๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน “เอกสารอ้างอิง” ในส่วนท้ายของบทความวิชาการ การอ้างอิงในเนื้อหาและท้ายบทความให้เป็นระบบ APA

7.1 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงในเนื้อหา

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และผู้แต่งคนที่สอง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และคณะ, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, ไม่มีเลขหน้า)

(หน่วยงาน, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(นามแฝง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

7.2 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1) บทความจากวารสาร (Journal)

Waszkiewics, S.D., Tierney, M.J. and Scott, H.S. (2009). Development of coated, annular fins for adsorption chillers, *Applied Thermal Engineering*, vol. 29 (11- 12), August 2009, pp. 2222 – 2227.

จักรกฤษณ์ นรมิตผดุงการ และ ทวี สอนมาลี. (2519). ความสามารถในการเงินของเทศบาลกรณีของเทศบาลนครกรุงเทพ ก่อนเปลี่ยนแปลงเป็นกรุงเทพมหานคร, *วารสารพัฒนาบริหารศาสตร์*, 16, เมษายน 2519, หน้า 231 – 254.

(2) บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

Kato, S. and Widiyanto, A. (2001). Environmental Impact Assessment of Various Power Generation Systems, **paper presented in the Tri-University International Joint Seminar & Symposium 2001**, Chiang Mai, Thailand.

มารุต บุรพา, ญัฐนี วรยศ และทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2551). โมเดลอย่างง่ายของการทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพเสริม, **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทน สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย**, มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

(3) รายงานทางวิชาการ / รายงานวิจัย

Division of Technical Services and Planning. (2003). **Chiang Mai City Municipality. Annual Report.**

จุฬาร โชติช่วงนิรันดร์, นลินี ตันธวนิตย์ และปัทมา เพ็ชรสิงห์. (2529). **รายงานการวิจัยเรื่องประวัติศาสตร์หมู่บ้านคำม่วง, โครงการวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 54 – 57.

พรพิมล เกลิมพลาภาพ. (3535). **พฤติกรรมและการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.**

(4) หนังสือ

Myers, R.H. and Montgomery, D.C. (1995). **Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments**, New York: John Wiley & Sons.

Goswami, Y.D., Kreith, F. and Kreider, J.F. (1999). **Principles of Solar Engineering, 2nd edition.** ISBN: 1-56032-714-6, Philadelphia: Taylor & Francis,

วิบูล วิจารณ์ และกนกนาถ ชูปัญญา. (2525). **เคมีคลินิก.** กรุงเทพฯ: โครงการตำราศิริราช คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล.

(5) วิทยานิพนธ์

สุรจิตร ทิบัว. (2538). **การศึกษาสภาพการใช้แหล่งชุมชนประกอบการสอนวิชาสังคมศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษา ของจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.**

Herbert-Cheshire, L. (1997). **Living by the sea.** Unpublished honours thesis, Central Queensland University, Rockhampton, QLD, Australia.

(6) เว็บไซต์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2554). **“คู่มือการศึกษาปีการศึกษา 2554”.** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.psu.ac.th/handbook/> สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2554.

Brown, H. (1994). **“Citing computer references”.** [online], Available: <http://neal.ctstateu.edu/history/cite.html>. access on April 3, 1995.

(7) การสัมภาษณ์

ดิลก บุญเรืองรอด. (2543, กรกฎาคม 14). **อธิการบดี, สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา. สัมภาษณ์.**

ตัวอย่างการอ้างอิงในเนื้อหา

(สุวิมล ตีรakanันท์, 2553) (Tirakanan, S., 2011)

ตัวอย่างการแปลเอกสารอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ

1.1 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือ

สุวิมล ตีรakanันท์. (2553). การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Tirakanan, S. (2011). **Multivariate variables analysis in social science research**. Bangkok: Chaulalongkorn University Printing House. (in Thai)

1.2 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงที่เป็นบทความ

ปาน จินดาพล. (2557). การเป็นเจ้าของกิจการกับทัศนคติต่อความเสี่ยง. **วารสารนักบริหาร**, 34(1), 130-135.

Jindapon, P. (2014). Entrepreneurship and risk attitudes. **Executive Journal**, 34(1), 130-135. (in Thai)

สุวรรณ ลัคนวนิช. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล พฤติกรรมการใช้ชีวิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษาที่ใช้ชีวิตในที่พักเอกชน ย่านรังสิต จังหวัดปทุมธานี. **BU Academic Review**, 13(1), 13-16.

Luckanavanich, S. (2014). Personal relationship, living behaviors, and academic achievement of university students in the private residence, rangsit area, Pathumthani. **BU Academic Review**, 13(1), 13-16. (in Thai).

1.3 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงข้อมูลจากเว็บไซต์

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2556). สถานการณ์การท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศเข้าในปี 2555. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2557.

Tourism Authority of Thailand. (2013). **Inbound foreign tourists situation in 2012**. [online], Available: http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php. access on February 9, 2014. (in Thai)

ท่านสามารถดาวน์โหลดรูปแบบบทความได้ที่ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th>
หรือ ติดต่อสอบถามที่ **ผู้ประสานงาน** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธิมา คุณยศยิ่ง โทร 0 5423 7399 ต่อ 1339
Tel.: 08 0502 8598 **E-mail**: journalitech@gmail.com

ปรับปรุงเมื่อ 10 มกราคม 2562