



Print ISSN 1906-0874 Online ISSN 2651-2130

วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ

UTK RESEARCH JOURNAL

ปีที่ 17 เล่มที่ 2 กรกฎาคม- ธันวาคม 2566

Vol. 17 No. 2 July- December 2023



<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/rmutk/index>

วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ

โทรศัพท์ 02 287 9600 ต่อ 3111

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

Rajamangala University of Technology Krungthep Research Journal

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566 Vol 17 No.2 July – December 2023

เจ้าของ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย จันทน์มณี
ศาสตราจารย์ญาณวิทย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง
ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ชินณะราศรี
ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ทิพย์ปรีกมาศ
ดร.สิริเบญจา กอวัฒนา
รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิระ ขจรจิตต์เมตต์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุตเจื้อจัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม ศิวาวัช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ สงวนพวง
นางสาวประภาพร ร้อยพรมมา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ
กรรมการสภาวิชาการผู้ทรงคุณวุฒิ
กรรมการสภาวิชาการผู้ทรงคุณวุฒิ
กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ
กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ
ที่ปรึกษาอาวุโส
รองอธิการบดี
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

บรรณาธิการ

ดร.ดิเรก บุญธรรม

รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ จ้าวสุวรรณ

ผู้ช่วยผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ตรีทศ เหล่าศิริหงส์ทอง
ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกพัฒน
รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เย็นฤดี
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ ศรีน้อย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฟ้าใส วิวัฒนวงศ์วัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ สว่างศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุเทน คณะวาปี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประยูร สุรินทร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพัฒน์ พลอัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบศักดิ์ กาญจนางค์กุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลมาศ บำรุงเศรษฐพงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์ฉาย
ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชาญณรงค์ ตระกูลสรณคมน์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

เจ้าหน้าที่ประจำวารสาร

นางสาวเกตุวดี อุเทน
นางนางนภา จรัส
นางสาวกนกวรรณ วอนเพียร
นางสาววันทนา ประณีธานธรรม
นายวีระวัฒน์ ราษฎร์สภา
นางสาวนุชนารถ สิมมาลา

นางวิไรรัตน์ ราษฎร์สภา
นางจันทนา สังข์
นางสาวอัจฉรา จินดาจำนง
นายวันวิติ วันทนา
นางสาวพัชรินทร์ พัฒนโกครัตนา

บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ความเป็นมา

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ISSN 1906 - 0874 เป็นวารสารวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา ได้มีการจัดทำวารสารอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ. 2550 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งเป็นวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูลของศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารไทย (TCI) กลุ่มที่ 2 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเผยแพร่เป็นราย 6 เดือน ซึ่งตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (ฉบับละ 8 -12 บทความ) และมีการดำเนินงาน จัดพิมพ์บทความประเภทต่าง ๆ ได้แก่ บทความวิจัย (Research paper) และ บทความวิชาการ (Academic paper)

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ เป็นบทความที่สร้างองค์ความรู้และมีคุณภาพในทางวิชาการสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอ้างอิงได้ เพราะผ่านการพิจารณาถ่วงถ่วงและประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง จากหลากหลายสถาบัน 3 ท่าน ซึ่งเป็นการประเมินแบบไม่แสดงชื่อผู้แต่งและผู้ประเมิน (Double blinded) ก่อนที่จะเผยแพร่สู่สาธารณชน จึงทำให้วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ เป็นวารสารวิชาการที่มีคุณภาพ

กองบรรณาธิการ วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ จัดทำวารสารเป็นรูปเล่มฉบับสมบูรณ์และเผยแพร่ให้กับสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย นอกจากนี้ยังสามารถสืบค้นเพื่ออ้างอิงหรืออ่านบทความที่เปี่ยมด้วยองค์ความรู้ได้ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/rmutk>

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research paper) และบทความวิชาการ (Academic paper) ที่มีคุณภาพของอาจารย์นักวิจัย นักวิชาการทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และสาขาต่าง ๆ ที่มีการบูรณาการข้ามศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย ได้แก่

- 1.1. Environment Chemistry
- 1.2 General Engineering
- 1.3. Applied Mathematics
- 1.4 Renewable Energy, Sustainability and the Environment
- 1.5 Biomaterials

2. เพื่อส่งเสริมและเป็นกลไกการขับเคลื่อนงานวิจัย ทำให้เกิดผลงานวิจัยที่เข้าไปสู่การพัฒนาต่อภาคสังคม ชุมชน และนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อต่อยอดและเกิดความเชื่อมโยงระหว่างงานวิจัย งานวิชาการ ซึ่งนำมาสู่การเกิดประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และตอบสนอง ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย

นโยบายการรับบทความ

กองบรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ มีความยินดีที่จะรับบทความจากอาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการทั้ง ภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ที่เขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ซึ่งผลงานที่ส่งมาขอตีพิมพ์ต้องไม่เคย เผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาของวารสารอื่น

การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ต้องผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ

ข้อความที่ปรากฏอยู่ในแต่ละบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเล่มนี้ เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียนแต่ละ ท่าน ไม่เกี่ยวข้องกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพแต่อย่างใด ความรับผิดชอบด้านเนื้อหา และการตรวจร่างบทความแต่ละบทความเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน หากมีความผิดพลาดใด ๆ ผู้เขียน แต่ละท่านจะต้องรับผิดชอบต่อบทความของตนเองแต่ผู้เดียว

กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ให้นำเนื้อหา หรือข้อคิดเห็นใด ๆ ของบทความในวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ ไป เผยแพร่ก่อนได้รับอนุญาตจากกองบรรณาธิการ อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็น ลิขสิทธิ์ของวารสาร

ผู้ประสงค์จะส่งบทความกรุณาอ่านรายละเอียดการส่งบทความที่คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความ ซึ่งได้ระบุไว้ในเล่มวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ หรือ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/rmutk> และสามารถส่ง Online ได้โดยกรอกรายละเอียดให้ครบถ้วนในระบบการส่งบทความ Online หากต้องการ สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม ติดต่อได้ที่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เลขที่ ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทร. 0 2286 9600 ต่อ 3111 โทรสาร 0 2287 9684
E-mail: utk_research_journal@mail.rmutk.ac.th
www.rdi.rmutk.ac.th

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ (ทุก 6 เดือนต่อฉบับ)
ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน
ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

การเผยแพร่

เผยแพร่ผ่านระบบออนไลน์
<https://www.tci-thaijo.org/index.php/rmutk>

สารบัญ

หน้า

| | |
|---|----|
| เตาหุงต้มความร้อนแบบเหนียวสำหรับสองเอาต์พุต ที่ปรับกำลังไฟฟ้าแบบแยก อิสระ ด้วยวิธีการปรับแรงดันแบบอสมมาตร..... | 1 |
| Induction Cooking for Two Outputs Independent Power Adjustment by Asymmetrical Control กันตภณ โล่พันธ์, สุรเชษฐ์ มิตสานนท์, อำพล พิชัยเชิด, ปณิธาน จักขุจันทร์ | |
| การจำแนกประเภทขวดเพื่อรีไซเคิลด้วยระบบวิชั่นและแขนหุ่นยนต์..... | 13 |
| Bottle Classification for Recycle with Vision and Robot Arm System ทวิวงศ์ อัครเลิศเศรษฐ, นภัสดา สิงหะตา, บุญช่วย เจริญผล | |
| การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอโอที..... | 21 |
| Development of a Prototype of a Smart Water Supply Control System for Households Using IoT System ปิยะพงษ์ พรหมลักษณ์, ณัฐดนัย สิงห์คสิวรรณ, รัตนสุดา สุภดนัยสร | |
| การออกแบบโปรแกรมการขนส่งน้ำดื่ม กรณีศึกษา ร้านน้ำดื่มแห่งหนึ่ง ในอำเภอศรีราชา..... | 36 |
| Design of a Drinking Water Transportation Program: a Case Study of a Drinking Water Store in Sriracha District จักรินทร์ กลั่นเงิน, กัลยา จำปาศรี, ประภาพรณ เกษราพงศ์, กันต์ธกรณ เขาทอง | |
| การประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนแบบไม่เชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเพื่อการเกษตรกรรม ในพื้นที่ห่างไกล..... | 48 |
| Application of Off-Grid Renewable Energy for Agriculture in Remote Area นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ, ภควัต เกอะประสิทธิ์, ณัฏพล เรืองทรัพย์, กุลยศ สุวันทโรจน์ | |

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|----|
| การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดต้นขลุ้เพื่อพัฒนาตำรับยา สีฟันสมุนไพร..... | 59 |
| Study on Antibacterial Activity in Bacterial Cavity of the Extraction from <i>Pluchea indica</i> (Linn.) for Development of Herbal Toothpaste Formulation ดวงสุรีย์ แสนสีระ | |
| การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood เพื่อศึกษาการลดน้ำหลาก ในกลุ่มแม่น้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์..... | 71 |
| The Application Nays2DFlood Model for Study of Flood Reduction in Pasak River Basin, Lomsak District, Phetchabun Province ภัชรพรรณ ธนามี, สนิท วงษา | |

เตาหุงต้มความร้อนแบบเหนี่ยวนำสำหรับสองเอาต์พุต ที่ปรับกำลังไฟฟ้าแบบแยกอิสระ ด้วยวิธีการปรับแรงดันแบบอสมมาตร

Induction Cooking for Two Outputs Independent Power Adjustment by Asymmetrical Control

กัณฑ์ณ โลงนพันธ์¹, สุระเชษฐ์ มิตสานนท์², อัมพล พิชัยเชิด³ และปณิธาน จักขุจันทร^{4*}

Kantaphon Lonphan¹, Surachet Mitsanon², Aumpol Pichaicherdand³ and Panithan Chakkuchan⁴

^{1,2}สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

^{1,2}Department of Electrical Power Engineering Technology Faculty of Industrial Technology,
Pibulsongkram Rajabhat University

³สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

⁴สาขาวิศวกรรมซ่อมบำรุงอากาศยาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³Department of Mechanical Technology, Faculty of Technical Education

⁴Department of Aircraft Maintenance Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep

* Corresponding Author: E-mail address: panithan.c@mail.rmuk.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเตาหุงต้มความร้อนแบบเหนี่ยวนำแบบสองเอาต์พุต โดยสามารถปรับกำลังเอาต์พุตแบบแยกอิสระ โดยใช้ไอซี dsPIC30F2020 ควบคุมสัญญาณขับสวิตช์อินเวอร์เตอร์ ระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับฝั่งอินพุต 230V มีขนาดกำลังไฟฟ้าอินพุต 3 kW ทำงานที่ย่านความถี่เรโซแนนซ์ 35-40 kHz สามารถปรับกำลังไฟฟ้าทางฝั่งเอาต์พุตด้วย วิธีการควบคุมปรับแรงดันอสมมาตรแบบเฟสสมดุ สัญญาณดิวิตซ์ไคเคิล 10% - 50% เพื่อแบ่งให้กระแสไหลผ่านสวิตช์ที่อินเวอร์เตอร์ และแบ่งการทำงานของอินเวอร์เตอร์เป็น 2 ชุด เพื่อให้สามารถทำงานได้โดยที่มีโหลดฝั่งเอาต์พุต 2 ชุด แยกการทำงานความร้อนให้เป็นอิสระจากกันโดยมีสวิตซ์สร้างสัญญาณความถี่สูง และขดลวดเหนี่ยวนำให้ความร้อน จากการทดลองในการต้มน้ำให้เดือด ที่ดิวิตซ์ไคเคิล 10% ใช้เวลาประมาณ 12 นาที และที่ดิวิตซ์ไคเคิล 50% ใช้เวลาประมาณ 3 นาที

คำสำคัญ : อินเวอร์เตอร์, เรโซแนนซ์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ, การปรับสัญญาณแบบอสมมาตร

ABSTRACT

This paper proposes a dual-output induction heater that can adjust the output power separately using the IC dsPIC30F2020. Inverter drive signal control. The 230V input side voltage system has an input power size of 3 kW. It works in a resonance frequency range of 35-40 kHz. The output side power can also be adjusted.

The standard phase-balanced voltage control is a 10% - 50% duct cycle signal to divide the flow through the switch at the inverter and divide in two sets the operation of an inverter so that it can operate with a load on the outlet. Two sets separate the heat operation separately by having a high-frequency signal switch. And the inductive cylinder conducts heat. From testing to boiling water at the cylinders, it takes approximately 12% of the time, and it takes about 3 minutes.

Keyword: Inverter, Resonant, Microcontroller, Induction heating, Duty cycle Asymmetrical.

1.บทนำ

การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำคือการสร้างความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าผ่าน ขดลวดตัวนำ เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นบนขดลวด จากนั้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในโลหะที่นำไปใกล้ขดลวดตัวนำ ซึ่งกระแสที่เกิดขึ้นบนโลหะ จะสร้างความร้อนขึ้น และจากความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเทคโนโลยี การสร้างความร้อนโดยการเหนี่ยวนำนี้เป็นทางเลือกหนึ่งของการให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพ ในเรื่องการสร้างความร้อนภายในระยะเวลาอันสั้น มีชุดวงจรขนาดเล็ก ไม่ก่อให้เกิดเสียงดังและ มลพิษที่เหมือนกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสามารถสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นได้โดยง่าย มีความสะดวก รวดเร็ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลาย เตาหุงต้มแบบเหนี่ยวนำความร้อนที่อาศัยหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงได้ถูกนำมาใช้ในงานครัวเรือนกันอย่างแพร่หลาย[1]-[3] ซึ่งวงจรที่ถูกนำมาใช้มีอยู่มากเช่น วงจรอินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์(Full-Bridge inverter) วงจรควอไซน์เรโซแนนซ์(Quasi resonant) วงจรคลาสดีอินเวอร์เตอร์(Class-D inverter) เป็นต้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าที่ใช้

การควบคุมมีหลายวิธีเช่น การปรับความถี่ โดยจะปรับความถี่อยู่ในย่านที่สูงกว่าเรโซแนนซ์[4]-[6] มีผลเสียคือประสิทธิภาพจะลดต่ำลงเมื่อปรับความถี่สูงขึ้น การเลื่อนมูมเฟสเป็นปรับกำลังโดยการเลื่อนเฟสการทำงานของอุปกรณ์สวิตช์ ซึ่งการควบคุมวิธีนี้จะปรับความถี่ตามเพื่อควบคุมการทำงานให้สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์และการปรับพัลส์แบบ อสมมาตร สามารถควบคุมได้ทั้งความถี่คงที่ แต่ทั้งการเลื่อนมูมเฟสและการปรับพัลส์แบบ อสมมาตร นี้จะใช้ได้ในวงจรอินเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์เท่านั้นซึ่งเหมาะกับวงจรที่ต้องการกำลังสูง[7]-[10] ซึ่งถูกใช้ในวงจรคลาสดีชนิดแหล่งจ่ายแรงดัน มีการทำงานที่ความถี่คงที่ แต่วงจรกำลังมีแรงดันตกคร่อมเท่ากับวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแบบเต็มบริดจ์แต่มีกำลังเพียงครึ่งเดียวของวงจรอินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายแบบเต็มบริดจ์[11]-[15] ความร้อนที่ใช้ในหุงต้มมีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนักประกอบกับภาชนะที่ใช้โดยทั่วไปเป็นสแตนเลส ซึ่งมีผลทำให้พารามิเตอร์ของโหลดเปลี่ยนแปลงไม่มาก ดังนั้นการควบคุมแบบความถี่สวิตซ์คงที่จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดเพราะไม่ซับซ้อนและราคาถูก

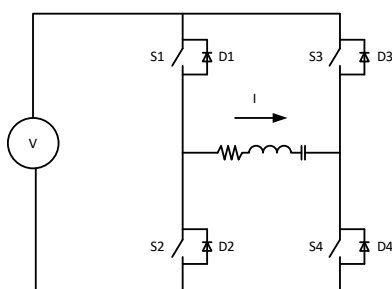
บทความนี้ได้นำเสนอเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำแบบสองเอาต์พุต โดยสามารถปรับกำลังเอาต์พุตแบบแยกอิสระ โดยใช้ไอซี dsPIC30F2020 ควบคุมสัญญาณขับสวิตช์

อินเวอร์เตอร์ ระบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับพ่วงอินพุต 230V มีขนาดกำลังไฟฟ้าอินพุต 3 kW ทำงานที่ย่านความถี่เรโซแนนซ์ 35-40 kHz สามารถปรับกำลังไฟฟ้าทางฝั่งเอาต์พุตด้วย วิธีการควบคุมปรับแรงดันอสมมาตรแบบเฟสสมมูล สัญญาณคิวตี้ไซเคิล 10% - 50% เพื่อแบ่งให้กระแสไหลผ่านสวิตช์ที่อินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 ชุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง / วิธีทดลอง

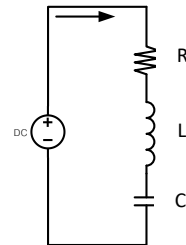
2.1 อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็มบริดจ์

อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบอนุกรมก็คือคอนเวอร์เตอร์ที่แปลงกำลังจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ ซึ่งจะเรียกว่าเป็นวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมเพราะมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุวางอนุกรมกันกับโหลดความต้านทาน การสวิตช์จะทำให้เกิดแรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยมโดยที่ตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) จะทำให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งจะมีค่าเท่ากับความถี่สวิตช์ที่ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonant) ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะหักล้างกันจึงมองเห็นเป็นโหลดมีค่าเฉพาะความต้านทานเท่านั้น และเพื่อให้เกิดแรงดันพัลส์สลับที่โหลดการทำงานของสวิตช์จะต้องทำงานในลักษณะสลับกันทำงาน



ภาพที่ 1 วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็มบริดจ์

สำหรับกระแสที่โหลดมีลักษณะเกือบจะเป็นคลื่นไซน์ในกรณีที่โหลดมีค่าตัวประกอบภาระหน่วงที่ต่ำและความถี่ในการทำงานใกล้เคียงกับความถี่เรโซแนนซ์ เพื่อให้สะดวกในการวิเคราะห์สามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลอย่างง่ายดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรสมมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์วงจร

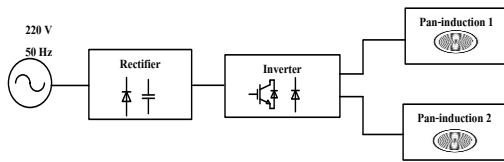
การวิเคราะห์หาลำกำลังไฟฟ้าที่โหลดเรโซแนนซ์สัญญาณกระแสของอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบอนุกรมจะมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ เมื่ออินเวอร์เตอร์ที่ทำงานใกล้เคียงกับความถี่เรโซแนนซ์โหลดที่มีค่าตัวประกอบภาระหน่วงต่ำ ส่วนกระแสที่โหลดมีลักษณะเป็นคลื่นไซน์ดังนั้นจึงสามารถหาลำกำลังไฟฟ้าได้จาก

$$P_{load} = I_{1,rms} \times V_{1,rms} \quad (1)$$

เมื่อแทนค่า $I_{1,rms}$ และ $V_{1,rms}$ จะได้

$$P_{load} = \frac{2I_m V_m}{\pi} \quad (2)$$

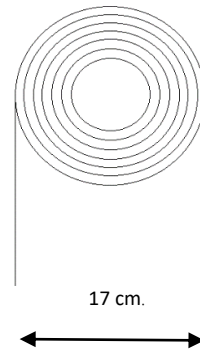
2.2 อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็มบริดจ์



ภาพที่ 3 โครงสร้างเตาหุงต้มแบบเหนี่ยวนำให้ความร้อนสำหรับสองเอาต์พุต

เตาหุงต้มแบบเหนี่ยวนำไฟฟ้าโดยอาศัยความร้อนจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็มบริดจ์สองเอาต์พุต มีลักษณะโครงสร้างของวงจรประกอบด้วย จะเป็นส่วนแรกของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าความถี่สูงที่ใช้ในการเหนี่ยวนำ โดยจะประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสและวงจรกรองแรงดันโดยจะรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50Hz จากการไฟฟ้าและทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์

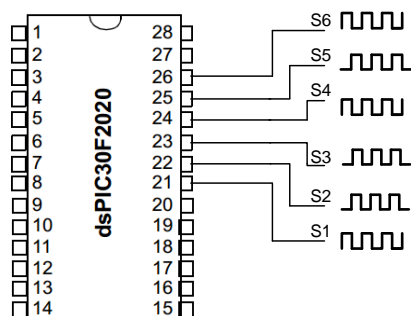
โดยทั่วไปแล้วขดลวดเหนี่ยวนำจะทำขึ้นจากทองแดง ทั้งนี้เพราะทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีทำให้มีกำลังสูญเสียในขดลวดเหนี่ยวนำต่ำ ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงอย่างไรก็ดีเนื่องจากความหนาแน่นของกระแสในขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าสูง ความร้อนที่เกิดจากกระแสที่ไหลในขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่ามาก เนื่องจากกระแสที่ขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าสูง ขดลวดเหนี่ยวนำที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขดลวดเหนี่ยวนำที่ได้ออกแบบ

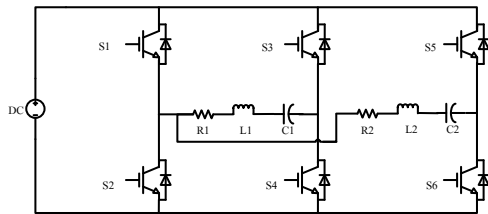
2.2.2 ชุดควบคุมสัญญาณ PWM

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไอจีบีทีในวงจรอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ขา 21, 22, 23, 24, 25 และ 26 เพื่อควบคุมการทำงานของไอจีบีทีทั้ง 6 ตัวในวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ dsPIC30F2020 ซึ่งสามารถปรับความถี่ เดทไทม์ และค่าวัฏจักรหน้าที่ได้



ภาพที่ 5 สัญญาณที่ออกจากขาของ dsPIC30F2020

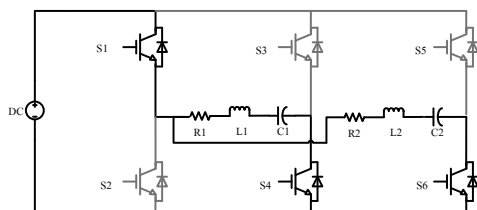
2.2.2 หลักการทำงานของวงจรการควบคุมแบบปรับแรงดันแบบอสมมาตรโดยแบ่งเป็นโหมดการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 6 วงจรอินเวอร์เตอร์ 2 เอาต์พุต ที่ใช้ในงานวิจัย

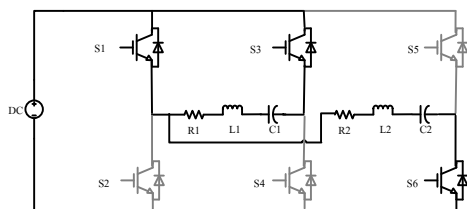
จากภาพที่ 6 ในวงจรอินเวอร์เตอร์จะประกอบไปด้วยสวิตช์ทั้งหมด 6 ตัว นั่นคือ สวิตช์ $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ โดยจะมีลักษณะการทำงานดังนี้คือที่เอาต์พุตตัวที่หนึ่งจะใช้คู่สวิตช์ S_1, S_4 และ S_2, S_3 ที่เอาต์พุตตัวที่สองใช้คู่สวิตช์ S_1, S_6 และ S_2, S_5 และจะทำงาน ON – OFF สลับกันไปเพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง

โหมดการทำงานที่ 1



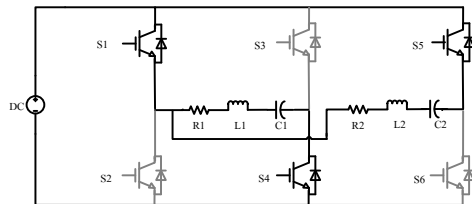
ภาพที่ 7 โหมดการทำงานที่ 1 สวิตช์ S_1, S_4 และ S_6 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 2



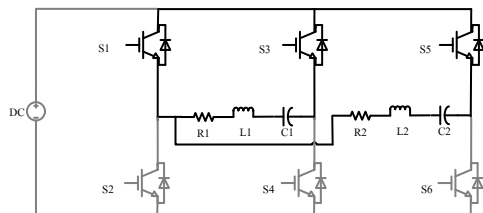
ภาพที่ 8 โหมดการทำงานที่ 2 สวิตช์ S_1, S_3 และ S_6 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 3



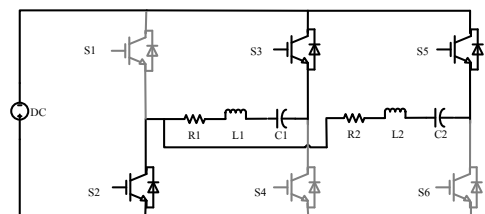
ภาพที่ 9 โหมดการทำงานที่ 3 สวิตช์ S_1, S_4 และ S_5 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 4



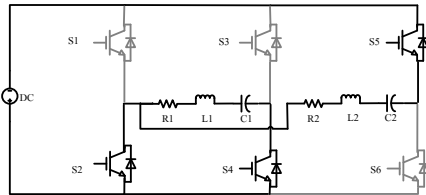
ภาพที่ 10 โหมดการทำงานที่ 4 สวิตช์ S_1, S_3 และ S_5 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 5



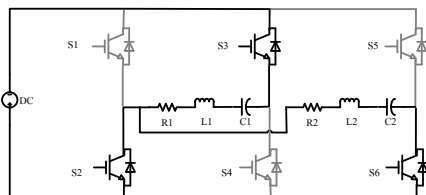
ภาพที่ 11 โหมดการทำงานที่ 5 สวิตช์ S_2, S_3 และ S_5 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 6



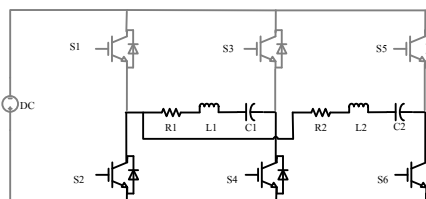
ภาพที่ 12 โหมดการทำงานที่ 6 สวิตช์ S_2, S_4 และ S_5 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 7



ภาพที่ 13 โหมดการทำงานที่ 7 สวิตช์ S_2, S_3 และ S_6 ทำงาน

โหมดการทำงานที่ 8



ภาพที่ 14 โหมดการทำงานที่ 8 สวิตช์ S_2, S_4 และ S_6 ทำงาน

จากภาพที่ 7 – 14 แสดงการทำงานของโหมดอินเวอร์เตอร์อยู่ 8 โหมด ในช่วงเวลาการทำงานของสวิตช์ซึ่งใน 1 คาบเวลา

1. จากภาพที่ 7 โหมดการทำงานที่ 1 สวิตช์ S_1, S_4 และ S_6 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_2, S_3 และ S_5 หยุดการทำงานเพื่อป้องกัน สวิตช์ทำงานพร้อมกัน จะทำให้ลัดวงจรได้

2. จากภาพที่ 8 โหมดการทำงานที่ 2 สวิตช์ S_1, S_3 และ S_6 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_2, S_4 และ S_5 หยุดการทำงาน เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

3. จากภาพที่ 9 โหมดการทำงานที่ 3 สวิตช์ S_1, S_4 และ S_5 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_2, S_3 และ S_6 หยุดการทำงาน เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

4. จากภาพที่ 10 โหมดการทำงานที่ 4 สวิตช์ S_1, S_3 และ S_5 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_2, S_4 และ S_6 หยุดการทำงาน เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

5. จากภาพที่ 11 โหมดการทำงานที่ 5 สวิตช์ S_2, S_3 และ S_5 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_1, S_4 และ S_6 หยุดการทำงาน เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

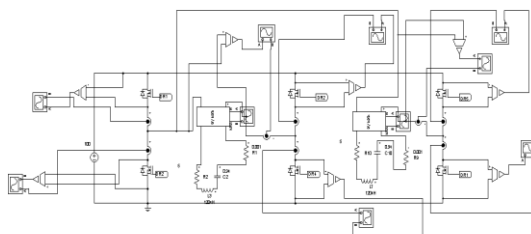
6. จากภาพที่ 12 โหมดการทำงานที่ 6 สวิตช์ S_2, S_4 และ S_5 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_1, S_3 และ S_6 หยุดการทำงาน เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

7. จากภาพที่ 13 โหมดการทำงานที่ 7 สวิตช์ S_2, S_3 และ S_6 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_1, S_4 และ S_5 หยุดการทำงาน เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

8. จากภาพที่ 14 โหมดการทำงานที่ 8 สวิตช์ S_2, S_4 และ S_6 ทำงาน โดยที่ สวิตช์ S_1, S_3 และ S_5 หยุดการทำงาน จะเป็นการทำงานคล้ายกับ โหมดที่ 4 แต่จะสลับทำงานฝั่งกึ่งด้านล่าง เพื่อให้กระแสไหลผ่านชุดโหลด

3. ผลการจำลองและผลการทดสอบ

การจำลองการทำงานของวงจร นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณของขดเหนี่ยวนำ และนำค่าที่วัดได้จากขดลวดที่ออกแบบ แล้วนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไปจำลองการทำงานในภาวะคงตัว (Steady State) ในคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงการควบคุมการทำงานของวงจรเรียงกระแส และอินเวอร์เตอร์ ทั้ง 2 เอาต์พุต ขนาดของแรงดันและกระแสที่ส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ในวงจรเพื่อให้แน่ใจว่าในการทำงานจริงจะไม่เกินพิกัดของอุปกรณ์ และในส่วนของวงจรจำลองการทำงานของระบบเตาหุงต้มแบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า 1 เฟส 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ให้กับวงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จ่ายเข้าสู่อินเวอร์เตอร์โดยมีการควบคุมความถี่ในการสวิตช์ของสัญญาณก่อนที่จะส่งความถี่สูงไปยังไอจีบีที เพื่อให้ไอจีบีทีจ่ายแรงดันให้กับวงจรเรโซแนนซ์ อนุกรม โดยการเปรียบเทียบระหว่างผลการจำลองและผลการทดสอบจริง จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันและกระแสที่ไหลและการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ สอดคล้องกันตามทฤษฎี

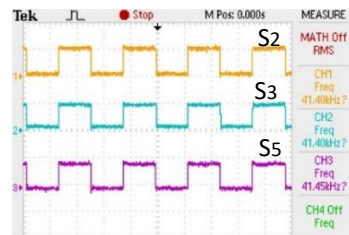


ภาพที่ 15 วงจรที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์สองเอาต์พุตที่ใช้ในงานวิจัย

การทดสอบสัญญาณขับเคลื่อนของไอจีบีทีทั้งสองตัวนั้นจะต้องมีช่องว่างของช่วงเวลาวิกฤตอยู่เล็กน้อยเพื่อป้องกันการลัดวงจรของอินเวอร์เตอร์ โดยในที่นี้มีค่าอยู่ประมาณ $2 \mu s$ ซึ่งเหมาะกับค่าการทำงานและหยุดทำงานของไอจีบีที ลักษณะสัญญาณขับไอจีบีทีทั้งสองตัวที่ได้จากการวัด แสดงในภาพที่ 16

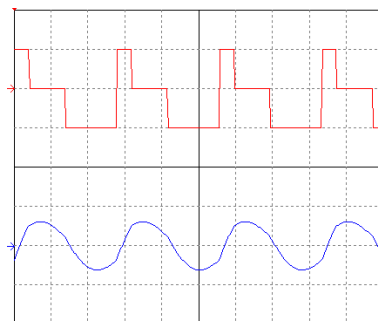


(ก)

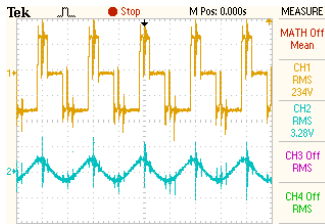


(ข)

ภาพที่ 16 สัญญาณขับไอจีบีที $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$
($V_{GS2} : 5V/div$, $V_{GS3} : 5V/div$, $V_{GS5} : 5V/div$, Time : $10 \mu s$ /div)

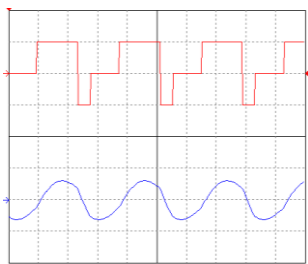


(ค)



(ข)

ภาพที่ 17 ผลการจำลอง(ก)และผลการทดสอบ(ข) สัญญาณแรงดันและกระแสที่ออกจากเอาต์พุต 1 ที่ค่า duty 10 % (V_o :200V/div, i_o :10V/div, Time :10 μ s /div)

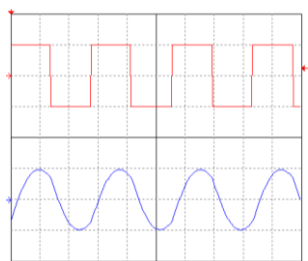


(ก)

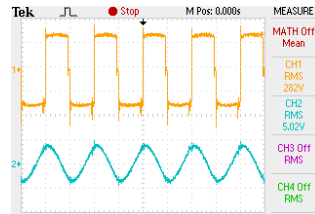


(ข)

ภาพที่ 18 ผลการจำลอง (ก) และผลการทดสอบ (ข) สัญญาณแรงดันและกระแสที่ออกจากเอาต์พุต 2 ที่ค่า duty 10 % (V_o :200V/div, i_o :10V/div, Time :10 μ s /div)

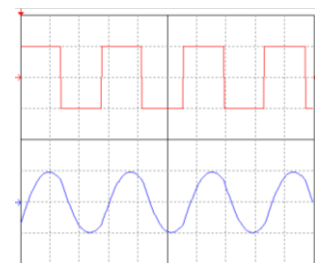


(ก)

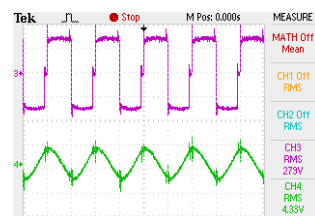


(ข)

ภาพที่ 19 ผลการจำลอง(ก)และผลการทดสอบ(ข) สัญญาณแรงดันและกระแสที่ออกจากเอาต์พุต 1 ที่ค่า duty 50 % (V_o :200V/div, i_o :10V/div, Time :10 μ s /div)



(ก)



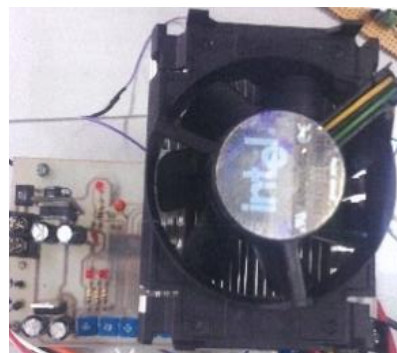
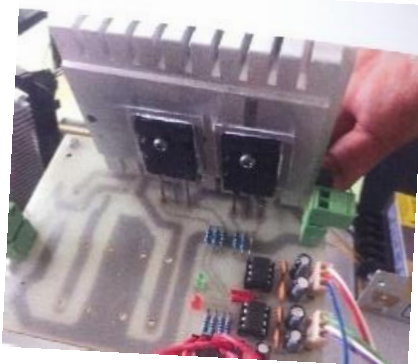
(ข)

ภาพที่ 20 ผลการจำลอง(ก)และผลการทดสอบ(ข) สัญญาณแรงดันและกระแสที่ออกจากเอาต์พุต 2 ที่ค่า duty 50 % (V_o :200V/div, i_o :10V/div, Time :10 μ s /div)

จากภาพที่ 17, 18, 19 และ 20 (ก) ผลการจำลอง แรงดันและกระแสที่ เอาท์พุตจากอินเวอร์เตอร์ เมื่อปรับสัญญาณควบคุมตัวไซด์เคิล 10% , 50% และ ภาพที่ 17, 18, 19 และ 20 (ข) เป็นการวัดสัญญาณ แรงดันและกระแสที่อินเวอร์เตอร์ ซึ่งผลการจำลองและผลทดลองจริงใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจรที่ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์

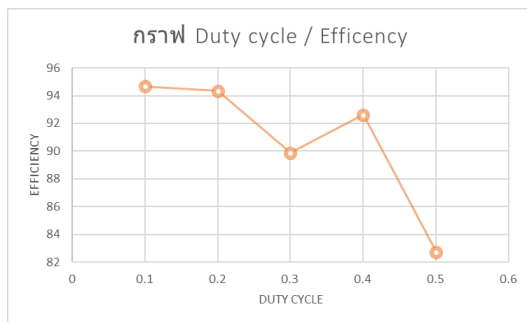
| ดีวีดีซีเคิล (%) | กระแสด้านอินพุต (A) | กำลังด้านอินพุต (W) | กำลังด้านเอาต์พุต 1 (W) | กำลังด้านเอาต์พุต 2 (W) | ประสิทธิภาพ (%) |
|---------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| 10 | 5.5 | 1,220 | 568 | 587 | 94.6 |
| 20 | 7.0 | 1,535 | 725 | 723 | 94.3 |
| 30 | 9.3 | 2,045 | 942 | 896 | 89.8 |
| 40 | 12.0 | 2,630 | 1,242 | 1,194 | 92.6 |
| 50 | 14.1 | 3,100 | 1,290 | 1,275 | 82.7 |



ภาพที่ 21 ชุดวงจรภาคกำลังและวงจรขับนำเกต



ภาพที่ 22 วัดอุณหภูมิที่หม้อหุงต้มแบบเหนียวน้ำที่ 1 และ 2 ได้ความร้อนประมาณ 97 °C



ภาพที่ 22 กราฟแสดงประสิทธิภาพของวงจร

จากตารางที่ 1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าอินพุต และกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต ด้านออกที่ตัวเหนี่ยวนำของ ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อน สามารถคำนวณหาค่า ประสิทธิภาพได้จากสมการหาประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ตัวไดโอด 50%

$$\eta = \left(\frac{P_o}{P_{in}} \right) \times 100 = \left(\frac{1,290 + 1,275}{3,100} \right) \times 100 = 82.74\%$$

4. สรุปผล

จากการทดสอบเครื่องให้ความร้อนแบบ เหนี่ยวนำแบบสองเอาต์พุตโดยใช้การควบคุมการทำงานอินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็ม บริดจ์ สามารถปรับระดับความร้อนของเอาต์พุตทั้งสองได้ 5 ระดับ โดยการปรับแรงดันอสมมาตรแบบ เฟสสมมูล สามารถสร้างสัญญาณควบคุมวงจร อินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเต็มบริดจ์ที่มี ไอจีบีที 6 ตัวได้ และสามารถแก้ไขค่าสั่งเพื่อปรับ ความถี่ ค่าวัฏจักรหน้าทีและช่วงเวลาวิกฤตได้โดย โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ได้อุณหภูมิของ ความร้อนที่เพิ่มหรือลดลงตามความต้องการได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สถาบันวิจัย และพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพมหานคร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการดำเนินงาน วิจัย ในครั้งนี้ และนำผลงานวิจัยไปใช้ในการบูรณา การบริการวิชาการเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยเหลือกลุ่ม เกษตรกรและกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนจะเป็น ประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] รัชพงศ์ ประเสริฐสิน, และวีรวัฒน์ ประสิทธิ ไกร. 2557. “เตาอย่างกระทะร้อนแบบ เหนี่ยวนำ.” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพ.
- [2] เกียรติศักดิ์ ผาสุกมุล, และวิริยะ พิเชฐจำเริญ. 2550. “รีโซแนนท์อินเวอร์เตอร์ที่มีการ ควบคุมแรงดันแบบไม่สมมาตร.” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- [3] José M. Burdío, Fernando Monterde, José R. García, Luis A. Barragán, and Abelardo Martínez. 2005. “A Two-Output Series- Resonant Inverter for Induction- Heating Cooking Appli ances.” IEEE Transaction on Indust rial

- Electronics. Vol.20, No.4 (July) : 815 - 822.
- [4] S. Chudjuarjeen, S. Jayasuriya, S. Yachiangkam, J.C. Jimenez, C.O. Nwankpa, K. Miu and A. Sangswang, .Analysis of Measurement Delay Errors in a DC-DC Buck-Boost Converter using Stochastic Differential Equations. in Proceeding of 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2011), Melbourne, Australia; 2011.
- [5] Phankong, N., Jittakort, J., Chakkuchan P., Kirdpipat, P., Methavithit, W., & Anusurain, E. Electric Grill Using Energy from Battery. In: *2021 18th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*. IEEE, 2021. p. 972-975.
- [6] Phankong, N., Chakkuchan, P., Jittakort, J., Paivimut, N., Kamonkhanthithon, C., & Chudjuarjeen, S. Photovoltaic Cell Energy Transfer System Using Series Connected Bidirectional Resonant Converters. In: *2021 18th International Conference on Electrical Engineering / Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*. IEEE, 2021. p. 976-979.
- [7] Chakkuchan, P., Chudjuarjeen, S., Phankong, N., Dangeam, S., Nawong, M., & Nintanavongsa, P. Full-Bridge Current Source Inverter Using Pulse Density Control for Induction Preheating of Welding Application. 2022 25th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). IEEE, 2022. p. 1-4.
- [8] Nilboworn S, Mahamad K, Sangchay W, et al. Edge effect and its influence on the adjacent cavities in a composite insulator. *UTK RRSEARCH JOURNAL*, 2020; 14(1): 23-29.
- [9] C. Wisassakichai, P. Phaochoo, E. Anusurain, C. Kamonkhanthithorn, W. Methavithit, W. Sirichanon “Database Building with Microsoft Excel for Voltage Drop Calculation according to Thai Electrical Code 2013 with C++ Builder” *UTK RRSEARCH JOURNAL*. 2018; 12(2): pp. 119-135.
- [10] B. Sriboonreung “Two output power control of induction cooker with full bridge inverter controlled by asymmetrical voltage control” *UTK RRSEARCH JOURNAL*. 2019; 13(2): pp. 1-11.
- [11] J. Ekburanawat “Full bridge switching power supply for a thermoelectric dehumidifier” *UTK RRSEARCH JOURNAL*. 2019; 13(2): pp. 53-63.
- [12] N. Phankong, J. Jittakort, P. Chakkuchan, S. Kitcharoenwat, V. Hathairatsiri, C. Wisassakichai, S. Chudjuarjeen, “Induction

- Heating Application using Frequency Control Techniques for Hot Tensile Testing”, 2021 18th International Conference on Electrical Engineering /Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Pages 968-971.
- [13] N. Phankong, J. Jittakort, P. Chakkuchan, P. Kirdpipat, W. Methavithit, E. Anusurain, “ *Electric Grill Using Energy From Battery*”, 2021 18th International Conference on Electrical Engineering / Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), pp. 972-975.
- [14] Aniket G. Kothalkar, Prof. Mangesh A. Ahire “ Hot Tensile Test – A Literature Review,” IJMTER International Journal of Modern Trends in Engineering and Research, Date 2-4 July 2015, pp. 1772-1776.
- [15] M.Ganapathy, N.Li, J. Lin, M.Abspoel, D. Bhattacharjee, “ A Novel Grip Design for High- Accuracy Thermo- Mechanical Tensile Testing of Boron Steel under Hot Stamping Conditions, Experimental Mechanics, An International Journal Integrating Experimental Methods with the Mechanical Behavior of Materials and Structures, Date 21 Aug 2017, pp. 243-258

การจำแนกประเภทขวดเพื่อรีไซเคิลด้วยระบบวิชันและแขนหุ่นยนต์

Bottle Classification for Recycle with Vision and Robot Arm System

ทวิวงศ์ อัครเลิศเศรษฐ^{1*}, นภัสดล สิงหะตา², บุญช่วย เจริญผล³

Thaweewong Akkaralaertsest^{1*}, Napassadon Singhata², Boonchuay jarernpon³

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพฯ 10120

^{1,2}Department of Electrical and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep

Nanglingee Rd., Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120, Thailand

*081 640 6171 E-mail: Thaweewong.a@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อภาษาไทย

แขนกลสามารถทำงานหยิบและขึ้นงานและทำงานหลายอย่างที่มีความเสี่ยงแทนมนุษย์ได้ บทความนี้ มุ่งเน้นไปที่การใช้แขนกลอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกขวดจำแนกหยิบจับขวดที่ต้องการ โดยใช้ระบบการมองเห็น ด้วยระบบวิชันโดยใช้การตรวจจับวัตถุด้วยโปรแกรม YOLO v5 เพื่อจำแนกวัตถุตามรูปร่างโดยใช้การมองเห็น ผ่านกล้อง ในการทดลองได้ใช้ขวดที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน 6 ชนิด มาทำการทดสอบ โดยใช้หลักการการเรียนรู้ ของเครื่อง จากนั้นนำระบบวิชันไปทดสอบให้ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์เพื่อหยิบจับคัดแยกขวดขึ้นงานที่ต้องการนำ ใส่กล่องเพื่อนำไปรีไซเคิล ระบบวิชันสามารถตรวจพบ และคัดแยกขวดที่ต้องการ ได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณในการ ประมวลผลภาพหนึ่งประมาณ 0.2 วินาที โดยไม่รวมการนำภาพเข้าระบบ แขนกลสามารถหยิบจับขึ้นงาน โดยใช้ เวลาในการหยิบจับจนถึงวางขึ้นงานและกลับไปทำเตรียมพร้อมเพื่อทำการรอสัญญาณต่อไปใช้เวลาประมาณ 14 วินาที โดยระยะจุดจัดเก็บขึ้นงานวางด้านข้างลำตัวหุ่นยนต์ได้

คำสำคัญ : ระบบวิชัน แขนกลอุตสาหกรรม การคัดแยก

ABSTRACT

Robot arm carry out pick and place tasks with powerful mechanisms that can use it to complete the task in various applications where human jobs are at risk. This paper focused on using robot arms used in industries to carry out pick and place tasks with vision classification. It proposes a mechanical arm grasping system based on computer vision, which uses YOLOv5 object detection to classify objects based on shape by using machine vision. It used to choose an image recognition method which needs a webcam camera. To recognize shape features, followed by the six different types of bottles. Vision system can be separated the target bottle

from other things and move it into basket with robot arm. Vision system detects the target bottle to finish its task with 0.2 s of total average time. A robot can be picked and placed an object from belts positions to a basket. The total average time of robot to finish its task is 14 s.

Keyword: vision, robot arms, classification.

1. บทนำ

การรีไซเคิลนั้นส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และการคัดแยกขยะเพื่อนำมารีไซเคิลจำนวนมากนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย การรวบรวมขวดจากนั้นต้องแยกขวดพลาสติกเฉพาะรูปแบบที่ต้องการนำมาใช้ใหม่ เพราะขวดพลาสติกยังแยกตามประเภทของพลาสติกที่ทำขึ้นด้วยดังนั้นอาจจะนำมาปะปนในการรีไซเคิลไม่ได้ แขนกลได้มีการนำมาใช้แทนแรงงานคนในอุตสาหกรรมต่างๆมากยิ่งขึ้นเนื่องจากลดปัญหา ความเหนื่อยล้าที่เกิดจากคน และสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องพัก ในโรงงานอุตสาหกรรม แขนกลเริ่มมีบทบาทและมีความสำคัญในการทำงานแทนคนอย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากแขนกลได้ปรับตัวให้มีขนาดเหมาะสมและใช้งานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนที่เพิ่มมากขึ้น งานบางประเภทจะมีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยต่อมนุษย์ และปัญหาที่พบในโรงงานในการใช้หุ่นยนต์แทนคน โดยปัจจุบันได้มีการใช้แขนกลมากขึ้นเรื่อยๆ โดยมักจะใช้หุ่นยนต์หยิบจับสิ่งของต่างๆ แทนคน [1,2] ในการทำงานของแขนกลจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมควบคุมและนำเซนเซอร์ที่ช่วยให้การทำงานของหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพและตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น การใช้กล้องเป็นเซนเซอร์ที่นิยมนำมาร่วมใช้เข้ากับหุ่นยนต์เนื่องจากระบบวิชันเป็นวิธีการที่ยืดหยุ่น และสามารถตรวจสอบได้หลากหลาย ข้อดีในการใช้วิธีการระบบวิชัน สามารถแสดงภาพจึงสามารถนำไปใช้ได้แบบเรียลไทม์บนคอมพิวเตอร์ฝังตัวที่มีต้นทุนต่ำ [3] และมีนักวิจัยหลายท่านได้ให้

ความสนใจนำเอากล้องมาประยุกต์ใช้ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยเฉพาะงานเชื่อม [4] หรือลักษณะงานหลายประเภทที่อาจส่งผลทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพคน จึงมีหลายคนที่ให้ความสนใจใช้หุ่นยนต์ทำงานแทนคน [5-6] ในงานที่ซับซ้อนแขนกลจะทำงานสำเร็จได้ต้องมีการตัดสินใจที่ชาญฉลาดด้วยสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงทำให้ไม่สามารถปรับตัวได้ดี แขนกลจึงต้องการการแทรกแซงจากมนุษย์เพื่อตั้งโปรแกรมใหม่ตามความต้องการ อย่างไรก็ตาม แขนกลอัจฉริยะสามารถสร้างให้ตัดสินใจสำหรับงานต่างๆ โดยใช้แมชชีนเลิร์นนิ่งในการแก้ปัญหาบางอย่างได้ [7,8] การออกแบบและพัฒนาระบบแขนหุ่นยนต์สำหรับการจำแนกและคัดแยกวัตถุตามรูปร่างและขนาดโดยใช้ระบบวิชันในการควบคุมดังกล่าวจะทำให้ใช้ต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพสูง [9] ดังนั้นการสื่อสารระหว่างการระบบวิชัน และหุ่นยนต์จึงมีความสำคัญ วิธีการคอมพิวเตอร์วิชัน-โครงข่ายประสาทเทียมในการตรวจสอบวัตถุจึงจำเป็นในการพัฒนาแขนกลให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น [10] โดยจำเป็นต้องใช้เทคนิคเพื่อเชื่อมต่อระบบการทำงานทั้งหุ่นยนต์ และระบบการระบบวิชันให้ทำงานร่วมกันได้ [11] การพัฒนาวิธีการต่างๆจะสามารถใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เพื่อลดเวลาที่ต้องใช้ในการทำงานของสายการผลิตให้สำเร็จ [12] ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง/ วิธีดำเนินการวิจัย

สามารถอธิบายหลักการทำงานของแขนหุ่นยนต์ ในการเคลื่อนย้ายสินค้าได้ โดยกล้องจะตรวจจับรูปร่าง ของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าของหุ่นยนต์ จากนั้นแขนหุ่นยนต์ จะเคลื่อนไปหยิบวัตถุด้วยที่หนีบของหุ่นยนต์ ณ องศาที่ กำหนด จากนั้นแขนหุ่นยนต์จะเคลื่อนวัตถุไปยังสถานที่ ตามสีของวัตถุ และต่อไปจนกว่าวัตถุทั้งหมดจะถูกย้ายไป ยังสถานที่ตามลำดับ หุ่นยนต์แขนกลสำหรับเคลื่อนย้าย วัตถุ ระบบวิชุ่นในบทความนี้ ใช้การเลือกวิธีการจดจำ ภาพซึ่งต้องใช้กล้องเว็บแคม ในบทความนี้ ใช้เพื่อเลือก วิธีการแมชชีนเลิร์นนิงจดจำภาพซึ่งต้องใช้กล้องเว็บแคม เพื่อจำแนกลักษณะรูปร่าง ตามด้วยชุดประเภทต่างๆ หก ประเภทที่ใช้ในการทดลอง

กล้องใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ตรวจจับ ทั้งหมดของขวดเพื่อตรวจสอบรูปร่างของขวด กล้องเก็บ ภาพขวดแต่ละขวดในสายพาน ภาพที่ถ่ายโดยกล้องเว็บ แคมจะมีการถ่ายภาพขวดในลักษณะท่าทางที่เกิดขึ้นได้ เมื่อลำเลียงขวดเข้ามาในสายพาน รูปภาพเหล่านี้ซึ่งจัดไว้ เป็นชุดฝึกหัด ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกรวบรวมเข้าสู่ เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดในการจัดการในส่วน ประมวลผลเพื่อตรวจจับวัตถุจากกล้อง คอมพิวเตอร์ โดย จะมีขั้นตอนการป้อนข้อมูลดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลเข้าเป็นชุดข้อมูล 300 ภาพ โดยแบ่งเป็นชุดฝึก (200 ภาพ) และชุดทดสอบ (50ภาพ) ชุดตรวจสอบ (50ภาพ)

ขั้นตอนที่ 2 คุณสมบัติรูปร่างของขวดถูกแยก ออกจากพื้นหลัง โดยขวดที่นำมาปะปนกันมีทั้งหมด 6 แบบ แต่ละภาพมีขนาด 256 × 256 พิกเซล

ขั้นตอนที่ 3 ใช้โปรแกรม YOLO ในการเทรนด ข้อมูลปรับค่าเพื่อทำให้ข้อผิดพลาดเฉลี่ยของการ ตรวจสอบน้อยที่สุด.

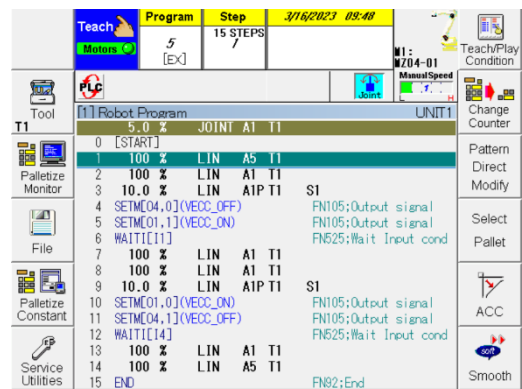
ขั้นตอนที่ 4 ชุดข้อมูลทดสอบถูกสร้างขึ้นโดยการ สุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มและใช้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ของตัวแมชชีนเลิร์นนิง แก๊ซพารามิเตอร์ในการเทรนด ข้อมูลใหม่จนได้ความแม่นยำที่น่าพอใจ



ภาพที่ 1 ขวด 6 แบบที่ใช้ในการทดลอง

แขนกลจะทำหน้าที่คัดแยกชิ้นงานเมื่อได้รับ สัญญาณจากระบบการมองเห็น โดยจะทำการโปรแกรม ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังชิ้นงานเพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการ ออกจากสายพานลำเลียงโดยคัดแยกมาเก็บไว้ในกล่องที่ กำหนด การโปรแกรมโดยใช้แป้นควบคุม เมื่อขวดอยู่ใน ตำแหน่งที่กล้องตรวจสอบ จะทำการบังคับควบคุมให้แขน กลเคลื่อนที่ โดยจะทำการทดลองออกแบบการเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์เพื่อไปเก็บชิ้นงาน จริง โดยแขนกล

จะเคลื่อนที่เป็นลำดับขั้นตอนตั้งแต่การเอื้อมแขน กลไปยังวัตถุจนกระทั่งนำขวดมาวางไว้ยังตำแหน่งที่ กำหนด



ภาพที่ 2 โปรแกรมควบคุมแขนกล

กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Joint เคลื่อนที่ในท่าเตรียมพร้อม ด้วยความเร็ว 5% เมื่อหุ่นยนต์อยู่ในท่าเตรียมพร้อม จะมีคำสั่งในการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทำงาน ดังนี้

0 : เริ่ม Start

1 : กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A5 (ต่ำสุด) เพื่อลงไปยังชิ้นงาน

2 : เมื่อใกล้ถึงชิ้นงาน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

3 : เมื่อใกล้ถึงจุดที่หุ่นยนต์จะไปจับชิ้นงาน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 10% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1P (พิเศษสูงสุด)

4 : ปิดวาล์ว vacuum off เป็น 0

5 : เปิดวาล์ว vacuum on เป็น 1

6 : รอสัญญาณจากระบบวิชั่น

ถ้าระบบวิชั่นตรวจพบชิ้นงานที่ต้องการจะทำการจับชิ้นงาน ดังนี้

7 : ทำการหยิบชิ้นงานขึ้นมา กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

8 : เหยียงแขน เพื่อนำขวดไปเก็บไว้ใน กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

9 : เคลื่อนที่ใกล้จุดวางขวด กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 10% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1P (พิเศษสูงสุด)

10 : เปิดวาล์ว vacuum off เป็น 1

11 : ปิดวาล์ว vacuum on เป็น 0

12 : รอสัญญาณที่ไม่มีขวดอยู่บนปลาย gripper

13 : เคลื่อนที่ ออกจากจุดที่ วางขวด กำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A1 (สูงสุด)

14 : กลับไปยังท่าเตรียมพร้อมกำหนดให้หุ่นเคลื่อนที่แบบ Linear ด้วยความเร็ว 100% โดยระดับความถูกต้องของจุด ระดับ A5 (ต่ำสุด)

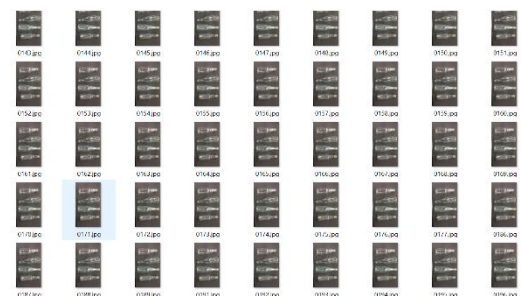
15 : จบโปรแกรม

โดยแขนกลจะเป็นแขนกลสำเร็จใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม โดยนำขวดวางอยู่บนสายพานที่ได้สร้างขึ้นมา สามารถวางขวดให้เคลื่อนที่ไปตามสายพานเพื่อให้กล้องตรวจสอบตามตำแหน่งที่กำหนด โดยอุปกรณ์จะต้องทำงานร่วมกัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล/

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดสอบการประมวลผลภาพ โดยขวดชนิดต่างๆจะถูกลำเลียงไว้บนสายพาน โดยไม่มีรูปแบบการวางที่แน่นอน เพื่อทดสอบการระบุชิ้นงานจากการประมวลผลภาพผลการถ่ายภาพด้วยกล้อง ออกมาเป็นภาพ และทำการคัดเลือกภาพเพื่อทำการเทรนหาโมเดลในการคัดแยกขวดจำนวน 200 ภาพจากภาพทั้งหมด 300 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเทรนดี

















การเทรนภาพที่ถ่ายด้วยกล้อง จะระบุชิ้นงานเพื่อให้ระบบได้เรียนรู้โดยการทำ Labeling และเทรนโมเดล ด้วยอัลกอริทึม YOLOv5 เมื่อเทรนโมเดลแล้ว จะได้โมเดลต้นแบบออกมาหลังจากนั้น

จำเป็น ต้องทำการประเมินโมเดลในแต่ละแบบเพื่อหาโมเดลที่แม่นยำที่สุด และจะนำโมเดลที่ดีที่สุดนั้นไปตัวแทนในการทำงานเพื่อคัดแยกชิ้นงานภาพเพื่อนำมาทำการเทรนโมเดล โดยได้ผลดังภาพที่ 4 เมื่อระบบประมวลผลภาพตรวจสอบชิ้นงาน และพบว่าขวดดังกล่าวเป็นชิ้นงานที่ทำการคัดแยกออกมาแขนกลจะทำการเคลื่อนที่เข้าไปหยิบชิ้นงานและนำไปวางบนจุดที่กำหนด โดยได้ตำแหน่งตามจุดต่างๆแสดงดังภาพที่ 5 โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของแขนกล จะมีลักษณะการจำลองการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 6 โดยตรวจพบชิ้นงานจะติกรอบสีแดงพร้อมแสดงค่าความมั่นใจในการตรวจสอบว่าเป็นวัตถุที่ต้องการออกมาเป็นตัวเลข

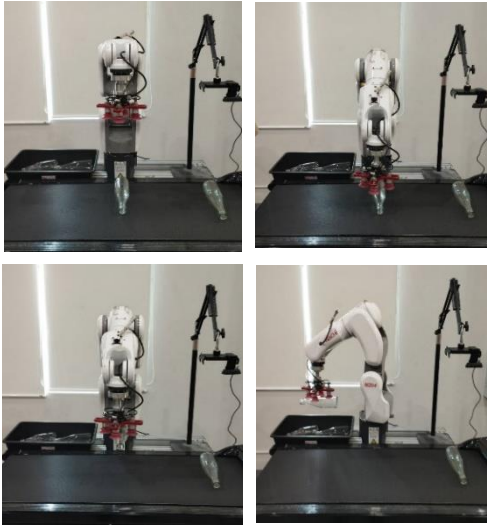


ภาพที่ 4 ภาพจากการตรวจสอบ

การทดลองการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ระบบวิชันร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม เพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยการคัดแยกขวดจะวางอยู่บนสายพานลำเลียงแบบคละ การคัดแยกขวด โดยใช้ การประมวลผลภาพโดยการสร้างอัลกอริทึมโมเดลในการจำแนกขวดที่คละกันบนสายพาน โดยใช้หลักการ การเรียนรู้ของระบบเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจดจำลักษณะของขวดที่ต้องการคัดแยกออกมา ซึ่งสามารถถ่ายภาพที่มีขนาด 160 x 120 พิกเซล และนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วย YOLOv5 โดยจะทำงานร่วมกับแขนกล เพื่อทำการหยิบชิ้นงานและคัดแยกขวดที่ต้องการ โดยจะทำการทดสอบ วางขวดลงบนสายพานแบบคละและให้ระบบวิชันตรวจสอบ ส่งสัญญาณไปยังแขนกลคัดแยกหยิบจับชิ้นงาน

| | | | | | | | |
|---|---|-----------------------|-------------|------------------------|--------|--------|---|
|  | Teach | Program | Step | 3/16/2023 09:59 | | |  |
| Step Keep Complete |  | 5 [Ex] | 15 STEPS | M1: W204-01 | | | Find Function |
|  | Robot Program | | | Manual Speed | | |  |
| Search Direction | UNIT | | | | | | Cut |
|  | 1 1RM04-01 | 0.71 | 0.72 | 0.73 | 0.74 | 0.75 |  |
| Program Conversion | 2 V ANG -1.91 | 77.41 | -19.83 | 0.13 | -54.45 | -19.88 | Copy |
|  | 3 V ANG -1.91 | 60.28 | -26.22 | 0.20 | -30.83 | -19.08 |  |
| Order Direction | 4 SETM04.03(VECC_OFF) | FN105:Output signal | | | | | Paste |
|  | 5 SETM01.13(VECC_ON) | FN105:Output signal | | | | | Cancel |
| Screen Separation | 6 WAITI[11] | FN255:Wait Input cond | | | | |  |
|  | 7 V ANG -1.91 | 77.41 | -19.83 | 0.13 | -54.45 | -19.88 | Complete |
| Teach | 8 V ANG -103.27 | 77.33 | -19.74 | 0.99 | -54.58 | -32.46 | |
|  | 9 V ANG -103.27 | 46.00 | -24.45 | 2.52 | -19.83 | -34.28 | |
| Teach | 10 SETM01.03(VECC_ON) | FN105:Output signal | | | | | |
|  | 11 SETM04.13(VECC_OFF) | FN105:Output signal | | | | | |
| Teach | 12 WAITI[14] | FN255:Wait Input cond | | | | | |
|  | 13 V ANG -103.27 | 72.33 | -23.27 | 1.12 | -46.04 | -32.67 | |
| Teach | 14 V ANG 0.00 | 92.88 | -2.68 | 0.00 | -86.86 | -16.99 | |
|  | 15 END | FN252:End | | | | | |
| The function can be inserted with the "FN" key. | | | | | | | |

ภาพที่ 5 พิกัดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



ภาพที่ 6 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ตารางที่ 1 การทำงานร่วมกันระบบวิชั่นและแขนกล

| ลำดับ | ระบบวิชั่น | ระบบแขนกล |
|-------|------------|-----------|
| 1 | ✓ | ✓ |
| 2 | ✓ | ✓ |
| 3 | ✓ | ✓ |
| 4 | ✓ | ✓ |
| 5 | ✓ | ✓ |
| 6 | ✓ | ✓ |
| 7 | ✓ | ✓ |
| 8 | ✓ | ✓ |
| 9 | ✓ | ✓ |
| 10 | ✓ | ✓ |

จากผลการทดลองโดยได้ทำการสุ่มวางขวดบนสายพานเพื่อให้กล้องระบุขวดที่ต้องการและส่งสัญญาณให้หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานที่ต้องการไปไว้ในจุดที่กำหนด จะเห็นว่าระบบคัดแยกขวดโดยใช้ระบบประมวลผลภาพในการคัดแยกขวดที่วางบนสายพานคละกับขวดชนิดต่างๆ ระบบวิชั่นสามารถตรวจพบและคัดแยกขวดที่ต้องการ ได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณใน

การประมวลผลภาพหนึ่งประมาณ 0.2 วินาที โดยไม่รวมการนำภาพเข้าระบบ แขนกลสามารถหยิบจับชิ้นงานในบริเวณที่กำหนดอย่างแม่นยำ โดยสามารถนำขวดไปวางเก็บไว้ในบริเวณที่กำหนด โดยใช้เวลาในการหยิบจับจนถึงวางชิ้นงานและกลับไปท่าเตรียมพร้อมเพื่อทำการรอสัญญาณต่อไปใช้เวลาประมาณ 14 วินาที โดยระยะจัดเก็บชิ้นงานวางด้านข้างลำตัวหุ่นยนต์และมิกซ์ล่องไว้จัดเก็บเพื่อคัดแยกขวดที่ต้องการโดยเฉพาะ ข้อมูลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการถ่ายภาพขวดที่ลำเลียงบนสายพานที่ระยะ 47 เซนติเมตร จากตัวกล้อง มีความแม่นยำในการตรวจพบและผลการคัดแยกขวดมีความถูกต้อง และแม่นยำ สามารถบอกความแตกต่างและคัดแยกชิ้นงานที่ต้องการออกมาได้

4. สรุปผลการทดลอง/ สรุปผลการวิจัย

สามารถคัดแยกขวด โดยใช้การประมวลผลภาพโดยการสร้างอัลกอริทึม โมเดลในการจำแนกขวดที่คละกันบนสายพานโดยใช้หลักการการเรียนรู้ของระบบเครื่อง (Machine Learning) เพื่อจดจำลักษณะของขวดที่ต้องการคัดแยกออกมา และนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ได้ โดยสามารถนำภาพจากกล้องมาประมวลผลด้วย YOLOv5 ได้มีการสร้างโมเดลจากการถ่ายภาพในรูปแบบลักษณะต่างๆ เพื่อให้ตัวเครื่องจดจำรูปแบบของขวดที่ต้องการ หลังจากนั้นได้และทำการตรวจสอบความแม่นยำของโมเดลด้วยการทดลองที่เตรียมไว้ โดยข้อมูลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการถ่ายภาพขวดที่ลำเลียงบนสายพาน มีความแม่นยำในการตรวจพบและผลการคัดแยกขวดมีความถูกต้อง และแม่นยำ สามารถบอกความแตกต่างและคัดแยกชิ้นงานที่ต้องการออกมาได้ แขนกลสามารถหยิบจับขวดคัด

แยกขดที่ต้องการออกมาเก็บยังตำแหน่งที่กำหนดได้ โดยการหยิบจับจะมีความแม่นยำตรงตำแหน่งในการจัดเก็บ ทำให้ระบบสามารถคัดแยกขดเพื่อจัดเก็บนำเฉพาะขดที่ต้องการคัดแยกไปรีไซเคิล ระบบควรได้รับการพัฒนาต่อไป การลำเลียงทำให้ขดเคลื่อนที่ได้เร็วและตรงตามตำแหน่งในการตรวจสอบ จะช่วยให้ใช้เวลาอันน้อยลงไปและนำไปสู่การทำออกมาเป็นระบบจริงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณ บริษัท เลิศวิสัย แอนด์ซัน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในด้านต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Zhang X, Xu J, Fu H, Hu S. Research on Moving Arm Grasping Based on Computer Vision. IEEE; 2022. p. 298-301.
- [2] Putri SFM, Mardiaty R, Setiawan AE. The Prototype of Arm Robot for Object Mover Using Arduino Mega 2560. IEEE; 2022. p. 1-6.
- [3] Cong VD. Visual servoing control of 4-DOF palletizing robotic arm for vision based sorting robot system. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM). 2022;1-12.
- [4] Hanh LD, Phuc HT. Simultaneously extract 3D seam curve and weld head angle for robot arm using passive vision.

International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM) . 2022;16(3):1125.

- [5] Markert T, Matich S, Neykov D, Muenig M, Theissler A, Atzmuehler M. Visual Detection of Tiny and Transparent Objects for Autonomous Robotic Pick-and-Place Operations. IEEE; 2022. p. 1-4.
- [6] Rodziewicz- Bielewicz J, Korzeń M. Comparison of Graph Fitting and Sparse Deep Learning Model for Robot Pose Estimation. Sensors (14248220). 2022 ;22(17):6518.
- [7] Sawant N, Tyagi A, Sawant S, Tade SL. Implementation of Faster RCNN Algorithm for Smart Robotic ARM Based on Computer Vision. IEEE; 2022. p. 1-6.
- [8] Rakshit A, Pramanick S, Bagchi A, Bhattacharyya S. Autonomous grasping of 3-D objects by a vision-actuated robot arm using Brain- Computer Interface. Biomedical Signal Processing and Control. 2023;84.
- [9] Cong Vo D, Hanh Le D, Phuong Le H, Duy Dang A. Design and development of robot arm system for classification and sorting using machine vision. FME Transactions. 2022;50(1):181-.
- [10] Ali A, Mohammad Hassan R, Ju Hong P. Computer Vision-Based Path Planning for Robot Arms in Three- Dimensional

- Workspaces Using Q-Learning and Neural Networks. Sensors. 2022;22(1697):1697-.
- [11] SINGHATA N. The 2D Barcodes Identify the Workpieces by using Microcontroller Interface between Image Processing and PLC Machine. Walailak Journal of Science and Technology (WJST) . 2021;18(18):9539.
- [12] Yu-Ting S, Tzuu-Hseng SL, Meng-Xue C, Song-Jin L, Cheng-Yeh Y, Chang-Wen W, et al. A Fully Automatic Calibration for Vision- Based Selective Compliance Assembly Robot Arm and Its Application to Intelligent Wafer Inspection Scheduling. IEEE Access. 2022;10:50100-13.

การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอโอที

Development of a Prototype of a Smart Water Supply Control System for Households Using IoT System

ปิยะพงษ์ พรหมลักษณ์¹ ณัฐดนัย สิงห์ศรีวรรณ^{1*} รัตนสุดา สุกदनัยสร¹

Piyaphong Promlak¹ Nutdadaei Singkhleewon^{1*} Rattanasuda Supadanaison¹

¹สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประเทศไทย

Electronics Computer Technology, Science and Technology,

Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Thailand

* Corresponding Author. E-mail: mar6666@hotmail.com Tel: 0819280529

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอโอที โดยต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถควบคุมการจ่ายน้ำผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้โดยใช้เว็บแอปพลิเคชัน “Water Automatic” ซึ่งมีความสามารถสั่งการควบคุมการจ่ายน้ำ นอกจากนี้ยังบันทึกข้อมูลประวัติการใช้น้ำและคำนวณค่าน้ำประปา ระบบทำงานโดยใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ วัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านและส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ประมวลผลและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic เพื่อบันทึกข้อมูล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเซนเซอร์และเมื่อครบจำนวนที่กำหนดไว้ก็จะสั่งให้โซลินอยวาล์วปิดการทำงาน

โดยทดสอบการทำงานของต้นแบบระบบควบคุมฯนี้ที่ค่าอัตราการไหลของน้ำที่ค่าเฉลี่ย 6.33 ลิตร/นาที่ พบว่าสามารถควบคุมการเปิด-ปิดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและการทดสอบการกำหนดค่าปริมาณน้ำพบว่ามีความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือร้อยละ 20 และน้อยที่สุดคือร้อยละ 2 และระบบฯ สามารถแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดทั้งหมด

คำสำคัญ : ระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะ แอปพลิเคชัน Water Automatic

Abstract

This paper presents the development of a prototype of a smart water supply control system for households using IoT system. The developed prototype can control water distribution via the internet network, utilizing the web application "Water Automatic," which possesses the capability to regulate water flow. Furthermore, the system logs water usage data to establish historical records and facilitates water bill calculations. The system operates by

using a water flow sensor to measure the water flow rate. The acquired data is transmitted to the ESP32 microcontroller, which processes the data and transmitted via the internet network to the “Water Automatic” web application to record the data. The microcontroller monitors the water flow rate and, when the pre-set amount of water is reached, commands the solenoid valve to turn on or off the waterway. The microcontroller will monitor the water flow rate through the sensor, and when it reaches the predetermined amount, it will command the solenoid valve to turn off.

This prototype of the control system was tested at an average water flow rate of 6.33 liters/min. It was found that it could effectively control the water on-off and the water volume configuration test found that the maximum error was 20% while the minimum error was 2%. The system could alert the application line according to all specified conditions.

Keyword: Smart water supply control system, Water Automatic Application

1. บทนำ

ในปัจจุบัน น้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินชีวิตประจำวัน ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรน้ำมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมเป็นอย่างมาก และจะส่งผลกระทบต่อเนื่องในระยะยาว ซึ่งมีสาเหตุหลักของปัญหามาจากการขาดความร่วมมือและขาดจิตสำนึกที่ดีต่อการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างรู้คุณค่า [1] จึงจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่เข้ามาช่วยในการตรวจวัดหรือระบบเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถวัดและควบคุมอัตโนมัติ เข้ามาช่วยในด้านการใช้น้ำ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนของการควบคุมการใช้น้ำดังนี้

ทวีป ตรีหะจินดารัตน์ และคณะ [2] ได้พัฒนาอินเตอร์เน็ตกับทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะ โดยพัฒนาระบบควบคุมการจ่ายน้ำสำหรับสวนอัจฉริยะในการจัดการดูแลสวนและสามารถเก็บข้อมูล

สภาพแวดล้อมและสามารถควบคุมการทำงานได้จากระยะไกลได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ผลวิจัยพบว่างานวิจัยนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถแสดงอุณหภูมิ ความชื้น และควบคุมการจ่ายน้ำบนเว็บเบราว์เซอร์

ปวันนพัสตร์ ศรีทรงเมือง และคณะ [3] ได้พัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังเป็นอุปกรณ์ควบคุม เพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถควบคุมการสั่งการเปิด-ปิดน้ำผ่านทางสมาร์ตโฟนได้ จากผลการประเมินของกลุ่มตัวอย่างพบว่ามี ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

บุญธง วสุรีย์ และธานีล [4] ได้พัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับแพะไล่ทุ่งแบบอัตโนมัติ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำในถังพักน้ำ และระบบควบคุมในการปล่อยน้ำอัตโนมัติ จากผลวิจัยพบว่า

สามารถประหยัดเวลาในการให้น้ำเพาะได้ดีกว่าการ
เติมน้ำแบบใช้แรงงานคนร้อยละ 19.11

ภาคย์ สอนเสาวภาคย์ [5] ได้พัฒนาระบบ
ปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติ โดยควบคุมการ
ให้แสงแดดเทียม อุณหภูมิ และการให้สารละลายได้
อย่างคงที่และแม่นยำ และแสดงผลข้อมูลบนเว็บไซต์
และเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล จากผลวิจัยพบว่า
ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำให้ผลผลิตดีขึ้นมากกว่า
ระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบปกติ โดยมีน้ำหนัก
ของผลผลิตมากกว่าแบบปกติเฉลี่ย 26.56 กรัม แต่จะ
ใช้น้ำมากกว่าแบบปกติ ประมาณ 26.91 เปอร์เซ็นต์

ณัฐพล เหลืองสันติมิตร และคณะ [6] ได้
พัฒนาระบบควบคุมแรงดันของไหลและสามารถ
เชื่อมต่อข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน จากผลวิจัยพบว่าสามารถช่วยผู้ใช้งานในการ
ควบคุมระบบของไหลในท่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ผ่านระบบมือถือและผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน

จักรกริชชัย บัวสมบูรณ์ และธรรป [7] ได้
พัฒนาระบบการจัดการและตรวจสอบน้ำสำหรับ
อาคารที่พักอาศัยด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อแก้ปัญหา
แรงดันน้ำไม่เพียงพอสำหรับอาคารที่มีความสูง โดย
สามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน จากผลวิจัยและ
แบบประเมินพบว่าการใช้งานของผู้ใช้ในระดับดี มี
ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.18 และสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้น
เมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ซึ่งทำให้เราสามารถ
ลดปัญหาการใช้น้ำประปาของผู้พักอาศัยได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ

จักรกริช เกษวิทย์ และคณะ [8] ได้พัฒนา
ระบบเปิด-ปิดน้ำด้วยโทรศัพท์มือถือ เพื่อความ

สะดวกสบายในการเปิด-ปิดน้ำจากไกล โดยใช้การส่ง
ข้อความเข้าบอร์ด sim900 จากผลวิจัยพบว่าระบบ
สามารถส่ง SMS ได้จากระยะ 100 เมตรได้และ
ประหยัดเวลาและลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำในกรณี
ที่ลืมปิดน้ำ

ศิริดา สมอหมอบ และคณะ [9] ได้พัฒนา
ระบบปั้มน้ำอัจฉริยะ เพื่อการประหยัดพลังงาน โดย
การใช้เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำภายในบ้านและส่งข้อมูล
ให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการให้ปั้มน้ำหรือ
วาล์วไฟฟ้าทำงาน จากผลวิจัยพบว่าสามารถให้ความ
สะดวกในการที่ไม่ต้องเปิด-ปิดปั้มน้ำเองเมื่อไม่
ต้องการใช้งานและประหยัดค่าไฟฟ้าภายในบ้านได้
ซึ่งประหยัดไปได้ถึง 657.744 บาท/เดือน และยังช่วย
ยืดอายุของการใช้งานของปั้มน้ำ

จากงานวิจัยที่น่าเสนอพบว่ายังไม่มีการ
กำหนดปริมาณน้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชันและยังไม่มี
การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้รวมถึงคำนวณค่า
น้ำประปา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาต้นแบบ
ระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอ
โอทีเพื่อที่จะควบคุมการใช้น้ำภายในบ้านหรือภายใน
สถานที่ต่างๆที่มีการใช้น้ำ เพื่อให้เกิดความสะดวกใน
การเปิด-ปิดน้ำ หรือป้องกันไม่ให้เกิดน้ำล้นออกจาก
ภาชนะที่รองน้ำที่เกิดจากการเปิดน้ำทิ้งไว้เพื่อรองน้ำ
ไว้ใช้ พัฒนาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็น
ตัวควบคุมระบบทั้งหมด และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน
เพื่อที่จะควบคุมการทำงานระยะไกลได้ การทำงาน
โดยการสั่งเปิด-ปิดน้ำบนเว็บแอปพลิเคชันและยัง
สามารถกำหนดปริมาณน้ำที่จะปล่อยออกมาได้และมี

การตัดการปล่อยอัตโนมัติเมื่อน้ำกำลังจะล้น ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องกังวลว่าจะเกิดการน้ำล้นจากการหลงลืมหรือผู้ใช้งานทำกิจกรรมอย่างอื่นอยู่ที่ไม่สามารถมาปิดน้ำได้ทัน และมีการแจ้งเตือนข้อความกับรูปถ่ายไปยังแอปพลิเคชันไลน์ในโทรศัพท์ของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นแจ้งเตือนและยืนยันกับผู้ใช้งานว่าขณะนี้ระบบเปิดหรือปิด

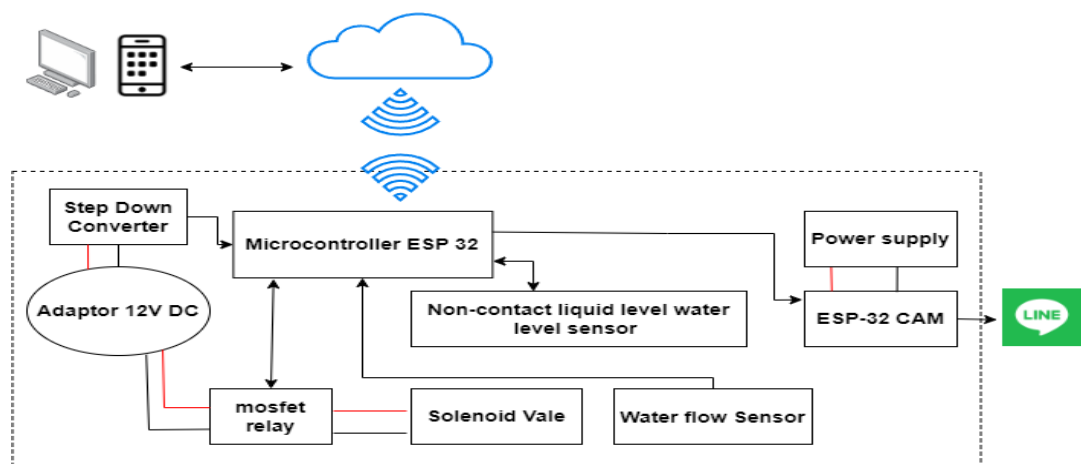
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอโอทีที่มีการออกแบบของวงจรระบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้

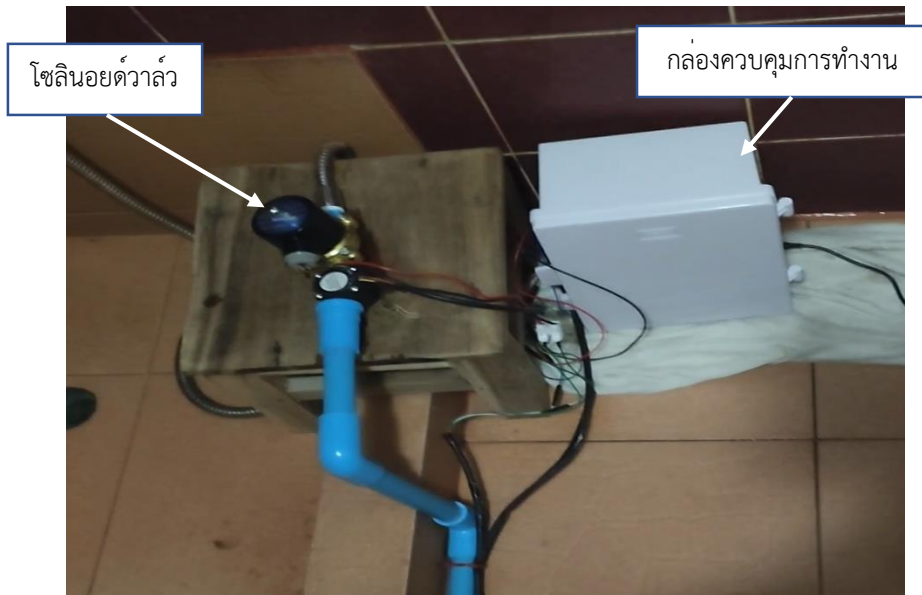
2.1. การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

ระบบควบคุมแสดงดังภาพที่ 1 และแผนภาพการทำงานแสดงดังภาพที่ 5 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ และทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลระหว่างเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic โดยเมื่อได้คำสั่งจาก

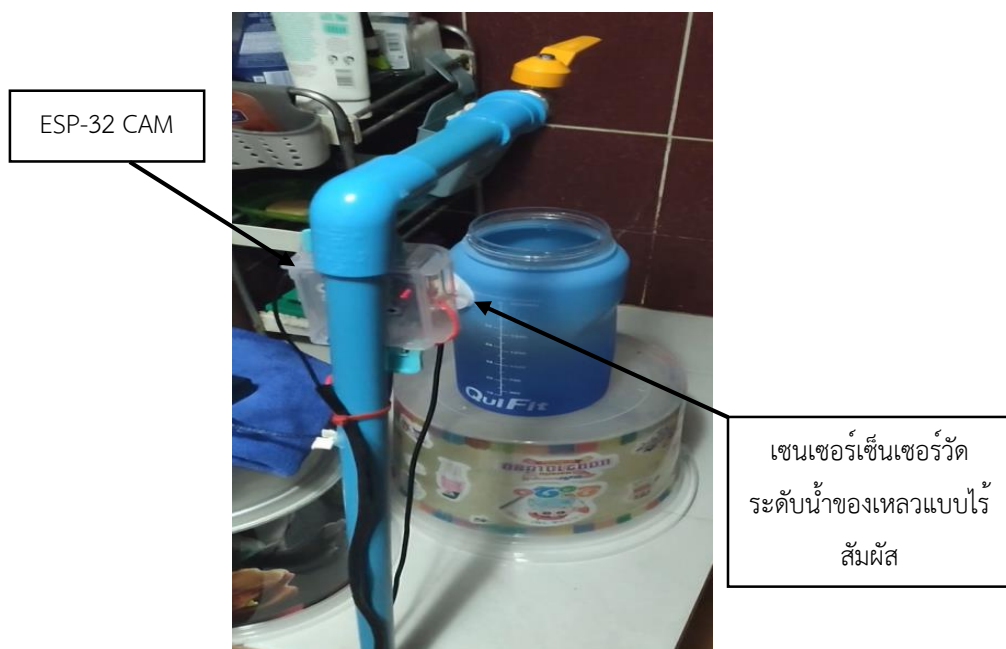
เว็บแอปพลิเคชันไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานไปยังโมดูลรีเลย์ให้จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังโซลินอยด์วาล์วเพื่อปล่อยน้ำผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ รุ่น YF-S201 (วัดอัตราการไหลของน้ำได้ 1-30 ลิตร/นาที่) เพื่อวัดอัตราการไหลของน้ำและส่งข้อมูลไปคำนวณเป็นค่าปริมาณน้ำเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic และมีเซนเซอร์วัดระดับน้ำของเหลวแบบไร้สัมผัส รุ่น XKC-Y25-V (สามารถวัดระดับน้ำทะเลถึงน้ำที่ความหนา 13 มิลลิเมตรได้) ทำหน้าที่ตรวจวัดเพื่อป้องกันน้ำล้น และส่งคำสั่งกลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการตัดการจ่ายน้ำ นอกจากนี้ยังมีเซนเซอร์ ESP32-CAM ถ่ายรูปเพื่อเป็นการยืนยันการทำงานของระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติ ณ ขณะนั้นว่าเปิดหรือปิดการใช้งานพร้อมส่งข้อความไปยังแอปพลิเคชันไลน์ นอกจากนั้นยังติดตั้งปุ่มกดเปิด-ปิดไว้ภายในกล่องควบคุมเพื่อป้องกันในกรณีที่ระบบเปิด-ปิดไม่ตอบสนองการทำงาน อุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 2-4



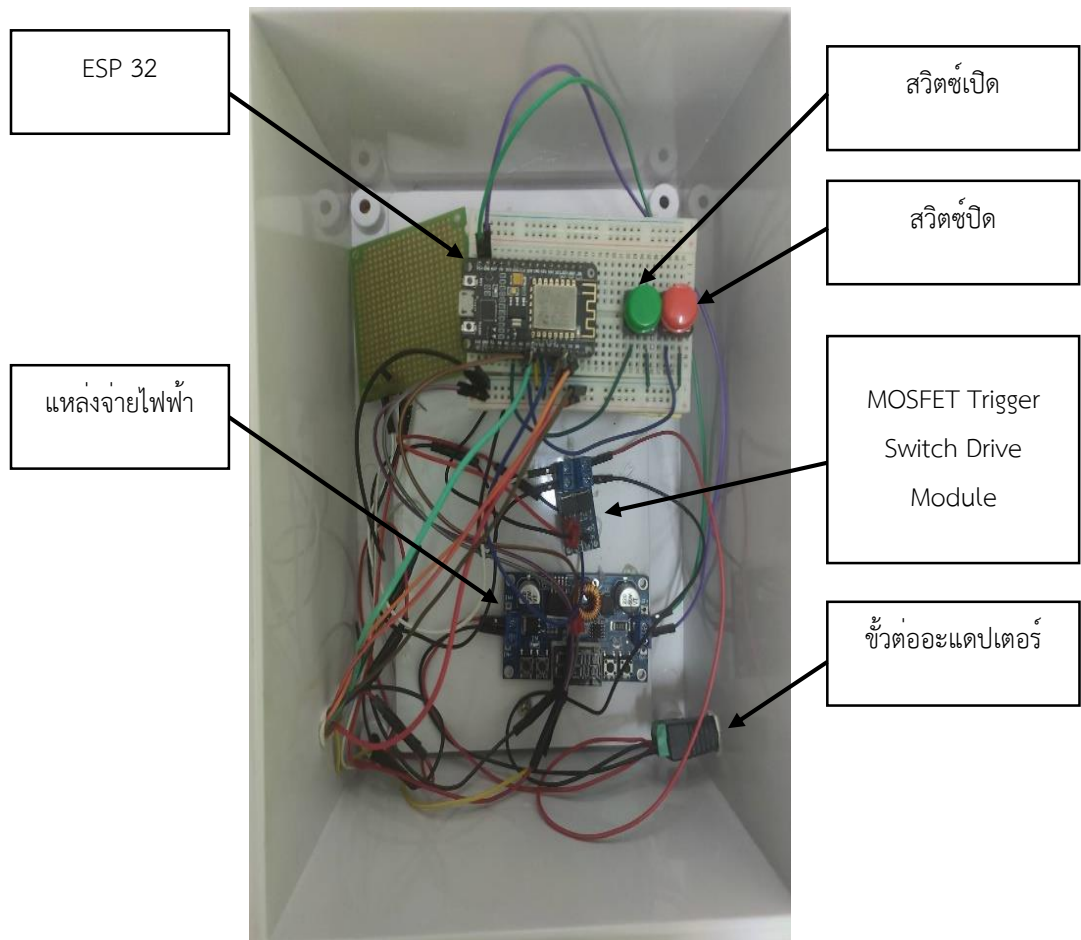
ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านผ่านระบบไอโอที



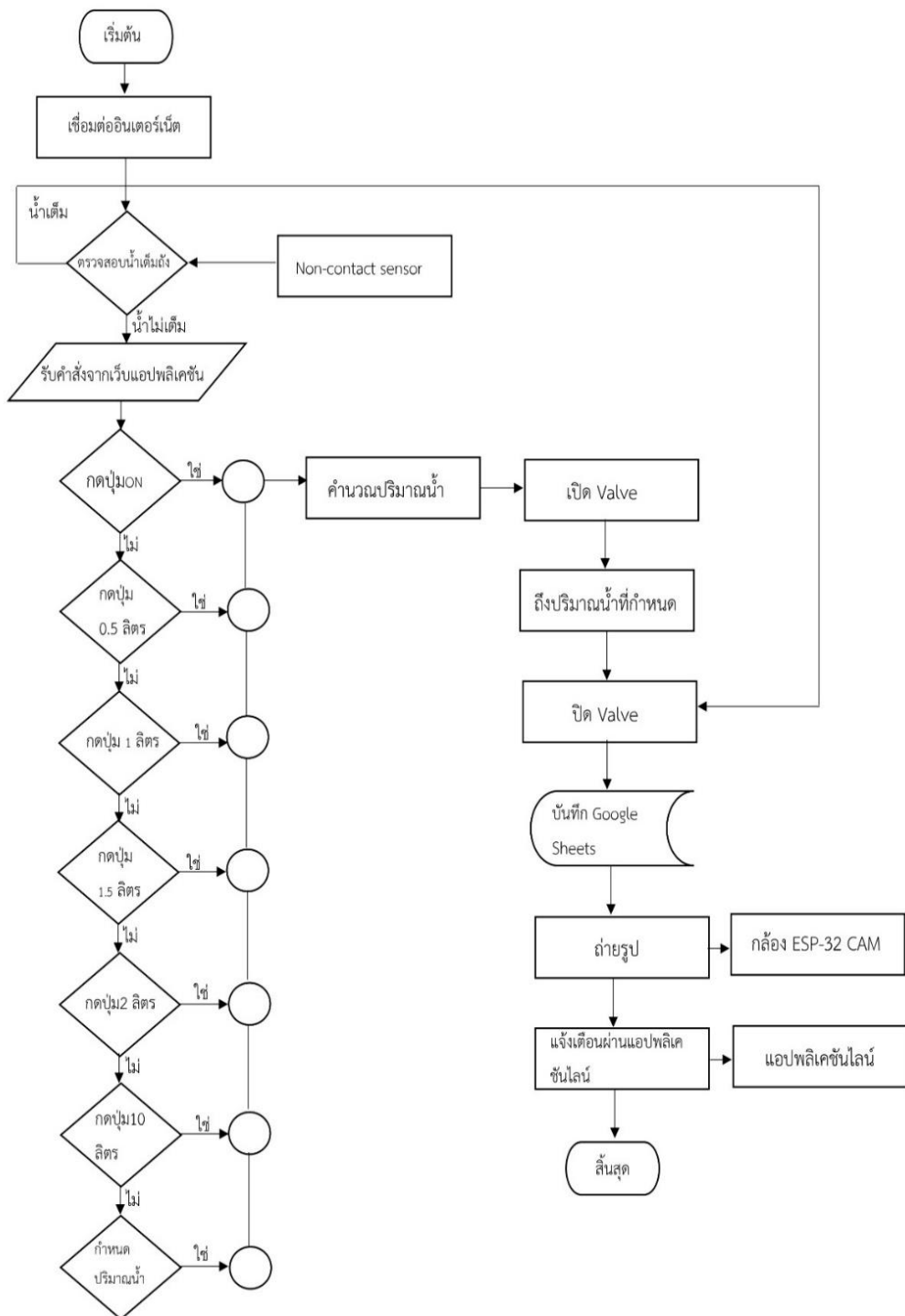
ภาพที่ 2 กล้องควบคุมระบบการจ่ายน้ำและโซลินอยด์วาล์ว



ภาพที่ 3 การติดตั้งและใช้งานจริง



ภาพที่ 4 การวางอุปกรณ์ในกล่องควบคุมการทำงาน



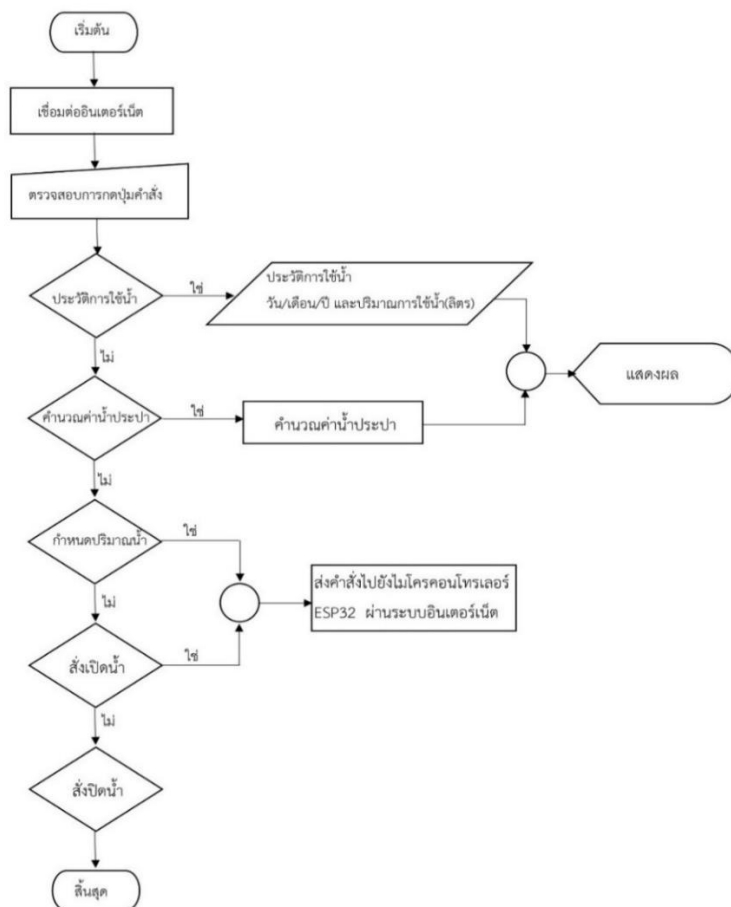
ภาพที่ 5 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 การออกแบบด้านซอฟต์แวร์

2.2.1 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic

ใช้สำหรับการเปิด-ปิดน้ำและแสดงค่าปริมาณของการใช้น้ำ ประวัติการใช้น้ำย้อนหลัง กำหนดค่าปริมาณน้ำที่ต้องการ และคำนวณค่าน้ำประปา โดยมีแผนภาพการทำงานแสดงดังภาพที่ 6 เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาโดยใช้ภาษา HTML,

CSS, JavaScript เริ่มจากเขียนโค้ดใน Visual Studio Code เพื่อออกแบบหน้าตาและคำสั่งต่างๆ เมื่อเสร็จแล้วจึงนำโค้ดที่เสร็จแล้วมาใส่ใน Node MCU เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ส่วนในทางด้านของฐานข้อมูลนั้นเก็บไว้ใน Google Sheets แล้วใช้ Google App Script ในการนำข้อมูลจาก Google Sheets มาแสดงเป็นตาราง



ภาพที่ 6 แผนภาพการทำงานและแสดงการทำงานข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย

3.1. เว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic

ในส่วนนี้ซึ่งจะแสดงผลการพัฒนาเว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic ซึ่งประกอบด้วย

3.1.1. หน้าหลักของเว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic ที่แสดงปุ่มกดคำสั่งการทำงานต่างๆ ดังนี้ 1) โปรแกรมคิดค่าน้ำประปา 2) ปุ่มกดประวัติการใช้น้ำ 3) ปุ่มกด ON-OFF และ 4) ปุ่มกดเลือกปริมาณน้ำที่ต้องการ (ภาพที่ 7)

3.1.2. หน้าเว็บไซต์แอปพลิเคชันที่ใช้กำหนดปริมาณน้ำที่ต้องการ โดยมีตัวเลือก 1 2 3 4 และ 5 ลิตร และสามารถกำหนดได้ตามต้องการ (ภาพที่ 8)

3.1.3. หน้าเว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic ที่แสดงประวัติการใช้น้ำโดยจะแสดงตามวันที่ เวลา และปริมาณน้ำที่ใช้ไป (หน่วยลิตร) และ

โปรแกรมรวมปริมาณน้ำเพื่อแปลงเป็นหน่วยลูกบาศก์เมตรสำหรับการนำไปคำนวณเป็นค่าน้ำประปาในส่วนของหน้า “โปรแกรมคิดค่าน้ำประปา” แสดงดังภาพที่ 9

3.1.4. ส่วนของหน้าเว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic นี้จะแสดงหน้าโปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปา โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลดังภาพที่ 10 สำหรับคำนวณค่าน้ำประปา โดยใช้สมการคำนวณ คือ

$$[\text{ปริมาณน้ำที่ใช้} \times \text{ราคาต่อหน่วย}] + \text{ค่าบริการ} + \text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม } 7\% = \text{ค่าน้ำประปา}$$

หลังจากบันทึกข้อมูลและกดปุ่ม “คำนวณ” เว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic จะแสดงข้อมูลและค่าน้ำประปาดังภาพที่ 11



ภาพที่ 7 หน้าเว็บไซต์แอปพลิเคชัน Water Automatic แสดงปุ่มกดต่างๆ

กรุณารอกปริมาณน้ำ:

ยืนยัน

1 ลิตร

2 ลิตร

3 ลิตร

4 ลิตร

5 ลิตร

ภาพที่ 8 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic แสดงการเลือกปริมาณน้ำที่ต้องการปล่อย

ประวัติการใช้น้ำ

แสดง 5 แถว แถว ค้นหา:

| วันที่ | เวลา | หน่วย(ลิตร) |
|-----------|----------|-------------|
| 15/2/2023 | 10:24:52 | 0 |
| 15/2/2023 | 10:26:45 | 2.41 |
| 15/2/2023 | 10:30:50 | 0 |
| 15/2/2023 | 10:32:07 | 0 |
| 6/6/2023 | 10:48:05 | 2.36 |

แสดง 1 ถึง 5 จาก 210 แถว

หน้าแรก < ก่อนหน้า 1 2 3 4 5 ... 42 > ถัดไป > หน้าสุดท้าย

จำนวนที่(ลิตร) * จำนวนที่(ลิตร)

เข้าไปแปลงหรือเป็นลูกค้าเมตร

ลิตร

แปลงหน่วย

ลูกค้าเมตร

ภาพที่ 9 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic แสดงประวัติการใช้น้ำ

โปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปา

คำนวณปริมาณการใช้น้ำประปา

1. ประเภทน้ำประปาที่ใช้บริการ

--- เลือกประเภทน้ำประปา ---

2. ประเภทผู้ใช้น้ำประปา

--- เลือกประเภทผู้ใช้น้ำประปา ---

3. ขนาดมาตรวัดน้ำ (นิ้ว)

--- เลือกขนาดมาตรวัดน้ำ ---

4. ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)

คำนวณ

ภาพที่ 10 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic ของโปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปาก่อนกรอกข้อมูล

โปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปา

คำนวณปริมาณการใช้น้ำประปา

1. ประเภทน้ำประปาที่ใช้บริการ
ทั่วไป (ยกเว้น พื้นที่พิเศษ)

2. ประเภทผู้ใช้น้ำประปา
ที่อยู่อาศัยและอื่นๆ

3. ขนาดมาตรวัดน้ำ (นิ้ว)
1/2

4. ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)
0.001

คำนวณ

ราคาต่อหน่วย : 10.2 บาท
ปริมาณน้ำที่ใช้ : 0.001 ลูกบาศก์เมตร
รวมค่า : 0.010199999999999999 บาท
ค่าบริการทั่วไป : 30 บาท
ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%) : 2.1 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น : 32.1102 บาท

ภาพที่ 11 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic ของโปรแกรมคำนวณค่าน้ำประปาหลังกรอกข้อมูล

3.2 การทดสอบการควบคุมการปล่อย ปริมาณน้ำ

ทดสอบโดยการระบุปริมาณน้ำที่บน
เว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic จำนวน 5
ปริมาณ ได้แก่ 1 2 3 4 และ 5 ลิตร ทำการทดสอบที่
อัตราไหลของน้ำเฉลี่ย 6.33 ลิตร/นาที่ โดยการปล่อย
น้ำลงไปในวัดปริมาณในบีกเกอร์ขนาด 5 ลิตร

จากตารางที่ 1 แสดงผลการวัดปริมาณ
น้ำที่ถูกปล่อยออกมาโดยการกำหนดจากเว็บ
แอปพลิเคชัน Water Automatic พบว่าที่ปริมาณน้ำ
1 ลิตรมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 20 และที่ปริมาณ
น้ำ 5 ลิตรมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 2

ตารางที่ 1 ผลการวัดปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยจริง

| ปริมาณ น้ำ(ลิตร) | จำนวนครั้งที่ทดสอบ | | | | | ค่าเฉลี่ย | ค่าความคลาดเคลื่อน |
|---------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 20% |
| 2 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.1 | 2.2 | 10% |
| 3 | 3.2 | 3.2 | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 6.6% |
| 4 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 2.5% |
| 5 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 2% |

3.3. การทดสอบระบบแจ้งเตือนการจ่ายน้ำและแจ้งข้อมูลการใช้ผ่านทางแอปพลิเคชัน

ทดสอบโดยทำตามข้อกำหนดการแจ้งเตือนของระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติ ที่มีอยู่ในเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic ทุกคำสั่งทำงานประกอบด้วย

1) เมื่อกดสวิตช์เปิด หรือมีคำสั่งให้เปิดน้ำ เช่น ระบุปริมาณที่ต้องหรือเลือกปริมาณที่ต้องผ่านเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic จะมีข้อความ “ระบบเปิดน้ำแล้วครับ” และถ่ายรูปส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์

2) เมื่อกดสวิตช์ปิด หรือ มีคำสั่งให้ปิดน้ำ เช่น ปริมาณน้ำถึงระดับที่ถูกกำหนดไว้ จะมี

ข้อความ “ระบบปิดน้ำแล้วครับ” และ ถ่ายรูปส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์

3) เมื่อเซนเซอร์วัดระดับของเหลวแบบไร้มัลส์ ตรวจพบน้ำ ในกรณีที่เปิดน้ำทิ้งไว้จนถึงจุดที่ใกล้จะล้นภาชนะ จะมีข้อความ “ระบบปิดน้ำแล้วครับ” และ “น้ำเต็มแล้วครับ” และถ่ายรูปส่งไปยังแอปพลิเคชันไลน์

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนและแจ้งข้อมูลการใช้ผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์พบว่าสามารถทำการแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ทั้งหมด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนการจ่ายน้ำและแจ้งข้อมูลการใช้ผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์

| การแจ้งเตือน ของระบบจ่ายน้ำ | คำสั่งการแจ้งเตือนของระบบจ่ายน้ำ | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------|
| | ระบบเปิดน้ำ แล้วครับ | ระบบปิดน้ำ แล้วครับ | น้ำเต็มแล้วครับ | ถ่ายภาพ แล้วส่ง |
| กดสวิตช์เปิด | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| กดสวิตช์ปิด | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| กดปุ่ม ON บนเว็บ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| กดปุ่ม OFF บนเว็บ | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| กดยืนยันเมื่อเลือกปริมาณที่ต้องการ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| เมื่อน้ำถึงระดับที่ต้องการ | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| กดปุ่ม 1 ลิตร | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| เมื่อระดับถึง 1 ลิตร | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| กดปุ่ม 2 ลิตร | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| เมื่อระดับถึง 2 ลิตร | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| กดปุ่ม 3 ลิตร | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| เมื่อระดับถึง 3 ลิตร | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |

| | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|
| กดปุ่ม 4 ลิตร | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| เมื่อระดับถึง 4 ลิตร | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| กดปุ่ม 5 ลิตร | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| เมื่อระดับถึง 5 ลิตร | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| Non-contact ตรวจพบน้ำ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ คือ มีการส่งข้อมูล เครื่องหมาย คือ ✗ ไม่มีการส่งข้อมูล

อภิปรายผล

ต้นแบบระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอโอทีนี้สามารถกำหนดปริมาณน้ำได้อย่างอิสระจากเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic โดยจะมีการแจ้งเตือนและส่งภาพถ่ายผ่านแอปพลิเคชันไลน์เมื่อมีการเปิด-ปิดก๊อกน้ำ และเมื่อน้ำถึงปริมาณที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังมีเซนเซอร์วัดระดับของเหลวแบบไร้สัมผัสเพื่อตรวจสอบและสั่งปิดก๊อกน้ำอัตโนมัติเมื่อน้ำเต็มก่อนถึงปริมาณน้ำที่ตั้งไว้ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ ทวีป ตรีหะจินดารัตน์ และคณะ [2] ที่สามารถควบคุมการจ่ายน้ำบนเว็บเบราว์เซอร์ สามารถแสดงอุณหภูมิและความชื้นได้แต่ไม่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์และไม่มีเซนเซอร์ตรวจวัดน้ำเต็มถึง และแตกต่างจากงานวิจัยของ ปวันนพัสตร์ ศรีทรงเมือง และคณะ [3] ที่เน้นการควบคุมสั่งการเปิด-ปิดการให้น้ำผ่านทางแต่ไม่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์และไม่มีเซนเซอร์ตรวจวัดน้ำเต็มถึง แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญธง วสุรีย์ และธานีล ม่วงพูล. [4] ที่ใช้เซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำในถังพักน้ำร่วมกับระบบควบคุมในการปล่อยน้ำอัตโนมัติเท่านั้นแต่ไม่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ

ภาคย์ สอนเสาวภาคย์ [5] ที่มีระบบควบคุมการปล่อยน้ำอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิคส์และใช้เซนเซอร์วัดอัตราไหลของน้ำในการวัดปริมาณน้ำและวัดอัตราไหลของน้ำ แต่ไม่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรกริชชัย บัวสมบุญรณ์ และจรูญ อักษร [7] ที่มีการใช้เซนเซอร์การไหลของกระแสไฟฟ้าในการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ไหลผ่านปั้มน้ำก่อนที่จะส่งน้ำขึ้นไปยังแหล่งกักเก็บน้ำและสามารถควบคุมระบบปั้มน้ำผ่านแอปพลิเคชัน แต่ก็ไม่มีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

ต้นแบบระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะในบ้านด้วยระบบไอโอทีที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) ระบบควบคุมโดยมีไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ทำหน้าที่รับคำสั่งจากเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic เพื่อประมวลผลเป็นปริมาณน้ำที่ต้องการจากนั้นจึงสั่งการไปยังโซลินอยด์วาล์วเพื่อปล่อยน้ำและรับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำเพื่อประมวลผลและบันทึกข้อมูลแล้วส่งไปยังเว็บแอปพลิเคชัน Water Automatic ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2) เว็บแอปพลิเคชัน Water Automic ซึ่งใช้สำหรับการควบคุมเปิด-ปิดหรือการจ่ายปริมาณน้ำ แสดงประวัติการใช้น้ำและสามารถคำนวณค่าน้ำประปาได้อย่างถูกต้อง

ผลการทดสอบการควบคุมปริมาณน้ำพบว่า จะมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ปริมาณน้ำ 1 ลิตร คิดเป็นร้อยละ 20 และค่าความคลาดเคลื่อนนี้จะลดลงเมื่อมีการกำหนดปริมาณน้ำสูงขึ้น โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 2 ที่ปริมาณน้ำ 5 ลิตร แต่เมื่อคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์จะพบว่าที่ปริมาณน้ำแต่ละระดับจะมีค่าอยู่ระหว่าง 100 – 200 มิลลิลิตรเท่านั้น สาเหตุที่มีความคลาดเคลื่อนนั้นเนื่องจากน้ำที่ทดสอบมีอัตราการไหลไม่สม่ำเสมอซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมปัจจัยนี้ได้ ประกอบกับสมการที่ใช้มีลักษณะเป็นการนำค่าอัตราการไหลมาคำนวณเป็นเวลาการปล่อยน้ำซึ่งอาจมีความไวไม่มากพอจึงทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงและมีการแกว่งเตือนตามเงื่อนไขที่กำหนดได้โดยไม่ผิดพลาด

ข้อเสนอแนะ

ควรปรับสมการคำนวณปริมาณน้ำให้มีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำแบบเวลาจริง เนื่องจากค่าอัตราการไหลของน้ำแต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอัจฉริยะ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราช

ภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] งานน้ำสุญ กองระบบจำหน่าย การประปาส่วนภูมิภาคเขต ๑. โครงการส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ. [อินเทอร์เน็ต]. เข้าถึงเมื่อ 22 พฤษภาคม 2566. จาก <https://rdi.pwa.co.th/images/team/dsm/Water-saving-device/Water-saving-device-P1-1.pdf>
- [2] ทวีป ตริหะจินดารัตน์, ทศพร บันจาด และปวร รัชฎ์ คชรินทร์. อินเทอร์เน็ตกับทุกสิ่งของสวนอัจฉริยะ. [ปริญญาานิพนธ์]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2559.
- [3] ปวันนพัสตร์ ศรีทรงเมือง, ชาญณรงค์ ศรีทรงเมือง, สุมณา บุชบก และคณะ. การพัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝัง. [ปริญญาานิพนธ์]. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชมงคล สุวรรณภูมิ; 2563.
- [4] บุญธง วสุรีย์ และธานิล ม่วงพูล. ระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับแพะไล่ทุ่งแบบอัตโนมัติ. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 2561; 5(2): 155-156.
- [5] ภาคย์ สธนเสาวภาคย์. การวิจัยและพัฒนา ระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติ. [ปริญญาานิพนธ์]. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2562

- [6] ณัฐพล เหลืองสันติมิตร, นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร และจุฑามาศ ชุมลักษณ์. การพัฒนาระบบของไหลในท่อเพื่อการบริหารและเชื่อมต่อข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและอุปกรณ์ฝังตัว. Thammasat Engineering Journal. 2019; 5(2): 8-9.
- [7] จักรกริชชัย บัวสมบูรณ์ และธงรบ อักษร. ระบบการจัดการและตรวจสอบน้ำสำหรับ ที่พักอาศัยด้วยอุปกรณ์เคลื่อน. Journal of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University. 2021; 58-59.
- [8] จักรกริช เกษวิทย์, ภูริเดช เขยโพธิ์, นิธิศ ปิ่นทอง และคณะ. ระบบเปิด-ปิดน้ำด้วยโทรศัพท์มือถือ. [ปริญญาานิพนธ์]. สมุทรปราการ: โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ; 2560
- [9] ศิรดา สมอหมอบ, กชกร พิมพาหุ และอิสะ มาสิงห์. ระบบปั้มน้ำอัจฉริยะ. [ปริญญาานิพนธ์]. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2557

การออกแบบโปรแกรมการขนส่งน้ำดื่ม กรณีศึกษา ร้านน้ำดื่มแห่งหนึ่งในอำเภอศรีราชา

Design of a Drinking Water Transportation Program: a Case Study of a Drinking Water Store in Sriracha District

จักรินทร์ กลั่นเงิน¹, กัลยา จำปาศรี², ประภาพรณ เกษราพงศ์^{3*}, กันต์ธกรณ เขาทอง⁴
Jakkarin Klunngien ¹, Kanlaya Jampasri², Prapapan Ketsarapong ^{3*}, Kunthakorn Khaothong

^{1,3}หน่วยปฏิบัติการวิจัยการจัดการการผลิตและอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

⁴ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{1,3}Industrial and Production Management Research Unit, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

⁴Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

* Corresponding author. E-mail :Prapapan@eng.src.ku.ac.th, 0865520140

บทคัดย่อภาษาไทย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโปรแกรมการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการขนส่งน้ำดื่มภายใต้เงื่อนไขของระยะทางที่สั้นที่สุดส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งลดลง อีกทั้งพนักงานขนส่งสามารถทำงานแทนกันได้ นักวิจัยออกแบบโปรแกรมแสดงผลโดยใช้โปรแกรม VBA บน Microsoft Excel และหาคำตอบของระยะทางที่สั้นโดยใช้ Open Solver หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทำงานแบบเดิมของพนักงานขนส่ง ซึ่งพบว่าผลที่ได้จากโปรแกรมได้ระยะทางและต้นทุนที่ดีกว่าการขนส่งแบบเดิมของพนักงาน รวมถึงพนักงานสามารถทำงานได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น อีกทั้ง โปรแกรมที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเพื่อการจัดการเส้นทางเมื่อจำนวนลูกค้าและปริมาณความต้องการของลูกค้าเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : VBA บน Microsoft Excel, ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ, การขนส่งน้ำดื่ม

ABSTRACT

This research aims to design a vehicle routing program for transporting drinking water under the shortest distance condition, as a result, transportation costs are reduced. Moreover, transport workers can work interchangeably. The researchers designed a display program using

the Excel Visual Basic for Applications (VBA) program and solved the shortest distance solution using the Open Solver. After that, the result was compared with the traditional work of transport employees. It was found that the result from the program was better in distance and cost than traditional transportation of employees, including employees being able to work more easily and quickly. Moreover, the proposed program can be applied to make decisions in order to route management when the number of customers and customer demand are increasing.

Keyword: Microsoft Excel Visual Basic for Applications, Vehicle Routing Problem, Drinking Water Transportation

1. บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและการแข่งขันทางด้านธุรกิจบริการสูงขึ้น ส่งผลให้ผู้ใช้บริการและผู้รับบริการต้องการความสะดวกสบายเพิ่มขึ้น ร้านกรณีศึกษาซึ่งเป็นร้านที่ประกอบธุรกิจขายส่งน้ำดื่ม ตั้งอยู่บริเวณชุมชนของอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี จัดส่งน้ำดื่มบรรจุขวดขนาดกลางและใหญ่ 600 มิลลิลิตร และ 1,500 มิลลิลิตร มีปริมาณการบรรจุต่อแพ็ค 12 ขวด และ 6 ขวด ตามลำดับ พื้นที่เขตบริการอยู่ในเขตจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และระยอง ลักษณะการทำงานของพนักงานปัจจุบันจะอาศัยความชำนาญเส้นทางการจัดส่ง ไม่มีการวางแผนการจัดการเส้นทางการขนส่ง และไม่มีเครื่องมือช่วยในการวางแผนการจัดเส้นทาง ส่งผลให้ต้นทุนที่เกิดขึ้นในการจัดส่งน้ำดื่มมีปริมาณที่สูง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำโปรแกรมการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการขนส่งน้ำดื่ม เพื่อให้เกิดระยะทางที่สั้น ส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งลดลง และพนักงานสามารถทำงานแทนกันได้ ขอบเขตของงานวิจัยประกอบด้วยจำนวนยานพาหนะที่ใช้เป็นรถกระบะเสริมราวเหล็กจำนวน 3 คัน ซึ่งแต่ละคันมีน้ำหนักการบรรทุกไม่เกิน

1,100 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งจะวัดจาก google map และใช้วิธีตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหาการจัดการเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) แล้วหาคำตอบด้วยโปรแกรม Open Solver ช่วยในการหาคำตอบ ทั้งนี้ ในงานวิจัยได้ออกแบบโปรแกรมการคำนวณเส้นทางสำหรับผู้ใช้งานโดยใช้โปรแกรม VBA ของ Microsoft Excel อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาถึงลักษณะการจัดวางสินค้าภายในตัวรถ

ตัวแบบปัญหาการจัดการเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (VRP) เป็นการจัดลำดับการส่งสินค้าไปยังลูกค้าแล้วกลับมายังจุดเริ่มต้น ปัญหาประเภทนี้สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน แต่การหาคำตอบทำได้ยาก จึงจัดเป็นปัญหาประเภท NP-hard [1] อย่างไรก็ตาม VRP เริ่มได้รับความนิยมตั้งแต่สมัย Dantzig and Ramser [2] ได้กำหนดเส้นทางที่เหมาะสมในการส่งน้ำมันระหว่างสถานี เพื่อให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด โดยมีการกำหนดความต้องการของแต่ละสถานี ปัญหานี้พัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) ซึ่งเป็นปัญหาในการจัดเส้นทางในการเดินทางไปหาลูกค้าทุกคน แล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้นโดยทุกจุดสามารถเดินทางให้เพียง 1 ครั้ง

ซึ่ง Dantzig et al. [3] ได้จัดเส้นทางของพนักงานขายระหว่างเมืองวอชิงตัน ดี. ซี. และเมืองอื่นๆ อีก 48 เมือง เพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด อย่างไรก็ตาม VRP เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจมาจนถึงปัจจุบันและพัฒนาวิธีในการหาคำตอบเรื่อยมา เช่น Mancini and Gansterer [4] ปรับปรุงรูปแบบการกระจายสินค้าของธุรกิจอีคอมเมิร์ซสำหรับบริษัทขนส่ง โดยเปรียบเทียบวิธีการแบบดั้งเดิม คือ การส่งมอบตามบ้าน (attended home delivery : AHD) และวิธีแบบผสม คือการใช้วิธี AHD ร่วมกับการใช้สถานที่จัดส่งร่วมกัน (shared delivery locations : SDL) ซึ่งลูกค้าสามารถรับบริการที่บ้านในช่วงเวลาที่ต้องการ หรือสามารถไปรับพัสดุที่ SDL ผลที่ได้พบว่าต้นทุนจากการขนส่งลดลงเมื่อใช้วิธีแบบผสม และคุณภาพของคำตอบเพิ่มขึ้นถึง 40% ในขณะที่ยังการบริการไม่ได้รับผลกระทบ Wu and Zeng [5] ศึกษาการจัดเส้นทางรถรับส่งพัสดุของยานพาหนะแบบไดนามิก เมื่อทราบจำนวนและที่ตั้งของลูกค้าแน่นอน ในขณะที่ขนาดของพัสดุเป็นแบบสุ่มและไม่ทราบล่วงหน้า ริวโรจน์ และ ธัญภัส [6] แก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ ด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ผลการทดลองพบว่าสามารถลดต้นทุนระยะทาง และจำนวนพนักงานลงได้ อภิษฐ์ และ ศิริดี [7] ศึกษาการจัดเส้นทางขนส่งเครื่องดื่มที่มีรถหลายขนาด และมีปริมาณความต้องการของลูกค้าบางรายมากกว่าความสามารถของรถที่จะบรรทุกได้ ทำให้ต้องแบ่งส่งสินค้าและใช้รถมากกว่า 1 คัน โดยงานวิจัยนี้เปรียบเทียบคำตอบระหว่างการใช้รูปแบบการขนส่งแบบปัจจุบัน กับการใช้ตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จาก Baron Solver ด้วยวิธี Branch-and-Reduce และวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง ผลที่ได้พบว่าทั้ง 2 วิธีที่นำมาทดสอบให้ต้นทุนที่ลดลงกว่าแบบปัจจุบันโดยวิธี Baron

Solver ให้ต้นทุนที่น้อยกว่าวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่างใช้เวลาน้อยสุด ในขณะที่วิธี Baron Solver ใช้เวลามากสุด นอกจากนี้ จักรินทร์ และคณะ [8] ได้ศึกษาการจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่มแห่งหนึ่งซึ่งเปรียบเทียบวิธีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีตรงกับวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด พบว่าการหาคำตอบโดยวิธีตรงที่ใช้ Open Solver ในการหาคำตอบ ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงออกแบบโปรแกรมสำหรับจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่มโดยใช้วิธีตรงในการหาเส้นทางที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม จักรินทร์ และคณะ, Toth and Vigo และ ประภาพรณและอารียา [8-10] นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์มีสมการดังต่อไปนี้ สมการเป้าหมาย คือ

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^k C_{ij} X_{ij}^k \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด คือ

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k X_{ij}^k = 1 \quad \forall j = 2, 3, 4, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ij}^k = 1 \quad \forall i = 2, 3, 4, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=2}^n X_{il}^k \leq 1 \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, k \quad (4)$$

$$\sum_{j=2}^n X_{lj}^k \leq 1 \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, k \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ip}^k = \sum_{j=1}^k X_{pj}^k \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, k \quad (6)$$

$p = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\sum_{i=1}^n D_i \left(\sum_{j=1}^n X_{ij}^k \right) \leq Q_k \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, k \quad (7)$$

$$U_i - U_j + N \sum_{k=1}^k X_{ij}^k \leq N-1 \quad \forall_{i,j} = 2,3,4,\dots,n$$

และ $i \neq j$ (8)

$$X_{ij}^k \in \{0,1\} \quad (9)$$

เมื่อสมการที่ (1) คือสมการเป้าหมายที่ต้องการระยะทางรวมสั้นสุด และมีสมการข้อจำกัดดังต่อไปนี้ สมการที่ (2) และ (3) เป็นการกำหนดให้ลูกค้าแต่ละรายสามารถรับบริการจากยานพาหนะได้เพียง 1 คัน สมการที่ (4) และ (5) เป็นการยืนยันการใช้งานยานพาหนะเท่าที่กำหนด สมการที่ (6) เป็นการกำหนดให้เมื่อยานพาหนะเข้าไปจุดใดๆ ต้องออกจากจุดนั้น สมการที่ (7) เป็นการกำหนดน้ำหนักบรรทุกจะไม่เกินความสามารถของยานพาหนะ สมการที่ (8) เป็นการป้องกันการเกิดทัวร์ย่อย สมการที่ (9) เป็นการกำหนดตัวแปรตัดสินใจ

เมื่อกำหนดต่างๆ ดังนี้

ดัชนี

i = ลำดับลูกค้าที่ i โดยที่ $i = 1,2,3,\dots,n$

j = ลำดับลูกค้าที่ j โดยที่ $j = 1,2,3,\dots,n$

k = ยานพาหนะที่ใช้ในการส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า

i, j โดยที่ $k = 1,2,3,\dots,k$

พารามิเตอร์

D_i = ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ i

C_{ij} = ระยะทางระหว่างลูกค้าที่ i กับลูกค้าที่ j

Q_k = ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะที่ k

อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัจจุบันนี้มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการแก้ปัญหาการทำงานต่างๆ ทำให้การทำงานสามารถทำได้ง่ายและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ศุภฤกษ์ [11] ได้นำระบบบาร์โค้ดมาใช้ในการพัฒนาระบบการจัดคลังสินค้าสำเร็จรูป

ผลการวิจัยพบว่าเวลาในการรับสินค้าเข้าและการจ่ายสินค้าให้ลูกค้าลดลงร้อยละ 1.47 และ 16.83 เวลาในการตรวจสอบย้อนกลับลดลงร้อยละ 43.64 รวมทั้งยังสามารถลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย วีรียา [12] ศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้งานกุญแจแอปพลิเคชันสำหรับการบริหารจัดการคลังยาต้านไวรัสของสถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินี ซึ่งแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยวัดประสิทธิภาพจากปริมาณยาต้านไวรัสเอชไอวี ปริมาณเวลาที่ใช้ในการบริหารจัดการคลังยา และวัดประสิทธิผลจาก จำนวนครั้งและรายการยาที่ผู้ป่วยไม่ได้รับเนื่องจากยาขาดคลังในวันที่มาตรวจหรือพบแพทย์ สัดส่วนยาใกล้หมดอายุที่สามารถแลกคืนได้ทันเวลาหรือไม่ทันเวลา อีกทั้ง สามารถแจ้งเตือนเมื่อยาใกล้หมดอายุทางไลน์และกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงของผู้ใช้งานได้อีกด้วย สุภัสชา [13] เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบจัดการร้านของชำเพื่อให้เป็นระเบียบ ง่ายต่อการใช้งาน สามารถค้นหาสินค้าที่กำลังจะหมดอายุได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบโปรแกรมการคำนวณเส้นทางสำหรับผู้ใช้งานโดยใช้โปรแกรม VBA สำหรับจัดเส้นทางยานพาหนะในการขนส่งน้ำดื่ม เพื่อให้เกิดระยะทางที่สั้น ส่งผลให้ต้นทุน การขนส่งลดลง และพนักงานสามารถทำงานแทนกันได้

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

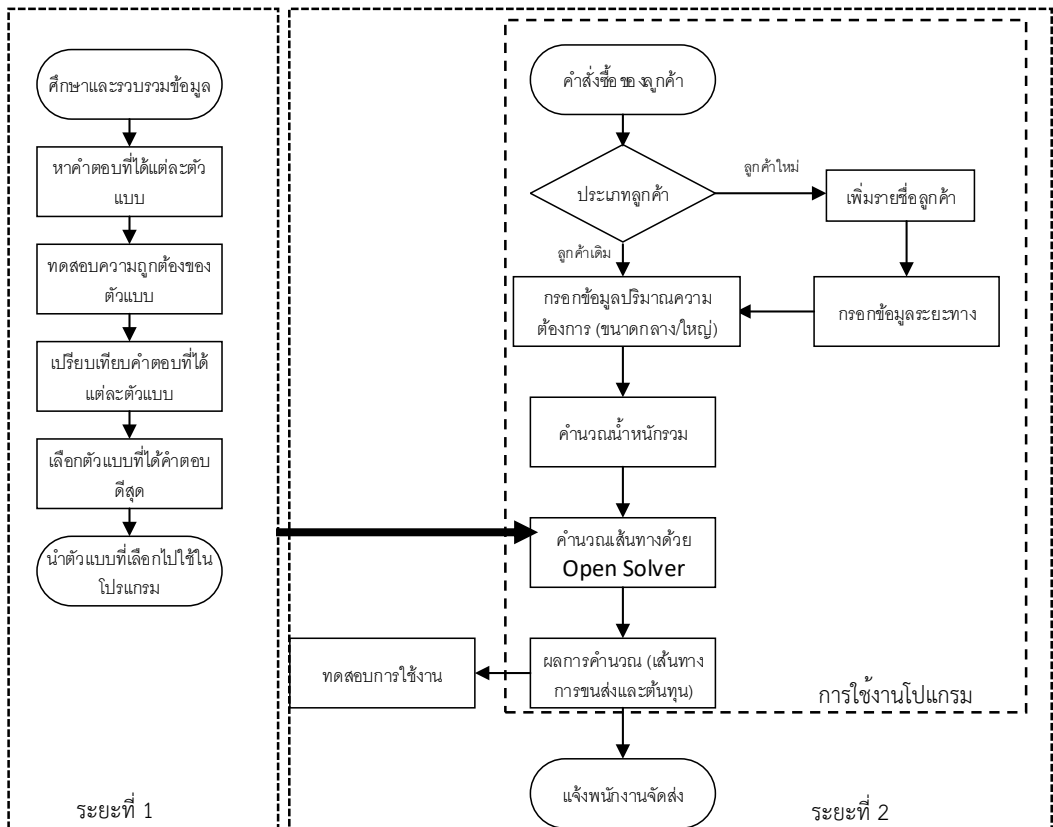
งานวิจัยนี้ใช้ Acer Nitro 5 Notebook CPU: AMD RYZEN 5 4600H RAM: 8 GB DDR4 STORAGE : 512 GP Microsoft Excel VBA for Application 2019, Macro Excel และ Open Solver 2.9.3

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

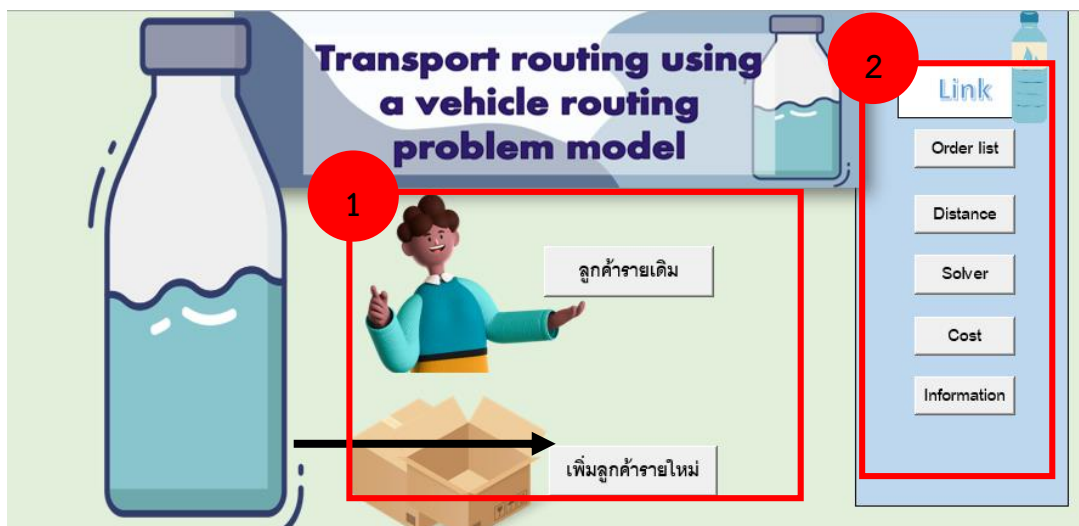
การออกแบบระบบน้ำดื่มของงานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะแรก เป็นการหาวิธีในการแก้ปัญหาและทดสอบความถูกต้องของคำตอบเมื่อแก้ปัญหาสมการโดยใช้โปรแกรม Open Solver ซึ่งกล่าวไว้แล้วใน จักรินทร์ และคณะ [8] หลังจากนั้นจะดำเนินการต่อไปในระยะที่ 2 โดยนำวิธีที่เลือกในระยะแรกมาใช้ในการคำนวณการจัดเส้นทางของโปรแกรมการขนส่งน้ำดื่ม สำหรับระยะที่ 2 จะเป็นการออกแบบโปรแกรมที่ใช้สำหรับร้านขนส่งน้ำดื่มศึกษา เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงพนักงานในการขนส่ง จำนวนลูกค้าที่จัดส่ง รวมถึงปริมาณความต้องการของลูกค้า ซึ่งพนักงานสามารถแก้ไขเงื่อนไขต่างๆ เพิ่มเติมได้ โดยที่คำตอบที่ได้จากการประมวลผลจะให้เส้นทางที่สั้นซึ่งทำให้ง่ายต่อการ

จัดส่งน้ำดื่มไปยัง ขั้นตอนการดำเนินการในระยะที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนี้ในภาพที่ 1 สามารถแสดงถึงลำดับการดำเนินงานของโปรแกรมสำหรับผู้ใช้งานได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามในส่วนของการออกแบบโปรแกรมสำหรับการจัดในการจัดส่งน้ำดื่มสามารถออกแบบหน้าต่างสำหรับผู้ใช้งานได้ดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นภาพเริ่มต้นสำหรับผู้ใช้งานโปรแกรม และได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า ซึ่งจะประกอบด้วย ปุ่มของ “ลูกค้ารายเดิม” และ “เพิ่มลูกค้ารายใหม่” ส่วนที่ 2 คือ ปุ่มเชื่อมต่อไปยังกระดานคำนวณต่างๆ คือ ปุ่ม “Order list” “Distance” “Solver” “Cost” “Information” และ “Condition



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 2 หน้าต่างโปรแกรมเริ่มต้นใช้งาน

จากภาพที่ 2 ส่วนที่ 1 ปุ่ม “ลูกค้ารายเดิม” เป็นปุ่มสำหรับเลือกรายชื่อลูกค้ารายเดิมที่เคยสั่งซื้อน้ำดื่มจากร้านกรณีศึกษา และกรอกปริมาณความต้องการน้ำดื่มแต่ละขนาดที่ลูกค้าต้องการสั่งซื้อ ปุ่ม “เพิ่มลูกค้ารายใหม่” เป็นปุ่มสำหรับเพิ่มรายชื่อลูกค้ารายใหม่ รวมถึงปริมาณความต้องการน้ำดื่มแต่ละขนาด ส่วนที่ 2 ในภาพที่ 2 ปุ่ม “Order list” ทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยัง sheet ชื่อ Order list ซึ่งแสดงรายชื่อลูกค้าที่ได้รับคำสั่งซื้อ และปริมาณความต้องการน้ำดื่มแต่ละขนาด ดังภาพที่ 3 ปุ่ม “Distance” ทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยัง sheet ชื่อ Distance ดังภาพที่ 4 ปุ่ม “Solver” ทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยัง Sheet ชื่อ Solver ดังภาพที่ 5 ปุ่ม “Cost” ทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยัง Sheet Cost ดังภาพที่ 6 และปุ่ม “Information” ทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยัง Sheet ชื่อ Information ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 3 เมื่อทำการกดปุ่ม “นำหน้าสินค้า” โปรแกรมจะทำการคำนวณน้ำหนักของน้ำดื่มแต่ละขนาด ของลูกค้าแต่ละราย รวมถึงน้ำหนักรวมของลูกค้าแต่ละราย และลูกค้าทั้งหมดที่ต้องส่งในวันนั้น (หน่วยเป็น

กิโลกรัม) กดปุ่ม “Clear” จะล้างข้อมูล และกดปุ่ม “data” จะกลับไปหน้าเริ่มต้นโปรแกรม


ภาพที่ 4 เป็นหน้าต่างแสดงระยะทางไปกลับของแต่ละลูกค้าที่ต้องทำการจัดส่งในรอบนั้น ส่วนการใช้งานปุ่มต่างๆ ได้อธิบายไว้ในภาพที่ 2 และภาพที่ 3 แล้ว

ภาพที่ 5 เป็นหน้าต่างใช้สำหรับหาคำตอบซึ่งปุ่ม “Solver” ทำหน้าที่ในการหาคำตอบ และจะแสดงผลที่ได้ในกระดานคำนวณนี้ ส่วนปุ่ม “ClearSolver” ทำหน้าที่ในการเคลียร์กระดานคำนวณ

ภาพที่ 6 เป็นหน้าต่างแสดงต้นทุนการขนส่งทั้งหมดที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดสามารถคำนวณจากสูตร (ระยะทางรวม x อัตราการสิ้นเปลือง x ราคาของน้ำมันในแต่ละวัน)

ภาพที่ 7 เป็นหน้าต่างแสดงข้อมูลในฐานข้อมูลของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยรายชื่อของลูกค้าและระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละราย ปุ่ม “Link to Google map” ทำหน้าที่ลิงค์ไปยัง Google map เพื่อวัดระยะทางระหว่างลูกค้า

| วันที่ | 3/15/2566 | น้ำหนักขนาดกลาง | 5.616 | กิโลกรัม | |
|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| | | น้ำหนักขนาดใหญ่ | 7.02 | กิโลกรัม | |
| รายชื่อ | จำนวนน้ำดื่มขนาดกลาง(แพ็ค) | จำนวนน้ำดื่มขนาดใหญ่(แพ็ค) | น้ำหนักขนาดกลาง(กิโลกรัม) | น้ำหนักขนาดใหญ่(กิโลกรัม) | น้ำหนักรวม(กิโลกรัม) |
| บริษัทไร่ทอง-รับหมาก่อสร้าง | 10 | 10 | 56.16 | 70.2 | 126.36 |
| บริษัทไทยโพลีเอทิลีน จำกัด | 10 | 20 | 56.16 | 140.4 | 196.56 |
| บริษัทAKTT Work Shop | 10 | 5 | 56.16 | 35.1 | 91.26 |
| บริษัทไทยฟง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด | 10 | 10 | 56.16 | 70.2 | 126.36 |
| บริษัทฉะเชิงเทรา คอนกรีต จำกัด | 10 | 5 | 56.16 | 35.1 | 91.26 |
| บริษัทTata Steel Manufacturing (Thailand) | 10 | 10 | 56.16 | 70.2 | 126.36 |
| บริษัท MM Logistics | 5 | 10 | 28.08 | 70.2 | 98.28 |
| บริษัท คิมบอล อิลีกทรอนิกส์ ประเทศไทย | 10 | 20 | 56.16 | 140.4 | 196.56 |
| บริษัท เทคโคโนแปง ประเทศไทยจำกัด | 10 | 10 | 56.16 | 70.2 | 126.36 |
| หมู่บ้านเขนศิริ แพลมมิ่ง | 10 | 10 | 56.16 | 70.2 | 126.36 |
| หมู่บ้านพันทิภากรณ์ | 10 | 10 | 56.16 | 70.2 | 126.36 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



Clear

น้ำหนักสินค้า

data

ภาพที่ 3 หน้าต่าง Order list

| | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|
| 3 | ไป | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | จาก | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0. | 0 | 56.2 | 61.1 | 59.1 | 131 | 68 | 24 | 4 | 7.2 | 10.5 | 2.2 | 1 | | | |
| 6 | 1. | 56.5 | 0 | 6.1 | 2.4 | 187 | 115 | 123 | 58.2 | 54.1 | 54.4 | 58.9 | 56.8 | | | |
| 7 | 2. | 60.9 | 6.4 | 0 | 7.5 | 181 | 120 | 53.5 | 63.1 | 59 | 59.3 | 63.8 | 61.7 | | | |
| 8 | 3. | 57.4 | 2.4 | 5.9 | 0 | 182 | 121 | 54.8 | 61.1 | 57 | 59.6 | 61.8 | 63 | | | |
| 9 | 4. | 131 | 186 | 182 | 181 | 0 | 79.3 | 139 | 135 | 135 | 125 | 130 | 93.4 | | | |
| 10 | 5. | 69.5 | 114 | 119 | 115 | 73.7 | 0 | 78.2 | 67.8 | 74.1 | 63.7 | 68.6 | 33 | | | |
| 11 | 6. | 25.6 | 114 | 54.4 | 50.9 | 142 | 80.1 | 0 | 28.1 | 28.8 | 17.8 | 26.1 | 24.3 | | | |
| 12 | 7. | 4 | 62.1 | 66.5 | 63 | 139 | 68.3 | 31.1 | 0 | 13.3 | 17.3 | 4.3 | 4.1 | | | |
| 13 | 8. | 7.7 | 54.5 | 58.9 | 55.4 | 136 | 74.8 | 29.8 | 9.2 | 0 | 16.5 | 8.9 | 7.8 | | | |
| 14 | 9. | 10.4 | 54.3 | 58.7 | 55.1 | 127 | 65.6 | 18.8 | 13.6 | 16.4 | 0 | 11.6 | 10.5 | | | |
| 15 | 10. | 2 | 58 | 62.4 | 64.6 | 131 | 69.2 | 25.3 | 4 | 9.6 | 10.9 | 0 | 1.1 | | | |
| 16 | 11. | 1 | 57.1 | 61.5 | 57.9 | 97.8 | 36.5 | 25.1 | 3.6 | 8.3 | 10.7 | 1.1 | 0 | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |

data

Order list

Solver

Cost

Information

ภาพที่ 4 หน้าต่าง Distance

Solver

ClearSolver

| | | |
|----------------|--------------|----------|
| จำนวนยานพาหนะ | 2 | คัน |
| จำนวนลูกค้า | 11.00 | ราย |
| ความจุของรถ | 1100 | กิโลกรัม |
| ระยะทางรวม | 374.1 | กิโลเมตร |
| ความต้องการรวม | 1432 | กิโลกรัม |

ภาพที่ 5 หน้าต่าง Solver

| การคำนวณต้นทุนการขนส่ง | | |
|------------------------|---------------|------------|
| อัตราค่าขนส่ง | 0.064 | L/1Kg |
| ดีเซล ปี 7 | 34.94 | บาท/L |
| ระยะทางรวม | 374.1 | บาท |
| ต้นทุนการขนส่ง | 836.55 | บาท |

ภาพที่ 6 หน้าต่าง Cost

| | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC |
|----|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10 | ระยะทาง(กิโลเมตร) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 12 | 0 | 56.2 | 61.1 | 53.1 | 131 | 68 | 24 | 4 | 7.2 | 10.5 | 2.2 | 1 | 14 | 0.4 | 0.6 | 0.75 | 15.8 | 15.4 | 23.4 | 31.7 | 48.1 | 26.5 |
| 13 | 56.5 | 0 | 6.1 | 2.4 | 187 | 115 | 123 | 58.2 | 54.1 | 54.4 | 58.9 | 56.8 | 55.4 | 56.3 | 56.4 | 56.6 | 63.2 | 61.7 | 82.4 | 81.6 | 33.2 | 80.7 |
| 14 | 60.9 | 6.4 | 0 | 7.5 | 181 | 120 | 53.5 | 63.1 | 59 | 59.3 | 63.8 | 61.7 | 60.3 | 61.1 | 61.3 | 61.4 | 68 | 66.6 | 87.3 | 86.5 | 38 | 85.5 |
| 15 | 57.4 | 2.4 | 5.9 | 0 | 182 | 121 | 54.8 | 61.1 | 57 | 59.6 | 61.8 | 63 | 58.3 | 59.1 | 62.6 | 62.8 | 66 | 64.6 | 85.3 | 84.5 | 36 | 83.5 |
| 16 | 131 | 186 | 182 | 181 | 0 | 79.3 | 139 | 135 | 135 | 125 | 130 | 93.4 | 132 | 129 | 128 | 128 | 131 | 119 | 102 | 102 | 86.3 | 100 |
| 17 | 69.5 | 114 | 119 | 115 | 73.7 | 0 | 78.2 | 67.8 | 74.1 | 63.7 | 68.6 | 33 | 28.6 | 68 | 67.6 | 67.7 | 67.8 | 58.5 | 41.4 | 33.1 | 25.9 | 39.6 |
| 18 | 25.6 | 114 | 54.4 | 50.9 | 142 | 80.1 | 0 | 28.1 | 28.8 | 17.8 | 26.1 | 24.3 | 25.8 | 23.9 | 23.6 | 23.5 | 14 | 18.9 | 46.9 | 46.9 | 58.4 | 45.1 |
| 19 | 4 | 62.1 | 66.5 | 63 | 139 | 68.3 | 31.1 | 0 | 13.3 | 17.3 | 4.3 | 4.1 | 3 | 4 | 4.2 | 4.3 | 22.9 | 16.9 | 26 | 32.2 | 46.6 | 25.6 |
| 20 | 7.7 | 54.5 | 58.9 | 55.4 | 136 | 74.8 | 29.8 | 9.2 | 0 | 16.5 | 8.9 | 7.8 | 6.4 | 7.2 | 7.4 | 7.6 | 22.9 | 215 | 33.2 | 41.6 | 53.2 | 32.8 |
| 21 | 10.4 | 54.3 | 58.7 | 55.1 | 127 | 65.6 | 18.8 | 13.6 | 16.4 | 0 | 11.6 | 10.5 | 11.3 | 10.2 | 9.8 | 9.8 | 9.3 | 9.3 | 33.2 | 32.4 | 43.9 | 31.4 |
| 22 | 2 | 58 | 62.4 | 64.6 | 131 | 69.2 | 25.3 | 4 | 9.6 | 10.9 | 0 | 1.1 | 2.9 | 1.8 | 1.4 | 1.4 | 17.3 | 15.8 | 28 | 35.9 | 47.5 | 27.6 |
| 23 | 1 | 57.1 | 61.5 | 57.9 | 97.8 | 36.5 | 25.1 | 3.6 | 8.3 | 10.7 | 1.1 | 0 | 2 | 0.9 | 0.8 | 1 | 17.1 | 15.6 | 27.6 | 35.7 | 47.3 | 27.2 |
| 24 | 1.4 | 55.9 | 60.3 | 56.8 | 132 | 30.8 | 27 | 3 | 7.1 | 12.6 | 3.2 | 2 | 0 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 18.9 | 17.5 | 27.6 | 35.7 | 49.2 | 27.1 |
| 25 | 0.4 | 56.5 | 60.9 | 57.4 | 130 | 68.7 | 24.8 | 3.9 | 7.8 | 10.4 | 1.8 | 0.9 | 1.4 | 0 | 0.5 | 0.65 | 16.8 | 15.3 | 27.9 | 35.4 | 47 | 27.5 |
| 26 | 0.6 | 56.7 | 61.1 | 57.6 | 130 | 68.3 | 24.5 | 4.1 | 7.9 | 10 | 1.4 | 0.8 | 1.6 | 0.5 | 0 | 0.3 | 16.4 | 15 | 28.1 | 35 | 46.6 | 27.7 |
| 27 | 0.75 | 56.9 | 61.3 | 57.7 | 130 | 68.3 | 24.4 | 4.2 | 8.1 | 10 | 1.4 | 1 | 1.8 | 0.65 | 0.3 | 0 | 16.4 | 14.9 | 28.3 | 35.1 | 46.6 | 27.8 |
| 28 | 17.5 | 61.8 | 66.2 | 62.6 | 133 | 70.4 | 14.1 | 19.1 | 21.9 | 8.7 | 17.1 | 16 | 16.8 | 15.7 | 15.3 | 15.3 | 0 | 9.8 | 37.1 | 37.1 | 49.4 | 36.1 |
| 29 | 16.1 | 62.4 | 66.8 | 63.3 | 122 | 60.3 | 16.4 | 17.9 | 22.5 | 8.8 | 16.7 | 15.6 | 16.6 | 15.3 | 15 | 14.9 | 10.1 | 0 | 27.8 | 27 | 38.7 | 26 |
| 30 | 27.9 | 82.4 | 86.8 | 83.3 | 97.6 | 36.4 | 44.4 | 28.6 | 35.4 | 32 | 29.3 | 29.1 | 29 | 29.4 | 29.6 | 29.8 | 36.2 | 26.8 | 0 | 4.8 | 16.9 | 1.4 |
| 31 | 36.2 | 83.3 | 87.7 | 84.1 | 94.6 | 33.3 | 45.3 | 30.8 | 37.6 | 32.9 | 31.6 | 31.4 | 31.3 | 31.7 | 31.8 | 32 | 37 | 27.7 | 5.1 | 0 | 13.8 | 5.2 |
| 32 | 47.8 | 94.1 | 98.5 | 95 | 89.3 | 27.1 | 57.1 | 51.4 | 54.2 | 43.7 | 46.7 | 48.3 | 46.2 | 48 | 47.6 | 47.6 | 50.1 | 38.5 | 19.7 | 14.3 | 0 | 23.7 |
| 33 | 27.5 | 82 | 86.4 | 82.8 | 102 | 41 | 43.5 | 25.7 | 32.5 | 31.6 | 26.4 | 26.2 | 26.1 | 26.5 | 27.6 | 26.9 | 36 | 26.4 | 14 | 7.3 | 17.9 | 0 |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ภาพที่ 7 หน้าต่าง Information

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัย

การออกแบบโปรแกรมสำหรับการจัดการในด้านการจัดส่งน้ำดื่มเป็นการดำเนินการที่พิจารณาภายใต้ข้อจำกัดของร้านกรณีศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วในบทนำ และงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากการจัดการขนส่งโดยใช้โปรแกรม Open Solver ในการหาคำตอบเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ Open Solver ผ่านโปรแกรมที่ได้ออกแบบมา ในส่วนนี้จะแสดงผลการทดสอบเมื่อมีลูกค้า 21 ราย ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า ระยะทางที่สั้นที่สุดคือ 413.9 กิโลเมตร จากรณี 3 กรณี กรณีที่ 1 : 0-8-1-3-2-6-16-17-9-0 ระยะทาง 166.50 กิโลเมตร น้ำหนักบรรทุก

1,081.08 กก. รถคันที่ 2 : 0-9-21-6-17-5-20-4-0 ระยะทาง 242.70 กิโลเมตร น้ำหนักบรรทุก 919.62 กก.

รถคันที่ 3 : 0-14-15-10-11-13-0 ระยะทาง 4.70 กิโลเมตร น้ำหนักบรรทุก 456.30 กก. รวมต้นทุนค่าขนส่งทั้งสิ้น 925.55 บาท ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าได้ผลลัพธ์ที่เท่ากัน นอกจากนี้ได้ทดสอบคำตอบที่ได้จากโปรแกรมที่ออกแบบเทียบกับการทำงานในปัจจุบันของร้านกรณีศึกษาในกรณีที่มีลูกค้า 15 และ 21 ราย และได้ทดสอบเพิ่มเติมในกรณีสมมติที่ร้านกรณีศึกษามีลูกค้าเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 30 ราย ได้ผลดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าการนำโปรแกรมการขนส่งน้ำดื่มมาใช้ในการทำงานทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยกว่าการทำงานของพนักงานแบบเดิม และเกิดความสะดวกสบายในการทำงานมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระยะทางรวมและค่าใช้จ่ายที่ได้จากการจัดการขนส่งแบบเดิมและการใช้โปรแกรมที่ออกแบบ (ระยะทางรวม หน่วย กิโลเมตร)

| จำนวนลูกค้า | | แบบเดิม | | ใช้โปรแกรม | ค่าใช้จ่าย | |
|-------------|---------|------------|---------|------------|------------|----------|
| | จำนวนรถ | ระยะทางรวม | จำนวนรถ | ระยะทางรวม | แบบเดิม | โปรแกรม |
| 15 | 2 | 2.518 | 2 | 05.360 | 1,78.158 | 13.805 |
| 21 | 3 | 767 | 3 | 9.413 | 1,13.715 | 55.925 |
| 30 | 4 | 951.05 | 4 | 45.448 | 2,126.70 | 1,81.002 |

3.2 อภิปรายผล

จากการทดสอบโปรแกรมที่ออกแบบพบว่าคำตอบที่ได้ให้ระยะทางและค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าการจัดการขนส่งแบบเดิม ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดคือจำนวนรถบรรทุก 3 คันซึ่งแต่ละคันสามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 1,100 กิโลกรัม อีกทั้งเมื่อทดลองสถานการณ์ว่า เมื่อร้านกรณีศึกษาจำนวนลูกค้าเพิ่มขึ้นเป็น 30 ราย ผลที่ได้พบว่ารถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งจะต้องมีจำนวนถึง 4 คัน

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบโปรแกรมโดยกำหนดเงื่อนไขให้รถแต่ละคันมีขนาดบรรทุกเท่ากันคือ 1,100 กิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งหากร้านกรณีศึกษามีการเปลี่ยนแปลงขนาดของรถบรรทุกให้มียหลายขนาดโปรแกรมนี้ยังไม่สามารถรองรับกรณีดังกล่าวได้

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบโปรแกรมการขนส่งน้ำดื่มโดยใช้โปรแกรม VBA ของ Microsoft Excel ในการทำงาน ทำให้การทำงานของพนักงานมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ไม่ต้องเสียเวลาในการขนส่ง อีกทั้งผู้จัดการร้านสามารถนำโปรแกรมมาใช้ในการ

บริหารจัดการขนส่งน้ำดื่มให้กับลูกค้าได้เป็นอย่างดีไม่ยุ่งยาก ทำให้ได้ระยะขนส่งที่สั้นและทำให้ต้นทุนในการขนส่งมีปริมาณที่ลดลงจากเดิม รวมถึงพนักงานสามารถทำงานแทนกันได้โดยที่ต้นทุนในการขนส่งยังคงไม่เปลี่ยนแปลงจากพนักงานคนเดิม อีกทั้งโปรแกรมนี้สามารถช่วยในการตัดสินใจเมื่อมีจำนวนลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น ร้านกรณีศึกษาจะมีการบริหารจัดการรถอย่างไร จะมีการเพิ่มจำนวนรถบรรทุกหรือไม่

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้ขอยกขอบเขตมาจากงานวิจัย ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา รหัสโครงการวิจัย KUSRCBR66-2012

6. อ้างอิง

- [1] Khachay M, Dubinin R. Approximability of the d- dimensional Euclidean capacitated vehicle routing problem. AIP Conference Proceedings. 2016; 1776(1). DOI: 10.1063 /1.4965323

- [2] Dantzig G, Ramser J. The Truck Dispatching Problem. Management Science. 1959; 6(1):80-91.
- [3] Dantzig G, Fulkerson D, and Johnson S. Solution of a large scale traveling salesman problem. Technical Report P-510, RAND Corporation, Santa Monica, California, USA, 1954.
- [4] Mancini S, Gansterer M. Vehicle routing with private and shared delivery locations. Computers & Operations Research. 2021; 133: 105361
- [5] Wu Y, Zeng B. Dynamic parcel pick-up routing problem with prioritized customers and constrained capacity via lower-bound-based rollout approach. Computers & Operations Research. 2023; 157: 106176
- [6] รวีโรจน์ ป้องทรัพย์, ธัญภัส เมืองบัน. การจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์ กรณีศึกษาบริษัทขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์. Journal of Science and Technology Thonburi University. 2021; 5(2):12-23.
- [7] อภิษฐ์ สันธินาค, ศิรวดี อรัญนารณ. การจัดเส้นทางขนส่งแบบแบ่งส่งสินค้าและรถหลายขนาดด้วยวิธีวิวัฒนาการโดยใช้ผลต่าง : กรณีศึกษาบริษัทขนส่งเครื่องดื่ม. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 2562; 42(2):145-159.
- [8] จักรินทร์ กลั่นเงิน, ประภาพรณ เกษราพงศ์ และกัลยา จำปาศรี. การจัดเส้นทางยานพาหนะ กรณีศึกษา : ร้านขายส่งน้ำดื่มแห่งหนึ่ง.
- [9] Toth P, Vigo D. (Eds.). The vehicle routing problem. New Jersey. Society for Industrial and Applied Mathematics; 2002.
- [10] ประภาพรณ เกษราพงศ์, อารีญา ชูเงิน. การจัดการเส้นทางการเดินทางขนส่งสินค้าของบริษัทแปรรูปอาหารขนาดย่อมโดยใช้ตัวแบบการจัดเส้นทางยานพาหนะ. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต. 2558; 5(2):39-55.
- [11] ศุภฤกษ์ ศิลปรัตนารณ. การพัฒนาระบบการจัดการคลังอาหารสำเร็จรูปด้วยบาร์โค้ด. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. 2554.
- [12] วีรียา วรลยางกูร. การศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้แอปพลิเคชันสำหรับการบริหารจัดการคลังยาต้านไวรัส ในสถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินี. เกษตรศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสารสนเทศศาสตร์ทางสุขภาพ. ศิลปากร. 2564.
- [13] สุกัญชา สอนสุข. การพัฒนาระบบร้านขายของชำ (ขนาดเล็ก). บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ. 2565.

การประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนแบบไม่เชื่อมต่อบริษัทไฟฟ้าเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่ห่างไกล

Application of Off-Grid Renewable Energy for Agriculture in Remote Area

นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ¹, ภควัต เกอะประสิทธิ์², ณัฏพล เรืองทรัพย์¹, กุลยศ สุวันทโรจน์^{3*}
Nattachote Rugthaicharoencheep¹, Pakawat Kerpasit², Natchapol Ruangsap¹,
Kullayot Suwantaroj^{3*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Education,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

Corresponding author. E-mail: kullayot.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนแบบไม่เชื่อมต่อบริษัทไฟฟ้าเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่ห่างไกล วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อใช้พลังงานหมุนเวียนชนิดพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับปั๊มน้ำหอยโข่งเพื่อการเกษตรในพื้นที่ห่างไกลแทนการใช้น้ำมัน ในพื้นที่ชนบท สวน ไร่ ของเกษตรกรเมื่อต้องการสูบน้ำเพื่อนำมาใช้ในการเกษตรจะต้องใช้น้ำมันเพื่อใช้งานเครื่องสูบน้ำหรือปั๊มน้ำซึ่งเป็นการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นบทความนี้มีการประยุกต์ใช้พลังงานทางเลือกชนิดแสงอาทิตย์ที่มีความสะอาด ไม่มีมลภาวะ ในบทความนี้มีการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ และเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพ และกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อวิเคราะห์ช่วงเวลาที่จะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถขับเคลื่อนปั๊มน้ำหอยโข่ง ผลลัพธ์พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อบริษัทไฟฟ้าสามารถใช้งานเพื่อการเกษตรแทนการใช้น้ำมันได้

คำสำคัญ : พลังงานหมุนเวียน เซลล์แสงอาทิตย์ การเกษตร พื้นที่ห่างไกล

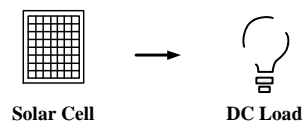
ABSTRACT

This research paper present application of off-grid renewable energy for agriculture in remote area. The objective of this research uses renewable energy type solar energy to supply electricity to centrifugal pumps for agriculture in remote areas instead of using oil. In rural areas farmers gardens and farms, when they want to pump water for use in agriculture. They must use oil to run a water pump or water pump, which uses energy from fossil fuels. Therefore, this article there is an application of solar alternative energy that is clean and has no pollution. In this paper, there is assess of the electrical energy that a photovoltaic system can produce. Comparison between performance and the capacity of the photovoltaic to analyze the period during which photovoltaic system can drive the centrifugal water pump. The results show that the off-grid photovoltaic system can be used for agriculture instead of using oil.

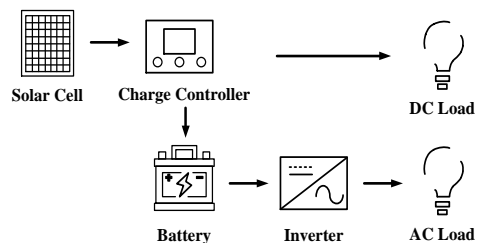
Keyword: Renewable Energy, Photovoltaic, Agriculture, Remote Area

1. บทนำ

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออฟกริด (Off-Grid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์สำคัญของระบบ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Panel) เชื่อมต่อโดยตรงกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) และอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การต่อให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าของของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar Charge Controller) ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้สามารถใช้งานโดยการต่อกับโหลดทางไฟฟ้ากระแสตรง ในขณะเดียวกันถ้ากำลังไฟฟ้าเหลือสามารถนำไปเก็บในแบตเตอรี่ (Battery) และอุปกรณ์แปลงผันพลังงาน (Inverter) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current) [1] ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง ดังแสดงในภาพที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระทำงานร่วมกับแบตเตอรี่ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง



ภาพที่ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระทำงานร่วมกับแบตเตอรี่

ในปี ค.ศ. 2017 [2] มีการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้าน (Khoti) ของ Jhalawar รัฐราชสถาน ประเทศอินเดีย

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณขนาดระบบเซลล์แสงอาทิตย์และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์คำนวณได้ 587.7 กิโลวัตต์วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โฟโตโวลตาอิก (PVGIS) ในปี ค.ศ. 2019 [3] มีการศึกษาการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านในชนบทของ Mapetja Mapetja ตั้งอยู่ใน Lowveld of Mpumalanga โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและการจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหมู่บ้านเพื่อบ่งชี้ความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากหมู่บ้านอยู่ห่างจากโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศ ในปี ค.ศ. 2020 [4] มีการศึกษาระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ออฟกริดสำหรับบ้านในชุมชนชนบทของปากีสถาน ระบบที่ออกแบบให้พลังงานได้ 40 kWh การสร้างแบบจำลองสถานะคงที่ของระบบดำเนินการในซอฟต์แวร์ Homer ระบบที่ออกแบบนี้ใช้แผงโซลาร์เซลล์ 4 แผง แผงละ 140 วัตต์ รวมเป็นแผงโซลาร์เซลล์ 560 วัตต์ แบตเตอรี่ 125 Ah สี่ก้อนต่อแผง และอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ ในปี ค.ศ. 2021 [5] มีการศึกษาการแนะนำขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดสำหรับฟาร์มในวานูอาตู กำลังการผลิตติดตั้ง 228.8 kWp ความจุของแบตเตอรี่ คือ 2100 kWh และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลขนาด 30 kW ติดตั้งเป็นพลังงานสำรอง ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ผลิตได้ประมาณ 279 MWh ต่อปี ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของฟาร์ม

ดังนั้นในบทความวิจัยนี้ทำการประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนชนิดพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่

ห่างไกล ทำการติดตั้งในจังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 จังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย

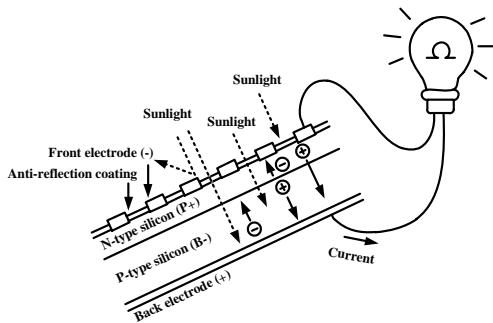
2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) เป็นพลังงานทดแทนประเภทไฟฟ้าชนิดหนึ่ง [6] มีความสะอาดและเป็นธรรมชาติ พลังงานไฟฟ้าถูกแปลงจากแสงอาทิตย์โดยความเข้มแสงอาทิตย์จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [7]-[8]

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) [9] ผลิตจากสารกึ่งตัวนำซิลิกอนผ่านกระบวนการทำให้ซิลิกอนบริสุทธิ์ผลิตเป็นแผ่นซิลิกอน เมื่อมีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panel) กระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า รังสีของแสงอาทิตย์มีอนุภาคของโฟตอนถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนจนอิเล็กตรอนกระโดดออกจากแรงดึงดูดของอะตอมส่งผลให้เคลื่อนที่อย่างอิสระ เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบ

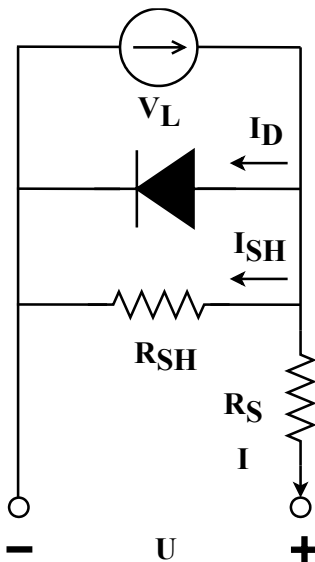
วงจรส่งผลให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโซลาร์เซลล์ร่วมกับวงจรไดโอด ดังแสดงในภาพที่ 5 [10]



ภาพที่ 5 แบบจำลองโซลาร์เซลล์ร่วมกับวงจรไดโอด

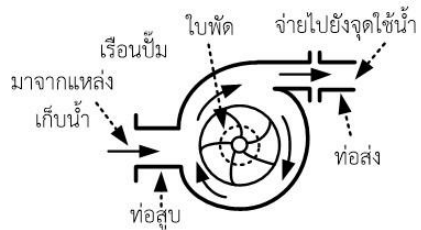
แรงดันขาออกและกระแสไหลมีความสัมพันธ์ดังนี้ [11]-[12]

$$I = I_L - I_D = I_L - I_0 \left[\exp\left(\frac{U + RI_s}{\alpha}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

โดยที่ I คือ กระแสโหลด I_L คือ กระแสจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ I_0 คือ กระแสอิ่มตัว U คือ แรงดันไฟฟ้าขาออก R คือ ตัวต้านทานแบบอนุกรม และ α คือ ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิแรงดัน

2.3 ปั๊มน้ำหอยโข่ง

ปั๊มน้ำหอยโข่งใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเพื่อเพิ่มพลังงานให้กับน้ำ ซึ่งใบพัดจะได้รับการถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ (Motor) พลังงานจากเครื่องยนต์จะถูกถ่ายเทไปยังครีบบของใบพัด (Vane) เมื่อใบพัดหมุน เมื่อมีการไหลจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ส่งผลให้มีการไหลออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial Flow) [13] ส่วนประกอบของปั๊มน้ำหอยโข่ง ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ส่วนประกอบของปั๊มน้ำหอยโข่ง

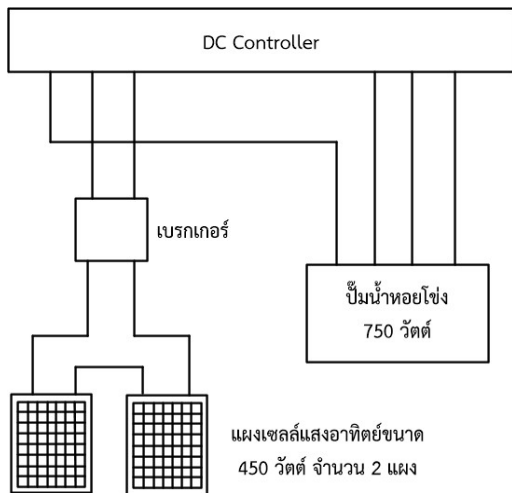
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้า

พลังงานแสงอาทิตย์

ในบทความนี้พื้นที่ทำการวิจัยอยู่ในจังหวัดสระแก้ว ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดง
ในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนผังระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์

| อุปกรณ์ | ขนาด | จำนวน |
|-------------------|-----------|-----------|
| แผงโซลาร์เซลล์ | 450 วัตต์ | 2 แผง |
| ตู้คอนโทรล | - | 1 เครื่อง |
| ปั้มน้ำหอยโข่ง | 750 วัตต์ | 1 เครื่อง |
| สาย PV (ดำและแดง) | เบอร์ 4 | - |
| สาย VCT | 3x2.5 | - |

ข้อมูลทางเทคนิคของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคของแผงเซลล์
แสงอาทิตย์

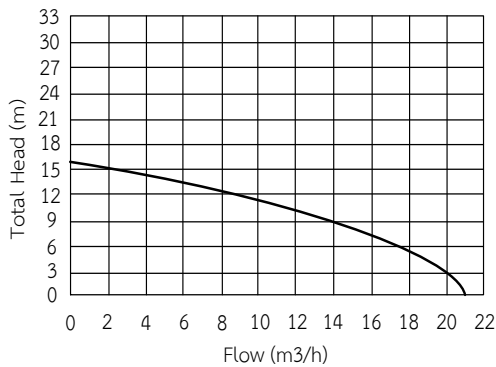
| ตัวแปรทางเทคนิค | |
|-------------------------------------|---------|
| Nominal power (Pmax) | 450 W |
| Voltage at Pmax (Vmp) | 42.78 V |
| Current at Pmax (Imp) | 10.52 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 52.19 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 11.05 A |
| Nominal operating cell temp. (NOCT) | 45 °C |
| Maximum system voltage | 1,500 V |
| Weight | 25 kg |

ข้อมูลทางเทคนิคของปั้มน้ำหอยโข่ง ดังแสดง
ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลทางเทคนิคของปั้มน้ำหอยโข่ง

| อุปกรณ์ | ขนาด |
|-------------|----------------------|
| แรงดันไฟฟ้า | 72 โวลต์ |
| กำลังไฟฟ้า | 0.75 กิโลวัตต์ |
| แรงม้า | 1 แรงม้า |
| Max. Flow | 21 m ³ /h |
| Max. Head | 16 เมตร |
| Outlet | 2 นิ้ว |

ประสิทธิภาพของปั้มน้ำหอยโข่ง ดังแสดง
ในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพของปั้มน้ำหยดโข่ง

จากภาพที่ 8 พบว่า Max. Flow มีค่า 21 เมตร และ Max. Head มีค่า 16 เมตร

3.3 ขั้นตอนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า

พลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

3.3.1 งานสำรวจพื้นที่

พื้นที่การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 พื้นที่การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3.3.2 งานติดตั้งโครงสร้าง

งานติดตั้งโครงสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 งานติดตั้งโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.3.3 งานติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

งานติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 งานติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 11 ทิศการติดตั้งคือทิศใต้ทำมุม 15 องศา

3.3.4 งานติดตั้งปั้มน้ำ

งานติดตั้งปั้มน้ำหอยโข่ง ขนาด 750 วัตต์
ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 งานติดตั้งปั้มน้ำหอยโข่ง

3.3.5 งานติดตั้งตู้ควบคุม

งานติดตั้งตู้ควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 งานติดตั้งตู้ควบคุม

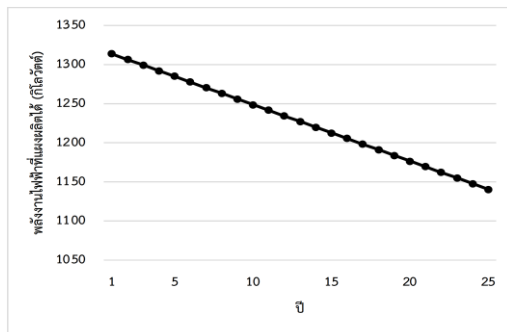
3.4 ผลการวิจัย

ในบทความนี้มีการประเมินพลังงานไฟฟ้าที่
ระบบผลิตได้ ผลลัพธ์การประเมินพลังงานไฟฟ้าจาก
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงใน
ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การประเมินพลังงานไฟฟ้าจาก
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

| ปี | การลดลงของ ประสิทธิภาพแผง เซลล์แสงอาทิตย์ (ร้อยละ) | พลังงานไฟฟ้าที่ สามารถผลิตได้จาก แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์) |
|-----|---|--|
| 1 | 0.00 | 1,314.00 |
| 2 | 0.55 | 1,306.77 |
| 3 | 1.10 | 1,299.54 |
| 4 | 1.65 | 1,292.31 |
| 5 | 2.20 | 1,285.09 |
| 6 | 2.75 | 1,277.86 |
| 7 | 3.30 | 1,270.63 |
| 8 | 3.85 | 1,263.41 |
| 9 | 4.40 | 1,256.18 |
| 10 | 4.95 | 1,248.95 |
| 11 | 5.50 | 1,241.73 |
| 12 | 6.05 | 1,234.50 |
| 13 | 6.60 | 1,227.27 |
| 14 | 7.15 | 1,220.04 |
| 15 | 7.70 | 1,212.82 |
| 16 | 8.25 | 1,205.59 |
| 17 | 8.80 | 1,198.36 |
| 18 | 9.35 | 1,191.14 |
| 19 | 9.90 | 1,183.91 |
| 20 | 10.45 | 1,176.68 |
| 21 | 11.00 | 1,169.46 |
| 22 | 11.55 | 1,162.23 |
| 23 | 12.10 | 1,155.00 |
| 24 | 12.65 | 1,147.77 |
| 25 | 13.20 | 1,140.55 |
| รวม | | 30,681.90 |

จากตารางที่ 4 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในปีที่ 1, 5, 10, 15, 20 และ 25 คือ 1,314.00 กิโลวัตต์ 1,285.09 กิโลวัตต์ 1,248.95 กิโลวัตต์ 1,212.82 กิโลวัตต์ 1,176.68 กิโลวัตต์ และ 1,140.55 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25 ปี คือ 30,681.90 กิโลวัตต์ ผลลัพธ์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงตามประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ผลลัพธ์พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงตามประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 14 ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปีที่ 1 และ ปีที่ 5 ต่างกัน 28.10 กิโลวัตต์ ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปีที่ 1 และ ปีที่ 10 ต่างกัน 65.05 กิโลวัตต์ ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปีที่ 1 และ ปีที่ 15 ต่างกัน 101.18 กิโลวัตต์ ผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปีที่ 1 และ ปีที่ 20 ต่างกัน 137.32 กิโลวัตต์ และผลต่างของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในปีที่ 1 และ ปีที่ 25 ต่างกัน 173.45 กิโลวัตต์

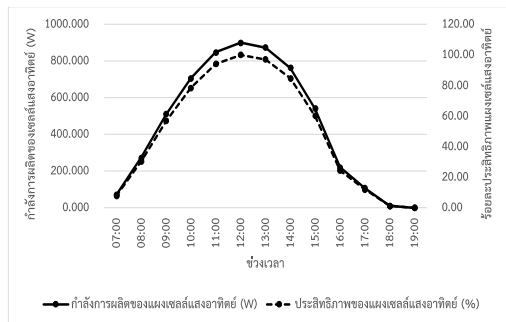
ผลลัพธ์การวิเคราะห์การขับเคลื่อนปั้มน้ำ หอยโข่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์การวิเคราะห์การขับเคลื่อนปั้มน้ำ หอยโข่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละช่วงเวลา

| ช่วงเวลา | ประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (%) | อุณหภูมิ (°C) | กำลังการผลิต (วัตต์) |
|----------|---------------------------------------|---------------|----------------------|
| 07:00 | 7.73 | 22.22 | 69.54 |
| 08:00 | 30.21 | 24.51 | 271.85 |
| 09:00 | 56.75 | 26.46 | 510.73 |
| 10:00 | 78.37 | 29.44 | 705.36 |
| 11:00 | 94.13 | 31.67 | 847.16 |
| 12:00 | 100.00 | 34.88 | 900.00 |
| 13:00 | 97.04 | 34.57 | 873.35 |
| 14:00 | 84.70 | 33.52 | 762.26 |
| 15:00 | 60.06 | 33.17 | 540.54 |
| 16:00 | 24.34 | 33.93 | 219.01 |
| 17:00 | 11.84 | 32.28 | 106.57 |
| 18:00 | 1.20 | 30.28 | 10.83 |
| 19:00 | 0.00 | 28.22 | 0.00 |

จากตารางที่ 5 พบว่าในช่วงเวลา 7:00 น. – 10:00 น. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่มีกำลังการผลิตเพียงพอต่อการขับเคลื่อนปั้มน้ำหอยโข่งได้ เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์กำลังขึ้นความเข้มแสงยังมีไม่เพียงพอ ระหว่างช่วงเวลา 11:00 น. – 14:00 น. กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในช่วงที่สามารถขับเคลื่อนปั้มน้ำได้รวมทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง และในระหว่างช่วงเวลา 15:00 น. – 19:00 น. กำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กลับมามีค่าต่ำกว่าขีดของปั้มน้ำหอยโข่งส่งผลให้ไม่สามารถใช้งานได้ ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และกำลัง

การผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มีข้อดี คือ เป็นการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เป็นการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีความสะอาด ยั่งยืน และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียคือ ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามต้องการเนื่องจากต้องการพลังงานจากดวงอาทิตย์ และต้องรอพลังงานที่แผงผลิตได้ถึงจุดที่เริ่มทำงานได้

การใช้น้ำมันมีข้อดี คือ สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้งานตำแหน่งอื่นได้ แต่ข้อเสีย คือ ไม่มีความยั่งยืน และไม่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

4. สรุปผล

บทความวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนแบบไม่เชื่อมต่อบนระบบไฟฟ้าเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่ห่างไกล ผลลัพธ์พบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่เชื่อมต่อบนระบบไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนปั๊มน้ำหอยโข่งได้ระหว่างช่วงเวลา 11:00 น. – 14:00 น. รวมทั้งสิ้น

4 ชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในปีแรกมีค่า 1,314.00 กิโลวัตต์ และรวม 25 ปีจะมีค่า 30,681.90 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียนชนิดเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรในพื้นที่ห่างไกลเพื่อทดแทนการใช้น้ำมัน และลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในการจัดทำบทความนี้ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

6. อ้างอิง

- [1] กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์.
- [2] Khandelwal A, Shrivastava V. Design and assessment of solar photovoltaic system for a village of Rajasthan. 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2017 April 20-21; Kollam, India. 2017.
- [3] Mazibane NH, Chowdhury SP, Zau ATP, Malatji MJ. Design of an off-grid PV system for Mapetja rural village. 2019

- IEEE AFRICON. 2019 September 25- 27; Accra, Ghana. 2019.
- [4] Rehman Au, Iqbal MT. Design and Control of an Off-Grid Solar System for a Rural House in Pakistan. 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON) . 2020 November 04- 07; Vancouver, BC, Canada. 2020. P. 786-790.
- [5] Chen S. Designing an Off-grid PV System for a Farm in Vanuatu. 2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC). 2021 June 20- 25; Fort Lauderdale, FL, USA. 2021. P. 29-31.
- [6] Charlangsut N, Ruangsap N, Rugthai charoencheep N. Adjustment Voltage Drop in Commercial with Photovoltaic and Battery Energy Storage System on Death End Distribution System. 2023 International Electrical Engineering Congress (iEECON). 2023 March 08- 10; Krabi, Thailand. 2023. P. 97-100.
- [7] Ruangsap N, Nedphokaew S, Rugthai charoencheep N. Planning and Operation Enhanced Voltage Profile by Using Distributed Generators Installation in Distribution System with Feeder Reconfiguration. 2022 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI). 2022 October 19- 21; Pattaya Chonburi, Thailand. 2022.
- [8] Ngamprasert P, Wannakarn P, Rugthai charoencheep N. Enhance Power Loss in Distribution System Synergy Photovoltaic Power Plant. 2020 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI). 2020 October 14- 16; Chiangmai, Thailand. 2021. P. 173-176.
- [9] Canada AH. Solar voltaic generation power plants: 1000 MW to 10 kW photovoltaic plant design and application guide for the Pacific North west. IEEE Technical Applications Conference and Workshops. Northcon/95. Conference Record. 1995 October 10-12; Portland, OR, USA. 2002. P. 189-94.
- [10] Nezhad OZ, Zadeh SAH, Mohammadian M. The analysis of hybrid system as DG in smart grids by the use of loss sensitivity coefficient method. 2013 Smart Grid Conference (SGC). 2013 December 17-18; Tehran, Iran. 2014. P. 246-251.
- [11] Carmona MC, Vega J, Olivares MC. Power flow algorithm for analysis of distribution networks including distributed generation. 2018 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition - Latin America (T&D-LA). 2018 September 18-21; Lima, Peru. 2018.
- [12] Rugthaicharoencheep N, Ngamprasert P, Ruangsap N, et al. Minimize the Customer Outage for Improved Reliability in Distribution System with Photovoltaic

Distributed Generation. 2022 57th
International Universities Power Engineering
Conference (UPEC). 2022 August 30
- September 02; Istanbul, Turkey. 2022.
[13] Polhong W, Rukijkanpanich J. Predictive
Maintenance for Centrifugal Pumps in

Pulp Industry. The Journal of KMUTNB.
2017;27: 615-629

การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดต้นขลุ้เพื่อพัฒนาตำรับยา
สีฟันสมุนไพร
Study on Antibacterial Activity in Bacterial Cavity of the Extraction
from *Pluchea indica* (Linn.) for Development of Herbal
Toothpaste Formulation

ดวงสุรีย์ แสนสีระ*

Duangsuree Sanseera*

*สาขาวิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพฯ 10120, ประเทศไทย

*Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep,
Bangkok 10120, Thailand.

*Corresponding Author E-mail: duangsuree.s@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดต้นขลุ้เพื่อพัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพร โดยศึกษาสารสกัดส่วนเหนือพื้นดินของต้นขลุ้ด้วยเอทานอล ศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Disk diffusion method และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) *Streptococcus mutans* โดยวิธี Broth microdilution ของสารสกัดตัวอย่าง ศึกษาการประเมินคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร และศึกษาความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของอาสาสมัครด้วยแบบสอบถาม พบว่า ผลการศึกษาการสกัดสารสกัดหยาบส่วนเหนือพื้นดินของต้นขลุ้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% Yield) ได้เท่ากับ 1.82 % (w/w) ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin ด้วยวิธี Disc Diffusion พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่ 1,000 mg/mL สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยวัดขอบเขตการยับยั้งได้เท่ากับ 7.10 ± 0.20 mm เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin พบว่ายามาตรฐาน Erythromycin ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.15 mg/mL สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยวัดขอบเขตการยับยั้งได้เท่ากับ 23.90 ± 0.36 mm ผลการทดสอบการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดขลุ้เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin โดยวิธี Broth microdilution พบว่าสารสกัดขลุ้ไม่สามารถหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ ส่วนยามาตรฐาน Erythromycin สามารถหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้เท่ากับ $10.94 \mu\text{g/mL}$ ผลการประเมินคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ เมื่อทดสอบที่สภาวะเร่ง พบว่า ความเป็นเนื้อเดียวกัน, กลิ่นของยาสีฟันสมุนไพรทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ส่วนสีของยาสีฟันสมุนไพรทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยสีจางลงจากเดิมเล็กน้อย การทดสอบค่าความเป็นกรด - เบส) ของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 2 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่า pH ลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลการ

ประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของอาสาสมัครผู้ใช้อยาสีฟันสมุนไพร พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ และในด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หลังทดลองใช้พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจยาสีฟันสมุนไพรสูงกว่ายาสีฟันสมุนไพรพื้นฐาน

คำสำคัญ : ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปาก, สารสกัดต้นขลุ้, ตำรับยาสีฟันสมุนไพร

ABSTRACT

This research, Study on antibacterial activity in bacterial cavity of the extraction from *Pluchea indica* (Linn.) for development of herbal toothpaste formulation. The extraction of aerial parts of *P. indica* with ethanol were studied. The antibacterial activity of *Streptococcus mutans* by disk diffusion method, the minimum inhibitory concentration (MIC) of the extracts that can inhibit for *S. mutans* was studied by broth microdilution method. The chemical and physical quality assessment of herbal toothpaste products and survey of satisfaction with the products from volunteers by the questionnaire were studied. The results showed, the percentage yields of the extracts from aerial parts of *P. indica* were calculated based on a fresh weight. The extracts of this plants gave the percentage yields with 1.82 % (w/w). The antibacterial activity of *S. mutans* of the extracts when compared to the standard drug Erythromycin by disc diffusion method found that the concentration of sample extracts at 1,000 mg/mL could inhibit *S. mutans*. The inhibition zone for inhibit bacteria of sample extracts was measured at 7.10 ± 0.20 mm. When compared to the standard drug Erythromycin found that the concentration of standard drug Erythromycin at 0.15 mg/mL could inhibit *S. mutans*. The inhibition zone of standard drug Erythromycin was measured at 23.90 ± 0.36 mm. The minimum inhibitory concentration (MIC) of the extracts compared to the standard drug Erythromycin that can inhibit for *S. mutans* was studied by broth microdilution method showed that the extracts could not show value of the minimum inhibitory concentration (MIC) for inhibit *S. mutans*. While the standard drug Erythromycin was able to find value of the minimum inhibitory concentration (MIC) for inhibit *S. mutans* at concentration equal to 10.94 μ g/mL. The chemical and physical quality assessment of herbal toothpaste products when test at stress condition showed that the homogeneity, the smell of both groups from herbal toothpaste did not changes. While the color of both groups of herbal toothpaste was found to have been slightly altered by a slightly lighter color. The pH (acidity - base) test of both groups of products has changed, with a slight decrease in pH, which is still not changed in standard. The product satisfaction assessment of volunteers when test herbal toothpaste showed that volunteers

were satisfied with the physical characteristics of the products and in terms of product properties. Moreover, the volunteers satisfied with herbal toothpaste from the extracts of *P. indica* more than the base herbal toothpaste.

Keywords: Antibacterial activity in bacterial cavity, Extraction from *Pluchea indica* (Linn.), Herbal toothpaste formulation

1. บทนำ

ภายในช่องปากของมนุษย์ พบว่ามีจุลินทรีย์มากมายที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดอันตรายต่อเหงือกและฟัน พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาการของโรคในช่องปาก ได้แก่ ฟันผุ เหงือกอักเสบ ภาวะมีกลิ่นปาก โดยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เป็นสาเหตุของโรคในช่องปาก ซึ่งอยู่ในคราบจุลินทรีย์ ที่เป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดฟันผุ และเหงือกอักเสบ เชื้อจุลินทรีย์ในคราบจุลินทรีย์นี้ก่อให้เกิดอันตรายต่อช่องปาก โดยจะเจริญเติบโตและย่อยสลายสารอาหารประเภทน้ำตาลและแป้ง ให้เป็นกรดแลคติกและสารพิษ ซึ่งทำให้เกิดการทำลายฟันเป็นฟันผุ เหงือกอักเสบ และภาวะกลิ่นปาก เป็นต้น โดยแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* เป็นแบคทีเรียที่พบบ่อยในช่องปากที่สำคัญชนิดหนึ่ง [1] ยาสีฟันเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในชีวิตประจำวัน โดยใช้ทำความสะอาดช่องปาก ทำให้สดชื่น มีผลทำให้เกิดฤทธิ์ต้านการอักเสบในช่องปาก และช่วยในการระงับกลิ่นปาก เป็นต้น ยาสีฟันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีการนำสมุนไพรเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน โดยสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียในช่องปาก ได้แก่ กานพลู, ครอบฟันสี, ฟ้าทะลายโจร เป็นต้น [2] ขลุ้ (Khlu) เป็นพืชสมุนไพรชนิดไม้พุ่ม มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pluchea indica* (Linn.) พบมากแถบป่าชายเลนเขตร้อน ได้แก่ ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย อินเดีย และออสเตรเลีย เป็นต้น [3] ใบขลุ้สดมีรสหวานปนฝาดเล็กน้อย จึงมัก

นิยมนำไปลวกกินกับน้ำพริก และยังใช้ปรุงอาหารประเภทแกงคั่วและยำ ส่วนในด้านโภชนาการ พบว่าใบขลุ้สดมีองค์ประกอบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แคลเซียม เบต้าแคโรทีน และใยอาหาร เป็นต้นสรรพคุณทางยาของใบขลุ้เมื่อนำมาทำเป็นชา ช่วยขับปัสสาวะรักษาอาการนิ่วในไต รักษาอาการอักเสบ อาการปวดหลัง และอาการตกขาว [4] ในด้านของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของใบขลุ้มีกลุ่มสารที่สำคัญคือ ฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก, กรดคาเฟอิก, และเคอร์ซีติน มีรายงานการใช้ น้ำต้มใบขลุ้เป็นยาด้านจุลชีพ ยาแก้ท้องเสีย และยาบรรเทาอาการไอ และใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ช่วยทำให้ผิวนุ่ม [5] มีรายงานวิจัยสารสกัดจากใบขลุ้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิปิดได้ดีมาก พบว่าสารสกัดจากใบขลุ้ ที่ทำการสกัดด้วยการแช่ในเอทานอลเข้มข้น 70% เป็นเวลา 2 วัน มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และลดอาการปวดในสัตว์ทดลอง [6] นอกจากนี้ยังพบว่า ใบขลุ้ต้มมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งสมอง และเซลล์มะเร็งปากมดลูก [7-8] มีรายงานการวิจัยมากมายเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพของใบขลุ้ แต่ไม่พบรายงานวิจัยด้านการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดจากต้นขลุ้ โครงการวิจัยนี้ ศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดต้นขลุ้ เพื่อพัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพรในระดับอุตสาหกรรม

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมสารสกัดเอทานอลจากต้นขลุ

ต้นขลุที่ใช้ในการทดลอง นำมาจากตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ทำการตรวจสอบลักษณะพันธุ์ไม้ ที่ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยมีหมายเลขตัวอย่างพรรณไม้ คือ QBG No. 53850

นำส่วนเหนือพื้นดินของต้นขลุมาล้างทำความสะอาด แล้วนำมาทำให้แห้ง โดยตูบความร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดปั่นตัวอย่าง (blender) นำมากรองผ่านตะแกรงร่อนที่มีความละเอียด 40 เมช (mesh) แล้วนำไปสกัดโดยวิธีการแช่ในตัวทำละลายด้วยเอทานอล (ethanol) 95 % ในอัตราส่วนพืชต่อตัวทำละลาย 1 กิโลกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 วัน นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จะได้สารสกัดเอทานอล นำสารสกัดเอทานอลที่ได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่องกลั่นระเหยภายใต้สูญญากาศ (evaporator) คำนวณปริมาณโดยน้ำหนักแห้ง ด้วยสูตร

$$\% \text{ Yield} = [A / B] \times 100$$

โดย A = น้ำหนักของสารที่สกัดได้ (กรัม)

B = น้ำหนักวัตถุดิบสมุนไพรตั้งต้นที่ใช้ (กรัม)

2.2 การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดเอทานอลต้นขลุ

2.2.1 การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดตัวอย่าง

ทำการเตรียมเชื้อแบคทีเรีย

Streptococcus mutans โดยนำมาเพาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Brain Heart Infusion agar (BHI agar) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 แล้วนำเชื้อที่ได้มาเพาะเลี้ยงต่อในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (Brain Heart Infusion broth) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยก่อนทำการทดลองจะปรับเชื้อให้มีความเข้มข้นเท่ากับค่าความเข้มข้นมาตรฐาน 0.5 แม็คฟาร์แลนด์ (McFarland Standard) หรือมีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตรเท่ากับ 0.1 ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย *S. mutans* ด้วยวิธีดิสก์ดิฟฟิวน (Disk diffusion method) โดยนำมาปั่นสำลีที่ปราศจากเชื้อ (sterile cotton swap) มาจุ่มเชื้อที่ปรับค่าความเข้มข้นแล้ว กดไม้ปั่นสำลีให้หมาดๆ กับข้างหลอด แล้วนำมาป้ายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ มูลเลอร์-ฮินตัน (Müller-Hinton agar) ให้ทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อให้เชื้อกระจายสม่ำเสมอทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อมาวางแผ่น ดิสก์ปราศจากเชื้อ (sterile disc) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยใช้ปากคีบ (forceps) ที่ปราศจากเชื้อคีบแผ่นดิสก์วางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการป้ายเชื้อโดยทั่วแล้ว หยดสารสกัดตัวอย่างที่ละลายด้วย 95% เอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 mg/mL ปริมาณ 10 μ L ลงบนดิสก์ นำไปบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาอ่านค่าความกว้างของโซนยับยั้ง (inhibition zone) ที่เกิดขึ้น โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนยับยั้ง ในหน่วยมิลลิเมตร ทำการทดลอง 3 ครั้ง [9] โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับยามาตรฐานคือ Erythromycin ที่ระดับความเข้มข้น 0.15 mg/mL

2.2.2 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) *Streptococcus mutans* ด้วยวิธี Broth microdilution ของสารสกัดตัวอย่าง โดยการนำสารสกัดตัวอย่างมาทำการละลายด้วย 95% เอทานอลให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้น 1,000 mg/mL แล้วนำมาทำให้ปราศจากเชื้อ โดยการกรองผ่านเมมเบรนที่มีขนาดรูพรุน 0.2 μm ทำการปิเปตอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวลงใน 96 Well Microplate หลุมละ 100 μL ปิเปตตัวอย่างที่เตรียมใส่หลุมที่ 1 ปริมาตร 100 μL ผสมสารตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วปิเปตสารละลายในหลุมที่ 1 มาใส่ในหลุมที่ 2 และทำเช่นเดียวกันจนถึงหลุมที่ 12 โดยในหลุมที่ 12 ทำการปิเปตสารผสมทั้ง 100 μL ทำการเติมเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ที่ได้ทำการปรับความขุ่นให้ใกล้เคียงกับ McFarland Standard ใส่ลงในหลุมละ 100 μL โดยทดสอบเปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 350 $\mu\text{g/mL}$ แล้วนำไปหมักในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง แล้วอ่านผลค่าเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (minimum inhibition concentration : MIC) โดยการสังเกตหลุมสุดท้ายที่มีลักษณะใสไม่มีสีและไม่มีตะกอนของเชื้อที่ก้นหลุม

2.3 การศึกษาและการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพรตัวอย่าง

โดยทำการดัดแปลงจากสูตรของ ภทรพร ธรณ และสิริรัตน์, 2549 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของยาสีฟันสมุนไพร

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ (กรัม, g) |
|-------------------------|------------------|
| Herbal extract | 0.4 |
| Glycerin | 45.0 |
| Sorbitol | 15.5 |
| Sodium lauryl sulfate | 3.0 |
| Carboxymethyl cellulose | 1.0 |
| Menthol | 1.5 |

| | |
|------------------|------|
| Peppermint oil | 5.0 |
| Sodium benzoate | 0.1 |
| Sodium saccharin | 0.5 |
| DI Water | 28.0 |

วิธีการเตรียมยาสีฟันสมุนไพร ดังนี้

- (1) นำ Carboxymethyl cellulose มากระจายตัวในน้ำจำนวน $\frac{3}{4}$ ของน้ำทั้งหมดในตารับ
- (2) นำ Glycerin และ Sorbitol เติมลงในข้อ (1) คนผสมในโถเร่งให้เข้ากัน
- (3) ละลาย Sodium benzoate และ Sodium saccharin ในน้ำจำนวนหนึ่ง
- (4) นำสารในข้อ (3) เติมลงในข้อ (2) ผสมให้เข้ากัน
- (5) นำสารสกัดเอทานอลจากต้นขลุ้ มาละลายใน Peppermint oil
- (6) นำสารจากข้อ (5) เติมลงในข้อ (4)
- (7) นำ Sodium lauryl sulfate โปรงลงในสารข้อ (6) ผสมให้เข้ากัน
- (8) นำยาสีฟันสมุนไพรบรรจุหลอด

2.3.1 การประเมินคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร [2]

โดยประเมินคุณภาพดังต่อไปนี้

- (1) ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity)
ประเมินด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตการแยกชั้น หรือ การตกตะกอนของยาสีฟันสมุนไพร
- (2) สี (color)
ประเมินด้วยตาเปล่าโดยการสังเกตว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีหรือไม่ เช่น สีเข้มขึ้น หรือ สีจาง
- (3) กลิ่น (odor)
ประเมินโดยการดม โดยประเมินว่ากลิ่นมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เช่น กลิ่นฉุน หรือ กลิ่นอ่อน

(4) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)
มาละลายในน้ำกลั่น 4 ส่วน แล้วนำไปวัด pH โดยใช้
เครื่องวัด pH (pH meter)

(5) การทดสอบความคงตัว (stability
test)

โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง
ของยาสีฟันที่ตั้งวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง กับ
ยาสีฟันที่เก็บไว้ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 2 สัปดาห์

2.3.2 การศึกษาความพึงพอใจต่อ

ผลิตภัณฑ์ของอาสาสมัครด้วยแบบสอบถาม

ทำการประเมินความพึงพอใจต่อ
ผลิตภัณฑ์ของอาสาสมัคร ด้วยแบบสอบถาม เพื่อ
ประเมินความพึงพอใจเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สารสกัดตัวอย่าง

3.1.1 การสกัดสารตัวอย่าง

ผลการศึกษาการสกัดสารตัวอย่างของ
ส่วนเหนือพื้นดินต้นขลุ้ โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิต
(%Yield) ได้เท่ากับร้อยละ 1.82 โดยน้ำหนัก แสดง
ดังตารางที่ 2 และลักษณะของสารสกัดที่ได้จากส่วน
เหนือพื้นดินต้นขลุ้ มีลักษณะหนืดสีเขียวเข้ม และมี
กลิ่นเฉพาะตัว แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% Yield) ของ
สารสกัดตัวอย่าง

| ตัวอย่าง | % Yield (w/w) |
|-----------------|---------------|
| สารสกัดตัวอย่าง | 1.82 % |

โดยการนำยาสีฟันสมุนไพร 1 ส่วน

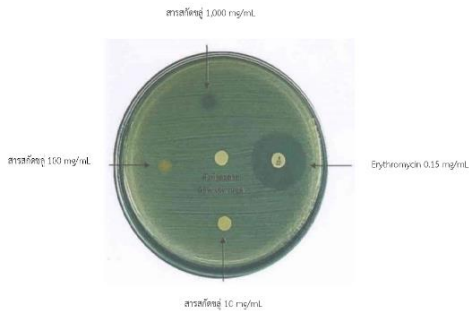


ภาพที่ 1 ลักษณะของสารสกัดส่วนเหนือพื้นดินต้นขลุ้

3.2 การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของ สารสกัดตัวอย่าง

3.2.1 การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของ สารสกัดตัวอย่าง

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบค
ทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดตัวอย่าง เมื่อเปรียบ
เทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin ด้วยวิธี Disc
Diffusion พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย
ตัวอย่างที่ 10 และ 100 mg/mL ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ
แบคทีเรีย *S. mutans* ได้ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับ
95% เอทานอล ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของสาร
ละลายตัวอย่างที่ 1,000 mg/mL สามารถยับยั้งเชื้อ
แบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยวัดขอบเขตการยับยั้งได้
เท่ากับ 7.10 ± 0.20 mm เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน
Erythromycin พบว่ายามาตรฐาน Erythromycin ที่
ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.15 mg/mL สามารถ
ยับยั้งเชื้อ แบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยวัดขอบเขต
การยับยั้งได้เท่ากับ 23.90 ± 0.36 mm แสดงดัง
ตารางที่ 3 และภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดขี้เปรียบ เทียบ กับยามาตรฐาน Erythromycin ด้วยวิธี Disc Diffusion

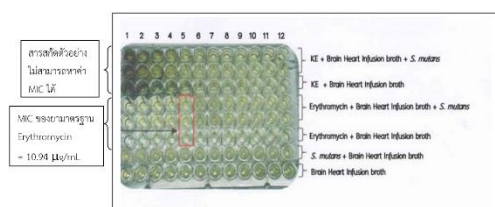
3.2.2 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย

ผลการทดสอบการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดเอทานอลจากต้นขลุ เมื่อเปรียบเทียบกับ ยามาตรฐาน Erythromycin โดยวิธี Broth microdilution พบว่าสารสกัดขลุ ไม่สามารถหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ ส่วนยามาตรฐาน Erythromycin สามารถหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้เท่ากับ 10.94 $\mu\text{g/mL}$ แสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดเอทานอลจากต้นขลุ

| ตัวอย่างทดสอบ | ความเข้มข้น (mg/mL) | ขอบเขตการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย <i>S. mutans</i> (mm)* | | | |
|------------------------------------|------------------------|--|---------|---------|--------------------|
| | | Plate 1 | Plate 2 | Plate 3 | ค่าเฉลี่ย \pm SD |
| สารสกัดเอทานอลจากต้นขลุ | 10.00 | ND | ND | ND | ND |
| | 100.00 | ND | ND | ND | ND |
| | 1,000.00 | 7.30 | 6.90 | 7.10 | 7.10 \pm 0.20 |
| 95% เอทานอล (Negative Control) | 10.00 | ND | ND | ND | ND |
| Erythromycin (Positive Control) | 0.15 | 23.80 | 24.30 | 23.60 | 23.90 \pm 0.36 |

หมายเหตุ : ND คือ Not detected, * แสดงค่าเฉลี่ย \pm SD จากผลการทดลอง 3 ซ้ำ



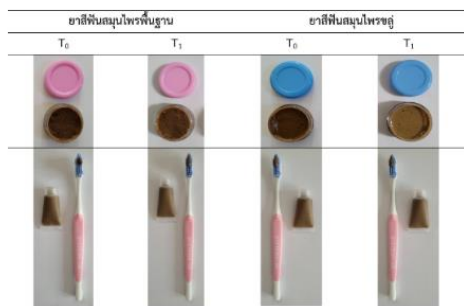
ภาพที่ 3 ผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดขลุ เมื่อเปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin โดยวิธี Broth microdilution

3.3 การศึกษาและการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพรตัวอย่าง

3.3.1 การศึกษาการประเมินคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร

การประเมินคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ เป็นการศึกษาความคงตัว (stability) ของผลิตภัณฑ์ แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจะทดสอบ

ภายใต้สภาวะเร่ง คือ เก็บยาสีฟันไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มควบคุมนั้น จะแยกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำยาสีฟันทั้ง 2 กลุ่ม มาทำการเปรียบเทียบ พบว่า ความเป็นเนื้อเดียวกัน, กลิ่นของยาสีฟันสมุนไพรทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ส่วนสีของยาสีฟันสมุนไพรทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยสีจางลงจากเดิมเล็กน้อย คือ ยาสีฟันสมุนไพรเบสเดิมมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อหลังทดสอบภายใต้สภาวะเร่งมีสีน้ำตาลจางลงเล็กน้อย และยาสีฟันสมุนไพรขลุ่เดิมมีสีน้ำตาลแกมเขียว เมื่อหลังทดสอบภายใต้สภาวะเร่งมีสีน้ำตาลแกมเขียวจางลงเล็กน้อย สำหรับการทดสอบค่า pH (ความเป็นกรด - เบส) ของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 2 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่า pH ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้ถืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 5 และภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพรก่อนและหลังทดสอบสภาวะเร่ง

หมายเหตุ : T_0 = ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส

T_1 = หลังทดสอบสภาวะเร่ง (สภาวะเร่ง คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส)

3.3.2 การศึกษาความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์

ของอาสาสมัครด้วยแบบสอบถาม

โดยทำการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร 30 คน ทางด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (สังเกตด้วยตาเปล่า) โดยศึกษาในเรื่องลักษณะความเนียนของเนื้อยาสีฟัน กลิ่นของผลิตภัณฑ์ และสีของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งทำการประเมินความพึงพอใจ ของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครทางด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ หลังทดลองใช้จริง โดยศึกษาในเรื่องความรู้สึกขณะแปรง คือ รสชาติ ความเย็นสดชื่น ปริมาณฟอง ไม่รู้สึกระคายเคือง ความหนืดขณะแปรง และศึกษาในเรื่องความรู้สึกหลังแปรง คือ ลมหายใจสดชื่น ช่วยระงับกลิ่นปาก รู้สึกปากสะอาด และความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ผลข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร

| ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร | | |
|---|-------------------|--------|
| ข้อมูลสำรวจ | ความถี่ (จำนวนคน) | ร้อยละ |
| 1. เพศ | | |
| 1.1 ชาย | 21 | 70.00 |
| 1.2 หญิง | 9 | 30.00 |
| 2. อายุ | | |
| 2.1 ต่ำกว่า 18 ปี | 1 | 3.33 |
| 2.2 อายุ 18 – 30 ปี | 4 | 13.33 |
| 2.3 อายุ 31 – 40 ปี | 3 | 10.00 |
| 2.4 อายุ 41 – 50 ปี | 3 | 10.00 |
| 2.5 มากกว่า 50 ปี | 19 | 63.33 |
| 3. ประสบการณ์ในการใช้ยาสีฟันสมุนไพร | | |
| 3.1 เคย | 29 | 96.67 |
| 3.2 ไม่เคย | 1 | 3.33 |

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดขุ่เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin โดยวิธี Broth microdilution

| สารทดสอบ | ความเข้มข้นของตัวอย่างในหลุมที่ 1 – 12 (mg/mL) | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| สารสกัดขุ่ (mg/mL) | 500.00 | 250.00 | 125.00 | 62.50 | 31.25 | 15.63 | 7.81 | 3.91 | 1.95 | 0.98 | 0.49 | 0.24 |
| Erythromycin (μg/mL) | 175.00 | 87.50 | 43.75 | 21.88 | 10.94 | 5.47 | 2.74 | 1.37 | 0.68 | 0.34 | 0.17 | 0.09 |

ตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพรก่อนและหลังทดสอบสภาวะเร่ง

| คุณสมบัติที่ประเมิน | ยาสีฟันสมุนไพรพื้นฐาน | | ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₀ | T ₁ |
| ความเป็นเนื้อเดียวกัน | เป็นเนื้อเดียวกัน | ไม่เปลี่ยนแปลง | เป็นเนื้อเดียวกัน | ไม่เปลี่ยนแปลง |
| สี | สีน้ำตาลเข้ม | สีน้ำตาลจางลงเล็กน้อย | สีน้ำตาลแกมเขียว | สีน้ำตาลแกมเขียวจางลงเล็กน้อย |
| กลิ่น | สมุนไพร + หอมเย็นสดชื่น | ไม่เปลี่ยนแปลง | สมุนไพร + หอมเย็นสดชื่น | ไม่เปลี่ยนแปลง |
| ค่าความเป็นกรด - ด่าง | 7.35 | 7.34 | 7.33 | 7.31 |
| ความคงตัว | เป็นเนื้อเดียวกัน | ไม่เปลี่ยนแปลง | เป็นเนื้อเดียวกัน | ไม่เปลี่ยนแปลง |

หมายเหตุ : T₀ = ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส

T₁ = หลังทดสอบสภาวะเร่ง (สภาวะเร่ง คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์)

ตารางที่ 7 ผลข้อมูลความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ ยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

| ตอนที่ 2 : ข้อมูลความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร | | | | | |
|---|-------------|-------------|------------|-----------|--------|
| จำนวน (%) ที่ระดับความพึงพอใจ | | | | | |
| ข้อมูลสำรวจ | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1. ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ (สังเกตด้วยตาเปล่า) | | | | | |
| 1.1 ความเนียนของเนื้อยาสีฟัน | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 4 (13.33%) | 18 (60.00%) | 7 (23.33%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 8 (26.67%) | 18 (60.00%) | 4 (13.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 1.2 กลิ่นของผลิตภัณฑ์ | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 3 (10.00%) | 24 (80.00%) | 3 (10.00%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 12 (40.00%) | 18 (60.00%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 1.3 สีของผลิตภัณฑ์ | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 2 (6.67%) | 22 (73.33%) | 6 (20.00%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 12 (40.00%) | 15 (50.00%) | 3 (10.00%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2. คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หลังทดสอบใช้งานจริง | | | | | |
| 2.1 ความรู้สึกขณะแปรง | | | | | |
| 2.1.1 รสชาติ | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 9 (30.00%) | 18 (60.00%) | 3 (10.00%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 20 (66.67%) | 8 (26.67%) | 2 (6.67%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2.1.2 ความเย็นสดชื่น | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 3 (10.00%) | 23 (76.67%) | 4 (13.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 12 (40.00%) | 16 (53.33%) | 2 (6.67%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2.1.3 ปริมาณฟอง | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 7 (23.33%) | 20 (66.67%) | 3 (10.00%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 15 (50.00%) | 13 (43.33%) | 2 (6.67%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2.1.4 ไม่รู้สึกระคายเคือง | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 4 (13.33%) | 24 (80.00%) | 1 (3.33%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 13 (43.33%) | 15 (50.00%) | 1 (3.33%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) |
| 2.1.5 ความหนักแน่นแปรง | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 2 (6.67%) | 22 (73.33%) | 4 (13.33%) | 2 (6.67%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 4 (13.33%) | 20 (66.67%) | 4 (13.33%) | 2 (6.67%) | 0 (0%) |
| 2.2 ความรู้สึกดีใจเมื่อแปรง | | | | | |
| 2.2.1 สะดวกใจสดชื่น | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 8 (26.67%) | 21 (70.00%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 17 (56.67%) | 12 (40.00%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2.2.2 ชวนรจจิบกลิ่นปาก | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 8 (26.67%) | 20 (66.67%) | 2 (6.67%) | 0 (0%) | 0 (0%) |

| | | | | | |
|------------------------------|-------------|-------------|-----------|--------|--------|
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 20 (66.67%) | 9 (30.00%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2.2.3 รู้สึกปากสะอาด | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 8 (26.67%) | 21 (70.00%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 23 (76.67%) | 7 (23.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| 2.3 ความพึงพอใจโดยรวม | | | | | |
| (A) ยาสีฟันสมุนไพรเบส | 3 (10.00%) | 26 (86.67%) | 1 (3.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) |
| (B) ยาสีฟันสมุนไพรขุ่ | 23 (76.67%) | 7 (23.33%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) |

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 การสกัดสารตัวอย่าง ผลการศึกษา
การสกัดสารตัวอย่างส่วนเนื้อพื้นดินต้นขุ่ โดยการคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% Yield) ได้เท่ากับร้อยละ 1.82 โดยน้ำหนัก

4.2 การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียใน
ช่องปากของสารสกัดตัวอย่าง

4.2.1 การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย
ของสารสกัดตัวอย่าง
ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้ง เชื้อแบคทีเรีย

Streptococcus mutans ของสารสกัดตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin ด้วยวิธี Disc Diffusion พบว่าที่ระดับความเข้มข้น

ของสารละลายตัวอย่างที่ 1,000 mg/mL สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยวัดขอบเขตการยับยั้งได้เท่ากับ 7.10 ± 0.20 mm เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin พบว่ายามาตรฐาน Erythromycin ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.15 mg/mL สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยวัดขอบเขตการยับยั้งได้เท่ากับ 23.90 ± 0.36 mm

4.2.2 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย

ผลการทดสอบการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง (MIC) เชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ของสารสกัดขลุ่เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน Erythromycin โดยวิธี Broth microdilution พบว่าสารสกัดขลุ่ไม่สามารถหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ ส่วนยามาตรฐาน Erythromycin สามารถหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้เท่ากับ $10.94 \mu\text{g/mL}$

4.3 การศึกษาและการเตรียมผลิตภัณฑ์ยา

4.3.1 การศึกษาการประเมินคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยา

ผลการประเมินคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจะทดสอบภายใต้สภาวะเร่ง คือ เก็บยา

ฟันสมุนไพรมากกว่ายาฟันสมุนไพรรฟัน

เซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำยา

4.3.2 การศึกษาความพึงพอใจต่อ

ผลิตภัณฑ์ของอาสาสมัครด้วยแบบสอบถาม

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครทางด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์(สังเกตด้วยตาเปล่า) โดย ศึกษาในเรื่องลักษณะความเนียนของเนื้อยา

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองนี้พบว่า สารสกัดส่วนเหนือพื้นดินต้นขลุ่ยด้วย 95% เอทานอล มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ได้เล็กน้อย โดยวัดขอบเขตการยับยั้งได้เท่ากับ 7.10 ± 0.20 mm อาจเนื่องด้วยสารสำคัญที่มีในสารสกัดส่วนเหนือพื้นดินต้นขลุ่ยที่สกัดด้วยเอทานอล 95% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. mutans* ได้ไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานสารสกัดใบขลุ่ยด้วยเอทานอล 95% สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ โดยวัดขอบเขตการยับยั้งเท่ากับ 10.5 ± 0.20 mm [10] การพัฒนาในขั้นต่อไป อาจสกัดส่วนเหนือพื้นดินของต้นขลุ่ยด้วยตัวทำละลายอื่น หรืออาจทำการทดสอบกับแบคทีเรียที่มักพบในช่องปากชนิดอื่น

5. กิตติกรรมประกาศ

ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ประจำ ปี 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์

6. อ้างอิง

- [1] ปิยะวดี โพธิ์รักษานนท์. การดูแลสุขภาพช่องปากทำให้สุขภาพกายแข็งแรงจริงหรือ. ฟันดีชีวีมีสุข. เข้าถึงเมื่อ 19 มิถุนายน 2562. จาก : <http://www.dentistry.kku.ac.th/dt2008/book life/51.pdf>
 - [2] ภัทรพรรณ อุณาภาค และสิริรัตน์ ราษฎร์ดุขดี. การพัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพร. โครงการปริญญาเอนกศาสตรบัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2549; 66 หน้า.
 - [3] ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ขลุ่ย (Khlu) [อินเทอร์เน็ต]. (ม.ป.ป.) เข้าถึงเมื่อ 19 ก.ย. 2557. จาก : <http://www.phargarden.com/main.php? Action= viewpage&pid=24>
 - [4] Ahem SA, Kamel EM. Phenolic constituents and biological activity of the genus *pluchea*. 2013. Der Pharma Chemica [Internet] 2013 [cited 2014 Sep 7]; 5(5): 109-114. Available from: <http://derpharmachemica.com/vol5-iss5/DPC-2013-5-5-109-114.pdf>
 - [5] Andarwulan N, Kurniasih D, Apriady RA, Rahmat H, Roto AV, Bolling BW, Poly phenols, carotenoids and ascorbic acid in underutilized medicinal vegetables. J Funct Foods. 2012; 4 : 339-347.
 - [6] Rosilda AH, Erazuliana AK, Zuraini N, Anti-inflammatory and antinociceptive activities of the ethanolic extract of *Pluchea indica* (L) Less. Leaf. 2008. Pharmacogonyonline [Internet] [cited 2014 Sep 8] ; 2 : 349-360. Available from [http:// pharmacologyonline. silae. it/ files/ archives/ 2008/vol2/ 31_Hamid.pdf](http://pharmacologyonline. silae. it/ files/ archives/ 2008/vol2/ 31_Hamid.pdf)
 - [7] Mohamad S, Zin NM, Wahab HA, Ibrahim P, Sulaiman SF, Zuhairuluddin ASM. Antituberculosis potential of some ethanobotanically selected
- Malaysian plants J Enthamopharmacol. 2011; 133 : 1021-1026.

- [8] Cho JJ, Cho CL, Kao CL, Chen CM, Tseng CN, Lee YZ. Crude aqueous extracts of *Pluchea indica* (L.) Less. inhibit proliferation and migration of cancer cells through induction of p53-dependent cell death. 2014. BMC Complement Altern Med [Internet] [cited 2014 Sep 8]; 12 : 265- 276. Available from [http://www. Biomed central.com/1472- 6882/12/265](http://www.Biomedcentral.com/1472-6882/12/265)
- [9] Teanpaisan R. Bacteria and common infectious diseases in the oral cavity. 1st ed. Songkhla: IQ media. 2009; 313 p.
- [10] พิมพา สมอรุณสุข. การประยุกต์ใช้สารสกัดจากใบขมิ้นในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์. ปัญหาพิเศษ. สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2551; 86 หน้า.

การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood
เพื่อศึกษาการลดน้ำหลากในลุ่มแม่น้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
The Application Nays2DFlood Model for Study of Flood Reduction
in Pasak River Basin, Lomsak District, Phetchabun Province

ภัชรพรรณ ธนามี^{1*}, สนิท วงษา¹
Patcharapan Thanami^{1*}, Sanit Wongsat¹

¹สาขาวิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

¹Department of Civil Technology Education Faculty of Industrial Education and Technology

King Mongkut's University of Technology Thonburi

*E-mail: pt_fi@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการไหลหลากของน้ำท่วมในบริเวณลุ่มแม่น้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood เพื่อจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของน้ำหลากของสถานการณ์น้ำท่วมปัจจุบัน ได้ใช้ข้อมูลอัตราการไหล วันที่ 1 กันยายน ถึง 31 ตุลาคม 2560 ผลจากการศึกษาพบว่า แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood สามารถจำลองพฤติกรรมการไหลและการกระจายตัวของน้ำท่วมมีระดับผิวน้ำหรือคราบน้ำนั้นใกล้เคียงกับสถานการณ์น้ำท่วมจริง โดยเลือกศึกษากรณี จำนวน 3 กรณี ประกอบด้วย 1.) สถานการณ์ในปัจจุบัน 2.) มีการขุดลอกทางน้ำ 3.) มีการขุดลอกทางน้ำและขุดแก้มลิงจากการศึกษาพบว่าในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษา อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ การศึกษาพบว่า กรณีที่ 2 ขุดลอกทางน้ำทำให้ค่าระดับน้ำลดลงจากกรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบันได้ 0.62 เมตร และกรณีที่ 3 ขุดลอกทางน้ำและขุดแก้มลิงทำให้ค่าระดับน้ำลดลงจากกรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบันได้ 0.77 เมตร

คำสำคัญ : Nays2DFlood น้ำท่วม ลุ่มน้ำป่าสัก

ABSTRACT

This study investigated the flow behavior of flood in the Pa Sak River Basin at Lom Sak District in Phetchabun Province, using the mathematical model Nays2D Flood. The model was utilized to simulate the hydraulic behavior of the current flood situation. The flow rate data was used from 1st September to 31st October 2017. The results found that the Nays2DFlood mathematical model could simulate the flow behavior and partition of floodwater at a level close to the actual flood situation by selecting three case studies, including 1) the current

situation, 2) dredge of waterways, and 3) dredge of waterways and water retention basin in the area of Lom Sak District in Phetchabun Province. The study revealed that the second case, the dredging of the waterway, resulting in a water level reduction of 0.62 meters compared to the current situation as in case 1. In case 3, there was also a dredge of waterways and retention basin that caused the water level to decrease from the current situation, case 1, by 0.77 meters.

Keyword: Nays2DFlood Flood Pasak River Basin

1. บทนำ

จากเหตุการณ์น้ำท่วมในอำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนตุลาคม 2560 ได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันบริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลางเคลื่อนเข้าสู่ชายฝั่งประเทศเวียดนาม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือของไทย ทำให้เกิดฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ซึ่งปริมาณน้ำฝนที่ฝนตกนั้นมากเกินของความจุแม่น้ำและมีน้ำป่าไหลมาจากเทือกเขาต่าง ๆ มาสมทบ ทำให้น้ำไหลหลากลงหุบเขาแม่น้ำป่าสักทำให้น้ำเอ่อล้นท่วม[1] บริเวณอำเภอลำสัก น้ำท่วมครั้งนี้ได้สร้างความเสียหายเป็นอย่างมาก ทั้งในด้านเศรษฐกิจ ด้านการคมนาคม และ พื้นที่ทำกิน

การศึกษาวงการทางชลศาสตร์ครั้งนี้จึงใช้โปรแกรม Nays2DFlood ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อย iRIC เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ชนิดสองมิติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์การไหลของน้ำทั้งในแม่น้ำทุกขาก และการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง หรือโครงสร้างทางชลศาสตร์ได้ทั้ง ภายใต้สภาวะการไหลแบบแบบคงที่และไม่คงที่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ของน้ำหลาก[2] ของเหตุการณ์น้ำท่วมอำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และนำไปประเมินแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพภูมิประเทศทั่วไปของกลุ่มน้ำป่าสัก

ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำป่าสักตอนบนจะเป็นบริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นเทือกเขาสูงล้อมบริเวณด้านเหนือ ด้านตะวันตกและด้านตะวันออกของจังหวัดเพชรบูรณ์ และมีพื้นที่ราบอยู่ตอนกลางมีความลาดชันเฉลี่ยประมาณ 1:1,400 จากทิศเหนือลงไปทิศใต้ พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 110-115 เมตร ส่วนพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักตอนกลางมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบสลับเนินเขาและภูเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 45-60 เมตร ลาดเทลงมาทางทิศใต้ โดยพื้นที่ทางทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นพื้นที่ค่อนข้างราบสลับเนินเขา ส่วนพื้นที่ทางทิศตะวันออกยังคงเป็นเทือกเขาและภูเขาสลับเนินเขาครอบคลุมบริเวณตอนล่างของจังหวัดเพชรบูรณ์ พื้นที่จังหวัดลพบุรี สระบุรี ชัยภูมิ และนครราชสีมาบางส่วน

ส่วนพื้นที่กลุ่มน้ำป่าสักตอนล่าง บริเวณด้านตะวันออกตอนล่างและตะวันออกเฉียงใต้จะเป็นแนวเทือกเขาแดงพญาเย็น เขาสามหลัก ต่อเนื่องถึงอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 5-30 เมตร ความลาดชันเฉลี่ยตามแนวลำน้ำป่าสักประมาณ 1:7,000 ครอบคลุมบริเวณบางส่วนของจังหวัดสระบุรี นครราชสีมา และจังหวัดนครราชสีมา

2.2 สภาพภูมิอากาศ

- ฤดูร้อน : เริ่มกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึง
กลางเดือนพฤษภาคม

- ฤดูหนาว: จะเริ่มกลางเดือนตุลาคม จนถึงเดือน
กุมภาพันธ์

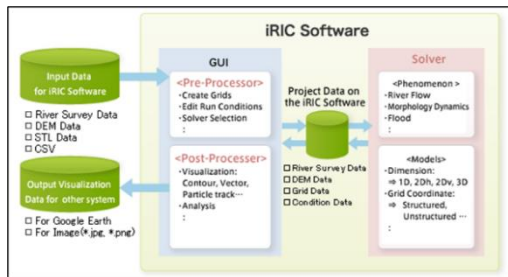
อุตุ นิยมวิทยา แสดงการกระจายของค่าตัวแปร
ภูมิอากาศเฉลี่ยรายปีในกลุ่มน้ำป่าสักมีรายละเอียด
ดังนี้ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.8 องศาเซลเซียส ความชื้น
สัมพัทธ์เฉลี่ย 72.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการระเหย
เฉลี่ย 1,665.0 มิลลิเมตร ความครึ้มของเมฆ 5.5
ออกตา ความเร็วลมเฉลี่ย 1.0 น็อต ปริมาณฝนเฉลี่ย
1,056.8 มิลลิเมตร [3-4]

2.3 แบบจำลอง Nays2DFlood

โปรแกรม Nays2DFlood เป็นโปรแกรม
ย่อย iRIC (International River Interface Cooper
ative) ซึ่งเป็นโปรแกรม Freeware โปรแกรม iRIC
นั้นได้รับพัฒนาโดย The Foundation of Hokkai
do River Disaster Prevention Research Center
(RIC) แห่งประเทศญี่ปุ่นและองค์กรอื่นๆ อีกหลาย
แห่ง โปรแกรม Nays2DFlood เป็นแบบจำลอง
คณิตศาสตร์ชนิดสองมิติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้
ศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์การไหลของน้ำทั้งใน
แม่น้ำ หรือโครงสร้างทางชลศาสตร์ได้ทั้งภายใต้
สภาวะการไหลแบบคงที่และแบบไม่คงที่ ซึ่งสามารถ
ดาวน์โหลดโปรแกรมนี้พร้อมกับคู่มือการใช้งานได้
จากเว็บไซต์ <http://i-ric.org/en/> [5]

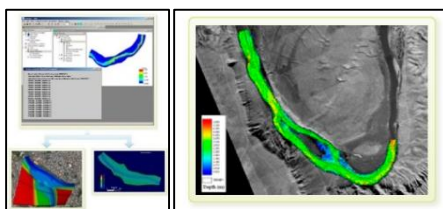
2.3.1 หลักการทำงานของโปรแกรม iRIC

โปรแกรม iRIC มีลักษณะของระบบโครงสร้างที่ออกแบบไว้โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนด้วยกันดังนี้ คือ (1) Pre-processor (2) Post-processor และ (3) Solver ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังจำลองระบบโครงสร้างการทำงานของโปรแกรม iRIC

ดังแสดงในภาพที่ 2 Pre-processor เป็นส่วนที่ใช้สำหรับสร้างกริดเพื่อใช้ในการคำนวณจากข้อมูลตำแหน่งพิกัด รูปตัดขวาง และรูปตัดตามยาวของแม่น้ำที่ได้จากการสำรวจหรือจากข้อมูล DEM โดยจะใช้ GUI และ Visualized ที่จัดเตรียมไว้สำหรับจัดการข้อมูลข้างต้น นอกจากนั้นยังใช้สำหรับกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการคำนวณด้วย เมื่อจัดเตรียมข้อมูลแล้วเสร็จก็จะสามารถ run โปรแกรมโดยใช้คือ Solver จากนั้นจะเป็นการแสดงผลการคำนวณคือ Post-processor ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นกราฟิกในหลายๆรูปแบบทั้งปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ เช่น เส้นการไหล เวกเตอร์ทิศทางการไหล เส้นชั้นความสูง และการเปลี่ยนแปลงสันฐานท้องน้ำ นอกจากนี้ยังมีความสามารถนำเสนอรูปภาพที่แสดงปริมาณหลายๆอย่างในรูปภาพเดียวกันได้[2]



ภาพที่ 2 หน้าต่างแสดงการทำงานก่อน หลังและระหว่างการทำงานของโปรแกรม iRIC

2.3.2 ทฤษฎีพื้นฐาน

สมการพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในโปรแกรม Nays2DFlood จะประกอบด้วยสมการการไหลต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมของการไหลแบบน้ำตื้นชนิด 2 มิติ ซึ่งในระบบพิกัดแบบฉากสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (1) - (3) ตามลำดับดังนี้คือ

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu \frac{\partial(hu)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu \frac{\partial(hu)}{\partial y} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\nu \frac{\partial(hv)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\nu \frac{\partial(hv)}{\partial y} \right] \quad (3)$$

โดยที่ h คือ ความลึก, u, v คือ ความเร็วเฉลี่ยในแนวดิ่ง, τ_x, τ_y คือ ความเค้นเฉือนในแนวนอน x กับ y , ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ, H คือ ค่าเสาระดับ, z_b คือ ระดับของท้องน้ำ, ν คือ ความหนืดจลน์, t คือ เวลา, x, y คือ แนวนอนของระบบพิกัดแบบฉากตามทิศทางการไหลกับทิศทางตั้งฉากสำหรับพจน์ของความเค้นเฉือน, τ_x, τ_y และความหนืดจลน์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) - (5) ตามลำดับคือ

$$\tau_x = \rho C_d u \sqrt{u^2 + v^2}, \quad \tau_y = \rho C_d v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (4a, 4b)$$

$$\nu = \frac{\kappa}{6} u_* h \quad (5)$$

โดยที่ C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, κ คือ ค่าคงที่ของ Karman (มีค่าเท่ากับ 0.4) และ u_*

คือ ความเร็วเหนือ ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการที่ (6) คือ

$$u_* = C_d \sqrt{u^2 + v^2} \quad (6)$$

สนธิ วงษาและคณะ (2555) [5] ได้นำเอาแบบโปรแกรม Nays2DFlood มาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ของน้ำหลากของเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ภาคกลางปี 2554 ซึ่งโปรแกรม Freeware นี้ได้พัฒนาโดย The Foundation of Hokkaido River Disaster Prevention Research Center (RIC) แห่งประเทศญี่ปุ่น เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพ และความแม่นยำสูง ได้แสดงผลการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมใหญ่ภาคกลางของประเทศไทยปี 2554 เพื่อทดสอบความสามารถของโปรแกรม พบว่าโปรแกรม Nays2DFlood สามารถลอกเลียนพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ของน้ำหลากได้ผลเป็นอย่างดีตามที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งจะได้นำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินผลกระทบเมื่อมีการสร้างคันกันน้ำและทางระบายน้ำหลากในช่วงเกิดน้ำหลากและนำเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อไป

จุฑามาศ ดิษฐ์ทอง สนธิ วงษา และ เมธิณี สุกหส์ดี (2561) [6] ได้ศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากจากน้ำท่วมในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเฉพาะบริเวณจังหวัดอ่างทอง โดยใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ iRIC ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลระดับพื้นดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ใช้ข้อมูลอัตราการไหลจากแม่น้ำเจ้าพระยาแม่น้ำสะแกกรังและแม่น้ำป่าสักตั้งแต่วันที่ 29 สิงหาคมถึง 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้ากับการปรับแก้แบบจำลอง ผลจากการคำนวณพบว่าขอบเขตน้ำท่วมมีความใกล้เคียงกับ

ภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลคำนวณพบว่าจังหวัดอ่างทองมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมจัดอยู่ในระดับรุนแรงปานกลาง – รุนแรงมากในบางจุด จากนั้นจึงนำผลการคำนวณมาจัดทำแผนที่เส้นทางการคมนาคมเมื่อเกิดน้ำท่วมในจังหวัดอ่างทอง พบว่าแม้จะไม่สามารถเดินทางผ่านถนนสายเอเชียได้ก็ยังสามารถเดินทางผ่านเส้นทางรองๆ ในจังหวัดเพื่อเดินทางไปยังจังหวัดใกล้เคียงได้

จิรัฐวิวัฒน์ เมืองแพน (2556) [3] ได้ใช้แบบจำลอง Nays2DFlood ศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ของน้ำหลากของสถานการณ์น้ำท่วมจังหวัดเลย ผลการศึกษาพบว่าโปรแกรม Nays2DFlood สามารถลอกเลียนพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ของน้ำหลากของสถานการณ์น้ำท่วมของจังหวัดเลย เมื่อปี พ.ศ.2545 ได้ผลคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกับน้ำท่วมจริงและการประเมินศักยภาพการลดน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำเลย และวิธีการหาแนวทางการลดระลอกน้ำท่วมสูงสุดที่อำเภอเมืองเลยได้ถึง 1.00 เมตร

1. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมข้อมูลพิกัด DEM

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยใช้ข้อมูลระดับสูงเชิงเลข SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM ของ NASA ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 80% ของพื้นที่โลก ซึ่งมีความละเอียดจุดภาพ 90 เมตร สามารถดาวน์โหลดได้ผ่านอินเทอร์เน็ตได้ที่ CGIAR-CSI (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) และ นำข้อมูลแรสเตอร์มาแปลงเป็นจุดเพื่อคำนวณค่าพิกัด โดยใช้พิกัดจาก WGS1984 zone 47N โดยใช้โปรแกรม ArcMAP 10.3.1 คำนวณค่าพิกัดแล้วนำไปเรียงค่าตัวเลขใหม่และบันทึกเป็นไฟล์ *.tpo เพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nays2DFlood

3.2 การเตรียมข้อมูลอัตราการไหล

ลุ่มน้ำป่าสักใช้ข้อมูลอัตราการไหล วันที่ 1 กันยายน ถึง 31 ตุลาคม 2560 ของสถานีวัดน้ำ S.4B อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

3.3 การรวบรวมข้อมูลอุทกวิทยา

3.3.1 การรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน สถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงพื้นที่

ศึกษาการแผ่กระจายของฝนในพื้นที่โครงการ จึงค่อนข้างสม่ำเสมอ ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยทั่วไปพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำป่าสักจะมีปริมาณฝนค่อนข้างสูง โดยมีฝนเฉลี่ยรายปีในช่วง 1,200-1,300 มิลลิเมตร ดังแสดงรายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ปริมาณฝนรายปี และรายเดือนของสถานีต่างๆบริเวณพื้นที่โครงการในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

| ชื่อสถานี | รหัสสถานี | ช่วงปีข้อมูล | ตำแหน่งที่ตั้ง | | ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย (มม.) |
|------------------------|-----------|--------------|----------------|-----------|---------------------------|
| | | | ละติจูด | ลองจิจูด | |
| อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ | 36013 | 2463-2561 | 16-25-00 | 101-09-35 | 1,176.2 |

3.3.2 การรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ลุ่มน้ำป่าสัก โดยมีสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ใกล้เคียงคือสถานี S.4B สำหรับรายชื่อ ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำท่าบริเวณพื้นที่โครงการ และค่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย แสดงในตารางที่ 2

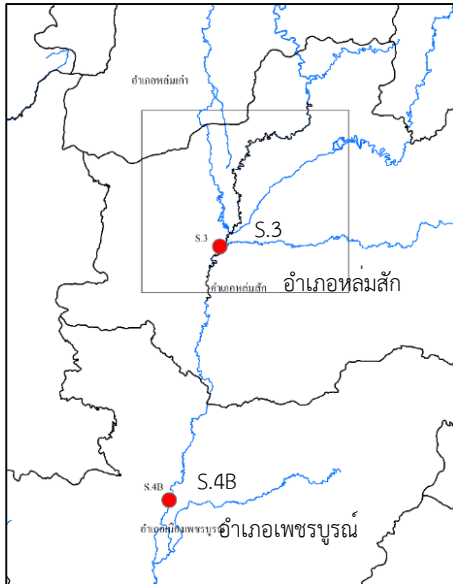
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุดของปริมาณน้ำท่ารวมรายปี ของสถานีวัดน้ำท่าที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

| สถานี | อำเภอ | จังหวัด | ช่วงปีข้อมูล | ลำน้ำ | ปริมาณน้ำท่ารายปี (ล้าน ลบ.ม.) | | |
|-------|-------|-----------|--------------|--------|--------------------------------|-----------|-----------|
| | | | | | ค่าเฉลี่ย | ค่าสูงสุด | ค่าต่ำสุด |
| S.4B | เมือง | เพชรบูรณ์ | 2509-2541 | ป่าสัก | 615.66 | 465.16 | 150.50 |

3.4 การสร้างแบบจำลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nays2DFlood ศึกษาถึงลักษณะสภาพทางชลศาสตร์การไหล และนำไปประเมินศักยภาพในการลดอัตราการไหลในลุ่มน้ำป่าสักและในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ของสถานีวัดน้ำที่

ใกล้เคียงในลุ่มน้ำป่าสักประกอบไปด้วย สถานี S.4B อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์



ภาพที่ 3 พื้นที่ศึกษา

4. ผลการศึกษา

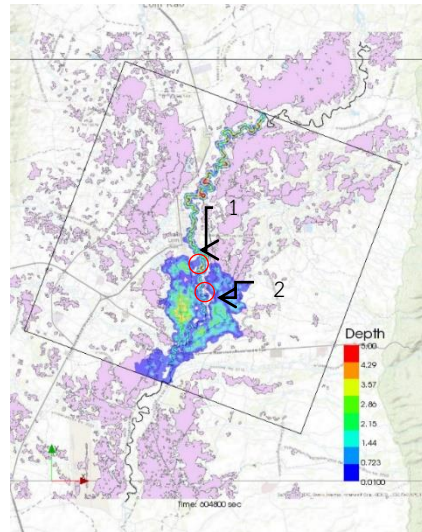
4.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA และผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood [6]

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA และการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood เพื่อหาความแม่นยำของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบการกระจายของน้ำท่วมเดือนกันยายนในปี 2560 ได้ดังภาพที่ 4

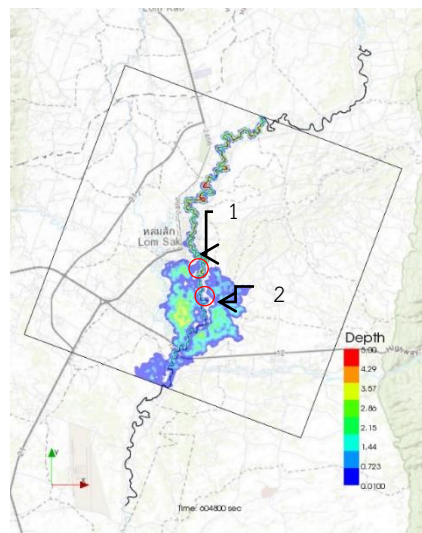
จากภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 ผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood ในช่วงเดือนกันยายนนั้นมีการกระจายตัวของน้ำท่วมใกล้เคียงกับภาพถ่ายดาวเทียมของ GISTDA ในบริเวณเทศบาลตำบลเตี๋ย และ ชุมชนไพรสนธ์ศักดิ์ราม

จึงสรุปได้ว่าการกระจายตัวของน้ำท่วมในพื้นที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เปรียบเทียบ

ผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood โดยใช้ข้อมูล SRTM DEM กับภาพถ่ายดาวเทียมของ GISTDA นั้นมีการกระจายตัวของน้ำท่วมใกล้เคียงกัน



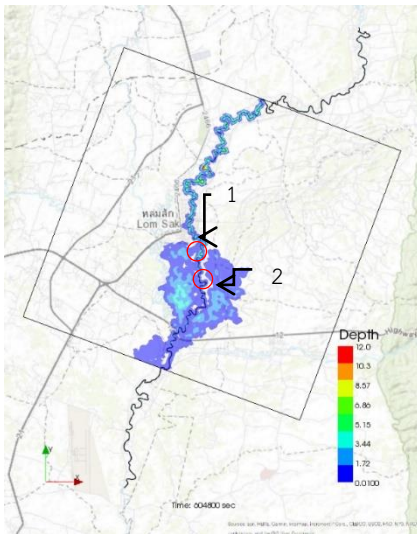
ภาพที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียม GISTDA



ภาพที่ 5 ผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood

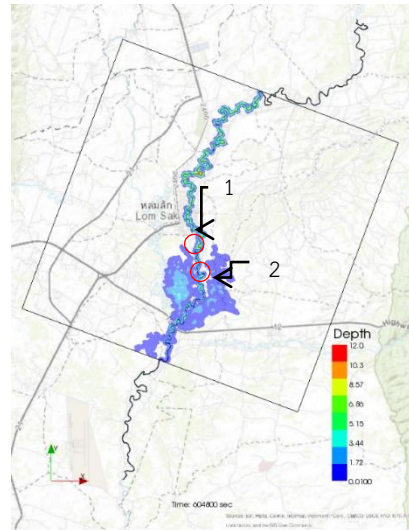
4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความลึกคำนวณ ระดับผิวน้ำจากแบบจำลอง Nays2DFlood

น้ำท่วมจากกรณีที่ 1 สภาพปัจจุบัน มีระดับน้ำท่วม
0.90 เมตร



ภาพที่ 6 กรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบัน

ภาพที่ 6 และ ภาพที่ 7 ผลการคำนวณค่า
ระดับน้ำท่วมของแบบจำลองคณิตศาสตร์
Nays2DFlood จากกรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบัน
เปรียบเทียบกับกรณีที่ 2 การขุดลอกทางน้ำ ค่าระดับ

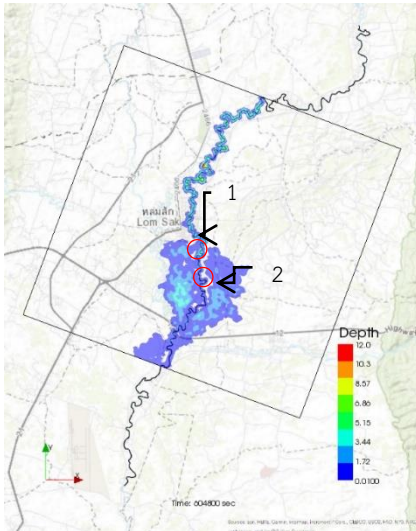


ภาพที่ 7 กรณีที่ 2 ขุดลอกทางน้ำ

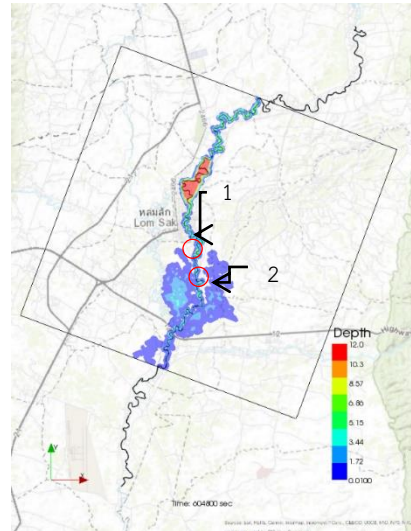
จากผลการคำนวณในขอบเขตพื้นที่ศึกษา
อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ กรณีที่ 2 เมื่อมีการ
ขุดลอกทางน้ำ มีระดับน้ำท่วม 0.28 เมตร โดยสังเกต
จากระดับสีของน้ำและพื้นที่ที่มีน้ำท่วมลดลง ได้แก่
พื้นที่ 1.ชุมชนไพรสมณฑลศึกคาราม ลดน้ำท่วมได้ 0.62
เมตร 2.วัดศรีมงคล ลดน้ำท่วมได้ 0.51 เมตร
ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบความลึก

| หมายเลข | สถานที่ | กรณีที่ 1 (เมตร) | กรณีที่ 2 (เมตร) | ผลต่าง (เมตร) |
|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 1 | ชุมชนไพรสมณฑลศึกคาราม | 0.90 | 0.28 | -0.62 |
| 2 | วัดศรีมงคล | 1.10 | 0.59 | -0.51 |



ภาพที่ 8 กรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบัน



ภาพที่ 9 กรณีที่ 3 ขุดลอกทางน้ำและขุดแก้มลิง

ภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9 ผลการคำนวณค่าระดับน้ำท่วมของแบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood จากกรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบัน เปรียบเทียบกับกรณีที่ 3 การขุดลอกทางน้ำและขุดแก้มลิง ค่าระดับน้ำท่วมจากกรณีที่ 1 สภาพปัจจุบัน มีระดับน้ำท่วม 0.90 เมตร จากผลการคำนวณในขอบเขตพื้นที่ศึกษา อำเภอลำลูก จังหวัดเพชรบูรณ์

กรณีที่ 3 เมื่อมีการขุดลอกทางน้ำและขุดแก้มลิง มีระดับน้ำท่วม 0.13 เมตร โดยสังเกตจากระดับสีของน้ำและพื้นที่ที่มีน้ำท่วมลดลง ได้แก่พื้นที่ 1.ชุมชนไพรสมทศศักดิ์ดาราม ลดน้ำท่วมได้ 0.77 เมตร 2.วัดศรีมงคล ลดน้ำท่วมได้ 0.34 เมตร และพื้นที่กระจายตัวของน้ำลดลง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบความลึก

| หมายเลข | สถานที่ | กรณีที่ 1 (เมตร) | กรณีที่ 2 (เมตร) | ผลต่าง (เมตร) |
|---------|-------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 1 | ชุมชนไพรสมทศศักดิ์ดาราม | 0.90 | 0.13 | -0.77 |
| 2 | วัดศรีมงคล | 1.10 | 0.34 | -0.76 |

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษากฎการไหลหลากของน้ำท่วมพื้นที่อำเภอลำลูก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้

แบบจำลองคณิตศาสตร์ Nays2DFlood เพื่อจำลองพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตามสภาพปัจจุบัน ได้เลือกกรณีศึกษาจากเหตุการณ์น้ำท่วมช่วงวันที่ 1 กันยายน

ถึง 31 ตุลาคม 2560 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองคณิตศาสตร์

Nays2DFlood สามารถจำลองพฤติกรรม การไหล และพื้นที่การกระจายตัวของน้ำท่วมในพื้นที่ ที่ศึกษา มีระดับน้ำหรือคราบน้ำท่วมที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์น้ำท่วมจริง ซึ่งค่าระดับน้ำท่วมจากสภาพปัจจุบันคือ 0.90 เมตร และการประเมินผลกระทบของน้ำท่วมจากแบบจำลองครั้งนี้ ใช้กรณีศึกษา 3 กรณี ประกอบด้วย 1. สถานการณ์ปัจจุบัน 2. มีการขุดลอกทางน้ำ 3. มีการขุดลอกทางน้ำและการขุดแก้มลิง ในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษา อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ การศึกษาพบว่า กรณีที่ 2 ขุดลอกทางน้ำทำให้ค่าระดับน้ำลดลงจากกรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบัน บริเวณชุมชนไพรสมณศักดิ์ดารา ราม ลดลง 0.62 เมตร และวัดศรีมงคล ลดลง 0.51 เมตร และกรณีที่ 3 ขุดลอกทางน้ำและขุดแก้มลิงทำให้ค่าระดับน้ำลดลงจากกรณีที่ 1 สถานการณ์ปัจจุบัน บริเวณชุมชนไพรสมณศักดิ์ดารา รามลดลง 0.77 เมตร และวัดศรีมงคลลดลง 0.76 เมตร

6. อ้างอิง

- [1] คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ. บันทึกเหตุการณ์ น้ำท่วมภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ช่วงเดือนตุลาคม 2560. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 23 มกราคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://tiwrmdev.hii.or.th/current/2017/floodOct2017/floodOct2017.html>
- [2] จิรัฐวัฒน เมืองแพน. การศึกษาการลดน้ำหลากสูงสุดในกลุ่มน้ำเลย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Nays2DFlood. [ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2557.
- [3] คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ. โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 23 มกราคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <https://tiwrm.hii.or.th/web/attachments/25basins/12-pasak.pdf>
- [4] ศูนย์ป้องกันวิกฤติน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ. ลุ่มแม่น้ำป่าสัก. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 23 มกราคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://rainmaking.royalrain.go.th/Data/Basin/detail/12>
- [5] สนิท วงษา และ ยาสุยuki ซิมิซึ. การประยุกต์ใช้โปรแกรม iRIC ในการคำนวณด้านชลศาสตร์และพลวัตพื้นฐานของน้ำ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 3; วันที่ 6-7 สิงหาคม 2552; นครนายก; 2552. น.106-115
- [6] จุฑามาศ ดิษฐ์ทอง สนิท วงษา และ เมธินี สุขหัตถ์. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง iRIC เพื่อศึกษามหาอุทกภัยในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างปี 2554 กรณีศึกษา พื้นที่จังหวัดอ่างทอง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 23; วันที่ 18-20 กรกฎาคม 2561; นครนายก; 2561

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ รับบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ต้องเป็นต้นฉบับ ไม่เคยตีพิมพ์ หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน มีจุดประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ และผลงานวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างเคร่งครัด

1. หลักเกณฑ์การส่งบทความ

1.1 บทความเปิดรับทั้งจากบุคคลภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

1.2 บทความมีรูปแบบการเขียนตามที่กำหนดไว้

1.3 บทความวิชาการต้องมีความยาวประมาณ 12-20 หน้า ในรูปแบบ 1 คอลัมน์

บทความวิจัย ต้องมีความยาวประมาณ 10-15 หน้า ในรูปแบบ 1 คอลัมน์

1.4 การส่งบทความ เพื่อผ่านการพิจารณากลั่นกรองและประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องผ่าน รูปแบบ Online

โดยจัดส่งไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ผ่าน <https://www.tci-thaijo.org/index.php/rmutk> เริ่มจากการกรอกข้อมูลตามแบบฟอร์มส่งบทความเพื่อพิจารณาให้สมบูรณ์ บทความจะได้รับการพิจารณากลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิ และเมื่อบทความได้รับการแก้ไข (หากมี) อย่างเหมาะสม ผู้เขียนจะต้องส่งบทความเข้ามายัง <https://www.tci-thaijo.org/index.php/rmutk> เพื่อดำเนินการในส่วนอื่นต่อไป

2. ประเภทของบทความที่ตีพิมพ์

บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารมี 2 ประเภท คือ

2.1 บทความวิจัย (Research Paper) เป็นบทความที่มีลักษณะและรูปแบบการวิจัยตามหลักวิชาการ เช่น ตั้งสมมติฐาน โดยระบุวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ได้ค้นคว้าทดลองอย่างมีระบบ และสรุปผลการวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.2 บทความวิชาการ (Academic Paper) เป็นบทความที่มีลักษณะเชิงวิเคราะห์หรือวิจารณ์ จากการทบทวนเอกสาร จากประสบการณ์หรือความชำนาญของผู้เขียน และเสนอแนวคิดใหม่บนพื้นฐานวิชาการ อันก่อให้เกิดองค์ความรู้หรือสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์

3. รูปแบบการพิมพ์บทความ

3.1 ระยะขอบ

ขอบบน (Top Margin) 1 นิ้ว หรือ 2.54 ซม.

ขอบล่าง (Bottom Margin) 0.7 นิ้ว หรือ 2 ซม.

ขอบขวา (Right Margin) 0.7 นิ้ว หรือ 2 ซม.

ขอบซ้าย (Left Margin) 0.7 นิ้ว หรือ 2 ซม.

3.2 กระดาษ

ขนาด B5 (JIS) 18.2 x 25.7 ซม.

3.3 รูปแบบตัวอักษร

บทความภาษาไทย ใช้ TH SarabunPSK

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ Time New Roman

3.4 ชื่อเรื่อง

บทความภาษาไทย ใช้ชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 16 ตัวหนา (พิมพ์กลางหน้ากระดาษควรเป็นชื่อที่สั้น กระชับ ได้ใจความตรงกับวัตถุประสงค์และเนื้อเรื่อง)

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเรื่อง ขนาด 16 ตัวหนา (พิมพ์กลางหน้ากระดาษ)

3.5 ชื่อผู้เขียนและชื่อผู้ร่วมงาน

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 14 ตัวหนา (พิมพ์กลางหน้ากระดาษ)

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 12 ตัวหนา (พิมพ์กลางหน้ากระดาษ)

3.6 สถานที่ทำงาน เบอร์โทรศัพท์ และ E-mail

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 12 ตัวปกติ (พิมพ์กลางหน้ากระดาษ)

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 10 ตัวปกติ (พิมพ์กลางหน้ากระดาษ)

3.7 คำว่า บทคัดย่อ/Abstract

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 16 ตัวหนา

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 12 ตัวหนา

3.8 เนื้อความใน บทคัดย่อ/Abstract

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 14 ตัวปกติ (พิมพ์แบบเต็มขอบ)

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 11 ตัวปกติ (พิมพ์แบบเต็มขอบ)

3.9 เนื้อความทั้งหมด (แบ่งเป็น 2 คอลัมน์ ระยะห่างระหว่างคอลัมน์ 0.3 นิ้ว หรือ 0.7 ซม.)

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 14 ตัวปกติ

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 11 ตัวปกติ

3.10 ชื่อหัวเรื่องใหญ่

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 16 ตัวหนา (พิมพ์แบบชิดซ้าย)

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 12 ตัวหนา (พิมพ์แบบชิดซ้าย)

3.11 ชื่อหัวเรื่องย่อย

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 14 ตัวหนา (พิมพ์แบบชิดซ้าย)

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 11 ตัวหนา (พิมพ์แบบชิดซ้าย)

3.12 คำว่า กิตติกรรมประกาศ/Acknowledgement และคำว่า เอกสารอ้างอิง/Reference

(ใส่หมายเลขลำดับหัวเรื่องด้วย)

บทความภาษาไทย ใช้ขนาด 16 ตัวหนา

บทความภาษาอังกฤษ ใช้ขนาด 12 ตัวหนา

3.13 สมการหรือพจน์ทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน

ควรเขียนโดยใช้ Equation Editor โดยจัดแยกบรรทัด และมีเลขกำกับอยู่ในวงเล็บเล็ก จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word

4. ส่วนประกอบของบทความแต่ละประเภท

4.1 บทความวิจัย

A. ส่วนปก

1. **ชื่อบทความ (Title)** ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกะทัดรัด ไม่ยาวเกินไป ชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. **ชื่อผู้เขียน (Authors)** ชื่อเต็ม นามสกุลเต็ม ของผู้เขียนทุกคน สำหรับผู้เขียนประสานงานให้ใส่ที่อยู่ให้ละเอียด พร้อมทั้งหมายเลขโทรศัพท์/โทรสาร และ E-mail address ที่สามารถติดต่อได้
3. **ตัวเลขยก** ให้เขียนไว้บนนามสกุล เพื่อระบุที่อยู่ของผู้เขียน
4. **บทคัดย่อ (ABSTRACT)** ควรจัดทำเป็นร้อยแก้วย่อหน้าเดียว สั้น ตรงประเด็น ครอบคลุมสาระสำคัญของการศึกษา ได้แก่ วัตถุประสงค์ วิธีการ ผลการวิจัยและการอภิปรายผล เป็นต้น ถ้าบทความเป็นภาษาไทยจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยให้ภาษาไทยขึ้นก่อน มีความยาวไม่เกิน 1,000 คำ
5. **คำสำคัญ (keywords)** ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เป็นคำสำคัญที่สามารถใช้ในการสืบค้น ในระบบฐานข้อมูล

หมายเหตุ : เนื้อหาส่วนปกจะต้องเขียนให้อยู่ในกระดาด จำนวน 1 หน้า เท่านั้น

B. ส่วนเนื้อหา

1. **บทนำ (INTRODUCTION)** เพื่ออธิบายถึงความสำคัญของปัญหา และวัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมถึงการทบทวนวรรณกรรม และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. **วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ (MATERIALS AND METHODS)/วิธีดำเนินการวิจัย (RESEARCH METHODOLOGY)** อธิบายเครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัยให้ชัดเจน
 - บทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ ควรอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการที่ใช้ในการวิจัย
3. **ผลการวิจัยและอภิปรายผล/ ผลการทดลองและอภิปรายผล (RESULT AND DISCUSSION)** เสนอผลการทดลอง อย่างชัดเจน และตรงประเด็น ควรมีรูปภาพ/หรือตารางประกอบ การอธิบายผลในตารางและรูปภาพ ต้องไม่ซ้ำซ้อนกัน รูปภาพและตารางของบทความที่เป็นภาษาไทย ให้บรรยายเป็นภาษาไทย รูปภาพและตารางของบทความที่เป็นภาษาอังกฤษ ให้บรรยายเป็นภาษาอังกฤษ

- เป็นการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างอิงทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบ เพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
- รูปภาพ/กราฟ ให้อยู่ในเนื้อเรื่องของบทความ ขนาดตัวอักษรสามารถอ่านได้ชัดเจน เหมาะสมกับขนาดของรูปภาพ/กราฟ โดยบันทึกเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล JPG มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 300 dpi เท่านั้น ถ้าเป็นภาพถ่ายกรุณาส่งภาพต้นฉบับ และในกรณีที่ เป็นรูปลายเส้นให้วาดโดยใช้หมึกสีดำที่มีความคมชัด หมายเลขรูปภาพ/กราฟให้เป็นเลขอารบิก และอยู่ด้านล่างของรูปภาพ/กราฟ
- ตาราง ให้อยู่ในเนื้อเรื่องของบทความ หมายเลขตารางให้เป็นเลขอารบิก และอยู่ด้านบนของตาราง

4. **บทสรุป (CONCLUSION)** สรุปประเด็น และสาระสำคัญที่ได้จากการวิจัย
5. **กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ความช่วยเหลือให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพียงสั้นๆ (อาจมีหรือไม่ก็ได้)
6. **เอกสารอ้างอิง (REFERENCES)** เป็นรายการเอกสารอ้างอิงที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยที่ได้รับการตรวจสอบเพื่อนำมาเตรียมรายงาน และมีการอ้างอิงถึงเฉพาะเอกสารที่ปรากฏในบทความเท่านั้น การอ้างอิงให้จัดเรียงตามลำดับที่อ้างอิงเป็นตัวเลขในเครื่องหมาย [x] และให้เริ่มต้นเรียงลำดับเอกสารจากที่พบในเนื้อหา ก่อนเป็น [1] หากผู้เขียนมีมากกว่า 3 คน ให้ใส่ชื่อ 3 คนแรก แล้วตามด้วย และคณะหรือ et al.

การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องของบทความ (In-text Citations) การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่อง ให้ใช้ระบบแวนคูเวอร์ (Vancouver style) สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

<http://library.md.chula.ac.th/guide/vancouver2011.pdf>

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

หนังสือหรือตำรา

รูปแบบพื้นฐาน ชื่อผู้แต่ง(Author)./ชื่อหนังสือ(Title of the book)./ครั้งที่พิมพ์ (Edition)./เมืองที่พิมพ์(Place of Publication):สำนักพิมพ์(Publisher);ปี(Year).

- Janeway CA, Travers P, Walport M, Shlomchik M. Immunobiology. 5th ed. New York: Garland Publishing; 2001.

- รังสรรค์ ปัญญาญญะ. โรคติดเชื้อของระบบประสาทกลางในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์; 2536.

บทความจากวารสาร (Articles in Journals)

รูปแบบพื้นฐาน ชื่อผู้แต่ง(Author)./ชื่อบทความ(Title of the article)./ชื่อวารสาร(Title of the Journal)./ปีที่พิมพ์(Year);เล่มที่ของวารสาร(Volume):หน้า(Pages).

- ขนิษฐา ดำรงกิจ, ใหม่ น้อยพิทักษ์, วิบุญ ตั้งวโรตมณกุล และคณะ.การศึกษาสมบัติทางกลและส่วนผสมทาง เคมีของรอยเชื่อมเหล็กกรางรถไฟ. วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ. 2561;12(1):119-31.
- White AR, Treenate D, Kiatgungwalgrai A, et al. The effects of accent familiarity on english as a foreign language students' word recognition and comprehension of the english language. UTK Res J. 2559;10(2):21-30.

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Material)

รูปแบบพื้นฐาน ชื่อผู้แต่ง (Author)./ชื่อบทความ (Title of the article) [ประเภทของสื่อ/วัสดุ]./สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์ (Year) [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วันที่]./จาก (Available from): <http://.....>

- Foley KM, Gelband H, editors. Improving palliative care for cancer [Internet]. Washington: National Academy Press; 2001 [cited 2002 Jul 9]. Available from: <https://www.nap.edu/catalog/10149/improving-palliative-care-for-cancer>.
- “กำเนิด” ระบบหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า มิติใหม่แห่งการบริการด้านสาธารณสุขเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นของคนไทย [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: สปสช.; 2552. [เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม 2554]. จาก: www.localfund.in.th/files/NHSO-intro1-6.pdf

การอ้างอิงบทความที่นำเสนอในการประชุม หรือสรุปผลการประชุม (Conference paper)

รูปแบบพื้นฐาน ชื่อผู้เขียน./ชื่อเรื่อง./ใน(In):/ชื่อบรรณาธิการ./บรรณาธิการ./ชื่อหนังสือ./ชื่อการประชุม./วัน เดือน ปีที่ประชุม./สถานที่จัดประชุม./สถานที่พิมพ์:สำนักพิมพ์./ปีที่พิมพ์./น./เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายของบทที่อ้าง.

- อีระ ฤชตระกูล. Coagulopathy in liver diseases. ใน: ปิยะวัฒน์ โกมลมิศร์, ทวีศักดิ์ แทนวันดี, อนุชิต จุฑะพุทธิ, บรรณาธิการ. Vascular diseases of the liver. การประชุมวิชาการประจำปี ครั้งที่ 4 Vascular diseases of the liver; วันที่ 12-14 มีนาคม 2552; เพชรบุรี. กรุงเทพฯ: สมาคมโรคตับ (ประเทศไทย); 2552. น.1-13.

4.2 บทความวิชาการ

A. ส่วนปก

มีส่วนประกอบเหมือนบทความวิจัย

B. ส่วนเนื้อหา

1. บทนำ (INTRODUCTION) เป็นส่วนของที่มาของมูลเหตุของการเขียนบทความ
2. วิธีการศึกษา/วิธีดำเนินการ (METHOD) (ถ้ามี) เป็นการอธิบายวิธีการศึกษา หรือ การดำเนินการตามประเภทของบทความวิชาการ
3. ผลการศึกษา/ผลการดำเนินการ (RESULT AND DISCUSSION) เป็นการเสนอผล อย่างชัดเจน ตามประเด็นโดยลำดับตามหัวข้อที่ศึกษาหรือดำเนินการ
4. สรุป (CONCLUSION) สรุปประเด็น และสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษา
5. เอกสารอ้างอิง (REFERENCES) ใช้ตามที่วารสารกำหนด

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ประจำปี 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

| | |
|---|---|
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุเดช แสงสีด้า | รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา ก้อนแพง |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิษณุ ทองขาว | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์ |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์นัทร | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพงษ์ จิตตโคตร |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสง หวังสินทวีกุล | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย แดงเอม |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองเพียร พรหมบุตร |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญฤทธิ์ กาญจนพิบูลย์ | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วุฒิชัย สง่างาม |
| ดร.กฤษฎา เหล็กดี | เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์ จรรย์ตันติเวทย์ |
| ดร.ไฉน น้อยแสง | ดร.จุฑาภรณ์ ขวัญสังข์ |

แบบฟอร์มส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว)..... นามสกุล.....

ขอส่ง ☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการ

เรื่อง (ภาษาไทย).....

.....

เรื่อง (ภาษาอังกฤษ).....

.....

ชื่อผู้เขียนรวม (ภาษาไทย)

1.

2.

3.

ชื่อผู้เขียนรวม (ภาษาอังกฤษ)

1.

2.

3.

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก..... หมู่ที่..... ซอย.....

ถนน..... ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต..... จังหวัด.....

รหัสไปรษณีย์..... E-mail..... โทรศัพท์.....

โทรสาร..... โทรศัพท์ (มือถือ).....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ ☐ เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว

☐ เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามชื่อที่ระบุในบทความจริง

โดยขอรับรองว่ารูปภาพและข้อความทั้งหมดในบทความนี้ ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ใด ๆ และบทความนี้ไม่เคย
ลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และจะไม่นำบทความนี้ส่งไปเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่นอีกเป็น
การซ้ำซ้อนการละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความโดยตรง ทั้งนี้ผู้เขียนเข้าใจในนโยบาย
การรับบทความของวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพแล้ว และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย
มทร. กรุงเทพ ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ลงชื่อ.....
(.....)



หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขอรับรองว่าบทความ.....

เรื่อง

โดย

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน
และตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ
ปีที่..... ฉบับที่ (..... - พ.ศ.)

(.....)

บรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขั้นตอนการจัดทำวารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ

