

วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 (2023)

พฤษภาคม - มิถุนายน 2566

ISSN 2985 0274 (Print)

ISSN 2985 0282 (Online)



กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม - มิถุนายน 2566)

Vol. 1 No. 3 (May – June 2023)

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)

วัตถุประสงค์

จัดทำขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) เปิดรับทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน โดยมีขอบเขตของวารสาร ดังนี้

- วิศวกรรมทั่วไป (General Engineering)
- วิศวกรรมอุตสาหการและวิศวกรรมการผลิต (Industrial and Manufacturing Engineering)
- วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)
- เทคโนโลยีสื่อและประยุกต์ใช้ (Media Technology and Application)
- สถาปัตยกรรม (Architecture)

เงื่อนไขการตีพิมพ์

บทความที่ส่งเข้ามายังวารสารจะได้รับการประเมินคุณภาพของผลงานทางวิชาการโดยหัวหน้ากองบรรณาธิการ (Editor in Chief) ถ้าบทความมีคุณภาพที่อาจได้รับการตีพิมพ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการจะมอบหมายให้บรรณาธิการประจำเรื่อง (Section editor) เป็นผู้พิจารณาและดำเนินการส่งบทความให้ผู้ประเมินบทความ (Peer reviewers) ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน ซึ่งบทความที่ถูกส่งไปยังผู้ประเมินจะเป็นแบบปกปิดรายชื่อทั้งผู้เขียนบทความ และผู้ประเมิน (Double -Blinded Review) เมื่อผู้ประเมินบทความส่งข้อคิดเห็นมายังบรรณาธิการประจำเรื่อง บทความที่ถูกประเมินจะได้รับการตัดสินใจจากกองบรรณาธิการโดยอาศัยความคิดเห็นของผู้ประเมินเสียงข้างมาก ดังนี้ ยอมรับให้ตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข (Accept Submission) บทความมีการแก้ไข (Revisions Required) และ ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ (Decline Submission)

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ จิระพันธ์ ห้วยแสน

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุตสนธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุทธิ์ จันทะรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม

ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

ดร.วิจิตรา โพธิสาร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สฤติพงศ์ เสงี่ยมศักดิ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.สวลี อุดรา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ปัตติยะ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐานวัฒน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลดล วรณปะเข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลาหา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศานาถ แก้ววินิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนกลาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงผ่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศณุ ชัยจิตวิมลกุล

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

รองศาสตราจารย์ ดร.เกียร ดงอุปมา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชาพา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑนา ทองสุพล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยณัฐ โตอ่อน

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.อัจฉรา ชุมพล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.วรพจน์ สมมูล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ทีมจัดการบทความและรูปแบบ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชาพา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียร ดงอุปมา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี อนุชา ศรีบุรีรัมย์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

4. ดร.อัจฉรา ชุมพล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

5. ดร.สาววลี อุดรา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

6. นางสาวนภัทรธิดา พรหมดีราช

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ออกแบบปกวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมসা

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กำหนดการเผยแพร่ :

ปีละ 6 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์

ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน

ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม

ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม

ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน – ธันวาคม

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสาร "วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

โทร: 088-574-2199

Email: jeit@ksu.ac.th

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับปฐมฤกษ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 เดือนพฤษภาคม – มิถุนายน ปีพุทธศักราช 2566 จัดทำขึ้นตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการดำเนินงานตามแนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย สนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลงานวิชาการ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านจะได้รับประโยชน์จากผลงานทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

บรรณาธิการ

สารบัญ (Content)

	หน้า
กองบรรณาธิการ	II
บทบรรณาธิการ	IV
บทความวิชาการ	
การจำลองเชิงตัวเลขของการไหลแบบคาวิตีชันรอบไฮโดรฟอยล์ ยอดชาย เตียเป็น และไทยทัศน์ สุดสวนสี	1-16
บทความวิจัย	
การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในการปลูกพุทราหนามสด กรณีศึกษาเกษตรกรบ้านโพน อำเภอกำแพง จังหวัดกาฬสินธุ์ รัชฎา แต่งภูเขียว ปิยารัตน์ อันชัยศรี และณัฐพร สารพันธ์	17-28
ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด	29-37
ภูริชญ์ มหาวงค์ จีระนันต์ เจริญรัตน์ รุจิรา จงคล้ายกลาง อมรรัตน์ ควรหาฮอง และมงคล แสนสุข	
การลดคุณลักษณะสำหรับการจำแนกความคิดเห็นบนเครือข่าย สังคมออนไลน์โดยการใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้ง	38-45
อัจฉรา ชุมพล และมงคล แสนสุข	
การพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID	46-53
เปรม อึ้งเวชชากุล จิรวดี โยรัมย์ และกิตติคุณ บุญเกตุ	

บทความวิชาการ (Academic Article)

การจำลองเชิงตัวเลขของการไหลแบบควิตซ์นอร์บไฮโดรพอยล์

ยอดชาย เตียเป็น¹ และไทยทัศน์ สุดสวนสี^{2,*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมทางทะเล คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: thaithat.su@ksu.ac.th

(รับบทความ: 25 พฤษภาคม 2566; แก้ไขบทความ: 22 มิถุนายน 2566; ตอรับบทความ: 26 มิถุนายน 2566)

บทคัดย่อ

ควิตซ์นอร์บเป็นปรากฏการณ์ของการก่อตัวและการยุบตัวของฟองอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการไหลในไฮโดรพอยล์ซึ่งถูกนำไปใช้งานในด้านต่างๆ ที่หลากหลาย เทคนิคการจำลองเชิงตัวเลขได้กลายเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบและทำความเข้าใจการไหลของควิตซ์นอร์บไฮโดรพอยล์ วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อนำเสนอเทคนิคล่าสุดในการจำลองเชิงตัวเลขของการไหลแบบควิตซ์นอร์บไฮโดรพอยล์ โดยเน้นวิธีการที่สำคัญรวมถึงความท้าทายและโอกาสในอนาคตของเรื่องนี้ บทสรุปที่ได้จากบทความนี้ผู้วิจัยสามารถนำแนวทางและเทคนิคของการจำลองเชิงตัวเลขของการไหลแบบควิตซ์นอร์บไฮโดรพอยล์ไปประยุกต์ใช้และพัฒนาต่อยอดไปสู่การจำลองที่ซับซ้อนขึ้นเช่น การจำลองกังหันน้ำ เป็นต้น

คำสำคัญ: ควิตซ์นอร์บ ไฮโดรพอยล์ การจำลองเชิงตัวเลข คุณลักษณะของการไหล

การอ้างอิงบทความ: ยอดชาย เตียเป็น และ ไทยทัศน์ สุดสวนสี, "การจำลองเชิงตัวเลขของการไหลแบบควิตซ์นอร์บไฮโดรพอยล์," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 1-16, 2566.

บทความวิชาการ (Academic Article)

Numerical Simulation of Cavitating Flow around Hydrofoils

Yodchai Tiaple¹ and Thaithat Sudsuansee^{2,*}

¹ Department of Maritime Engineering, Faculty of International Maritime Studies, Kasetsart University, Sriracha Campus,

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: thaithat.su@ksu.ac.th

(Received: May 25, 2023; Revised: June 22, 2023; Accepted: June 26, 2023)

Abstract

Cavitation is a bubble formation and collapse phenomenon that affects flow efficiency in hydrofoils, which are used in a variety of applications. Numerical simulation techniques have proven to be an efficient means of monitoring and comprehending cavitation flows around hydrofoils. This article's goal is to present the most recent techniques in numerical simulation of cavitation flow around a hydrofoil. It highlights key approaches as well as the subject's future challenges and opportunities. Researchers can apply the approaches and techniques of numerical simulation of cavitation flow around hydrofoils obtained from this article and further develop them into more complex simulations such as water turbine simulation.

Keywords: Cavitation, Hydrofoil, Numerical Simulation, Flow Characteristics

Please cite this article as: Y. Tiaple and T. Sudsuansee, "Numerical Simulation of Cavitating Flow around Hydrofoils," *Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 3, pp. 1-16, 2023.

บทความวิชาการ (Academic Article)

1. บทนำ

ไฮโดรพอยล์เป็นส่วนประกอบสำคัญในวิศวกรรมทางทะเลและการบินและอวกาศ มีส่วนทำให้ยานพาหนะสามารถขับเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเร็วสูง อย่างไรก็ตามการเกิดควาวิตะชันเป็นหนึ่งในปัญหาหลักที่สามารถนำไปสู่ผลกระทบที่เป็นอันตรายรวมถึงการเสื่อมสภาพของวัสดุ การเกิดเสียงและการสั่นสะเทือน การกัดเซาะ และความเสียหายต่อพื้นผิวไฮโดรพอยล์ การจำลองการไหลเพื่อทำนายผลการเกิดควาวิตะชันเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เครื่องจักรกักกันในอุตสาหกรรมวิธีการที่นิยมใช้คือ การนำเทคนิคการจำลองเชิงตัวเลขมาใช้สำหรับทำนายผลที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ลักษณะการไหลที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการไหลแบบควาวิตะชันในไฮโดรพอยล์

ควาวิตะชันเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกรณีของเหลวไหลอุปกรณ์ของไหล เช่น เทอร์โบน์หรือปั๊มน้ำ แล้วของเหลวมีความดันลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงระดับที่ทำให้ของเหลวนั้นแปรรูปเป็นก๊าซหรือไอ (สภาพแก๊ส) และเมื่อความดันสูงขึ้นอีกครั้ง ฟองก๊าซหรือไอนี้จะสลายตัวและกลับเป็นของเหลว โดยปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแรงกระแทก แรงกระแทกนี้ทำให้เกิดการสั่นหรือสั่นสะเทือนที่พื้นผิวของเทอร์โบน์หรือปั๊มน้ำ การสั่นสะเทือนนี้ไม่เพียงแต่สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่เทอร์โบน์หรือปั๊มน้ำเท่านั้น แต่ยังสามารถทำให้เสียงดังรบกวน และยังสามารถลดประสิทธิภาพการทำงานของเทอร์โบน์หรือปั๊มน้ำได้ด้วย

ควาวิตะชันเกิดขึ้นเมื่อความดันในสารเหลวตกต่ำลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดที่สารเหลวเริ่มปรับสภาพเป็นสถานะของก๊าซ สมการพื้นฐานที่อธิบายการเกิดควาวิตะชันคือสมการการแปรผันของความดัน (Bernoulli's Equation):

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constant} \quad (1)$$

โดยที่

P คือ ความดันของสารเหลว

ρ คือ ความหนาแน่นของสารเหลว

v คือ ความเร็วของสารเหลว

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และ

h คือ ความสูงของสารเหลวเมื่อวัดจากระดับอ้างอิงที่เลือก

เมื่อความดัน P ตกต่ำจนถึงระดับที่ต่ำกว่าความดันการระเหยของสารเหลวที่อุณหภูมิที่กำหนด (ซึ่งเรียกว่า ความดันเฉพาะหรือ vapor pressure) สารเหลวจะเริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซ ซึ่งสร้างฟองก๊าซที่เรียกว่า "ควาวิตะชัน" ที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและความเสียหายต่ออุปกรณ์

2. สมการพื้นฐาน (Governing Equations) และแบบจำลองควาวิตะชัน

2.1 สมการ Navier-Stokes

การไหลรอบไฮโดรพอยล์ สามารถอธิบายได้โดยสมการพื้นฐานของพลศาสตร์ของไหลโดยเฉพาะสมการ Navier-Stokes สมการเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการอธิบายการเคลื่อนที่ของของเหลวและใช้ได้กับทั้งของเหลวและก๊าซ

สมการ Navier-Stokes สำหรับการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ล้อมรอบไฮโดรพอยล์สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้:

สมการความต่อเนื่อง:

$$\nabla \cdot (\rho v) = 0 \quad (2)$$

บทความวิชาการ (Academic Article)

สมการโมเมนตัม:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla P + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \rho \mathbf{g} \quad (3)$$

ซึ่ง:

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

$\mathbf{v}$ คือ ความเร็วของของไหล

t คือ เวลาที่ใช้

P คือ ความดัน

μ คือ ความหนืดจลศาสตร์ของของไหล

∇ คือ กราเดียนท์โอเปอเรเตอร์

∇^2 คือ ลาปลาเซียนโอเปอเรเตอร์

$\mathbf{g}$ คือ เวกเตอร์ความเร่งโน้มถ่วงของโลก

สมการความต่อเนื่อง แสดงถึงการอนุรักษ์มวล โดยสมการคือไดเวอร์เจนซ์ของความหนาแน่นคูณ เวกเตอร์ความเร็ว ($\rho \mathbf{v}$) เท่ากับศูนย์ สมการนี้ช่วยให้แน่ใจได้ว่ามวลจะถูกอนุรักษ์ไว้ภายในขอบเขตของการไหล

สมการโมเมนตัม แสดงถึงการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยพจน์ด้านซ้ายมือของสมการแสดงถึงความเร่งแบบชั่วคราวและการพาของไหล (temporal and convective accelerations) ส่วนพจน์ด้านขวามือประกอบด้วยสามเทอม: แรงเนื่องจากความแตกต่างของระดับความดัน ($-\nabla P$), แรงหนืด ($\mu \nabla^2 \mathbf{v}$) และแรงโน้มถ่วง ($\rho \mathbf{g}$) พจน์เหล่านี้แสดงถึงอิทธิพลของความดัน ความหนืดและแรงโน้มถ่วงต่อการไหลของไหล

การแก้สมการเหล่านี้พร้อมกับเงื่อนไขขอบเขตที่เหมาะสมสามารถที่จะอธิบายลักษณะการไหล ล้อมรอบไฮโดรฟอยล์ โดยยังสามารถแสดงคุณลักษณะเหล่านี้ได้แก่ โปรไฟล์ความเร็ว การกระจายแรงดัน และแรงยกและลากที่กระทำต่อไฮโดรฟอยล์

อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญ คือ สมการ Navier-Stokes มีความซับซ้อนสูงและมักต้องใช้วิธีการเชิงตัวเลขหรือการคำนวณสำหรับการแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ยังมีการกำหนดสมมติฐานและทำให้สมการดังกล่าวมีความเรียบง่ายขึ้นและลดความซับซ้อนของสมการโดยขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการไหลที่เฉพาะเจาะจงและระดับความแม่นยำที่ต้องการ

2.2 เงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions)

ในการแก้สมการ Navier-Stokes ด้วยวิธีเชิงตัวเลขจะต้องกำหนดเงื่อนไขขอบเขตที่เหมาะสมเพื่อกำหนดพฤติกรรมของของไหลที่ขอบเขตของโดเมนการคำนวณ เงื่อนไขขอบเขตเหล่านี้มักจะระบุเป็นความเร็วหรือความดันของไหลบริเวณขอบเขตและสามารถใช้รูปแบบต่าง ๆ เช่น เงื่อนไขขอบเขต Dirichlet (ระบุค่าโดยตรง) หรือเงื่อนไขขอบเขต Neumann (ระบุค่าอนุพันธ์ปกติ)

เงื่อนไขขอบเขตทั่วไปที่ใช้ในการจำลองเชิงตัวเลขได้แก่ :

เงื่อนไขขอบเขตไม่ลื่นไถล (No-slip boundary condition) : เงื่อนไขนี้มีสมมติฐานว่าของไหลเกาะติดกับขอบเขตส่งผลให้ความเร็วเป็นศูนย์ที่ผิวของขอบเขต

เงื่อนไขขอบเขตแบบลื่นไถล (Free-slip boundary condition) : เงื่อนไขนี้สมมติฐานว่าไม่มีความเค้นเฉือนที่ขอบเขตทำให้ความเร็วในแนวสัมผัสมีระดับที่แตกต่างกันไป

เงื่อนไขของขอบเขตการไหลเข้า/ออก (Inflow/outflow boundary conditions) : เงื่อนไขเหล่านี้กำหนดความเร็วหรือความดันที่ขอบเขตที่ของไหลเข้าหรือออกจากโดเมนการคำนวณ

เงื่อนไขขอบเขตเป็นคาบ (Periodic boundary conditions): เงื่อนไขเหล่านี้จำลองโดเมนอนันต์ (infinite domain) โดยการกำหนดโดเมนเป็นคาบ

บทความวิชาการ (Academic Article)

(periodic) ซึ่งหมายความว่าของเหลวที่ออกจากโดเมนด้านหนึ่งจะเข้าสู่อีกด้านหนึ่งจากฝั่งตรงข้าม

สมการ Navier-Stokes และเงื่อนไขขอบเขตที่เหมาะสมร่วมกันเป็นรากฐานสำหรับการจำลองเชิงตัวเลขของการไหลของของไหล โดยใช้วิธีการดิสครีตสมการในมิติของระยะทาง (space) และเวลา (time) ด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น ไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ (finite difference), ไฟไนต์อีลิเมนต์ (finite element), หรือไฟไนต์วอลุ่ม (finite volume) เทคนิคเหล่านี้สามารถใช้แก้ปัญหาคำนวณเชิงตัวเลขและหาคำตอบโดยประมาณของการตรวจจับพฤติกรรมการไหลของไหล

2.3 แบบจำลองคาวิตีเตชัน

แบบจำลองคาวิตีเตชันเป็นสิ่งจำเป็นในการจำลองพลศาสตร์ของไหลเพื่อจัดการกับก่อตัวและพฤติกรรมของการเกิดคาวิตีเตชันอย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นการก่อตัวของบริเวณที่เต็มไปด้วยไอหรือฟองอากาศภายในของเหลวเนื่องจากความดันต่ำ แบบจำลองคาวิตีเตชันต่าง ๆ ได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มการแสดงผลต่าง ๆ ของการเกิดปรากฏการณ์คาวิตีเตชัน ซึ่งจะกล่าวถึงแบบจำลองที่ใช้กันทั่วไปสามแบบ: แบบเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) แบบพลวัตของฟอง (bubble dynamics) และแบบหลายเฟส (multiphase) ซึ่งในแต่ละแบบมีข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้

2.3.1 แบบจำลองเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Cavitation Models): [1, 2]

แบบจำลองคาวิตีเตชันที่เป็นเนื้อเดียวกันจะถือว่าของเหลวทั้งหมดเป็นเฟสเดียว โดยสมมติว่ามีส่วนผสมของของเหลวและไอที่สม่ำเสมอ แบบจำลองเหล่านี้มักใช้ความสัมพันธ์แบบ empirical หรือสมการการถ่ายโอน (transport equation) เพื่อประมาณผลกระทบของคาวิตีเตชันต่อคุณสมบัติของไหล แบบจำลองที่เป็นเนื้อเดียวกันนี้มีประสิทธิภาพ

ในการคำนวณ แต่อาจขาดความแม่นยำในการจับพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงของฟองอากาศโดยละเอียด

สมการที่ใช้ในแบบจำลองการเกิดคาวิตีเตชันเป็นเนื้อเดียวกันมักจะเป็นการรวมกันของสมการความต่อเนื่อง, สมการโมเมนตัมและสมการพลังงาน และสมการจำลองการเปลี่ยนแปลงเฟส

ข้อได้เปรียบ:

- ความเรียบง่ายและประสิทธิภาพการคำนวณ
- เหมาะสำหรับการจำลองการไหลของคาวิตีเตชันขนาดใหญ่
- มีประโยชน์สำหรับการออกแบบและวิเคราะห์เบื้องต้น

ข้อจำกัด:

- ไม่สามารถจับภาพพลวัตของฟองอากาศและการมีปฏิสัมพันธ์กับการไหล
- ความแม่นยำที่จำกัดในการทำนายปรากฏการณ์ในบริเวณเฉพาะ เช่น การยุบตัวของฟองอากาศและความกระเพื่อมของความดัน

2.3.2 แบบจำลองพลศาสตร์ฟองอากาศ (Bubble Dynamics Models): [3, 4]

แบบจำลองพลวัตของฟองมุ่งเน้นไปที่การจำลองพฤติกรรมของฟองอากาศแต่ละฟองภายในของเหลว แบบจำลองเหล่านี้ติดตามขนาดรูปร่างและการเคลื่อนที่ของฟองโดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น การเติบโตของฟองการยุบและการมีปฏิสัมพันธ์กับการไหลโดยรอบ มักจะใช้การคำนวณตามสมการ Rayleigh-Plesset หรือทฤษฎีพลวัตฟองอื่น ๆ

แบบจำลองพลวัตของฟองเน้นที่พฤติกรรมของฟองอากาศแต่ละฟองในระหว่างกระบวนการคาวิตีเตชัน พวกเขาอธิบายการเติบโตและการล่มสลายของฟองอากาศโพรงอากาศ ในขณะที่มันมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม หนึ่งในสมการกลางในแบบจำลอง

บทความวิชาการ (Academic Article)

พลศาสตร์ฟอง คือ สมการ Rayleigh-Plesset ซึ่งอธิบายการเคลื่อนที่ของผนังฟอง:

$$R'' + \frac{3}{2}(R')^2 = \frac{1}{\rho} \left(P_v - P_\infty - 4\mu \frac{R'}{R} - 2 \frac{\sigma}{R} \right) \quad (4)$$

ซึ่ง:

R คือรัศมีของฟองอากาศ

R' เป็นอนุพันธ์แรกของ R ที่เกี่ยวกับเวลา (เช่น อัตราการเปลี่ยนแปลงของรัศมีฟอง)

R'' เป็นอนุพันธ์ที่สองของ R ที่เกี่ยวกับเวลา (เช่น ความเร่งของผนังฟอง)

P_v คือความดันไอภายในฟองอากาศ

P_∞ คือความดันที่อินฟินิตี้ (ไกลจากฟองสุญญากาศ)

μ คือความหนืดของของเหลว

σ คือแรงตึงผิว

ρ คือความหนาแน่นของของเหลว

ความดันภายในฟองอากาศโดยทั่วไปจะถือว่าคงที่และเท่ากับความดันไอของของเหลว

แบบจำลองพลวัตของฟองอากาศเหล่านี้มักจะต้องควบคู่ไปกับสมการการไหล (เช่นสมการ Navier-Stokes) และแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนเพื่อทำนายพฤติกรรมของฟองอากาศอย่างแม่นยำในสถานะที่แตกต่างกัน เนื่องจากฟองอากาศอาจส่งผลต่อสนามการไหลและสนามการไหลอาจส่งผลต่อฟองอากาศได้

ข้อได้เปรียบ:

- ความสามารถในการจับภาพการเปลี่ยนแปลงของฟองอากาศโดยละเอียดและผลกระทบ

- เหมาะสำหรับการจำลองปรากฏการณ์การเกิดควาวิเตชันในบริเวณเฉพาะเจาะจง

- ช่วยให้สามารถศึกษาการยุบตัวของฟองอากาศและคลื่นกระแทกที่เกี่ยวข้องได้

ข้อจำกัด:

- ต้นทุนการคำนวณที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่เป็นเนื้อเดียวกัน

- ความท้าทายในการจำลองอย่างแม่นยำของการยุบตัวของฟองอากาศและการรวมตัวกัน

- การใช้งานที่จำกัดสำหรับการจำลองการเกิดควาวิเตชันในปัญหาขนาดใหญ่

2.3.3 แบบจำลองควาวิเตชันแบบหลายเฟส

(Multiphase Cavitation Models):

แบบจำลองควาวิเตชันแบบหลายเฟส แสดงถึงของเหลวเป็นส่วนผสมของหลายเฟสโดยทั่วไปเป็นของเหลวและไอ แบบจำลองเหล่านี้เป็นการรวมกันของวิธี volume of fluids (VOF), level-set หรือวิธี Eulerian-Eulerian เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงบริเวณรอยต่อระหว่างเฟสของเหลวและไอ วิธีดังกล่าวนี้ให้การแสดงปรากฏการณ์ cavitation ที่ครอบคลุมมากขึ้น รวมถึงการก่อตัวของฟองการเจริญเติบโตการยุบตัวและการมีปฏิสัมพันธ์กับการไหล

แบบจำลองควาวิเตชันแบบหลายเฟสให้คำอธิบายที่แม่นยำยิ่งขึ้นเกี่ยวกับกระบวนการโพรงอากาศโดยการรักษาของเหลวและไอเป็นสองชั้นตอนที่แยกจากกันและเชื่อมต่อกันซึ่งแต่ละชั้นตอนมีชุดสมการการอนุรักษ์ของตัวเอง แบบจำลองมักจะเกี่ยวข้องกับการแก้สมการ Navier-Stokes สำหรับทั้งสองเฟสพร้อมกับสมการสำหรับการถ่ายโอนมวลและพลังงานระหว่างเฟส

การอนุรักษ์มวลสำหรับแต่ละเฟส (สมการความต่อเนื่อง):

$$\frac{\partial \alpha_i \rho_i}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha_i \rho_i \mathbf{u}_i) = m_i \quad (4)$$

บทความวิชาการ (Academic Article)

โดยที่ α_l คือเศษส่วนปริมาตร ρ_l คือความหนาแน่น u_l คือความเร็วของเฟส l (l สำหรับของเหลว v สำหรับไอ) และ m_l คืออัตราการถ่ายโอนมวลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเฟส

การอนุรักษ์โมเมนตัมสำหรับแต่ละเฟส (สมการโมเมนตัม):

$$\frac{\partial \alpha_l \rho_l u_l}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha_l \rho_l u_l^2) = -\alpha_l \nabla p + \nabla \cdot \tau_l + \alpha_l \rho_l g + F_l \quad (5)$$

โดยที่ p คือ ความดัน τ_l คือ เทนเซอร์ความเค้น g คือ แรงโน้มถ่วง และ F_l คือ แรงระหว่างเฟส

การอนุรักษ์พลังงานในแต่ละเฟส (สมการพลังงาน):

$$\frac{\partial \alpha_l \rho_l E_l}{\partial t} + \nabla \cdot (\alpha_l \rho_l u_l E_l) = -p \nabla u_l + \nabla \cdot (\tau_l u_l) - \nabla \cdot q_l + S_l \quad (6)$$

โดยที่ E_l คือพลังงานทั้งหมดต่อหน่วยมวล q_l คือ เวกเตอร์ฟลักซ์ความร้อน และ S_l คือการถ่ายโอนพลังงานเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเฟส

สมการการถ่ายโอนมวล:

สมการนี้อธิบายการเปลี่ยนแปลงเฟส (เช่น การเดือด/การระเหยและการควบแน่น) และโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิในบริเวณอินเตอร์เฟซ

ระบบของสมการเชิงอนุพันธ์ดังกล่าวข้างต้นจะถูกนำมาแก้สมการไปพร้อมกันและโดยทั่วไปจะแก้สมการโดยใช้วิธีการเชิงตัวเลข เช่น ไฟไนต์วอลุ่ม หรือวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมี closure model ที่มีความเหมาะสมสำหรับแรง interfacial, tensor ความเครียด เวกเตอร์ฟลักซ์ความร้อนและเงื่อนไขการถ่ายเทมวลและพลังงาน

ข้อได้เปรียบ:

- การแสดงที่แม่นยำของพลวัตการเกิดคาวิตีที่ซับซ้อน

- ความสามารถในการจับภาพของการยุบตัวฟองอากาศ การรวมตัวและการมีปฏิสัมพันธ์กับบริเวณขอบเขต

- ใช้ได้กับสถานการณ์การเกิดคาวิตีที่หลากหลาย

ข้อจำกัด:

- เพิ่มความซับซ้อนในการคำนวณและความต้องการทรัพยากรในการประมวลผลที่สูงขึ้น

- ความท้าทายในการจำลองให้มีความแม่นยำสำหรับกระบวนการไหลของของไหลบริเวณรอยต่อ เช่น การเปลี่ยนเฟสและเงื่อนไขขอบเขตฟองอากาศ

3. วิธีเชิงตัวเลขและอัลกอริทึม:

การจำลองการไหลของคาวิตีที่ซับซ้อนรอบไฮโดรฟอยล์เป็นงานที่ท้าทายในพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) เนื่องจากลักษณะที่ซับซ้อนของปรากฏการณ์วิธีการเชิงตัวเลขมีบทบาทสำคัญในการสร้างแบบจำลองและทำนายพฤติกรรมของการไหลแบบคาวิตีชัน วิธีการเชิงตัวเลขที่ใช้กันทั่วไปมีสามวิธี ได้แก่ วิธี Finite Volume (FVM), Finite Element Method (FEM) และ Boundary Element Method (BEM) แต่ละวิธีมีจุดแข็งและจุดอ่อนของตัวเองซึ่งจะอธิบายไว้ดังต่อไปนี้

3.1 Finite Volume Method (FVM): [5, 6]

วิธี FVM ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการจำลองการไหลของคาวิตีที่ซับซ้อนรอบไฮโดรฟอยล์ ในวิธีนี้โดเมนการคำนวณจะถูกแบ่งออกเป็นปริมาตรควบคุมหรือเซลล์ขนาดเล็กและสมการที่ควบคุม (เช่น ความต่อเนื่องและสมการ Navier-Stokes) จะถูกดิสครีตและถูกแก้สมการภายในขอบเขตของเซลล์เหล่านี้ FVM เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการจัดการรูปทรงที่ซับซ้อน

บทความวิชาการ (Academic Article)

และกริดที่ไม่มีโครงสร้าง (unstructured grids) มันถูกใช้อย่างประสบความสำเร็จในการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหล cavitating รอบไฮโดรฟอยล์

ข้อได้เปรียบของ FVM:

สมการการอนุรักษ์ (Conservative): FVM เป็นที่รู้จักในด้านการสืบทอดคุณสมบัติที่มาจากสมการการอนุรักษ์ ทำให้เหมาะสำหรับการตรวจนับปริมาณทางกายภาพที่สำคัญ เช่น มวลโมเมนตัมและพลังงานอย่างแม่นยำ

จุดเด่น: FVM สามารถจัดการรูปทรงที่ซับซ้อนและกริดที่ไม่มีโครงสร้าง (unstructured grid) ให้ความยืดหยุ่นในการสร้างแบบจำลองรูปทรงและการกำหนดค่าไฮโดรฟอยล์ต่าง ๆ

ความคงทน (robustness): โดยทั่วไปแล้ว FVM มีความคงทนและมีเสถียรภาพเชิงตัวเลขทำให้เหมาะสำหรับการจำลองการไหลของควาติเตชันที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ที่ซับซ้อนและพฤติกรรมชั่วครว (transient behavior)

ข้อเสียเปรียบของ FVM:

ข้อผิดพลาดในทำดิสครีต: ความแม่นยำของ FVM ขึ้นอยู่กับคุณภาพของกริดและรูปแบบการดิสครีตเชิงพื้นที่ (spatial discretization scheme) ที่ใช้ ข้อผิดพลาดสามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลงสูงหรือปรากฏการณ์การไหลที่ซับซ้อน

ความยืดหยุ่นที่จำกัดในการตรวจนับคุณสมบัติที่มีขนาดเล็ก: โดยทั่วไปแล้ว FVM เป็นวิธีการที่มีเซลล์เป็นศูนย์กลาง (cell-centered) ซึ่งอาจจำกัดความสามารถในกรณีที่คุณสมบัติที่ตรวจนับมีขนาดเล็กและมีรอยต่อที่ชัดเจนที่เกี่ยวข้องกับการไหลแบบควาติเตชัน

3.2 Finite Element Method (FEM): [7, 8]

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นอีกหนึ่งเทคนิคเชิงตัวเลขยอดนิยมสำหรับการจำลองกระแสการไหลแบบควาติเตชัน FEM ทำการดิสครีตโดเมนการคำนวณออกเป็น

ตาข่าย (mesh) ขององค์ประกอบและประมาณคำตอบโดยใช้ฟังก์ชันที่อยู่บนฐานที่มีความต่อเนื่องกันเป็นชิ้น ๆ (piecewise continuous basis functions) สมการการไหลทั่วไปจะถูกแก้สมการในรูปแบบที่อ่อน (weak form) โดยใช้หลักการแปรผัน FEM เหมาะอย่างยิ่งสำหรับปัญหาเกี่ยวกับรูปทรงที่ซับซ้อนและตาข่ายที่ไม่มีโครงสร้าง (unstructured mesh)

ข้อได้เปรียบของ FEM:

ความยืดหยุ่นทางเรขาคณิต: FEM สามารถจัดการรูปทรงที่ซับซ้อนและขอบเขตที่มีความโค้งซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการจำลองรูปทรงไฮโดรฟอยล์ที่มีคุณสมบัติที่ซับซ้อน

การแสดงคำตอบที่แม่นยำ: FEM ช่วยให้สามารถทำการประมาณช่วงลำดับสูง (high-order interpolations) ทำให้สามารถแสดงตัวแปรการไหลได้อย่างแม่นยำและอัตราการลู่เข้า (convergence) ที่ดีขึ้น

การปรับแต่งแบบปรับได้ (Adaptive refinement): FEM รองรับเทคนิคการปรับแต่งตาข่ายแบบปรับได้ (adaptive mesh refinement) ทำให้สามารถปรับแต่งในบริเวณที่สนใจเช่นใกล้ขอบเขตของควาติเตชัน

ข้อเสียเปรียบของ FEM:

การสร้างรูปแบบที่ไม่รองรับกฎการอนุรักษ์ (Non-conservative): สูตร FEM อาจไม่อนุรักษ์มวลโมเมนตัมและพลังงานภายในซึ่งต้องใช้มาตรการเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจว่าการอนุรักษ์

ต้นทุนการคำนวณ: FEM ต้องการทรัพยากรในการคำนวณสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับปัญหาขนาดใหญ่เนื่องจากการแก้ปัญหาระบบสมการขนาดใหญ่และความจำเป็นในการทำโครงตาข่ายใหม่ (re-meshing) ในการไหลควาติเตชันแบบไดนามิก

3.3 Boundary Element Method (BEM): [9, 10]

วิธีการ BEM เป็นวิธีการเชิงตัวเลขที่ดิสครีตเฉพาะขอบเขตของโดเมนการคำนวณมากกว่าปริมาตร

บทความวิชาการ (Academic Article)

ทั้งหมด BEM มุ่งเน้นไปที่การแก้สมการอินทิกรัลขอบเขตที่ได้มาจากการแก้ปัญหาพื้นฐานของสมการการไหลหลัก (Governing equations) วิธีนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการไหลแบบโพเทนเชียล (potential flow) ซึ่งมักจะใช้กับการไหลแบบคาวิตีเตชัน

ข้อได้เปรียบของ BEM:

การลดขนาดของมิติ: BEM ช่วยลดมิติของปัญหาโดยการดิสcretize เฉพาะขอบเขตส่งผลให้ระบบสมการมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับวิธีการเชิงปริมาตร

มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการไหลแบบโพเทนเชียล: BEM เหมาะอย่างยิ่งสำหรับปัญหาการไหลแบบโพเทนเชียลซึ่งสามารถใช้กับการไหลแบบ cavitating บางประเภทได้

การรักษาภาวะเอกฐาน (singularities) ที่แม่นยำ: BEM จัดการกับภาวะเอกฐานที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขขอบเขตได้แม่นยำกว่าวิธีการเชิงปริมาตร

ข้อเสียเปรียบของ BEM:

จำกัดเฉพาะการไหลแบบโพเทนเชียล: โดยทั่วไป BEM จะ จำกัดอยู่ที่ปัญหาการไหลแบบโพเทนเชียลและอาจไม่ตรวจจับผลกระทบที่มีความหนืดที่มีอยู่ในการไหลแบบคาวิตีเตชัน

ความไวต่อรูปทรงของวัตถุ: สมการของ BEM มีความไวต่อรูปทรงเรขาคณิตของปัญหา และรูปทรงเรขาคณิตที่ผิดปกติหรือซับซ้อนอาจก่อให้เกิดความท้าทายในการแก้ปัญหาที่ยากขึ้นได้

ความยากลำบากในการจัดการขอบเขตที่เคลื่อนที่ได้: การสร้างแบบจำลองกระแสคาวิตีเตชันแบบไดนามิกด้วยขอบเขตที่เคลื่อนที่ได้อาจเป็นเรื่องที่ท้าทายและยากสำหรับเทคนิค BEM

สิ่งสำคัญคือต้องทราบว่าทางเลือกวิธีการเชิงตัวเลขขึ้นอยู่กับข้อกำหนดเฉพาะของปัญหาทรัพยากรการคำนวณที่มีอยู่และความเชี่ยวชาญของนักวิจัยบ่อยครั้งที่การรวมกันของวิธีการเหล่านี้หรือวิธีการแบบไฮบริดถูกนำมาใช้เพื่อเอาชนะข้อจำกัดของแต่ละ

บุคคลและเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพของการจำลอง

อัลกอริธึมขั้นสูง เช่น Volume of Fluid (VOF), Level Set และ Phase-Field ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) สำหรับการตรวจจับปรากฏการณ์การไหลแบบคาวิตีเตชันที่ซับซ้อน วิธีการเหล่านี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการจำลองและวิเคราะห์การไหลที่เกี่ยวข้องกับการก่อตัวและการยุบตัวของฟองอากาศภายในตัวกลางที่เป็นของเหลว ดังรายละเอียดต่อไปนี้:

3.4 วิธี Volume of Fluid (VOF): [11, 12]

วิธี VOF ใช้กันอย่างแพร่หลายในการจำลองการไหลของคาวิตีเตชันรอบๆ ไฮโดรฟอยล์ ช่วยให้สามารถติดตามอินเทอร์เฟซระหว่างไอกับของเหลวได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจจับการก่อตัว การสลัดออก (shedding) และปฏิสัมพันธ์ของคาวิตีเตชันกับพื้นผิวไฮโดรฟอยล์

ในการจำลองการไหลแบบคาวิตีเตชันรอบไฮโดรฟอยล์ วิธี VOF จะทำนายการเกิดและการเจริญเติบโตของคาวิตีเตชันได้อย่างแม่นยำ มันให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างรูปทรงไฮโดรฟอยล์ เงื่อนไขการไหลและรูปแบบการเกิดคาวิตีเตชันที่เกิดขึ้น ความสามารถของวิธี VOF ในการจัดการการเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่และการตรวจจับพฤติกรรมของการไหลหลายเฟสทำให้เหมาะสำหรับการศึกษาลักษณะของคาวิตีเตชันรอบๆ ไฮโดรฟอยล์

3.5 วิธี Level Set: [13, 14]

วิธี Level Set เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการจำลองการไหลของคาวิตีเตชันรอบไฮโดรฟอยล์ เนื่องจากสามารถจัดการการเปลี่ยนแปลงโทโพโลยีอินเทอร์เฟซที่ซับซ้อนและพลวัตของฟองอากาศได้ ช่วยให้สามารถศึกษาการเกิดคาวิตีเตชัน การเจริญเติบโตและการยุบตัวตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวไฮโดรฟอยล์และคาวิตีเตชันที่กำลังพัฒนา

บทความวิชาการ (Academic Article)

เมื่อนำไปใช้กับการจำลองการไหลแบบ cavitating รอบไฮโดรฟอยล์ วิธีการ Level Set จะตรวจจับพฤติกรรมที่ซับซ้อนของฟองอากาศ ปรากฏการณ์สลายตัวและรูปแบบของการไหล ช่วยให้สามารถวิเคราะห์รายละเอียดของปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรฟอยล์และฟองอากาศให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีค่าเกี่ยวข้องกับการหาสมรรถนะและประสิทธิภาพ

3.6 วิธี Phase-Field: [15]

วิธีการ Phase-Field เป็นเทคนิคอินเทอร์เฟซแบบกระจาย (diffuse interface technique) ที่แสดงถึงอินเทอร์เฟซเป็นพื้นที่การเปลี่ยนผ่านรอยต่ออย่างกลมกลืนแทนที่จะเป็นขอบเขตที่คมชัด ใช้ฟิลด์พารามิเตอร์ลำดับเพิ่มเติม (order parameter) เพื่ออธิบายการกระจายเฟสภายในโดเมนของไหล พารามิเตอร์ลำดับเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องที่แตกต่างกันอย่างราบรื่นทั่วทั้งอินเทอร์เฟซ วิวัฒนาการของพารามิเตอร์ลำดับถูกควบคุมโดยสมการ phase-field ซึ่งรวมถึงเทอมที่นำไปคิดพลังงานที่บริเวณอินเทอร์เฟซและปรากฏการณ์ทางกายภาพอื่น ๆ วิธี Phase-Field ช่วยให้สามารถจำลองการไหลของ cavitating ที่ซับซ้อนรวมถึงการเกิดนิวเคลียสของฟอง (bubble nucleation) การเจริญเติบโตและการยุบตัวรวมถึงปฏิสัมพันธ์กับแรงและสิ่งกีดขวางภายนอก

อัลกอริธึมขั้นสูงเหล่านี้มีข้อดีหลายประการสำหรับการจำลองการไหลของคาวิตีชัน สามารถจัดการกับการเปลี่ยนรูปร่างใหญ่และโทโพโลยีอินเทอร์เฟซที่ซับซ้อน การตรวจจับพลวัตของการก่อตัวของฟองและการยุบตัวได้อย่างแม่นยำและจำลองปฏิสัมพันธ์แบบหลายเฟสกับพื้นผิวที่เป็นของแข็ง อย่างไรก็ตามแต่ละวิธีมีจุดแข็งและข้อจำกัด ของตัวเองและการเลือกอัลกอริธึมขึ้นอยู่กับข้อกำหนดและลักษณะเฉพาะของปัญหา

4. การทำ Validation and Verification:

ข้อมูลการทดลองมีบทบาทสำคัญในการประเมินความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการจำลองเชิงตัวเลขสำหรับการไหลแบบคาวิตีชันรอบ ๆ ไฮโดรฟอยล์ แหล่งข้อมูลการทดลองต่าง ๆ รวมถึงการแสดงผลภาพความเร็วสูง การวัดความดัน และการวัดแรง/โมเมนต์ ที่ถูกประยุกต์ใช้ในบริบทของการไหลของ cavitating รอบไฮโดรฟอยล์ มีดังต่อไปนี้:

4.1 เทคนิคการสร้างภาพความเร็วสูง (High-Speed Visualization): [16, 17]

เทคนิคการสร้างภาพความเร็วสูงเช่นการถ่ายภาพความเร็วสูงหรือการถ่ายภาพด้วยเลเซอร์ให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีค่าเกี่ยวกับพฤติกรรมของฟองอากาศ การสลายตัวและการมีปฏิสัมพันธ์กับพื้นผิวไฮโดรฟอยล์ ข้อมูลการแสดงผลภาพช่วยตรวจสอบแบบจำลองตัวเลขโดยการเปรียบเทียบรูปแบบการเกิดคาวิตีชันที่คาดการณ์และสังเกตได้และปรากฏการณ์การสลัดออก (shedding)

4.2 เทคนิคการตรวจวัดความดัน (Pressure Measurements): [18, 19]

เทคนิคการตรวจวัดความดันให้ข้อมูลที่มีค่าเกี่ยวกับการกระจายของความดันบนพื้นผิวไฮโดรฟอยล์ในระหว่างการไหลผ่าน cavitating ข้อมูลทดลองการวัดความดันช่วยตรวจสอบความถูกต้องของการจำลองเชิงตัวเลข โดยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความดันที่คาดการณ์และวัดค่าของการกระจายแรงดัน

4.3 การตรวจวัดแรง/โมเมนต์ (Force/Moment Measurements): [20]

การวัดแรง/โมเมนต์ให้ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับแรงอุทกพลศาสตร์และช่วงเวลาที่เกิดกระทำต่อไฮโดรฟอยล์เนื่องจากการไหลของคาวิตีชัน ข้อมูลการทดลองวัดแรง/โมเมนต์ช่วยตรวจสอบแบบจำลอง

บทความวิชาการ (Academic Article)

ตัวเลขโดยการเปรียบเทียบกับกันระหว่างค่าคาดการณ์ และค่าที่วัดได้ของสัมประสิทธิ์การยก (lift) การลาก (drag) และโมเมนต์การพิทชิง (pitching moment)

5. Cavitating Flow Characteristics:

ควาเวเตชันเป็นปรากฏการณ์ของการก่อตัวและการยุบตัวของฟองอากาศในของเหลวมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพและความทนทานของไฮโดรฟอยล์ การทำความเข้าใจลักษณะการไหลแบบควาเวเตชันรอบไฮโดรฟอยล์ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับการออกแบบและการใช้งานให้เหมาะสม การทบทวนวรรณกรรมนี้ตรวจสอบแง่มุมต่าง ๆ ของการไหลของควาเวเตชันรอบไฮโดรฟอยล์ รวมถึงการเริ่มต้น การพัฒนาและการสลัดออกของกลุ่มเมฆควาเวเตชัน พลวัตของควาเวเตชันแผ่น / กลุ่มเมฆและอิทธิพลของสภาพการทำงานต่อรูปแบบการเกิดควาเวเตชัน นอกจากนี้ยังเน้นคุณสมบัติการไหลที่สำคัญ เช่น re-entrant jets ควาเวเตชันหมุนวนปลายใบ (tip vortex cavitation) และพฤติกรรมที่ไม่คงที่ (unsteady) ที่ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับลักษณะที่ซับซ้อนของการไหลแบบควาเวเตชัน

5.1 การเกิดและการพัฒนาตัวของควาเวเตชัน (Inception and Development of Cavitation): [21, 22]

การเกิดควาเวเตชันเกิดขึ้นเมื่อความดันบริเวณนั้นลดลงต่ำกว่าความดันไอซึ่งนำไปสู่การก่อตัวของฟองอากาศ เงื่อนไขที่แน่นอนสำหรับการเริ่มต้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น รูปทรงไฮโดรฟอยล์ ความเร็วในการไหลและคุณสมบัติของของเหลว เทคนิคการสร้างภาพความเร็วสูงได้เปิดเผยการเกิดควาเวเตชันมักจะเริ่มต้นใกล้กับขอบด้านหน้า (leading edge) ของไฮโดรฟอยล์เนื่องจากการไหลถูกแยกออก (flow separation) เมื่อจำนวนควาเวเตชันลดลงเมฆควาเวเตชัน

จะมีขนาดเพิ่มขึ้นและขยายไปตามด้านดูด (suction side) ของไฮโดรฟอยล์

5.2 การสลัดออกของกลุ่มเมฆควาเวเตชัน (Shedding of Cavitation Clouds): [23, 24]

กลุ่มเมฆควาเวเตชันสลัดออกมาจากพื้นผิวไฮโดรฟอยล์เนื่องจากพฤติกรรมที่ไม่มั่นคงของการไหล กระบวนการสลัดออกเป็นลักษณะการก่อตัวและการปลดโครงสร้างกระแสน้ำวนขนาดใหญ่ เหตุการณ์เหล่านี้นำไปสู่การยุบตัวเป็นคาบเวลาของกลุ่มเมฆควาเวเตชันส่งผลให้เกิดความผันผวนของความดันและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับไฮโดรฟอยล์ ความถี่และลักษณะการสลัดออกได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆเช่น ความเร็วในการไหลรูปทรงไฮโดรฟอยล์และสภาพการทำงาน

5.3 พลศาสตร์ควาเวเตชันแบบแผ่น/เมฆ (Sheet/Cloud Cavitation Dynamics): [25, 26]

ควาเวเตชันแบบแผ่น หมายถึง การมีแผ่นควาเวเตชันอย่างต่อเนื่องและขยายตัวบนพื้นผิวไฮโดรฟอยล์ มักจะมาพร้อมกับกลุ่มเมฆควาเวเตชันซึ่งฟองอากาศที่ไม่ต่อเนื่องก่อตัวและยุบตัวภายในแผ่น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแผ่นและกลุ่มเมฆควาเวเตชันอย่างมีนัยสำคัญส่งผลกระทบต่อแรงพลศาสตร์การไหลที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับไฮโดรฟอยล์ พลวัตของการเกิดควาเวเตชันแบบแผ่น/เมฆเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อน รวมถึงการก่อตัวของ re-entrant jet การสลัดออกของฟองอากาศ และความไม่เสถียรของฟองอากาศ

5.4 อิทธิพลของสภาวะการทำงาน (Influence of Operating Conditions): [27, 28]

ลักษณะของการไหลแบบควาเวเตชันรอบไฮโดรฟอยล์ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากสภาพการทำงานที่หลากหลาย ความเร็วการไหลมุมไฮโดรฟอยล์ของการโจมตีจำนวนควาเวเตชันและหมายเลข Reynolds มีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปแบบควาเวเตชันและ

บทความวิชาการ (Academic Article)

พลวัต การเปลี่ยนแปลงในสภาพการทำงานเหล่านี้สามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงระหว่างควิตะชั้นประเภทต่าง ๆ เช่น ควิตะชั้นแบบแผ่น ควิตะชั้นแบบคลาวด์ หรือซูเปอร์ควิตะชั้น

5.5 คุณสมบัติการไหลที่สำคัญ: [29, 30]

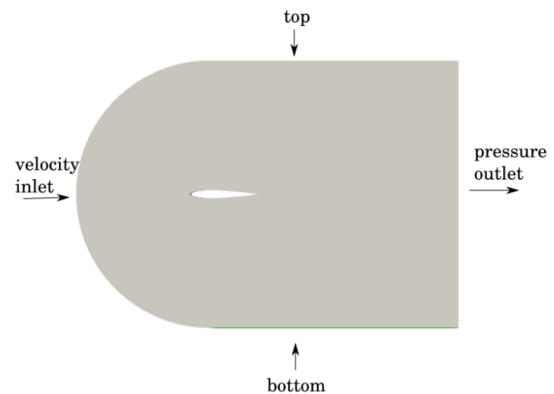
คุณสมบัติการไหลที่สำคัญหลายประการเกี่ยวกับการไหลแบบควิตะชั้นรอบไฮโดรฟอยล์ Re-entrant jets ซึ่งเกิดจากการยุบตัวของกลุ่มเมฆควิตะชั้นส่งผลให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงในบริเวณนั้นและอาจทำให้เกิดการกัดเซาะบนพื้นผิวไฮโดรฟอยล์ การเกิดควิตะชั้นของกระแสน้ำวนปลายใบ (tip vortex) เกิดขึ้นใกล้กับขอบต่อท้าย (trailing edge) ของไฮโดรฟอยล์ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างกระแสน้ำวนปลายใบและกลุ่มเมฆควิตะชั้น พฤติกรรมที่ไม่คงที่ (unsteady) แสดงถึงการสัดออกของกระแสน้ำวนและการยุบตัวของควิตะชั้นเป็นคาบเวลา ซึ่งเพิ่มความซับซ้อนให้การไหลแบบควิตะชั้น

6. กรณีศึกษา

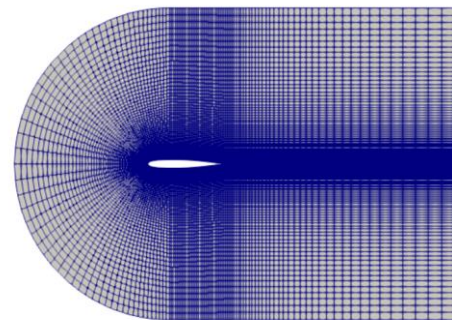
ไทยทัศน์และคณะ [31] ได้ทำการจำลองการไหลไฮโดรฟอยล์ โมเดล NACA 0015 โดยได้กำหนดโดเมนขอบเขตดังรูปที่ 1 และได้สร้างกริดแบบ unstructured grid แบบ curvilinear quadrilateral ดังรูปที่ 2 ความเร็วที่ทางเข้า 12 m/s ความดันที่ทางออก 74,200 pa อุณหภูมิกระแสการไหล 293 K ความหนาแน่นของน้ำ 998.2 kg/m³ ความเร็วเสียงของน้ำ 1,537.6 m/s และควิตะชั้นนมเบอร์ = 1

ในการวิจัยนี้ได้ใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ Ansys CFX เป็นเครื่องมือในการคำนวณโดยใช้วิธีไฟไนต์วอลุ่ม (Finite volume) สำหรับการวิเคราะห์แบบชั่วคราว (transient) นั้นถูกตีความตามรูปแบบออยเลอร์ย้อนกลับลำดับที่สอง ในขณะที่การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความดันและความเร็วโดยใช้เทคนิค Rhie

และ Chow [32] สำหรับเทอมของ advection ใช้รูปแบบความแตกต่าง upwind ลำดับที่สอง (second order upwind difference scheme)



รูปที่ 1 โดเมนขอบเขตการจำลอง

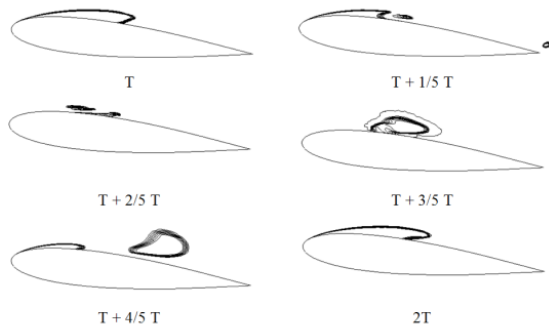


รูปที่ 2 กริดแบบ curvilinear quadrilateral [33]

สเต็ปเวลาที่ใช้จำลองคือ 0.0001 วินาที ค่า residue สูงสุดถูกตั้งไว้ต่ำกว่า 10^{-4} เป็นเกณฑ์การลู่เข้า convergence แบบจำลองควิตะชั้นนั้นได้รับการกำหนดค่าด้วยสัดส่วนปริมาตรก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้ (non-condensable gas volume fraction) คือ 5×10^{-4} โดยการเพิ่มสัดส่วนปริมาตรก๊าซที่ไม่สามารถควบแน่นได้ในแบบจำลองจะช่วยเพิ่มพลวัตของระบบ ความดันไอ P_v ตั้งไว้ที่ 3,540 Pa ควิตะชั้นนมเบอร์ถูกปรับโดยการเปลี่ยนความดันที่สถานะอ้างอิง P_{ref} แบบจำลองเทอร์โมไดนามิกส์ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นแบบจำลอง $k-\omega$ ที่เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous fluid) เพื่อพิจารณาในกรณีที่มีการ

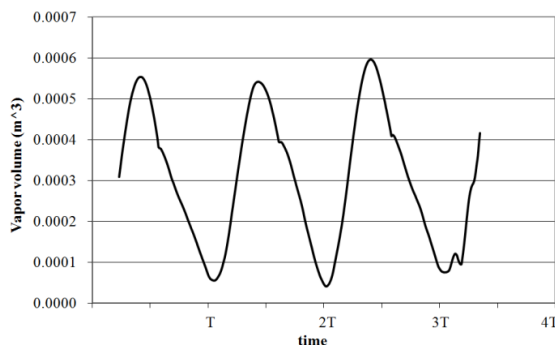
บทความวิชาการ (Academic Article)

คำนวณการไหลของควิตเตชันโดยรวมถึงผลของการ
อัดตัวได้



รูปที่ 3 พฤติกรรมของควิตเตชันไฮโดรฟอยล์ [31]

ผลลัพธ์เชิงตัวเลขสามารถทำนายผลลัพธ์ที่ต้องการ
ของการไหลแบบไม่คงที่ที่แสดงในรูปที่ 3 เนื่องจาก
ด้านดูด (suction) ของ hydrofoil มีความดันต่ำมาก
น้ำในโซนนั้นถูกเปลี่ยนสถานะเป็นไอที่บริเวณพื้นผิว
ของไฮโดรฟอยล์ที่เรียกว่าควิตเตชัน เมื่อโพรงควิตตีมี
ขนาดใหญ่ขึ้นกระแสไหลย้อน re-entrant jet ที่เข้า
มาใหม่จากปลายน้ำก็เกิดขึ้น อิทธิพลของกระแสไหล
ย้อนทำให้โครงสร้างของโพรงแตกออกและบางส่วน
เคลื่อนไหลไปสู่ปลายน้ำที่เรียกว่า "การสลัดออกของ
ควิตตี" และมันยุบตัวลงเมื่อถึงโซนความกดอากาศสูง
ขณะเดียวกันควิตตีใหม่ที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่ขึ้นและ
กระแสไหลย้อนใหม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตาม
คาบเวลาเวลา ในรูปที่ 4 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลง
ปริมาตรของไอในแต่ละคาบเวลา



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของปริมาตรไอ [31]

7. บทสรุป

เทคนิคการจำลองเชิงตัวเลขมีบทบาทสำคัญใน
การพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการไหลแบบควิตเตชัน
รอบไฮโดรฟอยล์ บทความนี้อธิบายให้เห็นถึงภาพรวม
ที่ครอบคลุมของเทคนิคที่ใช้ในการจำลองการไหล
แบบควิตเตชันในไฮโดรฟอยล์ การรวมแบบจำลองเชิง
ตัวเลขที่มีความถูกต้องแม่นยำ เทคนิคการตรวจสอบ
ความถูกต้องของแบบจำลอง รวมถึงคุณลักษณะของ
การไหลแบบควิตเตชันในไฮโดรฟอยล์

การจำลองการไหลของควิตเตชันในไฮโดรฟอยล์
นั้นมีความสำคัญอย่างมากในการทำความเข้าใจและ
พัฒนาการออกแบบของอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ
อย่างเช่น เทอร์ไบน์ ปัม เรือ และวัตถุที่ใช้ใน
เทคโนโลยีน้ำมันและก๊าซ ในการศึกษาที่มีเทรนด์ที่
ชัดเจนดังนี้:

1. การใช้แบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้น: การใช้
แบบจำลองที่จำแนกของเหลวและก๊าซ (multiphase
cavitation models) กำลังเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมัน
สามารถจำลองปรากฏการณ์ควิตเตชันได้แม่นยำมาก
ขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองควิตเตชันแบบเดียว หรือ
homogeneous cavitation models.

2. การใช้วิธีการคำนวณที่สูงขึ้น: การใช้วิธีการที่มี
ความละเอียดสูง เช่น Large Eddy Simulation
(LES) และ Direct Numerical Simulation (DNS)
เพื่อจำลองปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน อย่างเช่น การสร้าง
และการพังทลายของฟองควิตเตชัน

3. การจำลองการตอบสนองของโครงสร้างเมื่อ
เกิดควิตเตชัน: เนื่องจากควิตเตชันสามารถส่งผล
กระทบต่อโครงสร้างทางกล การศึกษาและจำลองการ
ตอบสนองของโครงสร้างในสถานการณ์เหล่านี้ก็เป็นที่
สนใจ

4. การศึกษาทางทฤษฎีและการทดลอง: ทั้ง
การศึกษาและการทดลองก็ยังคงเป็นส่วนสำคัญในการ
พัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองควิตเตชัน

บทความวิชาการ (Academic Article)

เรื่องที่ควรได้รับความสนใจในอนาคตอาจรวมถึงการพัฒนาแบบจำลองควาเวตชันที่มีความแม่นยำมากขึ้น การใช้เทคนิคการคำนวณที่มีความละเอียดสูงขึ้น เช่น DNS และ LES, การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างควาเวตชันและการสึกหรอของโครงสร้าง และการพัฒนาวิธีการทดลองใหม่ๆ สำหรับการวัดและการสังเกตควาเวตชัน

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. E. Brennen, *Cavitation and Bubble Dynamics*. Oxford University Press, 1995.
- [2] A. K. Singhal, "Mathematical basis and validation of the full cavitation model," *Journal of Fluids Engineering*, vol. 124.3, pp. 617-624, 2002.
- [3] E. Lauer, X. Y. Hu, S. Hickel, and N. A. Adams, "Numerical modelling and investigation of symmetric and asymmetric cavitation bubble dynamics," *Computers & Fluids*, vol. 69, pp. 1-19, 2012.
- [4] G. L. Chahine, A. Kapahi, J.-K. Choi, and C.-T. Hsiao, "Modeling of surface cleaning by cavitation bubble dynamics and collapse," *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 29, pp. 528-549, 2016.
- [5] F. Daude, A. S. Tijsseling, and P. Galon, "Numerical investigations of water-hammer with column-separation induced by vaporous cavitation using a one-dimensional Finite-Volume approach," *Journal of Fluids and Structures*, vol. 83, pp. 91-118, 2018.
- [6] T. Barberon and P. Helluy, "Finite volume simulation of cavitating flows," *Computers & Fluids*, vol. 34, no. 7, pp. 832-858, 2005.
- [7] A. Kumar and J. F. Booker, "A Finite Element Cavitation Algorithm," *Journal of Tribology*, vol. 113, pp. 276-286, 1991.
- [8] G. Bayada, M. Chambat, and M. E. Alaoui, "Variational Formulations and Finite Element Algorithms for Cavitation Problems," *Journal of Tribology*, vol. 112, pp. 398-403, 1990.
- [9] N. E. Fine and S. A. Kinnas, "A Boundary Element Method for the Analysis of the Flow Around 3-D Cavitating Hydrofoils," *J Ship Res*, vol. 37, pp. 213-224, 1993.
- [10] H. Lee and S. A. Kinnas, "Application of a Boundary Element Method in the Prediction of Unsteady Blade Sheet and Developed Tip Vortex Cavitation on Marine Propellers," *J Ship Res*, vol. 48, pp. 15-30, 2004.
- [11] M. Passandideh-Fard and E. Roohi, "Transient simulations of cavitating flows using a modified volume-of-fluid (VOF) technique," *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, vol. 22, no. 1-2, pp. 97-114, 2008.
- [12] M. Koch, C. Lechner, F. Reuter, K. Köhler, R. Mettin, and W. Lauterborn, "Numerical modeling of laser generated cavitation bubbles with the finite volume and volume of fluid method, using OpenFOAM," *Computers & Fluids*, vol. 126, pp. 71-90, 2016.
- [13] J. Huang and H. Zhang, "Level set method for numerical simulation of a cavitation

บทความวิชาการ (Academic Article)

- bubble, its growth, collapse and rebound near a rigid wall," *Acta Mech. Sin.*, vol. 23, pp. 645–653 2007.
- [14] Yu A, Tang Q, and Z. D, "Cavitation Evolution around a NACA0015 Hydrofoil with Different Cavitation Models Based on Level Set Method," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 4, p. 758, 2019.
- [15] T. KINOSHITA, R. KIMURA, and Y. HAGIWARA, "Numerical Simulation of Carbon-dioxide Bubbles in Water Flow Using a Phase-field Method," *Japanese journal of multiphase flow*, vol. 29, no. 5, pp. 533-541, 2016.
- [16] A. Y. Kravtsova, D. M. Markovich, K. S. Pervunin, M. V. Timoshevskiy, and K. Hanjalic, "High-speed visualization and PIV measurements of cavitating flows around a semi-circular leading-edge flat plate and NACA0015 hydrofoil," *International Journal of Multiphase Flow*, vol. 60, pp. 119-134, 2014.
- [17] K. Yamamoto, "Pressure measurements and high speed visualizations of the cavitation phenomena at deep part load condition in a Francis turbine," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 22, 2014.
- [18] T. M. Pham, F. Larrarte, and D. H. Fruman, "Investigation of Unsteady Sheet Cavitation and Cloud Cavitation Mechanisms," *ASME. J. Fluids Eng.*, vol. 121, no. 2, pp. 289–296, June 1999.
- [19] B. K. Sreedhar, S. K. Albert, and A. B. Pandit, "Cavitation damage: Theory and measurements – A review," *Wear*, vol. 372–373, pp. 177-196, 2017.
- [20] N. M. Nouri, M. Kamran, K. Mostafapur, and R. Bahadori, "Design and fabrication of a force-moment measurement system for testing of the models in a water tunnel," *Modares Mechanical Engineering*, vol. 14, no. 14, pp. 291-298, 2015.
- [21] J.-A. Astolfi, J.-B. Leroux, P. Dorange, J.-Y. Billard, F. Deniset, and S. d. L. Fuente, "An Experimental Investigation of Cavitation Inception and Development on a Two-Dimensional Hydrofoil," *J Ship Res*, vol. 44, pp. 259–269, 2000.
- [22] W. Ye, Y. Yi, and X. Luo, "Numerical modeling of unsteady cavitating flow over a hydrofoil with consideration of surface curvature," *Ocean Engineering*, vol. 205, 2020.
- [23] X. Long, H. Cheng, B. Ji, and R. E. A. Arndt, "Numerical investigation of attached cavitation shedding dynamics around the Clark-Y hydrofoil with the FBDCM and an integral method," *Ocean Engineering*, vol. 137, pp. 247-261, 2017.
- [24] J. Liu *et al.*, "Numerical investigation of shedding dynamics of cloud cavitation around 3D hydrofoil using different turbulence models," *European Journal of Mechanics - B/Fluids*, vol. 85, pp. 232-244, 2021.
- [25] Y. Liu, Q. Wu, B. Huang, H. Zhang, W. Liang, and G. Wang, "Decomposition of unsteady sheet/cloud cavitation

บทความวิชาการ (Academic Article)

- dynamics in fluid-structure interaction via POD and DMD methods," *International Journal of Multiphase Flow*, vol. 142, p. 103690, 2021.
- [26] A. Movahedian, M. Pasandidehfard, and E. Roohi, "LES investigation of sheet-cloud cavitation around a 3-D twisted wing with a NACA 16012 hydrofoil," *Ocean Engineering*, vol. 192, p. 106547, 2019.
- [27] W. Wang, Z. Li, M. Liu, and X. Ji, "Influence of water injection on broadband noise and hydrodynamic performance for a NACA66 (MOD) hydrofoil under cloud cavitation condition," *Applied Ocean Research*, vol. 115, p. 102858, 2021.
- [28] H. Sun, "Numerical study of hydrofoil geometry effect on cavitating flow," *J Mech Sci Technol*, vol. 26, pp. 2535–2545, 2012.
- [29] Z. Wang, H. Cheng, and B. Ji, "Numerical investigation of condensation shock and re-entrant jet dynamics around a cavitating hydrofoil using a dynamic cubic nonlinear subgrid-scale model," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 100, pp. 410-431, 2021.
- [30] Z.-h. LIU, B.-l. WANG, X.-x. PENG, and D.-c. LIU, "Calculation of tip vortex cavitation flows around three-dimensional hydrofoils and propellers using a nonlinear $k-\epsilon$ turbulence model," *Journal of Hydrodynamics, Ser. B*, vol. 28, no. 2, pp. 227-237, 2016.
- [31] T. Sudsuansee, U. Nontakaew, and Y. Tiaple, "Simulation of leading edge cavitation on bulb turbine," *Songklanakar Journal of Science and Technology*, vol. 33, 2011.
- [32] C. Rhie and W. Chow, "Numerical study of the turbulent flow past an airfoil with trailing edge separation," *AIAA J.*, vol. 21, pp. 1525–1532, 1983.
- [33] V. Kasi, "A Review of Numerical Models for the Simulation of Cavitating Flows in Hydrofoils, Thesis," Politecnico di Milano, 2021.

บทความวิจัย (Research Article)

การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในการปลูกพุทราบ้านโพน กรณีศึกษาเกษตรกรบ้านโพน อำเภอดงหลวง จังหวัดกาฬสินธุ์

รัชฎา แต่งภูเขียว^{1*}, ปิยารัตน์ อ้นชัยศรี¹ และ ณัฐพร สารพันธ์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: ratchada.ta@ksu.ac.th

(รับบทความ: 2 พฤษภาคม 2566; แก้ไขบทความ: 26 พฤษภาคม 2566; ตอรับบทความ: 27 พฤษภาคม 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมของเกษตรกรผู้ปลูกพุทราบ้านโพน หมู่ที่ 3 ตำบลโพน อำเภอดงหลวง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 153 ราย โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์และแบบสอบถาม ผลการศึกษาพบว่าในการปลูกพุทราบ้านโพน 1 ไร่ กิจกรรมหลักในการปฏิบัติงานของเกษตรกรปลูกพุทราประกอบไปด้วย 6 กิจกรรมหลัก คือ 1.กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูก 2.กิจกรรมการปลูก 3.กิจกรรมการดูแลรักษา 4.กิจกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิต 5.กิจกรรมขนส่ง และ 6.กิจกรรมอื่น ๆ สำหรับต้นทุนฐานกิจกรรมในภาพรวมมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 46,560 บาทต่อไร่ ซึ่งกิจกรรมหลักที่มีต้นทุนสูงสุดที่สุด คือ กิจกรรมการดูแลรักษามีต้นทุนทั้งสิ้น 36,350 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 78.08 รองลงมา คือ กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูกมีต้นทุนทั้งสิ้น 5,500 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.81 ลำดับที่สาม คือ กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูกมีต้นทุนรวมเท่ากับ 2,880 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.18 กิจกรรมการดูแลรักษามีต้นทุนรวมเท่ากับ 1,500 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.23 กิจกรรมอื่น ๆ มีต้นทุนรวมเท่ากับ 230 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.49 กิจกรรมการขนส่งมีต้นทุนรวมเท่ากับ 100 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.21 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนโลจิสติกส์ พุทรา

การอ้างอิงบทความ: รัชฎา แต่งภูเขียว, ปิยารัตน์ อ้นชัยศรี, และ ณัฐพร สารพันธ์, "การวิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรมในการปลูกพุทราบ้านโพน กรณีศึกษาเกษตรกรบ้านโพน อำเภอดงหลวง จังหวัดกาฬสินธุ์," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 17-28, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Analysis of the Activity-Based Costs of Fresh Milk Jujube Cultivation in Ban Phon Agriculture Kham Muang District, Kalasin Province

Ratchada Taengphukieo^{1*}, Piyarat Anchaisri¹ and Nuttaporn Sarapan¹

¹ Department of Logistics Engineering and Transportation Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: ratchada.ta@ksu.ac.th

(Received: May 2, 2023; Revised: May 26, 2023; Accepted: June 27, 2023)

Abstract

The goal of this study is to examine and assess the capital costs associated with logistics in the context of the jujube plantation activity system in Ban Phon, Moo 3, Phon Sub-district, Kham Muang District, Kalasin Province. 153 farmers gathered information through interviews and surveys. Research results show that the main activities of jujube farmers in rye raw milk jujube cultivation consisted of six main activities, namely 1. Plot preparation activities. 2. Tree planting activities 3. Maintenance activities 4. Harvesting activities 5. Transportation activities and 6. Other activities. The total activity basic cost is 46,560 baht per rai. The most costly activity was maintenance, which cost 36,350 baht per rai, or 78.08% of the total cost. The following activities were undertaken: planting preparation activities, which cost 5,500 baht per rai or 11.81%; planting preparation activities, which cost 2,880 baht per rai or 6.18%; maintenance activities, which cost 1,500 baht per rai or 3.23%; other activities, which cost 230 baht per rai or 0.49%; and transportation activities, which cost 100 baht per rai or 0.21%.

Keywords: Activity Based Cost, Logistics Cost, Jujube

Please cite this article as: R. Taengphukieo, P. Anchaisri, and N. Sarapan, "Analysis of the Activity-Based Costs of Fresh Milk Jujube Cultivation in Ban Phon Agriculture Kham Muang District, Kalasin Province," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 3, pp. 17-28, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

พุทราถือว่าเป็นผลไม้เศรษฐกิจอีกอย่างหนึ่งของชาวไทย ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อการค้ามากขึ้น จังหวัดกาฬสินธุ์มีพื้นที่ทั้งหมด 4,341,716 ไร่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม 2,832,890 ไร่ (65.25% ของจังหวัด) แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าว 1,506,892 ไร่ พืชไร่ 628,221.88 ไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้น 213,096.84 ไร่ สวนผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ 21,783.83 ไร่ เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่น 462,895.45 ไร่ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย โรงงาน [1]

พืชเศรษฐกิจ	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตทั้งหมด (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
ข้าว	1,506,892	1,481,973	553,665	374
มันสำปะหลัง	296,494	294,142	1,056,100	3,590
อ้อย	388,640	388,640	3,199,284	8,232
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	175	175	114	651
ลำไย	349	269	158	587
ทุเรียน	399	7	3	429
มะม่วงมหาชนก	6,950.50	6,451.61	8,354.38	1,294
พุทรา	1,923	1,208	3,299	2,731

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดกาฬสินธุ์

เกษตรกรปลูกพุทราบ้านโพนเป็นกลุ่มหมู่บ้านที่ปลูกพุทราอีกแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ดำเนินการปลูกพุทรามานานมากกว่า 20 ปี กลุ่มผู้ปลูกพุทราตั้งอยู่ที่ตำบลโพน อำเภอก้ามวง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยมีรูปแบบการปลูกแบบใส่ปุ๋ยคอกอบบางพื้นที่เพื่อป้องกันแมลงเข้าไปกัดกินพุทราในสวน

ในปัจจุบันเกษตรกรปลูกพุทราบ้านโพนขาดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการต้นทุนในการปลูกพุทรา จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่า เกษตรกรปลูกพุทราที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทำให้บางฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ

เช่น ปัญหาด้านการผลิตสูงขึ้น ค่าयरักษาโรคพืชราคาสารเคมีที่สูงขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตพุทราสูงขึ้นไปด้วย และยังมีต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ต้นทุนการขนส่งพุทรา ต้นทุนกระจายสินค้า รวมไปถึงปัญหาด้านแรงงาน ตอนเก็บเกี่ยวพุทรา ด้านการคัดแยกเกรดพุทรา ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคาขายและผลตอบแทนที่เกษตรกรจะได้รับ เพราะไม่สามารถกำหนดราคาขายเองได้ ทำให้ประสบปัญหาขาดทุนหรือมีผลกำไรน้อยลง จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยลงพื้นที่ได้พบปัญหาด้านต้นทุนในกิจกรรมการปลูกพุทราซึ่งเกษตรกรไม่มีการจดบันทึกหรือทำรายการค่าใช้จ่ายที่ชัดเจน ทำให้ไม่ทราบต้นทุนหรือกำไรที่แน่ชัด คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเสนอแนวทางการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา โดยศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้ระบบคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity Based Cost: ABC) มาใช้เพื่อช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกพุทราทราบต้นทุนในการดำเนินงาน มีผลกำไรตอบแทนสูงขึ้น และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมการส่งออกผลไม้ไทยต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พุทรา

พุทราเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ต้นเป็นทรงพุ่มทึบ ผลมีลักษณะทรงกลม หรือทรงรี ผิวเปลือกบาง ผลมีสีเหลือง สีแดง หรือสีน้ำตาลเข้มตามสายพันธุ์ มีเนื้อนุ่มฉ่ำน้ำ มีสีขาว มีรสชาติหวาน หวานอมเปรี้ยว หรือหวานอมฝาดตามสายพันธุ์ มีกลิ่นหอม มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน เป็นที่นิยมปลูกกันมากในหลายประเทศ ในประเทศไทยจะปลูกกันมีหลายสายพันธุ์ มีคุณสมบัติและสรรพคุณทางยาหลายอย่าง ใช้นำมาเป็นผลไม้รับประทาน ใช้ทำเป็นเครื่องดื่มต่างๆ ได้ [2]

บทความวิจัย (Research Article)

พุทราสามารถปลูกได้ในดินทุกชนิดดินร่วนปนทรายจะเติบโตได้ดีปลูกในฤดูฝนจะดีระบายน้ำได้ดี การปลูกทำได้หลายวิธี การปลูกโดยใช้การเพาะเมล็ด การตอนกิ่ง การติดตา การเสียบยอด การทาบกิ่ง การเพาะเมล็ด การเสียบยอดจะนิยมปลูกมากกว่าวิธีอื่น เพราะจะให้ผลผลิตเร็วกว่าแล้วนำมาปลูกลงในแปลงระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 4x6 เมตร [3]

2.2 ชนิดและสายพันธุ์ของพุทรา

- 1) พันธุ์พื้นเมืองมีเพียงสายพันธุ์เดียว
- 2) สายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ได้แก่ สามารถ เจดีย์หรือเจดีย์ทอง ไข่เต่า บอมเบ (แอปเปิล) กัลกัตตา ถ้วยทอง เหมียทอง และเหมียทองพิเศษ
- 3) สายพันธุ์ที่เคยได้รับความนิยมสูงแต่ปัจจุบันเสื่อมความนิยมลงแล้ว ได้แก่ อีดก อีหวานพิเศษหวานครุบา ศรีราชา พันท้ายนรสิงห์ ดกพิเศษ สีนวล สีทอง ฉนวนทอง สาลี่ พารานสี มัทราส การาจี้ สหรัญประ โกลด์สตาร์ และโฮมสเตท
- 4) สายพันธุ์จากต่างประเทศหลายสายพันธุ์ที่กำลังได้รับความนิยม และมีการตั้งชื่อสายพันธุ์แล้วในปัจจุบัน ได้แก่ จัมโบ้ และนมสด [4]

2.3 การลดต้นทุนโลจิสติกส์ (Logistics Costs Management)

ต้นทุนโลจิสติกส์เป็นปัจจัยหลักสำคัญที่แฝงอยู่ในทุกกิจกรรมทางธุรกิจและอุตสาหกรรม เช่น การจัดซื้อ การจัดการคลังสินค้า การจัดเก็บ การขนย้าย การขนส่ง และการกระจายสินค้า ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะการลดต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์จึงต้องอาศัยการกำหนดกลยุทธ์ และเทคนิคในการจัดการกระบวนการจัดการโลจิสติกส์ ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือของทุกฝ่ายภายในองค์กรเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้องค์กรจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจ สามารถนำความรู้ไปสู่อำนาจปฏิบัติ

เพื่อลดต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม โดยไม่ลดคุณภาพของสินค้าและบริการลง เพื่อเป็นการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน และเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กรอย่างชัดเจน การกำหนดต้นทุนโลจิสติกส์มีจุดเริ่มต้นจากการนำแนวคิดด้านการตลาดที่กล่าวว่า “ความสำเร็จขององค์กรขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการดำเนินงาน จำเป็น ความต้องการของตลาดเป้าหมาย รวมทั้งส่งมอบความพึงพอใจเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลที่เหนือคู่แข่ง” มาใช้กับหลายองค์กรจนทำให้องค์กรเหล่านั้นสามารถให้บริการลูกค้าได้อย่างโดดเด่น ซึ่งการตอบสนองที่เกิดขึ้นดังกล่าวก่อให้เกิดความหลากหลายโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการบริการส่งผลให้ต้นทุนในการตอบสนองลูกค้า (Cost to Serve) แตกต่างกันไป [5]

2.4 ส่วนประกอบของต้นทุนโลจิสติกส์

ต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 4 ประเภท [5] ดังนี้

- 1) ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost)
- 2) ต้นทุนคลังสินค้า (Warehousing Costs)
- 3) ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost)
- 4) ต้นทุนการบริหาร (Administration Cost)

2.5 วิเคราะห์ต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity Based Costing)

ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing) หรือระบบ ABC เป็นเครื่องมือในการบริหารงานในลักษณะการบริหารงานฐานคุณค่า (Value-Based Management) ซึ่งเชื่อมโยงการบริหารระดับองค์กรลงสู่ระบบการปฏิบัติงานประจำวัน โดยพิจารณาหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานตลอดทั้งกิจการ (Cross-Functional) ในลักษณะที่มองกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรเป็นภาพรวม (Integrated View) [6]

บทความวิจัย (Research Article)

จุดประสงค์สำคัญของ ABC คือ การให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการเข้าใจพฤติกรรมต้นทุน (Cost Behavior) ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ทำให้ทราบว่าอะไรเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนกิจกรรมต่างๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยการระบุกิจกรรมขององค์กรต้นทุนกิจกรรม และตัวผลักดันต้นทุน (Cost Driver) อันจะเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณต้นทุนการผลิตหรือบริการ และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพทางด้านต้นทุน และการพัฒนา กิจกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความสูญเสียเปล่าหรือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มค่า ทั้งนี้ขั้นตอนการคำนวณต้นทุนกิจกรรม ABC แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดกิจกรรม ในสถานปฏิบัติงานเป้าหมาย ซึ่งต้องพิจารณาในรายละเอียดให้ครบถ้วน

2) กำหนดต้นทุนของปัจจัยหรือทรัพยากร (Input) ที่ใช้ในกิจกรรมโลจิสติกส์ทั้งหมด โดยใช้เอกสารทางบัญชีต่างๆ กำหนดแยกตามแต่ละปัจจัย เพื่อหาต้นทุนว่าแต่ละส่วนมีค่าใช้จ่ายเท่าใด ทั้งนี้ข้อมูลเหล่านี้จะต้องปรากฏในเอกสาร จึงขอความร่วมมือจากแผนกบัญชี และแผนกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูล

3) นำต้นทุนของทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละด้านที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 2 มากระจายตามแต่ละกิจกรรมตามจำนวนครั้งที่ปฏิบัติงานจริง โดยไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าควรกระจายต้นทุนทรัพยากรในกิจกรรมใดเป็นจำนวนเท่าใด จำแนกเป็นกิจกรรมย่อยหรือ มองเป็นกิจกรรมใหญ่ และจะต้องมีความเหมาะสมตามสภาพการณ์จริงขององค์กร เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ ผู้วิเคราะห์ก็จะได้ข้อมูลต้นทุนของกิจกรรมทั้งหมด

4) การนำข้อมูลที่ได้ออกมาคำนวณต้นทุนรายกิจกรรม

5) เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณงานของแต่ละกิจกรรม ซึ่งหมายถึงจำนวนครั้งของการปฏิบัติกิจกรรมนั้นๆ สิ่งที่ต้องสังเกต คือ หน่วยของแต่ละกิจกรรมที่จะแตกต่างกัน โดยปกติหน่วยงานที่มีการ

บันทึกข้อมูลในลักษณะนี้มีน้อยมาก ส่วนใหญ่ผู้วิเคราะห์จะต้องเข้าไปเก็บข้อมูลปริมาณการปฏิบัติงานจริงในสถานปฏิบัติงาน ซึ่งแม้จะค่อนข้างลำบากแต่ผลที่ได้ก็น่าคุ้มค่า เพราะทำให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ เพื่อนำมาสู่การจัดการทางด้านโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงระบบการควบคุม และจัดการการกระจายสินค้าให้ก้าวหน้าพร้อมก็มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

6) กำหนดต้นทุนต่อหน่วยของกิจกรรม โดยนำต้นทุนรวมของแต่ละกิจกรรมมาหารด้วยปริมาณ

กัญญา บุญแก้ว [7] ศึกษาพฤติกรรมต้นทุนและคำนวณหาต้นทุนที่แท้จริงของการปลูกปาล์มน้ำมัน โดยใช้ระบบบัญชีต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity Based Costing System: ABC) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสัมภาษณ์โดยสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันและร่วมกับการลงพื้นที่สังเกตการณ์ในแต่ละขั้นตอน ผลการวิจัย พบว่าพฤติกรรมของต้นทุนของการปลูกปาล์มน้ำมันมีค่าสูงที่สุด คือ กิจกรรมการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน และต้นทุนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ กิจกรรมการควบคุมคุณภาพ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า กิจกรรมของการปลูกปาล์มน้ำมันที่ไม่สามารถเพิ่มค่าได้นั้นมี 4 กิจกรรม คือ (1) กิจกรรมการควบคุมคุณภาพ (2) กิจกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิต (3) กิจกรรมการคิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ ในช่วงอายุ 1-20 ปี (4) กิจกรรมการซ่อมแซมเครื่องจักรและอุปกรณ์

พิพิตินันท์ สมไชยวงศ์ [8] และคณะ ศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม กรณีศึกษาเกษตรกรพื้นที่สูงผาตั้ง จังหวัดเชียงราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการเพาะปลูกพืชผักของเกษตรกร 9 ราย ที่เข้าร่วมการปลูกผักเบบี๋คอสและบัตเตอร์เฮด ผลการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งกิจกรรมเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเพาะเมล็ดพันธุ์ 2) การเตรียมแปลงเพาะปลูก 3) การปลูก

บทความวิจัย (Research Article)

ต้นกล้า 4) การใส่ปุ๋ยและฉีดพ่นฮอร์โมน 5) การเก็บเกี่ยว และ 6) การขนส่ง โดยเกษตรกรสามารถลดขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 6 ให้เป็นหน้าที่ของหน่วยส่งเสริมดำเนินการ และกระบวนการที่ 2 กระบวนการที่ 3 และกระบวนการที่ 5 เกษตรกรจะเป็นผู้ดำเนินการในส่วนกระบวนการที่ 4 การใส่ปุ๋ย หน่วยส่งเสริมจะเป็นผู้กำหนดช่วงเวลาในการดำเนินการร่วมกับเกษตรกร และให้หาต้นทุนการเพาะปลูกพบว่า การเพาะปลูกผักเป็ดคอสในโรงเรือนมีต้นทุนเฉลี่ยต่อโรงเรือนประมาณ 3,340.16 บาท และมีกำไรเฉลี่ยต่อโรงเรือนประมาณ 5,007.43 บาท สำหรับการเพาะปลูกผักปัตเตอร์เฮด พบว่าในโรงเรือนมีต้นทุนเฉลี่ยต่อโรงเรือนประมาณ 3,475.88 บาท และมีกำไรเฉลี่ยต่อโรงเรือนประมาณ 5,941.95 บาท

3. วิธีดำเนินงาน

ในการทำงานวิจัยศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการลดต้นทุนโลจิสติกส์ในการปลูกพุดรดากรณีศึกษาเกษตรกรผู้ปลูกพุดรดาบ้านโนน หมู่ที่ 3 ตำบลโนน อำเภอกำแพง จังหวัดกาฬสินธุ์ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรปลูกพุดรดาบ้านโนน ตำบลโนน อำเภอกำแพง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 250 ราย โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา มีจำนวนทั้งหมด 153 ราย โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตรของ ทาโร่ ยามานะ (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % [9]

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถาม โดยแบ่งเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ตอนที่ 2 ต้นทุนในการเพาะปลูกพุดรดา

3.3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในสถานที่ปฏิบัติงานจริงของเกษตรกรปลูกพุดรดาบ้านโนน หมู่ที่ 3 ตำบลโนน อำเภอกำแพง จังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำ จำนวนทั้งหมด 153 ราย นำไปวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ตามระบบฐานกิจกรรม (Activity based cost) ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร

2) การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ โดยการประยุกต์ใช้การคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์และระบุกิจกรรมทำการกำหนดกิจกรรมหลัก และกิจกรรมย่อย

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาต้นทุนทั้งหมดจำแนกตามทรัพยากรที่ใช้ และกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน

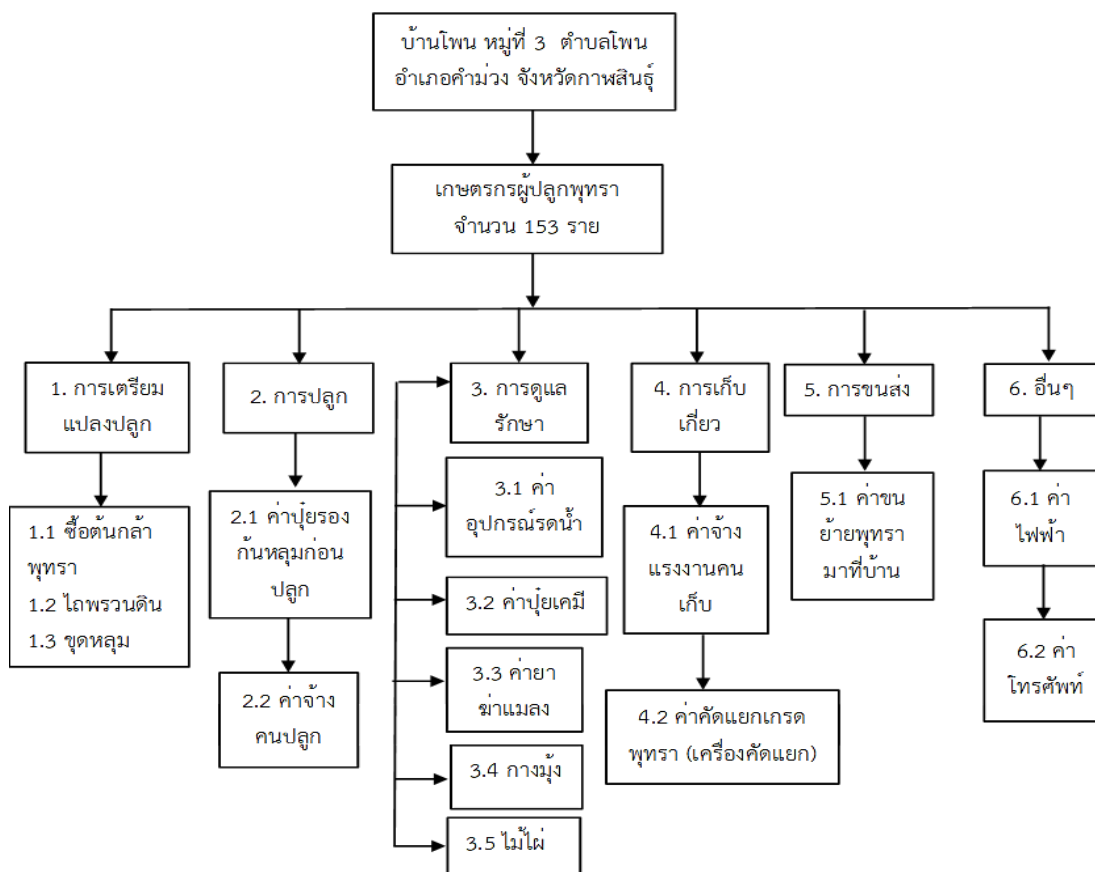
ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาต้นทุนรวมทั้งหมดของแต่ละกิจกรรม

4. ผลการดำเนินงาน

จากผลการศึกษาเกษตรกรผู้ปลูกพุดรดาบ้านโนน ตำบลโนน อำเภอกำแพง จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถวิเคราะห์การปฏิบัติงานของผู้ปลูกพุดรดา โดยขั้นตอนการปลูกมีอยู่ 6 กิจกรรมหลัก คือ 1.การเตรียมแปลงปลูก 2.การปลูก 3.การดูแลรักษา 4.การเก็บเกี่ยว 5.การขนส่ง 6.อื่นๆ

โดยทั้ง 6 กิจกรรมหลักประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยทั้งสิ้น 15 กิจกรรมย่อยรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการปลูกพุทราในจังหวัดกาฬสินธุ์

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกพุทรา

ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรปลูกพุทราบ้านโพน ตำบลโพน อำเภอดำม่วงจังหวัดกาฬสินธุ์ จากการสำรวจพบว่าเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุ 40-50 ปี 56 คน คิดเป็นร้อยละ 36.60 มีอายุมากกว่า 50 ปี 97 คน คิดเป็น ร้อยละ 63.39 ส่วนใหญ่เกษตรกรจะมีพื้นที่ในการปลูก จำนวน 3 ไร่

4.2 วิเคราะห์และระบุกิจกรรม

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์พบว่า กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกพุทราของเกษตรกรผู้ปลูกพุทราบ้านโพน ตำบลโพน อำเภอดำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ มีกิจกรรมหลักอยู่ 6 กิจกรรม คือ กิจกรรม

การเตรียมแปลงปลูก กิจกรรมการปลูก กิจกรรมการดูแลรักษา กิจกรรมการเก็บเกี่ยว กิจกรรมการขนส่ง และกิจกรรมอื่นๆ โดยทั้ง 6 กิจกรรมหลักจะประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยทั้งสิ้น 15 กิจกรรม รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อยทางด้านโลจิสติกส์ของผู้ปลูกพุทรา

กิจกรรมหลัก	กิจกรรมย่อย
1. การเตรียมแปลงปลูก	1. ซื่อต้นกล้าพุทรา 2. ไถพรวนดิน 3. ขุดหลุม
2.การปลูก	1. ค่าปุ๋ยรองก้นหลุมก่อนปลูก 2. ค่าจ้างปลูก

บทความวิจัย (Research Article)

กิจกรรมหลัก	กิจกรรมย่อย
3. การดูแลรักษา	1. ค่าอุปกรณ์รดน้ำ 2. ค่าปุ๋ยเคมี 3. ค่ายาฆ่าแมลง 4. กางมุ้ง 5. ค่าไม้ไผ่
4. การเก็บเกี่ยว	1. ค่าจ้างแรงงานคนเก็บ 2. ค่าเครื่องคัดแยกเกรด พุทรา
5. การขนส่ง	1. ค่าขนย้ายพุทราจากไร่มาที่บ้าน
6. อื่นๆ	1. ค่าไฟฟ้า 2. ค่าโทรศัพท์

4.3 ศึกษาต้นทุนทั้งหมดจำแนกตามทรัพยากรที่ใช้ และกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน

ผู้วิจัยได้นำรายการใช้ทรัพยากรโดยประมาณการปีเพาะปลูก 2562-2563 มาจำแนกออกเป็น 5 ประเภท ด้านบุคคล ด้านพื้นที่ ด้านเครื่องจักรอุปกรณ์ วัสดุใช้งานสิ้นเปลือง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ สำหรับเกณฑ์การกระจายต้นทุนและเวลาในการปฏิบัติงานพื้นที่ในการปฏิบัติงานและร้อยละการทำงานมาเป็นเกณฑ์ในการกระจายต้นทุน การรวบรวมต้นทุนการใช้ทรัพยากรในการปฏิบัติงานของเกษตรกร และการกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนแสดงดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนการใช้ทรัพยากรของผู้ปลูกพุทราและเกณฑ์การกระจายต้นทุนต่อไร่

ประเภททรัพยากร			ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	จำนวนหรือปริมาณที่ใช้เฉลี่ย	ค่าใช้จ่ายต่อไร่	เกณฑ์การกระจายต้นทุน
ด้านบุคคล	ค่าแรงงาน	ค่าจ้างคนปลูก	500	1 คน	500	เวลาปฏิบัติงาน
	รายวัน	ค่าจ้างเก็บเกี่ยว	500	1 คน	500	เวลาปฏิบัติงาน
	ค่าแรงงาน	ค่าไถพรวนดิน	300	1 คน	300	เวลาปฏิบัติงาน
	แบบเหมา	ค่าชุดหลุม	-	-	-	เวลาปฏิบัติงาน
ด้านพื้นที่	พื้นที่ของตนเอง		-	-	-	พื้นที่การปฏิบัติงาน
	พื้นที่เช่า		-	-	-	พื้นที่การปฏิบัติงาน
เครื่องจักรอุปกรณ์	ค่ามุ้ง		4,000	7 ม้วน	28,000	เวลาปฏิบัติงาน
	ค่าอุปกรณ์รดน้ำ		1000	1 ชุด	1,000	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	ค่าเครื่องคัดแยกเกรดพุทรา		5000	1 เครื่อง	5,000	เวลาปฏิบัติงาน
	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง-รถ		100	1 รอบ	100	% การทำงาน
วัสดุใช้งานสิ้นเปลือง	ปุ๋ยรองกันหลุม		40	25 กระสอบ	1,000	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	ปุ๋ยเคมี		800	4 กระสอบ	3,200	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	ยาฆ่าแมลง		1,200	1 ขวด	1,200	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	จอบ		390	1 ด้าม	390	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	เสียม		190	1 ด้าม	190	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	มิดดัดไม้ไผ่		150	1 ด้าม	150	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	ต้นกล้าพุทรา		40	50 ต้น	2,000	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	ไม้ไผ่		25	100 ลำ	2,500	พื้นที่ปฏิบัติงาน
	ลวดมัดไม้ไผ่		30	10 มัด	300	พื้นที่ปฏิบัติงาน
อื่นๆ	ค่าไฟฟ้า		5	26 หน่วย	130	เวลาปฏิบัติงาน
	ค่าโทรศัพท์		100	1 ราย	100	% การทำงาน

บทความวิจัย (Research Article)

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลต้นทุนต่อไร่ พบว่าประเภททรัพยากรด้านบุคคลมีต้นทุนค่าแรงงานรายวันเท่ากับ 1,000 บาทต่อไร่ ค่าแรงงานแบบเหมาเท่ากับ 300 บาทต่อไร่ ด้านพื้นที่เป็นพื้นที่ของตนเองไม่มีค่าใช้จ่าย ด้านเครื่องจักร-อุปกรณ์มีต้นทุนค่าจ้างเท่ากับ 28,000 บาทต่อไร่ ค่าอุปกรณ์รดน้ำเท่ากับ 1,000 บาทต่อไร่ ค่าเครื่องคัดแยกเกรดพุทราเท่ากับ 5,000 บาทต่อไร่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง-รถเท่ากับ 100 บาทต่อไร่ ด้านวัสดุใช้งานสิ้นเปลืองมีต้นทุนค่าปุ๋ยรองกันหลุมเท่ากับ 1,000 บาทต่อไร่ ค่าปุ๋ยเคมีเท่ากับ 3,200 บาทต่อไร่ ค่ายาฆ่าแมลงเท่ากับ 1,200 บาทต่อไร่ ค่าจอบเท่ากับ 390 บาทต่อไร่ ค่าเสียมเท่ากับ 190 บาทต่อไร่ ค่ามัดตัดไม้ไผ่เท่ากับ 150 บาทต่อไร่ ค่าซื้อต้นกล้าพุทรา 2,000 บาทต่อไร่ ค่าไม้ไผ่เท่ากับ 2,500 บาทต่อไร่ ค่าลวดมัดไม้ไผ่เท่ากับ 300 บาทต่อไร่ และอื่นๆ มีต้นทุนค่าไฟฟ้าเท่ากับ 130 บาทต่อไร่ ค่าโทรศัพท์เท่ากับ 100 บาทต่อไร่

4.4 การวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรม

การวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรมย่อยซึ่งมีกิจกรรมย่อยทั้งหมด 15 กิจกรรม คือ ซื้อต้นกล้าพุทรา ไถพรวนดิน ขุดหลุม ค่าปุ๋ยรองกันหลุมก่อนปลูก ค่าจ้างปลูก ค่าอุปกรณ์รดน้ำ ค่าปุ๋ยเคมี ค่ายาฆ่าแมลง ค่าจ้างแรงงานคนเก็บ ค่าเครื่องคัดแยกเกรดพุทรา ค่าขนย้ายพุทราจากไร่มาที่บ้าน ค่าไฟฟ้า ค่าโทรศัพท์ โดยมีค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรทั้งหมด 5 ประเภท รายละเอียดแสดงดังในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าใช้จ่ายในแต่ละกิจกรรมย่อยต่อพื้นที่ 1 ไร่ มีค่ารายจ่ายรวมเท่ากับ 46,560 บาท กิจกรรมย่อยที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุดคือ กางมุ้งมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 28,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 60.13 รองลงมาเป็นเครื่องคัดแยกเกรดพุทราที่มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 10.73 การใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 3,200 บาท คิดเป็นร้อยละ 6.87 ไม้ไผ่มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 2,950 บาท คิดเป็นร้อยละ 6.33 ซื้อต้นกล้าพุทรามาปลูกมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ

2,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 4.29 ยาฆ่าแมลงมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,200 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.59 ปุ๋ยรองกันหลุมมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.15 อุปกรณ์รดน้ำมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.15 ขุดหลุมมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 580 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.25 การจ้างคนปลูกมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 500 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.08 การจ้างคนเก็บมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 500 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.08 ไถพรวนดินมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 300 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.65 ใช้ไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 130 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.28 การขนย้ายพุทราจากไร่มาที่บ้านมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 100 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.21 ใช้โทรศัพท์มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 100 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.21

4.5 ต้นทุนรวมทั้งหมดของแต่ละกิจกรรม

จากตารางที่ 4 คำนวณต้นทุนรวมของกิจกรรมหลักทั้ง 6 กิจกรรม พบว่าต้นทุนรวมของเกษตรกรผู้ปลูกพุทราเท่ากับ 46,560 บาทต่อไร่ ซึ่งกิจกรรมหลักที่มีต้นทุนสูงที่สุด คือ กิจกรรมการดูแลรักษามีต้นทุนรวมเท่ากับ 36,350 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 78.08 ลำดับที่สอง คือ กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมีต้นทุนรวมเท่ากับ 5,500 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.81 ลำดับที่สาม คือ กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูกมีต้นทุนรวมเท่ากับ 2,880 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.18 ลำดับที่สี่ คือ กิจกรรมการดูแลรักษามีต้นทุนรวมเท่ากับ 1,500 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.23 ลำดับที่ห้า คือ กิจกรรมอื่นๆ มีต้นทุนรวมเท่ากับ 230 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.49 ลำดับที่หก คือ กิจกรรมการขนส่งมีต้นทุนรวมเท่ากับ 100 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.21 ตามลำดับกิจกรรมที่มีต้นทุนสูงที่สุดถึงน้อยที่สุด

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การกระจายต้นทุน 1 ไร่

ค่าใช้จ่าย		กิจกรรมย่อย															รวม (บาท)
		ต้นกล้า พุทรา	ไถ พรวน ดิน	ขุด หลุม	ปุ๋ยรอง กัน หลุม	จ้าง ปลูก	อุปกรณ์ รดน้ำ	ปุ๋ยเคมี	ยาฆ่า แมลง	มุ้ง	ไม้ไผ่	เก็บ ผลผลิต	เครื่องคัด แยกเกรด พุทรา	ขนย้าย	ค่า ไฟฟ้า	ค่า โทรศัพท์	
ค่าใช้จ่าย ด้าน บุคลากร	ค่าแรงงานรายวัน	-	-	-	-	500	-	-	-	-	-	500	-	-	-	-	1,000
	ค่าแรงงานแบบ เหมา	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300
ค่าใช้จ่าย ด้านพื้นที่	พื้นที่ตนเอง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	พื้นที่เช่า	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าใช้จ่ายด้านเครื่องจักรอุปกรณ์		-	-	-	-	-	1,000	-	-	28,000	-	-	5,000	100	-	-	34,100
วัสดุใช้งาน หรือวัสดุ สิ้นเปลือง	ปุ๋ยรองกันหลุม	-	-	-	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,930
	ปุ๋ยเคมี	-	-	-	-	-	-	3,200	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ยาฆ่าแมลง	-	-	-	-	-	-	-	1,200	-	-	-	-	-	-	-	
	จอบ	-	-	390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	เสียม	-	-	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	มีดตัดไม้ไผ่	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	
	ต้นกล้าพุทรา	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ไม้ไผ่	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,500	-	-	-	-	-	
รวม		-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	230
อื่น ๆ		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130	100	
ค่าใช้จ่ายตามกิจกรรมย่อย		2,000	300	580	1,000	500	1,000	3,200	1,200	28,000	2,950	500	5,000	100	130	100	46,560
ค่าใช้จ่ายตามกิจกรรมย่อย %		4.29	0.65	1.25	2.15	1.08	2.15	6.87	2.59	60.13	6.33	1.08	10.73	0.21	0.28	0.21	100

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 4 ต้นทุนรวมทั้งหมดของแต่ละกิจกรรมต่อไร่

กิจกรรมหลัก	ต้นทุนการใช้ทรัพยากร					ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	ร้อยละ
	บุคลากร	พื้นที่	เครื่องจักร อุปกรณ์	วัสดุใช้งาน	อื่น ๆ		
การเตรียมแปลงปลูก	300	-	-	2,580	-	2,880	6.18
การปลูก	500	-	-	1,000	-	1,500	3.23
การดูแลรักษา	-	-	29,000	7,350	-	36,350	78.08
การเก็บเกี่ยว	500	-	5,000	-	-	5,500	11.81
การขนส่ง	-	-	100	-	-	100	0.21
อื่น ๆ	-	-	-	-	230	230	0.49
รวม	1,300	-	34,100	10,930	230	46,560	100

4.6 ปริมาณงานและต้นทุนต่อหน่วยของผู้ปลูกพุทราต่อไร่ต่อปี

ตารางที่ 5 ปริมาณงานและต้นทุนต่อหน่วยของผู้ปลูกพุทราต่อไร่ต่อปี

กิจกรรมย่อย	ต้นทุนรวมต่อไร่ต่อปี (บาท/ไร่)	ปริมาณงานเฉลี่ยต่อไร่ต่อปี	หน่วย	ต้นทุนหน่วย
A01 ซื้อมันกล้าพุทรา	2,000	1	ครั้ง	40
A02 ไถพรวนดิน	300	1	ครั้ง	300
A03 ขุดหลุม	580	1	ครั้ง	580
B01 ค่าปุ๋ยรองก้นหลุมก่อนปลูก	1,000	1	ครั้ง	40
B02 ค่าจ้างปลูก	500	1	ครั้ง	500
C01 ค่าอุปกรณ์รดน้ำ	1,000	1	ครั้ง	1,000
C02 ค่าปุ๋ยเคมี	3,200	2	ครั้ง	800
C03 ค่ายาฆ่าแมลง	1,200	1	ครั้ง	1,200
C04 กำมั่ง	28,000	1	ครั้ง	4,000
C05 ไม้ไผ่	2,950	1	ครั้ง	2,950
D01 ค่าจ้างแรงงานคนเก็บ	500	1	ครั้ง	500
D02 ค่าเครื่องคัดแยกเกรดพุทรา	5,000	1	ครั้ง	5,000
E01 ค่าขนย้ายพุทราจากไร่มาที่บ้าน	100	1	ครั้ง	100
F01 ค่าไฟฟ้า	130	48	ครั้ง	5
F02 ค่าโทรศัพท์	100	7	ครั้ง	100

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกรปลูกพุทราในมส ตำบลโพธิ์ อำเภอดงหลวง จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่าเกษตรกรปลูกพุทราในมสมีต้นทุนการดำเนินงานต่อไร่ในกิจกรรมหลักทั้ง 6 กิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ พิทธินันท์ สมไชยวงศ์ (2560) การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกรพื้นที่สูง โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม เรียงตามลำดับได้ดังนี้ ลำดับที่หนึ่ง คือ กิจกรรมการดูแลรักษามีต้นทุนรวมเท่ากับ 36,350 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 78.08 ลำดับที่สอง คือ กิจกรรมการเก็บเกี่ยวมีต้นทุนรวมเท่ากับ 5,500

บทความวิจัย (Research Article)

บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.81 ลำดับที่สาม คือ กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูกมีต้นทุนรวมเท่ากับ 2,880 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.18 ลำดับที่สี่ คือ กิจกรรมการปลูกมีต้นทุนรวมเท่ากับ 1,500 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.23 ลำดับที่ห้า คือ กิจกรรมอื่นๆ มีต้นทุนรวมเท่ากับ 230 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.49 ลำดับที่หก คือ กิจกรรมการขนส่งมีต้นทุนรวมเท่ากับ 100 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.21

ในแต่ละกิจกรรมใช้ทรัพยากรต่อไร่ด้านมากที่สุด ลำดับที่หนึ่งด้านเครื่องจักรอุปกรณ์คิดเป็นร้อยละ 73.24 ของต้นทุนรวม ลำดับที่สองคือด้านวัสดุใช้งาน หรือวัสดุสิ้นเปลืองคิดเป็นร้อยละ 23.48 ของต้นทุนรวม ลำดับที่สามคือด้านบุคลากรคิดเป็นร้อยละ 2.79 ลำดับที่สี่ด้านอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 0.49 ของต้นทุนรวม ด้านพื้นที่ของตนเองไม่มีค่าใช้จ่าย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเกษตรจังหวัดกาฬสินธุ์. [ออนไลน์]. Available:
http://www.kalasin.doae.go.th/home2020_index.html. [เข้าถึงเมื่อ: 23 มกราคม 2565].
- [2] THAI-THAIFOOD.COM, "ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพุทรา." [ออนไลน์]. Available:
<https://www.thai-thaifood.com/th/>. [เข้าถึงเมื่อ: 22 พฤศจิกายน 2559].
- [3] kasetkaoklai.com, "วิธีการปลูกพุทรา." [ออนไลน์]. Available:
<https://www.kasetkaoklai.com/home/2017/03>. [เข้าถึงเมื่อ: 21 ธันวาคม 2563].
- [4] สวนคุณไพบูลย์, "ชนิดและสายพันธุ์ของพุทรา." [ออนไลน์]. Available:
<http://www.paiboonrayong.com/articles/42012630.html>. [เข้าถึงเมื่อ: 23 ธันวาคม 2563].
- [5] ธนาธร เกروت, ภัทรเวช ธาราเวชรักษ์, และ ชูศักดิ์ พรสิงห์, "การวิเคราะห์และลดต้นทุนโล

จิสติกส์สำหรับผักออร์แกนิกในภาคตะวันตกของประเทศไทย," *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 19, หน้า 75-91, 2561.

- [6] ศูนย์วิจัยพุทราและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, "ทฤษฎีต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity Based Costing)." [ออนไลน์]. Available:
<http://mim12bibilham.blogspot.com/2017/11/activity-based-costing.html>. [เข้าถึงเมื่อ: 4 มกราคม 2564].
- [7] กัญญา บุญแก้ว, "พฤติกรรมต้นทุนของสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้ระบบบัญชีต้นทุนฐาน," *วารสารการจัดการ*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 30-40, 2557.
- [8] พิธิณันท์ สมไชยวงศ์, ราชนทร์ ชูศรี, และ สุจิตตา หงษ์ทอง, "การวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกรพื้นที่สูงโดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม," *วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 150-162, 2560.
- [9] "ทฤษฎีทาร์ยามาเน." [ออนไลน์]. Available:
<https://digi.data.go.th/blog/method-of-controlling-the-sample/>. [เข้าถึงเมื่อ: 23 เมษายน 2564].

บทความวิจัย (Research Article)

ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด

ภูริชญ์ มหาวงค์¹ จิระนันต์ เจริญรัตน์², รุจิรา จงคล้ายกลาง², อมรรัตน์ ควรวางฮอง³ และ มงคล แสนสุข^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

² สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

³ บริษัท อึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: mongkolsaensuk@gmail.com

(รับบทความ: 26 พฤษภาคม 2566; แก้ไขบทความ: 15 มิถุนายน 2566; ตอรับบทความ: 26 มิถุนายน 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อมุ่งเน้นที่องค์ประกอบของระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารและพนักงานสินเชื่อ โดยพัฒนาขึ้นในลักษณะการใช้โปรแกรมระบบธุรกิจอัจฉริยะมาช่วยในการพิจารณาให้สินเชื่อ โดยนำข้อมูลรายชื่อไม่ปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์มาทำเป็นระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัท อึ้งกู่เฮงสกลนคร จำกัด ออกแบบระบบการจัดการฐานข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server 2017 จากผลการศึกษาและการประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คนพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ มีค่าเฉลี่ย 3.67 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 ซึ่งอยู่ในระดับมาก จึงสรุปได้ว่าระบบธุรกิจอัจฉริยะนี้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ และปรับปรุงแก้ไข เพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจให้สินเชื่อแก่เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการสินเชื่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบธุรกิจอัจฉริยะ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ สินเชื่อ

การอ้างอิงบทความ: ภูริชญ์ มหาวงค์ และคณะ, "ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 29-37, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Business Intelligence System for Decision Support for Motorcycle Loans: A Case Study, Ung Gui Heng Sakon Nakhon Co., Ltd.

Bhurich Mahawong¹, Jeeranan Charoenrat², Rujira Chongklaiklang², Amonrat Kuanhanghong³ and
Mongkol Saensuk^{1,*}

¹Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University

²Department of Business Computer, Faculty of Management Science, Sakon Nakhon Rajabhat University

³Manager of Ung Gui Heng Sakon Nakhon Co., Ltd.

* Corresponding Author: mongkolsaensuk@gmail.com

(Received: May 26, 2023; Revised: June 15, 2023; Accepted: June 26, 2023)

Abstract

The purpose of this research was to investigate the elements of business intelligence, with a particular focus on the elements of business intelligence that support loan managers' and employees' decision-making. It was created with the aid of a business intelligence program to aid in credit evaluation. Design a database management system with Microsoft SQL Server 2017 using the list of motorcycle loan rejections to be used by Ung Gui Heng Sakon Nakhon Co., Ltd. as an information system for credit consideration. According to the study and evaluation of 30 users' satisfaction, the use of business intelligence to support lending decisions was well received. The system has a mean of 3.67 and a standard deviation of 0.47, both of which are extremely high. The conclusion is that this business intelligence system is capable of analyzing data for decision-making and improvement. Enhance the efficiency with which credit service officers make credit decisions.

Keywords: Business Intelligence, Decision Support System, Loan

Please cite this article as: B. Mahawong, et al., "Business Intelligence System for Decision Support for Motorcycle Loans: A Case Study, Ung Gui Heng Sakon Nakhon Co., Ltd.," *Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 3, pp. 29-37, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

บริษัท อีจียูเอชสกลนคร จำกัด เป็นบริษัทตัวแทนจำหน่ายรถจักรยานยนต์ฮอนด้า ยามาฮา ซูซูกิ และเวสป้า มีจำนวน 55 สาขา ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ สกลนคร นครพนม บึงกาฬ อุดรธานี กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม บริษัทมีพนักงานกว่า 400 คน เพื่อให้บริการลูกค้าใน 7 จังหวัด ซึ่งในการเลือกซื้อรถจักรยานยนต์ของผู้บริโภคนั้น สามารถซื้อได้ทั้งรูปแบบเงินสด และการซื้อแบบผ่อนชำระ ทั้งนี้ในแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีในการจ่ายเงินสด คือ สามารถเป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ในการครอบครองรถจักรยานยนต์ได้ทันที ไม่เป็นหนี้ในระยะยาว และไม่มีภาระทางการเงินผูกมัด ส่วนข้อเสีย คือ ทำให้เสียเงินก้อนใหญ่ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเงินเก็บหรือเงินสำรองได้ในอนาคต ส่วนการซื้อแบบผ่อนชำระ ข้อดี คือ ผู้ซื้อสามารถกำหนดเงินดาวน์ได้ หรือไม่ต้องจ่ายเงินดาวน์ก็สามารถรับรถจักรยานยนต์มาใช้งานได้ ข้อเสีย คือ ผู้ซื้อจะมีภาระผูกพันระยะยาวที่เกิดขึ้นทันทีหลังการตัดสินใจซื้อ มีดอกเบี้ยสูงที่เป็นยอดผูกพันกับเงินดาวน์และถ้าผู้ซื้อไม่สามารถผ่อนชำระตรงงวดได้ 2 หรือ 3 งวดติดต่อกันจะส่งผลให้ถูกยึดรถจักรยานยนต์ได้ [1]

ระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) คือ การนำข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อช่วยให้การตัดสินใจถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด พรชนก [2] ได้พัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะ บริษัทอีสท์เทรเตอร์ จำกัด โดยมีการนำข้อมูลจากอดีตมาสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ผ่านโปรแกรม Oracle Data Visualization Desktop 12c ซึ่งมีฟังก์ชัน ETL, OLAP Analysis, Data Mining, Report, Metadata, Dashboard และ Platform อื่นๆ จำนวนมาก ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้บริหาร เพื่ออำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สนับสนุนการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชัชวาล [3] ได้

พัฒนาระบบแจ้งเตือนทางระบาดวิทยาโดยใช้ระบบธุรกิจอัจฉริยะและพยากรณ์การเกิดโรคระบาดโดยใช้เหมืองข้อมูล โดยนำเสนองานวิจัยที่ใช้เครื่องมือของระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence : BI) โดยเริ่มตั้งแต่การรับส่งข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายๆ แหล่งของหน่วยงานบริการทุกแห่งในอำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น เข้าสู่คลังข้อมูลของศูนย์ระบาดวิทยา อำเภอกระนวน แบบอัตโนมัติตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ แทนการให้ผู้ส่งออกและนำเข้าข้อมูลแบบเดิม และยังสามารถแจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้องตามช่องทางต่างๆ ได้เป็นอย่างดี รวมถึงการพยากรณ์การเกิดโรคไข้เลือดออกในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ข้อมูลรายงานระบาดวิทยาจังหวัดขอนแก่น เพื่อนำไปใช้ในการดำเนินงานเฝ้าระวังและป้องกันโรคในพื้นที่ รวมถึงพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารงานสาธารณสุข โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลในการพัฒนาตัวแบบสำหรับพยากรณ์แบบต้นไม้ตัดสินใจ ภัสสร [4] ได้ศึกษาถึงการพัฒนาระบบคลังข้อมูลสำหรับร้านเช่าหนังสือ โดยนำข้อมูลมาประมวลผลในเชิงวิเคราะห์แบบออนไลน์ (On-Line Analytic Processing: OLAP) โดยมองข้อมูลลักษณะลูกบาศก์ (Cube) ข้อมูลนำเข้ามาจากระบบงานร้านเช่าหนังสือโดยแปลงข้อมูลและนำไปเก็บไว้ในคลังข้อมูลด้วยโปรแกรมสร้างคลังข้อมูล Oracle Warehouse Builder ซึ่งได้วิเคราะห์จำนวนการเช่า ค่าเช่า และจำนวนวันในการเช่า ในมิติของช่วงเวลา ช่วงอายุของลูกค้า ประเภทของหนังสือ และสำนักพิมพ์ที่ได้รับความนิยมในการเช่าของร้านเช่าหนังสือ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนให้ผู้ประกอบการสามารถตัดสินใจเลือกซื้อหนังสือเข้าร้านเช่าหนังสือ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา [1][2][3][4][5] ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กระบวนการซื้อแบบผ่อนชำระของบริษัทอีจียูเอชจำกัด พบว่า การขอสินเชื่อของลูกค้าจะมีทั้งขอสินเชื่อผ่านและไม่ผ่าน ในการขอสินเชื่อไม่ผ่านนั้นมาจากเหตุผลหลายประการ เช่น มีพิกัดในการ

บทความวิจัย (Research Article)

ขอสินเชื่อ ผู้ค้ำมีรายชื่อในกลุ่มเสี่ยง หรือผู้ซื้อที่มีลักษณะอยู่ในประเภทแก๊งจ๋างวานซ็อรถ เป็นต้น ซึ่งตรวจสอบได้จากเอกสารข้อมูลในบริษัท แต่ในการตรวจสอบนั้นมิมีขั้นตอนค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานานในการตรวจสอบว่าอยู่ในกลุ่มเสี่ยงหรือไม่จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยนำข้อมูลรายชื่อไม่ปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์มาทำเป็นระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัท อึ้งกู่เฮงสกลนคร จำกัด และนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบการแสดงข้อมูลด้วยแผนภาพ (Data Visualization) ซึ่งจะทำให้ผู้ขายและผู้พิจารณาสินเชื่อ สามารถนำระบบสารสนเทศมาปรับปรุงแก้ไขรายชื่อลูกค้าหรือเพิ่มรายชื่อลูกค้า และนำข้อมูลมาทำเป็นแผนภาพ และมาสรุปผลเป็นรายงานระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อประกอบการตัดสินใจของฝ่ายธุรกิจการเงิน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด

2.2 เพื่อวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบที่มีต่อระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ พนักงานบริษัทอึ้งกู่เฮง 55 สาขา จำนวน 30 คน

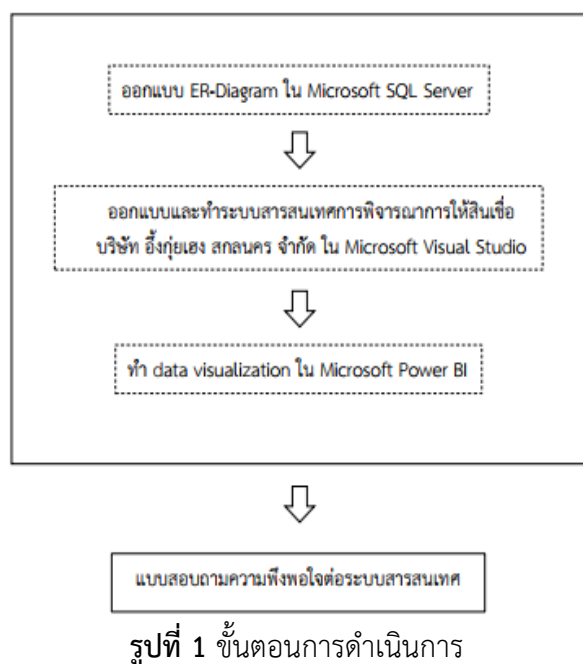
3.2 ขอบเขตด้านข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลรายชื่อไม่ปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ จากบริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด ซึ่งได้รวบรวมระหว่างวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ.2565 เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ จำนวน 198 ข้อมูล

ประกอบด้วย 21 คุณลักษณะ ได้แก่ ลำดับ วันเดือนปี สาขา เขต จังหวัดสาขา ยี่ห้อ รุ่นรถ สี ประเภทรถ ความสัมพันธ์ คำนำหน้า ชื่อ นามสกุล เลขที่บัตรประชาชน บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด และสาเหตุ โดยชุดข้อมูลดังกล่าวมีการปรับปรุงล่าสุดเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2565

3.3 ขอบเขตด้านเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวม คือ แบบสอบถาม ประเมินผลเครื่องมือ โดย การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เครื่องมือสำหรับบันทึกฐานข้อมูล คือ Microsoft SQL Server สร้างระบบสารสนเทศการให้สินเชื่อบริษัทอึ้งกู่เฮง สกลนคร จำกัด ด้วยเครื่องมือ Microsoft Visual Studio และทำ Data Visualization ด้วยเครื่องมือ Microsoft Power BI

4. ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

การดำเนินการจัดทำระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ มีดังนี้



บทความวิจัย (Research Article)

จากรูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการ เริ่มจากการออกแบบระบบ ผู้วิจัยออกแบบ ER-Diagram ด้วยเครื่องมือ Microsoft SQL Server ประกอบด้วย ตารางลูกค้า (customer) ตารางสาขา (Branch) ตารางเขต (Country) ตารางจังหวัดสาขา (Province Branch) ตารางยี่ห้อ (Brand) ตารางรุ่นรถ (Model) ตารางประเภท (Type) แต่ละตารางมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 Customer

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	Number	ลำดับ
2	Date	วันเดือนปี
3	Branch_Id	ID สาขา
4	County_Id	ID เขต
5	Province_Branch_Id	ID จังหวัดสาขา
6	Brand_Id	ID ยี่ห้อ
7	Model_Id	ID รุ่น
8	Color	สี
9	Type_Id	ID ประเภท
10	Relationship	ความสัมพันธ์
11	Title	คำนำหน้า
12	Name	ชื่อ
13	Last_name	นามสกุล
14	Id_card_number	เลขบัตรประชาชน
15	Home	บ้าน
16	Canton	ตำบล
17	District	อำเภอ
18	Province	จังหวัด
19	Cause	สาเหตุ

ตารางที่ 2 Branch

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	Branch_Id	ID สาขา
2	Branch_name	ชื่อสาขา

ตารางที่ 3 Country

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	County_Id	ID เขต
2	County_name	ชื่อเขต

ตารางที่ 4 Province_Branch

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	Province_Branch_Id	ID จังหวัดสาขา
2	Province_Branch_name	ชื่อจังหวัดสาขา

ตารางที่ 5 Brand

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	Brand_Id	ID ยี่ห้อ
2	Brand_name	ชื่อยี่ห้อ

ตารางที่ 6 Model

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	Model_Id	ID รุ่น
2	Model_name	ชื่อรุ่น

ตารางที่ 7 Type

ลำดับ	คุณลักษณะ	ความหมาย
1	Type_Id	ID ประเภท
2	Type_name	ชื่อประเภท

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [6] โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

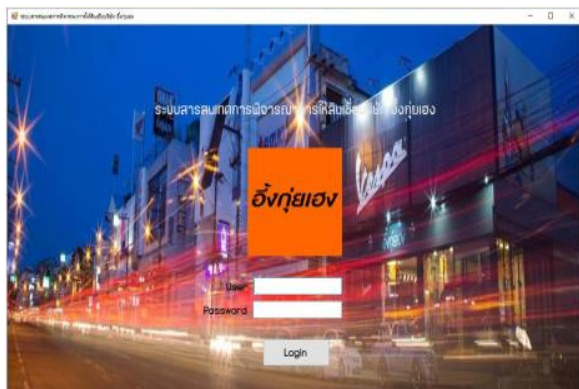
ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 คือ พึงพอใจระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 คือ พึงพอใจระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 คือ พึงพอใจระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 คือ พึงพอใจระดับระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 คือ พึงพอใจระดับน้อยที่สุด

5. ผลการศึกษา

5.1 พัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์กรณีศึกษา บริษัทอู่กู่เฮง สกลนคร จำกัด

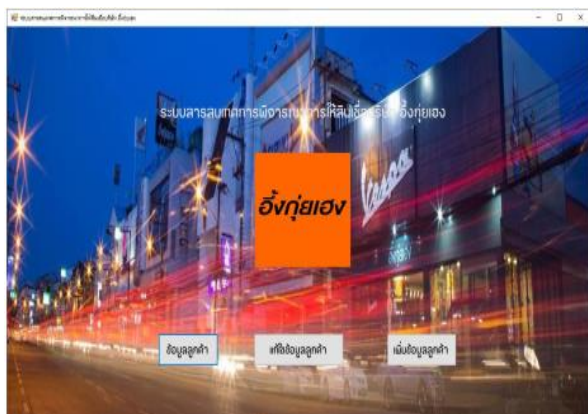
ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัทอู่กู่เฮงสกลนคร จำกัด ใน Microsoft Visual Studio ได้แก่ หน้าจอการเข้าสู่ระบบก่อนใช้งาน โดยผู้ใช้งานต้องล็อกอินเข้าสู่ระบบก่อนถึงจะใช้ระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัทอู่กู่เฮงได้ ดังรูปที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอเข้าสู่ระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัทอึ้งกู่เฮง

จากรูปที่ 2 หากชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านถูกต้อง ระบบจะแสดงหน้าหน้าแรกของระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อ บริษัทอึ้งกู่เฮง ประกอบด้วยเมนูข้อมูลลูกค้า แก้ไขข้อมูลลูกค้า และเพิ่มข้อมูลลูกค้า ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าแรกของระบบ

จากรูปที่ 3 เมื่อคลิกเมนูข้อมูลลูกค้า ระบบจะแสดงข้อมูลลูกค้าที่ไม่ผ่านสินเชื่อ โดยผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 4

Number	Date	Branch Name	County Name	Province Name	Branch Name	Model Name	Color	Type Name	Relationship	Title	Name
2	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
3	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
4	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
5	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
6	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
7	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
8	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
9	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
10	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
11	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
12	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
13	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
14	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
15	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
16	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
17	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
18	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
19	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
20	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
21	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน

รูปที่ 4 แสดงข้อมูลลูกค้าที่ไม่ผ่านสินเชื่อ

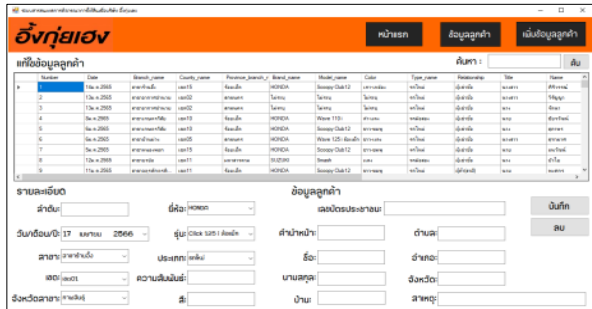
จากรูปที่ 4 ผู้ใช้งานระบบสามารถค้นหาข้อมูลลูกค้าตามขอบเขตต่างๆ ได้ เช่น ค้นหาจากเขตของสาขา โดยเมื่อค้นหาคำว่า เขต 01 จะแสดงข้อมูลเฉพาะลูกค้าที่อยู่ในเขต 01 เท่านั้น ดังรูปที่ 5

Number	Date	Branch Name	County Name	Province Name	Branch Name	Model Name	Color	Type Name	Relationship	Title	Name
38	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
40	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
43	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
81	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
93	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
111	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
122	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
179	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
180	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
181	15.6.2565	สาขาเชียงใหม่	เชียงใหม่	เชียงใหม่	สาขาเชียงใหม่	Toyota Camry 1.8	ขาว	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน

รูปที่ 5 ตัวอย่างการค้นหาข้อมูลในหน้าข้อมูลลูกค้า

การแก้ไขข้อมูลลูกค้าของระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัทอึ้งกู่เฮง ผู้ใช้สามารถเข้าไปแก้ไขข้อมูลลูกค้าได้ โดยเลือกรายชื่อลูกค้าที่ต้องการแก้ไข ดังรูปที่ 6

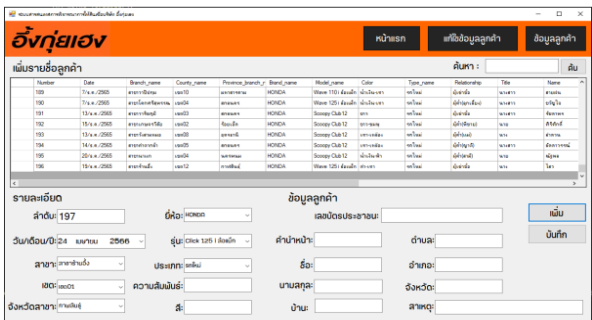
บทความวิจัย (Research Article)



The screenshot shows a web-based data entry form titled 'อังกูยเอง' (JETT). It includes fields for 'ค้นหา' (Search) and 'เพิ่มข้อมูลลูกค้า' (Add Customer Data). The main section is a table for entering vehicle details, with columns for 'Number', 'Date', 'Branch', 'County', 'Province', 'District', 'Road', 'Type', 'Relationship', 'Title', and 'Name'. Below the table, there are input fields for 'รายละเอียด' (Details), 'ข้อมูล' (Information), and 'เพิ่มข้อมูลลูกค้า' (Add Customer Data), along with a 'บันทึก' (Save) button.

รูปที่ 6 ตัวอย่างการแก้ไขข้อมูลลูกค้า

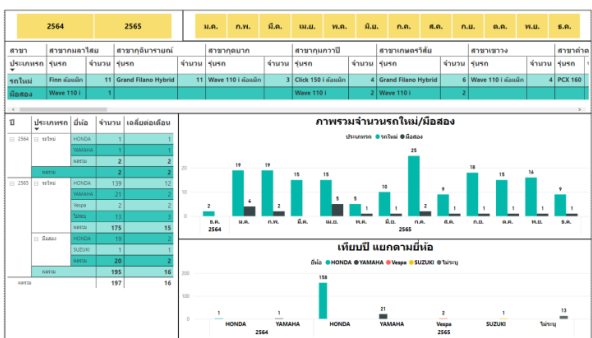
การเพิ่มข้อมูลลูกค้า คลิกที่เมนูเพิ่มข้อมูลลูกค้า จะแสดงผลหน้าจอการเพิ่มข้อมูลลูกค้า ดังรูปที่ 7



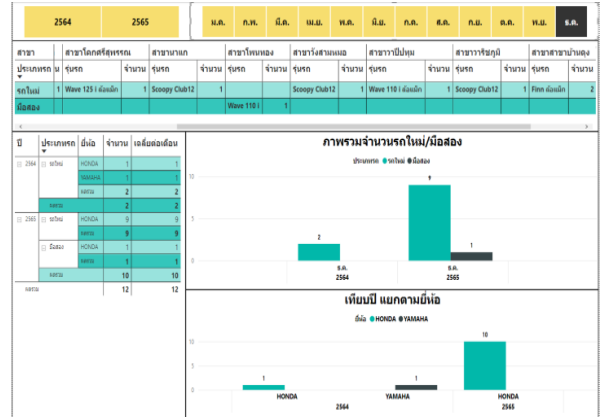
This screenshot is similar to the previous one, showing the 'อังกูยเอง' (JETT) system interface. It displays the same data entry form for vehicle information, including the search bar, table, and input fields for details and customer data.

รูปที่ 7 ตัวอย่างการเพิ่มข้อมูลลูกค้า

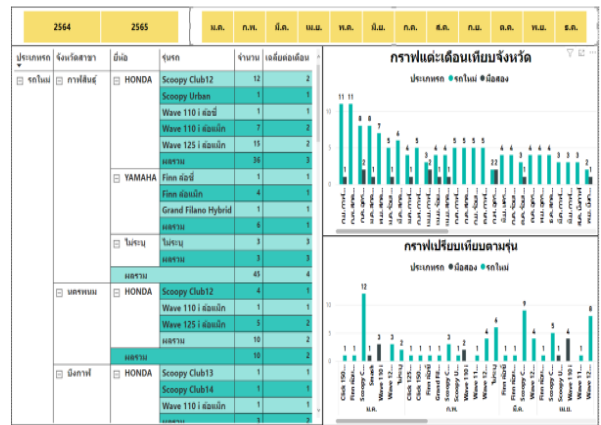
รายงานสรุปโดยใช้แผนภาพ พัฒนาโดยทำ Data Visualization ใน Microsoft Power BI ตัวอย่างรายงานแสดงดังรูปที่ 8 รูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 8 แผนภาพรวมจำนวนรถใหม่/มือสอง และเทียบปี แยกตามยี่ห้อ



รูปที่ 9 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันของแผนภาพ



รูปที่ 10 แผนภาพกราฟแต่ละเดือนเทียบกับจังหวัดและกราฟเปรียบเทียบตามรุ่น

5.2 ศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ระบบที่มีต่อระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัทอังกูยเฮง สกลนคร จำกัด

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อ บริษัทอังกูยเฮงจำนวน 55 สาขา จากผู้ใช้งานระบบ จำนวน 30 ราย โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Likert scale) วิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อ บริษัทอังกูยเฮง สกลนคร จำกัด จากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับประเมิน
1) ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการใช้งานระบบ	3.47	0.66	ปานกลาง
2) ด้านประสิทธิภาพของระบบ	3.80	0.55	มาก
3) ด้านความสะดวกสวยงาม	3.50	0.54	มาก
4) ด้านคุณภาพของระบบ	3.72	0.38	มาก
5) ด้านแผนภาพ	3.79	0.40	มาก
เฉลี่ย	3.67	0.47	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อ บริษัทอังกูยเฮงสกลนคร จำกัด พบว่า โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.67$) และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการใช้งานระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 3.47$) ด้านประสิทธิภาพของระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 3.80$) ด้านความสะดวก สวยงาม ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 3.50$) ด้านคุณภาพของระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 3.72$) ด้านแผนภาพ ผู้ใช้งานพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 3.79$)

6. สรุปและอภิปราย

ผลการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจการปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ บริษัทอังกูยเฮงสกลนคร จำกัด โดยนำข้อมูลรายชื่อไม่ปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์จัดเก็บในฐานข้อมูลและทำระบบสารสนเทศเพื่อปรับปรุงแก้ไขรายชื่อลูกค้าหรือเพิ่มรายชื่อลูกค้าแล้วบันทึกลงฐานข้อมูล นำข้อมูลรายชื่อไม่ปล่อยสินเชื่อ

รถจักรยานยนต์มาทำเป็น Data Visualization มาสรุปผลเป็นรายงานระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อประกอบการตัดสินใจของฝ่ายธุรกิจการเงิน โดยสร้างระบบสารสนเทศการพิจารณาการให้สินเชื่อบริษัทอังกูยเฮง สกลนคร จำกัด ด้วยเครื่องมือ Microsoft Visual Studio ทำ Data Visualization ด้วยเครื่องมือ Microsoft Power BI และทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศ ชุดข้อมูลรายชื่อไม่ปล่อยสินเชื่อรถจักรยานยนต์ ซึ่งรวบรวมข้อมูลจาก บริษัทอังกูยเฮงสกลนคร จำกัด และนำเข้าฐานข้อมูลด้วยเครื่องมือ Microsoft SQL Server จากนั้นทำระบบสารสนเทศด้วยเครื่องมือ Microsoft Visual Studio เพื่อปรับปรุงแก้ไขรายชื่อลูกค้าหรือเพิ่มรายชื่อลูกค้าแล้วบันทึกลงฐานข้อมูล จากนั้นทำเป็น Data Visualization มาสรุปผลเป็นรายงานระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อประกอบการตัดสินใจของฝ่ายธุรกิจการเงิน จากนั้นทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศ พบว่า ภาพรวม ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับมาก ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของระบบ ด้านแผนภาพ ด้านคุณภาพของระบบ และด้านความสะดวกสวยงาม ตามลำดับ และมีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศด้านกระบวนการ/ขั้นตอนการใช้งานระบบปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ สุรชาติ [5] ได้ศึกษาองค์ประกอบของระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหาร โดยพัฒนาขึ้นในลักษณะการใช้โปรแกรมธุรกิจอัจฉริยะมาช่วยในการวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงพิเศษ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมมีค่าเฉลี่ย 4.10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.08 แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถนำข้อมูลที่ได้จากระบบมาวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจและปรับปรุงแก้ไข เพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทความวิจัย (Research Article)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนวัฒน์ ชูจิต, "ซื้อรถเงินสด เอกสารอะไร & ขั้นตอนเป็นอย่างไร บทความนี้มีคำตอบ." [ออนไลน์]. Available: <https://khaorot.com/news/ซื้อรถเงินสด-เอกสารอะไร-ขั้นตอน-เป็นอย่างไร-บทความนี้มีคำตอบ-nid20220929230044727>. [เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2566].
- [2] พรชนก ดำรงภวทรัพย์, "ระบบธุรกิจอัจฉริยะ: กรณีศึกษาบริษัทอีส เทคโนโลยี่ จำกัด," รายงานโครงการวิจัย, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.
- [3] ชัชวาล มุ่งแสง, "ระบบแจ้งเตือนทางระบาดวิทยาโดยใช้ระบบธุรกิจอัจฉริยะและพยากรณ์การเกิดโรคระบาดโดยใช้เหมืองข้อมูล," วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2557.
- [4] ภัสสร เกียรติกมลรัตน์, "ระบบคลังข้อมูลสำหรับร้านเช่าหนังสือ," วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560.
- [5] สุรชาติ วรกุลรังสรรค์, "ระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อการสนับสนุนการตัดสินใจวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษ," วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2561.
- [6] สำเริง บุญเรืองรัตน์, "การวัดจิตพิสัยของมนุษย์," บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร, 2542.

บทความวิจัย (Research Article)

การลดคุณลักษณะสำหรับการจำแนกความคิดเห็นบนเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยการใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้ง

อัจฉรา ชุมพล^{1,*}, มงคล แสนสุข²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

² สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: atchara.ch@ksu.ac.th

(รับบทความ: 1 มิถุนายน 2566; แก้ไขบทความ: 17 มิถุนายน 2566; ตอรับบทความ: 26 มิถุนายน 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ทำการพัฒนารูปแบบวิธีการลดคุณลักษณะ โดยไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณลักษณะที่ส่งผลต่อการจำแนก เพื่อนำไปสู่การลดเวลาในการประมวลผลและเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้องการจำแนกความคิดเห็นที่อยู่บนเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยทำการเปรียบเทียบการลดคุณลักษณะโดยการใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้งกับการลดคุณลักษณะด้วยวิธีการโคสแควร์ จำแนกความคิดเห็นด้วยวิธีการนาอ์เบย์ (Naïve Bayes) ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยรวบรวมจาก Stanford Twitter Sentiment Data ผลการวิจัยพบว่า วิธีการลดคุณลักษณะโดยการใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้งมีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนก เท่ากับ 72.64%

คำสำคัญ: การลดคุณลักษณะ การจำแนกความคิดเห็น เครือข่ายสังคมออนไลน์ รูปแบบข้อมูลแนวตั้ง

การอ้างอิงบทความ: อัจฉรา ชุมพล และ มงคล แสนสุข, "การลดคุณลักษณะสำหรับการจำแนกความคิดเห็นบนเครือข่ายสังคมออนไลน์โดยการใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้ง," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, เล่มที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 38-45, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Features Elimination for Opinion Classification on Social Networks using Vertical Data Format

Atchara Choompol^{1,*} and Mongkol Saensuk²

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

² Department of Business Computer, Faculty of Management Science, Sakon Nakhon Rajabhat University

* Corresponding Author: atchara.ch@ksu.ac.th

(Received: June 1, 2023; Revised: June 17, 2023; Accepted: June 26, 2023)

Abstract

This research has developed an algorithm for reducing features without affecting classification, leading to a decrease processing time and enhancing classification accuracy. The reduction of features using the vertical data model method was contrasted with the reduction of features using the chi-square method. The Naïve Bayes method was used to classify opinions. The data used in the research was collected from Stanford Twitter Sentiment Data. The most effective feature reduction method employs a vertical data model provides an average efficiency of 72.75%.

Keywords: Features Elimination, Opinion Classification, Social Networks, Vertical Data Format

Please cite this article as: A. Choompol and M. Saensuk, "Features Elimination for Opinion Classification on Social Networks using Vertical Data Format," *Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 3, pp. 38-45, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีองค์กรและหน่วยงานต่างๆ นำข้อมูลบนเครือข่ายสังคมออนไลน์มาใช้ในการวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากข้อมูลเหล่านั้นสามารถสะท้อนให้เห็นถึงผลการดำเนินงานในองค์กรหรือหน่วยงานหลากหลายมิติ เช่น องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการตลาดได้นำข้อมูลความคิดเห็นของลูกค้าไปวิเคราะห์เพื่อติดตามทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อสินค้าหรือบริการ เพื่อให้ทราบความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภค ซึ่งนำไปสู่การจัดทำแผนการตลาด การจัดโปรโมชั่นให้ถูกใจผู้ใช้บริการในกลุ่มต่างๆ [1] ด้านการเมืองมีการนำข้อมูลบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ไปวิเคราะห์เพื่อสำรวจทัศนคติของประชาชนที่มีต่อพรรคหรือนักการเมืองหรือเพื่อทำนายผลการเลือกตั้ง [2] ด้านการศึกษาใช้ติดตามทัศนคติของผู้เรียนเพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น [3] เป็นต้น

เว็บไซต์ทวิตเตอร์ (Twitter) เป็นเครื่องมือโซเชียลมีเดียที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน มีผู้ลงทะเบียนมากกว่า 300 ล้านคน และทวีตมากกว่า 500 ล้านครั้งต่อวัน [4] ผู้คนสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างอิสระและรวดเร็ว เว็บไซต์ทวิตเตอร์จึงกลายเป็นโซเชียลมีเดียที่มีข้อมูลสำคัญจำนวนมาก โดยเฉพาะข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุการณ์สินค้า องค์กรหรือนักการเมือง อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดของทวิตเตอร์ซึ่งอนุญาตให้แต่ละโพสต์มีเพียง 140 ตัวอักษร จึงมีการใช้ตัวย่อและคำแสลง เป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้การเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกความคิดเห็นบนทวิตเตอร์จึงเป็นเรื่องที่ยังต้องพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป [5] การจำแนกความคิดเห็นด้วยวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยม ซึ่งก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการจำแนกความคิดเห็น จำเป็นจะต้องทำการแปลงข้อความความคิดเห็นให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ โดยเวกเตอร์ที่สร้างขึ้นจะถูก

จัดอยู่ในรูปแบบเวกเตอร์แนวนอน (Horizontal Vector) ซึ่งแต่ละแถวจะแทน มีจำนวนมิติเท่ากับจำนวนคุณลักษณะ (Feature) ทั้งหมดที่สกัดได้ โดยเวกเตอร์ที่ได้จะถูกจัดอยู่ในรูปแบบเวกเตอร์แนวนอน (Horizontal Vector) ชุดข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของแถว แต่ละแถวแทนด้วยเอกสาร และประกอบด้วยค่าน้ำหนักของคำคุณลักษณะที่เป็นตัวแทนของเอกสารทั้งหมด ถ้าไม่ปรากฏคำคุณลักษณะในเอกสารค่าน้ำหนักจะมีค่าเป็น 0 เนื่องจากข้อความคิดเห็นที่อยู่บนเครือข่ายสังคมออนไลน์ส่วนมากเป็นประโยคสั้นๆ และค่อนข้างกำกวม (Implicit Sentence) ไม่ได้ระบุถึงคุณลักษณะของสิ่งที่กล่าวไว้ชัดเจน [6] และในการจำแนกความคิดเห็นบนเครือข่ายสังคมออนไลน์จะมีคำคุณลักษณะ (Feature) จำนวนมาก ส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแนวตั้ง (Vertical Data Format) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลง่ายและรวดเร็วขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำการลดจำนวนคุณลักษณะโดยการจัดอันดับคุณลักษณะ (Feature Ranking) ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้ค่าการเพิ่มของข้อมูล (Information Gain) ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-Squared) และค่าสารสนเทศร่วม (Mutual Information) เป็นต้น [7-9] ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ได้คุณลักษณะที่มีความสำคัญสูง แต่อาจจะทำให้สูญเสียคุณลักษณะที่มีผลต่อการตีความของตัวจำแนก เนื่องจากคุณลักษณะที่มีความสำคัญนั้นอาจจะไม่ได้อยู่ในเอกสารที่ใช้ในการทดสอบ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการลดคุณลักษณะ โดยไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณลักษณะที่ส่งผลต่อการจำแนก เพื่อนำไปสู่การลดเวลาในการประมวลผลและเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้องการจำแนกความคิดเห็นที่อยู่บนเครือข่ายสังคมออนไลน์

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำเหมืองความคิดเห็น (Opinion Mining) [10] เป็นการประเมินทัศนคติและอารมณ์ของผู้คนที่มีความสนใจต่อสิ่งต่างๆ เช่น สินค้า บริการ องค์กร ประเด็นหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นต้น การทำเหมืองความคิดเห็นสามารถทำได้โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้คนจากข้อความความคิดเห็นที่อยู่บนเว็บไซต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสื่อสังคมออนไลน์ เช่น Facebook, LinkedIn, Twitter, Flickr และ YouTube เป็นต้น ที่จัดว่าเป็นสื่อที่มีผู้คนได้โพสต์แสดงความคิดเห็นเป็นจำนวนมาก ประเด็นหลักในการทำเหมืองความคิดเห็น คือ จำแนกความคิดเห็น เพื่อให้ทราบถึงความพึงพอใจของกลุ่มบุคคลว่ามีความรู้สึกในเชิงบวกหรือเชิงลบ การทำเหมืองความคิดเห็นได้นำหลักการทำเหมืองข้อความและการประมวลผลภาษาธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ การจำแนกความคิดเห็น มี 3 วิธีการหลักที่ได้รับความนิยม ได้แก่ วิธีการใช้คลังคำ (Lexical Based) วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และวิธีการผสมผสาน (Hybrid Approach) วิธีการใช้คลังคำ เป็นการจำแนกความคิดเห็นโดยใช้พจนานุกรมคำที่ระบุข้อความรู้สึกของคำไว้แล้ว ในงานวิจัยด้านการทำเหมืองความคิดเห็น เรียกว่า คำแสดงความรู้สึก (Sentiment Word) คำแสดงความคิดเห็น (Opinion Words) คำระบุข้อความเห็น (Polar Word) หรือคำที่เป็นความคิดเห็น (Opinion Bearing Words) [11] พจนานุกรมที่ใช้ในการทำเหมืองความคิดเห็นส่วนมากจะมีคำแสดงความรู้สึก 2 ด้าน คือ ความรู้สึกเชิงบวก (Positive) และ ความรู้สึกเชิงลบ (Negative)

การเรียนรู้ของเครื่อง เป็นวิธีการพัฒนาระบบการเรียนรู้เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยหลักการเรียนรู้ของมนุษย์ แบ่งเป็น 2 เทคนิคหลัก [12] คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นเทคนิคการเรียนรู้จากการนำข้อมูลที่มีอยู่ในอดีต

มาสร้างสมการหรือรูปแบบของชุดข้อมูลสอน (Training Set) เพื่อการหาคำตอบให้กับข้อมูลชุดใหม่ (Test Set) ตัวอย่างวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้สอนที่ได้รับความนิยม เช่น Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machines เป็นต้น และเทคนิค คือ การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นเทคนิคที่เน้นการนำข้อมูลที่มีอยู่มาศึกษาเพื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นหลัก เทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน ประกอบด้วย การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) และ การหากฎความสัมพันธ์ (Association Rule)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจาก Stanford Twitter Sentiment Data [13] ที่รวบรวมระหว่างวันที่ 6 เมษายน ถึงวันที่ 25 มิถุนายน ปี ค.ศ. 2009 ประกอบด้วย ข้อความความคิดเห็นเชิงบวก (Positive) จำนวน 800,000 ข้อความ และข้อความความคิดเห็นเชิงลบ (Negative) จำนวน 800,000 ข้อความ รูปแบบของข้อมูลเป็นไฟล์เอกสารประเภท Comma Separated Value (CSV) ประกอบด้วย 6 필ด์ ได้แก่ 1) ข้อความความคิดเห็น มี 2 ด้าน คือ ความคิดเห็นเชิงลบ และ ความคิดเห็นที่เป็นเชิงบวก 2) ลำดับ มีรูปแบบเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม 3) วัน/เวลา 4) ประเด็นที่โพสต์ 5) ชื่อผู้โพสต์ และ 6) ข้อความความคิดเห็นตามลำดับ

3.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อความที่รวบรวมจากเว็บไซต์ทวิตเตอร์ มีคุณลักษณะเด่น คือ ความยาวของตัวอักษร ไม่เกิน 140 อักขระ ประกอบด้วยแฮชแท็ก (Hash Tag: #) ที่ใช้อธิบายสถานะที่ต้องการเน้นประเด็นหรือความรู้สึกต่างๆ เป็นพิเศษ ใช้สัญลักษณ์

บทความวิจัย (Research Article)

ข้อความแสดงอารมณ์ (Emoticons) ประกอบด้วยที่อยู่เว็บไซต์ (URL) การแท็กชื่อบุคคลขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย “@” ข้อความความคิดเห็นที่โพสต์เป็นประโยคสั้นๆ ไม่มีโครงสร้างที่แน่นอน มีคำศัพท์สแลง อักษรพิเศษ และคำสะกดผิดค่อนข้างมาก การนำข้อความเข้าสู่กระบวนการจำแนกความคิดเห็น ต้องมีการเตรียมข้อมูลประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการทำความสะอาดข้อความ (Cleaning) โดยการลบตัวอักษรซ้ำและแก้ไขคำที่สะกดผิด กระบวนการลบคำหยุดหรือคำที่ไม่มีนัยสำคัญในการจำแนกความคิดเห็น (Remove Stop words) โดยใช้คลังคำศัพท์ที่มีอยู่แล้ว จากนั้นทำการหารากคำศัพท์ (Stemming) โดยใช้คลังคำศัพท์ จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการตัดคำ (Tokenization) งานวิจัยนี้ทำการตัดคำด้วยวิธีการ Unigrams ร่วมกับ Bigrams โดยข้อความที่มีคำปฏิเสธ เช่น no, not จะใช้หลักการตัดคำด้วยวิธีการ Bigrams ส่วนข้อความอื่นๆ จะใช้หลักการตัดคำด้วย Unigrams จากนั้นทำการแทนค่าในเอกสาร (Document Representation) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการจำแนกความคิดเห็น งานวิจัยนี้ทำการแทนค่าน้ำหนักในเอกสารด้วยวิธีการ Boolean Weighting (Index Documents by using Boolean Weighting) โดยหากพบคุณลักษณะในเอกสาร จะให้ค่าเท่ากับ 1 หากไม่พบให้ค่าเท่ากับ 0 ขนาดเวกเตอร์จะมีขนาดเท่ากับจำนวนเอกสาร

3.3 การกำจัดคุณลักษณะที่มีความซ้ำซ้อน

การจำแนกความคิดเห็นโดยทั่วไปจะใช้เวกเตอร์ข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์แนวนอน (Horizontal Vector) ประกอบไปด้วย เซตของเอกสาร $D=\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ เมื่อ n = จำนวนเอกสารทั้งหมด เซตของคุณลักษณะ $F=\{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ เมื่อ m = จำนวนคุณลักษณะทั้งหมด และเซตของ

คลาส $C=\{c_1, c_2\}$ แต่ละเอกสาร $d \in D$ จะนำเสนอในรูปแบบ $(f_1, f_2, \dots, f_k, c_i)$ เมื่อ $f \in F$ และ $c \in C$ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบเวกเตอร์แนวนอน (Horizontal Vector)

Document id	f_1	f_2	...	f_m	Class
d_1	w_{11}	w_{12}	...	w_{1m}	c_1
d_2	w_{21}	w_{22}	...	w_{2m}	c_1
...	...	...	...	...	...
d_n	w_{n1}	w_{n2}	...	w_{nm}	c_2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์แนวนอน

Doc. ID	Feature (F)						Class
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	
d_1	1	0	1	0	1	0	c_1
d_2	0	1	0	1	0	0	c_1
d_3	0	1	1	1	0	1	c_1
d_4	0	0	1	0	0	0	c_2
d_5	1	0	0	0	1	0	c_2

จากตารางที่ 2 เขียนแทนในรูปแบบเซตของเอกสารดังนี้

$$d_1 = \{f_1, f_3, f_5, c_1\}$$

$$d_2 = \{f_2, f_4, c_1\}$$

$$d_3 = \{f_2, f_3, f_4, f_6, c_1\}$$

$$d_4 = \{f_3, c_2\}$$

$$d_5 = \{f_1, f_5, c_2\}$$

บทความวิจัย (Research Article)

งานวิจัยนี้ทำแปลงเวกเตอร์ที่อยู่ในรูปแบบแนวนอน เป็นข้อมูลแนวตั้ง (Vertical Data) เพื่อให้ง่ายและรวดเร็วในการคำนวณตัดคุณลักษณะที่ไม่จำเป็นออกไป กำหนดให้ $t(f_i)$ คือ เซตของเอกสารที่มีคุณลักษณะ f_i เช่น $t(f_1) = \{d_1, d_3\}$ แสดงว่าปรากฏคุณลักษณะ f_1 ในเอกสาร d_1 และ d_3 และ $t(c_i)$ คือ เซตของเอกสารที่อยู่ในคลาส c_i ข้อมูลแนวตั้งแต่ละแถวจะประกอบไปด้วย f_i และ $t(f_i)$ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบข้อมูลแนวตั้ง (Vertical Data)

Transaction	Set of Documents
f_1	$\{d_1, d_5\}$
f_2	$\{d_2, d_3\}$
f_3	$\{d_1, d_3, d_4\}$
f_4	$\{d_2, d_3\}$
f_5	$\{d_1, d_5\}$
f_6	$\{d_3\}$

เมื่อทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบแนวตั้งแล้ว ผู้วิจัยทำการตัดคุณลักษณะเพื่อลดค่าศูนย์โดยใช้แนวคิด ดังต่อไปนี้

ถ้า $t(f_i) = t(f_j)$ โดยที่ $f_i, f_j \in F$ แสดงว่า f_i และ f_j ปรากฏอยู่ในเอกสารชุดเดียวกันให้ตัดตัวใดตัวหนึ่งออกได้ โดยการจะตัดตัวใดออกจะพิจารณาจากหน้าที่ของคำ (Part of Speech) จากตารางที่ 3 พบว่า f_1, f_5 เป็นคุณลักษณะที่ปรากฏในเอกสารเดียวกัน คือ d_1 และ d_5 และ f_2, f_4 ปรากฏในเอกสารเดียวกัน คือ d_2 และ d_3 จากนั้นผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบหน้าที่ของคำคุณลักษณะเหล่านั้น โดยใช้ POS Tagger เพื่อเลือกคุณลักษณะที่ทำหน้าที่เป็นคำกริยาไว้ แล้วตัดคุณลักษณะที่เหลือ

ออก ซึ่งจากตัวอย่างพบว่า คุณลักษณะที่ทำหน้าที่เป็นคำกริยา คือ f_1 และ f_2 ดังนั้น f_5 และ f_4 จะถูกตัดออก เพราะถือว่าเป็นคุณลักษณะที่ซ้ำกับ f_1 และ f_2 และเมื่อลบออกแล้วจะเห็นว่าจำนวนคุณลักษณะลดลง แต่เอกสารยังคงปรากฏคุณลักษณะอยู่ จึงไม่ทำให้สูญเสียข้อมูลที่ส่งผลกระทบต่อตัวจำแนก เมื่อผ่านกระบวนการลดคุณลักษณะที่ซ้ำแล้ว จะคงเหลือทรานเซกชันของคุณลักษณะ ดังนี้

$$t(f_1) = \{d_1, d_5\}$$

$$t(f_2) = \{d_2, d_3\}$$

$$t(f_3) = \{d_1, d_3, d_4\}$$

$$t(f_6) = \{d_3\}$$

ข้อที่ 2. ถ้า $t(f_i) \cap t(f_j) = t(f_k)$ โดยที่ $f_i, f_j, f_k \in F$ แสดงว่า ทุกเอกสารที่ปรากฏ f_k จะปรากฏ f_i และ f_j ด้วยเสมอ ดังนั้น $t(f_i)$ และ $t(f_j)$ จึงเป็นตัวแทน $t(f_k)$ สามารถตัด f_k ออกได้ เช่น ทรานเซกชันที่เหลือหลังจากผ่านกระบวนการในข้อที่ 1 พบว่า เมื่อ $t(f_2) \cap t(f_3)$ จะได้เท่ากับ $t(f_6)$ แสดงว่า f_2 และ f_3 เป็นตัวแทนของ f_6 ได้ ผู้วิจัยจึงตัด f_6 ออก จะคงเหลือทรานเซกชันของคุณลักษณะ ดังนี้

$$t(f_1) = \{d_1, d_5\}$$

$$t(f_2) = \{d_2, d_3\}$$

$$t(f_3) = \{d_1, d_3, d_4\}$$

บทความวิจัย (Research Article)

เมื่อผ่านการบวนการตัดคุณลักษณะที่ซ้ำออกแล้ว จะต้องทำการแปลงข้อมูลในแนวตั้งกลับมาเป็นแถวเตอร์แนวนอนก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการจำแนก ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อแปลงข้อมูลกลับมาอยู่ในรูปแบบแถวเตอร์แนวนอน มีจำนวนคุณลักษณะลดลง และจำนวนค่าศูนย์ลดลง แต่ทุกเอกสารยังคงปรากฏคุณลักษณะ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลหลังผ่านกระบวนการลดคุณลักษณะ

Document (D)	Feature (F)			Class
	f_1	f_2	f_3	
d_1	1	0	1	c_1
d_2	0	1	0	c_1
d_3	0	1	1	c_1
d_4	0	0	1	c_2
d_5	1	0	0	c_2

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวัดประสิทธิภาพการจำแนกความคิดเห็น ผู้วิจัยทำการสุ่มข้อมูลความคิดเห็น จำนวน 8,000 ความคิดเห็น ซึ่งประกอบด้วยความคิดเห็นเชิงบวกและความคิดเห็นเชิงลบจำนวนเท่ากัน เปรียบเทียบการเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีการตัดคุณลักษณะที่ซ้ำซ้อน ดังที่ได้นำเสนอ กับการไม่เลือกคุณลักษณะ และการเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีการใช้ค่าสถิติไคสแควร์ แบ่งข้อมูลชุดสอน ข้อมูลชุดทดสอบ ด้วยวิธีการ 10-Fold Cross Validation ใช้ตัวจำแนกและทดสอบโดยวิธีการนาอีฟเบย์ เพื่อทดสอบผลการคัดเลือกคุณลักษณะ ผลการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกความคิดเห็น พบว่า การจำแนกความคิดเห็นโดยการตัดคุณลักษณะที่ซ้ำซ้อน มีประสิทธิภาพความถูกต้อง

สูงกว่าการไม่เลือกคุณลักษณะและวิธีการใช้ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-square) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลอง

วิธีการ	ค่าความถูกต้อง
ไม่เลือกคุณลักษณะ	70.68
เลือกคุณลักษณะโดยใช้ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-square)	71.76
เลือกคุณลักษณะโดยวิธีที่นำเสนอ	72.75

5. อภิปรายผลการประเมินประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการลดคุณลักษณะ โดยไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณลักษณะที่ส่งผลต่อการจำแนก เพื่อนำไปสู่การลดเวลาในการประมวลผลและเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้องการจำแนกความคิดเห็นที่อยู่บนเครือข่ายสังคมออนไลน์ จากผลการประเมินประสิทธิภาพการลดคุณลักษณะโดยใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้ง พบว่า มีประสิทธิภาพดีกว่าการไม่เลือกคุณลักษณะ และวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีการเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีการใช้ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-square) แสดงให้เห็นว่าการเลือกตัดคุณลักษณะที่ซ้ำซ้อน มีผลต่อประสิทธิภาพการจำแนก และการตัดคุณสมบัติที่ซ้ำซ้อนอย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยให้การจำแนกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

จากผลการวิจัยนี้สามารถนำวิธีการลดคุณลักษณะโดยใช้รูปแบบข้อมูลแนวตั้งไปประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบหรือการจำแนกประเภทข้อความอื่นได้ เช่น การตรวจสอบคัดกรองเอกสาร การจัดกลุ่มข้อความความคิดเห็นบนเครือข่ายสังคมออนไลน์อื่นๆ การจำแนกความคิดเห็นของการให้บริการต่างๆ เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Troussas, M. Virvou, K. Junshean Espinosa, K. Llaguno, and J. Caro,

บทความวิจัย (Research Article)

- "Sentiment analysis of Facebook statuses using Naive Bayes classifier for language learning," in *Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), Fourth International Conference*, 2013, pp. 1-6.
- [2] M. Anjaria and R. M. R. Guddeti, "Influence factor based opinion mining of Twitter data using supervised learning," in *Communication Systems and Networks (COMSNETS), 2014 Sixth International Conference*, 2014, pp. 1-8.
- [3] A. Ortigosa, J. M. Martín, and R. M. Carro, "Sentiment analysis in Facebook and its application to e-learning," *Computers in Human Behavior*, vol. 31, pp. 527-541, 2014.
- [4] S. Aslam. "Twitter Statistics [omnicore-agency.com]." [Online]. Available: <https://www.omnicoreagency.com/twitter-statistics/>. [Accessed: 1 March 2020].
- [5] H. Saif, Y. He, and H. Alani, "Alleviating data sparsity for Twitter sentiment analysis," in *Making Sense of Microposts (#MSM2012): Big things come in small packages at the 21st International Conference on the World Wide Web (WWW'12)*, Lyon, France, 2012.
- [6] A. A. G. M. Karamibekr, "Sentiment Analysis of Social Issues," in *International Conference on Social Informatics*, Canada, 2012, pp. 215-221.
- [7] J. Yang, Y. Liu, X. Zhu, Z. Liu, and X. Zhang, "A new feature selection based on comprehensive measurement both in inter-category and intra-category for text categorization," *Inf. Process. Manage*, vol. 48, pp. 741-754, 2012.
- [8] Q. Song, J. Ni, and G. Wang, "A Fast Clustering-Based Feature Subset Selection Algorithm for High-Dimensional Data," *IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng.*, vol. 25, pp. 1-14, 2013.
- [9] S. Das, "Filters, Wrappers and a Boosting-Based Hybrid for Feature Selection," in *the Proceedings of the Eighteenth International Conference on Machine Learning*, 2001.
- [10] J. C. Hall, "A Linguistic Model for Improving Sentiment Analysis Systems," Master of Science Thesis, North Dakota State University, Fargo, North Dakota, 2014.
- [11] B. Liu, *Sentiment Analysis and Opinion Mining*. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
- [12] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดาต้า ไมน์นิ่ง เบื้องต้น*, 1 ed. กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [13] A. Go, L. Huang, and R. Bhayani, *Twitter sentiment analysis*. 2009.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID

เปรม อิงคเวชชากุล¹, จิรวดี โยรัมย์¹ และ กิตติคุณ บุญเกตุ^{2,*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

² สาขาวิชาสถิติ และวิทยาการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: kittikoon.bk@bru.ac.th

(รับบทความ: 6 มิถุนายน 2566; แก้ไขบทความ: 17 มิถุนายน 2566; ตอรับบทความ: 27 มิถุนายน 2566)

บทคัดย่อ

ความปลอดภัยและสวัสดิภาพของนักเรียนระหว่างการเดินทางไป และกลับจากโรงเรียนมีความสำคัญอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการตรวจสอบ และติดตามนักเรียนบนรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ เพื่อป้องกันเหตุการณ์ที่นักเรียนถูกลืมไว้ในรถ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบนี้ประกอบด้วยบัตรที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยี RFID ซึ่งถูกเชื่อมต่อกับเว็บแอปพลิเคชัน และอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ผ่านทางเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งระบบนี้ทำงานโดยใช้บัตรที่เปิดใช้งาน RFID ซึ่งเมื่อนักเรียนเข้า หรือออกจากรถบัส ระบบจะส่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมไปยัง NodeMCU ESP8266 โดยใช้โพรโทคอล MQTT เพื่อประมวลผลและจัดเก็บเพิ่มเติมในฐานข้อมูล PHP MySQL นอกจากนี้ ยังมีการส่งการแจ้งเตือนเวลานักเรียนขึ้นหรือลงรถรับส่งผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปยังครูและผู้ปกครอง และยังสามารถดูข้อมูลต่าง ๆ ผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้ เพื่อให้มั่นใจว่าครูและผู้ปกครองจะได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับการขึ้นและลงจากรถบัสของนักเรียนทันที ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.18 อยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: ระบบตรวจสอบนักเรียน รถโรงเรียน อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เทคโนโลยี RFID เว็บแอปพลิเคชัน โพรโทคอล MQTT การแจ้งเตือนผ่านไลน์

การอ้างอิงบทความ: เปรม อิงคเวชชากุล, จิรวดี โยรัมย์, และ กิตติคุณ บุญเกตุ, "การพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 46-53, 2566.

บทความวิจัย (Research Article)

Development of an Efficient Student Monitoring System for School Buses using Internet of Things and RFID Technology

Prem Enkvetchakul¹, Jiravadee Yoyram¹ and Kittikoon Boonkate^{2,*}

¹ Department of Information Technology Faculty of Sciences Buriram Rajabhat University

² Department of Statistics and Information Faculty of Sciences Buriram Rajabhat University

* Corresponding Author: kittikoon.bk@bru.ac.th

(Received: June 6, 2023; Revised: June 17, 2023; Accepted: June 27, 2023)

Abstract

Ensuring the safety and well-being of students during their daily commute to and from school is of utmost importance for their care and protection. This research focuses on developing a method for checking and tracking student attendance on school buses using state-of-the-art technology to create an efficient and accurate system. The system incorporates RFID technology-enabled cards connected to a web application and hardware devices through the Internet of Things technology. By tapping their RFID cards upon boarding and disembarking the bus, student data is transmitted to the NodeMCU ESP8266, which utilizes MQTT protocol for processing and additional storage in the PHP MySQL database. Real-time notifications are also sent through the LINE application to ensure teachers and parents are promptly informed about students' bus entry and exit details. The proposed system aims to enhance student safety and prevent incidents of students being left behind in vehicles, providing a reliable and effective solution for school bus monitoring and management.

Keywords: Student monitoring system, school buses, Internet of things, RFID technology, web applications, MQTT protocol, LINE notifications

Please cite this article as: P. Enkvetchakul, J. Yoyram, and K. Boonkate, "Development of an Efficient Student Monitoring System for School Buses using Internet of Things and RFID Technology," *Journal of Engineering and Industrial Technology*, Kalasin University, vol. 1, no. 3, pp. 46-53, 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ด้วยสภาวะปัจจุบันที่มีจำนวนประชากรและนักเรียนที่เข้าร่วมการศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างสูง ผู้ปกครองมักไม่สามารถรับนักเรียนของตนเองในเวลาเลิกเรียนได้เนื่องจากความยุ่งยากหรือไม่สามารถจัดสรรเวลาให้ได้ ซึ่งนำไปสู่การใช้บริการรถรับ-ส่งประจำโรงเรียนเพื่อส่งนักเรียนไปยังจุดหมายปลายทาง [1] อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่นักเรียนถูกลืมในรถยนต์ยังเป็นเรื่องที่สื่อมวลชนนำเสนอข่าวอยู่บ่อยครั้ง ส่วนใหญ่เกิดจากการประมาทของคนขับรถที่ไม่ตรวจสอบที่นั่งภายในรถเป็นระยะเวลานานพอหรือเกิดจากสภาพแวดล้อมภายในรถที่มีมืดหรืออากาศมีหมอกอับสาหัส ทำให้คนขับรถไม่สามารถสังเกตเหตุการณ์ได้ ผลที่อาจเกิดขึ้นคือเกิดเหตุการณ์ที่นักเรียนถูกลืมในรถ บางกรณีอาจส่งผลต่อความปลอดภัยและสามารถเป็นอันตรายได้ รวมถึงการสูญเสียชีวิตได้ [2]

ด้วยเหตุดังกล่าว ผู้พัฒนาจึงได้มีแนวความคิดในการพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์ร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) [3] และการระบุตัวตนด้วยความถี่วิทยุ (RFID) [4] เพื่อพัฒนาต้นแบบของระบบที่สามารถตรวจสอบ และติดตามสถานะนักเรียนบนรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน และไลน์แอปพลิเคชัน การพัฒนาระบบนี้เพื่อเพิ่มมาตรการความปลอดภัยสำหรับนักเรียนที่ใช้บริการรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน และเพื่อเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ปกครองเมื่อต้องเลือกใช้บริการรถรับส่งนักเรียนในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสาร

รถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID

2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ส่วนของอุปกรณ์

- 1) ได้รับบัตร RFID เพื่อใช้ในการลงทะเบียนเวลาขึ้น หรือลงจากรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน
- 2) แสดงจำนวนนักเรียนที่อยู่บนรถรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน

3.2 ส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน

- 1) สามารถบันทึกข้อมูล วัน เดือน ปี เวลา การขึ้น – ลงรถ ของนักเรียนแต่ละคน
- 2) บันทึกข้อมูลนักเรียน ผู้ปกครอง ครูผู้ดูแลคนขับรถและรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน
- 3) ส่วนของรายงานการขึ้น ลง รถของนักเรียน
- 4) ส่วนแสดงจำนวนนักเรียนในรถรับ-ส่ง เลขรถ และคนดูแลรถ

3.3 ส่วนของการแจ้งเตือนทางไลน์แอปพลิเคชัน

แจ้งเตือนไปยังผู้ปกครอง ครูผู้ดูแล และคนขับรถเมื่อนักเรียนขึ้น หรือลงจากรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ผู้ปกครองและครูผู้ดูแลสามารถทราบได้ว่านักเรียนขึ้น-ลงรถรับส่งแล้วหรือยัง โดยระบบแจ้งเตือนจะส่งข้อมูลการขึ้นลงรถมายังผู้ปกครองหรือครูผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4.2 ทราบจำนวนนักเรียนที่อยู่บนรถได้ เช่น จำนวนนักเรียนที่ขึ้นลงรถ หรือจำนวนที่เหลือนอยู่ในรถ

บทความวิจัย (Research Article)

ซึ่งจะเพิ่มความสบายใจและความมั่นใจให้กับคนขับรถที่รับผิดชอบในการดูแลเด็กในรถ

4.3 เพิ่มความปลอดภัยและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการติดค้างอยู่ในรถของนักเรียน

5. บรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

รุจกา และคณะ [5] ได้ศึกษาการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID โดยใช้ต้นแบบระบบจากงานวิจัยเรื่อง การออกแบบสภาพแวดล้อมแบบสมาร์ตลิ้นจี่โดยใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ IoT และเครื่องอ่าน RFID และการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์ด้วยระบบ UCT-SAMS เพื่อสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ทันทีแบบเรียลไทม์ ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำ ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการใช้ระบบเดิมที่ตรวจสอบด้วยมือและใช้เวลาไม่น้อยลงในการคำนวณเพื่อสรุปผลสถิติการเข้าเรียน รวมทั้งยังสามารถกำหนดรูปแบบการนำไปใช้งานได้หลากหลาย

ธัญธร และพรรษา [6] ได้ศึกษาเรื่องแอปพลิเคชันแจ้งเตือนตัวนับจำนวนคนเข้า-ออกด้วยกล้องโครงการแอปพลิเคชันแจ้งเตือนตัวนับจำนวนคนเข้า-ออกด้วยกล้องได้มีแนวคิดมาจากการที่ในปัจจุบันได้มีการลี้มนเด็กนักเรียนไว้บนรถรับ-ส่งบ่อยมาก สาเหตุมาจากการไม่ตรวจสอบความประมาททางเราจึงแก้ปัญหาโดยการจัดทำกล้องตรวจจับบนรถรับ-ส่งนักเรียน ตรวจนับการเข้าออกของนักเรียนในรถ และทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันให้ผู้ขับรถได้ทราบว่านักเรียนติดค้างบนรถหรือไม่ ซึ่งทำให้แก้ปัญหาการลี้มนเด็กนักเรียนหรือติดค้างบนรถ

พนิดา และวสิน [7] ได้ศึกษารูปแบบการเดินทางไปโรงเรียนและประเมินความรู้ความเข้าใจในเรื่องความปลอดภัยในการเดินทางของนักเรียนจากโรงเรียนวิสุทธิรังษี จังหวัดกาญจนบุรี ได้เก็บข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถามออนไลน์ โดยสำรวจครอบคลุมถึงลักษณะการเดินทางและการรับรู้

เกี่ยวกับกฎการใช้ถนนในด้านต่างๆ โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้น 423 คน พบว่า 1) รูปแบบการเดินทางที่นักเรียนใช้เดินทางไปโรงเรียนมีสองรูปแบบหลัก คือ ผู้ปกครองรับ-ส่งและใช้รถรับ-ส่งนักเรียน เป็นสัดส่วนร้อยละ 38.50 ทั้งสองรูปแบบและนักเรียนใช้จักรยานยนต์เดินทางไปโรงเรียนเป็นสัดส่วนร้อยละ 5.40 2) นักเรียนในกลุ่มนักเรียนที่ใช้จักรยานยนต์เดินทางไปโรงเรียนส่วนใหญ่ไม่มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ สัดส่วนถึงร้อยละ 56.50 3) ปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปแบบการเดินทาง ได้แก่ ระยะเวลา ระดับชั้น เพศ อายุ ความสามารถในการขับขี่รถจักรยานยนต์ และการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ 4) จากการสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการเดินทางไป-กลับโรงเรียนของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมในการเดินทางเป็นไปอย่างถูกต้อง 5) จากการวิเคราะห์ผลจากแบบทดสอบประเมินความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการเดินทาง พบว่า นักเรียนมีความรู้เรื่องป้ายสัญลักษณ์เป็นสัดส่วนมากที่สุด แต่มีความรู้เรื่องการเดินเท้าและการข้ามถนนเป็นสัดส่วนน้อยที่สุด

เกศศักดิ์ และวรางคณา [2] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับแจ้งเตือน และป้องกันเด็กติดค้างในรถยนต์ในขณะจอดรอโดยผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีที่แจ้งเตือนโดยใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์โดยทำการทดสอบกับการใช้บัตรระบุตัวตนตัวตรวจจับทางแสงและตัวตรวจจับที่ใช้หลักการตรวจจับคลื่นความร้อนโดยการทดลองพบว่าตัวตรวจจับที่ใช้หลักการตรวจจับคลื่นความร้อนจากสิ่งมีชีวิตเป็นวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

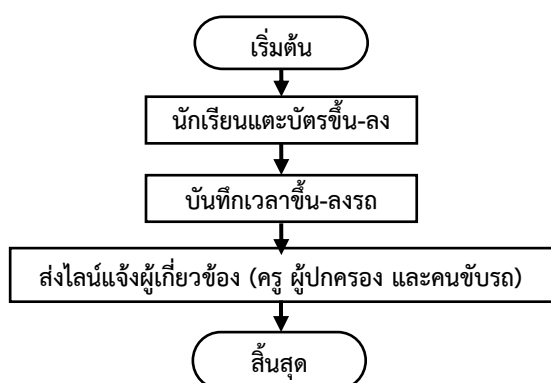
6. วิธีการดำเนินการวิจัย

6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์

หลังจากที่ได้ศึกษาระบบงานจึงได้ทราบปัญหาการทำงานของระบบ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ และ

บทความวิจัย (Research Article)

ออกแบบระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID โดยมีแผนผัง Flow Chart เป็นเครื่องมือที่ใช้อธิบายถึงขั้นตอนการทำงานของระบบ ซึ่งให้ ผู้พัฒนาระบบ และผู้ใช้งานระบบได้ทราบรายละเอียดการทำงานได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1

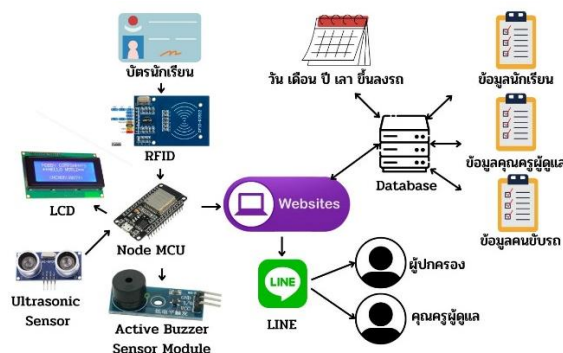


รูปที่ 1 ผังระบบการพัฒนาของระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID

6.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบเพื่ออำนวยความสะดวกในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID จะมีการทำงานอยู่ 3 ส่วน ประกอบด้วย RFID เว็บเซิร์ฟเวอร์ และไลน์ ส่วนแรกที่ทำหน้าที่คือ RFID การใช้บัตรนักเรียนแต่ละบัตรกับ RFID เพื่ออ่านข้อมูลในบัตรแล้วส่งข้อมูลไปที่ NODE MCU 32 และยังมี ULTRASONIC SENSOR คอยตรวจสอบนักเรียนที่เดินขึ้นรถโดยแสดงผลผ่านจอ LCD ถ้าหากมีนักเรียนที่ไม่ได้แตะบัตรขึ้นรถตัวเซนเซอร์เสียงจะส่งเสียงเมื่อเสร็จสิ้นส่วนนี้แล้ว Node MCU ESP8266 จะส่งข้อมูลไปที่ เว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อเก็บข้อมูล วัน เดือน ปี

เวลาที่ขึ้น - ลงรถแล้วส่งข้อมูลกลับไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นก็ส่งข้อมูลไปยังไลน์เพื่อแจ้งผู้ปกครองและคุณครูผู้ดูแลของนักเรียน



รูปที่ 2 การออกแบบระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID

6.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

จากการพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID ผู้วิจัยได้นำไปติดตั้งใช้งาน และประเมินประสิทธิภาพของระบบว่าตรงกับความต้องการ และสามารถแก้ไขปัญหาได้ หรือไม่ โดยใช้แบบประเมินในการประเมินการทำงานของระบบ เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่ 2 จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลดังต่อไปนี้ [8]

- ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 มีประสิทธิภาพมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 มีประสิทธิภาพมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 มีประสิทธิภาพปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 มีประสิทธิภาพน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

6.4 เครื่องมือการวิจัย

ใช้แบบประเมินประสิทธิภาพในการประเมินการทำงานของระบบ

บทความวิจัย (Research Article)

7. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและการพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID สามารถป้องกันการลืมเด็กไว้บนรถ ทำให้เพิ่มความปลอดภัยให้กับนักเรียนที่ใช้บริการรถรับส่งนักเรียน และให้ความมั่นใจเพิ่มขึ้นให้กับผู้ปกครองในการเลือกใช้บริการรถรับส่งนักเรียน มีผลสรุปการวิจัยได้ดังนี้

7.1 ระบบติดตามดูแล

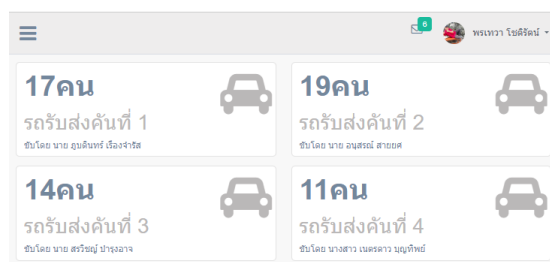
ระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID ประกอบด้วย

1) บัตรนักเรียนบัตรนักเรียนนี้จะให้นักเรียนใช้แตะบัตรเพื่อขึ้น-ลง รถรับส่งโดยหน้าตาของบัตรนักเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บัตรนักเรียน RFID

2) หน้าแสดงจำนวนนักเรียนที่อยู่บนรถรับส่ง ผู้ปกครอง ครูผู้ดูแล และคนขับรถจะทราบได้ว่ารถคันไหนมีนักเรียนอยู่ในรถกี่คน คนขับซื้ออะไร และเบอร์รถอะไร ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าแสดงจำนวนนักเรียนที่อยู่บนรถ ชื่อคนขับรถ เบอร์รถ

3) บันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลวัน เดือน ปี เวลา การขึ้น – ลงรถรับส่งของนักเรียนแต่ละคน เมื่อนักเรียนแตะบัตรระบบจะทำการบันทึกข้อมูลการขึ้นและลงรถของนักเรียน นอกจากนั้นระบบยังแจ้งข้อมูลการขึ้นลงรถไปยังไลน์ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงข้อมูลการขึ้น-ลงรถที่หน้าไลน์

7.2 การประเมินประสิทธิภาพระบบติดตาม

การประเมินประสิทธิภาพระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ RFID ที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาและประเมินประสิทธิภาพโดยใช้แบบประเมินคุณภาพ และนำมาวิเคราะห์ด้วย

บทความวิจัย (Research Article)

ค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความหมายด้านความสามารถของแอปพลิเคชันของผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	$\bar{X}$	SD	ระดับ
ด้านความสามารถของแอปพลิเคชัน	4.20	0.72	มาก
1. ความสามารถด้านการจัดการผู้ใช้	4.20	0.69	มาก
2. ความสามารถในการจัดการระบบรับ – ส่งนักเรียน	4.20	0.64	มาก
3. ความสามารถในการรายงานข้อมูล	4.17	0.84	มาก
4. ความสามารถในการเข้าใช้งาน	4.23	0.71	มากที่สุด
ด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน	4.18	0.61	มาก
1. รูปแบบการใช้งานแอปพลิเคชันความง่ายในการเข้าถึงข้อมูล	4.13	0.67	มาก
2. กระบวนการทำงานของแอปพลิเคชันมีความรวดเร็วในการเรียกใช้บริการ	4.20	0.83	มาก
3. การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.17	0.61	มาก
4. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	4.23	0.47	มากที่สุด
5. ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันรูปแบบและวิธีการนำเสนอข้อมูล	4.17	0.47	มาก
ด้านประสิทธิภาพ	4.18	0.71	มาก
ระบบใช้งานสะดวกและไม่ซับซ้อน	4.20	0.69	มาก
สามารถค้นหาหรือเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย	4.23	0.69	มากที่สุด
ประสิทธิภาพ/ความเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.17	0.89	มาก
มีข้อมูลที่ถูกต้องสมบูรณ์และครบถ้วน	4.07	0.67	มาก
ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.20	0.55	มาก
ข้อมูลที่เผยแพร่สู่ภายนอกมีความเหมาะสม	4.17	0.61	มาก
มีการจัดการระดับความปลอดภัยหรือกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างเหมาะสม	4.20	0.85	มาก
โดยรวม	4.18	0.68	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.18 อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยในด้านความสามารถของแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 รองลงมาคือ ด้านการออกแบบ และด้านประสิทธิภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 อยู่ในระดับมาก

7.3 การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

ผลการประเมินความพึงพอใจของ โดยให้ผู้ใช้งานจำนวน 30 คน ประเมินโดยใช้แบบประเมินความพึง

พอใจ และนำมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบ

รายการ	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. ด้านการออกแบบระบบ	4.65	0.75	ดีมาก
2. ด้านความรวดเร็วของการใช้งาน	4.56	0.61	ดีมาก
3. ด้านความถูกต้องของการทำงาน	4.71	0.55	ดีมาก
4. ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน	4.45	0.75	ดี
5. ด้านประโยชน์ของการใช้งาน	4.55	0.51	ดีมาก
โดยรวม	4.58	0.63	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุดในด้านความถูกต้องของการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 รองลงมา คือ ด้านการออกแบบระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และน้อยที่สุด คือ ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45

8. อภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาระบบติดตามดูแลนักเรียนที่มีประสิทธิภาพในการโดยสารรถรับ-ส่งประจำโรงเรียน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและ RFID ช่วยให้ผู้ปกครอง และครูผู้ดูแลสามารถทราบได้นักเรียนขึ้น-ลงรถรับส่ง แล้วหรือยัง ทราบจำนวนนักเรียนที่อยู่บนรถ เพิ่มความปลอดภัย และลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการติดค้างอยู่ในรถของนักเรียน สร้างความมั่นใจให้กับผู้ปกครองในการเลือกใช้บริการรถรับส่งนักเรียน และผลการประเมินประสิทธิภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบอยู่ในระดับดีมาก

9. ข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงาน คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)

- 1) ควรใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพตามขนาดรถรับส่งและจำนวนนักเรียน
- 2) ควรตรวจสอบอุปกรณ์ และระบบให้ดีในการใช้งานเพื่อความปลอดภัยของนักเรียน
- 3) ควรศึกษาตัวอย่าง และฝึกทักษะการออกแบบ รวมทั้งฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับระบบการทำงานที่มีการใช้สมองกลฝังตัวอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีความรู้และประสบการณ์มากขึ้น

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนดล พัดเจริญ และ อนุพงศ์ พุ่มน้อย, "ชุด LED แฉ่งเตือนด้วยเสียงบนรถตู้รับ-ส่งนักเรียน," สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ, 2561.
- [2] เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร และ วรางคณา เหนือคูเมือง, "การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบแจ้งเตือนเด็กติดค้างในรถยนต์," *วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, หน้า 34-39, 2560.
- [3] ณภัทร เลขะวัฒนะ และ ศิรตล ศิริธร, "การพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางสำหรับนักเรียนระหว่างรถนักเรียนและยานพาหนะอื่น," *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 1, หน้า 61-67, 2556.
- [4] ศุภรีย์ แวหะมะ, อาลีฟท์ มะแอ, และ ซอและ เกป็น, "แอปพลิเคชันเช็คนักเรียนขึ้น-ลงรถ," ใน *งานประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 6 NSCIC2021*, 1-2 เมษายน 2560.
- [5] รุจกา สติรางกูร, พัลลภา มิตรสงเคราะห์, และ อำนวย วิษณุละลาส, "การพัฒนาต้นแบบระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID," *วารสารการจัดการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2, หน้า 35-47, 2564.
- [6] ธัญธร ศรีชัยสารกูร และ พรธชา เมธาโชติมณีกุล, "แอปพลิเคชันแจ้งเตือนตัวนับจำนวนคนเข้า-ออกด้วยกล้อง," วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พัฒนการ, 2563.
- [7] พนิดา พิโกโต และ วคิน เกียรติโกมล, "การศึกษาพฤติกรรมและความรู้ด้านความปลอดภัยในการเดินทางของนักเรียน," ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*, 24-26 สิงหาคม 2565.
- [8] มัลลิกา บุณนาค, *สถิติเพื่อการวิจัยและตัดสินใจ*, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.



Journal of Engineering
and Industrial Technology

วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

กองบรรณาธิการวารสาร

"วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

โทร: 088-574-2199 Email: jeit@ksu.ac.th