



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2566)

ISSN (Online) 2773-9120

JOURNAL OF SCIENCE TECHNOLOGY

Southeast Bangkok University

Vol.3 No.2

(July–December 2023)





สารบัญ

กองบรรณาธิการ (Editorial team)

บรรณาธิการแถลง (Editor note)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewers)

บทความวิจัย

การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน 1-13

THE DEVELOPMENT OF THE ALBUM POST INFOGRAPHIC MEDIA ON ONLINE PLATFORM
FOR PRIVATE ORGANIZATION PUBLIC RELATIONS

พรภัสสร ปริญญาภูกุล, กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์, ชลิตา แทนเอี่ยม และ ปิยชัย อิมจิต

การลดความผิดพลาด และลดระยะเวลาในการหยิบสินค้า 14-31

กรณีศึกษา บริษัท EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO., LTD.

REDUCING PICKING ERRORS AND PICKING TIME IN WAREHOUSE : CASE STUDY OF EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO.,LTD
คัณฉางค์ โคตรโยธา, วิชชุดร งามสะอาด และ ปิยะเนตร นาคสีดี

กระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล 32-48

THE WORKING PROCESS AND CREATIVE TECHNIQUES OF FOOD PHOTOGRAPHY FOR ADVERTISING IN THE DIGITAL AGE
กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี

การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแป้งมันสำปะหลัง 49-61

RAW MATERIALS SUPPLIERS ASSESSMENT FOR TAPIOCA STARCH FACTORY

วิชญ์ พองอ่อน, นุชสรา เกรียงกรกฎ และ ปรีชา เกรียงกรกฎ

การประยุกต์ใช้ GIS Analysis และ VRP วิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูลเส้นทาง การขนส่งห่วงโซ่ความเย็น สำหรับส่งมอบวัคซีน 62-74

ไปยังโรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุขในสังกัดกรุงเทพมหานคร

IMPROVEMENT OF COLD CHAIN MANAGEMENT FOR VACCINES USING VRP AND GIS TO HOSPITALS AND
PUBLIC HEALTH SERVICE CENTERS UNDER THE BANGKOK METROPOLITAN ADMINISTRATION

ณัฐวุฒิ พุ่มพุกชี, ปิยธิดา ศรีพงษ์สุทธิ และ พรพิทักษ์ พันธุ์หล้า



สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย

QUANTUM TELEPORTATION DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT USING Q# LIBRARY AND C# CLIENT	75-90
Kayun Chantarasathaporn, Choonhapong Thaiupathump, Nongnat Nopakun, Yong Li, Vasutan Tunbunheng and Luo Yong	
THE EXPERIMENT DETERMINATION OF THE OPTIMAL MIXING RATIO OF POLYESTER FIBER SCRAP WITH 100% POLYESTER IN NONWOVEN FABRIC PRODUCTION	91-102
Nattavadee Mahanil	
THE OPTIMUM DESIGN OF THE JIB CRANE BY USING FINITE ELEMENT METHOD	103-113
Picha Panmongkol, Wasan Leelatanaroek and Noppakorn Phuraya	

JSCI-SBU

บทความวิจัยที่นำมาตีพิมพ์ในแต่ละฉบับ กองบรรณาธิการจะตรวจสอบเป็นขั้นตอนแรก และจัดให้มีการตรวจประเมินคุณภาพบทความตามเกณฑ์ และรูปแบบที่กำหนดในลักษณะ วารสารแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิตั้งน้อย 3 ท่านที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความ เพื่อประเมิน บทความ โดยวารสารจะรักษาความลับทั้งด้านผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เขียนบทความ (Double Blind) คือ ปกปิด รายชื่อผู้เขียนบทความและผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย บรรณาธิการ (Editor) ผู้เขียน บทความ (Authors) และผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ (Reviewer) รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจะต้องปฏิบัติ ตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์บทความ



ที่ปรึกษา

ดร.สมศักดิ์ รุ่งเรือง

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุตาสวรรค์ งามมงคลวงศ์

คณบดีคณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม

กองบรรณาธิการ

1. ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ณมน จีรังสุวรรณ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เปรมพร เขมาวุฒม์
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรรัตน์
5. รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ สวัสดิ์นะที
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงศ์ จตุรัส
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา เสาร์สิงห์
9. รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย รังสินันท์
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา สังข์พุ่ม
11. ศาสตราจารย์ พล.ร.ต.หญิง ยุวดี เปรมวิชัย
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลยา ชูประดิษฐ์
13. รองศาสตราจารย์ ดร.กนก เจนจิระพงศ์เวช
14. รองศาสตราจารย์ พรศักดิ์ อรรถวานิช
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุโกศล วโนทยาพิทักษ์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวมพร ทองรัมย์ โอนเนส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

ฝ่ายจัดการวารสารและพิสูจน์อักษร

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาณวัฒน์ พลอยเทศ
2. ดร.โศจิลักษณ์ กมลศักดิ์วิกุล
3. อาจารย์เยาวภาณี รอดเพชร
4. อาจารย์นฤฤทธิ์ตา สุตสงวน
5. นางสาววัชรินทร์ จัตุกุล



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2566 ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 8 ประกอบด้วยบทความวิจัย 8 เรื่อง มีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาเทคโนโลยีมีเดียและแอนิเมชัน สาขานวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีทางการศึกษา สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม/เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขานวัตกรรมทางธุรกิจ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงสาขาต่างๆ ที่มีการบูรณาการข้ามศาสตร์ที่เกี่ยวข้องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากวิกฤติพลังงาน มลภาวะทางอากาศ และก๊าซเรือนกระจก ที่นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้มนุษย์ต้องเร่งพัฒนานวัตกรรมขึ้นมาเพื่อกำหนดชีวิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รถยนต์ EV หรือ Electric Vehicle คือ ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้แบบสันดาป (Combustion Technology) โดยรถยนต์ EV จะใช้พลังงานจากไฟฟ้าแทนการใช้มันน้ำมันหรือพลังงานอื่นๆ โดยระบบรถไฟฟ้าจะเก็บพลังงานเอาไว้ในแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จได้ และแปลงพลังงานจากแบตเตอรี่มาใช้ในการขับเคลื่อนรถ ซึ่งเป็นคำตอบที่หลายประเทศเลือกเพื่อแก้ไขวิกฤติพลังงานและสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยภาครัฐมีการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้า โดยคณะกรรมการได้มีมติเห็นชอบเรื่องภาษีและเงินสนับสนุน เพื่อช่วยให้ราคารถยนต์ไฟฟ้าถูกลง เป็นการจูงใจให้ผู้บริโภคหันมาใช้รถยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น โดยคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติได้กำหนดเป้าหมาย “30/30” คือเร่งผลิตรถยนต์ไฟฟ้าให้ได้ 30% ของการผลิตยานยนต์ภายในประเทศ ภายในปี 2030 ผลจากนโยบายการสนับสนุนดังกล่าว ทำให้เห็นว่าความนิยมในการเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้ามีจำนวนมากขึ้น ซึ่งจากงานมหกรรมยานยนต์ ครั้งที่ 40 หรือ Thailand International Motor Expo 2023 ที่ผ่านมามีแนวโน้มยอดขายรถประเภทไฟฟ้า EV (Electric Vehicle) มียอดจองเกินกว่า 20,000 คัน และในช่วงของการเผยแพร่วารสารฉบับที่ 8 ซึ่งตรงกับวันปีใหม่ จึงขออวยพรให้ทุกคนประสบความสำเร็จ รุ่งเรือง ขอให้มีความสุขกายสบายใจ ปราศจากทุกขโศก โรคภัยทั้งหลายทั้งปวง ข้ามผ่านปี 2023 สู่ปี 2024 อย่างมีความสุขค่ะ

สุดท้ายนี้ขอเชิญชวนคณาจารย์ นักวิชาการ และนิสิต นักศึกษา รวมถึงผู้สนใจทั่วไปส่งบทความวิจัย บทความวิชาการ บทความหนังสือ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในฉบับต่อ ๆ ไปของเรา โดยท่านสามารถส่งผลงานได้ผ่านทางช่องทางออนไลน์ของวารสาร Link: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSCI>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาสวรรค์ งามมงคลวงศ์
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก [JSCI-SBU]



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Reviewers)

ประจำวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอกปีที่ 3 ฉบับที่ 2

- | | |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ทิพย์จักร์รัตน์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.กอบเกียรติ สระอุบล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปราการเจริญ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร | สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.สงวน วงษ์ขลิบทกุล | วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์ |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา ปาปัดถา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนีรัตน์ ภารนนท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก เยาว์วงศ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ |
| 10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เปรมพร เขมาวุฒม์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถการ สัตยพานิชย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกวุฒิ ศิริรักษ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ มีถม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐพงศ์ ส่งเนียม | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ วลัยรัชต์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 17. ดร.สุวิมล จุงจิตร | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 18. ดร.โสภิตา ท้วมมี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 19. ดร.บุญชม สุตจิตต์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก |
| 20. ดร.อภิชาติ อนุกุลเวช | วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี |
| 21. ดร.ก้าวน้ำ จงวัฒนารักษ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยะ พุ่มเฉลิม | มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร | มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก |
| 24. ดร.สุรัตน์ จันทองปาน | มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก |
| 25. ดร.รวมพล จันทศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก |
| 26. ดร.เอกราช ทุมพล | มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก |
| 27. ดร.เชษฐภณัญญ์ ปัญญาวีชรวงค์ | มหาวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก |

การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน

THE DEVELOPMENT OF THE ALBUM POST INFOGRAPHIC MEDIA ON ONLINE PLATFORM FOR PRIVATE ORGANIZATION PUBLIC RELATIONS

พรปัทสน์ ปริญาญกุล¹, กุลธิดา ธรรมวิวัฒน์², ชลิตา แทนเอี่ยม³ และ ปิยชัย อิมจิต⁴

Pornpapatsorn Princhankol¹, Kuntida Thamwipat², Chalita Taneium³ and Piyachai Aimjit⁴

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี^{1,2,3,4}

Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi^{1,2,3,4}

* Corresponding author: E-mail: kuntida.tha@kmutt.ac.th¹, pornpapatsorn.pri@kmutt.ac.th²,
chalita.tan@kmutt.ac.th³, piyachai.aim@kmutt.ac.th⁴

Received: June 29, 2023
Revised: July 19, 2023
Accepted: August 22, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กร 2) เพื่อประเมินคุณภาพสื่อที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น และ 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้นตามรูปแบบ ADDIE Model เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อการนำเสนอ แบบประเมินผลการรับรู้และแบบประเมินความพึงพอใจ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ติดตามบนแฟนเพจเฟซบุ๊กประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้ติดตามที่ยินดีตอบแบบสอบถาม จำนวน 30 คน และใช้สถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยได้ 1) ได้สื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์จำนวน 4 ชุด 2) ผลจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.88$, S.D. = 0.22) และผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.52) 3) ผลประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.45) และ 4) ความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.55) ตามลำดับ ดังนั้นสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจึงสามารถนำไปใช้เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนได้จริง

คำสำคัญ : อินโฟกราฟิก, อัลบั้มโพสต์, แพลตฟอร์มออนไลน์, ประชาสัมพันธ์องค์กร

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop album post infographic media on online platform for private organization public relations 2) to assess the quality of the media developed 3) to evaluate the perception of the sample group towards the album post infographic media developed, and 4) to evaluate the satisfaction of the sample group towards the album post infographic media developed following the ADDIE Model. The tools used in this study consisted of: content and presentation quality assessment form, a perception assessment form, and a satisfaction assessment form. Collected data from the sample group, by chosen purposively from organization public relations Facebook fanpage followers who willingly answered the questionnaires, with a total of 30 participants and the statistical used mean and standard deviation. The result of research were 1) the development of 4 sets of the album post infographic media, and 2) the evaluation results from experts indicated that the content quality was at a very good level ($\bar{X} = 4.88$, $SD = 0.22$). The evaluation of the presentation media quality was also at a very good level ($\bar{X} = 4.60$, $SD = 0.52$). 3) The assessment of perception from the sample group was at the highest level, ($\bar{X} = 4.70$, $SD = 0.45$) and 4) the satisfaction from the sample group and ($\bar{X} = 4.61$, $SD = 0.55$) respectively. Therefore, the designed and developed album post infographic media could be used for private organization public relations practically.

Keywords: Infographics, Album Post, Online Platform, Private Organization Public Relations

บทนำ

การประชาสัมพันธ์ เป็นหนึ่งในส่วนผสมของการสื่อสารทางการตลาดซึ่งมีความสำคัญอย่างหนึ่งขององค์กร ที่นอกเหนือจากการโฆษณา การขายโดยพนักงานขาย และการส่งเสริมการขาย ทั้งนี้องค์กรอาจอยู่ในรูปของบริษัท ห้างร้าน สมาคม หรือหน่วยงานต่าง ๆ ส่วนหนึ่งในระบบสังคมซึ่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน องค์กรจะไม่สามารถอยู่ในสังคมได้ หรืออยู่ได้ยาก หากปราศจากการยอมรับ และความเข้าใจจากสาธารณชนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในสังคม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกระตุ้นให้มีความสนใจต่อการทำความเข้าใจ และสร้างความสัมพันธ์อันดีกับสาธารณชนผ่านสื่อต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้สาธารณชนมีทัศนคติ ความเชื่อ หรือมุมมองที่ดีต่อองค์กร อันจะส่งผลต่อการดำเนินงานอย่างราบรื่นในระยะยาวของ องค์กร [1] ชีวิตของคนเราในทุกวันนี้ผูกพันอยู่กับสิ่งที่เรียกว่า “ดิจิทัลคอนเทนต์” อย่างเหนียวแน่น เพียงแต่เราอาจไม่ได้ สังเกตว่า นั่นคือหนึ่งในดิจิทัลคอนเทนต์เท่านั้นเอง ดิจิทัลคอนเทนต์เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเผยแพร่ จำหน่ายและให้บริการด้านดิจิทัลคอนเทนต์ เช่น แอนิเมชัน คอมพิวเตอร์กราฟิก ภาพยนตร์ และรายการโทรทัศน์ เกม สื่อใน รูปแบบ ใหม่ การตูนคาแรคเตอร์ รวมไปถึงบทเรียนออนไลน์ โดยสื่อที่นิยมในยุคปัจจุบันมากที่สุดนั่นก็คือสื่อ อินโฟกราฟิก และการอ่านบทความดิจิทัล หรือดิจิทัลคอนเทนต์สะดวกเป็นอย่างมาก เพราะเป็นรูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยอาศัย เครื่องมือ คอมพิวเตอร์ หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในการถ่ายทอดเรื่องราวผู้เรียน สามารถศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง ไม่มีขีดจำกัด เรื่องระยะทาง เวลา และสถานที่โดยที่การเรียนการสอนนั้นสามารถอยู่ในรูปของการสอนทางเดียว และการแสดงเนื้อหาผ่าน ทางอุปกรณ์ดิจิทัลต่าง ๆ นั่นก็คือ คอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือนั่นเอง [2] เมื่อก้าวถึงสื่ออินโฟกราฟิกในยุคปัจจุบัน นับเป็นสื่อที่ตอบโจทย์การค้นหาข้อมูลบนโลกอินเทอร์เน็ตที่สามารถค้นหาได้อย่างสะดวกรวดเร็วและไม่ยุ่งยาก งานออกแบบที่ดีและสร้างสรรค์จะช่วยให้เกิดการแบ่งปันกันมากขึ้นในโซเชียลมีเดีย ดังนั้นข้อมูลที่เป็นรูปภาพจะช่วยให้

เข้าใจและเข้าถึงได้ง่ายกว่าข้อมูลหรือสื่อที่เป็นตัวหนังสือเพียงอย่างเดียว ในหลายครั้งข้อมูลสำคัญที่เราต้องการจะสื่อสารมากแค่ไหน แต่ข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือเพียงอย่างเดียว อาจจะน่าเบื่อเกินไปที่บุคคลทั่วไปจะอ่าน ซึ่งสื่ออินโฟกราฟิกเกิดขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานี้ สื่ออินโฟกราฟิกจึงตอบโจทย์และเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ทำให้คนหันมาสนใจสื่อในรูปแบบอินโฟกราฟิกมากยิ่งขึ้น ประกอบกับการโพสต์แบบอัลบั้มโพสต์บนเฟซบุ๊ก มีข้อเด่น คือ สามารถโพสต์ภาพสวย ๆ ได้หลายภาพในโพสต์เดียว จึงเป็นสื่อประชาสัมพันธ์ที่ประหยัดค่าใช้จ่าย แต่มีประสิทธิภาพในการสื่อสารประชาสัมพันธ์กับกลุ่มเป้าหมายสูง [3]

ไวท์ไลน์กรุ๊ป (Whiteline Group) [4] เป็นองค์กรเอกชนที่ก่อตั้งขึ้นในกรุงเทพมหานคร เมื่อปีพ.ศ. 2556 ประกอบด้วยผู้ก่อตั้งทั้ง 3 คน โดยบริษัทมีนโยบายหรือวิสัยทัศน์ที่จะนำเสนอความสามารถในการตอบโจทย์ทางธุรกิจครบวงจรสำหรับผลิตภัณฑ์และบริการทางการตลาดแก่ผู้ประกอบการชาวไทย โดยเน้นที่ผลลัพธ์ที่วัดได้เทียบกับ KPI หน่วยงานธุรกิจทั้ง 6 หน่วยงานของบริษัทที่ประกอบไปด้วย ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน (Whiteline Activation) ไวท์ไลน์มีเดีย (Whiteline Media) ไวท์ไลน์ไทยทะยาน (Whiteline Thaithayan) วอนเดอร์เวิร์คดับบลิวเบส (Wonderwork Wbases) และ ไวท์ไลน์เทค (Whiteline Tech) ที่ครอบคลุมการเปิดใช้งานแบรนด์ สื่อค้าปลีก การดำเนินการค้าปลีก การเผยแพร่ ที่ปรึกษาทางธุรกิจ และงานด้านเทคโนโลยี ด้วยทีมงานที่มีความสามารถและทุ่มเทกว่า 200 คน บริษัทเติบโตอย่างรวดเร็วและแสดงให้เห็นถึงความสามารถและชื่อเสียงชั้นนำในฐานะคู่ค้าระยะยาวที่เชื่อถือได้สำหรับกิจกรรมการตลาดค้าปลีก การเปิดใช้งาน และการตรวจสอบในประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาขององค์กรเอกชน คือ บริษัท ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน จำกัด ภายใต้การบริหารของไวท์ไลน์กรุ๊ป หน่วยงานดังกล่าวเป็นองค์กรเอกชนที่มุ่งเน้นการออกแบบและวางแผนกิจกรรมทางการตลาด โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างสรรค์กิจกรรมทางการตลาด ได้แก่ การออกบูธ โรดโชว์ หรืองานกิจกรรมพิเศษที่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ และตอบโจทย์ลูกค้า บริษัท ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน จำกัด มีลูกค้าแบรนด์ในระดับสากล ทั้งที่เป็นสินค้าอุปโภคบริโภค ไปจนถึงแบรนด์ชั้นนำ เช่น สินค้าในเครือบริษัทยูนิลีเวอร์ พอนดัส โอโมะ เลย์ เนสเล่ แชนสิริ ธนาครกรุศรีอยุธยา เครื่องสำอางคลินิก เป็นต้น

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการสื่อสารผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นในยุคปัจจุบัน เนื่องจากสามารถสื่อสารและส่งต่อข้อมูลสาระต่าง ๆ ไปยังผู้รับสารได้สะดวกมากยิ่งขึ้น คณะผู้วิจัยในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งที่รับผิดชอบสื่อประชาสัมพันธ์องค์กรของบริษัท ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน จำกัด พบปัญหาว่า องค์กรเอกชนดังกล่าวยังมีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องสื่อสารประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มเป้าหมายผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ จำนวน 4 ชุด ได้แก่ แนะนำบุคลากร บทบาทของการตลาดออนไลน์ บุคลากรอี-คอมเมิร์ซ และผลงานขององค์กร คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรให้ดำเนินการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กร เพื่อสามารถใช้เป็นช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารสาระต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ในรูปแบบอินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์ ทำให้ผู้รับสารเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของบริษัท ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน จำกัด อีกทั้งยังสามารถนำไปประชาสัมพันธ์แผนกต่าง ๆ ของบริษัท ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน จำกัด ให้กลุ่มเป้าหมายได้รับทราบอีกด้วย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน คือ บริษัท ไวท์ไลน์แอกทิเวชัน จำกัด เพื่อส่งเสริมการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนในกลุ่มผู้รับสารต่อไป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน
- 1.2 เพื่อประเมินคุณภาพสื่อที่พัฒนาขึ้น
- 1.3 เพื่อประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน

1.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน

2. สมมติฐานของวิจัย

2.1 คุณภาพของสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

2.2 ผลการประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน อยู่ในระดับมากขึ้นไป

2.3 ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน อยู่ในระดับมากขึ้นไป

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 ได้สื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น

3.2 สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนต่อไป

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดเกี่ยวกับการประชาสัมพันธ์

การประชาสัมพันธ์ หมายถึง “การสัมพันธ์กับประชาชน” การสื่อสาร ความคิดเห็น ข่าวสาร ข้อเท็จจริงต่างๆ ไปสู่กลุ่มประชาชน เพื่อให้กลุ่มประชาชนเป้าหมาย เกิดมีความรู้ความเข้าใจ และความรู้สึกนึกคิดที่ดีต่อหน่วยงาน องค์กร สถาบัน เป็นการเสริมสร้างความสัมพันธ์และความเข้าใจอันดีระหว่างหน่วยงาน องค์กร สถาบันกับกลุ่มประชาชนเป้าหมาย และประชาชนที่เกี่ยวข้อง เพื่อหวังผลให้เกิดความร่วมมือสนับสนุนจากประชาชน รวมทั้งมีส่วนช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่หน่วยงาน องค์กร สถาบันด้วย ทำให้ประชาชนเกิดความนิยม เลื่อมใส ศรัทธาต่อหน่วยงาน ตลอดจนค้นหา และกำจัดแหล่งเข้าใจผิดช่วยคลี่คลายปัญหา เพื่อสร้างความสำเร็จในการดำเนินงานของหน่วยงานนั้น [5]

4.2 แนวคิดเกี่ยวกับอินโฟกราฟิก

อินโฟกราฟิก คือ การนำข้อมูลหรือความรู้มาสรุปเป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูลภาพ ภายในภาพอาจประกอบไปด้วย สัญลักษณ์ ข้อความ ที่เข้าใจง่าย และชัดเจน เปรียบเสมือนการสรุปข้อมูลลงในภาพและสื่อ ให้เข้าใจความหมายทั้งหมดได้โดยรวบรวมข้อมูลต่างๆ ให้เพียงพอ แล้วสรุป วิเคราะห์ เรียบเรียง ทำให้ภาพนั้นมีความน่าสนใจและดึงดูดสายตาของผู้ชมได้ เป็นการลดเวลาในการอธิบายโดยใช้ภาพเป็นส่วนประกอบ [6]

4.3 แนวคิดเกี่ยวกับการโพสต์เฟชบุ๊กแบบอัลบั้มโพสต์

เฟชบุ๊ก มีเครื่องมือในการสร้างคอนเทนต์หลากหลายรูปแบบ ที่จะช่วยให้ผู้ผลิตสื่อสามารถบรรลุเป้าหมายของแบรนด์และธุรกิจได้ ด้วยการสื่อสารกับลูกค้าในช่องทางออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพ การทำอัลบั้มโพสต์เหมาะสำหรับคอนเทนต์ที่มีเนื้อหาขนาดยาว การใช้รูปหลาย ๆ รูปมาประกอบการอธิบายจะทำให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และใช้เวลาอ่านคอนเทนต์ทั้งหมดในโพสต์จนจบอย่างเข้าใจ และไม่เบื่อ ทั้งนี้ผู้ผลิตสื่อสามารถทำอัลบั้มโพสต์ได้ทั้งแบบบทความ how to โดยแบ่งแต่ละหัวข้อเป็นแต่ละรูป หรือจะใช้อธิบายคุณสมบัติของสินค้าเป็นข้อ ๆ แยกเป็นแต่ละรูปก็ได้ หรือสามารถแบ่งรูปภาพรูปเดียวเป็นเหมือนจิ๊กซอว์ 4 ช่องแล้วทำนำมาทำเป็นโพสต์อัลบั้มที่มีรูปต่อกัน ก็ทำให้โพสต์นั้น ๆ

บนเฟซบุ๊กดูน่าสนใจ ทั้งนี้ผู้ผลิตสื่อควรทำให้รูปทุกรูปดำเนินไปในแนวทางเดียวกัน ทั้งโทนสี กราฟิก หรือคอนเซ็ปต์ของรูป โดยรูปแรกที่โพสต์มักจะเป็นรูปหน้าปกโซเชียลมีเดียโดดเด่นที่สุด ตามด้วยรูปข้างในที่วางหัวข้อเอาไว้ในรูปเพื่อให้ผู้อ่านติดตาม [7]

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 กลุ่มเป้าหมาย

5.1.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาต่อการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน ได้แก่ ผู้ติดตามบนเฟซบุ๊ก บริษัท ไวท์ไลน์แอนด์ทิวชั่น จำกัด จำนวน 100 คน

5.1.2 เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยและพัฒนา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจึงดำเนินการโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้ติดตามบนเฟซบุ๊กบริษัท ไวท์ไลน์แอนด์ทิวชั่น จำกัด จำนวน 30 คน ที่ยินดีให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

5.1.3 ผู้เชี่ยวชาญคือผู้ที่มีความรู้ความสามารถชำนาญเพื่อประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และด้านสื่อการนำเสนอของสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน ได้จากวิธีเลือกแบบเจาะจงด้านละ 3 ท่าน รวม 6 ท่าน โดยทุกท่านมีคุณวุฒิตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไปและมีประสบการณ์ทำงานด้านการประชาสัมพันธ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ผ่านการประเมินค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน โดยข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 -1.00 ถือว่ามีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ ในการศึกษาครั้งนี้มีเครื่องมือในการศึกษา 4 ส่วน ได้แก่

- 1) สื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กร
 - 2) แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อการนำเสนอของสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์
 - 3) แบบประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิก
 - 4) แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น
- ทั้งนี้เครื่องมือทุกชิ้นในการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการประเมินค่า IOC มากกว่า 0.50 ขึ้นไป ตามเกณฑ์ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

5.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน ได้ใช้แนวทาง ADDIE Model ซึ่งมี 5 ขั้นตอน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคการศึกษาที่ 2/2565 (เดือนเมษายน) ดังรายละเอียดต่อไปนี้ [8]

ก.วิเคราะห์ (Analysis) คือ การศึกษาแนวคิดทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน

ข.ออกแบบ (Design) คือ การออกแบบผ่านสตอรี่บอร์ด ก่อนพัฒนาเป็นสื่ออินโฟกราฟิก ได้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและให้คำแนะนำ

ค.พัฒนา (Development) พัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 4 ชุด

งนำไปใช้ (Implementation) โดยได้นำสื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และให้คำแนะนำอีกครั้ง ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

จ.ประเมินผล (Evaluation) คือ เพื่อประเมินผลการรับรู้และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวัดผลจากแบบประเมิน โดยใช้สถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

7. ผลการวิจัย

7.1 ผลการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก

ผลการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน จำนวน 4 ชุด ได้แก่ แนะนำบุคลากร บทบาทของการตลาดออนไลน์ บุคลากรอี-คอมเมิร์ซ และผลงานขององค์กรดังรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-4 แสดงตัวอย่างสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์องค์กรเอกชน จำนวน 4 ชุด

7.2 ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เนื้อหามีความกระชับ เข้าใจง่ายและน่าสนใจ	4.67	0.58	ดีมาก
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4.67	0.58	ดีมาก
1.4 ความถูกต้องของศัพท์เฉพาะที่ใช้ในดิจิทัลคอนเทนต์	4.67	0.58	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ย	4.75	0.43	ดีมาก
2. ด้านการใช้ภาษาและภาพประกอบเนื้อหา			
2.1 ภาษาที่ใช้ถูกต้องและมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 ข้อความที่ใช้สื่อความหมายได้ชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
2.3 ภาพประกอบกับเนื้อหามีความสอดคล้องกัน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 ภาพประกอบมีความเหมาะสมและถูกต้อง	5.00	0.00	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ย	5.00	0.00	ดีมาก
ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม	4.88	0.22	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน มีค่าเฉลี่ยรวมทุกส่วนเท่ากับ 4.88 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.22 ($\bar{x}$ = 4.88, S.D. = 0.22) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่า โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาคุณภาพในแต่ละด้าน พบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยเป็นลำดับแรกคือ ด้านการใช้ภาษาและภาพประกอบเนื้อหา ($\bar{x}$ = 5.00, S.D. = 0.00) มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก รองลงมาคือ ด้านเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.43) มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนอโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านตัวอักษรและการใช้สี			
1.1 ขนาดของตัวอักษร อ่านง่าย และชัดเจน	4.67	0.58	ดีมาก
1.2 สีและรูปแบบของตัวอักษร สวยงาม	4.67	0.58	ดีมาก
1.3 ตัวอักษรมีการจัดวางอย่างเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ย	4.78	0.38	ดีมาก
2. ด้านภาพ			
2.1 ภาพที่ใช้มีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.33	0.58	ดี
2.2 ภาพสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.67	0.58	ดีมาก
2.3 ภาพที่ใช้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
2.4 ภาพที่ใช้มีการจัดวางองค์ประกอบของภาพสวยงาม	4.33	0.58	ดี
2.5 ภาพที่ใช้มีสีสันที่สามารถดึงดูดความสนใจ	4.67	0.58	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ย	4.53	0.58	ดีมาก

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
3. ด้านการนำเสนอ			
3.1 รูปแบบการนำเสนอมีความกระชับ และเข้าใจง่าย	4.67	0.58	ดีมาก
3.2 ความเหมาะสมของสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์	4.33	0.58	ดี
รวมค่าเฉลี่ย	4.50	0.58	ดี
ผลการประเมินเฉลี่ยรวม	4.60	0.52	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนอของสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชน มีค่าเฉลี่ยรวมทุกส่วนเท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 ($\bar{x} = 4.60$, S.D. = 0.52) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่า โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาคุณภาพในแต่ละด้าน พบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยเป็นลำดับแรกคือ ด้านตัวอักษรและการใช้สี ($\bar{x} = 4.78$, S.D. = 0.38) มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก รองลงมาคือ ด้านภาพ ($\bar{x} = 4.53$, S.D. = 0.58) และด้านการนำเสนอ ($\bar{x} = 4.50$, S.D. = 0.58) มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ตามลำดับ

7.3 ผลการประเมินระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อที่พัฒนาขึ้น

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการรับรู้
1. ท่านรับรู้ว่ามีบริษัท ไหวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัดมีแผนก E-Commerce	4.87	0.35	มากที่สุด
2. ท่านรับรู้ว่ามีบริษัท ไหวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัดตั้งอยู่ที่ อาคารธนภูมิ ถนนเพชรบุรี แขวงมักกะสัน เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400	4.70	0.47	มากที่สุด
3. ท่านรับรู้ว่ามีแผนก Online ของบริษัท ไหวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัดมีตำแหน่งต่างๆ แบ่งออกเป็น Sale, Planner, Marketing, Key Specialist, Creative, Graphic	4.33	0.88	มาก
4. ท่านรับรู้ว่ามีแผนก E-Commerce ของบริษัท ไหวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัดมีตำแหน่ง Sale Coordinator	4.70	0.47	มากที่สุด
5. ท่านรับรู้ว่ามีตำแหน่ง Marketing แผนก Online ของบริษัท ไหวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัด มีหน้าที่ในการทำ pnl, ช่วยหา kol, คุมราคา, ทำ deck, คำนวณ kpi ในขั้นตอนการ pitch งาน	4.97	0.18	มากที่สุด
6. ท่านรับรู้ว่ามีแผนก Marketing Online ขั้นตอนการทำ Stat นั้น Marketing ทำงานร่วมกับ Wonderwork	4.90	0.31	มากที่สุด
7. ท่านรับรู้ว่ามีตำแหน่ง Kols Specialist มีหน้าที่หาและติดต่อ kol ที่เหมาะสมกับงาน	4.40	0.50	มาก

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับการรับรู้
8. ท่านรับรู้บริษัท ไวท์ไลน์แอดทีเวชั่น มีแผนก Marketing และ Marketing Online	4.70	0.47	มากที่สุด
9. ท่านรับรู้บริษัท ไวท์ไลน์แอดทีเวชั่น เป็นบริษัทออกแบบและวางแผน กิจกรรมทางการตลาด	4.73	0.45	มากที่สุด
10. ท่านรับรู้บริษัท ไวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัดมีลูกค้าแบรนด์ในระดับสากล เช่น สินค้าในเครือยูนิลีเวอร์ แسنสิริ ธนาคารกรุงศรีฯ เลย์ เป็นต้น	4.70	0.47	มากที่สุด
ผลการประเมินเฉลี่ยรวม	4.70	0.45	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยรวมทุกส่วนเท่ากับ 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.45) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่า โดยรวมมีการรับรู้ในระดับมากที่สุด โดยข้อที่มีการรับรู้เป็นอันดับแรก คือ รับรู้ตำแหน่งหน้าที่ของ Marketing แผนก Online ของบริษัท ไวท์ไลน์แอดทีเวชั่น จำกัด ($\bar{X} = 4.97$, S.D. = 0.18) รับรู้ในระดับมากที่สุด และรองลงมา คือ รับรู้ในแผนก Marketing Online ขั้นตอนการทำ Stat นั้น Marketing ทำงานร่วมกับ Wonderwork ($\bar{X} = 4.90$, S.D. = 0.31) มีการรับรู้ในระดับมากที่สุด

7.4 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อที่พัฒนาขึ้น

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ส่วนของเนื้อหา			
1.1 การจัดวางเนื้อหาของสื่ออินโฟกราฟิกมีความอ่านง่าย สบายตา	4.47	0.73	มาก
1.2 เนื้อหาของสื่ออินโฟกราฟิกมีความชัดเจน	4.93	0.25	มากที่สุด
1.3 เนื้อหาของสื่ออินโฟกราฟิกมีความน่าสนใจ	4.53	0.51	มากที่สุด
1.4 เนื้อหาของสื่ออินโฟกราฟิกมีประโยชน์สามารถนำไปใช้ได้จริง	4.20	1.00	มาก
1.5 เนื้อหาของสื่ออินโฟกราฟิกเข้าใจง่าย	4.93	0.25	มากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ย	4.61	0.55	มากที่สุด
2. ภาพ			
2.1 ภาพที่ใช้ในสื่ออินโฟกราฟิกมีสีสันสวยงาม	4.47	0.63	มาก
2.2 ภาพที่ใช้ในสื่ออินโฟกราฟิกสื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.93	0.25	มากที่สุด
2.3 ภาพที่ใช้ในสื่ออินโฟกราฟิกมีความดึงดูดและน่าสนใจ	4.13	0.97	มาก
2.4 ภาพที่ใช้ในสื่ออินโฟกราฟิกของดนตรีชัดเจน ไม่สะดุด	4.60	0.50	มากที่สุด

รายการที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.5 ภาพที่ใช้ในสื่ออินโฟกราฟิกสอดคล้องกับเนื้อหา	4.53	0.51	มากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ย	4.53	0.57	มากที่สุด
3. ด้านการนำเสนอ			
3.1 รูปแบบการนำเสนอมีความกระชับ และเข้าใจง่าย	4.93	0.25	มากที่สุด
3.2 การนำเสนอสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์มีความน่าสนใจ	5.00	0.00	มากที่สุด
รวมค่าเฉลี่ย	4.97	0.13	มากที่สุด
ผลการประเมินเฉลี่ยรวม	4.70	0.42	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยรวมทุกส่วนเท่ากับ 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.42 ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.42) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่าโดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้าน พบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยเป็นลำดับแรกคือ ด้านการนำเสนอ ($\bar{X} = 4.97$, S.D. = 0.13) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนของเนื้อหา ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.55) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านภาพ ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.57) มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ตามลำดับ

8. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาอินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนเป็นไปตามสมมติฐานการศึกษาที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยได้ทำการวิจัย โดยใช้แนวคิด ADDIE Model [8] ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาขั้นตอนการทำงานจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด สามารถสรุปเป็นขั้นตอนทั่วไปได้เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การนำไปใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) ซึ่งจากการพัฒนาอินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์บริษัท ไวท์ไลน์แอดทิเวชัน จำกัด มีการใช้แนวคิดดังกล่าวอย่างเป็นระบบ และสามารถประยุกต์ใช้ในการศึกษาได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้ดิจิทัลคอนเทนต์ที่ผลิตขึ้นมีผลการประเมินเป็นไปตามสมมติฐานการศึกษา ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของภาวิณี บินรามันและคณะ [9] ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาดิจิทัลคอนเทนต์แบบอินโฟกราฟิกบนสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการขายสินค้าประเภท โสมเมต เบเกอรี่ โดยมีการใช้แนวคิด ADDIE Model ในการออกแบบและพัฒนาดิจิทัลคอนเทนต์ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ดิจิทัลคอนเทนต์แบบอินโฟกราฟิกบนสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการขายสินค้าประเภท โสมเมต เบเกอรี่ที่พัฒนาขึ้น มีผลการประเมินเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาที่ตั้งไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีคุณภาพ

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.88$, S.D. = 0.22) ทั้งนี้เพราะดิจิทัลคอนเทนต์ที่สร้างขึ้นได้มีการศึกษารายละเอียดของข้อมูล วัตถุประสงค์อย่างถูกต้องก่อนที่จะสร้างหรือทำการพัฒนา

ดิจิทัลคอนเทนต์ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของโสภณพรณ ลำดวงและคณะ [10] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปิดรับ การใช้ประโยชน์และความพึงพอใจที่มีต่อเฟซบุ๊กแฟนเพจ”ทีมพื่อการรถไฟแห่งประเทศไทย (@PRRailway) ของผู้ติดตาม มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการผลิต (Pre-Production) เป็นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูล ที่สถานประกอบการให้มาและเสนอโครงร่างแก่นักงาน ที่ปรึกษา โดยใช้การวางแผนผลิตสื่อเพื่อการประชาสัมพันธ์ในการเลือกใช้สื่อที่เหมาะสม 2) ขั้นตอนผลิต (Production) เป็นขั้นผลิตสื่อ และเผยแพร่ในขั้นตอนการผลิต แบ่งออกเป็น 2 สื่อ ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตสื่อฟรีเซนเทชั่น และขั้นตอนการออกสื่อที่เกี่ยวข้องต่างๆ 3) ขั้นตอนหลังการผลิต (Post Production) จากการประเมินผลสื่อที่ได้เผยแพร่ออกไปถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก สื่อที่ผลิตออกมาตอบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ เพื่อประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร สร้างความรู้ ความเข้าใจโดยเฉพาะกับคนภายในองค์กรให้เข้าใจตรงกัน

ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อการนำเสนอโดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.52) โดยมีการออกแบบสื่ออินโฟกราฟิกที่สวยงาม เนื้อหา และภาพประกอบมีความเหมาะสมและน่าสนใจ จึงทำให้ภาพรวมด้านสื่อการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการประชาสัมพันธ์ [1] และความสำคัญของการออกแบบกราฟิก [6] ซึ่งได้กล่าวว่า งานกราฟิกเป็นส่วนสำคัญที่มีบทบาทต่อการออกแบบและกระบวนการผลิตสื่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อที่ต้องรับรู้ด้วยตา ดังนั้นนักออกแบบจึงใช้วิธีการทางการออกแบบร่วมกันสร้างรูปแบบสื่อ เพื่อให้เกิดศักยภาพสูงสุด ในการที่จะเป็นตัวกลางในการสื่อความหมายระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฏฐา ติเย็น [11] ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาแหล่งเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับชุดเนื้อหาบนเครือข่ายสังคมเพื่อการประชาสัมพันธ์ชุมชนบางจาน จังหวัดเพชรบุรีโดยวิธิพิรุฑ ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก($\bar{X} = 4.96$, S.D. = 0.20) เช่นเดียวกัน

ผลการประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยรวมทุกส่วนเท่ากับ 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.45) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า โดยรวมมีการรับรู้ในระดับมากที่สุด มีสื่อการนำเสนอทั้งในรูปแบบอินโฟกราฟิก ทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถรับรู้ข้อมูลได้อย่างเข้าใจ ซึ่งการให้กลุ่มตัวอย่างรับชมสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์ บริษัท ไวท์ไลน์ แอคทิเวชัน จำกัด เป็นการสร้างสิ่งเร้าให้กลุ่มตัวอย่างได้ใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ในการรับรู้สื่อนั้น สอดคล้องกับทฤษฎีของการรับรู้ของ Assail [12] ได้กล่าวว่า ผู้บริโภคจะเลือกรับรู้ แปลความหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจเนื้อหา จากการเลือกรับสื่อที่มีความน่าสนใจและมีความเป็นไปได้ที่สื่อที่มีรูปแบบหลายหลากจะทำให้เกิดการรับรู้มากขึ้น นอกจากนี้ด้วยข้อดีของการทำอัลบั้มโพสต์ ซึ่งเหมาะสำหรับคอนเทนต์ที่มีเนื้อหาขนาดยาว การใช้รูปหลาย ๆ รูปมาประกอบการอธิบายจะทำให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจเนื้อความได้ง่ายขึ้น และใช้เวลาอ่านคอนเทนต์ทั้งหมดในโพสต์จนจบอย่างเข้าใจ และไม่เบื่อ และทำให้โพสต์นั้นๆ บนเฟซบุ๊กดูน่าสนใจ จึงช่วยเพิ่มการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างได้ดี [7]

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนที่พัฒนาขึ้น พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมทุกส่วนเท่ากับ 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.42 ($\bar{X} = 4.70$, S.D. = 0.42) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้เนื่องจากโครงงานเรื่องการพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กร มีความต้องการที่จะเผยแพร่สื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนให้เป็นที่รู้จัก และต้องการดึงดูดกลุ่มเป้าหมาย คือวัยทำงานตอนต้น ให้มีความสนใจในองค์กร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการวัดความพึงพอใจ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าความพึงพอใจของลิเคิร์ท มาวัดว่าความพึงพอใจอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิชาพร เสนามนตรี [13] ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาคอนเทนต์วิดีโอร่วมกับการฝึกอบรมบนสื่อสังคมออนไลน์ เรื่องการพัฒนาศักยภาพและมารยาทการใช้สื่อสังคมออนไลน์

เพื่อเตรียมความพร้อมในการทำงานสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งใช้แนวคิดการวัดความพึงพอใจของลิเคิร์ตมาใช้วัดผล เช่นเดียวกัน และผลการวิจัยพบว่า ผลประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, S.D. = 0.46) ด้วย สรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องตามแนวคิดและหลักการที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา มา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชิ้นงานสื่อดิจิทัลคอนเทนต์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กร เอกชน โดยมีการใช้เทคนิคการโพสต์แบบอัลบั้มโพสต์ ตามแนวคอนเทนต์มาร์เก็ตติ้ง เพื่อให้ดิจิทัลคอนเทนต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีคุณภาพดี และเหมาะสม เสริมการรับรู้ และเพิ่มความพึงพอใจในกลุ่มตัวอย่าง

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

9.1.1 การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนครั้งนี้ สื่อที่สร้างขึ้นเป็นรูปแบบสื่อโปสเตอร์อินโฟกราฟิกจำนวนมากใน 4 ชุด โดยให้ข้อมูลในรูปแบบภาพนิ่งผสมผสานด้วยการออกแบบกราฟิก ทำให้มีความน่าสนใจ เข้าถึงผู้รับสาร ได้ง่าย สามารถนำสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์ บริษัท ไวท์ไลน์แอกทีฟ จำกัด ที่พัฒนาขึ้น ไปเผยแพร่บนเครือข่ายสังคมออนไลน์หรือแพลตฟอร์มอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการนำเสนอได้มากขึ้น

9.1.2 การพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกแบบอัลบั้มโพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์ องค์กรเอกชนสามารถนำไปเป็นแนวทางในการผลิตสื่อประชาสัมพันธ์ ที่มีสื่อประเภทต่าง ๆ หลายสื่อเพื่อกระตุ้นความสนใจ เช่น นิทรรศการเคลื่อนที่ เป็นต้น หรือนำไปประยุกต์กับสื่อสิ่งพิมพ์ เช่น โปสเตอร์ ไรลัฟ แผ่นพับ เพื่อการประชาสัมพันธ์ของหน่วยงานได้

9.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

9.2.1 ผู้สนใจศึกษาควรศึกษาองค์ประกอบของการพัฒนาชุดดิจิทัลคอนเทนต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบพัฒนาดิจิทัลคอนเทนต์ที่มีคุณภาพต่อไป

9.2.2 ควรพัฒนาดิจิทัลคอนเทนต์รูปแบบนิทรรศการอิเล็กทรอนิกส์แบบเมตาเวิร์สเพื่อการประชาสัมพันธ์องค์กรเอกชนที่มีความทันสมัย น่าดึงดูดใจสำหรับกลุ่มเป้าหมายวัยทำงานตอนต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Swasdi-Ampairaks, "Public Relations," [Online]. Available : <https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sms>. [Accessed: January 25, 2023].
- [2] Raitang, "Digital Content: A New Way for Thai to go to Inter," [Online]. Available : <https://www.thairath.co.th/content/495075>. [Accessed: January 10, 2023].
- [3] J. Tedsana, "Infographics," [Online]. Available : https://chachoengsao.cdd.go.th/wpcontent/uploads/sites/9/2019/01/infographics_information.pdf. [Accessed: January 20, 2023].
- [4] WorkVenture.com, "Introduce Whiteline Group," [Online]. Available : <https://www.workventure.com/blog/%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%B0%E0%B8%99%E0%B8%B3-whiteline-group>. [Accessed: January 25, 2023].
- [5] B. Knunpakdee, "Knowledge about Public Relations," [Online]. Available : <https://www.gotoknow.org/posts/188676>. [Accessed: January 28, 2023].

-
- [6] P. Jaitip, *Graphic design techniques*, SE-EDUCATION Public Company Limited: Bangkok, 2001.
- [7] Thaiwinner, “Facebook Content Marketing,” [Online]. Available : <https://thaiwinner.com/facebook-post-ideas>. [Accessed: January 28, 2023].
- [8] A. Anukunvet , “ADDIE MODEL,” [Online]. Available : <http://ms.thaicyberu.go.th>. [Accessed: June 7, 2022].
- [9] P. Binraman et al., “The Development of a Digital Inforgraphic Content on Social Media for Promoting a Product of Homemade Bakery,” *Journal of Learning Innovation and Technology (JLIT)* vol.2, no.2, pp.68-77 , July – December 2022.
- [10] S. Lumduan and T. Vittayasorana, “Media Exposure, Uses and Gratifications toward Facebook Fanpage “Team PR, State Railway of Thailand(@PRRailway)” among Its Followers,” Master Degree of Communication Arts (College of Communication Arts) Rangsit University, Pathum Thani, Thailand, 2018.
- [11] N. Diyen, “The Development of an Interactive Learning Resource along with Contents on a Social Network to Promote Bangchan Subdistrict of Petchaburi Province through the Way of Buddhism,” Master of Science in Industrial Education (Department of Educational Communications and Technology), Faculty of Industrial Education and Technology , King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2020.
- [12] H. Assael, *Consumer Behavior and Marketing Action*, South-Western College Pub., Cincinnati, Ohio, 1995.
- [13] N. Senamontree, “The Development of Video Contents and Training on Online Social Media Entitled “Personality Development and Etiquette for Using Online Social Media” in order to Prepare Undergraduate Students for their Careers,” Master of Science in Industrial Education (Department of Educational Communications and Technology), Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2020.

การลดความผิดพลาด และลดระยะเวลาในการหยิบสินค้า
กรณีศึกษา บริษัท EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO., LTD.
REDUCING PICKING ERRORS AND PICKING TIME IN WAREHOUSE : CASE
STUDY OF EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO.,LTD

คัณนงค์ โคตรโยธา¹, วิชญ์ งามสะอาด² และ ปิยะเนตร นาคสีดี^{3*}

Kadcanang Khotyota¹, Witchayut Ngamsaard² and Piyanate Nakseedee^{3*}

หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต การจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย^{2,3}

Master of Business Administration Program in Logistics Management, School of Business

University of the Thai Chamber of Commerce¹,

School of Engineering, University of the Thai Chamber of Commerce^{2,3}

* Corresponding author: email: Piyanate.n@gmail.com^{3*}

Received: July 11, 2023

Revised: August 6, 2023

Accepted: October 4, 2023

บทคัดย่อ

การศึกษางานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการลดความผิดพลาดและลดระยะเวลาในการหยิบสินค้าในส่วนของคลังสินค้าแบบทั่วไป ซึ่งปัญหาที่พบคือกระบวนการจัดเก็บสินค้าไม่มีการแยกหมวดหมู่ของสินค้า ส่งผลให้กระบวนการในการหยิบสินค้าเกิดการรอคอยและมีความซ้ำซ้อนเนื่องจากพนักงานหยิบสินค้าไม่ทราบชื่อของสินค้า เพราะไม่มีป้ายสัญลักษณ์ ทำให้พนักงานจำเป็นต้องเปิดดูสินค้าภายในกล่องเพื่ออ่านชื่อของสินค้านั้นจากบรรจุภัณฑ์ที่ละกล่อง อีกทั้ง การจัดเก็บสินค้าที่ไร้รูปแบบทำให้เกิดความผิดพลาดในการหยิบสินค้า การหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลา โดยผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งกลุ่มประเภทของสินค้าตามหลักทฤษฎี ABC Analysis เพื่อทำการจัดผังคลังสินค้าตามทฤษฎีกลยุทธ์การปรับเปลี่ยนการจัดเก็บสินค้า และนำแผนภูมิกระบวนการไหลมาวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการในการหยิบสินค้า และทำการแก้ไขด้วยหลักการ ECRS Inventory classification และทฤษฎีการควบคุมด้วยการมองเห็น เพื่อการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาการทำงานที่ซ้ำซ้อนและลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการทำงาน ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และได้นำเครื่องมือมาแก้ไขปัญหามาเพื่อให้พนักงานสามารถหยิบสินค้าได้รวดเร็วและประสิทธิภาพงานที่ดียิ่งขึ้น ผลการศึกษาพบว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนปรับปรุง เกิดปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาด 123 ครั้ง จากการส่งมอบทั้งหมด 216 ครั้งในเดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม 2565 หลังการปรับปรุงในเดือนมกราคม 2566 เกิดความผิดพลาดเหลือ 0 โดยผลลัพธ์คิดเป็น 100% ในส่วนของกระบวนการหยิบสินค้าที่ล่าช้าจากกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อนทำให้ระยะเวลาก่อนการปรับปรุงเป็น 85.2 นาที ต่อ 1 คำสั่งซื้อ และผลลัพธ์หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ทำให้ระยะเวลาหลังการปรับปรุงเป็น 61 นาที ต่อ 1 คำสั่งซื้อ คิดเป็นระยะเวลาดลดลงเฉลี่ย 28.4%

คำสำคัญ : ECRS, การจัดการคลังสินค้า, กลยุทธ์การจัดเก็บสินค้า, การควบคุมด้วยการมองเห็น

Abstract

The study aimed to examine the process of warehouse department in order to find error minimization methods and to reduce picking time for a general warehouse. The problem found was that there was no categorization for storage, resulting in waiting and the redundancy in picking process due to neither brand tags nor tastes adhering to shelves. Besides, unpatterned storage also caused picking errors. For the solution guidelines by cause analysis using a fishbone diagram, the researcher categorized types of products based on ABC Analysis to organize the warehouse layout in accordance with the theory of storage adjustment strategies. A flow process chart was brought to analyze the steps of picking process. The errors were fixed by using the theories of ECRS and visual control in order to improve operational methods for easier, to reduce the redundancy of operational time, and to minimize a chance of operational errors. Thus, the researcher studied related theories and used the tools for problem solving so that employees could pick products more quickly and more efficiently. The findings revealed 123 pre-improvement errors in October, November, and December 2022. It was found that there were 0 post-improvement error in January 2023. The findings were calculated as 100% in the delayed picking process due to the operational redundancy, resulting in the pre-improvement time for 85.2 minutes / 1 order form. The post-improvement time took 61 minutes / 1 order form, reduced by 28.4% on average.

Keywords: ECRS, Warehouse Management, Storage Strategy, Visual Control

บทนำ

บริษัท EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO., LTD ดำเนินธุรกิจเป็นการนำเข้าสินค้ายี่ห้อ The Laughing Cow และ ยี่ห้อ EMBORG จากต่างประเทศทั้งจากทางเรือ ทางอากาศ ต่อมาได้มีการจัดซื้อสินค้าภายในประเทศจากผู้ขายหรือองค์กรที่จัดหาสินค้าและบริการให้กับธุรกิจเป็นสินค้าเพื่อนำมาขายต่อได้แก่ยี่ห้อ Na Arun, Imo Imo, Soria Natural, Chaho ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาในแผนกคลังสินค้าในส่วนคลังสินค้าทั่วไป เกี่ยวกับการเก็บสินค้าและกระบวนการขายออก การหยิบสินค้าตามใบเบิกสินค้า เพื่อลดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าของพนักงานและลดระยะเวลาในกระบวนการจัดเก็บสินค้า ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น จากการสังเกตการณ์ปฏิบัติงานที่บริษัท EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO., LTD. ผู้ศึกษาได้พบปัญหาในการหยิบสินค้าผิดพลาดในส่วนของกระบวนการหยิบสินค้าในส่วนขายออกบริเวณพื้นที่ห้องจัดเก็บคลังสินค้าทั่วไป พบว่าการทำงานในขั้นตอนการหยิบสินค้ามีความล่าช้าจากการทำงานที่ซ้ำซ้อน และการหยิบสินค้าบางรายการไม่ถูกต้องตามใบคำสั่งซื้อ เนื่องจากชั้นวางสินค้าไม่มีป้ายบอกชื่อและขนาดของสินค้าอีกทั้งการจัดเก็บสินค้าที่ไร้รูปแบบ จากข้อมูลปี พ.ศ. 2565 ในไตรมาสที่ 4 พบว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งมอบสินค้ารวมทั้งหมด 123 ครั้ง ในเดือนตุลาคม เกิดปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาด 44 ครั้ง เดือนพฤศจิกายน เกิดปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาด 46 ครั้ง และเดือนธันวาคม เกิดปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาด 33 ครั้ง หลังการปรับปรุง ในเดือนมกราคม 2566 ซึ่งจากสาเหตุดังกล่าวอาจส่งผลให้ความเชื่อมั่นของลูกค้าลดลง เกิดการสูญเสียโอกาสทางการขาย ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ทำการวิเคราะห์จากสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ในกระบวนการหยิบสินค้าประเภทสินค้าทั่วไป เพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าผิดและเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้องและตรงเวลา

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อลดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าของพนักงาน
- 1.2 เพื่อลดระยะเวลาการหยิบสินค้าของพนักงาน
- 1.3 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

2. ทฤษฎีที่ใช้ในการทำวิจัย

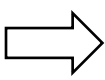
2.1 ทฤษฎีกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ทฤษฎีกระบวนการไหล เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกกระบวนการผลิต หรือวิธีทำงาน ให้อยู่ในลักษณะที่เห็นได้ชัดเจน และเข้าใจได้ง่าย ในแผนภูมิจะแสดงขั้นตอนการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ โดยจะเขียนตั้งแต่วัตถุดิบเข้ามาสู่โรงงาน แล้วติดตามบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับวัตถุดิบนั้นเรื่อยๆ ทุกขั้นตอน เช่น ถูกลำเลียงไปยังห้องเก็บ ถูกตรวจสอบ ถูกเปลี่ยนรูปร่างโดยเครื่องจักร จนกระทั่งเป็นชิ้นส่วน หรือประกอบเป็นผลิตภัณฑ์

ทฤษฎีกระบวนการไหล สัญลักษณ์แสดงถึงความง่ายต่างๆ ซึ่งสามารถดัดแปลง เพื่อนำไปใช้กับงานที่เหมาะสมเป็น อย่างๆ เช่น ใช้แสดงลำดับการทำงานของคนงาน ใช้แสดงขั้นตอนต่างๆ เมื่อนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต แผนภูมิสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ แผนภูมิแบบคนเป็นหลัก (Man Type) หรือแผนภูมิแบบวัสดุเป็นหลัก (Material Type)

การใช้สัญลักษณ์ในแผนภูมิถูกกำหนดโดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลของอเมริกา (The American Society of Mechanical Engineers, ASME) โดยแบ่งกิจกรรมในวิธีการทำงานออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัว ซึ่งกำหนดโดย ASME

สัญลักษณ์	ชื่อสัญลักษณ์	คำจำกัดความโดยย่อ
	Operation การปฏิบัติงาน	- การเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีหรือฟิสิกส์ของวัตถุ - การประกอบชิ้นส่วน หรือการถอดส่วนประกอบออก - การเตรียมวัสดุเพื่องานชิ้นต่อไป - การวางแผน การคำนวณ การให้คำสั่ง หรือการรับคำสั่ง
	Inspection การตรวจสอบ	- ตรวจสอบคุณลักษณะของวัตถุ - ตรวจสอบคุณภาพหรือปริมาณ
	Transportation การเคลื่อน	- การเคลื่อนวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง - พนักงานกำลังเดิน
	Delay การคอย	- การเก็บวัสดุชั่วคราวระหว่างการปฏิบัติงาน - การคอยเพื่อให้งานชิ้นต่อไปเริ่มต้น
	Storage การเก็บ	- การเก็บวัสดุไว้ในสถานที่ถาวรซึ่งต้องอาศัยคำสั่งในการเคลื่อนย้าย - การเก็บชิ้นส่วนที่รอเป็นเวลานาน

ที่มา : <http://www.thailandindustry.com/onlineMag/view2.php?id=1421§ion=4&issues=81>

2.2 ฟังก้างปลา (Fishbone Diagram)

แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา กับ สาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น เราต่างคุ้นเคยแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ "ฟังก้างปลา(Fish Bone Diagram)" เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะ คล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนา

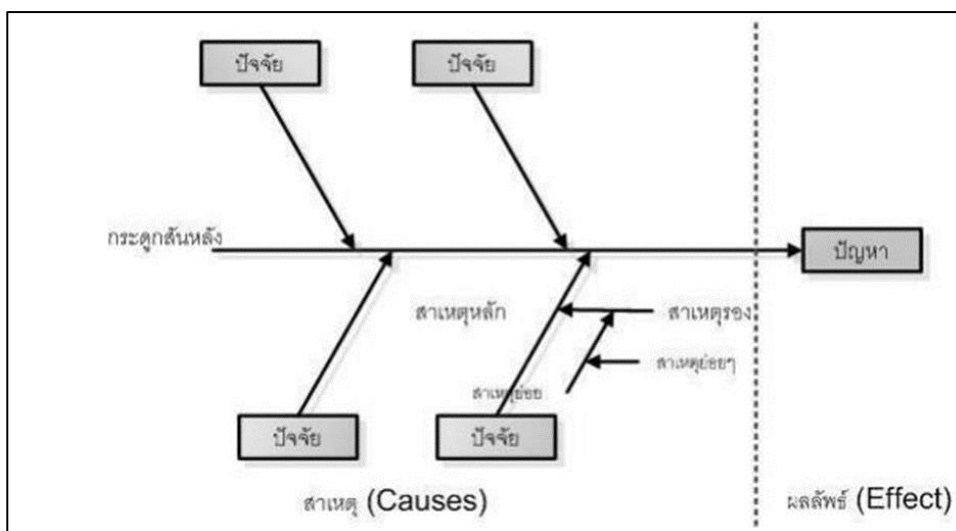
ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดยศาสตราจารย์คาโอริ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของผังก้างปลาว่า "เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลายๆ สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหา"

เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังสาเหตุและผล

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา
2. เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความเข้าใจกับกระบวนการอื่นๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของคนเท่านั้น แต่เมื่อมีการ ทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้กระบวนการของแผนกได้ง่ายขึ้น
3. เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจ ในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

โครงสร้างของแผนผังก้างปลา



รูปที่ 1 โครงสร้างของแผนผังก้างปลา

ที่มา : <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>

2.3 กลยุทธ์การจัดเก็บสินค้า (Storage Strategy)

James และ Jerry (1998) ได้กล่าวไว้ในหนังสือเรื่อง The Warehouse Management Handbook; the second edition ในเรื่อง Stock Location Methodology โดยมีการจัดแบ่งรูปแบบในการจัดเก็บสินค้านั้นออกเป็น 6 แนวคิด คือ

2.3.1 ระบบการจัดเก็บโดยไร้รูปแบบ (Informal System)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บสินค้าที่ไม่มีการบันทึกตำแหน่งการจัดเก็บเข้าไว้ใน ระบบ และสินค้าทุกชนิดสามารถจัดเก็บไว้ตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า ซึ่งพนักงานที่ปฏิบัติงานในคลังสินค้านั้นจะเป็นผู้ที่รู้ตำแหน่งในการจัดเก็บรวมทั้งจำนวนที่จัดเก็บ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดเก็บนี้เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่มีขนาดเล็ก มีจำนวนสินค้าหรือ SKU น้อย และมีจำนวนตำแหน่งที่จัดเก็บน้อยด้วย สำหรับในการทำงานในนั้นจะมีการแบ่งพนักงานที่รับผิดชอบเฉพาะเป็นโซนๆ โดยที่แต่ละโซนนั้นไม่ได้มีแนวทางการปฏิบัติในเรื่องการจัดเก็บแล้วแต่ พนักงานที่ปฏิบัติงานในโซนนั้นๆ ดังนั้นจึงไม่ได้มีแนวทางที่เหมือนกัน จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดเก็บหรือการหาสินค้านั้นไม่เจอในวันที่ พนักงานที่ประจำในโซนนั้นไม่มาทำงาน ตารางด้านล่างจะแสดงการเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของรูปแบบการจัดเก็บสินค้าโดยไร้รูปแบบ

2.3.2 ระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System)

แนวความคิดในการจัดเก็บสินค้ารูปแบบนี้เป็นแนวคิดที่มาจากทฤษฎีกล่าวคือ สินค้าทุกชนิดหรือทุก SKU นั้นจะมีตำแหน่งจัดเก็บที่กำหนดไว้ตายตัวอยู่แล้ว ซึ่งการจัดเก็บรูปแบบนี้เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่มีขนาดเล็ก มีจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานไม่มากและมีจำนวนสินค้าหรือจำนวน SKU ที่จัดเก็บน้อยด้วย โดยจากการศึกษาพบว่าแนวคิดการจัดเก็บสินค้านี้จะมีข้อจำกัดหากเกิดกรณีที่สินค้านั้นมีการสั่งซื้อเข้ามาทีละหลายๆจนเกินจำนวน location ที่กำหนดไว้ของสินค้าชนิดนั้นหรือในกรณีที่สินค้าชนิดนั้นมีการสั่งซื้อเข้ามาน้อยในช่วงเวลานั้น จะทำให้เกิดพื้นที่ที่เตรียมไว้สำหรับสินค้าชนิดนั้นว่าง ซึ่งไม่ใช่การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ในการจัดเก็บที่ดี

2.3.3 ระบบการจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System)

รูปแบบการจัดเก็บโดยใช้รหัสสินค้า (Part Number) มีแนวคิดใกล้เคียงกับการจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location) โดยข้อแตกต่างนั้นจะอยู่ที่การเก็บแบบใช้รหัสสินค้า นั้นจะมีลำดับการจัดเก็บเรียงกันเช่น รหัสสินค้าหมายเลข A123 นั้นจะถูกจัดเก็บก่อนรหัสสินค้าหมายเลข B123 เป็นต้น ซึ่งการจัดเก็บแบบนี้จะเหมาะกับบริษัทที่มีความต้องการส่งเข้า และนำออกของรหัสสินค้าที่มีจำนวนคงที่เนื่องจากมีการกำหนดตำแหน่งการจัดเก็บ ไว้แล้ว ในการจัดเก็บแบบใช้รหัสสินค้านี้ จะทำให้พนักงานรู้ตำแหน่งของสินค้าได้ง่าย แต่จะไม่มีคามยืดหยุ่นในกรณีที่องค์กรหรือบริษัทนั้นกำลังเติบโตและมีความ ต้องการขยายจำนวน SKU ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องพื้นที่ในการจัดเก็บ

2.3.4 ระบบการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Commodity System)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้าหรือประเภทสินค้า (product type) โดยมีการจัดตำแหน่งการวางคล้ายกับร้านค้าปลีกหรือตามห้างสรรพสินค้าทั่วไปที่มีการจัดวางสินค้าในกลุ่มเดียวกันหรือประเภทเดียวกันไว้ ตำแหน่งที่ใกล้กัน ซึ่งรูปแบบในการจัดเก็บสินค้าแบบนี้จัดอยู่ในแบบ combination system ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บสินค้าคือมีการเน้นเรื่อง การใช้งานพื้นที่จัดเก็บ มากขึ้น และยังง่ายต่อพนักงาน pick สินค้าในการทราบถึงตำแหน่งของสินค้าที่จะต้องไปหยิบ แต่มีข้อเสียเช่นกันเนื่องจากพนักงานที่หยิบสินค้าจำเป็นต้องมีความรู้ใน เรื่องของสินค้าแต่ละชุดหรือแต่ละยี่ห้อที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกัน ไม่เช่นนั้นอาจเกิดการ pick สินค้าผิดชนิดได้ จากตารางแสดงข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บในรูปแบบนี้

2.3.5 ระบบการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System)

เป็นการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว ทำให้สินค้าแต่ละชนิดสามารถถูกจัดเก็บไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า แต่รูปแบบการจัดเก็บแบบนี้จำเป็นต้องมีระบบสารสนเทศในการจัดเก็บและติดตาม ข้อมูลของสินค้าว่าจัดเก็บอยู่ในตำแหน่งใดโดยต้องมีการปรับปรุงข้อมูลอยู่ ตลอดเวลาด้วย ซึ่งในการจัดเก็บแบบนี้จะเป็นรูปแบบที่ใช้พื้นที่จัดเก็บอย่างคุ้มค่า เพิ่มการใช้งานพื้นที่จัดเก็บและเป็นระบบที่ถือว่ามีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับคลังสินค้าทุกขนาด

2.3.6 ระบบการจัดเก็บแบบผสม (Combination System)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บที่ผสมผสานหลักการของรูปแบบการจัดเก็บในข้างต้น โดยตำแหน่งในการจัดเก็บนั้นจะมีการพิจารณาจากเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสินค้า ชนิดนั้นๆ เช่น หากคลังสินค้านั้นมีสินค้าที่เป็นวัตถุดิบหรือสารเคมีต่างๆ รวมอยู่กับสินค้าอาหาร จึงควรแยกการจัดเก็บสินค้าอันตราย และสินค้าเคมีดังกล่าวให้อยู่ห่างจากสินค้าประเภทอาหาร และเครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งถือเป็นรูปแบบการจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว สำหรับพื้นที่ที่เหลือในคลังสินค้านั้น เนื่องจากมีการคำนึงถึงเรื่องการใช้งานพื้นที่จัดเก็บ ดังนั้นจึงจัดใกล้ที่เหลือมีการจัดเก็บแบบไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random) ก็ได้ โดยรูปแบบการจัดเก็บแบบนี้เหมาะสำหรับคลังสินค้าทุกๆแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลังสินค้าที่มีขนาดใหญ่และสินค้าที่จัดเก็บนั้นมีความหลากหลาย

2.4. การลดความสูญเปล่า (ECRS)

หลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่าหรือ MUDA ลงได้เป็นอย่างดี

ในองค์กรธุรกิจทั่วไปจะสามารถแบ่งรูปแบบของกระบวนการหน่วยงานออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของงานโรงงานและส่วนงานสนับสนุน ทั้ง 2 ส่วนนี้สามารถก่อให้เกิดความสูญเปล่าได้ ซึ่งอธิบายเป็นตัวอย่างได้ดังนี้

ส่วนแรกคือส่วนของงานโรงงาน คือส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตสินค้าของบริษัท การลดความสูญเปล่าในการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นและควรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจะหมายถึงต้นทุนของสินค้าที่เพิ่มขึ้น หากสามารถลดความสูญเปล่าลงได้ก็จะส่งผลให้ประหยัดต้นทุนการผลิตลงด้วย ผลที่ตามมาคือมีความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งสูงขึ้น โดยแนวทางการลด MUDA ลงสามารถทำได้โดยใช้หลักการ ECRS ดังนี้

1) การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป คือการผลิตมากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไป การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และ ของเสีย

2) การรวมกัน (Combine) สามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้ โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิมการผลิตก็สามารถทำได้เร็วขึ้นและลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลงอีกด้วย เพราะถ้ามีการรวมขั้นตอนกัน การเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

3) การจัดใหม่ (Rearrange) คือ การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่น ในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

4) การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบจิ๊ก (jig) หรือ fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.5. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบ (Visual Control System)

การควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) เป็นระบบควบคุมการทำงานที่ทำให้พนักงานทุกคนสามารถเข้าใจขั้นตอนการทำงาน เป้าหมาย ผลลัพธ์การทำงานได้ง่าย และชัดเจน รวมถึงเห็นความผิดปกติต่าง ๆ และแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้บอร์ด ป้าย สัญลักษณ์ กราฟ สี และอื่น ๆ เพื่อสื่อสารให้พนักงานและบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกคนทราบถึงข้อมูลข่าวสารที่สำคัญของสถานที่ทำงาน ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการของ Visual Control ในทิศทางเดียวกันเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพในองค์กร

การควบคุมเชิงประจักษ์ การควบคุมด้วยสายตา หรือการควบคุมด้วยการมองเห็น โดยทั่วไปเป็นเทคนิคที่ใช้ในระบบเครื่องจักรอยู่แล้ว ไม่ใช่เรื่องใหม่ หากแต่ในระบบการบริหารจัดการทั่วไป เป็นเทคนิคใหม่ที่กำลังเติบโตอยู่ในขณะนี้ องค์กรต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เริ่มนำมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณภาพองค์กร

2.6. การวิเคราะห์แบบ ABC (ABC Analysis)

กฎของพาเรโต ในงานบริหารคลังสินค้า เป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับสินค้าตามกลุ่มสินค้าโดยการจัดลำดับสินค้าตามยอดขายหรือส่วนแบ่งกำไรของสินค้านั้น ซึ่งสินค้าที่จัดอยู่ในกลุ่ม A จะประกอบด้วยสินค้าเพียงไม่กี่ประเภทหรือมีจำนวน SKU (Stock Keeping Unit) น้อยแต่เป็นสินค้าที่มียอดขายหรือส่วนแบ่งกำไรมากที่สุด ส่วนสินค้าที่มียอดขายหรือส่วนแบ่งกำไรรองลงไปจะได้รับความสำคัญน้อยลงเป็น B และ C ตามลำดับ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภาภรณ์ ชินารักษ์ (2560) การประยุกต์ใช้กลยุทธ์ในการจัดการคลังสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารห้องเย็น ได้ศึกษาการจัดการคลังสินค้าห้องเย็นให้เกิดประสิทธิภาพและลดปัญหาสินค้าที่เสียหายและสูญหายภายในคลังสินค้าห้องเย็น กรณีศึกษาบริษัทปิโตรเคมีภัณฑ์ห้องเย็นจำกัด กลุ่มเป้าหมายเป็นพนักงานแผนกคลังสินค้าบริษัทปิโตรเคมีภัณฑ์ห้องเย็นจำกัด จำนวน 100 คน ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพใน กระบวนการจัดการคลังสินค้ามีผลต่อประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้าในระดับมากแสดงให้เห็นว่าด้านระบบ Cross Docking ให้ความสำคัญในเรื่องของระบบการรับจ่ายสินค้าภายใน 24 ชั่วโมง ดังนั้นทางบริษัทควรจะต้องพัฒนาในเรื่องของการจัดสรรเวลาในการรับจ่ายสินค้าภายในเวลาอันรวดเร็ว โดยใช้เวลาไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมงเพื่อลดปัญหาในการทำงานผิดพลาด

ปรีชพรรณ เศรษฐเสถียร (2560) การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้า ได้ทำการปรับปรุงระบบการจัดเก็บสินค้า และเพิ่มประสิทธิภาพการเบิก-จ่ายสินค้า ศึกษาคลังสินค้าของร้านน้ำเพชร กลาส แอนด์ อะลูมิเนียม จากการศึกษาดำเนินงานพบปัญหา คือ สินค้ามีการจัดเก็บไม่เป็นระเบียบ ส่งผลให้ใช้เวลานานในการค้นหาสินค้า โดยงานวิจัยนี้ ใช้การวิเคราะห์ ABC Classification และ Visual Control เพื่อใช้ในการคัดแยก การจัดหมวดหมู่สินค้า เรียงลำดับความสำคัญ และ จัดทำป้ายบ่งชี้ตำแหน่งการจัดวางสินค้าบนชั้นสินค้า พบว่าการปรับปรุงระบบการจัดเก็บสินค้าแบบใหม่ ทำให้สินค้ามีการจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบ และใช้ระยะเวลาในการเบิกจ่ายสินค้าลดลง จากเดิมระยะเวลาในการหยิบสินค้า 12 ชั่วโมง 21 นาที 18 วินาที ลดลงเป็น 6 ชั่วโมง 25 นาที 23 วินาที ซึ่งสามารถวัดประสิทธิภาพเวลาในการหยิบสินค้าลดลง 48.17%

โอฬาร กิตติธรรพ์ชัย (2557) ระบบการจัดการคลังสินค้า ได้ศึกษาเป้าหมายเพื่อแนะนำให้ผู้ประกอบการ ขนาดกลาง และขนาดย่อมเข้าใจถึงขีดความสามารถในการแก้ปัญหาภายในคลังสินค้าด้วยระบบ WMS รวมถึงความแตกต่างระหว่างการจัดการข้อมูลสินค้าในระบบ WMS และการบริหารพัสดุคงคลังในระบบบัญชี พบว่าระบบจัดการคงคลังทางบัญชีซึ่งออกแบบตามขั้นตอนทางธุรกรรม และไม่เหมาะกับการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานในคลังสินค้า ระบบ WMS สามารถช่วยแก้ปัญหาที่มักพบในคลังสินค้าทั่วไปอันได้แก่ปัญหาการจัดการและการบริหารข้อมูลในคลังสินค้า ปัญหาความหนาแน่นของคลังสินค้าและค่าใช้จ่ายด้านโลจิสติกส์ ทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความโปร่งใส และความถูกต้องในกิจกรรมคลังสินค้า

อาธิธญา ฉวีวงศ์ (2560) การจัดการสินค้าคงคลังด้วย ABC Classification Analysis โดยใช้เทคนิค EOQ Model กรณีศึกษา บริษัท XYZ จำกัด โดย ABC Analysis เป็นวิธีการแบ่งประเภทสินค้าคงคลังออกเป็น 3 กลุ่ม โดยประยุกต์มาจากหลักการของ พาเร ได้นั้น ให้ความสำคัญกับกลุ่มสินค้าจำนวนน้อยที่มีมูลค่ามาก มากกว่ากลุ่มสินค้าจำนวนมากที่มีมูลค่าน้อย โดยมีการแบ่งสินค้าออกเป็นกลุ่ม ดังนี้ สินค้ากลุ่ม A เป็นกลุ่มที่มีจำนวนสินค้าน้อยแต่มีมูลค่าการหมุนเวียนสูงที่สุด จึงต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวด มีการติดตามอย่างต่อเนื่อง บันทึกข้อมูลให้ถูกต้องและแม่นยำ สินค้ากลุ่ม B เป็นกลุ่มที่มีจำนวนสินค้าและการหมุนเวียนปานกลาง สินค้ากลุ่ม C เป็นกลุ่มสินค้าที่มีจำนวนสินค้ามากแต่มีมูลค่าการหมุนเวียนต่ำควรลดการควบคุมให้เหลือน้อยที่สุด ควรใช้ระบบการควบคุมอย่างง่าย ซึ่งมีขั้นตอนในการแบ่งประเภทจัดลำดับความสำคัญของสินค้าตามหลักการ ABC

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษากระบวนการทำงานภายในคลังสินค้าแผนกโลจิสติกส์

คลังสินค้าของบริษัท Foods Trading & Agencies มีพนักงานหยิบ-แพ็คสินค้า 3 คน ซึ่งมีขั้นตอนการหยิบ-แพ็คสินค้าตามใบเบิกของแผนกบริการลูกค้า โดยการสุ่มพนักงานในการทดลองทั้งหมด 3 คน ได้แก่

- 1) พนักงานคนที่ 1 นาย วิษณุ จันทร์หอม ตำแหน่ง ออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2) พนักงานคนที่ 2 นาย สารัช รัตนมังสัจค์ ตำแหน่ง พนักงานคลัง

3) พนักงานคนที่ 3 นาย ต่อ

ตำแหน่ง พนักงานคลัง (ต่างตัว)

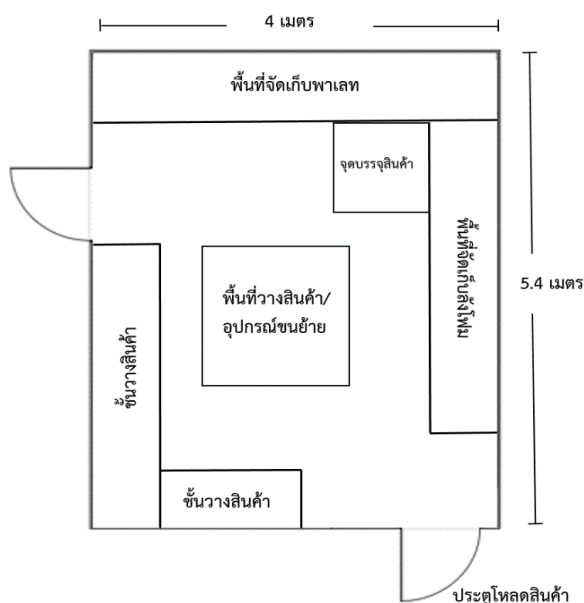
4.2 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไป

4.2.1 สภาพแวดล้อมของพื้นที่คลังสินค้า

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของพื้นที่ในการดำเนินกิจกรรมในกระบวนการจัดการคลังสินค้า บริษัท Foods Trading & Agencies เพื่อทำการศึกษาดำเนินงานในปัจจุบัน เช่น การรับสินค้า การจัดเก็บ การหยิบสินค้า การแพ็คสินค้า เพื่อจัดส่งให้กับลูกค้า เป็นต้น

4.2.2 ลักษณะของคลังสินค้า

มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในคลังสินค้าจัดเก็บสินค้า มีจำนวนทั้งหมด 16 SKU ซึ่งจัดแบ่งพื้นที่ในการจัดวางสินค้าบนชั้นวางสินค้า ซึ่งคลังสินค้านี้มีพื้นที่ทั้งหมด 21.6 ตารางเมตร สามารถจัดเก็บได้ทั้งหมด 5.13 ตัน หรือ 0.2 ตัน/ตารางเมตร มีรายละเอียดดังรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 แผนผังคลังจัดเก็บสินค้าทั่วไป (ก่อนปรับปรุง)

4.2.3 รูปแบบการจัดเก็บสินค้าและการวางสินค้า

รูปแบบการจัดเก็บสินค้าของบริษัทนี้ศึกษาแบบเดิมมีการจัดเก็บแบบระบบการจัดเก็บโดยไร้รูปแบบ (Informal System) เพราะการจัดเก็บสินค้าของบริษัทนี้ไม่มีการบันทึกตำแหน่งการจัดเก็บเข้าไว้ในระบบ และสินค้าทุกชนิดสามารถจัดเก็บไว้ตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวสินค้าก็ถูกนำมาไว้บนชั้นวางสินค้า ซึ่งพนักงานที่ปฏิบัติงานในคลังสินค้านั้นจะเป็นผู้รู้ตำแหน่ง จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดเก็บหรือการที่หาสินค้านั้นไม่เจอในวันที่พนักงานที่ประจำตำแหน่งหยิบสินค้าไม่มาทำงาน จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหยิบสินค้าผิดพลาดและล่าช้า เพื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และการนำเอาเครื่องมือมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

4.3 นำเครื่องมือมาใช้วิเคราะห์ปัญหา

4.3.1 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

ผู้วิจัยดำเนินการเตรียมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการสังเกตและการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัญหาหลักของกระบวนการหยิบสินค้า โดยใช้ทฤษฎี ก้างปลา Fish Bone Diagram มาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในคลังสินค้า ว่ามีสาเหตุมาจากปัจจัยใดบ้าง

4.3.2 ทฤษฎีกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากพนักงานหยิบ-แพ็คสินค้า โดยการจับเวลา เพื่อศึกษากระบวนการการทำงานอย่างละเอียด เช่น ระยะเวลาในการเดิน ระยะเวลาในการทำงานของแต่ละขั้นตอน ซึ่งนำข้อมูลที่ได้รวบรวมและทำการเปรียบเทียบ อาจใช้แนวคิดหลักการ ECRS ในการปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนถัดไป

4.3.3 จัดหมวดหมู่สินค้าตามอัตราความถี่ในการหยิบ (ABC Analysis)

ผู้วิจัยดำเนินการแบ่งกลุ่มตามความถี่ของการหยิบสินค้า ซึ่งเก็บข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูลยอดขายย้อนหลัง ในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2565-ธันวาคม พ.ศ.2565 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ไม่คลาดเคลื่อนมากนัก โดยนำข้อมูลที่ได้การวิเคราะห์ ABC Analysis ทำการแบ่งสินค้าที่ละกลุ่ม

กลุ่ม A มูลค่ายอดขาย 70-80%

กลุ่ม B มูลค่ายอดขาย 10-15%

กลุ่ม C มูลค่ายอดขาย 3-5%

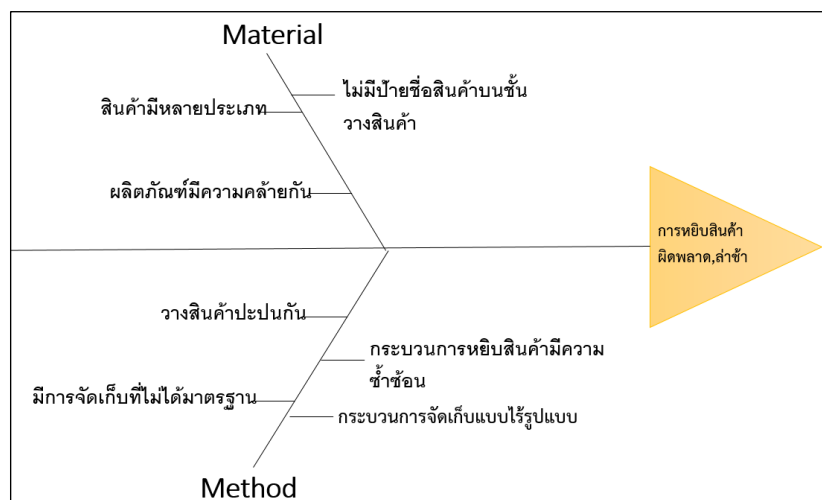
4.3.4 การออกแบบผังคลังสินค้า

การจัดวางแผนผังในคลังสินค้าให้เครื่องมือ อุปกรณ์เหมาะสมกับหน้าที่ในแต่ละงาน รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกในคลังสินค้า เพื่อให้กระบวนการทำงานเป็นไปอย่างราบรื่น ปลอดภัย และรวดเร็ว โดยให้ระยะทางและระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสั้นที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยมีการจัดแบ่งรูปแบบในการจัดเก็บสินค้าและใช้ข้อมูลที่ได้จากการจัดหมวดหมู่สินค้า ABC มาจัดวางสินค้า โดยเริ่มจากสินค้ากลุ่ม A ที่มีการหยิบบ่อยจะถูกวางในพื้นที่ที่ใกล้ประตูโหลดสินค้า ผู้ศึกษาได้กำหนดแผนผังการจัดวางคลังสินค้าใหม่โดยแยกตามกลุ่มของสินค้า โดยการจัดเก็บแบบโดยจะใช้ระบบจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System) สินค้าทุกชนิดหรือทุก SKU นั้นจะมีตำแหน่งจัดเก็บที่กำหนดไว้ตายตัวอยู่แล้ว ซึ่งจะทำการจัดโซนสินค้าตามชั้นวางสินค้า โดยแยกจากยี่ห้อของสินค้าเป็นหลัก

5. การวิเคราะห์ผล

5.1. วิเคราะห์ที่มาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา

ในส่วนของบริษัท Foods Trading & Agencies ประกอบธุรกิจนำเข้าสินค้าและทำการจัดเก็บสินค้าไว้เพื่อบริการจัดส่งให้แก่ลูกค้า ซึ่งพบปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากปัจจัยจากวัสดุ (Material) และจากกระบวนการทำงาน (Method) ที่ยังไม่เหมาะสม



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ที่มาของปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาดและปัญหาการหยิบสินค้าล่าช้า

จากรูปที่ 3 การทำการวิเคราะห์ปัญหาในการหยิบสินค้าผิดพลาดและปัญหาการหยิบสินค้าล่าช้า โดยการใช้ทฤษฎีแผนผังก้างปลา ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากปัจจัยและสาเหตุ ดังนี้

5.1.1 ปัจจัยจากวัสดุ (Material) ประกอบด้วย 3 สาเหตุดังนี้

- 1) ผลิตภัณฑ์ที่มีความคล้ายกัน กล่องบรรจุภัณฑ์มีสีน้ำตาลและเป็นกล่องสี่เหลี่ยมคล้ายกันทำให้พนักงานแยกออกได้ยากถ้าไม่ชำนาญในการหยิบสินค้า
- 2) สินค้ามีหลายประเภท สินค้าบางยี่ห้อหลายรสชาติและต่างขนาดต่างไซส์ ทำให้พนักงานหยิบสินค้าอาจเกิดความเข้าใจผิดและหยิบสินค้าไปผิด
- 3) ไม่มีป้ายชื่อสินค้าบนชั้นวางสินค้า และไม่มีสัญลักษณ์ใดๆบ่งบอกว่าสินค้าบนชั้นวางเป็นสินค้ายี่ห้ออะไรรสชาติใดบ้าง พนักงานที่ไม่ชำนาญต้องเปิดกล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อดูสินค้าภายในว่าเป็นรสชาติใด ทำให้เกิดความผิดพลาดหากพนักงานที่หยิบไม่ใช่พนักงานประจำตำแหน่ง

5.1.2 ปัจจัยจากกระบวนการทำงาน (Method) ประกอบด้วย 4 สาเหตุดังนี้

- 1) พนักงานวางสินค้าปะปนกัน พนักงานไม่ได้แยกยี่ห้อของสินค้า ทั้งรสชาติ, ขนาด, แบรินด์ ทำให้สินค้าบนชั้นวางปะปนกัน ไม่สามารถระบุได้ว่าสินค้าที่จะหยิบอยู่ชั้นวางใด
- 2) การจัดเก็บสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน พนักงานจัดสินค้าไม่เป็นหมวดหมู่ ทำให้การเข้าไปหยิบสินค้าของพนักงานเกิดความล่าช้าเพราะไม่ทราบตำแหน่งการวางของสินค้าแต่ละรายการ
- 3) กระบวนการหยิบสินค้ามีความซ้ำซ้อน เนื่องจากพนักงานหยิบสินค้าไม่ทราบชื่อของสินค้าเพราะไม่มีป้ายสัญลักษณ์ ทำให้พนักงานจำเป็นต้องเปิดดูสินค้าภายในกล่องเพื่ออ่านชื่อของสินค้านั้นจากบรรจุภัณฑ์ที่กล่องทำให้การทำงานในกระบวนการหยิบสินค้ามีขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนและเกิดความผิดพลาดในการหยิบสินค้า
- 4) ระบบการจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ รูปแบบการจัดเก็บสินค้าที่ไม่มีการบันทึกตำแหน่งการจัดเก็บเอาไว้ในระบบ และสินค้าทุกชนิดสามารถจัดเก็บไว้ตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า ซึ่งพนักงานที่ปฏิบัติงานในคลังสินค้านั้นจะเป็นผู้รู้ตำแหน่งการจัดเก็บ จึงทำให้อาจเกิดปัญหาการจัดเก็บหรือการที่หาสินค้านั้นไม่เจอในวันที่พนักงานที่ประจำในโซนนั้นไม่มาทำงาน

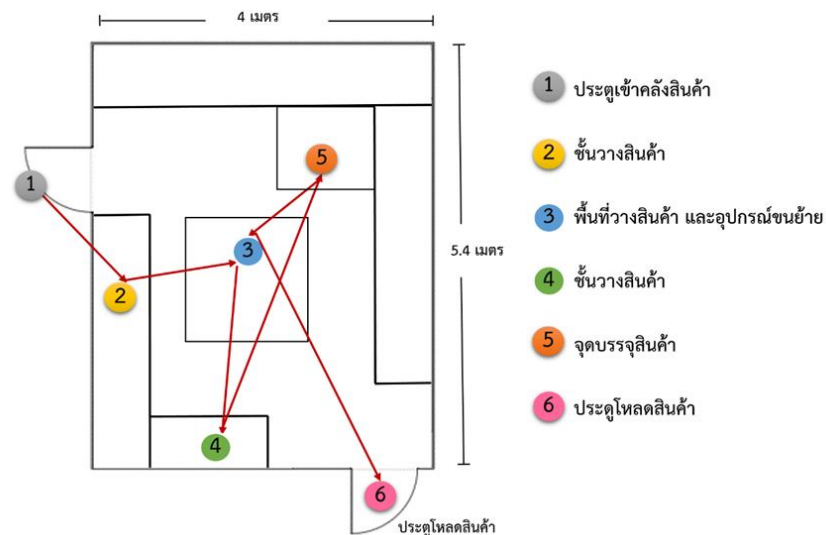
5.2 ศึกษากระบวนการทำงานด้วย Flow Process Chart

ตารางที่ 2 Flow Process Chart ในกระบวนการหยิบสินค้า (ก่อนปรับปรุง)

Flow process Chart กระบวนการหยิบสินค้า							
ลำดับ	คำอธิบาย	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์			
				○	⇒	□	▷
1	พนักงาน Customer service เดินลงจากชั้น 3 เพื่อนำใบเบิกสินค้าไปให้พนักงานคลัง	7.5	4	○	⇒	□	▷
2	พนักงานคลังเดินออกไปรับใบเบิกสินค้า	1.3	3	○	⇒	□	▷
3	พนักงานคลังเดินไปหยิบสินค้าในคลัง	1.2	2	○	⇒	□	▷
4	พนักงานเปิดกล่องสินค้าเพื่อดูชื่อของสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์	1.5	40.2	○	⇒	□	▷
5	พนักงานคลังตรวจสอบสินค้าที่หยิบในพื้นที่บรรจุสินค้า	2.5	10	○	⇒	□	▷
6	พนักงานคลังบรรจุสินค้าลงในกล่องบรรจุภัณฑ์	0	15	○	⇒	□	▷
7	พนักงานเดินไปหยิบอุปกรณ์ขนย้าย	1.5	4	○	⇒	□	▷
8	พนักงานนำสินค้าใส่ในอุปกรณ์ขนย้ายเพื่อขนสินค้าไปยังจุดโหลดสินค้า	1.5	5	○	⇒	□	▷
9	พนักงานนำสินค้าไปยังจุดโหลดเพื่อทำการขนถ่ายไปยังรถบรรทุก	4	2	○	⇒	□	▷
	รวม	21	85.2				

จากตารางที่ 2 Flow Process Chart ก่อนปรับปรุงพบว่า กระบวนการทำงานในลำดับที่ 4 พนักงานต้องเปิดกล่องสินค้าทุกกล่อง เพื่อดูชื่อของสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์ว่าสินค้าเป็นยี่ห้อได้และรสชาติใดบ้าง เนื่องจากไม่มีป้ายบ่งบอก ยี่ห้อ / รสชาติ ของสินค้าบนชั้นวางทำให้เกิดกระบวนการที่ซ้ำซ้อนและไม่จำเป็นเกิดขึ้น ซึ่งระยะเวลาในกระบวนการหยิบสินค้าทั้งหมดรวมเป็น 85.2 นาที และใช้ระยะทางทั้งหมด 21 เมตร

ขั้นตอนกระบวนการหยิบสินค้า (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 4 ขั้นตอนการหยิบสินค้าจากคลังสินค้าทั่วไป (ก่อนปรับปรุง)

จากรูปที่ 4 ขั้นตอนการหยิบสินค้าจากคลังสินค้าทั่วไปก่อนปรับปรุง เริ่มจากพนักงานเดินเข้าไปยังคลังสินค้าหยิบสินค้าตามใบคำสั่งซื้อ ที่ได้รับซึ่งจะอยู่ในจุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 ดังภาพ จากนั้นพนักงานจะนำสินค้ามาที่จุดที่ 5 เพื่อทำการตรวจสอบสินค้า กรณีสินค้าไม่ถูกต้องตามใบคำสั่งซื้อ พนักงานจะต้องกลับไปหยิบใหม่ ในจุดที่ 2 3 และ 4 กรณีที่สินค้าถูกต้องพนักงานคลังจะบรรจุสินค้าลงในกล่องและนำอุปกรณ์สำหรับขนย้ายสินค้าจากจุดที่ 3 มาทำการเคลื่อนย้ายสินค้า และทำการถ่ายโอนสินค้าไปยังรถบรรทุก เพื่อนำสินค้าไปส่งยังลูกค้า

5.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีในการจัดการคลังสินค้า

5.3.1 การปรับปรุงคลังสินค้าในการจัดวางสินค้าเป็นโซน ABC Analysis

ผู้วิจัยดำเนินการแบ่งกลุ่มตามความถี่ของการหยิบสินค้า ซึ่งเก็บข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูลยอดขายย้อนหลัง ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2565-ธันวาคม พ.ศ.2565 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ไม่วิเคราะห์เคลื่อนมากนัก โดยนำข้อมูลที่ได้การวิเคราะห์ ABC Analysis ทำการแบ่งสินค้าที่ละกลุ่ม

ตารางที่ 3 ตารางสรุปผลการแบ่งกลุ่มสินค้าตามหลัก ABC Analysis ตามอัตราส่วนปริมาณการขายเดือนตุลาคม, พฤศจิกายน, ธันวาคม พ.ศ.2565

ABC Group	รายชื่อสินค้า	ยอดขาย (ชิ้น)	Percentage
A	Soria Natural Ricers	1900	10.43%
A	Soria Natural Whole Grain	1520	8.34%
A	FNP0006-NR ซ็อกโกแลต 1x10x500g.	1340	7.36%
A	FNP0021-NR กาแฟเอสเปรสโซ่ 1x10x500g	1280	7.03%

ABC Group	รายชื่อสินค้า	ยอดขาย (ชิ้น)	Percentage
A	Matsu Houjicha Powder 100%	1190	6.53%
A	FNP0005-NR ชาไทยมะนาว 1x10x400g.	1150	6.31%
A	IMOYA Purple Sweet Potato Latte 500g.	1120	6.15%
A	IMO IMO Purple Sweet Potato Drink - Ginger, Extra Hot 140g.	1065	5.85%
A	IMOYA Purple Sweet Potato Pure Powder, 500g.	1050	5.76%
A	FNP0002-NR ชาเขียวนมกลั่นมะลิ 1x10x500g.	1050	5.76%
A	FNP0001-NR ชาสมุนไพร 1x10x500g	1000	5.49%
A	FNP0007-NR ชาเขียวลาเต้มีทชง 1x10x500g.	970	5.33%
B	Matsu Macha Powder 100%, 100g.	930	5.11%
B	IMOYA Purple Sweet Potato Spread, 500g.	920	5.05%
B	IMO IMO Purple Sweet Potato Drink - Ginger, 140g.	870	4.78%
C	Ta-Ke Green Tea Zuper Powder 250g.	860	4.72%
	ผลรวม	18215	100%

จากตารางที่ 3 ตารางสรุปผลการแบ่งกลุ่มสินค้าตามหลักการ ABC Analysis ตามอัตราส่วนปริมาณการขายเดือน ตุลาคม, พฤศจิกายน, ธันวาคม พ.ศ.2565 เพื่อแบ่งกลุ่มสินค้าได้ดังนี้

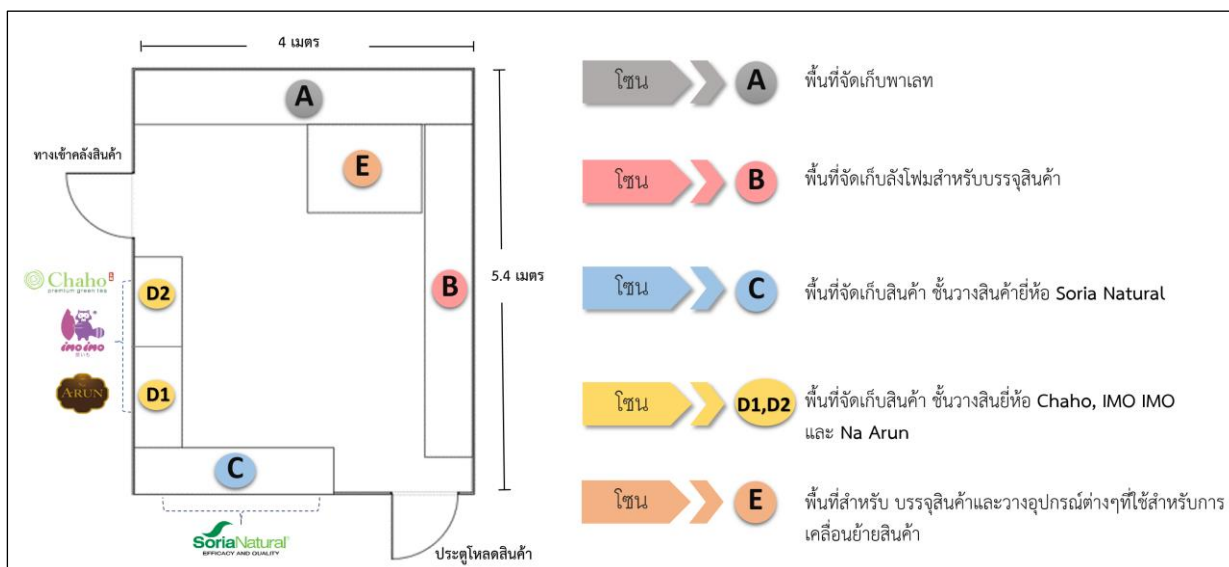
กลุ่ม A มูลค่ายอดขาย 80.35% มีสินค้าทั้งหมด 12 SKU

กลุ่ม B มูลค่ายอดขาย 14.93% มีสินค้าทั้งหมด 3 SKU

กลุ่ม C มูลค่ายอดขาย 4.72% มีสินค้าทั้งหมด 1 SKU

หลังจากการแบ่งกลุ่มสินค้าตามหลักการ ABC Analysis ผู้ศึกษาได้กำหนดแผนผังการจัดวางคลังสินค้าใหม่โดยแยกตามกลุ่มของสินค้า

5.3.2 การปรับปรุงระบบการจัดเก็บสินค้าแบบระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System) จากเดิม บริษัท EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO., LTD. มีการจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ การจัดเก็บสินค้าที่ไม่มีการบันทึกตำแหน่งการจัดเก็บเข้าไว้ในระบบ และสินค้าทุกชนิดสามารถจัดเก็บไว้ตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า ซึ่งพนักงานที่ปฏิบัติงานในคลังสินค้านั้นจะเป็นผู้รู้ตำแหน่งในการจัด จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดเก็บหรือการที่หาสินค้านั้นไม่เจอในวันที่พนักงานที่ประจำในโซนนั้นไม่มาทำงาน ผู้ศึกษาทำการปรับปรุงเปลี่ยนระบบการจัดเก็บสินค้าเป็นแบบระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System) แนวความคิดในการจัดเก็บสินค้า ซึ่งการจัดเก็บรูปแบบนี้เหมาะสมสำหรับคลังสินค้าของบริษัทเนื่องจากสินค้าไม่ได้มีขนาดใหญ่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย มีจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานไม่มากและมีจำนวนสินค้าหรือจำนวน SKU ที่จัดเก็บน้อยด้วย ผู้ศึกษาได้ทำแผนผังการแบ่งโซน คลังสินค้าทั่วไป โดยแบ่งออกเป็น โซน A B C D และ โซน E และทำการออกแบบป้ายชื่อสินค้าระบุสาขาของสินค้า และแยกป้ายสีตามยี่ห้อของสินค้า



รูปที่ 5 แผนผังการแบ่งโซนคลังสินค้า (หลังปรับปรุง)

จากรูปที่ 5 ผู้ศึกษาได้จัดทำแผนผังแบ่งโซนต่างๆ เพื่อความเข้าใจของพนักงานที่จะเข้าไปหยิบสินค้าหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแผนผังนี้จะระบุตำแหน่งที่จัดเก็บทั้งสินค้าและอุปกรณ์ต่างๆ โดยทำการแบ่งโซนภายในห้องเป็น โซน A, B, C, D และ E การปรับปรุงระบบการจัดเก็บสินค้าแบบระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัวโดยให้ชั้นวางสินค้าแบรนด์ Soria Natural สินค้าให้กลุ่ม A จะอยู่ในโซน C ใกล้ประตูโหลตสินค้ามากที่สุด เนื่องจากสินค้ามีอัตราส่วนปริมาณการขายมากที่สุด และชั้นวางโซน D1,D2 ใช้วางสินค้าแบรนด์ Na Arun, Chaho. Imo Imo

รูปแบบคลังสินค้าใหม่ มีการออกแบบการจัดวางสินค้าดังนี้

- โซน C จะจัดเก็บสินค้ากลุ่ม A จะเป็นสินค้าแบรนด์ Soria Natural ทั้งหมด 2 รายการ คือ Soria Natural Ricers และ Soria Natural Whole Grain เป็นสินค้าที่มีการเบิกออกบ่อยจะเก็บไว้ใกล้กับทางเข้าออก ใช้ชั้นวางทั้งหมด 4 ชั้นวาง

- โซน D1 จะจัดเก็บสินค้ากลุ่ม A จะเป็นสินค้าแบรนด์ Na Arun ทั้งหมด 7 รายการ คือ Thai Tea With Lime, Espresso Coffee, Latte coffee, Milk Green tea, Mactcha Green tea, Jasmine Milk Green, Tea Purple Sweet Potato เป็นสินค้าที่มีการเบิกออกบ่อย-ปานกลาง รองจากสินค้ากลุ่ม A แบรนด์ Soria Natural จะเก็บไว้โซนต่อจากโซน C ใช้ชั้นวางทั้งหมด 4 ชั้นวาง

- โซน D2 จะจัดเก็บสินค้าทั้งกลุ่ม A ที่มีอัตราส่วนปริมาณการขายรองจากสินค้าที่อยู่ในโซน D1 รวมถึงสินค้าในกลุ่ม B และ C จะเป็นสินค้าแบรนด์ Chaho และ Imo Imo ทั้งหมด 7 รายการ คือ All-Purpose, Ta-Ke Green Tea, Matsu Houjicha, Matsu Macha, Potato Drink, Potato Pure, Potato Latte เป็นสินค้าที่มีการเบิกออกปานกลาง-น้อยครั้ง จะเก็บไว้โซนถัดจากโซน D1 ใช้ชั้นวางทั้งหมด 4 ชั้นวาง เนื่องจากสินค้าแบรนด์ Chaho มีบางรสชาติที่อยู่ในกลุ่ม A และบางรสชาติอยู่ในกลุ่ม B ผู้ศึกษาจัดให้สินค้า แบรนด์ Chaho ทุกรสชาติอยู่ในชั้นวางเดียวกัน เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของพนักงาน

โดยการเก็บสินค้าแบบ Fixed นั้นเพียงพอต่อการจัดเก็บสินค้าภายในคลังสินค้าที่ทางบริษัทมีอยู่ โดยจัดสรรพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้าที่ได้ดำเนินการแบ่งประเภท ของสินค้าตามทฤษฎี ABC Analysis เพื่อให้เหมาะสมต่อการทำงานและเพื่อลดระยะทางในการเดินทางหยิบสินค้า

5.3.3 การปรับปรุงโดยใช้แนวคิดทฤษฎีการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control)

ผู้ศึกษาทำป้ายคัดแยกการจัดเก็บสินค้าให้สามารถแยกได้ง่ายและสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น จัดทำป้ายชื่อที่ระบุยี่ห้อสินค้าและรสชาติเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษนำไปติดบนชั้นวางสินค้าแต่ละชั้นวาง เปรียบเทียบก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุงโดยใช้แนวคิดทฤษฎีการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เปรียบเทียบก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง โซน C

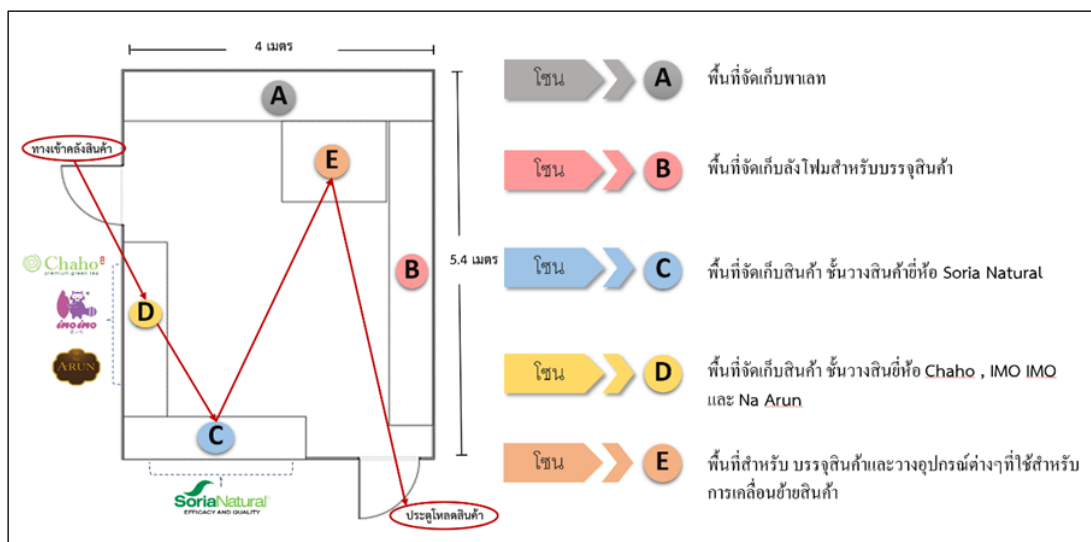


รูปที่ 7 เปรียบเทียบก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง โซน D1



รูปที่ 8 เปรียบเทียบก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง โซน D2

ขั้นตอนกระบวนการหยิบสินค้า (หลังปรับปรุง)



รูปที่ 9 ขั้นตอนกระบวนการหยิบสินค้าหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 9 ขั้นตอนกระบวนการหยิบสินค้าหลังปรับปรุง เริ่มจากพนักงานรับใบคำสั่งซื้อ และเดินเข้าคลังสินค้าเพื่อหยิบสินค้า ในโซน D และ C โดยการหยิบสินค้าตามชื่อสินค้าบนชั้นวางของ จากนั้นพนักงานจะนำสินค้าไปบรรจุที่จุดบรรจุสินค้าในโซน E และใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายสินค้าจากโซน E เพื่อนำสินค้าไปยังประตูโหลตสินค้า จากนั้นพนักงานจะทำการขนถ่ายสินค้าขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำสินค้าไปส่งให้แก่ลูกค้า

ตารางที่ 4 Flow Process Chart ในกระบวนการหยิบสินค้า (หลังการปรับปรุง)

Flow process Chart กระบวนการหยิบสินค้า								
ลำดับ	คำอธิบาย	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาท)	สัญลักษณ์				
				○	➡	□	▭	▽
1	พนักงาน Customer service เดินลงจากชั้น 3 เพื่อนำใบเบิกสินค้าไปให้พนักงานคลัง	7.5	4	○	➡	□	▭	▽
2	พนักงานคลังรับใบเบิกสินค้า	1.3	3	○	➡	□	▭	▽
3	พนักงานคลังเดินไปหยิบสินค้าในคลัง	1.2	2	○	➡	□	▭	▽
4	พนักงานหยิบสินค้าตามป้ายบอกชื่อสินค้าบนชั้นวาง	1.5	20	○	➡	□	▭	▽
5	พนักงานคลังตรวจสอบสินค้าที่หยิบในพื้นที่บรรจุสินค้า	2.5	10	○	➡	□	▭	▽
6	พนักงานคลังบรรจุสินค้าลงในกล่องบรรจุภัณฑ์	0	15	○	➡	□	▭	▽
7	พนักงานนำสินค้าใส่ในอุปกรณ์ขนย้ายเพื่อขนสินค้าไปยังจุดโหลดสินค้า	0	5	○	➡	□	▭	▽
8	พนักงานนำสินค้าไปยังจุดโหลดเพื่อทำการขนถ่ายไปยังรถบรรทุก	4	2	○	➡	□	▭	▽
	รวม	18	61					

จากตารางที่ 4 จากการทดสอบการหยิบสินค้าหลังการปรับปรุงกระบวนการหยิบสินค้า จากเดิมในขั้นตอนการหยิบสินค้า ลำดับที่ 4 ซึ่งพนักงานต้องเปิดกล่องสินค้าทุกกล่อง เพื่อดูชื่อของสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์ว่าสินค้าเป็นยี่ห้อได้และรสชาติได้บ้าง เนื่องจากไม่มีป้ายบ่งบอก ยี่ห้อ / รสชาติ ของสินค้าบนชั้นวางทำให้เกิดกระบวนการที่ซ้ำซ้อนและไม่จำเป็น จะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยการปรับเปลี่ยนการจัดแผนผังคลังสินค้าและนำการลดความสูญเปล่า (ECRS) มาใช้ให้กระบวนการทำงานไม่ซ้ำซ้อนและง่ายขึ้น ร่วมกับเครื่องมือ Visual Control โดยแปะป้ายบ่งบอก ยี่ห้อ / รสชาติ ของสินค้าบนชั้นวาง ทำให้ระยะเวลาในการหยิบสินค้าหลังการปรับปรุงเป็น 61 นาที ต่อ 1 ใบออเดอร์ และระยะใช้ระยะทาง 18 เมตร และเนื่องจากพนักงานไม่ต้องเดินไปหยิบอุปกรณ์ขนย้ายจากจุดเดิมทำให้กระบวนการทำงานลดลงจากเดิมมีทั้งหมด 9 ขั้นตอน หลังปรับปรุงกระบวนการทำงานเหลือ 8 ขั้นตอน

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

หลังการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการหยิบสินค้า ในเดือน มกราคม 2566 ผลปรากฏอย่างชัดเจนว่าอัตราความผิดพลาดในการหยิบสินค้านั้นเท่ากับ 0 หรือไม่เกิดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าเพื่อส่งมอบไปยังลูกค้าทั้ง 18 สาขา ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม 2565

ตารางที่ 5 สรุปผลการปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	ร้อยละผลต่าง
1. ปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาด (ครั้ง)	123	0	123	100%
2. ปัญหาการหยิบสินค้าล่าช้า (นาท)	85.2	61	24.2	28.4%

จากตารางที่ 5 สรุปผลการปรับปรุงในการลดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าและการลดระยะเวลาในกระบวนการหยิบสินค้า โดยการนำข้อมูลมาเปรียบเทียบพบว่าหลังการปรับปรุงอัตราการเกิดความผิดพลาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงก่อนปรับปรุง เกิดปัญหาการหยิบสินค้าผิดพลาดถึง 123 ครั้ง จากการส่งมอบทั้งหมด 216 ครั้ง ในเดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม 2565 คิดเป็นค่าเฉลี่ยความผิดพลาด 42.5% ต่อเดือน แต่หลังการปรับปรุงในเดือนมกราคม 2566 ทำให้จำนวนครั้งที่เกิดความผิดพลาดเหลือ 0 โดยผลลัพธ์คิดเป็น 100% และในส่วนของกระบวนการหยิบสินค้าที่ล่าช้าจากกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อน ซึ่งระยะเวลาในกระบวนการหยิบสินค้าก่อนการปรับปรุงทั้งหมดรวมเป็น 85.2 นาที และใช้ระยะทางทั้งหมด 21 เมตร และผลลัพธ์หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ทำให้ระยะเวลาลงมาเป็น 61 นาที ต่อ 1 ใบคำสั่งซื้อ และระยะทางหลังการปรับปรุง 18 เมตร คิดเป็นระยะเวลาลดลงเฉลี่ย 28.4%

การลดระยะเวลาในกระบวนการหยิบสินค้าทำให้พนักงานทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้เกิดผลผลิตที่สูงขึ้นและลดเวลาในการส่งมอบสินค้าถึงลูกค้า สามารถนำไปปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า ลดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า ทำให้ลูกค้าพอใจกับการบริการและสินค้าที่ได้รับ อีกทั้งยังส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและส่งมอบสินค้าทำให้บริษัทสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้มากขึ้น ซึ่งอาจส่งเสริมการเติบโตของธุรกิจและเพิ่มรายได้ สร้างความน่าเชื่อถือจากการลดความผิดพลาดในการหยิบสินค้าช่วยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับบริษัท ลูกค้าจะมีความมั่นใจในการซื้อสินค้าจากบริษัทนี้เนื่องจากการจัดส่งสินค้าที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ สุดท้ายช่วยลดภาระงานของผู้รับผิดชอบการลดระยะเวลาในการหยิบสินค้าช่วยลดภาระงานในกระบวนการจัดเก็บสินค้า ซึ่งอาจทำให้พนักงานมีเวลาว่างมากขึ้นเพื่อทำกิจกรรมอื่นๆ

7. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การลดความผิดพลาดและลดระยะเวลาในการหยิบสินค้า กรณีศึกษา บริษัท EUROSIA FOODS TRADING & AGENCIES CO., LTD. ผู้ศึกษาเสนอดังนี้

7.1 จากการศึกษาในครั้งนี้มีการเก็บข้อมูลหลังปรับปรุงเพียง 1 เดือน เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการทำวิจัย หากมีการศึกษาครั้งต่อไปอาจมีการเก็บข้อมูลหลังปรับปรุงเพิ่มเติม เพื่อติดตามผลการดำเนินงานในการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมรูปแบบการจัดเก็บ และรูปแบบการหยิบสินค้าได้หลากหลายรูปแบบ ที่สามารถนำมาปรับปรุงวิธีการและใช้ให้สอดคล้องกับองค์กร

7.3 ควรศึกษากระบวนการการจัดเก็บ ของคลังเก็บสินค้าแช่แข็งและคลังสินค้าเย็น เพื่อให้การจัดเก็บสินค้าของทั้งองค์กรมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

7.4 ควรทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริงหลังการปรับปรุง เพื่อประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานหลังการปรับปรุง ใช้แบบสอบถามที่มีลักษณะการให้คะแนนแบบ Rating Scale ซึ่งเป็นการวัดข้อมูลประเภทอัตราภาคชั้น (Interval scale)

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Tonsakun-aree, N. Juturat and C. Kuntonbutr, "Integration of information in the ERP System affecting the efficiency of the Supply Chain Performance of the frozen food industry in Thailand," *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 10, pp. 1-11, May-August 2020.
- [2] W. Maneesuwan and T. Wasusri, "Green Logistics Management VS Thai Logistics Service Provider's Potency," *KMUTT Research and Development Journal*, vol. 37, no. 2, pp. 215-226, 2014.
- [3] W. Atthirawong and W. Panprung, "Driving Force to Application of Green Logistics Management for OTOP Entrepreneurs," *Thai Journal of Science and Technology*, vol. 24, no. 2, pp. 225-239, 2016.
- [4] A. Vanichchinchai and S. Apirakkhith, "An identification of warehouse location in Thailand", *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, vol. 30, no. 3, pp. 749-758, 2018.
- [5] P. Setsathien and K. Kerdphon, "Increasing efficiency of warehouse management," *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*, vol. 13, no. 2, pp. 65-72, 2019.
- [6] U. Cherdchom and P. Peerapattana, "The improvement of warehouse management system to determine storage location for the product: A case study of Northeast distribution center," *Science & Technology Ubon Ratchathani University*, vol. 21, no. 2, pp. 65-74, 2019.
- [7] D. Senarak and D. Kritchanhai, "Supply-Processing-Distribution Models for Hospital Supply Chain-A Case Study of Hospital Supply Chain in Thailand," *9th International Conference on Operations and Supply Chain Management*, pp.1-18, December 2019.
- [8] T. Suesut, V. Tipsuwanporn, S. Gulphanich and J. R. P. Sukprasert, "A design of automatic warehouse for internet based system," *IEEE International Conference on Industrial Technology 2002. IEEE ICIT '02*, vol. 1, pp. 313-316, 2002.
- [9] S. Pimonratnakan, "The supply chain management of agricultural commodities orchids in Budhamonthon Nakhon Pathom province," *Veridian E-Journal Silpakorn University*, pp. 1595-1610, 2017.

กระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล

THE WORKING PROCESS AND CREATIVE TECHNIQUES OF FOOD PHOTOGRAPHY FOR ADVERTISING IN THE DIGITAL AGE

กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี
Kritsada Thaweesaksri

ภาควิชานิเทศศาสตร์และสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Department of Communication Arts and Information Science Faculty of Humanities Kasetsart University
Corresponding author: email: kritsada.t@ku.th

Received: September 1, 2023
Revised: October 25, 2023
Accepted: November 7, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณาและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) โดยกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญคือ กลุ่มนักสร้างภาพโฆษณาอาหาร จำนวน 7 คน โดยแบ่งเป็น นักสร้างสรรคและตกแต่งจานอาหาร (Food Stylist) จำนวน 3 คนและช่างถ่ายภาพอาหาร (Food Photographer) จำนวน 4 คน ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแนวคำถามสำหรับใช้ในการสนทนากลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร มีหลักสำคัญ 3 ประการที่จะทำให้การถ่ายภาพโฆษณาอาหารมีความสมบูรณ์ คือ 1) ภาพอาหารต้องดึงดูดความสนใจ สามารถสะกดให้ผู้คนหยุดมองภาพได้ 2) สร้างอารมณ์คล้อยตาม ภาพถ่ายต้องสร้างความประทับใจให้ผู้ชม สร้างอารมณ์คล้อยตามได้ และ 3) ภาพอาหารต้องมีอิทธิพลต่อผู้ชม เมื่อเห็นภาพแล้วอยากกินอยากซื้อ เกิดการตัดสินใจซื้อ เทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารมี 2 องค์ประกอบจะทำให้ถ่ายภาพโฆษณาอาหารมีความสมบูรณ์ คือ 1) แนวทางการจัดแสงถ่ายภาพโฆษณาอาหาร และ 2) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดแสง ผลการประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผลการประเมินรับรองโดยสรุปผลเฉลี่ยรวมทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.67)

คำสำคัญ: กระบวนการสร้างสรรค, เทคนิคการสร้างสรรค, ภาพถ่ายโฆษณาอาหาร

Abstract

This article aims to study the working process and creative techniques of food photography for advertising, as well as the professional step-by-step working process for advertising photography, and the use of specific equipment and tools for advertising photography. Mixed methods research is used as a research method. The key informants are seven image creators for food advertising, three of which are food stylists and the other three are food photographers. All informants are selected by purposive sampling, and the research tools are guideline questions for group conversation. The results are as follows: The working

process of food photography for advertising consists of 3 principles: 1) A good photography for food advertising must be attractive to the target audience, i.e. to be able to make people stop to look at the picture. 2) The image should be impressive enough to make an imprint in the viewer's memory. and 3) The image should be influential, and leads to a decision to purchase the product. There are two key factors in producing successful food photography: 1) the use of lighting design for food photography. and 2) lighting equipment for food photography. The results of the evaluation to certify the creative techniques of food photography for advertising. The evaluation results based on the average rating in all components given by experts were at a high level ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.67)

Keywords: Process of Creation, Technical of Creation, Food Photography for Advertising

บทนำ

สื่อโฆษณานับว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก กลุ่มผู้ผลิตหรือเจ้าของสินค้าจึงให้ความสำคัญในการทำโฆษณาเผยแพร่สินค้าไปยังช่องทางสื่อต่าง ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการรับรู้ สนใจและเกิดยอดขายสินค้าในที่สุด ซึ่งการสร้างสรรค์ผลงานโฆษณาเพื่อเผยแพร่ในสื่อประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อกลางแจ้ง และสื่อออนไลน์นั้นเห็นได้ว่าการใช้ภาพถ่ายเข้ามาเพื่อช่วยในการสื่อสาร ภาพถ่ายจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่ช่วยให้ผลงานโฆษณานั้นมีความน่าสนใจ และสามารถสื่อสารออกมาได้ตรงตามความต้องการของนักโฆษณาหรือนักออกแบบมากยิ่งขึ้น

การสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณาไม่ว่าจะเป็นภาพถ่ายผลิตภัณฑ์ ภาพถ่ายอาหาร ภาพถ่ายสถาปัตยกรรม รวมไปถึงภาพถ่ายบุคคล ย่อมมีรายละเอียดในการจัดแสงและองค์ประกอบของภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งนอกจากกล้องถ่ายภาพที่เป็นอุปกรณ์หลักสำหรับการถ่ายภาพแล้ว แสงก็เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการถ่ายภาพทั้งในสตูดิโอและนอกสถานที่ด้วยเช่นกัน เพราะแสงสามารถสื่ออารมณ์พร้อมกับศิลปะของภาพที่ถ่ายออกมาได้

งานโฆษณาที่มีการสร้างสรรค์ที่ดีย่อมสามารถโน้มน้าวใจให้ผู้บริโภคเป้าหมายเกิดการตอบสนอง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างความรู้จักความสนใจ สร้างทัศนคติที่ดีให้กับสินค้า สร้างความรู้ความเข้าใจถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ กระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้า และการสร้างความภักดีในตราสินค้า โดยทำให้ผู้บริโภคมีการตัดสินใจซื้อซ้ำ ในขณะเดียวกัน หากชิ้นงานโฆษณานั้นมีการสร้างสรรค์ที่ไม่ดี ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ย่อมทำให้ชิ้นงานโฆษณาไม่ได้รับการตอบสนองจากผู้บริโภคเป้าหมายอย่างเหมาะสม [1]

การสื่อสารช่องทางออนไลน์นับเป็นวิธีการที่มีอิทธิพลต่อการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสื่อสารของมนุษย์ในยุคดิจิทัลอย่างมาก เพราะสามารถแพร่กระจายออกไปได้เป็นวงกว้างข้ามผ่านข้อจำกัดทางด้านพื้นที่และเวลา ทำให้ผู้คนจากต่างถิ่นทั่วโลกสามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างง่าย รวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ผ่านเครือข่ายของสัญญาณอินเทอร์เน็ต [2]

การสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณาอาหารที่สามารถก่อให้เกิดจินตนาการทางความคิด จำเป็นต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ มุมมองทางด้านศิลปะ องค์ประกอบภาพ และรายละเอียดอื่น ๆ มาประกอบกันอย่างเหมาะสม มีความกลมกลืนต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการคิดงาน ถ่ายทอดมุมมอง และการสร้างสรรค์ภาพโฆษณา ไม่ว่าจะเป็นงานถ่ายภาพสินค้า ภาพผลิตภัณฑ์ ภาพอาหาร ในขณะเดียวกัน เมื่อมองภาพรวมจะต้องมีความสวยงาม มีรสนิยม ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ต่อยอด หรือเชิญชวนให้ผู้มองเห็นภาพเกิดทัศนคติที่ดีต่อสินค้านั้นด้วย

ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าการถ่ายภาพได้พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องและเกิดเทคโนโลยีใหม่ ๆ ขึ้นมากมายทั้งในด้านของอุปกรณ์กล้อง ไฟ เทคนิควิธีการจัดแสง รวมถึงแนวความคิดในการจัดองค์ประกอบภาพที่มีความแปลกใหม่ขึ้นทำให้

ผู้ปฏิบัติงานด้านการถ่ายภาพต้องเรียนรู้การใช้อุปกรณ์ ตลอดจนสร้างสรรค์ภาพถ่ายด้วยวิธีใหม่ ๆ อยู่เสมอเพื่อปรับใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานให้เหมาะสมกับการถ่ายภาพโฆษณา

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อศึกษากระบวนการการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร
- 1.2 เพื่อศึกษาเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล

2. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาเรื่องการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณา กระบวนการทำงานด้านการถ่ายภาพโฆษณาตามลำดับขั้นตอนแบบมืออาชีพและรวบรวมอุปกรณ์และเครื่องมือเฉพาะทางที่จำเป็นสำหรับการถ่ายภาพโฆษณา ใช้วิธีการวิจัยการปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) โดยกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญคือ กลุ่มนักสร้างงานโฆษณาอาหาร จำนวน 7 คน โดยแบ่งเป็นนักสร้างสรรคและตกแต่งอาหาร (Food Stylist) จำนวน 3 คน และช่างถ่ายภาพอาหาร (Food Photographer) จำนวน 4 คน ทั้งหมดได้รวบรวมรายละเอียดและข้อมูลเชิงปฏิบัติการจากแหล่งข้อมูลทั้งเอกสาร ตำรา ศึกษาตัวอย่างงาน การสังเกตการณ์ การปฏิบัติงานจริงร่วมกับผู้ที่มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญทางด้านการถ่ายภาพโฆษณาอาหารจากโปรเจกต์ต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้เข้าร่วมปฏิบัติงานในฐานะช่างภาพและผู้ร่วมสร้างสรรค รวมทั้งสิ้น 3 โปรเจกต์

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิดเกี่ยวกับภาพถ่ายโฆษณาอาหาร (Advertising Food Photography)

แนวคิดเกี่ยวกับภาพถ่ายโฆษณาอาหาร ประกอบด้วย ความหมายและรูปแบบของภาพถ่ายโฆษณาอาหาร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาพถ่ายโฆษณาอาหารหรือการถ่ายภาพอาหาร เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างศิลปะการถ่ายภาพ ศิลปะการตกแต่งอาหาร ด้วยการนำเทคนิคในการถ่ายภาพมาปรับใช้เพื่อการเล่าเรื่องราวภาพจะช่วยสื่อให้อาหารดูน่าดึงดูดน่ารับประทานต่อสายตาผู้ชมหรือลูกค้ามากยิ่งขึ้น มีผลในการกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อหรือเลือกมารับประทานอาหาร ภาพอาหารที่ถูกจัดแต่งอย่างสวยงามเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการสื่อสารเพื่อการส่งเสริมทั้งภาพลักษณ์ของร้านอาหารให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้ดียิ่งขึ้น [3]

การถ่ายภาพอาหารเป็นประเภทหนึ่งของการถ่ายภาพที่เน้นถ่ายภาพอาหารให้สวยงามและชวนให้เกิดความอยากรับประทานอาหาร ไม่ว่าจะเป็นตำราอาหาร เมนูอาหาร หรือบล็อกเกี่ยวกับอาหาร การถ่ายภาพอาหารเป็นเครื่องมือสำคัญในการนำเสนออาหารจานอร่อย และสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้คนลองชิมอาหารใหม่ ๆ การถ่ายภาพอาหารเป็นรูปแบบหนึ่งของการเล่าเรื่องด้วยภาพ ภาพถ่ายอาหารที่ดีสามารถบอกเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับอาหารจานนั้นได้มาจากไหน มีวิธีการปรุงอย่างไร ตลอดจนรสชาติและเนื้อสัมผัสที่คาดหวัง การใช้เทคนิคการจัดแสง การจัดองค์ประกอบ และการจัดรูปแบบ ช่างถ่ายภาพอาหารสามารถสร้างเรื่องราวที่ดึงดูดผู้ชมและทำให้ผู้ชมภาพอยากลิ้มลองอาหาร [4]

การถ่ายภาพอาหารช่วยบอกเล่าเรื่องราว ตั้งแต่ ฉากหลัง การจัดแสง ไปจนถึงจานชาม และอุปกรณ์ประกอบฉาก ทุกแง่มุมของภาพล้วนมีเนื้อหาที่สามารถช่วยสร้างตัวตนให้แบรนด์ผลิตภัณฑ์หรือสินค้าได้ คุณต้องการให้ผู้ชมรู้สึกอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น หากชอบความเรียบง่าย ติดดินและทันสมัย ให้มั่นใจว่าภาพจะสะท้อนถึงสิ่งนั้น อาจต้องละทิ้งสีพาสเทล หรือสีอ่อนแล้วเลือกใช้โทนสีเข้ม ใช้ฉากหลังหรือผิวสัมผัสของไม้

การถ่ายภาพอาหารควรกระตุ้นอารมณ์ ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายภาพอาหารหรือเครื่องดื่ม ต้องจัดประกายหรือสร้างปฏิกิริยาให้เกิดกับลูกค้า กระตุ้นให้พวกเขอยากสั่งซื้อ จองโต๊ะ หรือปรุงสุตรอาหารนั้นตาม [5]

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณาอาหาร 3 ส่วน ได้แก่ งานวิจัยที่ศึกษาการสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณาอาหาร งานวิจัยที่ศึกษากระบวนการทำงานด้านการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร และงานวิจัยที่ศึกษาแนวทางการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือการถ่ายภาพโฆษณา มีรายละเอียดดังนี้

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณา พบว่ามีการสร้างสรรค์ด้วยกลยุทธ์ที่น่าสนใจ เช่น แสงปติปแก้วสาร [6] ที่ศึกษาถึง การจัดอาหารเพื่อการถ่ายภาพ เทคนิคของการจัดอาหารถ่ายภาพ เริ่มจากความคิดเป็นสำคัญ หลังจากที่ได้รับโจทย์ในการจัดอาหารมาแล้วจำเป็นต้องหาข้อมูลของอาหารนั้น ๆ เพื่อทำความรู้จักกับอาหารให้มากที่สุด เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการช่วยตัดสินใจเลือกสไตล์ อุปกรณ์ประกอบฉาก การใช้สี การสร้างเรื่องราวและออกแบบวิธีการจัดอาหารนั้น ๆ ให้ชัดเจนขึ้น เมื่อได้รับข้อมูลการทำงานแล้วก็ป็นขั้นตอนของการคิดออกแบบ การสเก็ตซ์ภาพ ช่วยให้เห็นภาพที่คิดได้อย่างชัดเจนมากขึ้น หากไม่ถนัดในการสเก็ตซ์ ควรหาตัวอย่างภาพหรืองานที่ใกล้เคียงกับแนวความคิด เพื่อที่จะสามารถสื่อสารกับช่างภาพถึงสไตล์และรูปแบบของการถ่ายภาพที่ต้องการได้ การออกแบบการจัดอาหารในขั้นตอนนี้ควรสรุปรูปแบบอารมณ์และโทนสีของภาพให้ได้ก่อน เพื่อการจัดเตรียมอุปกรณ์ประกอบฉากจะได้ไม่ยุ่งยากนัก การเตรียมอุปกรณ์ เมื่อได้รูปแบบที่ชัดเจนแล้วจึงหาอุปกรณ์ประกอบฉากให้ได้รูปแบบ สีใกล้เคียงกับสิ่งที่คิด บางครั้งหากไม่สามารถตัดสินใจเลือกรูปแบบการทำงานที่แน่นอนได้ นั้นหมายถึงการเตรียมอุปกรณ์สำหรับอีกรูปแบบที่ไม่สามารถตัดสินใจได้ มีผลต่องบประมาณในการซื้ออุปกรณ์ประกอบฉาก ที่ต้องเพิ่มขึ้นเท่าตัว ทั้งนี้ การเพื่่ออุปกรณ์ประกอบฉากแบบเดียว เป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อลดปัญหานางานที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดก็เป็นได้ แต่ไม่ควรที่จะเพื่่อเลือกในหลายรูปแบบ อาจทำให้เกิดความไม่ชัดเจนในการทำงานทั้งต่อตัวเองและผู้อื่นด้วย การศึกษาของอชิรญา วิฑูรชาติรี [7] เรื่องการสื่อความหมายของรสชาติอาหารไทยของภาพประกอบในนิตยสาร โดยมุ่งศึกษารายละเอียดและลักษณะของภาพ 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา สี การจัดองค์ประกอบพื้นที่ การแสดงออกของอารมณ์ของภาพและแสง จำนวน 12 ชิ้นงาน ผลการศึกษาปัจจัยด้านแสง พบว่า แสงคือส่วนสำคัญที่ช่วยให้มีการรับรู้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น การจัดแสงช่วยให้การสื่อความหมายชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การจัดแสงให้ดูสว่างสดใสทำให้สีของอาหารเด่นชัดขึ้น การควบคุมแสงให้ตกกระทบบนอาหารให้ดูสว่างช่วยให้เห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ในจานอาหารชัดเจนมากขึ้น

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ศึกษาถึงกระบวนการทำงานด้านการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร จากการศึกษาการถ่ายภาพโฆษณาอาหารของ เยาวนารถ พันธุ์เพ็ง [8] ที่กล่าวว่าหลักใหญ่ของการถ่ายภาพโฆษณาอาหารเป็นการเน้นให้เห็นความสด ความสวยงาม สีส้น และจะต้องมีการแต่งแต้มช่วยเสริม เพราะการถ่ายภาพนั้นไม่จำเป็นต้องคงความเป็นจริง เพราะภาพที่ออกมาอาจไม่สะดวกหรือน่ารับประทาน ฉะนั้นก่อนจะถ่ายภาพก็ควรจะต้องมีการเตรียมสินค้าที่จะทำการถ่ายคือ ถ้าถ่ายอาหารสด เช่น ผลไม้ เนื้อ เครื่องดื่ม น้ำหวาน การจัดแต่งองค์ประกอบในภาพนั้นก็แล้วแต่เมโนภาพของคนถ่าย เป็นความสามารถเฉพาะตัวที่ต้องสร้างขึ้นมา จะเน้นความสดใหม่ น่ารับประทาน สะอาด เช่น การถ่ายโฆษณาเบียร์ เน้นความเย็นและพอง ดังนั้นจะเป็นเทคนิคของคนถ่ายภาพจะจัดพองเบียร์ให้ไหลออกมานอกแก้ว หรือพองดีขอบแก้ว แก้วใส่เบียร์ต้องดูแล้วเย็นไม่ใช่ลักษณะเหมือนกับแก้วเปียกมีหยดน้ำเกาะ เป็นความเย็นที่ไม่ใช่เกิดจากการใส่น้ำแข็ง หรือพวกอาหารร้อน พวกเครื่องดื่มอาจจะมีความร้อนหรือไม่ก็ได้ อาจจะเป็นควันของบุหรี่เข้าช่วย ถ้ามีควัน ฉากหลังก็ควรต้องมีสีเข้ม เพราะควันเป็นสีขาว สำหรับการถ่ายภาพอาหารที่ปรุงแล้ว เช่น ขนมเค้ก แซมเบอร์เกอร์ ข้าวผัด แกงต่าง ๆ เป็นต้น ต้องเป็นอาหารที่มีความสดและประกอบขึ้นใหม่เพื่อให้สดใหม่น่ารับประทาน จึงต้องเตรียมมาปรุงในสตูดิโอถ่ายภาพ เพื่อที่ปรุงเสร็จแล้วจะได้ถ่ายได้ทันที และอาหารยังดูสดน่ารับประทาน เช่น ผักยังสด สีสันเขียวสดอยู่ ถ้าเป็นอาหารที่สามารถเตรียมไว้นาน ๆ เช่น แซมเบอร์เกอร์ พาย ก็ควรมาอบที่

สตูดิโอ เพื่อดูว่าสีสันทาจากการอบนั้นใช้ได้หรือสุกไปหรือไม่ เพราะเราจะไม่คำนึงถึงรสชาติของอาหารเลย นอกนั้นเจ้าของต้องมาเตรียมอาหารที่เหมือนกัน ทั้งขนาดรูปทรงมา 1 ชุด เพื่อให้ช่างภาพได้เตรียมจัดไฟ จัดแสงล่วงหน้า เมื่อปรุงอาหารเสร็จก็จะได้อาหารที่นั้นแทนและถ่ายได้เลย องค์ประกอบอาหารในงานเป็นสิ่งสำคัญ ไม่ควรใส่สิ่งที่ดูแล้ววกินไม่ได้ลงไปในงาน โดยมากจะใช้ผักสด ๆ ผลไม้สวย ๆ หรือนำมาแกะสลัก ซึ่งสิ่งเหล่านี้เราจะแน่ใจได้ว่ารับประทานได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 เครื่องมือการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) โดยมีเครื่องมือการวิจัยดังนี้

4.1.1 แนวคำถามที่ใช้ในการสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) กับกลุ่มนักสร้างงานโฆษณาอาหาร เพื่อนำผลที่ได้จากการสนทนากลุ่มนำไปสังเคราะห์

4.1.2 การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ผู้สังเกตเข้าไปร่วมกับกลุ่มนักสร้างงานโฆษณาอาหาร มีกิจกรรมการทำงานร่วมกัน

4.1.3 แบบสอบถามเพื่อประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรค์ภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

4.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) คือ กลุ่มนักสร้างงานภาพโฆษณาอาหาร จำนวน 7 คน โดยแบ่งเป็น นักสร้างสรรค์และตกแต่งอาหาร (Food Stylist) จำนวน 3 คน และช่างถ่ายภาพอาหาร (Food Photographer) จำนวน 4 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นผู้ทำงานด้านการสร้างสรรค์งานโฆษณาที่มีประสบการณ์ทำงาน อย่างน้อย 5-10 ปี โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และนำผลการวิจัยมาวิเคราะห์และอภิปรายข้อมูล ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

4.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) ศึกษาผ่านการทำงานด้านการสร้างสรรค์งานโฆษณาอาหารด้วยกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างคณะทำงานและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย จำแนกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาความต้องการของโครงการ ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านการสนทนากลุ่ม (Focus group) เครื่องมือที่ใช้คือ แบบบันทึกข้อมูล (Record Form) โดยผู้วิจัยและผู้ให้ข้อมูลสำคัญร่วมกันการสนทนากลุ่ม สรุปหาแนวคิดของภาพโฆษณาอาหารเพื่อสรุปเป็นแบบร่าง (Draft Design)

ขั้นตอนที่ 2 นำแบบร่างลงสู่การปฏิบัติ ผู้วิจัยได้เข้าร่วมกับผู้ที่มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญทางด้านภาพถ่ายโฆษณาอาหารในโครงการต่าง ๆ ที่ในฐานะของช่างภาพ ผู้ช่วยช่างภาพ และนักสร้างสรรค์และตกแต่งอาหาร รวมทั้งสิ้น 3 โครงการ ดังนี้ 1) การถ่ายภาพโฆษณาอาหารโปรเจกต์มองดูคลองคาเฟ่ (Mont du Klong Cafe) โดยร่วมเป็นช่างภาพและสไตลิสต์ในกระบวนการถ่ายภาพ เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2561 2) การถ่ายภาพโฆษณาอาหารโปรเจกต์ KU Beef โดยร่วมสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมกับทีมสร้างสรรค์ภาพโฆษณา ในการเรียนรู้ปฏิบัติการรายวิชาการถ่ายภาพขั้นสูง วันจันทร์ที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561 และ 3) การถ่ายภาพโฆษณาอาหารโปรเจกต์สาร์บสวนป่าเกิด เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวของชุมชนสวนป่าเกิดน้อมเกล้า จ.สมุทรปราการ ปี 2561 โดยร่วมเป็นช่างภาพและสไตลิสต์ในกระบวนการถ่ายภาพ เมื่อวันที่พฤหัสบดีที่ 16 กันยายน 2561 ลงรายละเอียดในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ประเภทของภาพถ่ายอาหาร ชนิดของอาหารที่นำมาใช้ในการออกแบบงาน การสื่ออารมณ์ และการเลือกใช้แสง ฉากหลัง เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตัดสินใจ

เลือกรูปแบบ สี่ งานตัวอักษรให้เหมาะสมกับงานและเอกลักษณ์ของงานที่จะนำไปใช้ วิธีการสนทนากลุ่ม (Focus group) เพื่อระดมความคิดเห็นโดยใช้เครื่องมือ และการเก็บรวบรวมข้อมูล มีประเด็นคำถามเพื่อค้นหาองค์ความรู้ที่สำคัญของการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร ร่วมกันเสนอความคิดเห็นและนำเสนอความต้องการในการสนทนากลุ่มผู้วิจัยแบบร่าง (Draft Design) จากกระบวนการในขั้นตอนที่ 1 มาลงมือถ่ายทำต่อในขั้นตอนต่าง ๆ ตามกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 3 สรุปภาพรวมงานถ่ายภาพโฆษณาอาหาร โดยมุ่งสังเคราะห์กระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล พร้อมการประเมินผลเพื่อยืนยันแนวคิดที่ได้รวบรวมขึ้นมาให้มีความเป็นหนึ่งอันเดียวกันผลการประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือกลุ่มผู้มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญทางด้านการถ่ายภาพโฆษณาอาหารในโครงการต่างๆ ที่ปฏิบัติงานในตำแหน่งช่างภาพ ผู้สร้างสรรคอาหาร เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามเพื่อประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต่อกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหาร

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการตรวจสอบสามเส้า (Data Triangulation) จากการเข้าร่วมปฏิบัติงานกับกลุ่มนักสร้างงานภาพโฆษณาอาหาร รวมทั้งสิ้น 3 โปรเจกต์

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้สถิติเชิงบรรยาย (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินและใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้อง ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

6. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่อง กระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล ประกอบด้วย กระบวนการการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหาร เทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล และการประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังนี้

6.1 กระบวนการการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหาร

การสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารมีความสำคัญต่อความสำเร็จของงานโฆษณาเป็นอย่างมาก ชื่นงานภาพถ่ายเพื่อการโฆษณาอาหารที่มีสามารถถ่ายทอดความคิดของผู้คิดงานลงไปได้สมบูรณ์ย่อมสามารถโน้มน้าวใจให้กลุ่มเป้าหมายเกิดการตอบสนองในแนวทางที่ผู้โฆษณาตั้งใจไว้ได้ ดังนั้นการสร้างสรรคภาพถ่ายเพื่องานโฆษณาอาหารตลอดจนการใช้กระบวนการและเทคนิค จึงมีส่วนทำให้ผู้สร้างสรรคงานสามารถสร้างสรรคภาพโฆษณาอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ นริ บุญเกียรติ [9] ระบุถึงเรื่องภาพถ่ายโฆษณาอาหารไว้ว่า ภาพคือ การสื่อสาร ช่างภาพคือ ผู้ถ่ายทอด เซฟคือ ผู้ปรุงอาหาร เจ้าของกิจการคือ ผู้กำหนดทิศทางธุรกิจ สิ่งที่จะต้องรู้คือ จุดประสงค์ของภาพอาหารที่สวจะช่วยเหลือเพิ่มมูลค่า มีผลต่อยอดขาย เป็นที่จดจำ ช่วยบันทึกเรื่องราว และสร้างแรงบันดาลใจใหม่ กระบวนการการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณา

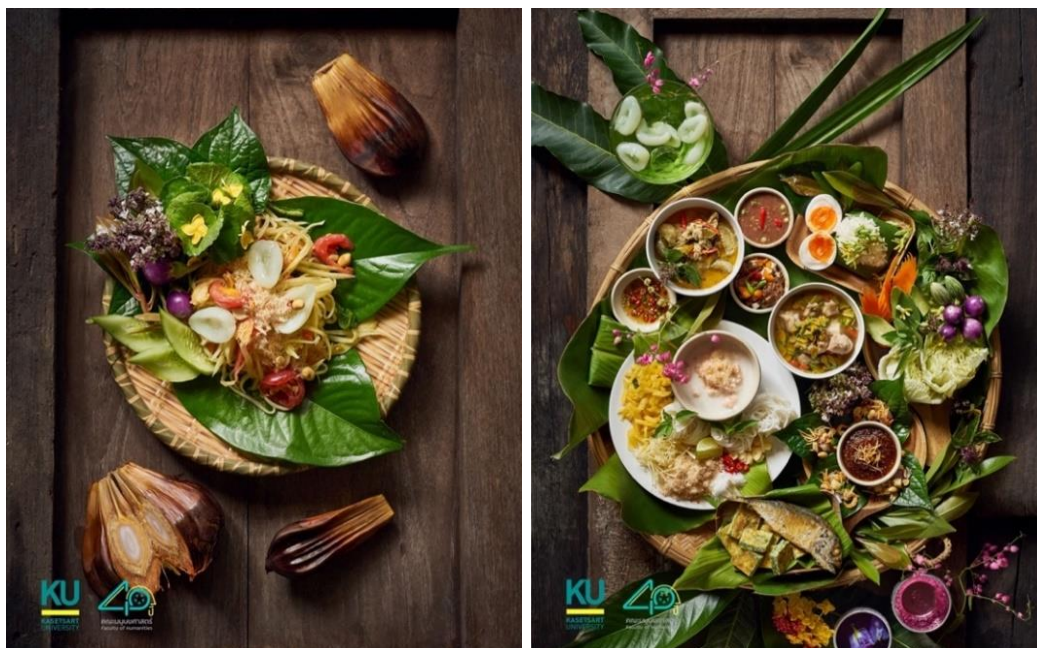
อาหารแบ่งได้ คือ 1) หลักในการสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหาร และ 2) กระบวนการทำงานภาพถ่ายโฆษณาอาหาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 หลักในการสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหาร

นักสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหารที่ได้ร่วมทำงานใน 3 โปรเจกต์ได้ให้แนวคิดร่วมกันถึงเรื่องหลักในการสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหาร สามารถสังเคราะห์ออกมาได้เป็นหลักการ 3 ประการ ซึ่งถือเป็นหลักการสำคัญในการสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหาร ได้แก่

6.1.1.1 ภาพอาหารต้องดึงดูดความสนใจ ภาพถ่ายโฆษณาที่ดีต้องมีความดึงดูดให้คนมอง สามารถสะกดให้ผู้คนหยุดมองภาพได้ โดยภาพต้องดึงดูดความสนใจ ต้องมีคุณสมบัติย่อยดังต่อไปนี้

1) มีความสวยงาม ตามธรรมชาติของมนุษย์ทุกคนชอบความสวยงาม ดังนั้นนอกจากจุดสนใจหลักในภาพ องค์ประกอบเสริม ทั้งฉากหลัง ฉากหน้าและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่นักสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหารเลือกใช้ เป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้ภาพโฆษณาอาหารโดดเด่นและสะดุดตามากยิ่งขึ้น พีรรัฐ ไทยงามศิลป์ [10] ระบุว่า ฉากหลัง (Background) หากเรียบเกินไปจะไม่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้ชมภาพได้ อาจเพิ่มวัสดุประกอบฉากให้ดูสวยงามและส่งเสริมกัน เพิ่มพื้นผิวของฉากหลังให้สื่อถึงความพิเศษขึ้น ดังตัวอย่างภาพที่ 1 ภาพถ่ายโฆษณาชุดสำหรับอาหารจากชุมชนสวนป่าเกดน้อยมเกล้า บางกะเจ้า จ.สมุทรปราการ นักสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหารใช้แผ่นไม้เก่า ใบไม้ ลูกจากมาเพิ่มความน่าสนใจให้ฉากหลัง ช่วยขับให้ภาพอาหารในสํารับมีความโดดเด่นและสวยงามมากยิ่งขึ้นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายสำหรับอาหารใช้ฉากหลังเป็นพื้นผิวไม้เก่า โปรเจกต์สำหรับสวนป่าเกด

Photo: พีรรัฐ ไทยงามศิลป์ Food Stylist: นรี บุญยเกียรติและกฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี

2) มีขนาดระยะและมุมภาพที่เหมาะสม เมื่อถ่ายภาพอาหารที่จัดวางอยู่ในจาน ขนาดของภาพอาจต้องอยู่ในระยะใกล้เพื่อให้ส่งผลต่อความสนใจ เพราะจานอาหารหนึ่งจานอาจมีรายละเอียดปลีกย่อย ต้องเข้าใกล้เพื่อให้เห็นองค์ประกอบบนจานในระยะที่ชัดเจน แต่สำหรับสำหรับอาหารที่มีขนาดใหญ่ หรือมีอาหารวางอยู่หลายจานหรืออาหารประเภทที่ต้องมีจานข้างเคียง น้ำจิ้ม ผักแนม ถ้าใช้ภาพที่มีระยะใกล้อาจทำให้ภาพดูไม่น่าสนใจ เพราะไม่สามารถแสดงรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบข้างได้ มุมกล้องที่ใช้ในการถ่ายภาพอาหารทั่วไป คือ มุม 45 องศา ซึ่งทำให้เกิดมุมมอง

แบบ 3 มิติ ช่วยเพิ่มการมองเห็นรายละเอียดของอาหารในงาน และทำให้มิติภาพดูแบนน้อยลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหาร สามารถถ่ายภาพจากมุมที่ต่ำกว่า เช่น 30 องศา หรือ 15 - 20 องศาหรือต่ำกว่า อาหารบางชนิดอาจจะเหมาะกับการถ่ายภาพตรง ๆ จากด้านข้าง เช่น แก้วกาแฟเย็นและเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้สามารถปรับมุมกล้องและถ่ายภาพอาหารจากมุมมองต่าง ๆ ได้เสมอ เพื่อให้ได้ภาพที่ดูดีที่สุด พิธีรัฐ ไทยงามศิลป์ [10] ระบุถึงมุมมองของภาพว่าสามารถแบ่งได้เป็น 2 มุม คือ มุมด้านบน และมุมด้านข้าง ไม่มีลักษณะตายตัวว่ามุมใดเป็นมุมที่ดีที่สุดหรือสวยที่สุด เพราะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารและเครื่องดื่มแต่ละชนิดด้วยเพราะจะมีรูปแบบการนำเสนอไม่เหมือนกัน การถ่ายภาพอาหารด้วยมุมมองเดียวกันกับมุมที่เรานั่งรับประทานอาหาร ช่วยทำให้ภาพถ่ายโฆษณาอาหารที่ออกมาเป็นธรรมชาติและผู้ชมจะมีอารมณ์ร่วมกับภาพนั้นมากกว่ามุมอื่น ส่วนมุมจากด้านบน (Top View) ทำให้เห็นรายละเอียดของอาหารได้ทั้งหมด เหมาะสำหรับการถ่ายรูปอาหารในงาน หรืออาหารที่จัดวางบนโต๊ะที่มีองค์ประกอบหลายอย่าง



รูปที่ 2 ภาพถ่ายอาหารที่ใช้ขนาดระยะและมุมภาพที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ

Photo: ทวีศักดิ์ ภักดีหุ่ Food Stylist: กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี

6.1.1.2 สร้างอารมณ์คล้ายตาม นักสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหารมีความเห็นตรงกันว่าภาพถ่ายอาหารต้องสร้างความประทับใจให้ผู้ชม สร้างอารมณ์คล้ายตามไปกับภาพ ผู้ชมภาพจะประทับใจกับภาพที่มีแสงสวย คมชัดหรือเป็นภาพที่มีการไล่ลำดับของสีที่สวยงาม สิ่งสำคัญอีกหนึ่งสิ่งที่จะทำให้ภาพสวยงามน่ามองคือ ตำแหน่งของวัตถุเด่นในภาพ วัตถุจัดวางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม สร้างความสมดุลให้ภาพ ทำให้รู้สึกสบายตาสามารถมองภาพนั้นนาน ๆ มีองค์ประกอบสำคัญในการสร้างอารมณ์และความรู้สึกให้แก่ภาพ มีรายละเอียดย่อยดังต่อไปนี้

1) สี มีผลต่ออารมณ์และความรู้สึกในภาพอย่างมาก โทนสีที่เลือกใช้ถ่ายภาพอาหารช่วยให้อาหารน่ากิน ต้องคำนึงถึงสีที่มีความเข้ากันและสมจริง การถ่ายภาพอาหารไม่นิยมปรับแต่งโทนสี เพราะจะทำให้ไม่สามารถสื่อถึงเอกลักษณ์ของอาหารได้ เช่น ถ้าเนื้อแดงไม่ควรสีแดงธรรมชาติ สดใส น่ารับประทาน ไม่ควรปรับแต่งให้สีสดเกินความพอดี ในการนำเสนอเรื่องของการใช้สีสัน สามารถใช้วัสดุประกอบฉาก และภาชนะรองรับให้เกิดสีที่ตัดกันอย่างเหมาะสม



รูปที่ 3 ภาพถ่ายอาหารที่ใช้หลักการของสีและแสงในการสร้างสรรค์ภาพ

Photo: ทวีศักดิ์ ภักดีหุ่น Food Stylist: กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี

2) แสง เป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการสร้างอารมณ์และความรู้สึกในภาพ เมื่อต้องถ่ายภาพที่กำหนดอารมณ์เป็นสิ่งสำคัญแสงจะเป็นสิ่งแรกที่เราใช้เพื่อสร้างอารมณ์ ทิศทางปริมาณและความสมดุลของแสงที่อยู่ในภาพอาจทำให้ภาพนั้นดึงดูดใจและถ่ายทอดความรู้สึกได้อย่างดี นอกจากจะให้อารมณ์และความงามกับภาพถ่ายแล้ว แสงเป็นองค์ประกอบในการออกแบบภาพ เช่น ทิศทางแสงหลังในการถ่ายภาพอาหารช่วยขับให้สีส้มของอาหารจัดจ้านขึ้นในขณะเดียวกันแสงเงาจะช่วยให้ภาพมีมิติที่สวยงามขึ้น นริ บุญเกียรติ [9] กล่าวถึงเรื่องแสงในการถ่ายภาพอาหารว่า การใช้โทนสีของแสงจะแตกต่างกันไปตามคอนเซ็ปต์หรือความต้องการของสไตลิสต์ เช่น การใช้แสงสีขาวเหมาะกับการถ่ายภาพอาหารตอนกลางวันท่ามกลางแสงธรรมชาติที่ต้องการเน้นรายละเอียดของอาหาร โทนแสงแนวคาเฟ่ให้ความรู้สึกสดชื่น และสบาย แสงโทนอุ่น การใช้แสงโทนอุ่น แสงโทนอมส้มหรือเหลืองจะทำให้ภาพอาหารดูน่ารับประทานยิ่งขึ้น โดยเฉพาะของทอด อาหารกรุบกรอบ อาหารทะเล ช่วยเพิ่มความอบอุ่น หูหรรมากยิ่งขึ้น

3) การเชื่อมโยงความคิดและมุมมอง นอกจากการใช้สีหรือแสงเพื่อสร้างอารมณ์ และความรู้สึกในภาพแล้ว การใช้การสื่อความหมายในภาพก็สามารถสร้างอารมณ์ และความรู้สึกได้เช่นกัน ดังนั้นภาพที่มีการสื่อความหมาย คนดูก็มีความรู้สึกสนุกสนานในการตีความว่าการสื่อความหมายในภาพนั้นหมายถึงอะไร และถ้าตีความหมายได้ถูกต้องจะทำให้รู้สึกพอใจ การสื่อความหมายในภาพถ่ายโฆษณาอาหารทำให้ภาพน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ศุภสุข ประเทศา [11] ระบุว่า เสน่ห์ของอาหารไม่ได้ขึ้นอยู่กับภาพถ่ายให้สวยงามอย่างเดียว การมีพร็อพประกอบสามารถเพิ่มสีสันให้ภาพได้เหมือนกัน เช่น ดอกไม้ หิน จาน ชาม ควรหาพร็อพที่เกี่ยวข้องกับอาหารของเราด้วยจะทำให้สวย ดูดีมากขึ้น สิ่งที่เราควรคำนึงคือ พร็อพห้ามเด่นกว่าสินค้า พร็อพอาจเป็นวัตถุที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหาร ส่วนการใช้จานชามที่สีสันและรูปทรงต่างกันจะทำให้ความรู้สึกแตกต่างกันออกไป สีของจานชามควรเน้นสีอ่อนและเข้มให้ตรงข้ามกับสีส้มของอาหาร ในเรื่องของมุมมองการถ่ายภาพ การถ่ายภาพอาหารด้วยมุมมองเดียวกันกับมุมมองที่เราจะรับประทานอาหารจะทำให้ภาพที่ออกมาดูเป็นธรรมชาติและผู้ชมจะมีความรู้สึกอินกับภาพมากกว่ามุมมองอื่น ๆ ส่วนมุมมองจากด้านบนทำให้เห็นรายละเอียด

6.1.1.3 เห็นภาพแล้วยากกินอยากซื้อ ภาพถ่ายโฆษณาอาหารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขายได้ย่อมเป็นภาพถ่ายโฆษณาอาหารที่ดีที่สุด เพราะการสร้างความสะดวกและอารมณ์ร่วมให้แก่ภาพนั้นก็เพื่อทำให้สินค้านั้นขายดี ภาพถ่ายที่ช่วยให้อาหารขายได้คือ ภาพถ่ายที่รู้จักเน้นองค์ประกอบที่สำคัญของภาพให้ปรากฏชัด การสร้างความสะดวกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เส้นนำสายตาไปสู่ความคิดหลักในภาพ ควบคุมขนาดของวัตถุ เลือกมุมกล้องที่เหมาะสม การจัดองค์ประกอบภาพให้น่ามองด้วยหลักการกฎสามส่วนหรือตารางเก้าช่อง เน้นการจัดวางจุดสนใจในตำแหน่งที่เหมาะสม

ด้วยวิธีเหล่านี้จะทำให้ภาพบอกเล่าเรื่องราวได้รวดเร็วและมีผลกระทบต่อการตัดสินใจของคนดูในการเลือกซื้อสินค้า การถ่ายภาพเพื่อการโฆษณาเป็นกระบวนการสำคัญที่เราจะต้องถ่ายภาพอย่างไรเพื่อให้ชิ้นงานนั้นมีความแตกต่างและน่าสนใจ เพราะลักษณะของงานโฆษณาแต่ละประเภทก็ย่อมมีความแตกต่างกันออกไปตามธรรมชาติของตัวผลิตภัณฑ์



รูปที่ 4 ผลงานภาพถ่ายโฆษณาอาหารโปรเจกต์ KU Beef

Photo: กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี Food Stylist: นรี บุญเกียรติ

6.1.2 กระบวนการการทำงานถ่ายภาพโฆษณาอาหาร

6.1.2.1 ขั้นตอนเตรียมการ (Pre-Production) ทีมผู้สร้างสรรค์จะรับความต้องการและรายละเอียดงานจากทางตัวแทนลูกค้าที่นำรายละเอียดงานมาประชุมร่วมกับทีมเพื่อสรุปแนวทางการสร้างสรรค์ผลงาน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

1) การวางแผนคิด (Concept) ลำดับแรกสุดในการเริ่มต้นของการถ่ายภาพโฆษณาอาหารตามแนวความคิดของผู้สร้างสรรค์ภาพเพื่อการโฆษณา โดยกำหนดแนวคิดให้มีความเชื่อมโยงกับลักษณะของงานอาหารเครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์ เมื่อได้แนวคิดที่ชัดเจนแล้วจึงไปสู่ขั้นตอนการออกแบบร่าง (Layout) แบบร่างเป็นการนำเอาแนวคิดที่ได้ออกแบบมาขยายเป็นภาพร่างเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน แบบร่างจะช่วยให้ผู้ที่มีส่วนร่วมในการทำงานสามารถทำความเข้าใจร่วมกันได้อย่างดี

2) นำเสนอแนวคิด (Make the presentation) ทีมผู้สร้างสรรค์จะต้องนำเสนอผลงานอ้างอิง (Reference) สถานที่ถ่ายทำ (Location) และตัวแบบ (Subject) ที่ตรงกับความต้องการและให้ฝ่ายสร้างสรรค์นำไปพิจารณาว่าต้องการเพิ่มเติมหรือปรับแก้รายละเอียดในส่วนใดบ้าง หากมีการปรับแก้ทางทีมงานจะระดมความคิดในการสร้างสรรค์ผลงานให้ตรงกับแนวคิดหรือความต้องการของลูกค้ามากที่สุด และนำรายละเอียดที่แก้ไขแล้วไปเสนอลูกค้าใหม่ในครั้งถัดไป



รูปที่ 5 ภาพบรรยากาศการทำงานถ่ายภาพโฆษณาอาหารโปรเจกต์ Mont du Klong Cafe

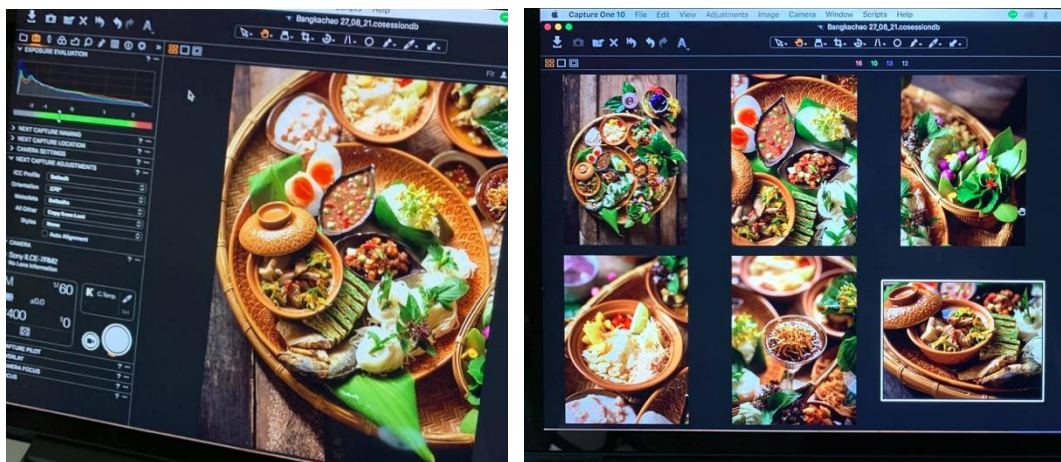
Photo: ทวีศักดิ์ ภักดีหุ่ Food Stylist: กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี

3) การกำหนดจุดถ่ายทำ (Block Shot) ผู้สร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหาร ช่างภาพ และผู้ช่วยช่างภาพ ต้องไปสำรวจสถานที่ก่อนถ่ายทำจริงเพื่อทำการตรวจสอบข้อจำกัดทางสถานที่ในการถ่ายทำต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น ความสูงและความกว้างของพื้นที่ในการถ่าย ระบบไฟ ความสะดวกในการขนย้ายอุปกรณ์ เป็นต้น เพื่อวางแผนเตรียมอุปกรณ์ไฟในการถ่ายที่เหมาะสมกับพื้นที่ต่อไป และทำการกำหนดจุดถ่ายทำ (Block Shot) ตำแหน่งการถ่ายเพื่อเป็นตัวอย่างการถ่ายให้ช่างภาพ

6.1.2.2 เตรียมงานสำหรับวันถ่ายทำจริง ทีมสร้างสรรค์มีการประชุมหลังจากทำการกำหนดจุดถ่ายทำอีกครั้ง เพื่อชี้แจงการทำงานในวันจริงอย่างถี่ถ้วน รวมถึงข้อจำกัดที่ต้องระมัดระวังในการถ่ายทำ ช่างภาพจะประเมินอุปกรณ์ที่ต้องใช้ทั้งหมดเพื่อแจ้งให้ผู้ช่วยช่างภาพทราบ และฟู้ดสไตล์สต์จะทำการเตรียมอุปกรณ์อย่างครบถ้วนให้พร้อมสำหรับการถ่ายทำจริง

6.1.2.3 ขั้นตอนการผลิต (Production) ทีมสร้างสรรค์จะสื่อสารกับกองถ่ายทำหลักและสื่อสารกับทุกฝ่ายในกอง รวมถึงลูกค้า ช่างภาพจะบอกความต้องการกับผู้ช่วยช่างภาพว่าต้องการแสงสำหรับการถ่ายอย่างไรบ้าง

ผู้ช่วยช่างภาพทำหน้าที่จัดแสงให้ได้แสงตามที่ช่างภาพต้องการ รวมถึงแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการถ่าย จะมีการตรวจสอบภาพที่ช่างภาพถ่ายออกมาบนหน้าจอและจัดการไฟล์ภาพ ลูกค้าสามารถมองภาพผ่านทางจอมอนิเตอร์ หากมีอะไรที่ต้องการหรืออยากปรับแก้สามารถแจ้งช่างภาพหรือทีมผู้ช่วยช่างภาพได้ทันที ซึ่งในการถ่ายบางครั้งอาจมีการทำงานร่วมกับทีมอุปกรณ์ประกอบฉากที่ต้องคอยจัดวางตำแหน่งสินค้า หรืออุปกรณ์ประกอบฉากในการถ่ายทำด้วย



รูปที่ 6 การแสดงผลภาพถ่ายบนหน้าจอโปรแกรมและจัดการไฟล์ภาพโปรเจกต์สำหรับบางกะเจ้า

Photo: ทวีศักดิ์ ภักดีหุ่ Food Stylist: กฤษฎา ทวีศักดิ์ศรี

6.1.2.4 ขั้นตอนหลังการถ่ายทำ (Post-Production)

เมื่อทำการถ่ายภาพเสร็จ ทีมสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหารจะจัดการส่งไฟล์ภาพให้ลูกค้าคัดเลือกภาพที่จะใช้และส่งต่อไฟล์ให้รีทัชเชอร์ทำการปรับแต่งภาพ ตัดส่วนของภาพ (Crop) จัดวางรูปแบบ (Layout) ให้เหมาะสมกับขนาดของการแสดงผลของจอภาพ ก่อนที่ลูกค้าจะนำไฟล์ภาพนี้ไปทำการพิกต้อหรือนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ และเผยแพร่เป็นผลงานสื่อโฆษณาในที่สุด

6.2 เทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหาร

การถ่ายภาพโฆษณาอาหารผู้ปฏิบัติงานจำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือเฉพาะทางต่าง ๆ เช่น ต้องรู้วาระบบของไฟหรือแสงในการถ่ายภาพแต่ละประเภทมีคุณสมบัติ อุนหภูมิสี กำลังไฟ และมีการใช้งานอย่างไร อีกทั้งต้องเข้าใจว่าอุปกรณ์แต่ละอย่างให้คุณสมบัติของแสงหรือช่วยเรื่องแสงอย่างไรบ้าง เพื่อให้สามารถจัดแสงออกมาได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นสำคัญคือ แนวทางการจัดแสงถ่ายภาพโฆษณาอาหารและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดแสง ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

6.2.1 แนวทางการจัดแสงถ่ายภาพโฆษณาอาหาร การจัดแสงหรือออกแบบแสงเพื่อสร้างสรรค์ภาพโฆษณาอาหารมีความหลากหลายและมีแนวทางที่ไม่จำกัด สามารถสร้างสรรค์แสงให้ตรงตามความต้องการได้อย่างอิสระ การจัดแสงมีความแตกต่างกันออกไปตามประเภทงาน อุปกรณ์การควบคุมและกระจายแสงแต่ละประเภทก็ให้คุณสมบัติแสงที่แตกต่างหรือใกล้เคียงกัน ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ ทั้งนี้การจัดแสงให้มีประสิทธิภาพคือ การจัดแสงที่เหมาะสมกับประเภทงาน ตรงตามวัตถุประสงค์หรืออารมณ์ของภาพที่ต้องการสื่อ ผู้วิจัยได้ร่วมจัดแสงถ่ายภาพบุคคล ผลิตภัณฑ์ อาหาร และสถาปัตยกรรม จึงรวบรวมแนวทางการจัดแสงหรือออกแบบแสงที่สามารถประยุกต์ใช้กับการถ่ายภาพนิ่งเพื่อการโฆษณา ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) กฎ Inverse Square Law ที่ว่าด้วยการจัดแสงต้องมีความสอดคล้องกับระยะทางตำแหน่งวางไฟ ด้วยระยะห่างของแสงถึงตัวแบบที่แตกต่างกันจะส่งผลให้แสงจะตกกระทบบนวัตถุไม่เท่ากัน ทวิศกดิ์ ภัคดีหุ่ [12] ระบุว่า “ระยะทางคุณสองจากตำแหน่งไฟไปหาตัวแบบและจากตัวแบบไปยังฉากหลังจะส่งผลให้กำลังไฟที่ตกกระทบบนฉากหลังมีกำลังลดลง 2 f-stop” ยกตัวอย่าง ตั้งตำแหน่งไฟที่ระยะห่างจากตัวแบบ 2 เมตร วัดค่าแสงได้ f-stop 11 และระยะห่างจากตัวแบบไปยังฉากหลังอีก 2 เมตร แสงบริเวณฉากหลังจะวัดค่าได้ f-stop 5.6 เท่ากับว่ากำลังไฟที่ส่องไปยังฉากหลังนั้นหายไป 2 f-stop เนื่องจากแสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดไปที่ฉากหลัง ใช้ระยะทางรวม 4 เมตร แต่แสงเดินทางจากจุดกำเนิดส่องไปยังตัวแบบใช้ระยะทางเพียง 2 เมตร แสงที่ตกกระทบบนตัวแบบจึงมีกำลังไฟที่มากกว่า

2) ลักษณะของแสง การถ่ายภาพโฆษณาอาหารนิยมจัดแสงให้มีลักษณะแสงแข็งหรือแสงนุ่มขึ้นอยู่กับความต้องการเรื่องอารมณ์ภาพ หากต้องการให้ภาพผลิตภัณฑ์นั้นมีแสงที่คล้ายแสงแดด อาจใส่ Grid หน้าโคมสะท้อนแสงเพื่อควบคุมการกระจายของแสงให้อยู่ในบริเวณที่ต้องการ การจัดแสงให้มีความโดดเด่นขึ้นมาจากสิ่งอื่น ๆ การจัดแสงโดยการบีบลำแสงหรือคัดแสงให้แสงเน้นส่องเข้าหาตัวแบบโดยตรงจากทางด้านข้าง ช่วยสร้างมิติทำให้ตัวแบบมีความโดดเด่นยิ่งขึ้น การบีบลำแสงสามารถใช้ Barn door ควบคุมทิศทางของลำแสง หรือคัดแสงด้วยการใช้โกลบ์ดำก็สามารถทำได้ นอกจากนี้การจัดแสงให้แสงส่องจากมุมบนลงมาที่จานอาหารช่วยให้จานอาหารโดดเด่นน่าสนใจยิ่งขึ้น นริ บุญเกียรติ [9] ระบุว่าเทคนิคการจัดแสงที่เป็นที่นิยมกันมากที่สุดคือ การจัดแสงแบบ 3 จุด หรือแสงสามทิศทาง (Three Light Setup) แสงหลักที่ใช้ในการให้ความสว่างแก่จานอาหารอาจจะส่องมาจากทางด้านซ้ายหรือด้านขวา จัดไฟอีก 1 มุม เพื่อลบเงาที่เกิดจากแสงหลัก ดังนั้นไฟที่จะใช้เป็นแสงสำหรับลบเงาควรจะอยู่ในทิศทางตรงข้ามกับแสงหลัก การใช้ไฟส่องสว่างจากด้านหลังของอาหารเพื่อให้จานอาหารเกิดความคมชัดและเกิดความโดดเด่นขึ้นมา

6.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดแสง ทวีศักดิ์ ภักดีหุ่่น [12] ระบุว่า ไฟแฟลชสตูดิโอ (Studio Flash Light) ประกอบด้วยหัวไฟแฟลช พร้อมด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ารวมอยู่ในชุดเดียวกัน เรียกอีกชื่อว่า คอมแพคต์แฟลช ในหนึ่งดวงมีพร้อมทั้งแหล่งกำเนิด ส่วนควบคุมและที่ให้แสงสว่าง คล้ายกับแฟลชขนาดเล็กที่ติดกับกล้อง ใช้ต่อสายเข้ากับไฟบ้านได้โดยตรง มีกำลังไฟไม่สูงมาก อยู่ที่ 250-1,000 วัตต์/วินาที มีขนาดกะทัดรัดเคลื่อนย้ายได้ง่าย สะดวกกับการใช้งาน

1) ตัวเชื่อมต่อสัญญาณ (Flash Trigger) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปล่อยสัญญาณ เพื่อสั่งแฟลชกับกล้อง ใช้งานแบบไร้สายได้เป็นอย่างดี โดยปกติจะมีสองตัวหลักคือตัวส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อ หรือเสียบต่อเข้ากับตัวกล้อง และตัวรับสัญญาณ ที่ต้องเสียบต่อเข้ากับไฟแฟลช เหมาะสำหรับใช้ ในงานถ่ายภาพที่ต้องการใช้แฟลชแยกแบบกำหนดทิศทางเองได้

2) กรวยแสง (Snoot) ใช้ในการบีบลำแสงให้ส่องไปยังตำแหน่งเฉพาะจุด ที่ช่างภาพต้องการเน้นเป็นพิเศษจะให้คุณลักษณะแสงแข็ง Beauty Dish เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายจานทำหน้าที่กระจายแสงออกให้กว้างเป็นวงกลม ซึ่งให้คุณลักษณะแสงแข็ง คอนทราสต์ค่อนข้างสูง จะช่วยเน้นรายละเอียดบนใบหน้าและผิวของตัวแบบอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น โดย Beauty Dish ยังมีให้เลือก สอง แบบคือ แผ่นกระจายแสงด้านในสีเงินและสีขาว โดยสีเงินจะให้แสงที่แข็งกว่า ส่วนสีขาวจะให้แสงที่นุ่มนวล

3) Softbox ใช้สวมประกอบเข้ากับหัวไฟแฟลชมีหน้าที่สะท้อนแสงให้มีการกระจายเข้าหาวัตถุหรือตัวแบบให้คุณลักษณะแสงนุ่ม ช่วยลดความเข้มของแสงลง ทำให้เกิดคอนทราสต์น้อยลง ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะและขนาด Softbox ชนิดที่นิยมใช้ คือ Softbox Square, Softbox Rectangular, Softbox Strip และ Softbox Octa



รูปที่ 7 Softbox Strip 1x3' และ Softbox Octa
ที่มาของภาพ: <https://www.profoto.com>

4) แผ่นสะท้อนแสง (Collapsible Reflector) แผ่นสะท้อนแสงหรือแผ่นรีเฟล็กซ์ อุปกรณ์ที่ช่วยในการสะท้อนแสงแต่ละสีจะให้ลักษณะแสงสะท้อนที่ต่างกัน ด้วยการใช้งานจะหันเข้าหาทิศทางที่มีแสง เพื่อให้แสงนั้นตกกระทบบนที่ตัวแบบหรือในส่วนที่เราต้องการให้มีความสว่างขึ้น ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการถ่ายภาพกลางแจ้งแสงธรรมชาติและในสตูดิโอถ่ายภาพ ส่วนโกลโบ(Gobo) ภาพเฟรมใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ ส่วนผ้าสีดำใช้ขัดแสงหรือดูดแสง เพื่อไม่ให้แสงตกกระทบบนตรงจุดอื่นที่ไม่ต้องการ และสีขาวใช้กรองแสงให้นุ่มนวล



รูปที่ 8 Collapsible Reflector และ Gobo ที่มาของภาพ: <https://www.profoto.com>

6.3 การประเมินรับรอง

กระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารผ่านการประเมินรับรองโดยใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ประกอบด้วย อาจารย์ผู้สอนวิชาถ่ายภาพ จำนวน 3 คน นักสร้างสรรค์และตกแต่งอาหาร (Food Stylist) จำนวน 3 คน และช่างถ่ายภาพอาหาร (Food Photographer) จำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้น 10 ท่าน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถามเพื่อประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ต่อกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหาร ดังข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล
ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายละเอียดหัวข้อการประเมินรับรอง	ค่าสถิติ			
	จำนวนผู้ตอบ	ผลรวม	$\bar{X}$	S.D.
กระบวนการการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร หลักสำคัญ 3 ประการ				
1. ภาพอาหารต้องดึงดูดความสนใจ	10	48	4.80	0.42
2. สร้างอารมณ์คล้อยตาม สร้างความประทับใจให้ผู้ชม	10	41	4.10	0.88
3. เห็นภาพแล้วอยากได้อากิน เกิดการตัดสินใจซื้อ	10	43	4.30	0.82
เทคนิคการสร้างภาพถ่ายโฆษณาอาหารมี 2 องค์ประกอบ				
1. แนวทางการใช้อุปกรณ์และเทคนิคสำหรับการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร	10	46	4.60	0.52
2. แนวทางการจัดแสงหรือออกแบบแสงเพื่อสร้างภาพโฆษณาอาหาร	10	45	4.50	0.71
ผลเฉลี่ยรวม	10	44.6	4.46	0.67

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินรับรองกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ากระบวนการการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร มีหลักสำคัญ 3 ประการ ข้อ 1. ภาพอาหารต้องดึงดูดความสนใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.42) ข้อ 2. สร้างอารมณ์คล้อยตาม สร้างความประทับใจให้ผู้ชม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.10$, S.D. = 0.88) ข้อ 3. เห็นภาพแล้วอยากได้อากิน เกิดการตัดสินใจซื้อ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.30$, S.D. = 0.82) เทคนิคการสร้างภาพถ่ายโฆษณาอาหารมี 2 องค์ประกอบ ข้อ 1. แนวทางการใช้อุปกรณ์และเทคนิคเฉพาะสำหรับการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.52) ข้อ 2. แนวทางการจัดแสงหรือออกแบบแสงเพื่อสร้างภาพโฆษณาอาหาร อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.71) โดยสรุปผลเฉลี่ยรวมทุกองค์ประกอบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.67)

7. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษากระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล มีดังนี้

กระบวนการการสร้างสรรคการถ่ายภาพโฆษณาอาหาร กระบวนการการทำงานด้านการถ่ายภาพโฆษณาอาหารตามลำดับขั้นตอนแบบมืออาชีพและรวบรวมอุปกรณ์และเครื่องมือเฉพาะทางที่จำเป็นสำหรับการถ่ายภาพโฆษณา ทั้งหมดได้รวบรวมรายละเอียดและข้อมูล ผู้วิจัยได้ปฏิบัติงานจริงร่วมกับผู้ที่มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญทางด้านการถ่ายภาพโฆษณาจากโปรเจกต์ต่างๆที่ผู้วิจัยได้เข้าร่วมปฏิบัติงานในฐานะช่างภาพและนักสร้างสรรค์และตกแต่งอาหาร ทั้งนี้ผลการศึกษาใน

วัตถุประสงค์ข้อแรก คือ กระบวนการสร้างสรรค์การถ่ายภาพโฆษณาอาหาร มีหลักสำคัญ 3 ประการที่จะทำให้ถ่ายภาพโฆษณาอาหารมีความสมบูรณ์ คือ 1) ภาพอาหารต้องดึงดูดความสนใจ ภาพถ่ายโฆษณาอาหารที่ดีต้องมีความดึงดูดให้คนมองสามารถสะกดให้ผู้คนหยุดมองภาพได้ 2) สร้างอารมณ์คล้อยตาม ภาพถ่ายต้องสร้างความประทับใจให้ผู้ชม สร้างอารมณ์คล้อยตามได้ และ 3) เห็นภาพแล้วอยากได้อะไรกิน เกิดการตัดสินใจซื้อ สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องภาพโฆษณาที่ดึงดูดใจของ Reedy [13] โดยมีหลักการสำคัญสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธีการคือ หยุดสายตา (To stop the eye) ภาพถ่ายโฆษณาที่ดีต้องมีความสะดุดตา สามารถทำให้ผู้คนหยุดชมภาพได้ สร้างอารมณ์ (To set the mood) ภาพถ่ายต้องสร้างความประทับใจให้ผู้ชม สร้างอารมณ์ไปกับภาพ เริ่มการขาย (To start the sale) ภาพถ่ายโฆษณาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขายได้ย่อมเป็นภาพถ่ายโฆษณาที่ดีที่สุด เพราะการสร้างความสะดวกและอารมณ์ร่วมให้แก่ภาพนั้นก็เพื่อทำให้สินค้านั้นขายดี

กระบวนการการทำงานถ่ายภาพโฆษณาอาหาร จากการศึกษากระบวนการการทำงานถ่ายภาพโฆษณาอาหารพบว่ากระบวนการโดยรวมสอดคล้องกับแนวทางของเวอร์เนอร์ [14] กระบวนการหลังการผลิต (Pre-Production) เริ่มจากหาความต้องการของลูกค้า แคมเปญแบรนด์สินค้า มีการนำผลการวิจัยมาสนับสนุนในกระบวนการคิดสร้างสรรค์และขั้นตอนการเลือกช่องทางของสื่อที่กลุ่มเป้าหมายใช้ตามแนวคิดของเวอร์เนอร์ที่อยู่ในช่วงการเตรียมงาน ในขั้นการออกแบบชิ้นงาน ช่วงเตรียมงานก่อนการผลิตจะเป็นช่วงที่มีขั้นตอนมากกว่าช่วงอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีความสำคัญเพราะหากเริ่มต้นมีการเตรียมงานที่ละเอียดส่งผลช่วงกระบวนการผลิตกระบวนการหลังการผลิต (Production) ชิ้นงานราบรื่นและรวดเร็วยิ่งขึ้น สำหรับกระบวนการหลังการผลิต (Post-Production) มีประเด็นที่น่าสนใจในเรื่อง ความเข้าใจสื่อดิจิทัลที่จะต้องใช้งาน เพื่อที่จะสามารถตัดส่วนของภาพ จัดวางรูปแบบให้เหมาะสมกับ การแสดงภาพเมื่อปรากฏอยู่ในสื่อออนไลน์ หรือสื่อดิจิทัล ซึ่งตรงกับที่เวอร์เนอร์กล่าวถึงความจำเป็นที่ต้องระบุสื่อดิจิทัลที่กลุ่มเป้าหมายใช้งานเพื่อที่จะจัดวางภาพให้เหมาะสมกับขนาดการแสดงผลของภาพ

เทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหาร ภาพถ่ายโฆษณาอาหารมีบทบาทในการสร้างการรับรู้ รวบรวมขึ้นจากการร่วมปฏิบัติงานการถ่ายภาพเพื่อการโฆษณาอาหาร เป็นการทำงานที่ต้องใช้ทักษะด้านการถ่ายภาพและเทคนิคการสร้างสรรคอื่นๆ เทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารมี 2 องค์ประกอบจะทำให้ถ่ายภาพโฆษณาอาหารมีความสมบูรณ์ คือแนวทางการจัดแสงถ่ายภาพโฆษณาอาหารและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดแสง สอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง Capturing Food, Creating Art ของ Le Cordon Bleu [15] สิ่งที่ยากที่สุดที่จะทำให้การถ่ายภาพอาหารออกมาสมบูรณ์ คือ เรื่องทิศทางของแสง ช่างภาพส่วนใหญ่ชอบแสงธรรมชาติที่มีความนุ่มนวลและมีความกระจายฟุ้งของแสง ช่วยให้แสงจับรายละเอียดของวัตถุได้ เน้นและขับพื้นผิวที่เป็นธรรมชาติของอาหารออกมา อย่างไรก็ตามแสงธรรมชาติ ในบางครั้งอาจไม่ตอบสนองความต้องการของช่างภาพใช้ได้เสมอไป ไฟแฟลชสตูดิโอสามารถจำลองแสงธรรมชาติ หากแต่ต้องฝึกฝนปรับใช้ เพื่อควบคุมให้เป็นไปตามความต้องการ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ จารุณี เจริญรส [16] กล่าวว่า ทิศทางแสงที่เหมาะสมกับ การถ่ายภาพขนมไทยทั้ง 2 ชนิด คือ ทิศทางแสงหลังซึ่งในทางทฤษฎีทิศทางแสงหลังหากตำแหน่งของดวงไฟอยู่ในระดับเดียวกับวัตถุจะสร้างอารมณ์และความรู้สึก ลึกกลับ น่าค้นหา และมีความเปรียบต่างแสงสูง แต่เมื่อนำทิศทางแสงหลังมาใช้ในการถ่ายภาพขนมไทยและปรับระดับความสูงของหัวไฟให้สูงกว่าวัตถุประมาณ 60 องศา เหนือระดับขนมไทยที่นำมาทดลอง คือ ตำแหน่ง 12H 11V จะส่งผลให้แสงหลังช่วยเปิดรายละเอียดของขนมได้ และยังคงไว้ซึ่งความเปรียบต่างของแสง (Contrast) ช่วยให้ภาพถ่ายขนมไทยมีความคมชัด มีมิติ ช่วยให้สีสันทนของ ภาพมีความสดใสน่ารับประทาน

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษากระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารในยุคดิจิทัล มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์ โดยควรนำการมีส่วนร่วมของกระบวนการและเทคนิคการสร้างสรรคภาพถ่ายโฆษณาอาหารไปใช้ในขอบข่ายการทำงานใกล้เคียง หรือลักษณะงานทางนิเทศศาสตร์อื่น ๆ ที่มีบริบทใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดการสังเคราะห์องค์ความรู้อันจะส่งผลต่อการยอมรับและก่อให้เกิดผลงานต่อเนื่องในอนาคต

8.2 ข้อเสนอแนะแนวทางการศึกษาในอนาคต

จากผลการศึกษาแนวทางการศึกษาในอนาคตมีดังนี้คือ เพิ่มปัจจัยที่สะท้อนหรือสื่อให้เกิดการจูงใจทางอารมณ์ของภาพ นอกจากปัจจัยองค์ประกอบของภาพถ่ายโฆษณาอาหาร เช่น ลักษณะการนำเสนอภาพโฆษณาอาหาร และการมีผู้นำเสนออาหารในภาพ หรือสภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นหลังของจุดโฟกัส (Subject) เป็นต้น นำกรอบการวิจัยดังกล่าวไปศึกษาภาพถ่ายโฆษณาผลิตภัณฑ์หรือสินค้าประเภทอื่น ๆ เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความเหมือน และความแตกต่าง เพิ่มการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญหลายคน ด้วยวิธีการสนทนากลุ่ม (Focus group) หรือเทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ในกระบวนการวิจัยของการศึกษาในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Vantamay, *Principles of Advertising*, Bangkok: Kasetsart University Press, 2011.
- [2] P. Kuldilok, "Social Movement via New Media in the Age of Globalization," [Online]. Available: <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/husojournal/article/view/99215>. [Accessed: February 19, 2023].
- [3] P. Vijitbunyanon, "The Importance of Food Styling and Food Photography Towards Customers' Perspective at Kitchen Corner Café," *Dusit Thani College Journal*, vol.13, no.2 , pp.454-463, May - August 2019.
- [4] Le Cordon Bleu, "Food Photography: Why is it important?," [Online]. Available: <https://www.cordonbleu.edu/news/food-photography-why-is-it-important>. [Accessed: May 9, 2023].
- [5] Eat & Breathe, "Why it's important to focus on food photography," [Online]. Available: <https://www.eat-and-breathe.co.uk/blog/importance-food-photography>. [Accessed: May 10, 2023].
- [6] S. Kaewsakorn, "Food styling for photography," [Online]. Available : http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis/showthesis_th.asp?id=0000002108. [Accessed: May 10, 2023].
- [7] A. Vitoonchatree, "Signification of Thai food taste of illustration in food magazines," [Online]. Available : <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/41572>. [Accessed: February 9, 2023].
- [8] Y. Panpeng, "Visual communication and photography process". [Online]. Available : <http://www.east.spu.ac.th/comm/admin/knowledge/A523one.pdf>. [Accessed: May 9, 2023].
- [9] N. Boonyakiat, "Thai Chef and Food Stylist ," [Interview] , October 27, 2022.
- [10] P. Thaingamsin, "Professional Photography," [Interview], February 22, 2021.
- [11] S. Prathesa, "Professional Photography," [Online]. Available: <https://www.facebook.com/supasuk.prathesar>. [Accessed: December 24, 2022].
- [12] T. Pakdeehun, "Professional Photography," [Interview], November 14, 2021.

-
- [13] William A. Reedy, *Impact– Photography for Advertising*, 1st edn. Rochester, New York: Eastman Kodak Company, 1973.
- [14] Werner, T. , *The fashion image: planning and producing fashion photographs and films*, New York: Bloomsbury, 2018.
- [15] Le Cordon Bleu, “*Capturing Food, Creating Art: 11 ways to up your food photography skills*,” [Online]. Available: <https://www.cordonbleu.edu/news/11-ways-to-up-your-food-photography-skills/en>. [Accessed: September 9, 2023].
- [16] J. Jarernros, “*The Direction of Light Suitable for Thai Desserts Advertising Photography*,” [Online]. Available: <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/jimc/article/download/33/6>. [Accessed: May 10, 2023].

การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแป้งมันสำปะหลัง RAW MATERIALS SUPPLIERS ASSESSMENT FOR TAPIOCA STARCH FACTORY

วิษณุ ฟองอ่อน¹, นุชสรา เกรียงกรกฎ^{2*} และ ปรีชา เกรียงกรกฎ³
Vitsanu Fongon¹, Nuchsa Kriengkarakot² and Preecha Kriengkarakot³

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี^{1,2,3}
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University^{1,2,3}

Corresponding author email: vitsanu.fo.64@ubu.ac.th¹

Received: September 5, 2023

Revised: October 2, 2023

Accepted: October 4, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแป้งมันสำปะหลังแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร จากการศึกษาการส่งมอบวัตถุดิบในปัจจุบัน พบว่า ทางโรงงานยังไม่มีเกณฑ์การพิจารณาที่ชัดเจนและเหมาะสม สำหรับการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบแต่ละราย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบให้กับทางโรงงานโดยเฉพาะกลุ่มลานมัน เนื่องจากมีปริมาณการส่งมอบที่มากกว่ากลุ่มเกษตรกร สำหรับการกำหนดปัจจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและปรึกษาจากผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อวัตถุดิบและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยทั้ง 3 ด้านเรียงลำดับความสำคัญได้ดังนี้ 1) ปัจจัยด้านคุณภาพ (0.674) 2) ปัจจัยด้านปริมาณ (0.225) และ 3) ปัจจัยด้านการส่งมอบ (0.101) ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักสามารถจัดลำดับความสำคัญของผู้ส่งมอบวัตถุดิบลานมันในแต่ละปัจจัย และจัดลำดับความสำคัญของผู้ส่งมอบวัตถุดิบลานมันในภาพรวมได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบออกเป็นกลุ่ม AA, BB และ CC ตามค่าคะแนนและลำดับความสำคัญ ซึ่งก็จะเป็นข้อมูลช่วยสำหรับการตัดสินใจให้กับทางโรงงานในการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบและสามารถกำหนดแนวทางในการพัฒนาผู้ส่งมอบวัตถุดิบเชิงกลยุทธ์ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น, การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ, โรงงานแป้งมันสำปะหลัง

Abstract

The objective of this research has purposed to assess raw materials suppliers for a tapioca starch factory in Sakon Nakhon province. According to the current raw materials delivery study, it was found that the factory has no clear and appropriate criteria for evaluating each suppliers of raw materials. Therefore, the researcher has applied the Analytic Hierarchy Process (AHP) to weigh the critical factors for the raw materials supplier evaluation, especially the cassava plantation groups due to having a greater delivery volume than provided by farmers groups. The study consulted with executives, raw material procurement officers, and relevant personnel and collected data to determine the factors. The research results showed that the results of the weight analysis of the three factors were ranked in order of importance as follows: 1) the quality factor (0.674), 2) the quantity factor (0.225), and 3) the delivery factor (0.101), respectively.

The results of the weight analysis can ranking of cassava plantation suppliers in each factor and ranking of cassava plantation suppliers in overall factor. In addition, the researcher grouped the raw material suppliers into three categories AA, BB and CC according to their scores and ranking. This information serves as a decision-making tool for the factory in selecting raw materials suppliers and provides guidance for future strategic development of raw material suppliers.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Assessment of Raw Materials Suppliers, Tapioca starch factory

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่มีปริมาณแป้งสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างน้อย 4 ด้าน หรือ “4F” ประกอบด้วย Food อาหารสำหรับมนุษย์ Feed อาหารเลี้ยงสัตว์ Fuel วัตถุดิบในการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงาน ชีวภาพ และ Factory ภาคอุตสาหกรรม อาทิ แอลกอฮอล์ กรดมะนาว เครื่องนุ่งห่ม ยา กระดาษ และเคมีภัณฑ์ เป็นต้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามันสำปะหลังมักมีราคาสูงกว่าพืชอาหารที่ให้แป้งประเภทอื่น อีกทั้งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้ความต้องการมันสำปะหลังในตลาดโลกเติบโตต่อเนื่องส่งผลให้มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวเจ้าและมันฝรั่ง [1]

อุตสาหกรรมมันสำปะหลังในปี 2563-2565 มีแนวโน้มเติบโตได้อย่างจำกัด แม้ความต้องการใช้ในประเทศจะขยายตัวดี แต่การส่งออก (สัดส่วน 64% ของผลผลิตทั้งหมดในประเทศ) มีทิศทางหดตัวตามอุปสงค์จากจีน ผลจากจีนยังคงมุ่งเน้นการระบายสต็อกข้าวโพดที่มีปริมาณมาก ส่งผลให้อุตสาหกรรมต่อเนื่องโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และเอทานอลหันไปใช้ข้าวโพดซึ่งเป็นสินค้าทดแทนมันสำปะหลัง ความต้องการใช้อาหารสัตว์ลดลงจากปัญหาโรคอหิวาต์แอฟริกาในสุกรและจีนหันไปลงทุนผลิตมันสำปะหลังในต่างประเทศมากขึ้น เพื่อสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล อย่างไรก็ตาม คาดว่าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงมีโอกาสดีโตตามความต้องการของตลาดโลก [2] ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ผลิตในไทยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตากแห้ง ผลิตภัณฑ์หลักได้แก่ มันเส้น ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์ แอลกอฮอล์และกรดมะนาว โดยปัจจุบันไทย มีโรงงานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังตากแห้งรวมทั้งสิ้น 307 โรงงาน ส่วนใหญ่เป็นโรงงานมันเส้น 235 โรงงาน คิดเป็น 76% ของจำนวนโรงงานในกลุ่มผลิตภัณฑ์นี้ทั้งหมด รองลงมาได้แก่ โรงงานกากมันสำปะหลัง 39 โรงงาน (13%) มันสำปะหลังอัดเม็ด 11 โรงงาน (4%) มันสำปะหลังแห้งบด 6 โรงงาน (2%) มันสำปะหลังแปรรูปประเภทอื่นๆ 16 โรงงาน (5%) ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง ผลิตภัณฑ์ขั้นต้น คือ แป้งมันสำปะหลังดิบสามารถใช้บริโภคโดยตรงในครัวเรือนเพื่อประกอบ/ปรุงอาหารและใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มสูง อีกทั้งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลากหลาย อาทิ ผงชูรส สารให้ความหวาน โซสปรุงรส เครื่องสำอางและยา เป็นต้น ปัจจุบันโรงงานแป้งมันสำปะหลังในไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 102 โรงงาน และโรงงานแป้งมันสำปะหลังดัดแปร 14 โรงงาน โดยทั่วไปการผลิตมันสำปะหลังแปรรูปขั้นต้นส่วนใหญ่จะดำเนินการในช่วงปลายปีถึงต้นปีถัดไป โดยเฉพาะแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นช่วงฤดูเก็บเกี่ยวของผลผลิตมันสำปะหลัง ความต้องการใช้มันสำปะหลังภายในประเทศ นอกจากจะใช้เพื่อการบริโภคโดยตรงในครัวเรือนและเพื่อผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์แล้ว ยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง อาทิ อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป เครื่องดื่ม ยา เครื่องสำอาง เคมีภัณฑ์ และแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ ผู้ประกอบการขนาดใหญ่มีการพัฒนาต่อยอดทางธุรกิจโดยการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง รวมถึงการผลิตไฟฟ้าชีวมวลจากกากมันสำปะหลังและของเสียจากโรงงานเพื่อใช้เองและจำหน่ายเชิงพาณิชย์

กรณีศึกษา โรงงานแป้งมันสำปะหลังแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร ดำเนินกิจการอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีประสบการณ์ในการผลิตและจัดส่งแป้งมันสำปะหลังเพื่อการแปรรูปและประกอบเป็นอาหารมากกว่า 20 ปี เป็นธุรกิจประเภท

กลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ ผลิตภัณฑ์จากพืชหรือเดกตริน มีสินค้าหลักคือ แป้งมันสำปะหลังดิบและ กระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

สำหรับการคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเนื่องจาก มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกับขั้นตอนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการจัดซื้อ การจัดการสินค้าคงคลัง กระบวนการผลิต รวมไปถึง การให้บริการลูกค้า ซึ่งในปัจจุบันพบว่า ทางโรงงานยังไม่มีเกณฑ์การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบแต่ละราย ที่ชัดเจนและเหมาะสมเท่าที่ควร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) ในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบให้มีความชัดเจนและเหมาะสมยิ่งขึ้น จากการนำข้อมูลผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่ได้ทำการวิเคราะห์ หาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในแต่ละด้านและในภาพรวม หลังจากทำการประเมินผู้ส่งมอบ วัตถุดิบแล้วยังได้ทำการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบและเสนอแนวทางการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบให้กับทางโรงงานแป้งมัน สำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแป้งมันสำปะหลังในกรณีศึกษา

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบมีดังนี้

นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ (2561) ได้ศึกษาการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า ไปยังจุดบริโภค และยังลดต้นทุนการดำเนินงานของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ร่วมกับวิธี Fuzzy Scoring Method (FSM) ผลการวิจัย พบว่า A3 เป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากที่สุด (0.251) และเกณฑ์ การตัดสินใจหลักด้านการประกันคุณภาพการบริการมีความสำคัญมากที่สุด (0.229) ผลจากการวิจัยยังสามารถนำไป ประยุกต์ใช้ กับการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ ในสถานการณ์อื่นได้อีกด้วย เช่น การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า การคัดเลือกโครงการ ฯลฯ [3]

เสริมพงษ์ เนียมสกุล และ จิราวรรณ เนียมสกุล (2562) ได้ศึกษาการประเมินและคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น กรณีศึกษาโรงงานผลิตงานโลหะประดิษฐ์ ผลการศึกษา พบว่า ค่าน้ำหนัก ความสำคัญของเกณฑ์การประเมินผู้ส่งมอบตามลำดับคือ คุณภาพ (0.317) ความตรงต่อเวลาในการส่งมอบ (0.241) ราคา วัตถุดิบ (0.213) การให้เครดิตในการจ่ายเงิน (0.152) และสถานที่ตั้งของผู้ส่งมอบ (0.077) และผลการคัดเลือกผู้ส่งมอบที่มี ค่าคะแนนความสำคัญสูงสุดแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบประเภทโลหะ ได้แก่ บริษัท SUN (0.291) กลุ่มผู้ส่งมอบ วัตถุดิบประเภทสี ได้แก่ บริษัท TOA (0.412) และกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้าและเบ็ดเตล็ด ได้แก่ บริษัท ROJ (0.520) [4]

สมเกียรติ คุณล้าน (2562) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ในการคัดเลือกบริษัทผู้ผลิต เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกบริษัทผู้ผลิต ผลการวิจัย พบว่า ปัจจัย ที่มีความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งคือ ด้านราคาของผลิตภัณฑ์ มีคะแนน 0.4281 อันดับสองคือ ด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ มีคะแนน 0.2584 อันดับสามคือ ด้านบริการหลังการขาย มีคะแนน 0.1781 อันดับสี่คือ ด้านคุณภาพในการจัดส่ง มีคะแนน 0.0683 และอันดับสุดท้ายคือ ด้านระยะเวลาในการขนส่ง มีคะแนน 0.0671 ตามลำดับ และจากผลคะแนนในภาพรวมคุณสมบัติของ แต่ละทางเลือก บริษัททางเลือกที่มีคะแนนในภาพรวมคุณสมบัติมากที่สุดคือ บริษัท Nobel China Limited มีคะแนน 0.5073 อันดับสองคือ บริษัท ST&G มีคะแนน 0.3102 และอันดับสุดท้าย บริษัท Fujian Prosthetic มีคะแนน 0.1824 ตามลำดับ [5]

กฤษฎิกร ธรรมแสง (2563) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ร่วมกับวิธี Fuzzy Scoring Method (FSM) ในการคัดเลือกเกษตรกรผู้ส่งมอบวัตถุดิบเพื่อจัดทำเกษตรพันธสัญญาในอุตสาหกรรมแปรรูปสำหรับหลังการคัดเลือกเกษตรกรอย่างเป็นระบบเข้าสู่การจัดทำพันธสัญญากับโรงงาน โดยพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ประการคือ ปัจจัยหลักด้านผลผลิต ปัจจัยหลักด้านกระบวนการผลิต ปัจจัยหลักด้านการให้ความร่วมมือและปัจจัยหลักด้านการขนส่ง ซึ่งปัจจัยหลักแต่ละด้านประกอบด้วยปัจจัยรองอีกหลายปัจจัย เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนของเกษตรกรที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสม เข้าสู่การจัดทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานผลิตแปรรูปสำหรับหลัง โดยคัดเลือกเกษตรกรจากโรงงานผลิตแปรรูปสำหรับจังหวัดมุกดาหาร จำนวน 15 คน มาเป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรที่ได้ค่าคะแนนรวมมากที่สุด 3 อันดับแรกคือนายวัลลภ ไชยศรี (0.846) รองลงมาคือนายกฤษฎา อินปาว (0.821) และนางเปริบ แสนวิเศษ (0.809) ตามลำดับ [6]

หานนี จาง (2564) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการคัดเลือกซัพพลายเออร์อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ กรณีศึกษาบริษัทผลิตเยื่อกระดาษในจังหวัดชลบุรี โดยการพิจารณาทางเลือกสำหรับการคัดเลือกซัพพลายเออร์ที่มีอยู่ 3 ทางเลือกคือ ซัพพลายเออร์ A, B และ C ซึ่งคำนวณน้ำหนักแต่ละปัจจัยจากมากไปน้อยได้แก่ ปัจจัยด้านคุณภาพ 49.5% ปัจจัยด้านราคา 24.8% ปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือ 14.0% ปัจจัยด้านบริการ 7.0% และสุดท้ายปัจจัยด้านการส่งมอบ 4.7% ในส่วนผลการศึกษาด้านทางเลือกซัพพลายเออร์ ตามการวัดค่าน้ำหนักทุกๆ ปัจจัยรวม และทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของซัพพลายเออร์ พบว่า ได้ผลค่าน้ำหนักดังนี้ ซัพพลายเออร์ C 42.7% ซัพพลายเออร์ A 37.2% และสุดท้ายซัพพลายเออร์ B 20.1% ซึ่งสรุปได้ว่าซัพพลายเออร์ C เป็นซัพพลายเออร์ที่เหมาะสมที่สุดและได้รับการคัดเลือก และจากนี้ยังมีความกังวลอื่นๆ ที่ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ในกรณีศึกษาต่างๆ [7]

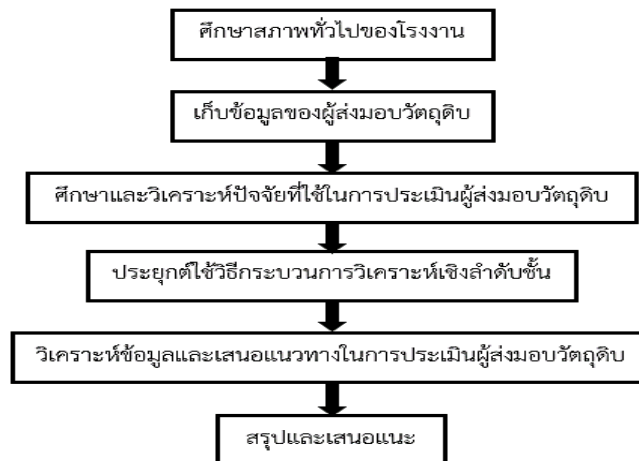
จิรวดี อินทกาญจน์ (2564) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการประเมินและคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนโซ่อุปทานขนมไทย จังหวัดนครนายก สามารถจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัดสินใจเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ (1) ด้านการบริการ (2) ด้านการส่งมอบ (3) ด้านความน่าเชื่อถือ (4) ด้านคุณภาพ (5) ด้านราคา และจากการประเมินผลรูปแบบการคัดเลือกผู้ส่งมอบของวิสาหกิจชุมชนขนมไทย พบว่า วิสาหกิจชุมชนกลุ่มขนมไทยให้ความสำคัญ ความสัมพันธ์การจัดลำดับทางเลือก การบริการ 58% การส่งมอบ 18% ความน่าเชื่อถือ 14% คุณภาพ 6% และราคา 4% ตามลำดับ [8]

กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ (2565) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการพัฒนาเครื่องมือการประเมินผู้ส่งมอบเชิงกลยุทธ์ กรณีศึกษาผู้ส่งมอบวัตถุดิบไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ 5 ราย พบว่าสัดส่วนการจัดซื้อในปัจจุบันไม่สอดคล้องกับผลประเมินผู้ส่งมอบมุ่งเน้นราคา ผู้ส่งมอบที่มีผลประเมินสูงสุด กลับมีสัดส่วนการจัดซื้อเพียง 12% ถือเป็นลำดับ 3 ส่วนผู้ส่งมอบที่มีผลประเมินเป็นลำดับรองสุดท้ายกลับมีสัดส่วนการจัดซื้อสูงที่สุด ถึง 35% จะเห็นได้ว่าเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถสะท้อนถึงผลการดำเนินงานและเชื่อมโยงไปยังการแก้ปัญหาและกำหนดแนวทางในการจัดการความสัมพันธ์เพื่อพัฒนาผู้ส่งมอบเชิงกลยุทธ์ได้ในอนาคต [9]

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักวิจัยหลายท่าน ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ หรือซัพพลายเออร์ในกรณีศึกษาต่างๆ ซึ่งก็เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น สำหรับประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบให้กับทางโรงงานแปรรูปสำหรับหลังตัวอย่าง ให้มีความชัดเจนและเหมาะสมยิ่งขึ้น

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรรูปสำหรับหลังกรณีศึกษา เพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินผู้ส่งมอบที่มีความเหมาะสม โดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลในโรงงานแปรงมันสำปะหลังแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร ที่ได้ดำเนินกิจการอุตสาหกรรมผลิตแปรงมันสำปะหลัง ซึ่งมีมีประสบการณ์ในการผลิตและจัดส่งแปรงมันสำปะหลังเพื่อการแปรรูปและประกอบเป็นอาหารมากกว่า 20 ปี เป็นธุรกิจประเภทกลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ ผลิตแปรงจากพืชหรือเดกตริน มีสินค้าหลักคือ แปรงมันสำปะหลังดิบ และกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ

3.2 การเก็บข้อมูลของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

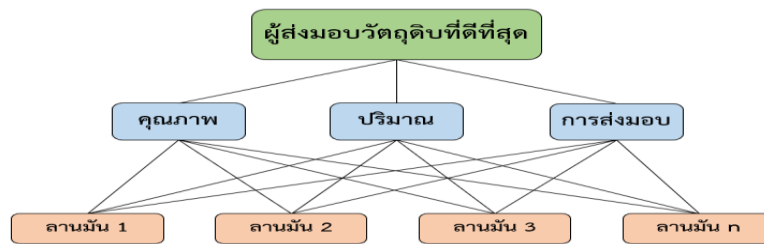
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่น่าสนใจมาพิจารณาประกอบการวิเคราะห์ผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรงมันสำปะหลัง โดยจะทำการเก็บข้อมูลผู้ส่งมอบวัตถุดิบในช่วงเดือนกันยายน-ธันวาคม ปี 2565 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเกษตรกรและลานมัน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะกลุ่มลานมัน เนื่องจาก มีปริมาณการส่งมอบที่มากกว่ากลุ่มเกษตรกร คิดเป็น 76.40% และในช่วงเดือนกันยายน-ธันวาคม ปี 2565 พบว่าลานมันในจังหวัดสกลนครที่มีการส่งมอบอย่างต่อเนื่องใน 3-4 เดือนนี้ มีจำนวนทั้งสิ้น 24 ลานมัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลของลานมันทั้ง 24 ลานมันนี้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และนำมาใช้ในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในลำดับต่อไป

3.3 การศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

3.3.1 การกำหนดปัจจัยและวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย เพื่อประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรงมันสำปะหลัง จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง ประชุมและปรึกษาร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ ทีมผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อวัตถุดิบ ทำให้สามารถกำหนดปัจจัยได้ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพ ด้านปริมาณ และด้านการส่งมอบดังต่อไปนี้

- 1) ปัจจัยด้านคุณภาพ คือ เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสด เป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงคุณภาพความสมบูรณ์ของหัวมันสด ใหม่ ไม่แห้งกร้านและมีขนาดใหญ่
- 2) ปัจจัยด้านปริมาณ คือ ปริมาณหัวมันสดเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงปริมาณที่สามารถจัดส่งได้ตามที่โรงงานต้องการ
- 3) ปัจจัยด้านการส่งมอบ คือ ปริมาณการส่งมอบหัวมันสดเฉลี่ยต่อครั้ง เป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงการส่งมอบให้โรงงานอย่างสม่ำเสมอ

3.3.2 จากนั้นทำการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ซึ่งจะได้ผังโครงสร้าง AHP ในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างลำดับชั้น AHP ในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

ซึ่งในการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย จะมีขั้นตอนดังนี้

1) การเปรียบเทียบแบบเป็นคู่และสร้างตารางเมทริกซ์การตัดสินใจ โดยการสร้างตารางทำการตัดสินใจจะใช้สเกล 1-9 ในการนำมาเปรียบเทียบทีละคู่ โดยที่ 9 หมายถึง สำคัญกว่ามากที่สุด ในขณะที่ 1 หมายถึง สำคัญเท่ากัน และมีสเกล 1-9 ซึ่งแสดงความหมายตามระดับความสำคัญ [4] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สเกล 1-9 ที่ใช้ในการเปรียบเทียบทีละคู่ของ AHP [4]

คะแนน (ค่าสเกล)	ความหมาย
1	สำคัญเท่ากัน
3	สำคัญกว่าเล็กน้อย
5	สำคัญกว่าปานกลาง
7	สำคัญกว่ามาก
9	สำคัญกว่ามากที่สุด
2, 4, 6, 8	สำคัญระหว่างคะแนนในแต่ละช่วง

ในการเปรียบเทียบทีละคู่โดยใช้สเกล 1-9 ทั้งนี้ จะสังเกตว่าข้อมูลด้านบนของสเกลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่เป็นความคิดเห็น ในขณะที่ด้านล่างของสเกลเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่เป็นตัวเลข เช่น การเปรียบเทียบทีละคู่ของปัจจัยคุณภาพ-ปริมาณ พบว่า ปัจจัยคุณภาพมีความสำคัญกว่า ปัจจัยปริมาณ ด้วยคะแนน 4 จากนั้นเปรียบเทียบทีละคู่ของปัจจัยคุณภาพ-การส่งมอบ พบว่า ปัจจัยคุณภาพสำคัญกว่า ปัจจัยการส่งมอบปานกลาง ด้วยคะแนน 5 และจากนั้นเปรียบเทียบทีละคู่ของปัจจัยปริมาณ-การส่งมอบ พบว่า ปัจจัยปริมาณ สำคัญกว่าการส่งมอบ เล็กน้อย ด้วยคะแนน 3 ดังแสดงในรูปที่ 3

คุณภาพ	สำคัญกว่ามากที่สุด	สำคัญกว่ามาก	สำคัญกว่าปานกลาง	สำคัญกว่าเล็กน้อย	สำคัญเท่ากัน	สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย	สำคัญน้อยกว่าปานกลาง	สำคัญน้อยกว่ามาก	สำคัญกว่ามากที่สุด	ปริมาณ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
คุณภาพ	สำคัญกว่ามากที่สุด	สำคัญกว่ามาก	สำคัญกว่าปานกลาง	สำคัญกว่าเล็กน้อย	สำคัญเท่ากัน	สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย	สำคัญน้อยกว่าปานกลาง	สำคัญน้อยกว่ามาก	สำคัญกว่ามากที่สุด	การส่งมอบ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
ปริมาณ	สำคัญกว่ามากที่สุด	สำคัญกว่ามาก	สำคัญกว่าปานกลาง	สำคัญกว่าเล็กน้อย	สำคัญเท่ากัน	สำคัญน้อยกว่าเล็กน้อย	สำคัญน้อยกว่าปานกลาง	สำคัญน้อยกว่ามาก	สำคัญกว่ามากที่สุด	การส่งมอบ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

รูปที่ 3 การเปรียบเทียบทีละคู่และให้คะแนนของคุณภาพ ปริมาณและการส่งมอบ

การสร้างตารางเมทริกซ์เปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัย จะใส่ข้อมูลในตารางเมทริกซ์ส่วนด้านบนของ เมทริกซ์ให้ครบ เช่น เปรียบเทียบที่ละคู่ของปัจจัยคุณภาพ-ปริมาณ พบว่า ปัจจัยคุณภาพสำคัญกว่าปริมาณ ด้วยคะแนน 4 หลังจากที่ได้ข้อมูลด้านบนของเมทริกซ์ครบแล้ว จากนั้นใส่ข้อมูลด้านล่างของเมทริกซ์ ในลักษณะตรงกันข้ามกับด้านบนแบบเป็นส่วนกลับ เช่น ข้อมูลด้านบนเป็นเลข 4 ส่วนกลับด้านล่างเป็น 1/4 เป็นต้น โดยในแนวเส้นทแยงมุมจะเป็นเลข 1 เท่านั้น เนื่องจากเป็นจุดที่ปัจจัยแต่ละปัจจัยเปรียบเทียบกับตัวเอง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การสร้างตารางเมทริกซ์เปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	คุณภาพ	ปริมาณ	การส่งมอบ
คุณภาพ	1	4	5
ปริมาณ	1/4	1	3
การส่งมอบ	1/5	1/3	1

2) การคำนวณค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย หลังจากการสร้างตารางเมทริกซ์เปรียบเทียบความสำคัญของแต่ละปัจจัยสามารถคำนวณค่าน้ำหนัก โดยคำนวณผลรวมของแต่ละคอลัมน์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลรวมของแต่ละคอลัมน์

ปัจจัย	คุณภาพ	ปริมาณ	การส่งมอบ
คุณภาพ	1	4	5
ปริมาณ	1/4	1	3
การส่งมอบ	1/5	1/3	1
ผลรวม (sum)	1.450	5.333	9.000

จากนั้นทำการปรับสเกล โดยการหารค่าแต่ละค่าในตารางเมทริกซ์เบื้องต้นด้วยผลรวมที่ละคอลัมน์ เช่น คอลัมน์คุณภาพ จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อนำ 1 หารด้วยผลรวม 1.450 ได้เป็น 0.690 เช่นเดียวกันเมื่อนำ 1/4 หารด้วยผลรวม 1.450 ได้เป็น 0.172 และเมื่อนำ 1/5 หารด้วยผลรวม 1.450 ได้เป็น 0.138 เมื่อพิจารณาผลรวมได้เป็น $0.690 + 0.172 + 0.138 = 1$ ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ได้ในแบบเดียวกัน สำหรับคอลัมน์ของปริมาณและการส่งมอบ ซึ่งจะได้ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าถ่วงน้ำหนัก

ปัจจัย	คุณภาพ	ปริมาณ	การส่งมอบ
คุณภาพ	0.690	0.750	0.556
ปริมาณ	0.172	0.188	0.333
การส่งมอบ	0.138	0.062	0.111
ผลรวม (sum)	1	1	1

และทำการคำนวณหาค่า Eigen vector โดยคำนวณแต่ละแถว เช่น แถวปัจจัยคุณภาพ จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อนำ $(1 \times 4 \times 5)^{(1/3)} = 2.714$ และเมื่อนำ $2.714/4.028$ ได้เป็น 0.674 ซึ่งสามารถคำนวณค่า Eigen vector ในแต่ละแถวของปัจจัยปริมาณ และปัจจัยการส่งมอบได้ออกมาเป็น 0.225 และ 0.101 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า Eigen vector

ปัจจัย		Eigen vector
คุณภาพ	2.714	0.674
ปริมาณ	0.909	0.225
การส่งมอบ	0.405	0.101
ผลรวม (sum)	4.028	1

3) การคำนวณหาอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูล การคำนวณค่า $\lambda_{\max}$ โดยใช้ผลรวมของแต่ละคอลัมน์จาก Table 3 และค่า Eigen vector เช่น ในวงเล็บแรกแสดงการคำนวณคูณกันระหว่างผลรวมของปัจจัยคุณภาพกับค่าน้ำหนักของปัจจัยคุณภาพ ส่วนวงเล็บที่สองและสามเป็นของปัจจัยปริมาณและปัจจัยการส่งมอบ ตามลำดับ โดยตัวอย่างการคำนวณ ดังสมการที่ 1

$$\lambda_{\max} = \Sigma \text{ConsistencyVector} \quad (1)$$

$$\lambda_{\max} = (1.450 \times 0.674) + (5.333 \times 0.225) + (9 \times 0.101) = 3.086$$

ซึ่งการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Index: CI) โดยการพิจารณาค่า n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบกับกันคือ 3 และคำนวณ CI ได้เป็น 0.043 โดยตัวอย่างการคำนวณ ดังสมการที่ 2

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$CI = \frac{3.086 - 3}{3 - 1} = \frac{0.086}{2} = 0.043$$

และการคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio: CR) โดยคิดจากค่า CI และค่า RI คือค่าจากดัชนีความสอดคล้องของข้อมูล (Random Consistency Index: RI) ซึ่งเป็นตัวเลขที่ได้จากการทดลองโดยทาง Thomas L.Saaty ที่คิดค้นวิธี AHP ทั้งนี้ จะสังเกตได้ว่าค่า RI แปรผันตามขนาดของค่า n โดยในกรณีนี้แสดงผลสำหรับ n ในช่วง 1 ถึง 10 ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยตัวอย่างการคำนวณ ดังสมการที่ 3

ตารางเมทริกซ์ (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่า RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

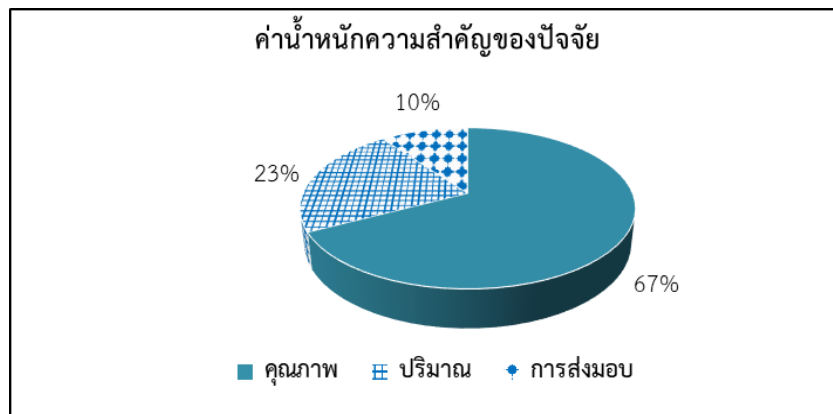
รูปที่ 4 ค่า RI สำหรับวิธีการคำนวณ CR ในวิธี AHP

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

$$CR = \frac{0.043}{0.58} = 0.074$$

จากรูปที่ 4 เมื่อ n = 3 ค่า RI คือ 0.58 ดังนั้น การคำนวณค่า CR จะได้เป็น 0.074 หรือ 7.4% ซึ่งแสดงว่าค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูล ไม่เกิน 0.1 หรือ 10% ดังนั้น ข้อมูลมีความสมเหตุสมผลเป็นที่ยอมรับได้

4) การศึกษาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยพบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพ คิดเป็น 0.674 ปัจจัยด้านปริมาณ คิดเป็น 0.225 และปัจจัยด้านการส่งมอบ คิดเป็น 0.101 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio : CR) สามารถคำนวณค่าได้เท่ากับ 7.4% ซึ่งมีค่าความสอดคล้องของข้อมูลไม่เกิน 10% ดังนั้น ข้อมูลมีความสมเหตุสมผลเป็นที่ยอมรับได้ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การสรุปค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย

3.4 การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกแต่ละปัจจัย

จากการกำหนดปัจจัยและวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย โดยการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านคุณภาพ ปริมาณ การส่งมอบและผลรวมปัจจัยทั้ง 3 ด้าน เพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ให้ชัดเจนและจัดลำดับความสำคัญผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแปรรูปหลังจากค่าน้ำหนักเรียงจากมากไปหาน้อย

3.5 การจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

ในการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ ทีมผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อวัตถุดิบ เมื่อพิจารณาจากค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยและจัดลำดับความสำคัญผู้ส่งมอบวัตถุดิบจากค่าน้ำหนักรวม ที่เรียงจากมากไปหาน้อย สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม AA คือ ผู้ส่งมอบที่มีจำนวน 20% เป็นผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากที่สุด ผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม BB คือ ผู้ส่งมอบที่มีจำนวน 30% เป็นผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่มีความสำคัญปานกลาง และผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม CC คือ ผู้ส่งมอบที่มีจำนวน 50% เป็นผู้ส่งมอบวัตถุดิบที่มีความสำคัญน้อย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านคุณภาพ

ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านคุณภาพ สามารถวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของลานมันทั้ง 24 ลานมัน จากมากไปหาน้อย เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรก พบว่า อันดับที่ 1 คือ ลานมันเชดชัย ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.19108 อันดับที่ 2 คือ ลานมันโซคอนันต์ ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.18778 อันดับที่ 3 คือ ลานมันอุ้นใจพิชผล ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.18764 อันดับที่ 4 คือ ลานมันโซคพรชัย ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.18656 และอันดับที่ 5 คือ ลานมันทรัพย์สัมฤทธิ์ ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.18636 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลรวมและลำดับความสำคัญของลานมันปัจจัยด้านคุณภาพ

ลำดับ	ชื่อลานมัน	ค่าเฉลี่ยคุณภาพแบ่ง (%)	Eigen vector	ผลรวม
1	เชดชัย	28.35	0.674	0.19108
2	โซคอนันต์	27.86	0.674	0.18778
3	อุ้นใจพิชผล	27.84	0.674	0.18764
4	โซคพรชัย	27.68	0.674	0.18656
5	ทรัพย์สัมฤทธิ์	27.65	0.674	0.18636

4.2 ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านปริมาณ

ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านปริมาณ สามารถวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของลานมันทั้ง 24 ลานมัน จากมากไปหาน้อย เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรก พบว่า อันดับที่ 1 ลานมันสุกัสสรฯ ค่าน้ำหนัก 0.02519 อันดับที่ 2 ลานมันนินทองพุลผล ค่าน้ำหนัก 0.01887 อันดับที่ 3 ลานมันแสนเพชรโยธานัน ค่าน้ำหนัก 0.01539 อันดับที่ 4 ลานมันเสรีพิชผล ค่าน้ำหนัก 0.01489 และอันดับที่ 5 ลานมันพระคุณพ่อแม่ ค่าน้ำหนัก 0.01465 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลรวมและลำดับความสำคัญของลานมันปัจจัยด้านปริมาณ

ลำดับ	ชื่อลานมัน	ปริมาณรวม (กก.)	%	Eigen vector	ผลรวม
1	สุกัสสรฯ	4,375,080	11.19	0.225	0.02519
2	นินทองพุลผล	3,277,680	8.39	0.225	0.01887
3	แสนเพชร โยธานัน	2,673,110	6.84	0.225	0.01539
4	เสรีพิชผล	2,586,760	6.62	0.225	0.01489
5	พระคุณพ่อแม่	2,545,210	6.51	0.225	0.01465

4.3 ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านการส่งมอบ

ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบปัจจัยด้านการส่งมอบ สามารถวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของลานมันทั้ง 24 ลานมัน จากมากไปหาน้อย เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรก พบว่า อันดับที่ 1 ลานมันดวงดาว ค่าน้ำหนัก 0.00731 อันดับที่ 2 ลานมันเสรีพิชผล ค่าน้ำหนัก 0.00689 อันดับที่ 3 ลานมันพระคุณพ่อแม่ ค่าน้ำหนัก 0.00654 อันดับที่ 4 ลานมันสุกัสสรฯ ค่าน้ำหนัก 0.00635 และอันดับที่ 5 ลานมันนินทองพุลผล ค่าน้ำหนัก 0.00586 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลรวมและลำดับความสำคัญของลานมันปัจจัยด้านการส่งมอบ

ลำดับ	ชื่อลานมัน	ปริมาณการส่งมอบเฉลี่ย/ครั้ง (กก.)	%	Eigen vector	ผลรวม
1	ดวงดาว	49,934	7.24	0.101	0.00731
2	เสรีพิชผล	47,032	6.82	0.101	0.00689
3	พระคุณพ่อแม่	44,653	6.48	0.101	0.00654
4	สุกัสสรฯ	43,318	6.28	0.101	0.00635
5	นินทองพุลผล	39,972	5.80	0.101	0.00586

4.4 ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยทั้ง 3 ด้าน

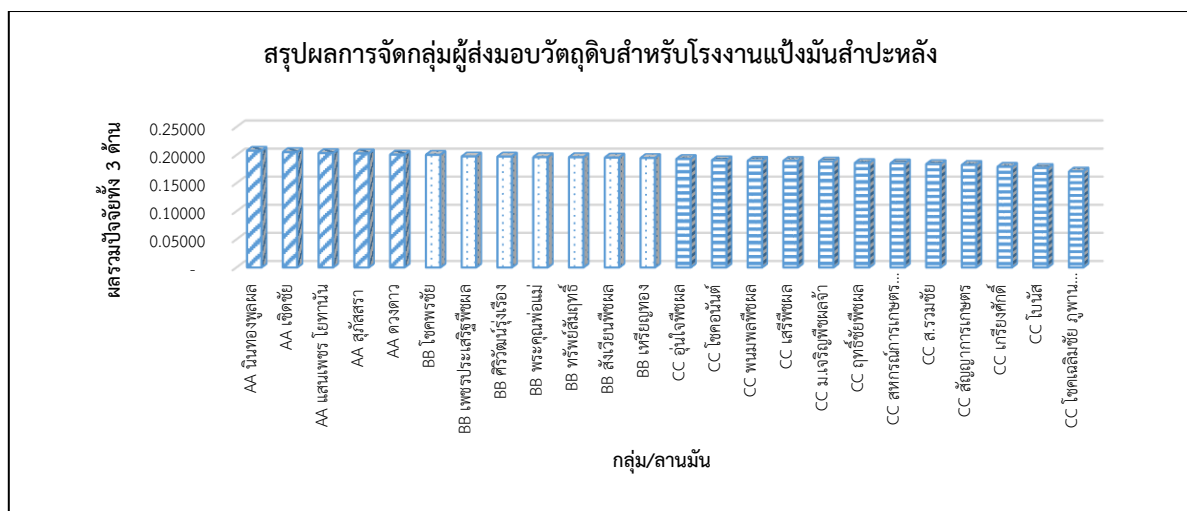
ผลการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพ ด้านปริมาณและด้านการส่งมอบ สามารถวิเคราะห์ค่าน้ำหนักรวมและจัดลำดับความสำคัญของลานมันทั้ง 24 ลานมัน จากมากไปหาน้อย เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรก พบว่า อันดับที่ 1 คือ ลานมันนินทองพุลผล ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.20779 อันดับที่ 2 คือ ลานมันเชิดชัย ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.20536 อันดับที่ 3 คือ ลานมันแสนเพชร โยธานัน ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.20355 อันดับที่ 4 คือ ลานมันสุกัสสรฯ ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.20301 และอันดับที่ 5 คือ ลานมันดวงดาว ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.20093 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าน้ำหนักรวมและลำดับความสำคัญของลานมันแต่ละปัจจัย

ลำดับ	ชื่อลานมัน	คุณภาพ	ปริมาณ	การส่งมอบ	ค่าน้ำหนักรวม
1	นินทองพุลผล	0.18306	0.01887	0.00586	0.20779
2	เชิดชัย	0.19108	0.01051	0.00377	0.20536
3	แสนเพชร โยทานัน	0.18232	0.01539	0.00584	0.20355
4	สุรัสสรา	0.17147	0.02519	0.00635	0.20301
5	ดวงดาว	0.17982	0.01380	0.00731	0.20093

4.5 ผลการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

เมื่อทำการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ในปัจจัยทั้ง 3 ด้านแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม AA จำนวน 5 ลานมัน ผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม BB จำนวน 7 ลานมัน และผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม CC จำนวน 12 ลานมัน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การสรุปผลการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 6 แสดงผลการจัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบตามลำดับความสำคัญ เป็นกลุ่ม AA, BB และ CC โดยผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม AA เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากที่สุด ส่วน BB และ CC มีความสำคัญน้อยลงตามลำดับ เมื่อพิจารณาปัจจัยทั้ง 3 ด้านในภาพรวม ในการจำแนกผู้ส่งมอบวัตถุดิบเป็นกลุ่มนั้น จะทำให้ผู้บริหารหรือผู้ที่รับผิดชอบสามารถจัดลำดับความสำคัญผู้ส่งมอบวัตถุดิบได้ ซึ่งก็จะเป็นข้อมูลช่วยสำหรับการตัดสินใจให้กับทางโรงงาน ในการวิเคราะห์และคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ เพื่อการจัดซื้อในแต่ละกลุ่มตามลำดับ และรวมถึงการส่งเสริมและสนับสนุน เพื่อวางแผนบริหารจัดการผู้ส่งมอบวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

5. สรุปผลการวิจัย

ในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบสำหรับโรงงานแป้งมันสำปะหลังในกรณีศึกษา จากการนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ตามวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น สำหรับผลการศึกษาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยพบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพ คิดเป็น 0.674 ปัจจัยด้านปริมาณ คิดเป็น 0.225 และปัจจัยด้านการส่งมอบ คิดเป็น 0.101 ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์อัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูลแต่ละปัจจัย พบว่า มีความสมเหตุสมผลเป็นที่ยอมรับได้

สำหรับการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในปัจจัยด้านคุณภาพ สามารถวิเคราะห์ค่าน้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของลานมันทั้ง 24 ลานมัน จากมากไปหาน้อย พบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพ อันดับที่ 1 คือ ลานมันเช็ดชัย ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.19108 ปัจจัยด้านปริมาณ อันดับที่ 1 คือ ลานมันสุกัสสรฯ ค่าน้ำหนัก 0.02519 ปัจจัยด้านการส่งมอบ อันดับที่ 1 คือ ลานมันดวงดาว ค่าน้ำหนัก 0.00731 และเมื่อพิจารณาปัจจัยทั้ง 3 ด้านในภาพรวม อันดับที่ 1 คือ ลานมันนันทองพูลผล ค่าน้ำหนัก คิดเป็น 0.20779 และนอกจากนี้ ทางผู้วิจัยยังได้จัดกลุ่มผู้ส่งมอบวัตถุดิบ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม AA จำนวน 5 ลานมัน ผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม BB จำนวน 7 ลานมัน และผู้ส่งมอบวัตถุดิบกลุ่ม CC จำนวน 12 ลานมัน เพื่อเป็นข้อมูลให้กับทางโรงงาน สำหรับการวิเคราะห์และคัดเลือกผู้ส่งมอบวัตถุดิบ เพื่อการจัดซื้อในแต่ละกลุ่มตามลำดับ และรวมถึงการส่งเสริมและสนับสนุน เพื่อวางแผนการจัดการผู้ส่งมอบวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การกำหนดปัจจัยและการกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยในการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบ ควรมีบุคคลภายนอกร่วมด้วย เช่น ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโรงงาน ผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภาครัฐหรือภาคเอกชน เป็นต้น

6.2 ทางโรงงานควรมีการพิจารณากำหนดนโยบาย เพื่อส่งเสริมและสนับสนุน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ส่งมอบวัตถุดิบ มีการส่งมอบที่เพิ่มขึ้น ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการวัตถุดิบของทางโรงงาน

6.3 การวิจัยในครั้งนี้เป็นการประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบของโรงงานเฉพาะกลุ่มลานมัน ซึ่งทางโรงงานสามารถประยุกต์ใช้หลักการนี้เพื่อประเมินผู้ส่งมอบวัตถุดิบในกลุ่มเกษตรกรได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bank of Ayudhya Public Company Limited, “Industrial Business Trends tapioca, Business customers,” [Online]. Available: <https://www.krungsri.com>. [Accessed: December 30, 2021].
- [2] Ministry of Industry, “Improving Production Efficiency and Energy Utilization for Tapioca Industry,” [Online]. Available: <https://tapiocathai.org>. [Accessed: November 25, 2021].
- [3] N. Koohathongsumrit, “Selecting the best logistics provider by the Fuzzy analytic hierarchy process: A case study of rubber products manufacturing,” *RMUTSB Academic Journal*, vol.6, no.2, pp. 182-193, 2020.
- [4] S. Niemsakul and J. Niemsakul, “Supplier evaluation and selection by analytical hierarchy process (AHP): A case study of metal production company,” *Sripatum Chonburi Academic Journal*, vol.15, no.3, pp. 104-113, 2021.
- [5] S. Khunlan, “Application of the AHP Method of Prosthetics and Orthotics Components Manufacturer Selection: A Case Study of Prosthetics and Orthotics Company,” *Journal of Interdisciplinary Research*, vol.8,no.2, pp. 476-484, 2021.
- [6] K. Thammasaeng and S. Pathumnakul, “Raw Material Supplier Selection in Starch Industry using Application of AHP FSM and SAW,” *KKU Research Journal*, vol.22, no.3, pp.87-96, July-September 2020.
- [7] Zhang. H, “Selecting Hardware Parts Supplier using Analytic Hierarchy Process (AHP): A Case Study of a Pulp Making Company in Chonburi Province Thailand,” independent research (M.B.A.) Graduate School Bangkok University, Bangkok, 2021.

- [8] J. Intakarn, “Analytical Hierarchy Process (AHP) in the Suppliers Evaluation and Selection: A Case Study of Thai Dessert Community Enterprise Nakhon Nayok,” *Phranakhon Rajabhat Research Journal*, vol.16, no.2, pp. 120-129, 2021.
- [9] K. Sripathomswat, “Development of Strategic Supplier Evaluation: A Case Study of Wood Suppliers in Furniture Industry,” *Ladkrabang Engineering Journal*, vol.39, no.2, pp. 27-43, 2022.

การประยุกต์ใช้ GIS Analysis และ VRP วิเคราะห์ตรวจสอบข้อมูลเส้นทาง
การขนส่งห่วงโซ่ความเย็น สำหรับส่งมอบวัคซีนไปยังโรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุขใน
สังกัดกรุงเทพมหานคร

IMPROVEMENT OF COLD CHAIN MANAGEMENT FOR VACCINES USING VRP AND
GIS TO HOSPITALS AND PUBLIC HEALTH SERVICE CENTERS UNDER
THE BANGKOK METROPOLITAN ADMINISTRATION

ณัฐวุฒิ พุ่มพฤกษ์¹, ปิยธิดา ศรีพงษ์สุทธิ² และ พรพิทักษ์ พันธุ์หล้า³
Nattawut Pumpugsri¹, Piyathida Sripongsut² and Pornpitak Panlar³

บริษัท ดี.ที.ซี. เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด (มหาชน)¹, คณะพยาบาลศาสตร์และการุณย์ มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช²,
กองควบคุมโรคและภัยสุขภาพในภาวะฉุกเฉิน กรมควบคุมโรค³
D.T.C. Enterprise Public Company Limited¹, Faculty of Nursing Kuakarun Navamindradhiraj University²,
Division of Disease Control and Health Hazards in Emergencies, Department of Disease Control³
Corresponding author email: nattawut_p@dtc.co.th¹

Received: October 31, 2023
Revised: December 4, 2023
Accepted: December 6, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาการขนส่งห่วงโซ่ความเย็นของวัคซีนเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรมด้านการขนส่ง เพื่อควบคุมอุณหภูมิและจัดส่งในระยะเวลาที่สั้น โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีต่างๆ ในการวิจัย เช่นการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ Geographic Information System Analysis (GIS Analysis) และ Vehicle routing problem (VRP) โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อหาวิธีการเชิงพื้นที่ และเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัคซีนเพื่อลดระยะทางและเวลาในการจัดส่ง โดยจุดประสงค์หลักคือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการวัคซีนและการขนส่ง รวมถึงรักษาคุณภาพของวัคซีนในระหว่างการขนส่ง Cold chain management กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ตำแหน่งโรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุข ในสังกัดกรุงเทพมหานครจำนวน 76 จุดผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์พื้นที่และการใช้ Vehicle routing problem สามารถช่วยให้สามารถสรุปแนะแนวทาง และตำแหน่งที่เหมาะสมในการตั้งศูนย์กระจายวัคซีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่จะทำให้การบริหารจัดการวัคซีนและการขนส่ง เป็นไปอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การวิเคราะห์พื้นที่ช่วยในการระบุตำแหน่งที่สอดคล้องกับความต้องการ ในการกระจายวัคซีน และ Vehicle routing problem ช่วยในการคำนวณเส้นทางที่ทำให้การขนส่งลดเวลาและระยะทาง ในการขนส่ง ผลการวิจัยช่วยสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการการขนส่งห่วงโซ่ความเย็น ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิของการเก็บ รักษาวัคซีนได้ตลอดระยะทางในการขนส่งไปยังจุดส่งมอบแต่ละพิภ

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์, ปัญหาการวางแผนเส้นทางของยานพาหนะ, การจัดการห่วงโซ่ความเย็น

Abstract

The main objective of this research is to enhance the cold chain logistics for vaccine transportation to maintain product quality. This is achieved through the utilization of digital technology and transportation innovation to control temperature and ensure timely delivery. Various research tools and technologies are employed, such as Geographic Information System (GIS) Analysis and the Vehicle Routing Problem (VRP). The study involves analyzing and examining data to determine the most suitable spatial and transportation routes for vaccines, reducing both distance and delivery time. The primary aim is to improve the efficiency of vaccine management and transportation while preserving the quality of vaccines during the cold chain management process. The study focused on 76 locations, including hospitals and public health service centers in Bangkok. The research findings indicate that spatial analysis and the use of the Vehicle Routing Problem can efficiently identify suitable distribution centers and optimal routes, ultimately leading to more systematic and efficient vaccine management and transportation. Spatial analysis helps pinpoint locations that align with vaccine distribution needs, while the Vehicle Routing Problem calculates routes that reduce delivery time and distance.

Keywords: GIS Analysis, VRP, Cold chain management

บทนำ

ปัจจุบันในโลกของเรามีการระบาดของโรคติดเชื้อใหม่ที่มีรุนแรงมากขึ้น [1] สาเหตุมาจากปัจจัยหลายด้าน ทั้งจากปัจจัยธรรมชาติและปัจจัยที่เป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ ในสถานการณ์ปัจจุบันการควบคุมอุณหภูมิและการขนส่งวัคซีนเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาคุณภาพและประสิทธิภาพของวัคซีน ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น และ ประสบปัญหาสภาพแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร ที่เป็นปัจจัยสำคัญของการขนส่งทำให้วัคซีนที่เป็นชีววัตถุมีความบอบช้ำต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และ วัคซีนทุกชนิดจะสูญเสียคุณภาพเมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสม [2] การเก็บรักษาวัคซีนในเงื่อนไขที่เหมาะสมเรียกว่า "สายโซ่เย็น" เป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพของวัคซีนตลอดจากการผลิตจนถึงการจัดส่ง องค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อรักษาประสิทธิภาพและคุณภาพของวัคซีนโดยใช้สายโซ่เย็นที่รักษาอุณหภูมิในช่วง $+2^{\circ}\text{C}$ ถึง $+8^{\circ}\text{C}$ [3] เมื่อขนส่งวัคซีนไปเพื่อให้บริการวัคซีนบรรจุอยู่ถูกต้องต้องการจัดการสายโซ่เย็นของวัคซีนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ โดยเฉพาะในกระบวนการขนส่ง การวิจัยในท่อนี้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาและเสริมระบบสายโซ่เย็นสำหรับการขนส่งวัคซีนเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เราพบว่านวัตกรรมดิจิทัลและนวัตกรรมในการขนส่งสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิและให้การส่งมอบทันเวลา การใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีการวิจัยต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) [4] และการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (VRP) [5] มีบทบาทสำคัญในงานนี้

การวิจัยนี้เน้นการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลเพื่อหาเส้นทางขนส่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัคซีน โดยลดระยะทางและเวลาในการส่งมอบ วัตถุประสงค์หลักคือการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการและขนส่งวัคซีนอย่างมีระบบ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่ที่ช่วยในการหาตำแหน่งที่ตรงกับความต้องการในการกระจายของวัคซีน และการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งคำนวณเส้นทางที่ลดระยะทางและเวลาในการส่งมอบ การวิจัยนี้หวังว่าจะเสริมสร้างประสิทธิภาพในการจัดการและขนส่งวัคซีนอย่างมีระบบเพื่อให้วัคซีนมาถึงสถานที่รักษาพยาบาลตอนเช้าเป็นประจำ โดยรักษาเงื่อนไขอุณหภูมิให้เหมาะสมในกระบวนการจัดการสายโซ่เย็น

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อศึกษาปัญหาในการจัดการสายโซ่เย็นสำหรับวัคซีน จากปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem, VRP) โดยมุ่งเน้นที่การหาเส้นทางที่ลดระยะทางและเวลาในการส่งมอบ
- 1.2 เพื่อศึกษาและทดลองใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะช่วยในการหาตำแหน่งที่ตรงกับความต้องการในการกระจายของวัคซีนและการวางแผนเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด
- 1.3 เพื่อศึกษาผลจากการศึกษาและข้อมูลที่ได้จากการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem, VRP) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาใช้ในการพัฒนาห่วงโซ่ความเย็นโดยเน้นที่การวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลเพื่อหาเส้นทางขนส่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัคซีน

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (GIS Analysis)

การวิเคราะห์ระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (GIS Analysis) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์และความสัมพันธ์ทางพื้นที่เพื่อนำความเข้าใจ, รูปแบบ, และข้อมูลที่มีค่าจากข้อมูลทางภูมิศาสตร์และภูมิศาสตร์ มันเป็นส่วนสำคัญของ GIS ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจับภาพ, เก็บรักษา, วิเคราะห์, และนำเสนอข้อมูลทางพื้นที่หรือทางภูมิศาสตร์ การวิเคราะห์ GIS สามารถใช้ในหลายสาขาและการประยุกต์งานต่าง ๆ เช่น การวางแผนเมือง, การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ, วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, สาธารณสุขสาธารณสุข,[6] และอื่น ๆ

2.2 การวิเคราะห์แผนที่ความร้อน (Hot Spot Analysis)

การวิเคราะห์แผนที่ความร้อน (Hot Spot Analysis) สามารถใช้ในการแสดงข้อมูลเกี่ยวกับสถานพยาบาลในกรุงเทพมหานครเพื่อหาพื้นที่ที่มีความชุกสูงหรือความชุกต่ำของสถานพยาบาลหรือข้อมูลทางสุขภาพที่เกี่ยวข้อง เราสามารถใช้ Geographic Information System (GIS) เพื่อทำ Hot Spot Analysis [7] โดยการนำเข้าข้อมูลของสถานพยาบาลและข้อมูลพื้นที่ในกรุงเทพมหานครเข้าสู่ระบบ GIS และใช้เครื่องมือและเทคนิคทางสถิติที่เหมาะสมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น เพื่อหาพื้นที่ที่มีความชุกสูงหรือความชุกต่ำ ขึ้นอยู่กับประเภทข้อมูลที่คุณกำลังวิเคราะห์ การทำ Hot Spot Analysis จะช่วยให้คุณพบพื้นที่ที่มีการคลัสเตอร์ (cluster) ของสถานพยาบาล เป็นพื้นที่ที่มีความชุกสูงหรือความชุกต่ำโดยเปรียบเทียบกับพื้นที่รอบ ๆ นั้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถช่วยให้บริเวณรักษาและการบริหารจัดการสุขภาพในกรุงเทพมหานครมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยในการตัดสินใจในการแจ้งเตือนหรือเข้าช่วยเหลือในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงขึ้น การวิเคราะห์แผนที่ความร้อน Getis-Ord G_i^* แสดงรูปแบบคลัสเตอร์ แบ่งพื้นที่ของเหตุการณ์แสดงการแจกแจงแบบกลุ่มแยกของในรูปแบบของแผนที่ความร้อน [8] The formula for the Getis-Ord, G_i^* statistic is

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{i,j}(d)x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}, \quad (1)$$

$$w_{i,j}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } d_{i,j} < d \text{ for all } i, j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

2.3 ปัญหาการวางแผนเส้นทางของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem)

การขนส่งวัคซีนเป็นงานที่มีความสำคัญและต้องการการวางแผนที่รอบคอบเพื่อให้วัคซีนถึงมือผู้รับในสภาพที่ดีและทันเวลา ปัญหาการวางแผนเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem, VRP) [9] ในบริบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับยานพาหนะที่ใช้ในการจัดส่งวัคซีนจากจุดกระจายสินค้าไปยังหลายๆ จุดปลายทาง โดยต้องคำนึงถึง

ปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิที่จำเป็นสำหรับการเก็บรักษาวัคซีน, ระยะเวลาในการจัดส่ง, และความสามารถในการบรรจุของยานพาหนะVRP เป็นปัญหาที่ซับซ้อนและมักจะต้องใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประจักษ์ (Heuristic) หรือเชิงเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เพื่อหาวิธีการจัดส่งที่ดีที่สุด [10] รวมถึงการค้นหาแบบจำลอง (Simulated Annealing), อัลกอริทึมพันธุกรรม (Genetic Algorithms), และการค้นหาแบบประชากร (Population-based search) เป็นต้น

2.4 การจัดการห่วงโซ่ความเย็น (Cold chain management)

การจัดการห่วงโซ่ความเย็น (Cold Chain Management) คือ กระบวนการในการจัดการและควบคุมอุณหภูมิของสินค้าตลอดทั้งห่วงโซ่การจัดจำหน่าย ตั้งแต่การผลิต, การเก็บรักษา, การขนส่ง, และจนถึงการจัดจำหน่ายแก่ผู้บริโภค [11] โดยมีเป้าหมายเพื่อรักษาคุณภาพของสินค้า และป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการที่สินค้าได้รับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม สินค้าที่ต้องการห่วงโซ่ความเย็นมักจะเป็นสินค้าที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น หรือสินค้าที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิอย่างเข้มงวด เช่น วัคซีน[12], ยา, อาหารสด, และสินค้าเกษตรอื่น ๆ การจัดการห่วงโซ่ความเย็นมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากถ้าสินค้าเหล่านี้ได้รับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้สินค้าเสียหาย, สูญเสียคุณภาพ, หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้น, การจัดการห่วงโซ่ความเย็นจึงต้องคำนึงถึงการรักษาอุณหภูมิในระดับที่เหมาะสม การตรวจสอบและติดตามอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ และมีการระบบการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ไม่ปกติ

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kadir Diler Alemdar, Ömer Kaya, Muhammed Yasin Çodur, Tiziana Campisi, and Giovanni Tesoriere ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง [13] Accessibility of vaccination centers in COVID-19 outbreak control: A gis-based multi-criteria decision making approach ในปี 2021 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การขนส่งและการบริหารจัดการวัคซีนเป็นเรื่องที่สำคัญเท่ากับการผลิต การเพิ่มขึ้นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีข้อมูลทางภูมิศาสตร์ทำให้เกิดการผลิตข้อมูลเชิงพื้นที่ในปริมาณมากที่จำเป็นสำหรับการจัดการความเสี่ยงและการบรรเทาผลกระทบ โดยเฉพาะในกรณีของภัยพิบัติและการระบาดของโรค ด้วยการที่วัคซีนจะถูกให้กับส่วนใหญ่ของประชากร จึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องจัดตั้งศูนย์ฉีดวัคซีนนอกโรงพยาบาล การเลือกสถานที่สำหรับศูนย์ฉีดวัคซีนเป็นความท้าทายใหญ่สำหรับภาคสุขภาพในเมืองใหญ่เนื่องจากประชากรที่หนาแน่นและจำนวนผู้ป่วยในแต่ละวันที่มาก กระบวนการเลือกสถานที่ที่ไม่ดีสามารถทำให้เกิดปัญหามากมายสำหรับภาคสุขภาพ, แรงงาน, บุคลากรทางการแพทย์, และผู้ป่วย เพื่อเอาชนะสิ่งนี้ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาที่มีสามขั้นตอน: (1) การกำหนดเกณฑ์แปดประการจากประสบการณ์ของคณะที่ปรึกษา, (2) การคำนวณน้ำหนักของเกณฑ์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ลำดับขั้น (AHP) และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของเกณฑ์โดยใช้ระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (GIS), (3) การกำหนดศูนย์ฉีดวัคซีนที่เป็นไปได้โดยการได้รับแผนที่ที่เหมาะสมและการกำหนดพื้นที่บริการ ศึกษากรณีได้รับการดำเนินการสำหรับแขวงบาคีลาร์, อิสตันบูล โดยใช้วิธีการที่เสนอ ผลการวิจัยแสดงว่าพื้นที่ที่เหมาะสมถูกจัดกลุ่มเป็นสามพื้นที่ที่แตกต่างกันของแขวงวิธีการที่เสนอให้โอกาสในการดำเนินการโปรแกรมการฉีดวัคซีนที่มีฐานทางวิทยาศาสตร์และยุทธศาสตร์ และสร้างแผนที่ของศูนย์ฉีดวัคซีนที่เหมาะสมสำหรับประเทศ

Kamil Faisal, Sultanah Alshammari, Reem Alotaibi, Areej Alhothali, Omaimah Bamasag, Nusaybah Alghanmi and Manal Bin Yamin ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง [14] Spatial Analysis of COVID-19 Vaccine Centers Distribution: A Case Study of the City of Jeddah, Saudi Arabia ในปี 2022 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนและสถานที่ของสถานที่เหล่านี้เป็นวัตถุประสงค์หลักสำหรับการตอบสนองต่อการระบาดของโรคเพื่อให้บริการวัคซีนและบริการสุขภาพอื่น ๆ แก่ประชากรทั้งหมด งานวิจัยนี้วิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของศูนย์ฉีดวัคซีน COVID-19 ในเจดดาห์, เมืองใหญ่ในประเทศซาอุดีอาระเบีย โดยใช้เครื่องมือและวิธีการ GIS เพื่อให้มุมมองเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการเลือกและการกระจายตัวของศูนย์ฉีดวัคซีน COVID-19 ในเรื่องของการเข้าถึงและความครอบคลุม ตามการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

ของการครอบคลุมของศูนย์ฉีดวัคซีนในปี 2020 และ 2021 ในเจตตาคือนำเสนอในงานวิจัยนี้ ความไม่เพียงพอในการครอบคลุมน่าจะได้รับการแก้ไขก่อนหาวิธีการวิเคราะห์ GIS ที่ใช้ได้นำมาใช้โดยหน่วยงานขณะเพิ่มจำนวนศูนย์ฉีดวัคซีนอย่างทีละขั้น งานวิจัยนี้แนะนำให้กระทรวงสาธารณสุขของประเทศซาอุดีอาระเบียประเมินศูนย์ฉีดวัคซีนที่ได้รับการกำหนดเพื่อรวมถึงพื้นที่ที่มีประชากรน้อย และเพื่อให้แน่ใจว่ามีความยุติธรรมและความยุติธรรมในการกระจายตัวของวัคซีน การเพิ่มศูนย์ฉีดวัคซีนเพิ่มเติมหรือการย้ายบางศูนย์ที่มีอยู่ในพื้นที่ที่หนาแน่นเพื่อเพิ่มการครอบคลุมในพื้นที่ที่ไม่มี การครอบคลุมในเจตตาคยังได้รับการแนะนำ วิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการบริหารจัดการวัคซีนเชิงยุทธศาสตร์สำหรับภาวะฉุกเฉินด้านสาธารณสุขในอนาคตและแคมเปญฉีดวัคซีนอื่น ๆ

Runfeng Yu, Lifan Yun, Chen Chen, Yuanjie Tang, Hongqiang Fan, and Yi Qin ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง [15] Vehicle Routing Optimization for Vaccine Distribution Considering Reducing Energy Consumption ในปี 2023 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การประหยัดพลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพเป็นเป้าหมายที่บริษัทโลจิสติกส์ด้านยา ในการวิจัยนี้, เราสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะพร้อมช่วงเวลา (VRPTW) สำหรับการจัดจำหน่ายวัคซีนด้วยเป้าหมายในการลดต้นทุนทั้งหมด รวมถึงต้นทุนเชื้อเพลิงฟอสซิลและต้นทุนปรับ ด้วยความยาก และความไม่เป็นเส้นตรงของโมเดล อัลกอริทึมพันธุกรรมพร้อมตัวดำเนินการค้นหาในพื้นที่ใหญ่ (GA-LNS) และวิธีการเข้ารหัส TSP-split ได้รับการปรับแต่งเพื่อแก้ปัญหาขนาดใหญ่ การทดลองเชิงตัวเลขแสดงว่าอัลกอริทึมสามารถได้รับคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมในเวลาการคำนวณที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการใช้อัลกอริทึมที่เสนอเพื่อประเมินกรณีการจัดจำหน่ายวัคซีนใน จีน และยังนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิตามฤดูกาล, ความเร็วของยานพาหนะ, ชั่วโมงการทำงานของคนขับ, และประสิทธิภาพการทำความเย็น

Kenza Izikki1, Jamila El Alami and Mustapha Hlyal ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง [16] The Use of the Internet of Things in the Cold Chain Logistics for a Better Vaccine Transportation: A State of the Art ในปี 2021 วัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การจัดการโซ่อุปทานพยายามคิดค้นวิธีการและวิธีการใหม่เพื่อบรรเทาความท้าทายเหล่านี้และปรับปรุงประสิทธิภาพของโซ่อุปทาน ในการแสวงหาประสิทธิภาพและความแข็งแกร่งทางการแข่งขัน, อุตสาหกรรม 4.0 ได้แสดงผลกระทบกับการพัฒนาในระดับโลกอย่างมีนัยสำคัญ เทคโนโลยีที่ทำให้สามารถทำงานได้ในอุตสาหกรรม 4.0 ประกอบด้วยระบบ Cyber Physical (CPS), Internet of Things (IoT), การคำนวณบนคลาวด์, บล็อกเชน ฯลฯ ด้วยความสามารถในการรับรู้และสร้างข้อมูลที่มีคุณค่าในทั้งโซ่คุณค่า, IoT ได้รับความสนใจจากนักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานที่เพิ่มขึ้น การขนส่ง "cold chain" เป็นหมวดหมู่เฉพาะของระบบโซ่อุปทาน มันเด่นชัดจากระบบโซ่อุปทานประเภทอื่นๆ ด้วยความต้องการและข้อบังคับที่เข้มงวดซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพได้ง่ายและต้องการอุณหภูมิ ในขณะที่การก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้ช่วยในการปรับปรุง cold chain, การดำเนินการด้านโลจิสติกส์และการขนส่งยังคงเป็นปัญหาหลัก ในมุมมองนี้, บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบสถานะปัจจุบันของการใช้ IoT ในการขนส่ง cold chain และเฉพาะในโซ่อุปทานด้านการแพทย์และวัคซีน มันสนทนากับความท้าทายที่ cold chain ด้านการแพทย์และวัคซีนเผชิญหน้าและชี้แจงประโยชน์หลักของเทคโนโลยี IoT

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 เครื่องมือการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เครื่องมือดิจิทัลและเทคโนโลยีในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาเส้นทางขนส่งวัคซีนที่เหมาะสม

4.1.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

- 1) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่สถานพยาบาล เพื่อหาดำแหน่งที่ตรงกับความต้องการในการกระจายของวัคซีน

4.1.2 การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (VRP)

- 1) ใช้คำนวณเส้นทางที่ลดระยะทางและเวลาในการส่งมอบ
- 2) การประเมินคุณภาพ: ทดสอบการทำงานของโปรแกรม และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับเส้นทางจริง

4.2 กลุ่มเป้าหมาย

4.2.1 โรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุข ในสังกัดกรุงเทพมหานครจำนวน 76 จุดจากการสำรวจโดยบริษัท ไทย ดิจิทัล แมพ จำกัด

4.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

4.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูลในการวิจัย

1) สำรวจและรวบรวมข้อมูลพื้นที่จากระบบ GIS จากการสำรวจโดยบริษัท ไทย ดิจิทัล แมพ จำกัด ที่ทำการสำรวจสถานพยาบาลทั่วประเทศ ในปี 2023 และ กำหนดกลุ่มเป้าหมายเป็นโรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุข ในสังกัดกรุงเทพมหานคร

2) สำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการและขนส่งวัคซีน

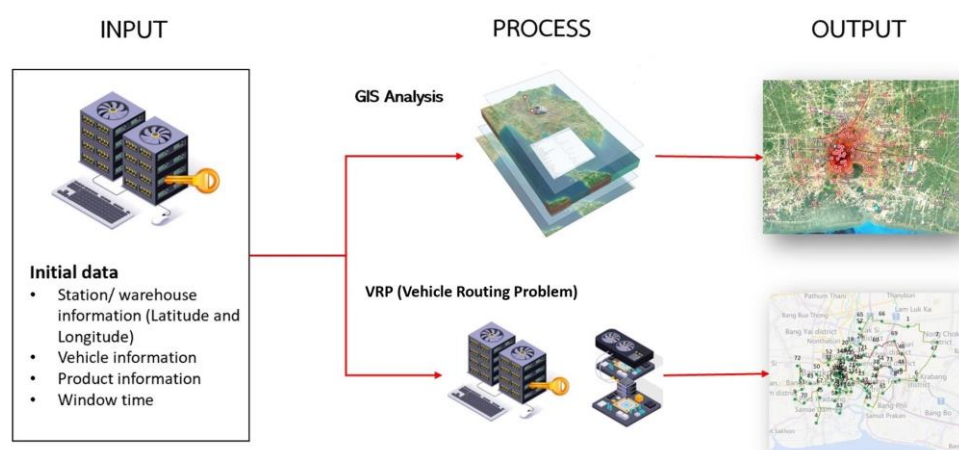
4.3.2 ขั้นตอนการวิจัย

- 1) ระบุปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 2) รวบรวมข้อมูลพื้นที่และข้อมูลการขนส่งวัคซีน
- 3) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบ GIS และ VRP
- 4) นำเสนอผลลัพธ์และข้อเสนอแนะ

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการปรับปรุงการจัดการห่วงโซ่ความเย็นในการขนส่งวัคซีนโดยใช้ VRP และ GIS Analysis

การวิเคราะห์ด้วยระบบ GIS และ Hot Spot Analysis ได้เปิดเผยการกระจายตัวของสถานพยาบาลในกรุงเทพมหานคร โดยบริเวณที่มีสีแดงบนแผนที่ความร้อนแสดงถึงบริเวณที่มีสถานพยาบาลหนาแน่น ส่วนระบบ VRP ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดส่งวัคซีน ลดเวลาและระยะทางของการขนส่งแสดงดังรูปที่ 1

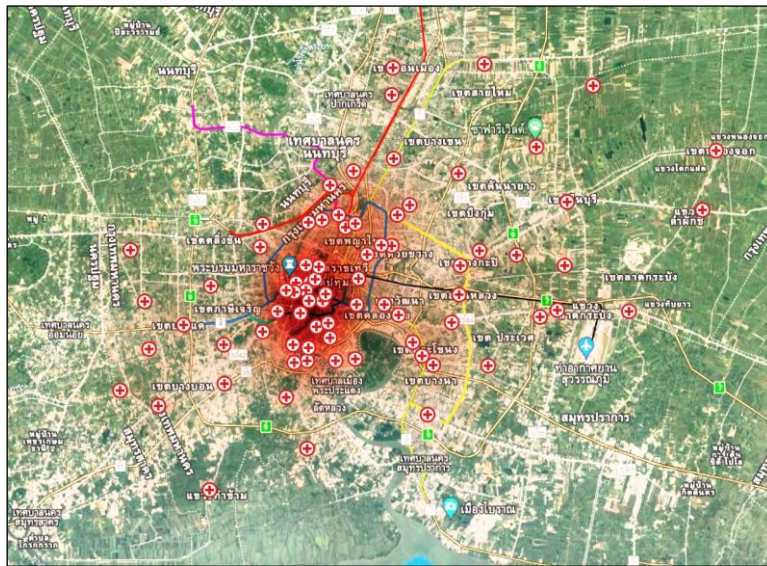


รูปที่ 1 ระบบการขนส่งวัคซีนโดยใช้ VRP และ GIS Analysis

ระบบนี้ช่วยให้สามารถวิเคราะห์และวางแผนการกระจายวัคซีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล GIS และ VRP ในการระบุจุดที่มีความต้องการสูงจากปริมาณสถานพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานคร และการวางแผนเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดส่ง เพื่อลดเวลาและระยะทางในการขนส่ง

5.2 ผลการทดลองใช้ระบบ GIS Analysis และ Hot Spot Analysis

แสดงการกระจายตัวของสถานพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 76 จุด ด้วยการแสดงแผนที่ความร้อน (Heat map) ซึ่งจุดที่มีสีแดงแสดงถึงบริเวณที่มีสถานพยาบาลหนาแน่น ตามที่คุณกล่าวมา จะเห็นว่าสถานพยาบาลหนาแน่นในเขตตัวเมืองชั้นในและกระจายตัวตามเขตตัวเมืองชั้นนอก แผนที่เหล่านี้มีประโยชน์ในการวางแผนและจัดการบริการสุขภาพในกรุงเทพมหานคร ซึ่งช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับการกระจายตัวของสถานพยาบาลและการให้บริการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในพื้นที่ต่างๆ แสดงผลในรูปที่ 2

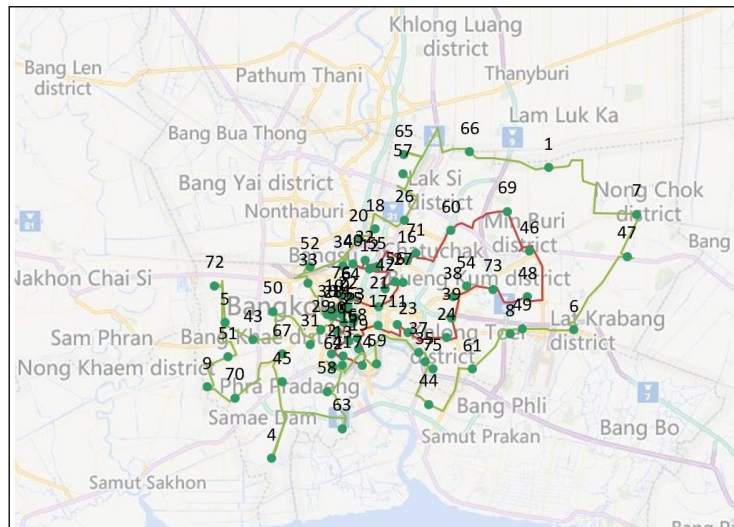


รูปที่ 2 การวิเคราะห์แผนที่ความร้อนสถานพยาบาลสังกัดกรุงเทพมหานครจำนวน 76 จุด

จากรูปที่ 2 แสดงแผนที่ความร้อน (heat map) ที่แสดงการกระจายตัวของสถานพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานคร จากภาพนี้เห็นได้ชัดว่ามีการจัดแสดงจุดที่มีสถานพยาบาลหนาแน่นถึง 76 จุด โดยบริเวณที่มีสีแดงบ่งบอกถึงพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสถานพยาบาลมากที่สุด ซึ่งมักจะอยู่ในเขตตัวเมืองชั้นใน ทั้งนี้แผนที่ยังแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของสถานพยาบาลที่เลือนลางออกไปตามเขตตัวเมืองชั้นนอกด้วย จากข้อมูลที่ภาพแสดง สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนและจัดการบริการสุขภาพในกรุงเทพมหานครได้ ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องเข้าใจถึงรูปแบบการกระจายตัวของสถานพยาบาลและการให้บริการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนการจัดสรรทรัพยากร การตั้งตำแหน่งสถานพยาบาลใหม่ หรือการปรับปรุงการเข้าถึงบริการสำหรับประชาชน

5.3 ผลการทดลองใช้ระบบ VRP (Vehicle Routing Problem)

Vehicle Routing Problem (VRP) เป็นปัญหาการหาเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการขนส่งด้วยรถยนต์, ข้อมูลบนแผนที่แสดงถึงเส้นทางขนส่งการขนส่งวัคซีนสังกัดกรุงเทพมหานครจำนวน 76 จุดที่ใช้รถในการขนส่งสองคันรถทำการขนส่งไปยังที่ต่างๆ จากแผนที่, สามารถเห็นได้ว่ามีจุดจัดส่งกระจายตัวอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เราสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ว่า ควรจัดสรรรถคันแรกให้ครอบคลุมพื้นที่บนส่วนฝั่งตะวันออกของแผนที่ ซึ่งรวมถึงเขต เขตลาดกระบัง, เขตมีนบุรี และส่วนในเขต เขตบางกะปิ, ฯลฯ รถคันที่สองสามารถครอบคลุมพื้นที่ฝั่งตะวันตกและใต้ของแผนที่ ซึ่งรวมถึงเขต เขตบางบอน, พระประแดง, ฯลฯ แสดงผลในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งวัคซีนขึ้นสังกัดกรุงเทพมหานครจำนวน 76 จุด

การใช้การวิเคราะห์ Vehicle Routing Problem (VRP) ช่วยให้สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรเส้นทางขนส่งวัคซีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดรถขนส่งให้ครอบคลุมจุดที่มีความต้องการสูง และตรงตามความต้องการของพื้นที่ต่างๆ ทั้งในเขตเมืองหลักและปริมณฑล ซึ่งจะช่วยลดเวลาและระยะทางในการขนส่ง และเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงวัคซีนให้กับประชาชนในพื้นที่เหล่านั้นได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

Vehicle: V1 (T1)							
Stop count	Location Name	Distance comparison			Driving time comparison		
		Distance travelled VRP	Distance travelled	%Eff	Driving time VRP	Driving time	%Eff
0	โรงพยาบาลกลาง	0	0	0%	0:00	0:00	0%
1	ศูนย์บริการสาธารณสุข 20	0.77	2.3	-67%	0:04	0:08	-50%
2	ศูนย์บริการสาธารณสุข 5	3.51	7.1	-51%	0:12	0:22	-45%
3	ศูนย์บริการสาธารณสุข 23	4.99	8.5	-41%	0:18	0:27	-33%
4	ศูนย์บริการสาธารณสุข 14	8.35	14.2	-41%	0:28	0:38	-26%
5	โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์	11.54	17.1	-33%	0:37	0:45	-18%
6	ศูนย์บริการสาธารณสุข 12	14.5	19.6	-26%	0:46	0:52	-12%
7	ศูนย์บริการสาธารณสุข 7	18.26	23.1	-21%	0:56	0:59	-5%
8	ศูนย์บริการสาธารณสุข 18	21.17	27.7	-24%	1:03	1:09	-9%
9	ศูนย์บริการสาธารณสุข 63	23.54	29.8	-21%	1:11	1:15	-5%
10	ศูนย์บริการสาธารณสุข 16	28.3	35	-19%	1:26	1:33	-8%
11	ศูนย์บริการสาธารณสุข 10	33.66	40.6	-17%	1:40	2:01	-17%
12	ศูนย์บริการสาธารณสุข 21	36.57	42.5	-14%	1:48	2:07	-15%
13	ศูนย์บริการสาธารณสุข 22	42.75	48.4	-12%	2:01	2:21	-14%
14	ศูนย์บริการสาธารณสุข 37	47.28	55.4	-15%	2:09	2:33	-16%
15	ศูนย์บริการสาธารณสุข 35	52.95	61.1	-13%	2:19	2:43	-15%
16	ศูนย์บริการสาธารณสุข 50	59.03	67.9	-13%	2:30	2:56	-15%

Vehicle: V1 (T1)							
Stop count	Location Name	Distance comparison			Driving time comparison		
		Distance travelled VRP	Distance travelled	%Eff	Driving time VRP	Driving time	%Eff
17	ศูนย์บริการสาธารณสุข 68	64.34	73.3	-12%	2:41	3:06	-13%
18	ศูนย์บริการสาธารณสุข 45	71.19	84.3	-16%	2:51	3:20	-15%
19	ศูนย์บริการสาธารณสุข 43	81.18	103	-21%	3:05	3:40	-16%
20	ศูนย์บริการสาธารณสุข 64	91.79	120	-24%	3:21	4:09	-19%
21	ศูนย์บริการสาธารณสุข 56	100.96	134.1	-25%	3:35	4:35	-22%
22	ศูนย์บริการสาธารณสุข 66	109.66	145.1	-24%	3:54	4:53	-20%
23	ศูนย์บริการสาธารณสุข 15	111.99	147	-24%	4:04	4:58	-18%
24	ศูนย์บริการสาธารณสุข 3	120.73	160.9	-25%	4:23	5:23	-19%
25	ศูนย์บริการสาธารณสุข 38	123.28	164.1	-25%	4:30	5:31	-18%
26	ศูนย์บริการสาธารณสุข 11	125.76	168.1	-25%	4:38	5:42	-19%
27	ศูนย์บริการสาธารณสุข 51	127.59	169.9	-25%	4:44	5:48	-18%
28	ศูนย์บริการสาธารณสุข 4	133.2	177.5	-25%	4:56	5:59	-18%
29	ศูนย์บริการสาธารณสุข 52	135.43	179.8	-25%	5:03	6:05	-17%
30	ศูนย์บริการสาธารณสุข 25	136.6	181	-25%	5:08	6:09	-17%
31	ศูนย์บริการสาธารณสุข 2	142.37	186.7	-24%	5:24	6:45	-20%
32	ศูนย์บริการสาธารณสุข 6	146.66	195.6	-25%	5:36	7:00	-20%
33	ศูนย์บริการสาธารณสุข 9	149.36	197.9	-25%	5:43	7:11	-20%
34	ศูนย์บริการสาธารณสุข 1	152.16	200.9	-24%	5:52	7:20	-20%
35	โรงพยาบาลตากสิน	155.15	204.1	-24%	5:59	7:27	-20%
36	ศูนย์บริการสาธารณสุข 28	157.75	206.4	-24%	6:07	7:33	-19%
37	ศูนย์บริการสาธารณสุข 26	161.24	212.3	-24%	6:15	7:46	-20%
38	ศูนย์บริการสาธารณสุข 13	163.18	215.3	-24%	6:23	7:56	-20%
39	โรงพยาบาลกลาง	164.14	217.9	-25%	6:29	8:06	-20%

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง (ต่อ)

Vehicle: V2 (T2)							
Stop count	Location Name	Distance comparison			Driving time comparison		
		Distance travelled VRP	Distance travelled	%Eff	Driving time VRP	Driving time	%Eff
0	โรงพยาบาลกลาง	0	0	0%	0:00	0:00	0%
1	ศูนย์บริการสาธารณสุข 33	4.28	7.7	-44%	0:11	0:18	-39%
2	ศูนย์บริการสาธารณสุข 30	10.32	14.8	-30%	0:25	0:34	-26%
3	ศูนย์บริการสาธารณสุข 49	17.12	16.7	3%	0:39	0:39	0%
4	ศูนย์บริการสาธารณสุข 31	27.23	29.6	-8%	0:55	0:56	-2%
5	ศูนย์บริการสาธารณสุข 19	32.72	35	-7%	1:02	1:05	-5%

Vehicle: V2 (T2)							
Stop count	Location Name	Distance comparison			Driving time comparison		
		Distance travelled VRP	Distance travelled	%Eff	Driving time VRP	Driving time	%Eff
6	ศูนย์บริการสาธารณสุข 17	36.04	40.1	-10%	1:11	1:22	-13%
7	ศูนย์บริการสาธารณสุข 24	43.61	48	-9%	1:23	1:38	-15%
8	ศูนย์บริการสาธารณสุข 53	53.73	64.2	-16%	1:41	2:01	-17%
9	ศูนย์บริการสาธารณสุข 60	60.79	71.2	-15%	1:56	2:16	-15%
10	ศูนย์บริการสาธารณสุข 61	78.86	95.6	-18%	2:23	2:56	-19%
11	โรงพยาบาลคลองสามวา	92.66	111	-17%	2:43	3:20	-19%
12	โรงพยาบาลเวชการุณย์รัศมี	112.06	132.3	-15%	3:06	3:47	-18%
13	ศูนย์บริการสาธารณสุข 44	119.59	139.8	-14%	3:15	3:57	-18%
14	โรงพยาบาลลาดกระบัง	134.88	164.2	-18%	3:35	4:36	-22%
15	ศูนย์บริการสาธารณสุข 46	143.29	178.1	-20%	3:50	5:00	-23%
16	โรงพยาบาลสิรินธร	145.92	181.2	-19%	3:55	5:06	-23%
17	ศูนย์บริการสาธารณสุข 57	154.29	190.8	-19%	4:09	5:23	-23%
18	ศูนย์บริการสาธารณสุข 41	164.44	213	-23%	4:24	6:01	-27%
19	ศูนย์บริการสาธารณสุข 8	171.37	224.2	-24%	4:37	6:18	-27%
20	ศูนย์บริการสาธารณสุข 32	173.18	226.6	-24%	4:44	6:25	-26%
21	ศูนย์บริการสาธารณสุข 34	176.02	230.3	-24%	4:53	6:37	-26%
22	ศูนย์บริการสาธารณสุข 55	186.91	241.2	-23%	5:06	6:58	-27%
23	ศูนย์บริการสาธารณสุข 39	195.34	253.1	-23%	5:19	7:15	-27%
24	ศูนย์บริการสาธารณสุข 58	197.29	254.6	-23%	5:23	7:19	-26%
25	ศูนย์บริการสาธารณสุข 54	204.87	263	-22%	5:37	7:36	-26%
26	ศูนย์บริการสาธารณสุข 59	211.15	269.9	-22%	5:51	7:54	-26%
27	โรงพยาบาลผู้สูงอายุ บางขุนเทียน	228.14	292.3	-22%	6:18	8:25	-25%
28	ศูนย์บริการสาธารณสุข 42	240.38	307.6	-22%	6:34	8:56	-26%
29	ศูนย์บริการสาธารณสุข 62	246.09	314.4	-22%	6:48	9:13	-26%
30	ศูนย์บริการสาธารณสุข 65	257.67	326.1	-21%	7:04	9:41	-27%
31	โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์	263.04	333.3	-21%	7:14	9:57	-27%
32	ศูนย์บริการสาธารณสุข 48	271.24	342.4	-21%	7:28	10:16	-27%
33	ศูนย์บริการสาธารณสุข 67	283.85	359.3	-21%	7:48	10:54	-28%
34	โรงพยาบาลราชพิพัฒน์	291.9	368.7	-21%	8:03	11:11	-28%
35	ศูนย์บริการสาธารณสุข 40	298.21	374.9	-20%	8:13	11:27	-28%
36	ศูนย์บริการสาธารณสุข 47	304.95	389.7	-22%	8:25	11:47	-29%
37	ศูนย์บริการสาธารณสุข 29	313.11	395.1	-21%	8:41	11:57	-27%
38	ศูนย์บริการสาธารณสุข 27	315.98	398.7	-21%	8:49	12:11	-28%
39	โรงพยาบาลกลาง	321.06	405.3	-21%	8:59	12:36	-29%

จากตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า การทดลองใช้ระบบ VRP (Vehicle Routing Problem) ในการจัดส่งวัคซีนได้เปิดเผยความสามารถที่สูงของระบบนี้ในการประหยัดทั้งระยะทางและเวลาของการขนส่ง สำหรับรถคันที่ 1, ระบบ VRP ได้ช่วยลดระยะทางการขนส่งลงถึง 25% และลดเวลาขับขึ้นถึง 20% เมื่อเทียบกับการขนส่งแบบปกติ ในขณะที่รถคันที่ 2 ก็ได้ประสบความสำเร็จอย่างเดียวกัน โดยระบบ VRP ได้ช่วยลดระยะทางลง 21% และลดเวลาขับขึ้นถึง 29% เมื่อพิจารณาการจัดส่งวัคซีนทั้งหมดที่ 76 จุดด้วยรถ 2 คัน, ระบบ VRP ได้ช่วยลดระยะทางการขนส่งรวมลงถึง 22% และลดเวลาขับขึ้นรวมลง 25% เมื่อเทียบกับการขนส่งแบบปกติ ผลการทดลองนี้ยืนยันว่าการใช้ระบบ VRP สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดส่งวัคซีน ทำให้การขนส่งเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งสำคัญมากสำหรับการจัดส่งวัคซีนที่ต้องการความรวดเร็วและความน่าเชื่อถือ

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 ระบบการวิเคราะห์ด้วย GIS Analysis และ Hot Spot Analysis ในการศึกษาการกระจายตัวของสถานพยาบาล ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักส่วน คือ ฐานข้อมูลสถานพยาบาล ระบบ GIS Analysis และ การวิเคราะห์ Hot Spot ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีองค์ประกอบที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จึงส่งผลให้การวิเคราะห์แสดงถึงพื้นที่ที่มีสถานพยาบาลหนาแน่น สอดคล้องกับ ผู้วิจัย [17] ได้วิจัยเรื่องการกระจายตัวของสถานพยาบาล พบว่ามีสถานพยาบาลหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานคร และมีผลต่อการให้บริการสุขภาพในพื้นที่นั้น การวิเคราะห์ดังกล่าวยังช่วยให้สามารถจำแนกและประเมินผลกระทบของการกระจายตัวของสถานพยาบาลต่อการให้บริการสุขภาพ โดยเฉพาะในบริบทของการเข้าถึงบริการที่เป็นธรรมและการตอบสนองต่อความต้องการของประชาชน นอกจากนี้ยังช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรและการตั้งรับต่อเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น การระบาดของโรค หรือภาวะวิกฤตอื่น ๆ การวิเคราะห์นี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางแผนด้านสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและต้องการบริการสุขภาพอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว

6.2 ระบบ VRP (Vehicle Routing Problem) ในการจัดส่งวัคซีน ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก คือ ฐานข้อมูลจุดจัดส่งวัคซีนระบบการประมวลผลและตัดสินใจเส้นทางการขนส่งและระบบการแสดงผลเส้นทางการขนส่งความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของระบบโดยรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีองค์ประกอบที่สามารถประมวลผลเส้นทางการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้การขนส่งวัคซีนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ผู้วิจัย [15] ได้วิจัยเรื่องประสิทธิภาพของระบบ VRP พบว่ามีการประหยัดเวลาและระยะทางในการขนส่ง

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะงานวิจัยในถัดไป ควรทำการรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้การวิเคราะห์มีความหลากหลายและครอบคลุม ควรมีมิติข้อมูลที่มากกว่า ระยะทางและเวลา ได้แก่ ขนาดของสินค้าที่ขนส่ง ระดับความเย็นและการรักษาอุณหภูมิ สภาพแวดล้อม และเงื่อนไขอื่นๆ ที่นำมาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์

การใช้เครื่องมือหรือซอฟต์แวร์ที่เฉพาะเจาะจงเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางเฉพาะด้าน จะช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลได้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการทดสอบระบบอย่างละเอียดเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล ข้อเสนอแนะที่กล่าวมาข้างต้นสอดคล้องกับหลักการทางวิชาการที่ช่วยเพิ่มความถูกต้องและความครอบคลุมของการวิจัยข้อมูลอ้างอิงในงานวิจัยสามารถนำไปตัดสินใจหรือการสร้างนโยบายที่มีความเชื่อมั่นและมีมาตรฐานยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปควรรวมข้อมูลจากเขตพื้นที่อื่นๆ เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับเขตกรุงเทพมหานครควรสำรวจความต้องการและความคาดหวังของประชาชนในพื้นที่ เพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาระบบ

ให้เป็นไปตามความต้องการการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวิจัย เช่น การใช้ AI หรือ Machine Learning เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความแม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้สามารถชี้ให้เห็นการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบห่วงโซ่ความเย็นสำหรับสินค้าอื่นๆ ได้ เนื่องจากปัจจุบันอาจมีความต้องการในการขนส่งวัคซีนลดลง แต่งานนี้สามารถเป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้สินค้าอื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. J. Dominguez, N. Veronese, F. Guerrero-Romero, and M. Barbagallo, "Magnesium in infectious diseases in older people," *Nutrients*, vol. 13, no. 1, p. 180, 2021.
- [2] T. J. Michiels *et al.*, "Degradomics-based analysis of tetanus toxoids as a quality control assay," *Vaccines*, vol. 8, no. 4, p. 712, 2020.
- [3] U. Kartoglu and J. Milstien, "Tools and approaches to ensure quality of vaccines throughout the cold chain," *Expert review of vaccines*, vol. 13, no. 7, pp. 843-854, 2014.
- [4] R. Satria and M. Castro, "GIS tools for analyzing accidents and road design: a review," *Transportation research procedia*, vol. 18, pp. 242-247, 2016.
- [5] N. Shamsi Gamchi, S. A. Torabi, and F. Jolai, "A novel vehicle routing problem for vaccine distribution using SIR epidemic model," *Or Spectrum*, vol. 43, no. 1, pp. 155-188, 2021.
- [6] S. Krzysztofowicz and K. Osińska-Skotak, "The use of GIS technology to optimize COVID-19 vaccine distribution: a case study of the city of Warsaw, Poland," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 11, p. 5636, 2021.
- [7] A. L. Achu, C. D. Aju, V. Suresh, T. P. Manoharan, and R. Reghunath, "Spatio-Temporal Analysis of Road Accident Incidents and Delineation of Hotspots Using Geospatial Tools in Thrissur District, Kerala, India," *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, vol. 69, no. 4, pp. 255-265, 2019.
- [8] I. R. Cleasby, E. Owen, L. Wilson, E. D. Wakefield, P. O'Connell, and M. Bolton, "Identifying important at-sea areas for seabirds using species distribution models and hotspot mapping," *Biological Conservation*, vol. 241, p. 108375, 2020.
- [9] Y. Yang and J. Rajgopal, "Outreach strategies for vaccine distribution: a multi-period stochastic modeling approach," *Operations Research Forum*, vol. 2, no. 2, p. 24, 2021.
- [10] S. Sripada, A. Jain, P. Ramamoorthy, and V. Ramamohan, "A decision support framework for optimal vaccine distribution across a multi-tier cold chain network," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 182, p. 109397, 2023.
- [11] Z. Wen *et al.*, "Cold chain logistics management of medicine with an integrated multi-criteria decision-making method," *International journal of environmental research and public health*, vol. 16, no. 23, p. 4843, 2019.
- [12] B. Malmir and C. W. Zobel, "A Robust Optimization Approach to a Real Humanitarian Cold Supply Chain Planning on the COVID-19 crisis," [Online]. Available: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2208/2208.13256.pdf>. [Accessed: Feb. 27, 2022].

-
- [13] K. D. Alemdar, Ö. Kaya, M. Y. Çodur, T. Campisi, and G. Tesoriere, "Accessibility of vaccination centers in COVID-19 outbreak control: A gis-based multi-criteria decision making approach," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, no. 10, p. 708, 2021.
 - [14] K. Faisal *et al.*, "Spatial Analysis of COVID-19 Vaccine Centers Distribution: A Case Study of the City of Jeddah, Saudi Arabia," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 6, p. 3526, 2022.
 - [15] R. Yu, L. Yun, C. Chen, Y. Tang, H. Fan, and Y. Qin, "Vehicle Routing Optimization for Vaccine Distribution Considering Reducing Energy Consumption," *Sustainability*, vol. 15, no. 2, p. 1252, 2023.
 - [16] K. Izikki, J. El Alami, and M. Hlyal, "The use of the internet of things in the cold chain logistics for a better vaccine transportation: A state of the art," *the 4th International Conference on Innovative Research in Science Engineering and Technology, Milan, Italy*, pp. 7-9, 2021.
 - [17] K. S. Lee, "Disparity in the spatial distribution of clinics within a metropolitan city," *Geospatial Health*, vol. 7, no. 2, pp. 199-207, 2013.

QUANTUM TELEPORTATION DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT USING Q# LIBRARY AND C# CLIENT

Kayun Chantarasathaporn^{1*}, Choonhapong Thaiupathump²,
Nongnat Nopakun³, Yong Li⁴, Vasutan Tunbunheng⁵ and Luo Yong⁶

Department of Information Technology and Management

Faculty of Business Administration^{1,2,3}

International College^{4,5} Language Institute⁶

Kirk University, 10220, Bangkok, Thailand^{1,2,3,4,5}

Email: dr.kayun@gmail.com^{1*}, choonhapong@gmail.com², nongnat.nop@staff.kirk.ac.th³,
YL6787773688@yahoo.com⁴, cyber_dragonet@yahoo.com⁵, luo.yong@staff.kirk.ac.th⁶

Received: July 5, 2023
Revised: October 10, 2023
Accepted: October 24, 2023

Abstract

Quantum computing has been considered a new generation of computer. Its basic unit, the qubit, is different from that in a regular computer, which is referred to as a classical bit. While the classical bit's value can be either 0 or 1, a qubit can be both 0 and 1 at the same time. Quantum computing is not a general-purpose computer; it is appropriate for some specific solutions, especially complicated problems in many fields, such as biology, logistics, information security, etc. Two major principles that are essential for quantum computing study are entanglement and teleportation. The big obstacles faced by new researchers in quantum computing, for a long time, have been not understanding the related mathematics easily and not having a clear sample software development and deployment methodology that matches theorems explanations. This paper addresses these problems by explaining quantum teleportation in simplified mathematics, showing how to apply quantum logic gates in the solution, and creating a runnable quantum teleportation Q# software library, which is later called from a C# client program. Though the Q# sample code in this paper runs on a quantum simulator, it can be used in a real quantum computing system that is based on the same architecture, like Microsoft Azure Quantum, as well.

Keywords: Quantum, Teleportation, Entanglement, Simulator

1. Introduction

Quantum computing applies modern physics in both hardware and software architectures. In the past, most of the study cases were in theoretical research. After major world-class IT industry companies such as Microsoft, IBM, Google, and Amazon[1] joined the quantum computer world, the progression of both research and practical development has been accelerated. They have invested in both hardware and

software and shared the usage with the public at low or no cost. The platforms they provide are mostly based on cloud networks, which also connect to the real quantum computers in the backend. One of the vendors, Microsoft, also provides a quantum simulator that can run to prove quantum conceptual programs on regular personal computers.

Research in quantum computing is not just popular in the West; Eastern countries such as China, Japan, and India have also created many innovations[2]. In 2021, the University of Science and Technology of China (USTC) invented a light-based quantum computer that is much faster than using semiconductors[3].

One of the major differences between quantum computing and classical computing is the basic unit of processing[4]. Classical computers use bits, which are either 0 or 1, as their basic unit, while quantum computers use quantum bits or qubits, which can be 0, 1, or both 0 and 1 simultaneously. The state that can be both 0 and 1 simultaneously for a qubit is called superposition. With the capability of superposition, quantum computers can solve some very complicated tasks, which usually take much time for classical computers[5], in much shorter periods, such as encryption, optimization, logistic management, drug development, weather forecasting, etc.

Although there are many algorithms related to quantum computers, the fundamental concepts for this field are quantum entanglement and quantum teleportation. Both are related to mathematics. They can be explained in either complicated mathematics or simple matrices[6]. Basic mathematics and computer programming (in text and WebAPI platforms) related to quantum entanglement were mentioned in these articles[7][8]. This paper focuses on quantum teleportation, explaining it in plain mathematics and showing how to create a practical library for this concept that can be applied in several application platforms, including console, Windows, web applications, and WebAPI. Though there are many platforms and languages that can be used for developing applications[9][10], Q# and Microsoft quantum simulator are chosen since the solution can be created and run on regular personal computers, providing a good starting point for anyone..

The contents of this article are as follows: the difference between bits and qubits, basic quantum mathematics and logic gates, an overview of the quantum teleportation concept, the creation of a quantum teleportation library using the Q# language, a sample client program written in C# that works with the created library on the quantum simulator, and the results showing that the generated software solution can produce results as theorized. Although the solution provided in the current research runs on a quantum simulator, all codes can be migrated to run on a real quantum computer, in this case, Azure Quantum.

1.1 Fundamental of Quantum Computing

1.1.1 Classical Bit and Quantum Bit

Classical computers use bits, which are binary and can be either 0 or 1, as their basic unit. In contrast, quantum computers use quantum bits or qubits, which can represent both 0 and 1 simultaneously. For a single qubit, the state 0 is represented in Dirac notation as $|0\rangle$, while $|1\rangle$ denotes the state 1. When a qubit is in a state of both 0 and 1 simultaneously, it is referred to as superposition. The Dirac notation for superposition of one qubit is $\frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}}$ as shown in Figure 1.

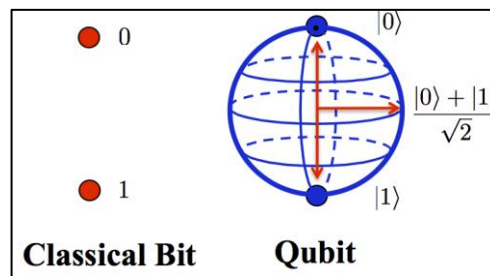


Figure 1 Classical Bit and Quantum Bit [11]

1.1.2 Dirac Notation and Basic Vector

A qubit is often written in Dirac notation; however, it can also be expressed in the form of a vector. Qubit 0, denoted as $|0\rangle$, corresponds to $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ in vector form (1 column matrix) while qubit 1, $|1\rangle$, is represented as $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$. According to [7], it is shown that superposition of one qubit $\frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}}$, can be written in vector form as $\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$. For 2 qubits Dirac notation can be written as $|0\rangle|0\rangle$ or $|00\rangle$. By the way, the latter form is more popular. As expected, 2 qubits can also be written in vector form as demonstrated in [7].

Table 1 Dirac Notation and Matrix of 2 Qubits

2 Qubits	Dirac Notation	Vector (or Matrix)
qubits 0 and 0	$ 0\rangle 0\rangle$ or $ 00\rangle$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$
qubits 0 and 1	$ 0\rangle 1\rangle$ or $ 01\rangle$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$
qubits 1 and 0	$ 1\rangle 0\rangle$ or $ 10\rangle$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$
qubits 1 and 1	$ 1\rangle 1\rangle$ or $ 11\rangle$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

1.2 Essential Quantum Logic Gates and Their Simplified Mathematical Verification

Instead of using mathematic equations, another prevalent approach in this field is the use of quantum logic gates or quantum gates. These gates consist of symbols for creating quantum circuits (quantum networks) as illustrated in Figure 4. Quantum gates are grounded in related mathematics and can be represented in the form of matrices or Dirac notations. Table 2 provides a summary of the essential gates and their equivalent matrices.

In this paper, which is related to quantum teleportation, the fundamental logic gates are CNOT, H, X, and Z gates. A brief explanation follows and will be further elaborated with related mathematics later.

1.2.1 Hadamard (H) gate and its own inverse property[6]

The H gate is used to change a qubit from a normal state (being either 0 or 1) to a superposition state (being both 0 and 1 simultaneously). It can also be considered as a 90° ($\pi/2$) rotation around the y-axis, followed by a 180° (π) rotation around the x-axis[12].

If a qubit is in a normal state, applying the H gate to it will result in a superposition state. On the other hand, if a qubit is already in superposition state, applying the H gate to it will return the qubit to the normal state, which can be considered similar to a classical bit. The following calculation will demonstrate the steps.

According to Table 2, the matrix for the H gate can be found in row 3 and column 4, represented as $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$, which is equivalent to $\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$. The results after applying H gate to qubit $|0\rangle$ and $|1\rangle$, achieved by multiplying the H gate matrix with the qubit vectors, are shown in equations (1) and (2). Both states are in superposition.

$$H|0\rangle = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$H|1\rangle = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Next, the H gate's matrix will be multiplied with the qubits in the superposition state, and the result will be in the normal state, as shown in the output of equations (3) and (4) respectively.

$$H \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = |0\rangle \quad (3)$$

$$H \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = |1\rangle \quad (4)$$

With the above verification, the H gate can be considered as having its own inverse property. To work with the Hadamard gate easily, the state machine diagram shown in Figure 2 is often used.

1.2.2 Controlled-NOT (CNOT) gate toggles target bit if control bit is 1 [6]

The CNOT gate operates with two qubits. The first qubit is called the 'control qubit,' and the second qubit is called the 'target qubit.' If the control qubit is $|1\rangle$, the value of the target qubit will be toggled ($|0\rangle \Rightarrow |1\rangle$ or $|1\rangle \Rightarrow |0\rangle$). If the control qubit is $|0\rangle$, the value of the target qubit will remain unchanged. This behavior can be observed in the truth table, specifically in row 4, column 3 of Table 2.

From row 4 column 4 of Table 2, the matrix form of the CNOT gate is as follows.

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

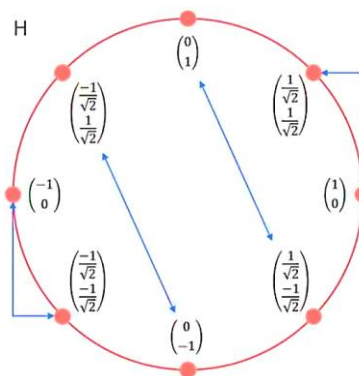


Figure 2 Hadamard (H) Gate's State Machine Diagram

(Source: <https://tatourian.files.wordpress.com/2018/09/9.jpg>)

To prove that the CNOT gate has the properties as mentioned above, the following demonstrates how it works. Additionally, two facts will be used in the proof: $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ is the vector form of the qubit $|0\rangle$ and $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ is the vector form of the qubit $|1\rangle$.

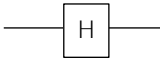
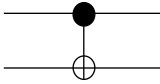
- Case 1: Control qubit is 1. Target qubit will be toggled.

$$\begin{aligned} C|10\rangle &= C\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}\right) = C\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}\right) \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = |11\rangle \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} C|11\rangle &= C\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right) = C\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right) \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = |10\rangle \end{aligned} \quad (6)$$

Table 2 Quantum Logic Gates, Quantum Network, Truth Table and Equivalent Matrix

Quantum Logic Gate	Symbol	Truth Table		Equivalent Matrix
X gate		Input	Output	$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$
		$ 0\rangle$	$ 1\rangle$	
		$ 1\rangle$	$ 0\rangle$	
Z gate		Input	Output	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$
		$ 0\rangle$	$ 0\rangle$	
		$ 1\rangle$	$- 1\rangle$	

Quantum Logic Gate	Symbol	Truth Table		Equivalent Matrix
H gate		Input	Output	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$
		$ 0\rangle$	$\left(\frac{ 0\rangle + 1\rangle}{\sqrt{2}}\right)$	
		$ 1\rangle$	$\left(\frac{ 0\rangle - 1\rangle}{\sqrt{2}}\right)$	
CNOT gate		Input	Output	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$
		$ 00\rangle$	$ 00\rangle$	
		$ 01\rangle$	$ 01\rangle$	
		$ 10\rangle$	$ 11\rangle$	
		$ 11\rangle$	$ 10\rangle$	

- Case 0: Control qubit is 0. Target qubit won't be changed.

$$\begin{aligned}
 C|00\rangle &= C\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}\right) = C\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}\right) \\
 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = |00\rangle
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 C|01\rangle &= C\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right) = C\left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right) \\
 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = |01\rangle
 \end{aligned} \tag{8}$$

1.2.3 X gate and its properties

The X gate operates on a single qubit. It rotates the state of qubit by 180° (π) around the x-axis. Its property involves toggling the qubit's value ($|0\rangle \Rightarrow |1\rangle$ and $|1\rangle \Rightarrow |0\rangle$). From row 1 column 4 of Table 2, the X gate has a matrix form represented as $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$.

$$\begin{aligned}
 &\text{If input is qubit } |0\rangle, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}. \\
 X(|0\rangle) &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = |1\rangle
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{If input is qubit } |1\rangle, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \\
 X(|1\rangle) &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = |0\rangle
 \end{aligned} \tag{10}$$

1.2.4 Z gate and its properties

The Z gate operates on a single qubit. It rotates the state of qubit by 180° (π) around the z-axis, effectively changing the value of the qubit. From row 2 column 4 of Table 2, the Z gate has a matrix form represented as $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$.

$$\begin{aligned}
 &\text{If input is qubit } |0\rangle, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}. \\
 Z(|0\rangle) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = |0\rangle
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{If input is qubit } |1\rangle, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \\
 Z(|1\rangle) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix} = -1 \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = -1(|1\rangle) = -|1\rangle
 \end{aligned} \tag{12}$$

2. Quantum Teleportation Overview and Related Mathematics

2.1 Big Picture of Quantum Teleportation

Quantum teleportation utilizes the principles of quantum physics to transfer information from one place to another without the physical movement of particles. However, it's important to note that quantum teleportation is distinct from the teleportation portrayed in science fiction movies, where objects or people can be moved from one place to another.

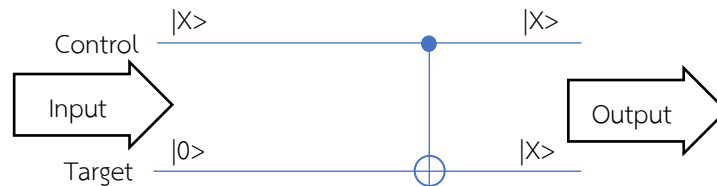


Figure 3 CNOT properties

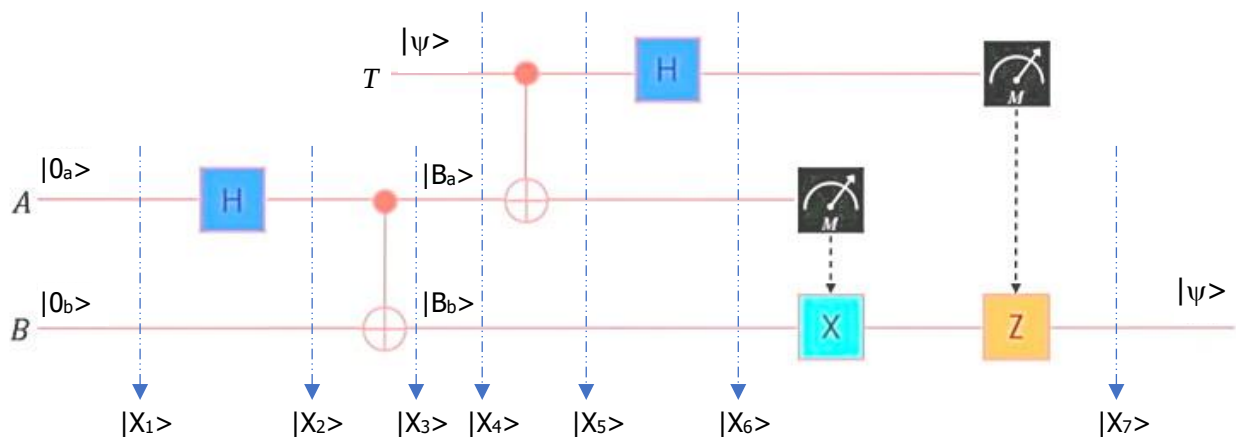


Figure 4 Quantum Teleportation Diagram

Quantum teleportation utilizes quantum entanglement as its fundamental framework[4]. Figure 4 provides a concise diagram illustrating how it operates. The conceptual steps of quantum teleportation are as follows: Ψ

1. Initialization: The sender (A) and the receiver (B) share an entangled pair of particles. Each particle in this pair is in a state of superposition (after the H gate) and is entangled with its counterpart. The initial pair consists of $|0\rangle$ for A and $|0\rangle$ for B, denoted further in the calculation as $|0_a\rangle$ and $|0_b\rangle$ respectively. The second pair comprises $T|\Psi\rangle$ (the message to be teleported) and $|0_a\rangle$ from A. This means that, regardless of the distance between them, measuring the state of one particle instantaneously determines the state of the other in its pair.

2. Entanglement Measurement: The sender measures both the unknown quantum state to be teleported and their own particle from the entangled pair. After measurement, the unknown state is destroyed.

3. Information Transmission: The sender conveys the measurement result to the receiver through a classical communication channel. This step involves transmitting two classical bits of information. Using a traditional communication channel, the speed of sending two classical bits is as usual, not faster than the speed of light.

4. State Reconstruction: Upon receiving the sender's classical information, the receiver performs suitable quantum operations on their entangled particle based on the measurement result.

5. State Transfer: The entangled particle of the receiver assumes the same state as the original unknown quantum state held by the sender. The unknown quantum state has now been "teleported" from the sender to the recipient.

It's crucial to emphasize that the actual particles containing the quantum state are not physically moved during this process. Instead, the quantum state is effectively transferred from one location to another by leveraging the entanglement between the particles of the sender and receiver.

2.2 Quantum Teleportation's Related Basic Mathematics

Please note that the subscriptions 'a' in $|0_a\rangle$ and 'b' in $|0_b\rangle$ used in all explanations refer to the sender (A) and receiver (B) respectively. However, they can be omitted without any adverse effects. The explanations of the steps in Figure 4 are as follows:

1. At the starting state, $|X_1\rangle$, there are 2 qubits from A and B. The result is from the tensor product of both qubits.

$$|X_1\rangle = |0_a\rangle \otimes |0_b\rangle = |0_a\rangle |0_b\rangle \quad (13)$$

2. At $|X_2\rangle$ state, $|0_a\rangle$ passes Hadamard gate.

$$|X_2\rangle = H(|0_a\rangle) |0_b\rangle = \frac{|0a\rangle + |1a\rangle}{\sqrt{2}} \cdot |0_b\rangle = \frac{|0a0b\rangle + |1a0b\rangle}{\sqrt{2}} \quad (14)$$

3. At $|X_3\rangle$ state, $|0_a\rangle$ (control qubit) and $|0_b\rangle$ (target qubit) pass CNOT gate.

$$|X_3\rangle = \frac{|0a0b\rangle + |1a1b\rangle}{\sqrt{2}} = |B_{0a0b}\rangle = |B_a\rangle = |B_b\rangle \quad (15)$$

($|B_{0a0b}\rangle$ in (15) is Bell state of $0_a 0_b$ which will be used further for both sender A and receiver B because of the result from CNOT properties will be the same as shown in Figure 3.)

4. At $|X_4\rangle$ state, there are 2 qubits which are $|\psi\rangle$ from T and $|B_a\rangle$ which will be used by sender A.

$$|X_4\rangle = |\psi\rangle \otimes |B_a\rangle = |\psi\rangle |B_a\rangle = |\psi\rangle |B_{0a0b}\rangle$$

As $|\psi\rangle = \alpha|0_a\rangle + \beta|1_a\rangle$ (where $\|\alpha\|^2 + \|\beta\|^2 = 1$), so, $|X_4\rangle$ can be written like this.

$$|X_4\rangle = (\alpha|0_a\rangle + \beta|1_a\rangle) \left(\frac{|0a0b\rangle + |1a1b\rangle}{\sqrt{2}} \right)$$

$$|X_4\rangle = \frac{\alpha|0a0a0b\rangle + \alpha\{0a1a1b\} + \beta(1a0a0b) + \beta(1a1a1b)}{\sqrt{2}} \quad (16)$$

5. At $|X_5\rangle$ state, it passes CNOT gate. The result will be as follows.

$$|X_5\rangle = \frac{\alpha|0a0a0b\rangle + \alpha\{0a1a1b\} + \beta(1a1a0b) + \beta(1a0a1b)}{\sqrt{2}} \quad (17)$$

6. At $|X_6\rangle$ state, the data goes through H gate. The values of H gate are from row 7 column 4 of Table 2. The processes will be as follows.

$$\begin{aligned}
 |X_6\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\alpha \left(\frac{|0a\rangle + |1a\rangle}{\sqrt{2}} \right) |0a0b\rangle + \alpha \left(\frac{|0a\rangle + |1a\rangle}{\sqrt{2}} \right) |1a1b\rangle + \right. \\
 |X_6\rangle &= \frac{1}{2} \left(\alpha |0a0a0b\rangle + \alpha |1a0a0b\rangle + \alpha |0a1a1b\rangle + \alpha |1a1a1b\rangle + \right. \\
 |X_6\rangle &= \frac{1}{2} \left(|0a0a\rangle (\alpha |0b\rangle + \beta |1b\rangle) + |1a0a\rangle (\alpha |0b\rangle - \beta |1b\rangle) + \right. \\
 |X_6\rangle &= \frac{1}{2} \left(|0a1a\rangle (\alpha |1b\rangle + \beta |0b\rangle) + |1a1a\rangle (\alpha |1b\rangle - \beta |0b\rangle) \right) \quad (18)
 \end{aligned}$$

7. At $|X_7\rangle$ state, after sender, A, measures her 2 qubits, she sends these 2 classical bits to the receiver, B. The results of measurement can be either 00, 01, 10, or 11. The actions that the receiver, B, should take after obtaining the measurement result are related to the X and Z gates, as summarized in Table 3. The properties of the X and Z gates are detailed in rows 2 and 4 of Table 2.

Table 3 Information that Receiver Gets and Related Gate(s) for Modifying Result State to Obtain Final Results

Measurement Result	Probability	Result State	Operation and Result
00	1/4	$\alpha 0_b\rangle + \beta 1_b\rangle$	No additional operation
10	1/4	$\alpha 0_b\rangle - \beta 1_b\rangle$	$Z(B_b\rangle) = \alpha 0_b\rangle + \beta 1_b\rangle$
01	1/4	$\alpha 1_b\rangle + \beta 0_b\rangle$	$X(B_b\rangle) = \alpha 0_b\rangle + \beta 1_b\rangle$
11	1/4	$\alpha 1_b\rangle - \beta 0_b\rangle$	$X(B_b\rangle) = \alpha 0_b\rangle - \beta 1_b\rangle$ $Z(X(B_b)) = \alpha 0_b\rangle + \beta 1_b\rangle$

After performing the operation(s) based on the measurement results, the final output obtained by the receiver, B, will be the same as what the sender, A, sent: $|\psi\rangle = \alpha|0_a\rangle + \beta|1_a\rangle$.

3. Experiments

3.1 Coding for Quantum Teleportation

To develop a practical demonstration of how quantum teleportation works in this research, the following steps are required. First, prepare the development environment based on .NET architectures. Second, write code for Q# library development (a file with a '.dll' extension) that executes quantum teleportation processes on the Microsoft quantum simulator. And third, create a C# client application that connects to the Q# library in the second portion. Figures 6, 7, and 8 display flowcharts of the quantum teleportation application library.

3.1.1 Development Environment Preparation

There are 3 software (or newer) used in this task.

- .NET SDK (version 6.0)
(<https://dotnet.microsoft.com/en-us/download>)
- Visual Studio Code (as IDE)
(<https://code.visualstudio.com/download>)
- Microsoft Quantum Development Kit for Visual Studio Code (Visual Studio Code Extension)
(<https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=zetta.qsharp-extensionpack>)

All above tools can be used under various operating systems that support .NET such as MS Windows, macOS and Linux.

3.1.2 Overall Picture of the Application

The program consists of two parts, as illustrated in Figure 5. The first part is the client, which is written in C#. The second part is the library, written in Q# and, in this project, runs on the quantum simulator. The client sends a message as a boolean to the library. The library receives the boolean input (considered as a binary classical bit) and initializes a qubit appropriate for the inputted value. The teleportation process occurs within the library, and the boolean result is sent back to the client to indicate whether the teleportation process succeeded or not. The working process of this solution resembles a client-server system.

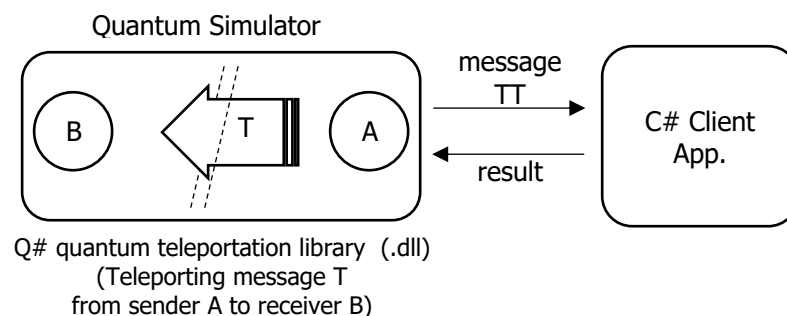


Figure 3 Quantum Teleportation Library and the Interaction with Client

3.1.3 Flowchart for Quantum Teleportation Library

Figure 6 illustrates the flowchart of the core program in the library. The library receives classical bit (boolean) data, 'tt,' from the client program. Two qubits, 't' representing the message T and 'b' representing the receiver B in Figure 4, are prepared and initialized. According to the flowchart, if the initial classical bit message ('tt') is true, the X gate is used to toggle the value of the message qubit 't' to $|1\rangle$; otherwise, it remains as $|0\rangle$. The message qubit 't' and the receiver qubit 'b' are then passed as arguments to the 'Teleport' function. After the 'Teleport' function completes its operation, the message qubit 't' is teleported to the receiver qubit 'b'. Subsequently, the receiver qubit 'b' is measured by the 'MeasureReceiver' function, which yields the classical bit result 'bb.' If the value of 'bb' (the message received by the receiver) is the same as 'tt' (the initial message), the library will notify the user on the screen that the teleportation has been successfully completed; otherwise, it is considered a failure.

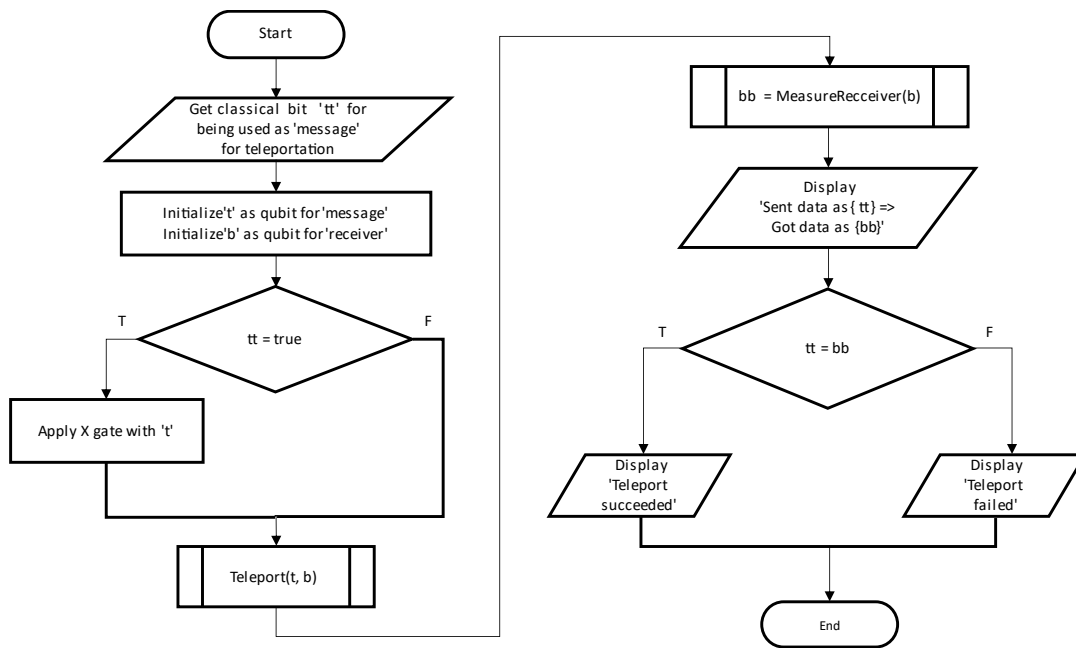


Figure 4 Flowchart of Core Program in the Quantum Teleportation Library

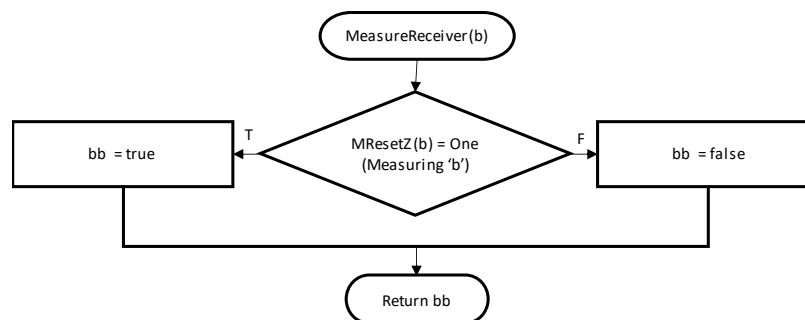


Figure 7 Function "MeasureReceiver"

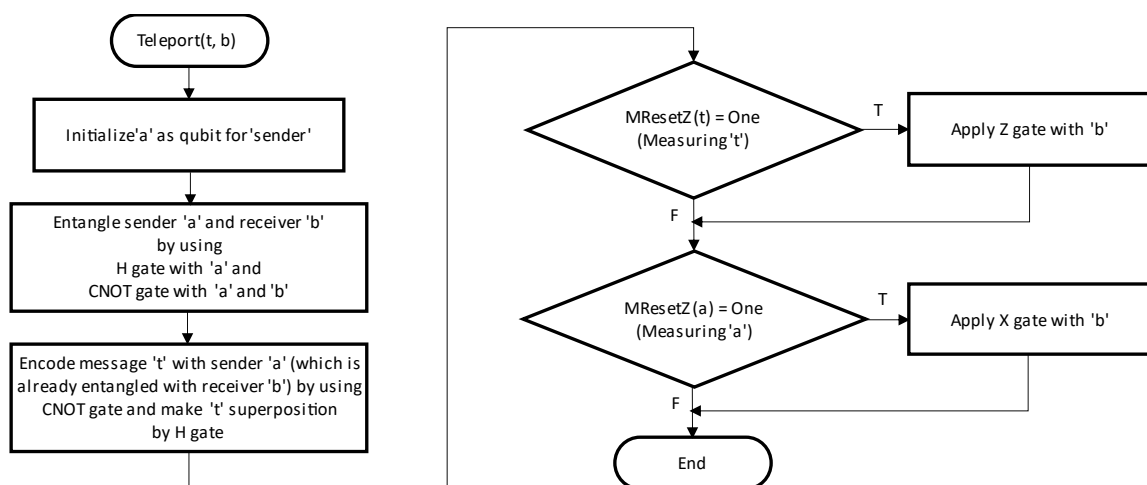


Figure 8 Function "Teleport"

Listing 1 Q# Code of Quantum Teleportation Library (Library.qs)

```
namespace QuantumTeleportation02 {
    open Microsoft.Quantum.Canon;
    open Microsoft.Quantum.Intrinsic;
    open Microsoft.Quantum.Random;
    open Microsoft.Quantum.Measurement;
    // as in Figure 4, a is sender, b is receiver, t is message
    operation Teleport (t : Qubit, b : Qubit) : Unit {
        // initial state of a is |0> (by default)
        use a = Qubit();
        // from Figure 4, entangle sender (a) and receiver (b) by using H and CNOT gates
        H(a);
        CNOT(a, b);
        // from Figure 4, encode the message (t) with sender (a)
        // which is already entangled with receiver (b)
        CNOT(t, a);
        H(t);
        // from Figure 4, message qubit (t), after measured, will be handled by Z gate
        if(MResetZ(t) == One) { Z(b); }
        // from Figure 4, qubit from sender (a), after measured, will be handled by X gate
        if(MResetZ(a) == One) { X(b); }
    }
    // 'tt' is classical bit for message to be transported
    // 'bb' is what receiver gets in form of classical bit (after being measured)
    operation SendData2Teleport (tt : Bool) : Bool {
        // initial state of t is |0> (by default)
        use t = Qubit();
        // initial state of b is |0> (by default)
        use b = Qubit();
        // if 'tt' is true (classical bit is 1), use X gate to toggle initial state of 't' to be |1>
        // else ('tt' is not true (classical bit is 0)) leave 't' to be |0> which is its initial state
        if (tt == true) {
            X(t);
        }
        // call Teleport method, send t (message) to b (receiver)
        Teleport(t, b);
        // measuring received message (and getting as classical bit)
        let bb = MeasureReceiver(b);
        Message($"Sent data as: {tt} => Got data as: {bb}");
        if(tt == bb) {
            Message("Teleportation successful this time.");
            return true;
        } else {
            Message("Teleportation failed this time.");
            return false;
        }
    }
    operation MeasureReceiver(b : Qubit) : Bool {
        // measuring b (receiver)
        // if result is One, measured value is true (1 in classical bit)
        // if result is not One, measured value is false (0 in classical bit)
        // bb is receiver in classical bit
        mutable bb = false;
        if (MResetZ(b) == One) {
            set bb = true;
        } else {
            set bb = false;
        }
        return bb;
    }
}
```

Listing 2 C# Code of Client Program (Program.cs)

```
using System.Globalization;
using Microsoft.Quantum.Simulation.Simulators;
using QuantumTeleportation02;
namespace QuantumTeleportation02Use;
class Program {
    static async Task Main() {
        bool blnResult = false;
        int intRound = 0;
        try {
            using var qsim = new QuantumSimulator();
            Console.WriteLine("Calling Teleportation Sample from Q# Library to C# Code:");
            Console.Write("How many round you want to try (positive integer)? ");
            if(int.TryParse(Console.ReadLine(), NumberStyles.Any, null, out intRound) == true) {
                Random r = new Random();
                for (int i = 0; i < intRound; i++) {
                    bool blnRandom = (r.Next(2) == 1);
                    Console.WriteLine("Sending {0}.", blnRandom.ToString());
                    blnResult = await SendData2Teleport.Run(qsim, blnRandom);
                    Console.WriteLine("Report to the caller: teleport # {0} was {1}.", i+1, blnResult == true ? "successfully" :
                    "failed");
                }
            }
        } catch (Exception ex) {
            Console.WriteLine("Exception happen: " + ex.Message);
            Console.WriteLine("Explanation: " + ex.StackTrace);
        }
    }
}
```

Figure 7 depicts the flowchart of the 'MeasuredReceiver' function. This function performs quantum measurement on the receiver qubit 'b'. If the result is One, the variable 'bb', used here as a classical bit (boolean) result value for the receiver, is set to 'true'; otherwise, it is set to 'false'. The function then returns 'bb' (a boolean or classical bit value) to its caller.

Figure 8 shows the flowchart of the 'Teleport' function, which receives two data inputs: 't', representing the message qubit, and 'b', representing the receiver qubit. To comprehend the flowchart and code, reference to Figure 4 diagram is necessary. The function begins with the initialization of sender qubit 'a'. Subsequently, both sender qubit 'a' and receiver qubit 'b' are entangled using the H gate on 'a' and the CNOT gate on 'a' and 'b'. Following this, the message qubit 't' and sender qubit 'a' (already entangled with receiver qubit 'b') are encoded using the CNOT gate. Afterwards, the resulting message qubit, 't', passes through the H gate, placing it in a superposition state.

The next two steps involve quantum measurements, as depicted in Figure 4. First, the message qubit 't' is measured. If the result is One, the Z gate is applied to the receiver qubit 'b'; otherwise, no operation is performed. Second, the sender qubit 'a' is also measured. If the result is One, the X gate is applied to the receiver qubit 'b'; otherwise, no operation is performed. At the conclusion of the 'Teleport' function, theoretically, the receiver qubit 'b' is in a state identical to the initial message qubit 't', indicating the successful completion of the message transportation process.

3.1.4 Q# Code for Quantum Teleportation Library

Listing 1 presents the Q# code from the 'Library.qs' file, corresponding to the flowcharts discussed in section 3.1.3. After compilation, this library is saved as 'QuantumTeleportation02.dll'. The library comprises three functions: 'Teleport', 'SendData2Teleport', and 'MeasureReceiver'.

- 1) First, 'Teleport' takes two arguments as input: the message qubit 't' and the receiver qubit 'b'. This function does not return any value to the caller.
- 2) Second, 'SendData2Teleport' requires one argument as input: the message in classical bit (boolean) form, denoted as 'tt'. It returns a boolean value to the caller.
- 3) The last function, 'MeasureReceiver', takes one input argument: the receiver qubit 'b'. It returns a boolean value to its caller.

3.1.5 C# Code for Client Program

Listing 2 provides the C# code from 'Program.cs,' which serves as the client program to initiate work with the teleportation library discussed in section 3.1.4. To use the client program, the user needs to place the compiled library file, 'QuantumTeleportation02.dll,' in the same folder where 'Program.cs' is located. The steps involved in the client code are as follows:

- 1) Firstly, the user is prompted to enter the number of rounds for iterating the sending of binary classical bit messages to the library.
- 2) Next, a random boolean value is generated and sent to the library via the quantum simulator. Working with the teleportation library in this case employs asynchronous methods.
- 3) The result of the teleportation process is returned from the library.
- 4) The second and third steps are iterated until the specified number of rounds entered in the first step is reached. Results

```
PS D:\workroom\LearnQuantumVSCode\QuantumTeleportation02Use> dotnet run
Calling Teleportation Sample from Q# Library to C# Code:
How many round you want to try (positive integer)? 5
Sending True.
Sent data as: True => Got data as: True
Teleportation successful this time.
Report to the caller: teleport # 1 was 'successfully'.
Sending True.
Sent data as: True => Got data as: True
Teleportation successful this time.
Report to the caller: teleport # 2 was 'successfully'.
Sending False.
Sent data as: False => Got data as: False
Teleportation successful this time.
Report to the caller: teleport # 3 was 'successfully'.
Sending True.
Sent data as: True => Got data as: True
Teleportation successful this time.
Report to the caller: teleport # 4 was 'successfully'.
Sending False.
Sent data as: False => Got data as: False
Teleportation successful this time.
Report to the caller: teleport # 5 was 'successfully'.
PS D:\workroom\LearnQuantumVSCode\QuantumTeleportation02Use> []
```

Figure 5 Result of Running

The sample results of the program are illustrated in Figure 9. The client program prompts the user to enter the number of rounds for which they want random boolean values to be sent as input. Each round begins with a boolean classical bit value that is converted into a qubit and transmitted to the quantum simulator to initiate the teleportation process. Once the teleportation is completed, the library in the simulator displays the following results: the value of the qubit that was sent, the value of the qubit received from the teleportation process, and the status indicating whether the teleportation was successful or not. These processes are executed iteratively until the specified number of rounds is completed. The program effectively demonstrates that the original message sent by the sender can reach the receiver through teleportation processes, as per the theoretical framework.

4. Conclusions

Teleportation is one of the renowned fundamental principles in quantum computing. It is built upon quantum entanglement, which has been previously explained and proven in prior researches [7][8]. This paper elucidates quantum teleportation by utilizing basic mathematics to demonstrate how it effectively transports message qubits from the sender to the receiver. To simplify the deployment and comprehension of quantum computing in real-world applications, the concept of quantum logic gates is employed, replacing complex mathematical processes. The current research demonstrates the step-by-step creation of runnable teleportation programs in Q#, as outlined in theory, culminating in the development of a library software (.dll file) suitable for various applications. Samples illustrating the use of teleportation functions from the compiled Q# library in a C# client program are also provided. This practical research offers significant benefits to quantum computing scholars, particularly newcomers, by providing clear explanations through simple mathematical concepts and offering real, runnable code samples for their further research.

5. Future Works

After clarifying the steps involved in creating the teleportation library and confirming its correct functionality with a console application, future developments could focus on enhancing the solution into a WebAPI structure. This enhancement would enable the library to facilitate two-way communication with various client platforms, including Windows, web, mobile, and even IoT applications

References

- [1] B. Marr, “*Quantum Computing Now And In The Future: Explanation, Applications, And Problems*,” [Online]. Available: <http://Forbes>, Aug. 26, 2022. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/08/26/quantum-computing-now-and-in-the-future-explanation-applications-and-problems/?sh=38224fed1a6b>. [Accessed: Mar. 14, 2023].
- [2] J. Keane, “*The race toward a new computing technology is heating up — and Asia is jumping on the trend*,” [Online]. Available: <http://www.cnbc.com/2022/06/07/quantum-computing-more-asian-countries-are-getting-in-on-the-trend.html>. [Accessed: Mar. 14, 2023].
- [3] V. Sankaran, “*China builds world’s fastest programmable quantum computers that outperform ‘classical’ computers*,” [Online]. Available: <https://www.independent.co.uk/tech/china-scientists-programmable-quantum-computers-b1946018.html>. [Accessed: Apr. 26, 2023].
- [4] N. D. Mermin, *Quantum Computer Science: An Introduction*, Cambridge University Press, 2007.
- [5] A. Bellapu, “*10 Difficult Problems Quantum Computers can Solve Easily*,” [Online]. Available: <https://www.analyticsinsight.net/10-difficult-problems-quantum-computers-can-solve-easily>. [Accessed: June 06, 2023].
- [6] A. Tatourian, “*Lecture Notes of Quantum Computing for Computer Scientists*,” [Online]. Available: <https://tatourian.blog/2018/09/01/quantum-computing-for-computer-scientists>. [Accessed: May 01, 2023].
- [7] K. Chantarasathaporn, C. Thaiupathump, et al., “*Practical Entanglement for Quantum Computing on Quantum Simulator by Q#*,” *The 19th International Conference in Applied Computer Technology and Information System*, Bangkok: Southeast Bangkok University, Mar. 2023, pp. 408–418.
- [8] K. Chantarasathaporn, C. Thaiupathump, et al., “*Web API and Quantum Simulator for Testing Quantum Entanglement Concepts*,” *International Journal of Applied Computer Technology and Information Systems*, vol. 13, no. 1, pp.17-24, April 2023 - September 2023.
- [9] A. S. Tolba, M. Z. Rashad, M. A. El-Dosuky, “*Q#, a quantum computation package for the .NET platform*,” [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1302.5133>. [Accessed: May 01, 2023].
- [10] Microsoft DevLabs, “*Microsoft Quantum Development Kit for Visual Studio Code*,” [Online]. Available: <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=quantum.quantum-devkit-vscode>. [Accessed: May 01, 2023].
- [11] Z. Hussain and A. Talib, “*Strengths and Weaknesses of Quantum Computing*,” *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 7, no. 9, pp.1526-1531, September 2016.
- [12] D. Voorhoeve, “*Hadamard gate*,” [Online]. Available: <https://www.quantum-inspire.com/kbase/hadamard>. [Accessed: June 10, 2023].
- [13] H. Paudel, M. Syamlal, and S. Crawford, “*Quantum Computing and Simulations for Energy Applications: Review and Perspective*,” *Open Access J. Am. Chem. Soc.*, vol. 2, no. 3, pp. 151–196, January 2022.

THE EXPERIMENT DETERMINATION OF THE OPTIMAL MIXING RATIO OF POLYESTER FIBER SCRAP WITH 100% POLYESTER IN NONWOVEN FABRIC PRODUCTION

Nattavadee Mahanil

Department of Industrial Engineering Technology, Faculty of Digital Technology and Innovation
Southeast Bangkok University

Corresponding author email: nattavadee.m@gmail.com

Received: July 12, 2023
Revised: September 8, 2023
Accepted: September 19, 2023

Abstract

The purpose of this research is to study the optimum ratio between polyester fiber scraps and virgin polyester. In the study, the production process of a nonwoven fabric manufacturer in Rayong, Thailand, it was found a problem in the production process, there is a large amount of polyester fiber scrap left from the production process. Therefore, the waste of polyester fiber from the production process was mixed with pure polyester raw material in 4 sets of ratios, namely 4:96, 6:94, 8:92, and 10:90 get to average to compare with the conditions weight values, strength, elongation, and thickness as to the testing standards by TIS no. 121 and analyzing process capability by the Actual Process Capability Index (Cpk) was used by analyzing and processing from the Minitab package to examine the variability of the production process. The results showed that the ratio was 4:96 with a mean total weight of 27.5 grams per square meter. The thickness value was 1.07 mm., the strength value was 25.85 N.m., and the elongation value was 5.05 N.M., which were in the specified criteria for all test results. The ratio was 6:94 with an average weight of 27.9 g/m. square meter The thickness value was 1.10 mm., the strength value was 24.41 N.m., and the elongation value was 4.40 N.M., were within the specified criteria for all test results and both of which had a Cpk greater than 1, indicating that the process was capable or there is a natural variance. After the improvement in the past 12 months, it was found that the amount of poly fiber scrap 58 tons of ester left over from the production process were recycled and 45 tons were recycled, representing 77.58% of the recycled polyester scrap or the efficiency of the product was 96.7

Keywords: Polyester, Nonwoven Fabric, Optimal Ratio, Scrap, Reuse

1. Introduction

Textile and garment industry is a large-scale manufacturing industry with fully integrated manufacturing structure, consisting of sub-industries in manufacturing process like upstream sector, i.e., fiber production and spinning to mid-stream sector, i.e., weaving, knitting, nonwoven fabric, dyeing, printing, finishing and to downstream sector, i.e., designing and adding higher value to be ready-made clothes or

other ready-made garments. Textile and garment industry is important to Thailand in terms of export revenue and huge labor employment. There are 4,829 textile and garment factories, around 460,000 employees, and investment fund of 205,600 million baht [1]. However, during the end of 2019, the world and Thailand confronted the pandemic of Coronavirus of Covid-19, contributing to changes in every industry. Recently, at the beginning of 2020, manufacturers and distributors needed to suspend their businesses or reduced production capacity caused by preventive measures taken by the government for Covid-19. Meanwhile, the spread in foreign countries increased continuously, making the value of textile and garment exports across the world declined. In Thailand, the cumulative export in the first half of 2020 decreased continuously by 16.9% on average as many fashion brands cancelled or postponed factory orders [2].

According to the study on problems in manufacturing process of a company in Rayong province, in terms of nonwoven fabric manufacturing, 100% polyester fabrics were imported abroad to be a raw material in the manufacturing, a problem occurred due to importation of raw materials necessary for manufacturing process. A ratio of polyester fabric scraps after manufacturing process as seen in Table 1.

Table 1 The ratio of polyester fabric scraps (percent) after manufacturing process for 12 months.

Month	Ratio (%)	Month	Ratio (%)
January	6.5	July	8.3
February	7.0	August	6.1
March	6.7	September	6.2
April	6.7	October	6.6
May	6.9	November	6.3
June	6.2	December	7.0
Ratio Average = 6.71% per Month			

From Table 1, the researcher had an idea to reuse polyester fabric scraps in the manufacturing process so as to reduce the cost of raw materials. However, the reuse of polyester fabric scraps that passed manufacturing process requires the mixing with 100% polyester fabric to ensure products shall meet the standards. Therefore, this research aimed to study the optimal mixing ratio between polyester fabric scraps from the manufacturing process and 100% polyester fabric. Independent variable was the mixing ratio between polyester fabric scraps from the manufacturing process and 100% polyester fabric and dependent variable was properties of nonwoven fabrics compliant to standards. 4 ratios in the experiment were 4:96, 6:94, 8:92 and 10:90, obtained from the review of relevant literature [3-5] and trials at the beginning for being able to determine the mixing ratio. Consideration was given to the optimal mixing ratio to be used for adjusting the mixing ratio in the manufacturing process to achieve worthiness of raw materials used and to reduce operating costs.

2. Literature Review

Shobha Rani Nadupuru, R.K. Jain, Deepa A. Joshi and Radhika Menon (2022) had study Experimental Analysis using Polypropylene, Polyester and Waste Denim Fiber in Road Construction. A method for mixing polypropylene, polyester, and waste denim fiber with bitumen was developed in this study, which resulted in uniform fiber dispersion. The Optimum Binder Content (OBC) and Optimum Fiber Content (OFC) are calculated using the Marshall Procedure. Preparing asphalt concrete mixtures with the required fiber dosages ranging from 5 to 15% by weight of binder enables for extensive laboratory testing. The volumetric parameters of the mixes, as well as strength tests such as Marshall stability, are determined. [6]

Yafeng Gong, Jiaxiang Song, Haipeng Bi and Zhenhong Tian (2020) had study Optimization Design of the Mix Ratio of a Nano-TiO₂/CaCO₃-Basalt Fiber Composite Modified Asphalt Mixture Based on Response Surface Methodology based on the Box-Behnken method and the response surface method, a three-factor and three-level test was designed. The test results show that the optimal contents of NTC and BF and the optimal asphalt-aggregate ratio were 5.1%, 3.9%, and 5.67%, respectively. By comparing the measured Marshall test index value with the predicted value, the minimum relative error was 0.096% and the maximum error was 6.960%. The results show that response surface methodology can be used to optimize the mix ratio of composite modified asphalt mixtures. [7]

Patricia Peña-Pichardo, Gonzalo Martínez-Barrera, Miguel Martínez-López, Fernando Ureña-Núñez and João Marciano Laredo dos Reis (2018) had study Recovery of Cotton Fibers from Waste Blue-Jeans and its use in Polyester Concrete. In this work, polyester concrete with waste cotton fibers was elaborated, and a novel treatment by gamma irradiation was carried out. The results show up to 40% improvement on the compressive strength, as well as 7% on the flexural strength. Modifications on the surface, chemical structural and crystallinity of irradiated waste cotton fibers, were related with improvements on the mechanical properties of concrete. [8]

Babak Mirbaha, Ali Abdi Kordani, Mohammad Zarei and Ali Zarei (2017) had study Experimental Determination of the Optimum Percentage of Asphalt Mixtures Reinforced with Nano-Carbon Black and Polyester Fiber Industries. In this research, by adding different percent amounts of black nano-carbon and polyester fibers as modifier in the asphalt mixtures and conducting several Marshall tests, it was observed that adding these two additives can improve generally the Marshall results. According to the results, Marshall stability is increased up to 61%. Furthermore, an economic analysis was performed to investigate the cost of using such modified asphalt mixtures for constructing 1 km of a six-lane road and suitable percentages of additives were found from mechanical-economic analyses. [9]

3. Methodology

3.1 The sample in the experiment

Fibers in the experiment were polypropylene-polyethylene terephthalate; PP-PET, used in the manufacturing process of a nonwoven fabric manufacturer in Thailand. There were 4 sets of the sample. Details of variables studied were mentioned in the next topic.

3.2 The Variables studied in the experiment.

Variables in the study consisted of independent variable, i.e., the ratios between polyester fabric scraps from the manufacturing process and 100% polyester fabric, 4 ratios, and dependent variable, i.e., properties of nonwoven fabrics compliant to standards. Consideration was given to weight, tensile, elongation, and thickness of fibers. Details are shown in Table 2.

Table 2 shows independent variable and dependent variable of the experiments for the 4 ratios.

Ratios	Independent Variable		Dependent Variable	
	Polyester Scraps	100% Polyester	Properties	Accepted criteria *
Ratio 1	4	96	Weight (g)	25 - 29
Ratio 2	6	94	Tensile Strength (nm.)	22.00-26.00
Ratio 3	8	92	Elongation (nm.)	4.00-6.00
Ratio 4	10	90	Thickness (mm.)	0.9 - 1.4

*Accepted criteria of physical test according to Thai Industrial Standard Test Methods for Textiles Number 121, part 12, 16, 17 and 24, respectively. [10-14]

3.3 The place where the experiments were performed, inspectors, and raw materials in the experiments.

Raw materials in the experiments were polyester fabric scraps left over from the manufacturing process mixed with 100% polyester fabrics for nonwoven fabric with 100 millimeters width and 3,000 meters length.

3.4 Steps of the implementation and experiments. There were 2 parts as follows:

3.4.1 Study problems and information about waste in nonwoven fabric manufacturing process consisting of the following sub-steps:

3.4.1.1 team meeting to summarize problems about polyester fabric scraps left over from the nonwoven fabric manufacturing process.

3.4.1.2 analyze arising problems using fish bone diagram to identify the root of polyester fabric scraps left over from the nonwoven fabric manufacturing process and seek a guideline to improve the nonwoven fabric manufacturing process.

3.4.2 Experimental step consists of the following sub-steps:

3.4.2.1 Prepare polyester scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric according to the ratio: 4:96, 6:94, 8:92 and 10:90.

3.4.2.2 Prepare a machine used in the experiment, i.e., re-fiber machine. The machine was inspected and set to be ready for use as required by standards.

3.4.2.3 Prepare an instrument for recording information during the experiment is performed, i.e., check sheet to record product properties.

3.4.2.4 Bring polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric to put in the re-fiber machine to mix the fibers. Next, newly mixed nonwoven fibers from 4 ratios are obtained among 120 samples (30 samples per ratio).

3.4.2.5 All 120 nonwoven fabric samples are inspected and recorded results. QC inspectors conduct an inspection thoroughly according to the sub-steps as follow:

- 1) Inspect weight by cutting 2x2 millimeters nonwoven fabric sample and inspecting from the right side, at the middle and the left side.
- 2) Inspect tensile by cutting 2x2 millimeter nonwoven fabric sample and inspecting from the right side, at the middle, and the left side.
- 3) Inspect elongation by cutting 2x2 millimeter nonwoven fabric sample and inspecting from the right side, at the middle, and the left side.
- 4) Inspect thickness by cutting 2x2 millimeter nonwoven fabric sample and inspecting from the right side, at the middle, and the left side.
- 5) Analyze primary data – the data recorded from the inspection are
- 6) measured mean to compare standard properties and accepted criteria of physical test based on Thai Industrial Standard Test Methods for Textiles Number 121, part 12 – weight, part 16 – tensile, part 17 – elongation, and part 24 – thickness.
- 7) Analyze in-depth data to seek the optimal mixing ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric.
- 8) Make a conclusion and discussion about experimental results.

3.5 Principles of statistics and instruments used for experimental result analysis

3.5.1 Mean was used to analyze 30 experimental data sets to compare weight, tensile, elongation and thickness properties according to Thai Industrial Standard Test Methods for Textiles Number 121.

3.5.2 Actual process capability index (Cpk) [15-16] consists of the following calculation formulas:

$$C_{pu} = (USL - \text{Average}) / (3\sigma) \quad (1)$$

$$C_{pl} = (\text{Average} - LSL) / (3\sigma) \quad (2)$$

$$C_{pk} = \min \text{ of } \{C_{pu} \text{ and } C_{pl}\} \quad (3)$$

by considering

If $C_{pk} < 1.0$, it is considered the process is not capable of meeting its requirements.

If $C_{pk} = 1.0$, it means the process is barely capable.

If $C_{pk} > 1$ or greater than 1.33, it means the process is capable or has natural variation. [17]

3.5.3 Minitab is a software package used for data analysis and statistical processing including presentation of process capability report.

4. Results

According to the experiments to find out the optimal mixing ratio between polyester scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric based on the 4 ratios. The study result analysis is divided into 3 parts as:

4.1 Analysis results of the means of the 30 experimental data sets are shown in Table 3

Table 3 The mean of the ratio 4:96, 6:94, 8:92 and 10:90 compared to Thai Industrial Standard Test Methods for Textiles Number 121. Properties

Properties	Mean (n=30)				Criteria	Results
	1 st Ratio (4:96)	2 nd Ratio (6:94)	3 rd Ratio (8:92)	4 th Ratio (10:90)		
Weight	27.5	27.9	28.20	29.00	25 - 29	Pass
Tensile Strength	25.85	24.41	21.89	21.64	22 - 26	Pass
Elongation	5.05	4.40	3.61	3.65	4 - 6	Pass
Thickness	1.07	1.10	1.37	1.33	0.9 - 1.4	Pass

From Table 3 the analysis results of the means of the 30 experimental data sets found there were 2 ratios that passed the criteria and 2 ratios that did not pass the criteria. The accepted ratios, the 1st ratio and the 2nd ratio were analyzed process capability accordingly.

4.2 Analysis results of process capability – after the mean of the 1st ratio (4:96) and the mean of the 2nd ratio (6:94) were analyzed, short term process capability analysis was performed using actual process capability index (Cpk) to find out the process capability that shall meet the requirements of the product standards to ensure the experimental results are more precise.

4.2.1 Analysis results of process capability using Cpk value for the 1st ratio (4:96) according to the standard requirements of nonwoven fabrics are shown in the following figures:

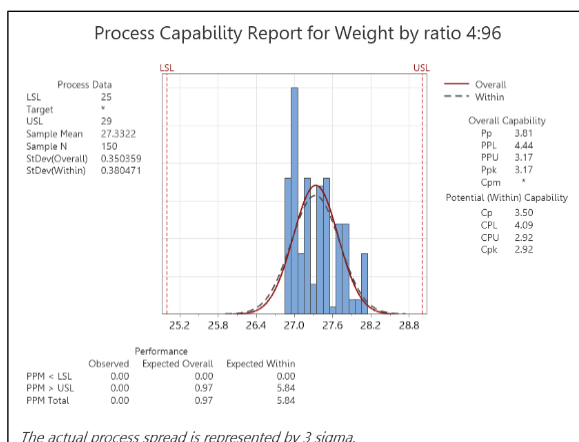


Figure 1 shows Cpk value for the 1st ratio 4:96 according to weight property of nonwoven

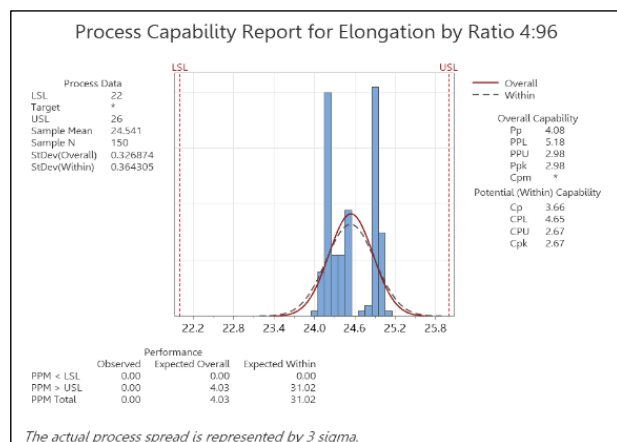


Figure 2 shows C_{pk} value for the 1st ratio 4:96 according to Tensile Strength property of nonwoven fabrics.

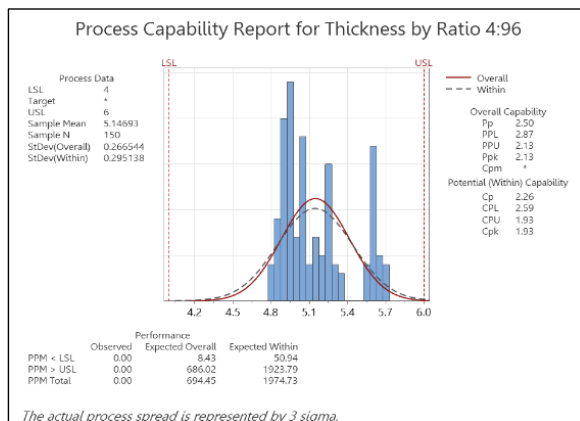


Figure 3 shows Cpk value for the 1st ratio 4:96 according to Elongation property of nonwoven

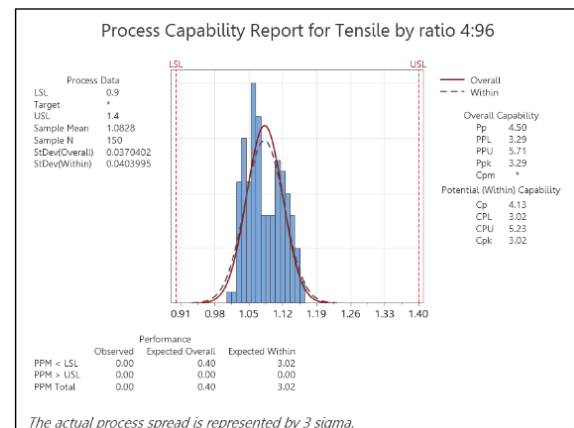


Figure 4 shows Cpk value for the 1st ratio 4:96 according to Thickness property of nonwoven fabrics.

Figures 1-4 show the nonwoven fabric process having the mixing ratio between polyester scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric at the ratio of 4:96. Total average Cpk value from 5 times experiments based on 30 experimental data sets found the weight was 2.92, tensile was 2.67, elongation was 1.93, and thickness was 3.02. It can be described that if $Cpk > 1$ or greater than 1.33, [16] the process is capable or has natural variation. Considered the average variation, the process is at the center of the requirement standards, meaning the manufacturing process meets manufacturing standards.

4.2.2 Analysis results of process capability using Cpk value for the 2nd ratio 6:94 according to the standard requirements of nonwoven fabrics are shown in the following figures:

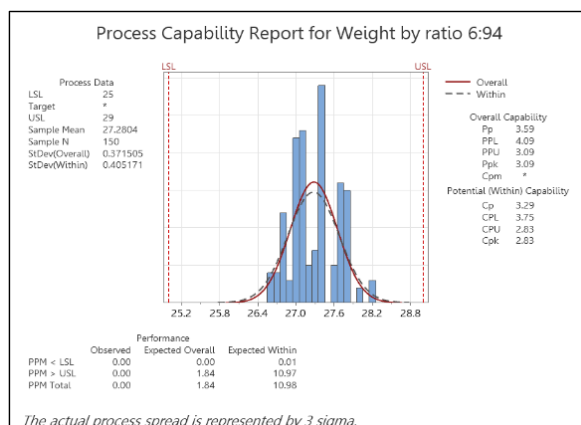


Figure 5 shows Cpk value for the 2st ratio (6:94) according to weight property of nonwoven fabrics

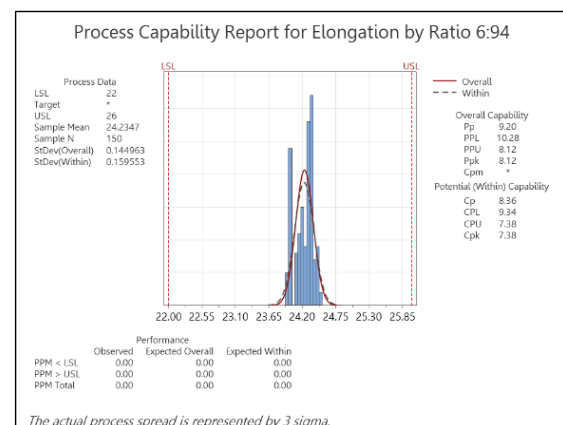


Figure 6 shows Cpk value for the 2st ratio (6:94) according to Tensile Strength property of nonwoven fabrics.

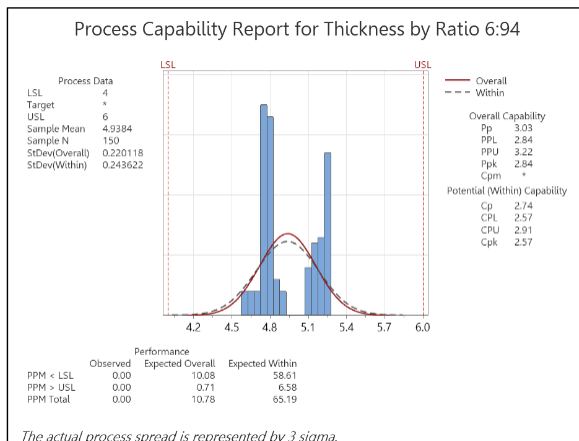


Figure 7 shows Cpk value for the 2st ratio 6:94 according to Elongation property of nonwoven fabrics.

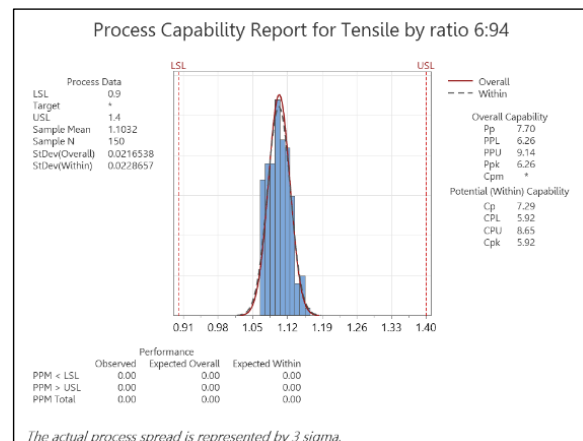


Figure 8 shows Cpk value for the 2st ratio 6:94 according to Thickness property of nonwoven fabrics.

Figures 5-8 show the nonwoven fabric process having the mixing ratio between polyester fiber scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric at the ratio of 6:94. Total average Cpk value from 5 times experiments based on 30 experimental data sets found the weigh was 2.83, tensile was 7.38, elongation was 2.57, and thickness was 3.02. It can be described that if $Cpk > 1$ or greater than 1.33, the process is capable or has natural variation. Considered the average variation, the process is at the center of the requirement standards, meaning the manufacturing process meets manufacturing standards.

4.3 Experimental results and the optimal mixing ration between polyester fiber scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric, based on data collection after the improvement according to the 1st ratio and the 2nd ratio are shown in Figure 9.

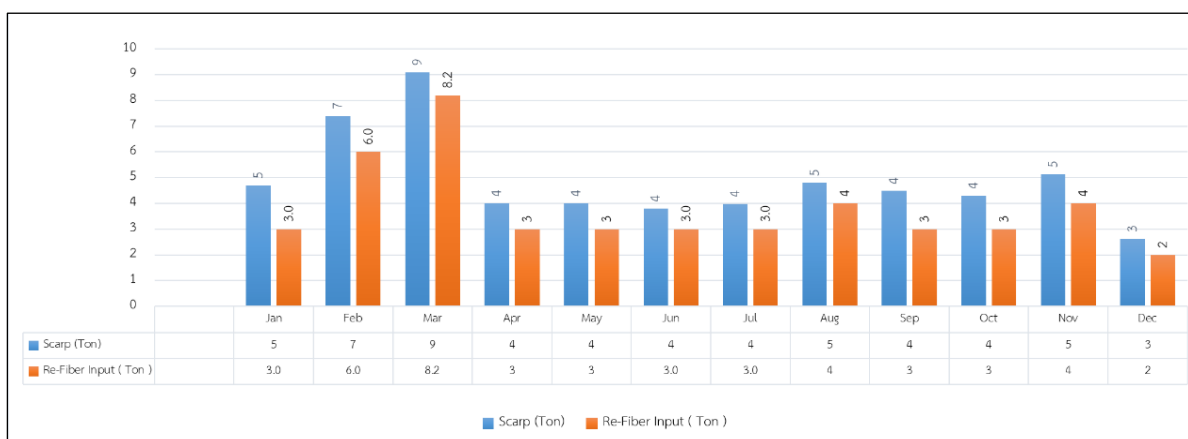


Figure 9 shows the quantity of polyester fiber scraps left over from the manufacturing process and the quantity that can be reused.

From Figure 9, after the manufacturing process was improved and the data in the period of 12 months were studied, it was found that there were 58 tons of polyester fiber scraps left over from the manufacturing process and 45 tons were reused or accounted for 77.58% of the polyester fiber scraps left over from the manufacturing process. Efficiency of the manufacturing process measured by yield (%) is shown in Figure 10.

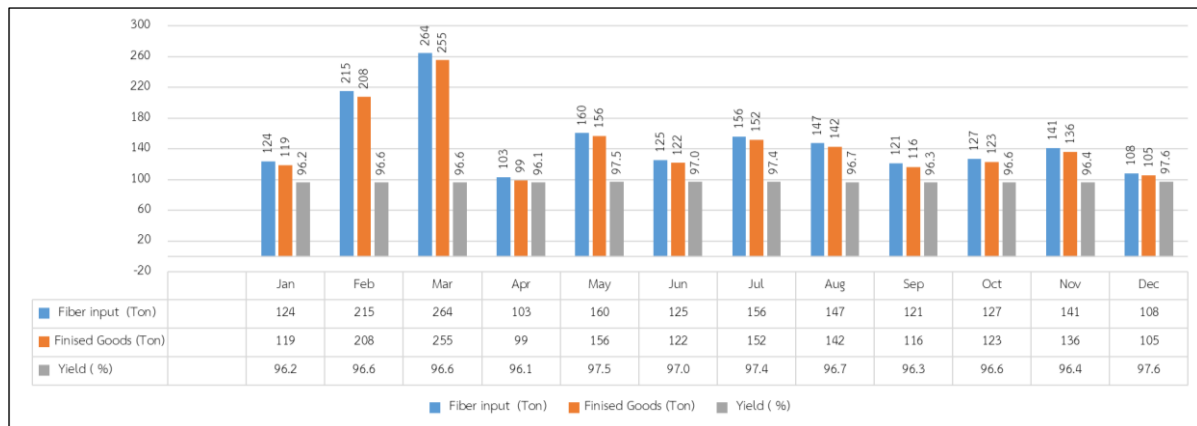


Figure 10 shows efficiency of the manufacturing process measured by yield (%) in the period of 12 months.

From Figure 10, after the nonwoven fabric manufacturing process was improved, showing efficiency of the manufacturing process measured by yield (%) in the period of 12 months, there were 1,792 tons of 100%

5. Conclusion and Discussion

The research aimed to study the optimal mixing ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabrics. Independent variable was the ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabrics. Dependent variable was properties of nonwoven fabric according to Thai Industrial Standard Test Methods for Textiles Number 121 (parts 12, 16, 17 and 24). In the test, there were 4 sets of ratios, i.e. 4:96, 6:94, 8:92 and 10:90). Conclusion and discussion of experimental results are shown below:

5.1 Conclusion

According to the analysis results of the means, the optimal ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric, 4:96, had the total average weight equal to 27.5 grams per square meter, thickness equal to 1.07 millimeters, tensile equal to 25.85 newton meters, and polyester fabrics and 1,733.70 tons were used in the manufacturing process or the yield of 96.7% of the manufacturing process efficiency. Therefore, the manufacturing process was accepted after improvement had been made elongation equal to 5.05 newton meters, meeting the requirements in every test result.

According to the analysis results of the means, the optimal ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric, 6:94, had the total average weight equal to 27.9 grams per square meter, thickness equal to 1.10 millimeters, tensile equal to 24.41 newton meters, and elongation equal to 4.40 newton meters, meeting the requirements in every test result.

According to the analysis results of the means, the optimal ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric, 8:92, had the total average weight equal to 28.20 grams per square meter, thickness equal to 1.37 millimeters, meeting the requirements, but tensile equal to 21.89 newton meters and elongation equal to 3.61 millimeters, did not meet the requirements. Therefore, the 8:92 ratio was not suitable due to decreased tensile and elongation.

According to the analysis results of the means, the optimal ratio between polyester fabric scraps left over from the manufacturing process and 100% polyester fabric, 10:90, had the total average weight equal to 29.21 grams per square meter, thickness equal to 1.33 millimeters, tensile equal to 21.64 newton meters and elongation equal to 3.65 millimeters, which did not meet the requirements, except for the weight. Therefore, the 10:90 ratio was not suitable due to decreased thickness, tensile and elongation.

The analysis results of process capability after the analysis results of the means of the 1st ratio (4:96) showed total average Cpk value of the weight equal to 2.92, tensile equal to 2.67, elongation equal to 1.93 and thickness equal to 3.02. The 2nd ratio (6:94) showed total average Cpk value of the weight equal to 2.83, tensile equal to 7.38, elongation equal to 2.57 and thickness equal to 3.02, indicating that the process was capable or had natural variation.

5.2 Discussion

According to the study on the optimal mixing ration between polyester fabric scraps and 100% polyester fabric: a case study of nonwoven fabric manufacturer in Rayong province, Thailand, weight, thickness, tensile and elongation properties were tested in accordance with Thai Industrial Standard Test Methods for Textiles Number 121 (parts 12, 16, 17 and 24), Thailand Textile Institute. There is consistency with test methods in a study conducted by Pongsaroge Nimmannorraluk, Pairust Vongyuttakrai and Thanarat Tavattana (2013) on A Study on Waste Reduction Through Machine Adjustment and Ratio Formulation in Nonwoven Fabric Material Production, which the same standards were used. The experimental results based on the 4:96 ratio and 6:94 ratio revealed the properties consistent with the manufacturing process standards but the 8:92 ratio indicated that tensile and elongation properties were not compliant with the manufacturing process standards. The 10:92 ratio revealed weight, tensile, and elongation properties were not compliant with the manufacturing process standards. [3] This is consistent with a study conducted by Jaroenyot R., Anuntaranachai S., Sujittamakul P. (2015) to study of the qualification of polymer mixed glass fiber for the material of the windwheel produced the electric current. The test pieces were made in 70:30, 60:40 and 50:50 ratio respectively and those were tested for tensile strength, flexural strength, hardness and attrition resistance. Results indicated that glass fiber-reinforced polyester wrapped with ceramic fiber-reinforced epoxy at 70:30 compositions contained the best mechanical properties. [18]

6. Acknowledgement

This research was successful with the cooperation and support from a lot of persons.

The researcher would like to extend gratitude to Asst. Prof. Dr. Sudasawan Ngammongkolwong, Dean of Faculty of Digital Technology and Innovation, Southeast Bangkok University who gave good advice and support in every step for conducting the research.

The researcher would like to express thankfulness to Dr. Sojiluk Kamonsakdavikul, Director of Research and Academic Services Office, Southeast Bangkok University who gave good advice and how to conduct research documents.

The researcher would like to thank the case study company for the warm welcome and permission to the researcher to visit the company as the data source of this research as well as support given until the research was completely successful.

The researcher would like to thank the secretary and officers of Faculty of Digital Technology and Innovation, Southeast Bangkok University for the communication, coordination, and facilities provided.

Lastly, the researcher would like to thank Southeast Bangkok University for the support and research funding.

References

- [1] Department of Industrial Works Ministry of Industry, Industrial Data and Digital Center, “*Number of workers in textile and garment factories (accumulation)*,” [Online]. Available: <https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.1574.1.0.html>. [Accessed: June 25, 2022].
- [2] Textile Industry Development Institute, Situation of Thai Textile and Garment Industry, Industrial Data and Digital Center. “*Textile Industry Development Institute: 2020*,” [Online]. Available: <https://www.thaitextile.org/th/insign/detail.2000.11.0.html>. [Accessed: June 25, 2022].
- [3] P. Nimmanorraluk, P. Vongyuttakrai, T. Tavattana. “A Study on Waste Reduction Through Machine Adjustment and Ratio Formulation in Nonwoven Fabric Material Production,” *Journal of Industrial Studies*, vol.7, no.2, pp. 33-41, 2013.
- [4] S. Saikaew, S. Wiengwiset, A. Sriboonruang. “Improving the Properties of Sand Molds in the Iron Casting Industry Using Mixture Experiments,” *KKU Research Journal*, Vol. 16, No.2, pp. 169-78, 2011.
- [5] S. Kaewploy, K. Boonseng. “Design of Experiment for Evaluating the Optimal Condition in Drying Process of Rubberwood,” *KKU Research Journal*, vol.19, no.2, pp. 84-92, 2014.
- [6] S.R. Nadupuru, R.K. Jain, D.A. Joshi and R. Menon. “Experimental Analysis using Polypropylene, Polyester and Waste Denim Fiber in Road Construction,” *International Conference on Recent Advances in Engineering Materials*, vol.66, no.4, pp. 2363-2369, 2022.
- [7] Y. Gong, J. Song, H. Bi and Z. Tian. “Optimization Design of the Mix Ratio of a Nano-TiO₂/CaCO₃-Basalt Fiber Composite Modified Asphalt Mixture Based on Response Surface Methodology,” *Journal: Applied Sciences*, vol.10, no13, pp.1-24, July 2020.

-
- [8] P.P. Pichardo, G.M. Barrera, M.M. López, F.U. Núñez and J.M. Laredo. "Recovery of Cotton Fibers from Waste Blue-Jeans and its use in Polyester Concrete," *Construction and Building Materials*, vol.177, pp.409-416, 20 July 2018.
- [9] B. Mirbaha, A.A. Kordani, M. Zarei and A. Zarei. "Experimental Determination of the Optimum Percentage of Asphalt Mixtures Reinforced with Nano-Carbon Black and Polyester Fiber Industries," *Engineering Solid Mechanics*, vol. 5, no.4, 2017, pp. 285-292, 2017.
- [10] Thai Industrial Standards Institute. Office Industrial Product Standards, Ministry of Industry. "*Standard Document Industry 121:1979*," [Online]. Available: https://www.tisi.go.th/website/standardlist/list_measures. [Accessed: June 25, 2022].
- [11] Thai Industrial Standards Institute. Office Industrial Product Standards, Ministry of Industry. "*Industrial product standards Woven Fabrics-Determination of Mass per Unit Length and Mass per Unit Area TIS.121 Volume 12:2010*," [Online]. Available: http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS121_12-2553.pdf. [Accessed: June 25, 2022].
- [12] Thai Industrial Standards Institute. Office Industrial Product Standards, Ministry of Industry. "*Industrial product standards Tensile Properties of Fabrics -Determination of Maximum Force Using the Grab Method TIS.121 Volume 16:2010*," [Online]. Available: http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS121_16-2553.pdf. [Accessed: June 25, 2022].
- [13] Thai Industrial Standards Institute. Office Industrial Product Standards, Ministry of Industry. "*Industrial product standards Determination of Tear of Fabrics Using Constant Rate of Extension Testing Machine TIS.121 Volume 17:2010*," [Online]. Available: http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS121_17-2553.pdf. [Accessed: June 25, 2022].
- [14] Thai Industrial Standards Institute. Office Industrial Product Standards, Ministry of Industry. "*Industrial product standards Thickness of Fabrics TIS.121 Volume 24:2010*," [Online]. Available: http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS121_24-2553.pdf. [Accessed: June 25, 2022].
- [15] D.C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons Inc, New York, 2005.
- [16] B. Ramakrishnan, P.M. Sandborn Pecht, *Process Capability Indices and Product Reliability*, Microelectronics Reliability. 2001.
- [17] J. Sabseeree, Quality Production, Technology Promotion Association (Thailand-Japan): 2007. "*Process Capability Analysis*," [Online]. Available: https://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/fq121_p56-59.pdf. [Accessed: Dec. 5, 2022].
- [18] R. Jaroenyot, S. Anuntaratanchai, P. Sujittamakul., Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi: 2015. "*The Study of the Qualification of Polymer Mixed Glass Fiber for the Material of the Windwheel Produced the Electric Current*" [Online]. Available: <https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2558/2558240240238.pdf>. [Accessed: Dec. 18, 2022].

THE OPTIMUM DESIGN OF THE JIB CRANE BY USING FINITE ELEMENT METHOD

Picha Panmongkol¹, Wasan Leelatanaroek² and Noppakorn Phuraya^{3*}

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University, Thailand^{1,2}

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University, Thailand³

Corresponding author email: picha.p@windowslive.com¹, wasanphae@gmail.com²,

noppakorn.phu@mahidol.edu³

Received: November 20, 2023

Revised: December 23, 2023

Accepted: December 27, 2023

Abstract

In this experiment, the Finite Element Method (FEM) is employed to simulate von Mises Stress, Displacement, and the Factor of Safety (FOS) across three variations of a swing jib crane. The first variation, referred to as Type-1, incorporated a 12t mm stiffener plate and is characterized by the dimensions H150×150×7×10 mm. The second variation, Type-2, is designed without a stiffener plate and has identical dimensions to Type-1: H150×150×7×10 mm. The third and final variation, Type-3, is similar to Type-1 in its use of a 12t mm stiffener plate but differs in its dimensions, which are H100×100×6×8 mm. This study analyzes these three types of swing jib cranes through simulation and statistical evaluation to identify the optimal design in terms of engineering excellence and cost-effectiveness. The distribution of von Mises Stress and displacement within the jib crane structures are investigated, revealing critical stress concentrations at the bolt holes. However, maximum stress levels remained below yield stress thresholds for all crane types. The factor of safety analysis indicates that the Type-3 jib crane is the most optimal, with a Factor of Safety value of 1.5, exceeding recommended standards. Moreover, considering the mass weight and fabrication cost, the Type-3 jib crane is the most cost-effective choice and helps reduce cost by up to 10%. The statistical significance established through ANOVA reveals the significant impact of design on stress distribution, displacement, FOS, and mass weight. Therefore, the Type-3 jib crane is suggested as the most optimal choice for fabrication. A successful load test of the Type-3 jib crane verifies its performance and matches simulated test results.

Keywords: Crane design, Structure analysis, Simulation, Finite Element, Jib Crane.

1. Introduction

Due to rapid growth in the manufacturing and engineering industry there has been an increased need for equipment to support production line processing. Amongst these pieces of equipment, the crane is of utmost importance. The utilization of cranes in various industries can lead to improved safety and

ergonomics. Cranes can provide adjustable heights, omnidirectional movement capabilities, and quick loading of materials. These innovative cranes have the potential to minimize the risk of injury while simultaneously enhancing the efficiency and cost-effectiveness of tasks. In particular, jib cranes have gained significance in the industry due to their flexibility in providing lifting solutions within limited spaces.

To remain competitive in this market, companies must consider both the safety of use and the cost of purchasing cranes as top priorities when formulating market strategies. The application of Finite Element Analysis (FEA) has emerged as a powerful tool that can be applied to the study and design of jib cranes [1-7]. Finite Element Analysis enables engineers to comprehensively investigate the structural behavior of cranes under various loading conditions [8-14]. This facilitates the assessment of factors such as stress distribution, displacement, and factor of safety. Potential weaknesses can be identified and addressed by simulating real-world scenarios, resulting in a more robust and efficient crane design process.

This study aims to investigate three potential crane designs based on standard ISO 8686-1 and ISO/TR 25599:2005 [15-16], including the various aspects related to the analysis and design of jib cranes using the Finite Element Method. By conducting thorough simulations and analyses, our goal is to enhance and optimize some of the various factors considered for a crane design. This involves ensuring that for the optimal design, the jib crane can effectively handle operational requirements while satisfying the following objectives: maintaining safety standards and optimizing cost by using lightweight [6], cost-effective components suitable for the fabrication of the jib crane.

2. Methodology

Modeling of the Jib cranes used in the experiments.

The dimensions of the jib cranes were determined with consideration for the functionality, usability, and comfort of the worker. The modeling of the jib cranes used in the experiments was performed using the 3D modeling software SolidWorks (version 2018), to generate high-fidelity 3D models [3]. The models were designed with the objective of achieving high safety factor scores; each model was designed to have a safety factor greater than 1.25 [15], based on the general recommendation for a safety factor between 1.25 and 2.0 [15]. Each model was designed also to use lightweight, cost-efficient materials and components. Therefore, the goal of these experiments was to analyze these designs and configurations through Finite Element Analysis and to ensure their structural integrity before the fabrication process. Here is a brief summary of each type of jib crane in this experiment:

1) Type-1 Jib Crane (dimension and 3D model shown in Figure 1)

- Column Beam: H-beam 150×150×7×10 mm.
- Swing Arm Beam: H-beam 150×150×7×10 mm with a 12 mm stiffener plate installed at the top of the beam.

2) Type-2 Jib Crane (dimension and 3D model shown in Figure 2)

- Column Beam: H-beam 150×150×7×10 mm.
- Swing Arm Beam: H-beam 150×150×7×10 mm without a stiffener plate.

3) Type-3 Jib Crane (dimension and 3D model shown in Figure 3)

- Column Beam: H-beam 150×150×7×10 mm.
- Swing Arm Beam: H-beam 100×100×6×8 mm with a 12 mm stiffener plate installed at the top of the beam.

Once the 3D models were generated, a Finite Element Analysis was conducted. This analysis aimed to thoroughly examine the structural framework of the cranes and ensure favorable outcomes for the subsequent fabrication process.

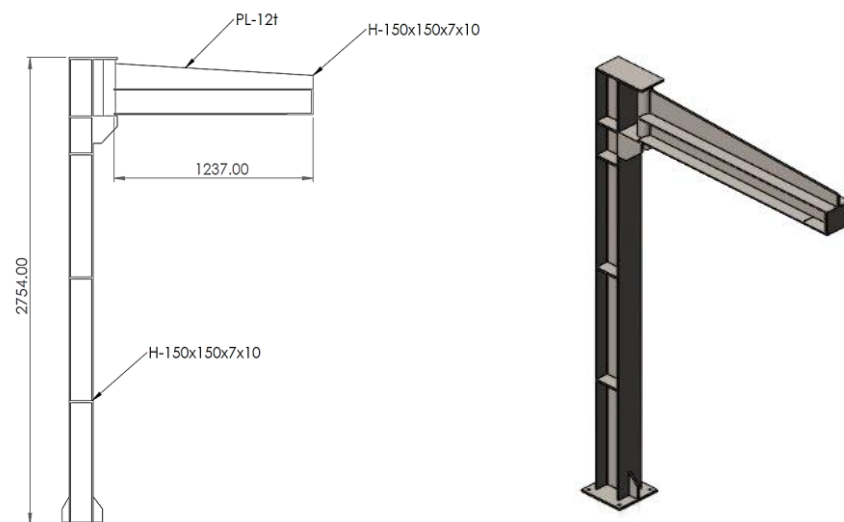


Figure 1 Type-1 Jib Crane; Swing arm beam H-beam 150×150×7×10 mm with a stiffener plate 12t mm.

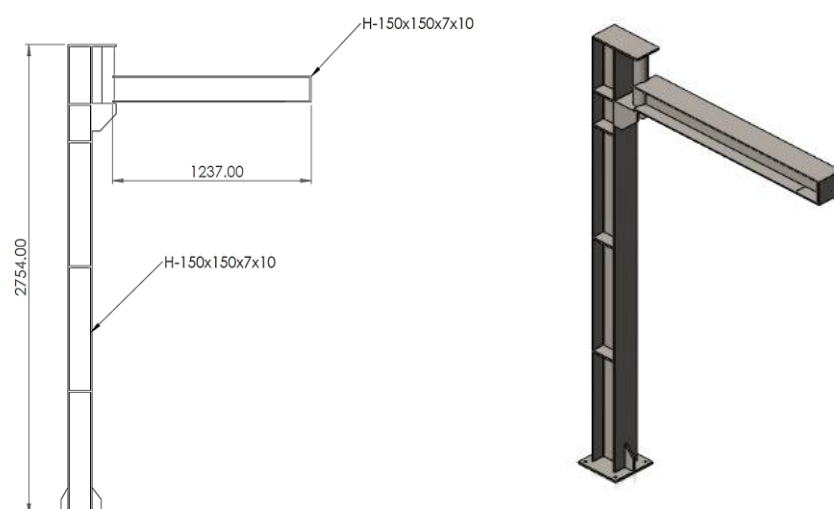


Figure 2 Type-2 Jib Crane; Swing arm beam H-beam 150×150×7×10 mm without a stiffener plate.

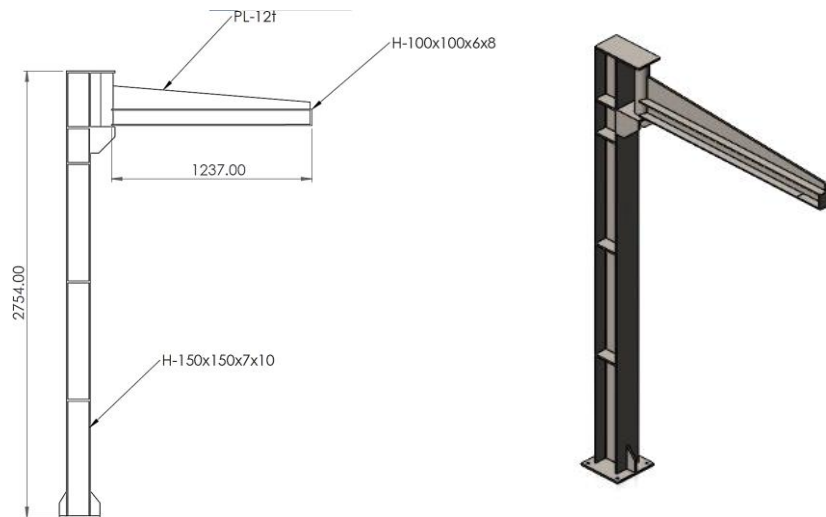


Figure 3 Type-3 Jib Crane; Swing arm beam H-beam 100x100x6x8 mm with a stiffener plate 12t mm.

3. Design and Calculations

The steel design method and standard steel design code were based on the American Institute of Steel Construction (AISC) standards. This design process included calculations for the vertical centroid using formula (1), and moment of inertia for the section of beam using formula (2). The summarized results of these calculations are presented in Table 1.

- 1) Calculating the vertical (y) centroid of a multi-segment shape:

$$y = \frac{\sum yiAi}{\sum Ai} \quad (1)$$

Where: A_i = The individual segment's area

yi = The individual segment's centroid distance from a reference line or datum

- 2) Calculating the Moment of Inertia of a Beam Section:

$$I_{total} = \sum (I_i + A_i d_i^2) \quad (2)$$

Where: I_i = The moment of inertia of the individual segment about its centroid axis

A_i = The area of the individual segment

d_i = The vertical distance from the centroid of the segment to the Neutral Axis (NA)

Table 1 The results are summarized by Centroid, Moment of inertia, and Modulus of section.

Jib Crane (Swing arm beam)	Centroid (y) (mm)	Moment of Inertia (mm ⁴)
Type – 1 with stiffener	100	2,939
Type – 2 without stiffener	75	1,641
Type – 3 with stiffener	81	1,108
H-beam 100x100x6x8 mm.	50	383

After analyzing the results (Table 1), it was evident that installing a stiffener plate to the upper section of the swing arm beam on the crane resulted in substantial increases to the moment of inertia of the beam for each type that had a stiffener plate installed. This is apparent in the increase to the moment of inertia from the Type-2 crane to the Type-1 crane, having an increase of $1,298 \text{ mm}^4$. The Type-3 crane also saw a substantial increase when compared with the H-beam, seeing an increase of 725 mm^4 to the moment of inertia. These results are evidence that the addition of the stiffener plate lead to enhancements to the moment of inertia and also the vertical centroid position of the swing arm beam. The increase to the moment of inertia contributes to the heightened strength of the crane, leading to decreased deflection when subjected to various load conditions. The results obtained remained consistent throughout subsequent rounds of Finite Element Analysis.

4. Finite Element Method (FEM)

The jib crane is generally used for lifting heavy factory equipment and has a Safe Working Load (SWL) of 180 kg. Therefore, the intended combined load capacity for the jib crane is 260 kg when considering the design load (considering a safety factor of 1.25 [15]), which accounts for both the live load (190 kg) and the dead load (10 kg) of the crane's hoist chain. This ensures that the crane is designed to handle the combined weight of these loads safely. The structural framework of the jib cranes were studied using FEA for the three model types. All models were subjected to the same simulation conditions for consistency. The static load analysis of the jib crane models was conducted using the SolidWorks Simulation software (2018 version) to study von Mises stress, displacement, factor of safety, and mass weight. The models were treated as solid bodies with a solid body type. The geometry of the base plate was fixed, having all four faces constrained at the bolt hole used for anchor bolt connections to a concrete foundation. This condition of the actual installation is shown in Figure 4(A). The analysis type was set to static, and a standard solid mesh was applied, utilizing four Jacobian points and an element size of 20.9942, 20.3128, and 19.8283 mm, respectively. The tolerance is configured at 1.04971, 1.01564, and 0.991417 mm, respectively. The mesh quality plot indicates high quality; the models were comprised of 68,728, 66,607, and 69,442 nodes and 34,590, 33,438, and 34,872 elements, respectively, and the maximum aspect ratio was 13.887, 20.058, and 20.476, respectively; the created mesh is shown in Figure 4(B). The model and physical jib crane were fabricated using AISI 1015 Steel, known for its $3,314.08 \text{ kg/cm}^2$ yield strength and $7,870 \text{ kg/m}^3$ mass density. At the end point of the swing arm beam, a perpendicular force of 260 kgf was applied (the Safe Working Load of the jib crane is 180 kg). The model considered the earth's gravity to be 9.81 m/s^2 and was applied to each simulation, as shown in Figure 4(C).

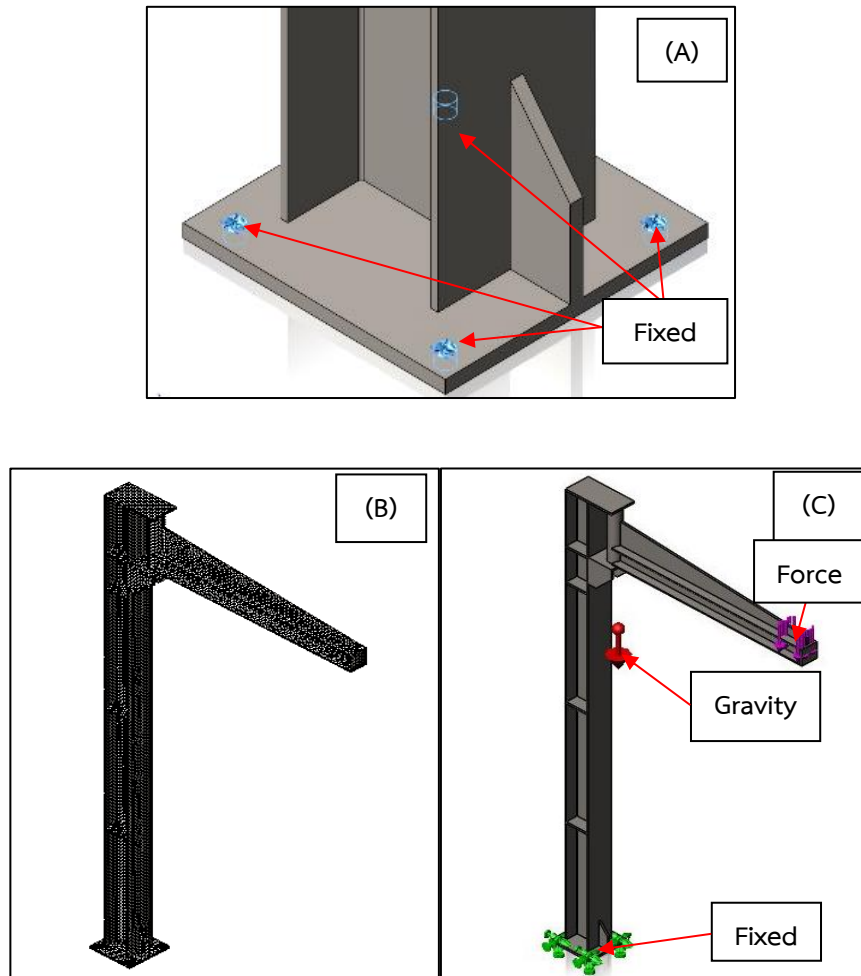


Figure 4 (A) Fixed geometry at the base plate, (B) Create mesh, and (C) Apply force.

5. Results and Discussion

The simulation results are summarized in Table 2, showing the distribution of von Mises Stress within the structural framework of the jib crane, along with the displacement distribution across the same structural framework, as shown in Figures 5-7. These results show that the highest von Mises Stress among all three jib crane types occurred at the base plate end. Further examination of this point revealed that the maximum von Mises Stress was concentrated at the bolt holes. However, it's worth noting that the maximum von Mises Stress value remained below the yield stress for all three types of jib cranes. The specific maximum von Mises Stress values for the three types were recorded as follows: 2375.89, 2297.46, and 2191.37 Kg_f/cm², respectively, as shown in Figure 8(A). Furthermore, it was observed that the highest displacement within all three types of jib cranes was located at the termination point of the swing arm beam. Notably, the Type-2 jib crane exhibited the most significant displacement, reaching a maximum value of 11.28 mm, as shown in Figure 8(B).

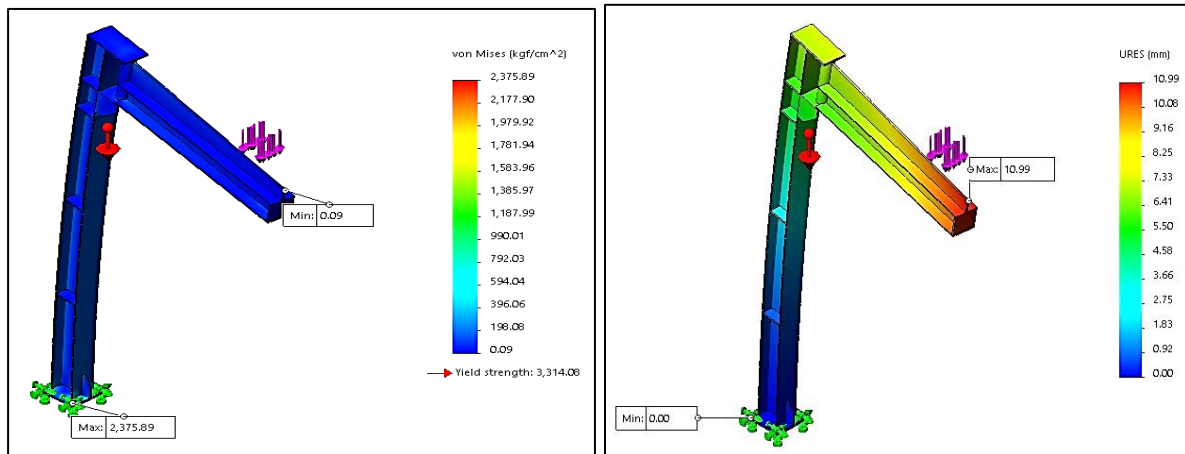


Figure 5 Jib Crane Type – 1; (Left) von Mises Stress, and (Right) Displacement.

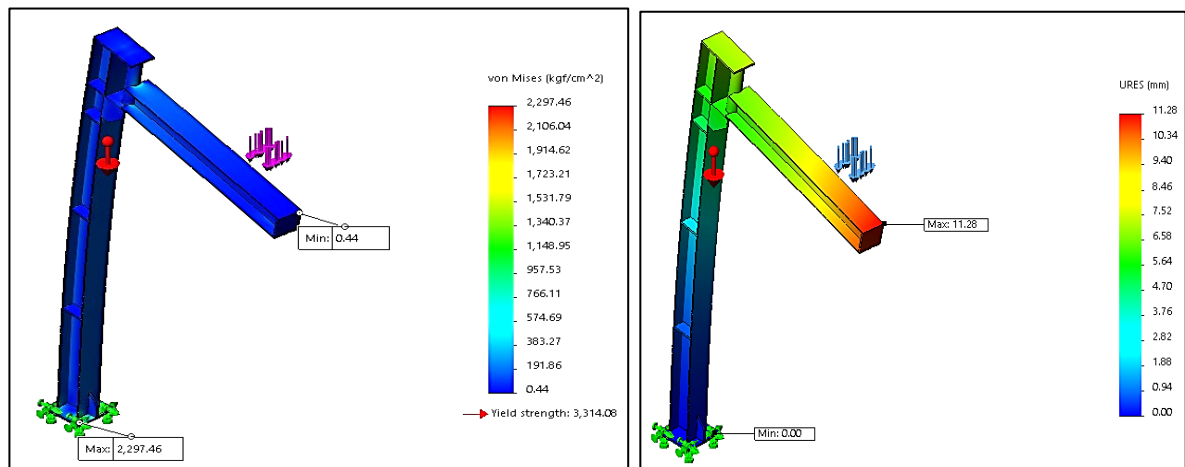


Figure 6 Jib Crane Type – 2; (Left) von Mises Stress, and (Right) Displacement.

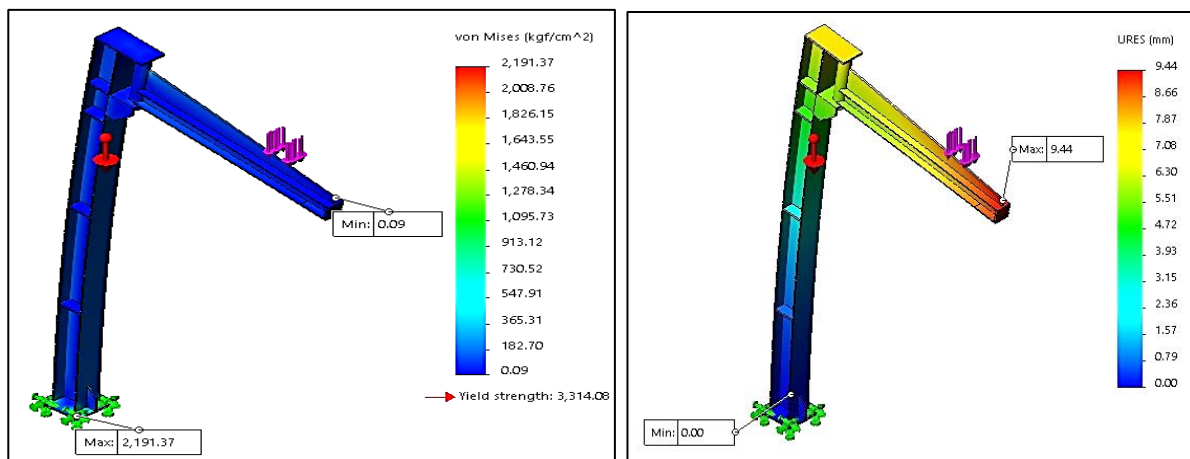


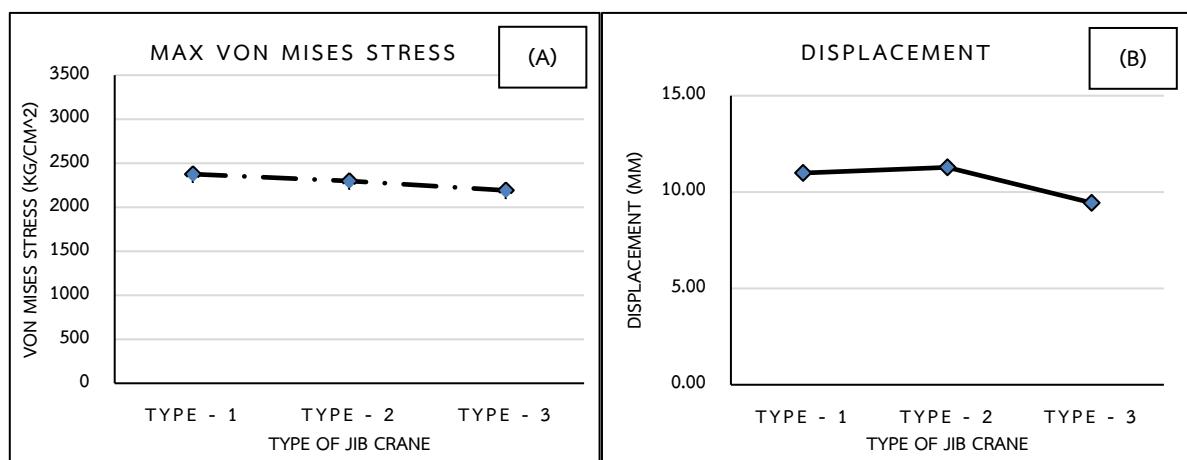
Figure 7 Jib Crane Type – 3; (Left) von Mises Stress, and (Right) Displacement.

Table 2 The results of Stress, Displacement, Factory of Safety, and Mass Weight are summarized.

Jib Crane	von Mises Stress (Kgf/cm ²)	Displacement (mm)	Factor of Safety (FOS)	Mass Weight (Kg.)
Type – 1	2375.89	10.99	1.39	154.0
Type – 2	2297.46	11.28	1.40	140.7
Type – 3	2191.37	9.44	1.50	140.2

When considering the factor of safety, the analysis indicated that the Type-3 jib crane displayed a favorable value of 1.5 FOS, making it the most optimal choice among the three types. This is in alignment with safety factor recommendations that suggest a minimum FOS of 1.2 [15], as shown in Figure 8(C). Considering both the mass weight of the jib crane and the direct cost of fabrication, it was determined that the Type-3 jib crane exhibited a lower mass weight in comparison to the other types. This reduction in mass weight contributed to a more affordable price for fabrication, making the Type-3 jib crane a cost-effective option, as shown in Figure 8(D).

The Type-3 jib crane utilized a swing arm beam constructed from an H-beam with the dimensions of 100×100×6×8 mm, significantly reducing weight per meter. This weight reduction contributes to an improved load-bearing capacity and is further enhanced by incorporating a 12 mm stiffener plate at the beam's upper section. This addition improves the moment of inertia and centroid of the swing arm beam. Increasing the Moment of Inertia increases the crane's strength, leading to reduced deflection under various loading conditions. Therefore, the Type-3 jib crane offers a favorable combination of structural integrity, safety, cost-effectiveness, and fabrication feasibility. However, before making a final decision, it's important to consider any additional project-specific requirements, specific operational considerations, and any other additional constraints that may not have been covered in the provided information.

**Figure 8** (A) Max Von Mises Stress, (B) Displacement, (C) Factor of Safety, and (D) Mass Weight.

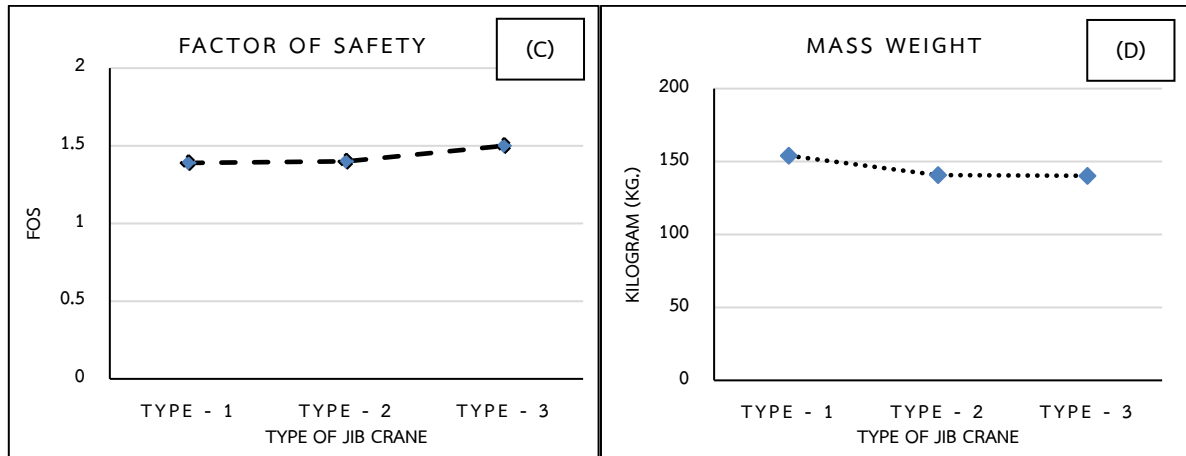


Figure 8 (A) Max Von Mises Stress, (B) Displacement, (C) Factor of Safety, and (D) Mass Weight.

The results presented in Table 3 indicate that when utilizing one-way analysis of variance (ANOVA) to assess the maximum von Mises Stress, Displacement, Factor of Safety, and mass weight across the three jib crane types, the p-value was less than 0.05 in the results for each type of jib crane. As can be seen from the results, the design of the jib crane has a significant impact on various aspects of the structural framework, including stress distribution, displacement, safety factor, and mass weight, which has optimal outcomes on both usability and the cost of fabrication. This underscores the importance of careful consideration of these factors when determining the type of jib crane to fabricate that satisfies project requirements. The statistically significant differences observed in the ANOVA results further support earlier recommendations of the Type-3 jib crane due to its balanced stress, safety, and cost-effectiveness.

Table 3 ANOVA: Single factor

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Max von Mises Stress	34117.3	3.0	11372.4	15163.3	6.6E-05	19.2
Displacement	3.9	2.0	1.9	12908.3	1E-06	9.6
Factor of Safety	0.0	2.0	0.0	63.5	0.004	9.6
Mass Weight	382.8	2.0	191.4	179.0	4E-06	5.1

After fabricating the Type-3 crane, performing a load test on the Type-3 jib crane was essential to validate its structural integrity and ensure that it performed as expected under real-world conditions. The load test, conducted with a 200 kg load (SWL 180 kg. x SF1.1), assessed how the crane responds to the applied load and confirmed that it meets safety and performance requirements; the real-world load test results found the Type-3 jib crane safe to use, as shown in Figure 9.



Figure 9 Shows the Type-3 Jib Crane; The actual load testing.

6. Conclusion and Recommendation

In summary, after performing simulations and analyzing the results for three different jib crane types, the results revealed that the Type-3 jib crane, with the 12 mm stiffener plate installed, offers the most optimal balance of structural integrity, safety, and cost-effectiveness. With optimal stress distribution, displacement (9.44 mm), and factor of safety (FOS1.5), this design also allows for a low cost for fabrication, reducing cost by up to 10%. These findings provide evidence, supported by statistical significance, that the Type-3 jib crane is the most optimal choice among the three tested for theoretical and practical consideration. Furthermore, this study shows that Finite Element Analysis is a powerful tool that can be used to study and design jib cranes before starting fabrication. This study showed the application of Finite Element Analysis in proving and testing a design and suggested an optimal jib crane design with favorable results. This study can serve as a guide for applying Finite Element Analysis to a potential crane design and in the fabrication of new designs. It aims to assist in achieving optimal designs that balance engineering excellence and cost-effectiveness, providing valuable insights for the industry to enhance efficiency and economic viability in engineering.

7. Acknowledgment

We would like to express our gratitude to Mr.Naris Sonprapai, Mr.Wissanu Pongkuntod, and Mr.Tanin Imarom of AEC INDUSTRIAL SERVICES Co., Ltd. for their valuable assistance in providing the necessary data and software including SolidWorks 2018 and SolidWorks static simulation, essential for the successful execution of this project and Mr. Joshua Beatty for assisting in the editing of the project report.

References

- [1] Naveen. A. Hanchate, Akhil. A. Deshpande, "Design and Analysis of Wall Mounted Jib Crane," *International journal of advances in engineering and management*, vol. 3, no. 6, pp: 1907-1916, June 2021.
- [2] M. Dhanoosha, V. Gowtham Reddy, "Detail Design and Analysis of A Free Standing I Beam Jib Crane," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 03, no.12, pp: 193-203, December 2016.
- [3] J. Shinde, et al., "Design and analysis of front axle using Solidworks simulation," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 09, no.5, pp: 3477-3483, May 2022.
- [4] M. Tiraraj, et al., "Modeling and Simulation of Straw Collector using Finite Element Method," *Maharakham International Journal of Engineering Technology*, vol. 6, no. 2, pp.75-79, July - December 2020.
- [5] Molnár, D., et al., "Structural design of a boom mounting of a mast type jib crane for handling sludge pumps," *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, vol.6, no.2, pp.1-6, 2022.
- [6] Li, Ang and Liu, Chusheng, "Lightweight design of a crane frame under stress and stiffness constraints using super-element technique," *Advances in Mechanical Engineering*, vol.9, no.8, no page. , August 2017.
- [7] Y. Fei, et al., "The Research of Finite Element Analysis Method about the Boom of Truck Crane," *Applied Mechanics and Materials* , vol. 148-149, pp.427-430, December 2011.
- [8] A. Candas and E. Kayaoğlu, "FEM and Experimental Stress Analysis of a Jib Crane," *Applied Mechanics and Materials* ,vol. 395-396, pp.877-880, September 2013.
- [9] C. Chen, et al., "The Finite Element Analysis of Tower Crane Safety Performance," *Applied Mechanics and Materials* ,vol. 405-408, pp.1135-1138, September 2013.
- [10] K. Ling Li, et al., "Fea Analysis for the Trunk Beam of the Portal Crane," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 529, pp.291-295, June 2014.
- [11] X. Xia Zhang, et al., "Nonlinear Analysis on Rigidly Attached Structure of the Luffing Jib Tower Crane," *Advanced Materials Research* , vol. 118-120, pp.429-433, June 2010.
- [12] X. Ma and X. Li Cheng, "Model Building of Finite Element Analysis Based on ANSYS of Column Jib Crane," *Advanced Materials Research*, vol. 462, pp.427-433, February 2012.
- [13] Z. Chi Liu, et al., "Finite Element Analysis and Structure Optimum Design of Lifting Padeye," *Advanced Materials Research* ,vol. 658, pp.399-403, January 2013.
- [14] I. Gerdemeli and S. Kurt, "Design and Finite Element Analysis of Gantry Crane," *Key Engineering Materials* ,vol. 572, pp.517-520, September 2013.
- [15] International Organization for Standardization, "ISO 8686-1:2012, *Cranes Design principles for loads and load combinations, Part 1: General*," [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/59417.html>. [Accessed: Feb. 27, 2020].
- [16] International Organization for Standardization, "ISO/TR 25599:2005, *Cranes, Jib cranes, International Standards for design, manufacturing, use and maintenance requirements and recommendations*," [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/59417.html>. [Accessed: Feb. 27, 2020].