



วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Science and Technology

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม-สิงหาคม 2566 Vol. 17 No. 2 May-August 2023 ISSN 2286-6175/ E-ISSN 2651-1738



นโยบายการจัดพิมพ์

วารสาร EAU Heritage เป็นวารสารราย 4 เดือน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียจัดพิมพ์ขึ้นเพื่อเผยแพร่ความรู้ในสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าและเปิดโอกาสให้นักศึกษา นักวิจัย คณาจารย์ ตลอดจนนักวิชาการทั่วไปทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานให้เป็นที่รู้จักต่อสาธารณชน และได้แลกเปลี่ยนความรู้ในวิทยาการด้านต่าง ๆ

บทความที่เสนอเพื่อตีพิมพ์

บทความที่เสนอเพื่อพิจารณาต้องเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ เรื่องที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ ผ่านกระบวนการพิจารณาถ้อยแถลงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาของบทความ เป็นการประเมิน Double Blind Review ที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน และต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาในวารสารอื่น ๆ (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง) บทความที่ได้รับการถ้อยแถลงจากผู้ทรงคุณวุฒิและทำการปรับแก้เรียบร้อยแล้ว จึงจะได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ลงในวารสารฯ

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับที่เสนอเพื่อพิจารณาลงตีพิมพ์ ต้องมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. พิมพ์ด้วยกระดาษ A4 ความยาวไม่เกิน 15 หน้า
2. รูปแบบตัวอักษรให้ใช้ TH SarabunPSK ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และขนาดของตัวอักษร หากเป็นชื่อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 20 หัวข้อต่าง ๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 และส่วนเนื้อหาทั่วไปใช้ตัวอักษรขนาด 15
3. รูปแบบการจัดหน้าและจัดแนวข้อความชัดเจน (ไม่ต้องปรับขวา)
4. เขียนชื่อ ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน และที่อยู่ของผู้เขียนอย่างชัดเจน โดยแยกออกจากส่วนต้นฉบับและบทคัดย่อ
5. มโนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษมาพร้อมกับบทความ โดยกำหนดความยาวของบทคัดย่อไม่เกิน 15 บรรทัด พร้อมทั้งกำหนดคำสำคัญ (key words) ไม่เกิน 6 คำ
6. แยกไฟล์ตาราง รูปภาพ ที่ประกอบในเนื้อหาบทความ และส่งมาพร้อมกับไฟล์บทความ

การอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

ในกรณีที่ผู้เขียนต้องการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลในเนื้อเรื่องให้ใช้วิธีการอ้างอิงแบบนามปี (APA) โดยระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ และเลขหน้าที่มีข้อมูลปรากฏอยู่ (ชื่อ นามสกุล, ปีพิมพ์, เลขหน้า) ตัวอย่างเช่น (ธวัชชัย สันติวงษ์, 2540, น. 142)

(Fuchs, 2004, p. 21)

ส่วนการเขียนรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ให้ใช้ระบบการอ้างอิงแบบ APA Style (6th edition) ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง มีดังนี้

1. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อหนังสือ* (ครั้งที่พิมพ์). เมืองที่พิมพ์:

สำนักพิมพ์หรือหน่วยงานที่พิมพ์.

ประคอง วรรณสุต. (2541). *สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์* กรุงเทพฯ: บรรณกิจ.

Sharp, W. F. (1985). *Investment* (3rd ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

2. ชื่อบทในหนังสือรายงานการประชุม

Hay, S. P. (1975). Political parties and the community-society continuum. In W. N. Chambers & W. D. Burnham (Eds.), *The American party systems Stage of political development* (2nd ed.). New York: Oxford university press.

สุไร พงษ์ทองเจริญ. (2539). สารสำคัญเกี่ยวกับการเรียนการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน่วยที่ 9). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

3. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. *ชื่อวารสาร*, ปีที่ฉบับที่, เลขหน้า.

สุจินต์ สิมารักษ์. (2550). หลากหลายปัญหาการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย. *วารสารเศรษฐกิจการเกษตร*, 27(2), 53-57.

4. หนังสือพิมพ์

ชื่อผู้แต่ง. (ปี, เดือน, วันที่). ชื่อบทความ. *ชื่อหนังสือพิมพ์*, หน้า.

ศรีสกุล สิวาพิระพันธ์. (2545, กรกฎาคม 11). จับทีวีใส่กระเป๋าทานอย่างไร?. *มติชน*, น. 19.

5. วิทยานิพนธ์

กอบกุล สรรพกิจจานง. (2541). *การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อการพัฒนา นโยบายการใช้อินเทอร์เน็ตสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย*. คุุณินิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. สารสนเทศจากอินเทอร์เน็ต

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่เผยแพร่เอกสาร). *ชื่อเรื่อง*. ค้นจาก (ระบุ URL ที่สืบค้นบนอินเทอร์เน็ต).

มานพ แก้วผกา. (2549). *เศรษฐกิจพอเพียงกับการค้าเสรีไปด้วยกัน ได้จริงหรือ*. ค้นจาก <http://www.ftawatch.org>

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่เผยแพร่เอกสาร). *ชื่อเรื่อง*. ค้นเมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี), จาก (ระบุ URL ที่สืบค้นบนอินเทอร์เน็ต).

Prizker, T. J. (1989). *An early fragment from central Nepal*. Retrieved from <http://www.ingress.com/-astranart/pritzker.html>

สถานที่ติดต่อ

ผู้สนใจเสนอบทความ สามารถติดต่อได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาคาร ขวน ขวนิชย์ ชั้น 4 ห้อง C423

200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์: 0-2577-1028 ต่อ 378

e-mail address: EAUHeritage_sci@EAU.ac.th,
EAU_Heritage@EAU.ac.th



วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Science and Technology

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม-สิงหาคม 2566 Vol. 17 No. 2 May-August 2023 ISSN 2286-6175/ E-ISSN 2651-1738

ความเป็นมา

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ISSN 2286-6175 เริ่มจัดพิมพ์ในปี พ.ศ.2550 เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ จนถึงปี พ.ศ.2559 ได้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มการออกเผยแพร่วารสารเป็นปีละ 3 ฉบับ (ราย 4 เดือน) และในปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2560) ได้มีการเปลี่ยนแปลง รูปแบบการผลิตวารสารจากตัวเล่มหนังสือเป็นการผลิตแบบ CD ในปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2561) ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตอีกครั้งหนึ่ง โดยผลิตเป็น Flash Drive และตั้งแต่ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 เป็นต้นไปได้ยกเลิกการผลิต Flash Drive โดยผู้เขียนสามารถสืบค้นเพื่ออ้างอิงหรืออ่านบทความได้ที่ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

ปัจจุบัน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index Center: TCI) โดยได้รับการรับรองคุณภาพจัดให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 1 จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2567 และเป็นวารสารที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่ฐานข้อมูล ASEAN Citation Index (ACI)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพของอาจารย์ประจำ บุคคลภายนอก ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษตรศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการแก่สังคม โดยสนับสนุนให้อาจารย์ประจำ และบุคคลภายนอกนำเสนอผลงานวิชาการในสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษตรศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

นโยบายการรับบทความ

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความยินดีรับตีพิมพ์บทความสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เกษศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เป็นภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ดังนี้

1. ผลงานวิชาการที่ส่งมาขอตีพิมพ์ต้องไม่เคยเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น

2. การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง กองบรรณาธิการ ขอสงวนสิทธิ์ในการรับหรือปฏิเสธบทความเข้าสู่กระบวนการประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ บทความจะได้รับการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชา จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ท่าน โดยเป็นการประเมินบทความที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน (Double Blind Review) ทั้งนี้บทความจากบุคลากรภายในจะได้รับการพิจารณาบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด และบทความจากบุคลากรภายนอกจะได้รับการพิจารณาบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกกับผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

3. ข้อความที่ปรากฏภายในบทความแต่ละเรื่องที่ดีพิมพ์ในวารสารเล่มนี้เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียนแต่ละท่านไม่เกี่ยวข้องกับกองบรรณาธิการ และคณาจารย์ท่านอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยแต่อย่างใด ความรับผิดชอบด้านเนื้อหา รูปภาพและการตรวจร่างบทความแต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน หากมีความผิดพลาดใด ๆ ผู้เขียนจะต้องรับผิดชอบบทความของตนเอง

4. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสาร

5. ผู้ประสงค์จะส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ สามารถส่งบทความออนไลน์ได้ที่ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

หากต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม สามารถติดต่อกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาคาร ชวน ชวนิชย์ ชั้น 4 ห้อง C423 เลขที่ 200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 02 577 1028 ต่อ 378 อีเมล eauheritage_sci@eau.ac.th

ผู้สนใจส่งบทความกรุณาอ่านรายละเอียดการส่งบทความ ซึ่งระบุไว้ใน <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

กำหนดการเผยแพร่

กำหนดออกเผยแพร่ราย 4 เดือน ปีละ 3 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1: มกราคม-เมษายน (กำหนดออก เมษายน)

ฉบับที่ 2: พฤษภาคม-สิงหาคม (กำหนดออก สิงหาคม)

ฉบับที่ 3: กันยายน-ธันวาคม (กำหนดออก ธันวาคม)

การจัดพิมพ์

เผยแพร่ฉบับออนไลน์ ที่ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

แหล่งผลิต

กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา	ดร.โชติรัส ขวณิชย์	อธิการบดี
บรรณาธิการ	ดร.กัญจน์ณิชา โภคอุดม	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นาผล ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา รองศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ แก้วปาน รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล รองศาสตราจารย์ ดร.บุญใจ ศรีสถิตนรากร รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชูติมาสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ขายเกลี้ยง รองศาสตราจารย์ ดร.เพลินทิพย์ ภูทองกิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร.บุญญพัฒน์ ไชยเมล์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งตะวัน สุภาพผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภฉัตร ธารีลาภ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา สุขศิลา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภา ไช้สละม อาจารย์อุบลรัตน์ ชนะโรค	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยทักษิณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ดร.จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ นางสาวนริศรา ทুমมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ออกแบบปก/ จัดรูปเล่ม	นางสาวนริศรา ทুমมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
พิสูจน์อักษรประจำฉบับ	ดร.จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ นางสาวนริศรา ทুমมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย



จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียน

1. ผู้เขียนต้องรับรองว่าผลงานที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน
2. ผู้เขียนต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
3. ผู้เขียนต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในผลงานตัวเอง รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงท้ายบทความให้ครบถ้วน
4. ผู้เขียนต้องเขียนบทความวิจัยให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน Template ของวารสาร
5. ผู้เขียนที่มีรายชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้เขียนที่มีส่วนร่วมในงานเขียนจริง ในกรณีที่เขียนบทความวิจัย ผู้เขียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง ทั้งนี้ ผู้เขียนที่ส่งบทความต้องตรวจสอบผู้เขียนให้ครบถ้วน ทางกองบรรณาธิการไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงชื่อภายหลังการส่งบทความ
6. หากผลงานทางวิชาการของผู้เขียนเกี่ยวข้องกับมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง ผู้เขียนควรดำเนินการตามหลักจริยธรรมโดยต้องปฏิบัติตามกฎหมาย และข้อบังคับ

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร

1. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ
2. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนและผู้ประเมินบทความแก่บุคคลใด ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
3. บรรณาธิการต้องตัดสินใจคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์หลังจากผ่านกระบวนการประเมินบทความแล้ว โดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหา กับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ
4. บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว
5. บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ เพราะความสงสัยหรือไม่แน่ใจ โดยต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยนั้น ๆ ก่อน
6. บรรณาธิการต้องไม่มีประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน ผู้ประเมิน และทีมบริหาร
7. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่เชื่อถือได้ เพื่อให้แน่ใจว่าบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารไม่มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น
8. หากตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้เขียนหลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจงประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลบางส่วนหรือทุกส่วนของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
2. หลังจากได้รับบทความจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ผู้ประเมินบทความที่ตระหนักว่าตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน เช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้เขียนเป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้ ผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบ และปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ
3. ผู้ประเมินบทความ ควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้น ๆ คุณภาพของการวิเคราะห์และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
4. ผู้ประเมินต้องระบุผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมินที่ผู้เขียนไม่ได้อ้างถึงเข้าไปในการประเมินบทความด้วย นอกจากนี้ หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนหรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบด้วย



ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ

ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา
รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล
รองศาสตราจารย์ พ.ท.หญิง ดร.สุวิมล เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา
รองศาสตราจารย์ ดร.อารยา ประเสริฐชัย
รองศาสตราจารย์ ดร.สงกรานต์ วิริยะศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวร ชูสง
รองศาสตราจารย์ ดร.สุมัทนา กลางคาร
รองศาสตราจารย์ ดร.ชลธิ โพธิ์ทอง
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิธ เจริญใจ
รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม สร้อยวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ เตชะอุดมเดช
รองศาสตราจารย์ ดร.เขมิกา ลมไธสง
รองศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา สุพรรณกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.แอนน์ จิระพงษ์สุวรรณ
รองศาสตราจารย์ ดร.วรพันธ์ คู่สกุลนิรันดร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปาหนัน พิชยภิญโญ
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี รอดจากภัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนัญชิตาคุษฎ์ ทูลศิริ
รองศาสตราจารย์ สุธิดา เลชะวัฒนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา สุขศิลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์ ศรีสุราษฎร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยะ เอนก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยรัตน์ แสงจันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ เกิดลาภ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภา ไช้สละม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ รัตนภรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติยา วงษ์ขันธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวรรณ ธนวิรุฬห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยนครพนม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาริก สุรินตะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงเยาว์ มีเทียน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญย์พัชญา กะลัมพะเหติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิจ คชอนันต์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษบา สมใจวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงมัญชุมาส มัญจาวงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ริมเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ศรีสุจริตพานิช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ สนธิจันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรางคนา ระวีงยศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรางณี อยู่ศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนันชัย คำเกตุ
ดร.บรรณทวารณ หิรัญเคราะห์
ดร.รัชกฤษ ธนพัฒน์ดล
ดร.ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยพะเยา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จักรีรัช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
มหาวิทยาลัยศิลปากร



บทบรรณาธิการ

สวัสดี ท่านผู้อ่าน ผู้นิพนธ์ และนักวิชาการทุกท่าน วารสารวิชาการ EAU Heritage ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้าสู่ฉบับที่ 2 ของปีที่ 17 ซึ่งมีกำหนดเผยแพร่ในเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2566 โดยในฉบับนี้ มีบทความจำนวนทั้งสิ้น 19 บทความ ซึ่งทุกบทความล้วนเป็นบทความที่มีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจ อันประกอบด้วยบทความวิชาการจำนวน 4 บทความ ได้แก่ แบบจำลองสุขภาพเพื่อการวินิจฉัยและประโยชน์จากการสนทนาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงผ่านการแพทย์ทางไกล ภัยแก๊งคอลเซ็นเตอร์จากอาชญากรรมทางเศรษฐกิจสู่อาชญากรรมทางเทคโนโลยี ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรกชนิดมีตัวรับเอสโตรเจนเป็นบวกและการดูแลตนเอง การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ: แนวทางการออกแบบแผนภูมิและกราฟ

ในส่วนของบทความวิจัย มีจำนวน 15 บทความ ซึ่งเป็นบทความทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากหลายศาสตร์ อาทิ การพยากรณ์การขนส่งทางอากาศจากอากาศยานแต่ละประเภทด้วยวิธีผสมผสาน การประยุกต์ใช้แนวทางคิวซีสตอรีในการปรับปรุงเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตหลังคามัลชีทแบบมีฉนวนพียูโฟม การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท SBA-15 เพื่อดูดซับสีย้อม แพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ การศึกษาลายนิ้วมือแฝงที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือทั่วไปจากการปิดผงฝุ่นแม่เหล็ก

ท้ายเล่มเป็นบทความแนะนำหนังสือจากอาจารย์ประจำภาควิชา กุลลัมรัตน์ชัย อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ซึ่งท่านได้แนะนำหนังสือเรื่อง “ฝึกสมองให้มองแต่ความสุข” ผู้แปลคือ กิษรา รัตนภิรัต คุโด แปลมาจากต้นฉบับเรื่อง “(Zukai) Kofuku ni Naru Sugoi Nou Tsukaikata” ผู้แต่ง คือ เคนอิจิโร่ โมจิ (Kenichiro Mogi) นักวิชาการด้านสมองและนักวิจัยอาวุโสของ Sony Computer Science Laboratories หนังสือเล่มนี้นำเสนอแนวทางในการเปลี่ยนความกังวลเป็นความหวัง เปลี่ยนความเครียดเป็นพลังบวก ด้วยเทคนิคการฝึกสมองให้มีความสุข ด้วยคำแนะนำในการสร้างนิสัยให้สมองมองเห็นแต่ความสุขผ่านกิจวัตร 40 ประการ

สุดท้ายนี้ กองบรรณาธิการขอให้ท่านผู้อ่าน ผู้นิพนธ์ และนักวิชาการทุกท่าน มีสุขภาพพลานามัยที่แข็งแรงปลอดภัยจากโรคภัยไข้เจ็บทั้งปวง แล้วพบกันใหม่ในฉบับที่ 3 ของปี 2566 ค่ะ

บรรณาธิการ

สารบัญ

Academic Articles

- 1 ■ Digital Health: The Future Model of Detection and the Benefits of Behaviour Change Conversations to Improve Hypertension via Telemedicine
แบบจำลองสุขภาพเพื่อการวินิจฉัยและประโยชน์จากการสนทนาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ผ่านการแพทย์ทางไกล
Athiwat Purisri
- 19 ■ ภัยแก๊งคอลเซ็นเตอร์ จากอาชญากรรมทางเศรษฐกิจสู่อาชญากรรมทางเทคโนโลยี
The Threat of Call Center Gangs Evolving from Economic Crime to Cybercrime
สรวิศ บุญมี
- 27 ■ ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรกชนิดมีตัวรับเอสโตรเจนเป็นบวกและการดูแลตนเอง
Patients with Early Stage of Hormone Estrogen Receptor Positive Breast Cancer and Self-care
ทิพวัลย์ สุวรรณรักษ์ ศศิกานุจน์ สกุลปัญญาวัฒน์ และอพีรียา คำแฝง
- 42 ■ การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ: แนวทางการออกแบบแผนภูมิและกราฟ
DATA VISUALIZATION: How to Design Charts and Graphs
ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย และศุภเสกข์ เกตุรักษา

Research Articles

- 58 ■ การพยากรณ์การขนส่งทางอากาศจากอากาศยานแต่ละประเภทด้วยวิธีผสมผสาน
The Air Transport Hybrid Forecasting Based on Aircraft Types
บุญญวัฒน์ อักษรกิตติ์ สุวัฒน์ จรรย์ยาพน และภาณุมาศ ทองสุขดี

สารบัญ

- 69 ■ การควบคุมการทำงานของเครื่องกวนสารด้วยระบบควบคุมวงลูปปิด
The Operation Controlling of Agitator using Closed Loop Control System
ปาริมา ผุยแสงพันธ์ และชัยยงค์ เสริมผล
- 82 ■ การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานในการขนส่งทางอากาศเพื่อคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง
The Developing Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach in Air Transport for Calculating Aircraft Weight and Balance in Loading Baggage
วรรณมนต์ สันติศิริ และสุวัฒน์ จรรยาพูน
- 97 ■ การประยุกต์ใช้แนวทางคิวชีสตอรี่ในการปรับปรุงเพื่อลดข้อเสียในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวนพียูโฟม
Application of QC Story for Improving Defect Reduction of Polyurethane Foam Insulated Metal Roofing Sheet Production
พรศิริ จงกล และวันชนะ แก้วแสนชัย
- 111 ■ การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท SBA-15 เพื่อดูดซับสีย้อม
A Facile One-Pot Hydrothermal Technique of SBA-15 for Their Excellent Dye Adsorption
สุภกร บุญเย็น ปณต ลักษณะวารารณณ์ ณัฐภัทร แก้วทอง และสุชานันท์ พวงนาค
- 120 ■ แพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ
Artificial Intelligence Platform on Semantic Knowledge Base for Recommending Elderly with Chronic Diseases Care
ณัฐพล คุ่มใหญ่โต เกรียงศักดิ์ เตมีย์ และปราโมทย์ สิทธิจักร
- 138 ■ Factors associated with Falls among the Thai Elderly in Pathum Thani Province
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากการหกล้มของผู้สูงอายุในชุมชนจังหวัดปทุมธานี
Ratthapol Sillaparassamee, Bhusita Intaraprasong and Juntarat Jaricksakulchai

- 148 ■ ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้
A Causal Relationship of Factors Influencing Glycemic Control Behavior Among the Elderly with Type 2 Diabetes Mellitus Uncontrolled Blood Sugar Levels
ปัทมา สุพรรณกุล อาจินต์ สงทับ อนุสรณ์ สีนันท นพวรรณ วัชรพุทฺธ เบญจมาภรณ์ นาคามดี
กุเกียรติ ก้อนแก้ว และเอกภพ จันทรสุคนธ์
- 162 ■ การศึกษาลายนิ้วมือแฝงที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือทั่วไปจากการปิดผนึกแผ่นแม่เหล็ก
Study of Latent Fingerprint after Using General Hand Sanitizer on Metronic Poly Mailer with Magnetic Powder
บุณิกา คงไกรสิน กมลชนก วรรณาม พรรณพัชร สุวรรณพงษ์ ปราวณา พานทอง
และสุนิษา โอบ่อ้อม
- 176 ■ ระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน
The Recreation Tourism Recommendation System in Khaokoh District, Phetchabun Province by Using Tourists' Unstructured Attraction Review and Check-In Data
ดวงจันทร์ สีสาราช อนุพงษ์ สุขประเสริฐ เจษฎาพร ปาคำวัง และจิตรนนท์ ศรีเจริญ
- 189 ■ ผลของการฝึกด้วยกีฬาญูโดแบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาญูโดระดับเยาวชนหญิง
Effects of Judo Sport-Specific Training on Muscles Power in Youth Judo Female Athlete
นิลาวัลย์ บุญประภัมภ์ และธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ
- 201 ■ การศึกษาอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าของเด็กประถมศึกษาในจังหวัดนครราชสีมา
Study of Accidents from Playing Swing of Primary Students in Nakhon Ratchasima Province
บุณยณัฐ จงเจริญใจ ภาคิน อัครวิริยะสุวรร และพรศิริ จงกล

- 215 ■ การศึกษาการเลียนแบบกิจกรรมเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเตตราฟีนิลพอร์ไฟริน (TPP) และเมทัลโลพอร์ไฟริน (FeTOMPP)

The Study of Peroxidase-mimic Activity of Tetraphenylporphyrin (TPP) and Metalloporphyrin (FeTOMPP)

จิตติมา กอหรั่งกุล ปาริยา ฒ นคร และสุภากร บุญยีน

- 224 ■ ประสิทธิภาพของโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ตำบลหนองสะเดา อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ

The Effectiveness of Health Promotion Programs on Blood Sugar Control Behavior of Diabetic Patients in Nong sadao Subdistrict, Wachirabarami District, Pichit Province

ก้องแก้ว ลำรายรัตน์ นิธิพงศ์ ศรีเบญจมาศ และรุ่งนภา ทองเพชร

- 234 ■ การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นแบบกังหัน

A Design Rotary Dehumidifier

วรารพร นาชัยสินธุ์ ศิริลักษณ์ นิยมศิลป์ ปฏิภาณ เกิดลาภ และสุชัย พงษ์พากเพียร

Book Review

- 244 ■ ฝึกสมองให้มองแต่ความสุข

Train your brain to focus on happiness

ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย



Digital Health: The Future Model of Detection and the Benefits of Behaviour Change Conversations to Improve Hypertension via Telemedicine

แบบจำลองสุขภาพเพื่อการวินิจฉัยและประโยชน์จากการสนทนาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ผ่านการแพทย์ทางไกล

Athiwat Purisri¹

อริวัฒน์ ภูริศรี¹

¹Independent researcher

¹นักวิจัยอิสระ

Received: February 15, 2023

Revised: March 8, 2023

Accepted: March 14, 2023

Abstract

Hypertension is a leading cause of cardiovascular disease, with high morbidity and mortality in adults around the world. During the COVID-19 pandemic, Digital health is a new alternative technology for blood pressure measurement by digital devices, improving the management of hypertension. Several researches have shown the benefit of digital health and behavior modification. This paper reviews the digital health approach in combination with doctor consultations and patient education. The goal is the establishment of effective digital platforms for self-monitoring and tele-monitoring of blood pressure. Patient education should be encouraged, and clinicians need to be supported in the early detection and effective management of hypertension via virtual clinics. The digital health approach, combined with artificial intelligence and behavior modification, can help physicians in the screening, detection and management of hypertension, reducing the risk of serious complications. In addition, wearable technologies or health applications can be used to manage hypertension, empowering people to manage their own condition. This article describes the importance of the aetiology of hypertension and risk factors in the improvement of hypertension. Conversation skills, technologies and knowledge are required to successfully manage hypertension. Digital health can be a novel approach for health promotion in Thailand and is currently available in private hospitals; in the near future, it needs to become more popular across Thailand. However, further research in Thailand is needed to improve technologies and standardize digital health intervention.

Keywords: digital health, hypertension, wearable electronic devices, behaviour modification, telemedicine

บทคัดย่อ

โรคความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุสำคัญของโรคหัวใจและหลอดเลือด มีอัตราการป่วยและเสียชีวิตสูงทั่วโลก ในช่วงการระบาดของโควิด-19 สุขภาพดิจิทัลจึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกใหม่ เพื่อประเมินความดันโลหิตด้วยตนเองโดยใช้อุปกรณ์ดิจิทัล ในการดูแลผู้ป่วยความดันโลหิตสูง งานวิจัยหลายฉบับแสดงประโยชน์จากการใช้สุขภาพดิจิทัลและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม บทความนี้ได้ทบทวนแนวทางด้านสุขภาพดิจิทัล โดยการผสมผสานการให้แพทย์คำปรึกษาและการให้ความรู้แก่ผู้ป่วย เป้าหมาย คือ การจัดตั้งแพลตฟอร์มสุขภาพดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินความดันโลหิตด้วยตนเอง (self-monitoring) และการประเมินผ่านทางไกล (tele-monitoring) ควรส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับโรคแก่ผู้ป่วย และบุคลากรทางการแพทย์จำเป็นต้องสนับสนุนให้มีการวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูงเบื้องต้น และการดูแลผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีประสิทธิภาพผ่านคลินิกออนไลน์ (virtual clinics) แนวทางด้านสุขภาพแบบดิจิทัลที่ผสมผสานกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ซึ่งสามารถช่วยแพทย์ในการคัดกรอง การวินิจฉัย และการรักษาผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง เพื่อลดความเสี่ยงจากภาวะแทรกซ้อนร้ายแรง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคโนโลยีที่สวมใส่หรือแอปพลิเคชันด้านสุขภาพในการดูแลความดันโลหิตสูง ส่งเสริมให้ผู้คนสามารถดูแลสุขภาพด้วยตนเองได้ บทความนี้จะอธิบายถึงความสำคัญของสาเหตุการเกิดโรคความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงโรค ในการดูแลผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ทักษะการสนทนากับผู้ป่วย เทคโนโลยี และความรู้ จึงมีความจำเป็นในการดูแลผู้ป่วยความดันโลหิตสูงให้ประสบความสำเร็จ สุขภาพดิจิทัลอาจเป็นแนวทางใหม่ในการส่งเสริมสุขภาพในประเทศไทย ปัจจุบันมีให้บริการในโรงพยาบาลเอกชน ในอนาคตอันใกล้จะต้องเป็นที่นิยมมากขึ้นทั่วประเทศไทย อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมในประเทศไทยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยี และสร้างมาตรฐานด้านสุขภาพแบบดิจิทัล

คำสำคัญ: สุขภาพดิจิทัล ความดันโลหิตสูง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสวมใส่ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การแพทย์ทางไกล



Introduction

Digital health means the use of information and communication technologies in medicine and other health professions to manage illnesses and health risks (Ronquillo, Meyers & Korvek, 2022). Digital technologies are an integral part of daily life, and the world's population has never been more interconnected (Labrique, Agarwal & Tamrat, 2020). To apply digital technologies in hypertension management, a novel way of managing health is needed for hypertension management, such as through screening blood pressure, diagnosis, management, medical records and patient information. For example, during the

COVID-19 pandemic, health education was part of a “virtual clinic”, including changes in lifestyle practices, knowledge about the disease and health promotion for examples eating healthily including restriction of salt diets and fatty diets, maintaining a healthy weight, taking regular exercise, limit alcohol consumption, do not smoke and get enough sleep. Therefore, in the new era, digital health is an alternative choice for treating hypertensive patients and supports doctors in their consultations (Burnier et al., 2022).

The digital health approach can be used to manage patients and collect and share personal health information by using a range of medical

technology, including mobile health applications, electronic prescribing, electronic health records, telehealth, telemedicine, robotics and artificial intelligence (Hare, Chokshi & Adusumalli, 2021). How these may fit into future models of digital health is summarized in Figure 1.

According to recent reports, the global COVID-19 pandemic disrupted normal life and routine activities, such as doctors' appointments. Hypertension is an important disease that requires long-term treatment (Tucker et al., 2017). The changing circumstances of the COVID-19 pandemic have resulted in substantial lifestyle changes. With more patients who do not want to bear the risk of traveling to the hospital, there may be some groups who cannot come to the hospital, resulting in less effective treatment and an increased risk for serious cardiovascular conditions (Citoni, Figliuzzi & Presta, 2002). Digital health is a service option that has enhanced the provision of medical services to meet the needs of users in line with the "New Normal" era and improved the management of health conditions, including the provision of health communication for patient convenience.

Understanding digital health

Digital health is a new information system of medical care delivery that uses an array of digital technologies to improve health systems. As global healthcare is currently gaining importance, the benefits of digital health can be used anytime and anywhere (NIHR Evidence National Health Research, 2022). This approach can reduce a number of visits, resulting in a decrease in carbon emissions; increase patients engagement

with less expensive, leading to empowers people to manage their own conditions (Figure 2).

The digital health approach can boost health and wellbeing and improves the health system. Virtual health care is cheaper than a visit to a face-to-face clinic and allows doctors to share electronic medical records in a private environment in both screening and detecting and controlling hypertension (Wang, Su, Zhang & Li, 2021).

The use of technology and innovation is an important part of enhancing the comprehensive provision of medical services. It relies on collaborations between agencies or organisations based on expertise, in addition to doctors and hospital personnel, such as tech start-ups, universities or research centres, together with stakeholders and government organisations. Above all, unforeseen factors, such as the COVID-19 pandemic, are major drivers of the development of the digital health approach (Australian Institute of Health & Welfare, 2022).

Smart technology as a tool to enhance the delivery of medical services will enhance the efficiency of services and treatments, with the goal of providing convenience and mobility to patients and covering all forms of treatments with the most accurate diagnosis (Kitt, Fox & Tucker, 2020). Examples of innovations and technologies implemented in digital health include improved diagnostic accuracy (Kario, Harada & Okura, 2022). Here, AI plays a role in increasing the accuracy of disease diagnosis. Telemedicine is applied when no doctor can be found. By offering online health consultations and treatments, doctors and patients can communicate in real time without having to visit the hospital.

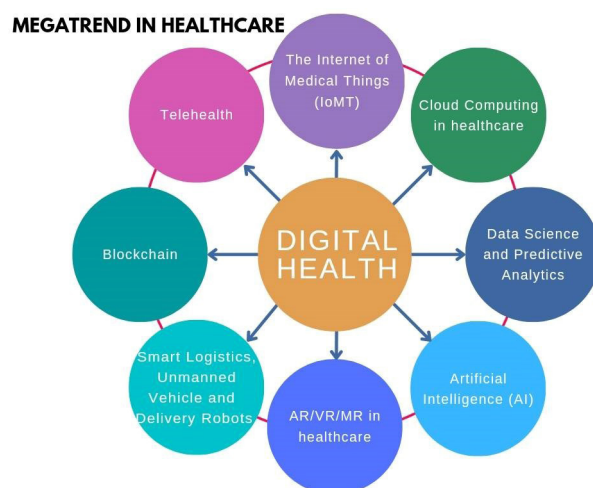


Figure 1. Overview of Megatrend in healthcare that will likely be relevant in the coming years in Thailand healthcare. A novel approach to individual management for hypertension such as The Internet of Medical Things (IoMT), telehealth, blockchain, cloud computing in healthcare, medical data science, and artificial intelligence

Note. From Provider-and Patient-Related Barriers to and Facilitators of Digital Health Technology Adoption for Hypertension Management: Scoping Review. by R. Palacholla, N. Fischer, A. Coleman, S. Agboola, K. Kirley, J. Felsted and K. Jethwani, (2019), *JMIR Cardio*, 3(1), p. e11951. Copyright 2019 by JMIR Publications



Figure 2. The advantages of digital health technology. The image demonstrates the enormous benefits of digital technology. It is convenient and can be used at any time and from any location. Virtual care can reach more people than face-to-face care and is frequently less expensive. It has the potential to empower people to manage their own conditions and even has environmental benefits, such as reduced travel and emissions. There are online diagnostic tools available, as well as programs that analyse data from medical devices such as blood pressure monitors

Note. From Integrating digital technologies and public health to fight Covid-19 Pandemic: Key technologies, applications, challenges and outlook of digital healthcare, by Q. Wang, M. Su, M. Zhang, and R. Li, 2021, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), pp. 578-588. Copyright 2021 by MDPI.

Digital health is important in the new era

The Australian Institute of Health and Welfare (2022) demonstrates that when used effectively, digital health can lead to better health and improved outcomes. It can also increase the quality and efficiency of information sharing across the health system, increasing health promotion via data information and services. In the UK, the USA and Japan, the digital health approach was increasingly being used for the management of hypertension during the COVID-19 pandemic.

Hypertension

Hypertension is a leading cause of cardiovascular disease, with high morbidity and mortality in adults worldwide (Kung & Xiu, 2015). It is an important non-communicable disease and the leading cause of death globally (Jagannathan, Patel, Ali & Narayan, 2019). In this condition, the blood pressure is extremely higher than 140/90 mmHg, damaging the blood vessels. The more blood the heart pumps and the narrower the arteries, the higher the blood pressure (Nichols & Edwards, 2001). Hypertension is diagnosed when the systolic blood pressure is equal to or above 140 mmHg and diastolic blood pressure equal to or above 90 mmHg (Williams et al., 2018). Combating hypertension is a key healthcare concern in Thailand, where approximately 21% of adults aged between 30 and 80 suffer from this condition (Aekplakorn et al., 2012). A person with hypertension is at higher risk of succumbing to a heart attack, renal failure, stroke and heart failure and more prone to cardiovascular disease (Botdorf, Chaudhary & Whaley-Connell, 2011). When not treated properly, the risk of developing diseases such as hemorrhagic stroke is increased.

It can also result in brain hemorrhage, ischemic heart disease, heart attack, kidney failure, aorta aneurysm, among others (Rosendorff et al., 2007). Most people with high blood pressure are usually unaware of the disease (Theerapuncharoen & Theerapuncharoen, 2016). Once it was realized that most of them were not maintained, partly because most people are affected by asymptomatic causes. With symptoms or complications, attention and treatment begin, sometimes, with poor treatment results. To improve the health of hypertensive patients and prevent the development of cardiovascular diseases, their blood pressure must be kept under control, blood pressure less than 140/90 mmHg (Thaworn & Samruayruen, 2022). Hypertension is primarily a lifestyle disease, with habits such as smoking, excessive consumption of alcohol, poor dieting, physical dormancy, stress and obesity being the leading causative factors (Rai et al., 2017). In Thailand, some of the diet that is fatty, salty and full of cholesterol is common, especially when street food is consumed frequently (Persson & floodmark, 2017). Coupled with the fact that a majority of Thai people rarely exercise, their health is affected, and their quality of life is limited (Durukan et al., 2022).

Some traditional dishes across Thailand, from street vendors to high-end restaurants, have hypertensive effects (Rusmevichientong et al., 2021). Some Thai food is high in salt and sugar due to its many other ingredients, such as fish sauce, fermented fish, crabs with salt, palm sugar and salt-dried shrimp and high in fat (Photi et al., 2021).

A high-salt diet can increase hypertension (Chennet, Jom & Ladda, 2022). Previous studies indicate that behavioural and dietary changes, including salt restriction, quitting smoking, increased physical

exercise, appropriate body weight, a reduction in alcohol intake and lower stress levels, can reduce hypertension (Tan, Oka & Dambha, 2021). During the COVID-19 pandemic, medical experts and healthcare teams used pertinent information to assist hypertensive patients in effective treatment and management and to prevent hypertension in normal people via telemedicine. This can limit the occurrence of serious medical conditions such as a haemorrhage of the cerebral artery or ischemic heart disease, and the likelihood of paresis, paralysis or myocardial ischemia can be reduced by controlling normal blood pressure.

Aetiology of Hypertension

Over a billion people are diagnosed with hypertension. Primary hypertension accounts for 95% of the cases, whereas secondary hypertension is much less frequent. High blood pressure generally occurs without warning signs or symptoms. At least nine million people die each year from undiagnosed hypertension, which is also called “silent killer” because of its asymptomatic presentation. Undiagnosed hypertension patients suffer from risk of heart attack, heart failure, chest pain, strokes, aneurysms, cardiovascular disease and eye conditions. Therefore, early screening is necessary for a good prognosis of the treatment in hypertension patients. During the COVID-19 pandemic, the digital health approach helped to provide information and to make behaviour changes via telemedicine, preventing serious cases of undiagnosed hypertension.

The exact aetiology of primary hypertension remains unknown. However, recent studies demonstrated that several factors, including increased sympathetic nervous system activity, an overreaction

of the rennin-angiotensin-aldosterone axis in the kidney and increased sodium retention play important roles in the aetiology of primary hypertension (Riet et al., 2015). In contrast, the aetiology of secondary hypertension is directly caused by other medical diseases, including renal failure, adrenal disease, kidney disease, pregnancy, hyperparathyroidism, sleep apnoea and other factors that affect the cardiovascular system, adrenal glands, kidneys or hormonal imbalance (Li, Heran & Wright, 2014).

Symptoms and Signs of Hypertension

Generally, hypertension is asymptomatic, but symptoms can include headache, facial flushing, dizziness and vision problems due to the damage of the optic nerve in untreated high blood pressure. Sudden dizziness, loss of balance or coordination and trouble walking are all warning signs of a stroke. High blood pressure is a leading risk factor for stroke. When symptoms do occur, they can include early morning headaches, nosebleeds, irregular heart rhythms, vision changes and buzzing in the ears. Severe hypertension can cause fatigue, nausea, vomiting, confusion, anxiety, chest pain and muscle tremors (McDonough, Matura & Carrol, 2011).

Behavioural changes related to practice to improve hypertension by telemedicine

Typical lifestyles risk factors related to hypertension are tobacco use, obesity, stress, unhealthy diet, physical inactivity and alcohol abuse.

1. Consumption of tobacco: Tobacco use increases the risk of high blood pressure. Smoking can

damage the heart and blood vessels, and nicotine raises blood pressure and carbon monoxide intake (Singh et al., 2022).

2. Consumption of alcohol: Alcohol abuse can result in increased blood pressure (Sun, Wang & Terry, 2022).

3. Unhealthy diets, such as excessive salt consumption, a diet high in saturated fat and trans fats, low intake of fruits and vegetables and a low potassium intake, increase the risk of high blood pressure. Potassium is found in many foods, such as bananas, potatoes, beans and yogurt, and consumption of these foods can mitigate high blood pressure (Durukan et al., 2022).

4. Lack of exercise or physical inactivity: Getting regular physical activity keeps the heart and blood vessels strong and healthy, which may help lower your blood pressure. Regular physical activity can also help maintain a healthy weight, which may also help lower the blood pressure (Hanssen et al., 2022).

5. Obesity: Obesity is defined as having excess body fat. Having obesity or being overweight also means the heart must work harder to pump blood and oxygen throughout the body. Over time, this can add stress to the heart and blood vessels (Andrew, Agbaje, Barker & Tuomainen, 2022).

6. Stress: The body releases a surge of hormones when under stress. These hormones cause the heart to beat faster and the blood vessels to narrow, resulting in increased blood pressure (Sparrenberger et al., 2022).

Telemedicine for hypertension during the COVID-19 pandemic in Thailand

Hypertension is mostly preventable and controllable. Without improvement in healthy

lifestyle modification and behaviour change suffering from comorbidities, on the COVID pandemic has disrupted preventive care that barrier to management hypertension such as worsening mental health and unhealthy lifestyle, unhealthy eating and decreased physical activities. Behavioural modification and lifestyle changes can prevent and control high blood pressure (Akuiyibo et al., 2022).

Before applying digital health to improve hypertension. In 2020, the World Health Organization–WHO claimed that the World Health Assembly presents a roadmap to link the latest developments in innovation and digital health and put these tools to action to improve health outcomes. Not only virtual clinics and electronic prescription, Digital health can help make health systems more efficient and sustainable, enabling them to deliver good-quality, affordable and equitable care (World Health Organisation., 2020).

These high ideals are challenging to attain, especially for low and middle-income countries. The purpose of the WHO's Global Strategy on Digital Health is to support countries in strengthening their health systems through the application of digital health technologies and achieve the vision of "Health for All". The strategy is designed to be fit for purpose and for use by all member states, including those with limited access to digital technologies, goods and services.

In this sense, digital health is not limited to private or luxury hospitals. Although local and international governments around the world should develop standard digital health systems, cover equality WHO is harnessing the power of digital technologies and health innovation to accelerate global attainment of health and the well-being.

Doctors have an enhanced knowledge through scientific communities of practice: Enabled by new technologies and no longer limited by the need for physical meetings or hard copy peer review journals, the WHO brings together top expert voices on topics of clinical and public health significance, especially in the context of the COVID-19 pandemic.

The role of physicians in controlling blood pressure is the routine screening of blood pressure, the provision of education, the prescription of antihypertensive medication, the screening of stress factors during telemedicine, and the screening for other common comorbidities such as diabetic, cardiovascular conditions and renal conditions by evidence-based practices, along with adequate management, follow-up and, if needed, referral to the hospital.

Implementation of the digital health platform to improve hypertension.

A recent digital health research from the Oxford University demonstrates that digital health technologies, including smartphones and Bluetooth application to self-monitor blood pressure and detect early hypertension can be used to manage these conditions (Kitt et al., 2020). A systematic review of blood pressure self-monitoring, which included 22 trials and 6,522 participants, indicated an improvement of systolic blood pressure with an improved outcome of home BP since 2011 by the NICE guideline for mature hypertension treatment. This review also provided evidence that digital health can effectively manage the health of the general population.

A study performed in 2022 in Nigeria, “The effects of behavioural change communication on

hypertension and diabetes related knowledge, attitude and practices in Nigeria” was based on interviews and questionnaires about lifestyle-related screening and awareness risk factors of hypertension, including continuous medication (Akuiyibo et al., 2022). Over 12 months, 824 participants claimed that significant changes in diet, lifestyle and behaviour resulted in a dramatic decrease in blood pressure and a reduction in serious cases of hypertension.

The study by the Oxford University in 2020 report that a low- salt diet and behavioural changes are needed to improve health education related to hypertension, particularly during the COVID-19 pandemic. Physicians and other health professionals can use digital health to collect medical histories of patients and prescribe medication, thereby controlling various diseases. Telemedicine can also be applied in the screening for non-communicable diseases during a pandemic (Kitt et al, 2020).

Regarding the application of international research in Thailand, in the near future, it will be possible to use digital platforms and scientific publications across the country and around the world. Thailand government policies support disease prevention and health promotion in primary healthcare.

Effective telemedicine with patients to reduce risk factors in the virtual clinic

Albury, Hall and Syed (2019) published a recent systematic review of 17,652 studies around the world, including the UK, USA, Canada and Australia. The authors report clinical guidelines to encourage patients to improve their health behaviours and state that weight management,

excessive alcohol consumption, lack of physical activity, overconsumption of salt and smoking are major causes of morbidity and chronic diseases. Regarding the communication with patients about Health Behaviour Change–HBC), the authors recommend that the clinicians should be make conversation by behaviour change talk is smoothly initiated, conducted, and terminated by clinicians and this rarely causes interactional difficulty (Albury et al., 2019). However, initiating conversations by linking a person’s current health concern with their health behaviour can lead to resistance to advice, whereas other strategies, such as capitalising on patient-initiated discussions or collaborating through question-answer sequences, may be well received (Miller et al.,1993).

Case studies in this review showed that clinicians use two clear strategies for delivering HBC in both generalised and personalised health behaviour change conversation. These strategies, and the responses they were likely to receive, are explored below.

“Doctor: you smoke?”

Patient: yes

Doctor: there are somethings you can do these days that really help with cutting down... with quitting.. cause that is really something you should think about

Patient: [5 sec silence]

Doctor: well.. . so. .. how’re you getting along with the Tagamet so far? seems okay?

Patient: seems okay... no problem

Doctor: no problem... good.”

(Freeman, 1987)

This review shows that there are different ways through which these conversations can be initiated and carried out, which can mitigate their sensitivity, such as delivering HBC in a general, non-personal way. We found evidence that is mostly consistent with current guidelines, providing further details on how they can be successfully implemented in practice. However, one practice recommended by clinical guidelines, namely initiating discussions by associating a patient’s health concerns and their health behaviour, is potentially risky and can prompt patients to resist HBC.

On the other hand, building conversations collaboratively by inviting patients’ views and tailoring discussions through question-answer sequences may be well received and can facilitate patient receptivity (Miller et al.,1993). Clinicians can adapt themselves to the delicacy of giving advice that may have not been asked for by de-personalising it and talking ‘in theory’ or about people in general.

Clearly, accurate verbal communication can be effective in the management of hypertension, particular via telemedicine (Miller et al.,1993).

Evidence-based practice related to improving hypertension by digital health

Digital health technology tools can be applied to self-monitoring and tele-monitoring by home blood pressure monitor models, combined with telemedicine and behavioural change communication, for the screening and detection of hypertension.

Kitt et al. (2020) provide a guideline on the use of digital health in hypertension management and implementation, including screening, diagnosis, management and monitoring of mobile health

applications via telemedicine and virtual clinics.

A systematic review of the Oxford University and British National Clinical Guideline--NICE showed that the summarise all the process how to fit into future models of care for hypertension in Figure 3 and can use a digital health template and telemedicine tools to apply in both screening and management in Thailand during pandemic and apply to local digital health guideline to care of hypertension.

The development of the digital health approach in home diagnosis and hypertension management in Thailand includes the following (Figure 4):

1. Technologies: social media, telemedicine, telehealth, IoMT (internet of medical things), Blockchain, data analysis, wearable, mobile health platforms, electronic medical records, artificial intelligence, big data, connected health, electronic medical records.

Small wearable devices/ Smartphone/ Tablet Apps: Blood Pressure measurement is an essential part of the diagnosis and management of hypertension. In Japan and the UK, small wearable devices for blood pressure monitoring allow an early diagnosis. Similar to the UK, using smartphone apps or Bluetooth to detect blood pressure Ambulatory Blood Pressure Monitoring (ABPM) and/or Home Blood Pressure Monitoring (HBPM) is recommended for the diagnosis of hypertension in major international guidelines. In general, blood pressure tends to be higher in the morning and lower at night. In Thailand, both small wearable devices or smartphone apps can assist the diagnosis of hypertension by clinicians.

Software packages can be used to analyse data from medical devices, improving health care systems.

2. Virtual Clinics: investigation by doctors and patients as well as high levels of adherence to telemonitoring. The use of telemedicine includes the confirmation of diagnosis, treatment, prognosis, disease management and behaviour modification. Along with increased knowledge and education, telemedicine can be used in the screening of renal function, retina, cardiovascular function for signs of target organ damage. By effective technique of conversation, before electronic prescribing and make doctor appointment. Security and privacy are important in the treatment and management tailored for each individual patient.

3. Supporting healthcare teams, inter-professional skills in leadership, conflict resolution, outcomes and patient privacy policy. To improve quality of care, decrease the costs of healthcare services and improve access to healthcare, reducing medication errors. Including computer skills and Information Technology (IT) technique supports for patients and doctors during virtual clinics.

Apply both Japan and the UK establishment of effective digital platforms for self-monitoring and tele-monitoring of blood pressure for the future model of detection and the benefits of behaviour change conversations to improve hypertension via telemedicine in Thailand. Both of these are discussed in more detail below (Figure 4).

In Thailand, telemedicine was used to carry out the three steps for establishing effective digital platforms for self-monitoring and tele-monitoring of blood pressure at home, as well as the guidelines on the use of digital health screening and behavioural modification to control hypertension in both screenings for the early detection and effective management of hypertension. This guideline link between patients, doctors, and patient families uses a combination of small wearable devices, virtual clinics, doctors, and supporting teams.

3 steps of detection and management of hypertension at home.

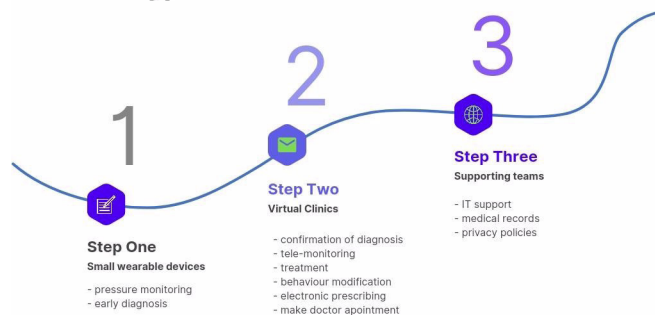


Figure 3. Management of hypertension in the digital era. There are three steps, which include using wearable technologies or health applications for screening, early diagnosis and the management of hypertension at home in the first step. Next, in a virtual clinic in which to confirm the diagnosis and treat hypertension, doctors should provide patient education in both aetiology, risk factors, symptoms, and behavioural modification. Moreover, doctors should have good techniques for conversation, psychotherapy, private consultations, and patient-doctor relationships, all of which are needed to change behaviour, as well as electronic prescribing, telemonitoring blood pressure, and appointment scheduling. Finally, support teams can be supported by IT through accurate medical records. Clinician teams should be encouraged to provide patient education and make home visits if necessary in uncontrolled hypertension cases

Note. From “Digital health: New approaches in Hypertension Management” by J. Kitt, R. Fox and K. L. Tucker, 2020, *Journal of Cardiology and Cardiovascular Sciences*, 4(1), pp. 18-23. Copyright 2020 by Cardiology and Cardiovascular Sciences

The first step is “small wearable devices for blood pressure monitoring and early diagnosis of hypertension.” Firstly, hypertension is routinely monitored through self-screening with smartphone apps or automated blood pressure wristbands. Various health applications monitor blood pressure and may alert users if it is abnormal. New digital technologies can be developed for the early diagnosis of hypertension, where patients upload their blood pressure data to devices such as smartphone apps or smartwatches. Smartphone apps or smartwatches can monitor blood pressure. After uploading and reading their blood pressure, individuals can be divided into two groups: the

first group consists of those with normal blood pressure; individuals with blood pressure below 140/90 mmHg should be recommended for routine blood pressure measurement using digital devices. In the meantime, supporting teams should be educated on behaviour modification and patient education to prevent hypertension in this group.

The other group would be called the abnormal group, where blood pressure on the first measurement is over 140/90 mmHg, and thus a confirmed diagnosis is required. The next step would be to receive a confirmed diagnosis from clinicians. Generally, Ambulatory Blood Pressure Monitoring--ABPM is regarded as the most accurate

way to confirm hypertension. However, Home Blood Pressure Monitoring--HBPM may be used to confirm a diagnosis of hypertension. For this confirmation, two consecutive measurements are required, at least 1 minute apart, in the morning and evening over the course of 4 days. After the clinician or small wearable devices confirm the diagnosis, the supporting team will schedule a doctor's appointment in the virtual clinic.

Second step for management and monitoring by virtual clinics include confirmation of the diagnosis by a doctor, behaviour modification, treatment, tele-monitoring, electronic prescribing, and making a doctor's appointment for the follow-up on clinical results after treatment. At this step, the doctor should encourage patient education in aetiology, risk factors, and lifestyle modification through effective conversation skills. A functional doctor-patient relationship and medical ethics are prerequisites during the consultation, and a privacy policy is needed in this virtual clinic. Several factors influence high blood pressure, such as environmental factors, physical activity, psychological stress, diet, and behaviour. The management of risk and protective factors (including the aetiology, symptoms, and signs of hypertension) should be prioritised in order to decrease the risk of hypertension.

Normally, hypertension can be managed in primary care clinics. During a telemedicine appointment, the physicians review blood pressure and the risk of cardiovascular diseases and may commence antihypertensive treatment by prescription; the patients may submit home readings. Physicians need to prescribe hypertensive drugs based on factors such as the side effects of the medication, the blood pressure control status of patients, comorbidities, and the risk of cardiovascular diseases such as diabetes or renal disease. Management also involves screening renal function, retinal function, and cardiovascular

function for signs of target organ damage. In the case of complications, it is necessary to travel to the hospital. Clinic appointments are conducted through online interaction with physicians. The physicians have online interaction with patients, discussing the amount of salt in the patient's diet and the knowledge, attitudes, and behavioural changes that can aid in managing hypertension.

The third step for the supporting teams should be to help doctors maintain accurate and private medical records, provide IT support for both doctors and patients, and make the next appointment at virtual clinics. In addition, clinical support teams can assist patients in self-monitoring and tele-monitoring their blood pressure if they face problems during treatment using digital health platforms. Moreover, information about patients' knowledge and behaviour change programmes should be encouraged online. Normally, virtual clinics provide online interaction between patients and healthcare professionals in a private atmosphere. The families of patients are an important part of patient support for both psychotherapy and compliance with hypertension management. However, patients with uncontrolled hypertension needed home visits by healthcare teams as an optional recommendation. Patient home visits and digital platforms can help prevent serious complications.

However, in Thailand, there are some limitations to this approach. First, some elderly patients with a low education level find it difficult to understand the digital health approach. Second, smartphones or smartwatches are expensive and cannot be afforded by patients with low incomes. Finally, nowadays, although digital technology has improved considerably, it is mainly used in private hospitals and medical school hospitals. Moreover, further research in Thailand is needed to improve technologies and standardize digital health intervention.

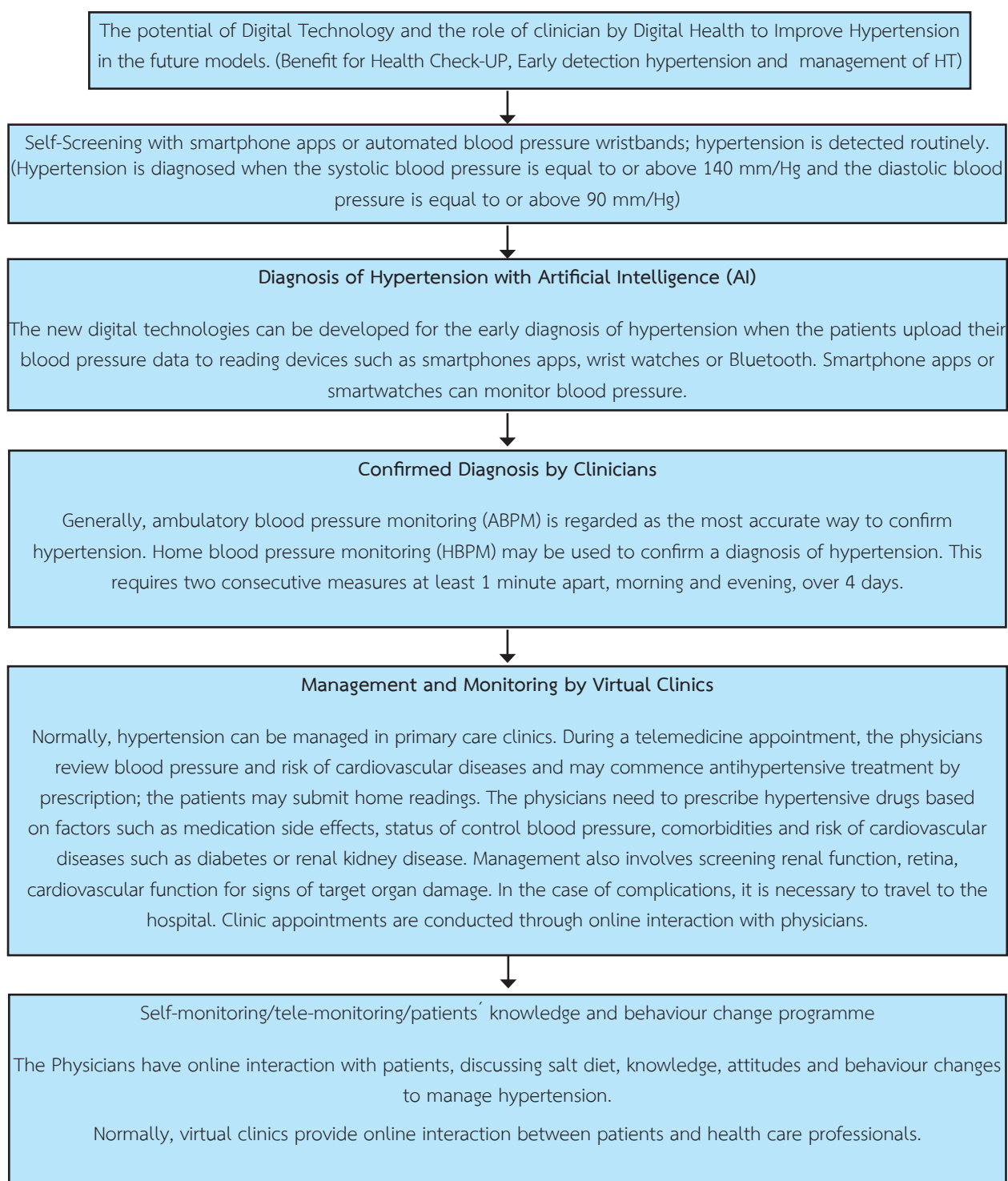


Figure 4. The effective digital platforms for screening, detection, and improving the management of hypertension in Thailand. The guideline on the use of digital health for self-monitoring and tele-monitoring of blood pressure for the future model of detection and the benefits of behaviour change conversations and behavioural modification to control hypertension via telemedicine (Kitt et al., 2020).

Note. From “Digital health: New approaches in Hypertension Management” by J. Kitt, R. Fox and K. L. Tucker, 2020, *Journal of Cardiology and Cardiovascular Sciences*, 4(1), pp. 18-23. Copyright 2020 by Cardiology and Cardiovascular Sciences

Conclusion

In conclusion, the currently available digital health technologies are the way of the future in the management of hypertension. Further research, wearable devices and smartphone apps for blood pressure measurement are required for accurate blood pressure monitoring. Privacy is needed on digital health platforms. The benefits of behaviour modification and behaviour change conversation can reduce the occurrence of cardiovascular events and the serious complications in patients with hypertension.

Digital health has various beneficial aspects, particularly in health promotion and the management of non-communicable diseases during a pandemic. Additionally, this approach can considerably

reduce hypertension and co-morbidities with accurate and effective verbal techniques.

Digital health platforms can effectively manage hypertension, including self-monitoring and telemonitoring patients in Thailand. However, new technologies or AI need to be developed, and health professionals need to understand the use of telehealth and digital health.

Importantly, a functional doctor-patient relationship and medical ethics are needed during consultation. Moreover, knowledge and decision making in the field of hypertension management need to be combined with psychotherapy, home visits and cooperation with the patients' families.



References

- Aekplakorn, W., Sangthong, R., Kessomboon, P., Putwatana, P., Inthawong, R., Taneepanichskul, S., Sritara, P., Sangwatanaroj, S., Chariyalertsak, S., & National Health Examination Survey IV study group (2012). Changes in prevalence, awareness, treatment and control of hypertension in Thai population, 2004-2009: Thai National Health Examination Survey III-IV. *Journal of Hypertension*, 30(9), 1734–1742. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e3283568158>
- Akuiyibo, S., Anyanti J., & Amoo, B. (2022). Effects of behaviour change communication on hypertension and diabetes related knowledge, attitude and practices in Imo and Kaduna States: A quasi-experimental study. *BMC Public Health*, 22, 715. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13139-3>
- Albury, C., Hall, A., Syed, A., Ziebland, S., Stokoe, E., Roberts, N., Webb, H., & Aveyard, P. (2019). Communication practices for delivering health behaviour change conversations in primary care: A systematic review and thematic synthesis. *BMC Family Practice*, 20(1), 111. <https://doi.org/10.1186/s12875-019-0992-x>
- Agbaje, A. O., Barker, A. R., & Tuomainen, T. P. (2022). Effects of arterial stiffness and carotid intima-media thickness progression on the risk of overweight/obesity and elevated blood pressure/hypertension: A cross-lagged cohort study. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 79(1), 159–169. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18449>

- Agbaje, A. O., Barker, A. R., & Tuomainen, T. P. (2022). Effects of Arterial Stiffness and Carotid Intima-Media Thickness Progression on the Risk of Overweight/ Obesity and Elevated Blood Pressure/ Hypertension: A Cross-Lagged Cohort Study. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 79(1), 159–169. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18449>
- Australian Institute of Health & Welfare. (2022). *Digital health*. Retrieved from <https://www.aihw.gov.au/reports/australias-health/digital-health>
- Botdorf, J., Chaudhary, K., & Whaley-Connell, A. (2011). Hypertension in Cardiovascular and Kidney Disease. *Cardiorenal Medicine*, 1(3), 183–192. <https://doi.org/10.1159/000329927>
- Burnier, M., Kjeldsen, S. E., Narkiewicz, K., Egan, B., & Kreutz, R. (2022). Hypertension management during the COVID-19 pandemic: What can we learn for the future?. *Blood Pressure*, 31(1), 47–49. <https://doi.org/10.1080/08037051.2022.2058909>
- Citoni, B., Figliuzzi, I., Presta, V., Volpe, M., & Tocci, G. (2022). Home blood pressure and telemedicine: a modern approach for managing hypertension during and after COVID-19 pandemic. High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention: *The Official Journal of The Italian Society of Hypertension*, 29(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s40292-021-00492-4>
- da Silva, E. K. P., Barreto, S. M., Brant, L. C. C., Camelo, L. V., Araújo, E. M., Griep, R. H., Fonseca, M. J. M. D., Pereira, A. D. C., & Giatti, L. (2022). Gender, race/skin colour and incidence of hypertension in ELSA-Brasil: An intersectional approach. *Ethnicity & health*, 13(2), 198–208. <https://doi.org/10.1080/13557858.2022.2108377>
- Durukan, B. N., Vardar Yagli, N., Calik Kutukcu, E., Sener, Y. Z., & Tokgozoglu, L. (2022). Health related behaviours and physical activity level of hypertensive individuals during COVID-19 pandemic. International journal of rehabilitation research. *Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation*, 45(2), 176–183. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000519>
- Freeman, H. (1987). Health promotion talk in family practice encounters. *Social Science & Medicine*, 25(8), 961–966. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(87\)90267-X](https://doi.org/10.1016/0277-9536(87)90267-X)
- Hanssen, H., Boardman, H., Deiseroth, A., Moholdt, A., Simonenko, M., Kränkel, N., & Niebauer, J. (2022). Personalized exercise prescription in the prevention and treatment of arterial hypertension: A Consensus Document from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the ESC Council on Hypertension. *European Journal of Preventive Cardiology*, 29(1), 205–215, <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwaa141>
- Hare, A. J., Chokshi, N., & Adusumalli, S. (2021). Novel digital technologies for blood pressure monitoring and hypertension management. *Current Cardiovascular Risk Reports*, 15(8), 11. <https://doi.org/10.1007/s12170-021-00672-w>
- Jagannathan, R., Patel, S. A., Ali, M. K., & Narayan, K. M. V. (2019). Global updates on cardiovascular disease mortality trends and attribution of traditional risk factors. *Current Diabetes Reports*, 19(7), 44–56. <https://doi.org/10.1007/s11892-019-1161-2>

- Kario, K., Harada, N., & Okura, A. (2022). Digital therapeutics in hypertension: Evidence and perspectives. *Journal of hypertension*, 79(10), 2148-2158. <https://doi/full/10.1161/HYPERTENSIONAHA.122.19414>
- Kitt, J., Fox, R., & Tucker, K. L. (2020). Digital health: New approaches in Hypertension Management. *Journal of Cardiology and Cardiovascular Sciences*, 4(1), 18-23. <https://doi.org/10.29245/2578-3025/2020/1.1186>
- Kung, H. C., & Xiu, J. (2015). *Hypertension-related mortality in the United States, 2000-2013*. Retrieved from <http://bit.ly/3Du4Krj>
- Labrique, A., Agarwal, S., & Tamrat, T. (2020). WHO digital health guidelines: A milestone for global health. *NPJ Digital Medicine*, 3(120), 165-178. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00330-2>
- Li, E. C., Heran, B. S., & Wright, J. M. (2014). Angiotensin Converting Enzyme (ACE) inhibitors versus angiotensin receptor blockers for primary hypertension. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2014(8), CD009096. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009096.pub2>
- McDonough, A., Matura, L., & Carroll, D. (2011). Symptom experience of Pulmonary Arterial Hypertension Patients. *Clinical Nursing Research*, 20(2), 120-134. <https://doi.org/10.1177/1054773810391249>
- Miller, E. R., Ramsey, I. J., Tran, L. T., Tsourtos, G., Baratiny, G., Manocha, R., & Olver, I. N. (2016). How Australian general practitioners engage in discussions about alcohol with their patients: A cross-sectional study. *BMJ open*, 6(12), e013921. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013921>
- Nichols, W. W., & Edwards, D. G. (2001). Arterial elastance and wave reflection augmentation of systolic blood pressure: Deleterious effects and implications for therapy. *Journal of Cardiovasc Pharmacol Therapeut*, 6(1), 5-21. <https://doi.org/10.1177/107424840100600102>
- NIHR Evidence National Health Research. (2022). *What is digital health technology and what can it do for me?*. Retrieved from <https://evidence.nihr.ac.uk/collection/what-is-digital-health-technology/>
- Palacholla, R. S., Fischer, N., Coleman, A., Agboola, S., Kirley, K., Felsted, J., Katz, C., Lloyd, S., & Jethwani, K. (2019). Provider- and Patient-Related Barriers to and Facilitators of Digital Health Technology Adoption for Hypertension Management: Scoping Review. *JMIR cardio*, 3(1), e11951. <https://doi.org/10.2196/11951>
- Persson, E., & floodmark, S. (2017). *Nutritional habits and physical activity among university students in Thailand*. Retrieved from <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1105220/FULLTEXT01.pdf>
- Phonphet, C., Suwanno, J., Thiamwong, L., Mayurapak, C., & Ninla-Aesong, P. (2022). Translation and Cross-cultural Adaptation of the Self-care of Hypertension Inventory for Thais with Hypertension. *The Journal of Cardiovascular Nursing*, 10, PMID: 35090153. <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000895>
- Photi, J., Chavasit, V., Chitchang, U., Egkantrong, P., Chinchunupap, K., & Boonpradern, A. (2020). Reduction of Sodium Intake from Papaya Salad with the Use of Sodium-Reduced Fermented Fish in Producing Traditional Seasoning Sauce. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 66(Suppl), S173–S178. <https://doi.org/10.3177/jnsv.66.S173>

- Rai, S. K., Fung, T. T., Lu, N., Keller, S. F., Curhan, G. C., & Choi, H. K. (2017). The Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet, Western diet, and risk of gout in men: prospective cohort study. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 357, j1794. <https://doi.org/10.1136/bmj.j1794>
- Riet, L. R., Esch, J. V., Roks, A., Meirecker, A. H., & Jan Danver, A. H. (2015). Hypertension Renin–Angiotensin–Aldosterone System Alterations. *Circulation Research*, 116(6), 960–975. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.30358>.
- Rosendorff, C., Black, H. R., Cannon, C. P., Gersh, B. J., Gore, J., Izzo, J. L., Jr, Kaplan, N. M., O'Connor, C. M., O'Gara, P. T., Oparil, S., American Heart Association Council for High Blood Pressure Research, American Heart Association Council on Clinical Cardiology, & American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention. (2007). Treatment of hypertension in the prevention and management of ischemic heart disease: A scientific statement from the American Heart Association Council for High Blood Pressure Research and the Councils on Clinical Cardiology and Epidemiology and Prevention. *Circulation*, 115(21), 2761–2788. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.183885>
- Rusmevichientong, P., Morales, C., Castorena, G., Sapbamrer, R., Seesen, M., & Sivoj, P. (2021). Dietary salt-related determinants of hypertension in Rural Northern Thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 377–398. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020377>
- Sapsirisopa, K., & Sapsirisopa, S. (2017). The renal complication screening development of patients with high blood pressure, Muang Nongkhai District, Nongkhai Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 11(2), 207–214. (in Thai)
- Singh, P., Dubey, R., Singh, L., Singh, N., Kumar, C., Kashyap, S., & Subramanian, S. (2022). Mixed effect of alcohol, smoking, and smokeless tobacco use on hypertension among adult population in India: A nationally representative cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3239. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063239>
- Sparrenberger, F., Cichelero, F. T., Ascoli, A. M., Fonseca, F. P., Weiss, G., Berwanger, O., Fuchs, S. C., Moreira, L. B., & Fuchs, F. D. (2009). Does psychosocial stress cause hypertension? A systematic review of observational studies. *Journal of Human Hypertension*, 23(1), 12–19. <https://doi.org/10.1038/jhh.2008.74>
- Sun, J., Wang, X., Terry, P. D., Ren, X., Hui, Z., Lei, S., Wang, C., & Wang, M. (2022). Interaction effect between overweight/obesity and alcohol consumption on hypertension risk in China: A longitudinal study. *BMJ Open*, 12(7), e061261. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-061261>
- Tan, F., Oka, P., & Dambha, H. (2021). The association between self-efficacy and self-care in essential hypertension: A systematic review. *BMC Family Practice*, 22(44). <https://doi.org/10.1186/s12875-021-01391-2>

- Thaworn, A., & Samruayruen, K. (2022). The effectiveness of health literacy program on self-care behavior among hypertensive patients, Tambon Aranyik Health Promotion Hospital, Mueang District, Phitsanulok Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 16(1), 65–77. (in Thai)
- Theerapuncharoen, N., & Theerapuncharoen, W. (2016). Health risk for ASEAN people. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(2), 50–60. (in Thai)
- Tucker, K. L., Sheppard, J. P., Stevens, R., Bosworth, H. B., Bove, A., Bray, E. P., Earle, K., George, J., Godwin, M., Green, B. B., Hebert, P., Hobbs, F. D. R., Kantola, I., Kerry, S. M., Leiva, A., Magid, D. J., Mant, J., Margolis, K. L., McKinstry, B., McLaughlin, M. A., & McManus, R. J. (2017). Self-monitoring of blood pressure in hypertension: A systematic review and individual patient data meta-analysis. *PLoS Medicine*, 14(9), e1002389. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002389>
- Wang, Q., Su, M., Zhang, M., & Li, R. (2021). Integrating digital technologies and public health to fight Covid-19 Pandemic: Key technologies, applications, challenges and outlook of digital healthcare. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 578-588. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18116053>
- Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Agabiti Rosei, E., Azizi, M., Burnier, M., Clement, D. L., Coca, A., de Simone, G., Dominiczak, A., Kahan, T., Mahfoud, F., Redon, J., Ruilope, L., Zanchetti, A., Kerins, M., Kjeldsen, S. E., Kreutz, R., Laurent, S., Lip, G. Y. H., & Authors/Task Force Members. (2018). 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *Journal of hypertension*, 36(10), 1953–2041. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001940>
- World Health Organisation. (2020). *Digital health*. Retrieved from https://www.who.int/health-topics/digital-health#tab=tab_1



ภัยแก๊งคอลเซ็นเตอร์ จากอาชญากรรมทางเศรษฐกิจสู่อาชญากรรมทางเทคโนโลยี

The Threat of Call Center Gangs Evolving from Economic Crime to Cybercrime

สรวิศ บุญมี¹

Sorawit Boonmee¹

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Information Technology, Eastern Asia University

Received: January 31, 2023

Revised: March 22, 2023

Accepted: March 29, 2023

บทคัดย่อ

แก๊งคอลเซ็นเตอร์ เป็นอาชญากรรมทางเศรษฐกิจที่แสวงประโยชน์จากความตื่นกลัว ความโลภ ซึ่งเกิดขึ้นมานานระยะหนึ่งแล้ว แต่ได้ขยายวงอย่างกว้างขวางในประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 ในปัจจุบันเมื่อเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนและโมบายแบงก์กิ้งได้รับความนิยมมากขึ้น แก๊งคอลเซ็นเตอร์จึงพัฒนารูปแบบการหลอกลวงเหยื่อด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้นจนกลายเป็นอาชญากรรมทางเทคโนโลยี บทความนี้จะอธิบายถึงความเป็นมาของแก๊งคอลเซ็นเตอร์ กลวิธีทางวิศวกรรมสังคมในการหลอกลวงเหยื่อ การหลอกลวงรูปแบบใหม่ของแก๊งคอลเซ็นเตอร์ตามแนวคิดของ Cyber Kill Chain ปัญหาของบัญชีม้า มาตรการป้องกันโดย กสทช. ร่างพระราชกำหนดมาตรการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยี การทำงานของแอปพลิเคชันปลอม และการป้องกันและรับมือ เพื่อให้เข้าใจกลวิธีหลอกลวงรูปแบบใหม่ และสร้างความตระหนักรู้เพื่อลดความเสี่ยงที่จะตกเป็นเหยื่อโดนหลอกลวงจนต้องสูญเสียทรัพย์สิน

คำสำคัญ: แก๊งคอลเซ็นเตอร์ อาชญากรรมทางเทคโนโลยี ความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ

Abstract

Call center gangs are economic crimes that take advantage of fear and greed. They have been going on for a long time, but they have expanded widely in Thailand since 2007. When smartphone technology and mobile banking became more popular, they developed a form of deceiving victims with modern technology that became a cyber-technological crime. This article explains the history of call center gangs, social engineering tactics to deceive victims, a new scam of call center gangs based on the concept of cyber kill chain, the problem of mule accounts, preventive measures by the NBTC Draft Royal Decree on Measures to Prevent and Suppress Cyber Crimes, the operation of fake applications, prevention, and coping to understand new deception tactics and raise awareness to reduce the risk of falling victim to being deceived until losing your property.

Keywords: call center gangs, cybercrime, information security



บทนำ

ภัยการหลอกลวงทางโทรศัพท์ หรือแก๊งคอลเซ็นเตอร์ (Call Center) เป็นอาชญากรรมทางเศรษฐกิจระหว่างประเทศรูปแบบหนึ่งในยุคดิจิทัล ซึ่งนอกจากจะก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจต่อเหยื่อจำนวนมากแล้วยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจในภาพรวมระดับประเทศอีกด้วย ภัยคอลเซ็นเตอร์ถือได้ว่าเป็นอาชญากรรมทางเศรษฐกิจข้ามชาติที่เป็นภัยร้ายแรง และมีการปรับปรุงวิธีการหลอกลวงเหยื่อให้เข้ากับยุคปัจจุบันซึ่งเป็นยุคข้อมูลข่าวสารที่การติดต่อในรูปแบบดิจิทัลมีบทบาทมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกลายเป็นอาชญากรรมทางเทคโนโลยี ตามรายงานจากศูนย์ปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศเปิดเผยว่า ประเทศไทยพบการใช้โทรศัพท์เพื่อหลอกลวงมากกว่า 6.4 ล้านครั้ง โดยเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 270 จากปี 2563 และในไทยพบการส่งข้อความขนาดสั้นหรือเอสเอ็มเอส (SMS) หลอกลวงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 57 และในปี 2564 ที่ผ่านมามีผู้เสียหายเข้าแจ้งความกับกองบัญชาการตำรวจสืบสวนสอบสวนอาชญากรรมทางเทคโนโลยี (บช.สอท.) กว่า 1,600 คน มูลค่าความเสียหายสูงกว่า 1,000 ล้านบาท นับแต่เดือนมกราคมถึง 15 กุมภาพันธ์ 2565 เข้าแจ้งความแล้ว 129 คดี สถิติทางคดีดังกล่าวแสดงให้เห็น

ถึงแก๊งคอลเซ็นเตอร์ยังคงระบาดอย่างต่อเนื่อง สำหรับมูลเหตุจูงใจการกระทำผิด คือ รายได้ที่ได้รับจากการก่อเหตุมีมูลค่าเป็นจำนวนมากในขณะที่ยังไม่ลงทุนตามกฎหมายไม่มีความรุนแรง (The Secretariat of the House of Representatives, 2022)

ที่มาของแก๊งคอลเซ็นเตอร์

แก๊งคอลเซ็นเตอร์ เป็นอาชญากรรมทางเศรษฐกิจรูปแบบหนึ่งที่ฉ้อโกงประชาชนโดยแสวงประโยชน์จากความตื่นกลัว ความโลภ และการสร้างความสัมพันธ์อันดีกับเหยื่อหรือผู้เสียหาย ซึ่งเกิดขึ้นมานานพอสมควรแล้ว แต่ระบาดอย่างกว้างขวางในประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 โดยเหยื่อมักจะเป็นผู้สูงอายุ ข้าราชการเกษียณที่มีเงินเก็บสะสม หรือผู้หญิงที่มักมีความตื่นกลัวกับการหลอกลวงหรือฉ้อฉลของคนร้าย (Thailand Science Research and Innovation, 2021)

คำว่าแก๊งคอลเซ็นเตอร์ หรือที่เรียกอีกอย่างว่าคดียคอลเซ็นเตอร์นั้น มิได้เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศไทยแต่มีที่มาจากประเทศไต้หวัน โดยในตอนแรกไม่ได้ใช้คำว่าคอลเซ็นเตอร์ แต่ใช้คำว่า เอทีเอ็มเกมส์ (ATM Game)

เป็นการสร้างกลไกต่อประชาชนโดยการแอบอ้างแสดงตนเป็นผู้อื่น แล้วหลอกลวงให้เหยื่อเชื่อทางโทรศัพท์เพื่อให้เหยื่อไปที่ตู้ ATM และให้ทำการโอนเงินแก่คนร้าย โดยมีรูปแบบที่ใช้ในการหลอกลวงผู้เสียหายหรือเหยื่อโดยใช้กลวิธีทางวิศวกรรมสังคม เช่น หลอกลวงด้วยความโลภ หรือหลอกลวงด้วยความกลัว (Thailand Science Research and Innovation, 2021)

กลวิธีทางวิศวกรรมสังคม (social engineering influence tactics)

ในด้านความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ การโจมตีเหยื่อด้วยวิธีทางวิศวกรรมสังคม คือ ปฏิบัติการจิตวิทยา ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการโจมตี เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์มากนัก และส่วนใหญ่จะใช้ได้ผลดี การโจมตีแบบวิศวกรรมสังคมจะเกี่ยวกับการหลอกให้เหยื่อหลงกลเพื่อให้ผลประโยชน์ที่ผู้โจมตีต้องการ เช่น การหลอกลวงรหัสผ่าน การหลอกให้ส่งข้อมูลที่สำคัญให้ ซึ่งการโจมตีประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์หรือการเจาะระบบเลย วิศวกรรมสังคมเป็นจุดอ่อนที่ป้องกันยากเพราะเกี่ยวข้องกับคน และมีกลวิธีในการโน้มน้าวเหยื่อหลายรูปแบบ ดังนี้ (Social-Engineer, 2022)

- **Authority** ในทางวิศวกรรมสังคม ผู้โจมตีอาจวางตัวเป็นผู้มีอำนาจเพื่อเพิ่มโอกาสที่เหยื่อจะยอมทำตาม เช่น อ้างว่าเป็นเจ้าหน้าที่ตำรวจ หรือเจ้าหน้าที่สรรพากร
- **Intimidation** ผู้โจมตี แจ้งหรือบอกเป็นนัยว่าจะมีผลในทางลบหากไม่ดำเนินการบางอย่าง ตามด้วยการข่มขู่เช่น อ้างว่าเหยื่อมีส่วนร่วมในการทำผิดกฎหมาย บัญชีถูกยกเลิก
- **Scarcity** ความขาดแคลนที่เหยื่อรับรู้จะทำให้เหยื่อเกิดความต้องการ เช่น อ้างว่ามีจำนวนจำกัด ใกล้หมดแล้ว
- **Urgency** เชื่อมโยงกับความขาดแคลน ผู้โจมตีใช้ความเร่งด่วนเป็นหลักการทางจิตวิทยาเร่งเวลาของวิศวกรรมสังคม ตัวอย่างเช่น การพูดว่าข้อเสนอพิเศษมีให้ภายในเวลาจำกัดเท่านั้น กระตุ้นให้เหยื่อรีบตัดสินใจโดยไม่ไตร่ตรองให้ดี

- **Familiarity หรือ Liking** สร้างความคุ้นเคยให้เหยื่อรู้สึกไวใจ เช่น หลอกว่าจะช่วยเหลือ ตรวจสอบแก้ปัญหาให้

การหลอกลวงรูปแบบใหม่ของแก๊งคอลเซ็นเตอร์ตามแนวคิดของ Cyber Kill Chain

แก๊งคอลเซ็นเตอร์ได้พัฒนารูปแบบในการหลอกลวงเหยื่อตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป เมื่อสมาร์ตโฟนมีราคาถูกลงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น อำนวยความสะดวกให้สามารถทำธุรกรรมอย่างการโอนเงินผ่านระบบโมบายแบงก์กิ้งได้อย่างรวดเร็วไม่ต้องไปทำรายการที่เครื่องเอทีเอ็ม แก๊งคอลเซ็นเตอร์จึงได้พัฒนามาเป็นการโจมตีระบบโมบายแบงก์กิ้งของเหยื่อแทนซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Cyber Kill Chain ที่ถูกคิดค้นโดย Lockheed Martin เพื่อใช้อธิบายขั้นตอนการโจมตีไซเบอร์ ดังนี้ (Lockheed Martin, 2023)

1. **Reconnaissance** การลาดตระเวน คือ คนร้ายจะเริ่มต้นเก็บรวบรวมข้อมูลของเป้าหมายก่อนเริ่มการโจมตี โดยอาจค้นหาข้อมูลจากโลกอินเทอร์เน็ต หรือเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยจะเห็นได้ว่า ในหลายกรณีคนร้ายสามารถระบุข้อมูลเบื้องต้นของตัวเหยื่อได้ถูกต้องจนเหยื่อหลงเชื่อ
2. **Weaponization** เตรียมอาวุธสำหรับโจมตี เช่น สร้างเว็บไซต์ปลอมที่มีหน้าตาเหมือนเว็บจริงที่จะใช้แอบอ้างหลอกเหยื่อ สร้างแอปพลิเคชันปลอมเพื่อนำไปติดตั้งในสมาร์ตโฟนของเหยื่อเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการโจมตีระบบโมบายแบงก์กิ้ง
3. **Delivery** ติดต่อเหยื่อเพื่อส่งเว็บไซต์และแอปพลิเคชันปลอม ผ่านทางช่องทางสื่อสารต่าง ๆ ให้
4. **Exploitation** ใช้กลวิธีทางวิศวกรรมสังคมในการโน้มน้าวเหยื่อให้หลงเชื่อเรื่องหลอกลวงของคนร้าย
5. **Installation** เมื่อเหยื่อหลงเชื่อก็จะติดตั้งแอปพลิเคชันปลอมลงในเครื่องและเรียกใช้งาน
6. **Command & Control** แอปพลิเคชันปลอมก็จะสร้างช่องทางในการรับส่งคำสั่งจากคนร้ายผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถจัดการและควบคุมเครื่องของเหยื่อจากระยะไกลได้ตามความต้องการ

7. Action on Objectives จากนั้นคนร้ายจะควบคุมระบบโมบายแบงก์กิ้งของเหยื่อเพื่อโอนเงินออกไปยังบัญชีต่อไป

เนื่องจาก Cyber Kill Chain เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ นั้นหมายความว่า ถ้าสามารถทำให้ลูกโซ่ขาดไปได้ก่อนจะถึงขั้นสุดท้ายก็จะทำให้การโจมตีไม่เป็นผลสำเร็จทันที ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว ควรจะใช้หลากหลายวิธีเข้าช่วยเพื่อพยายามตัดห่วงโซ่ทิ้งให้ได้ทุกจุด (defense in depth) (TechTalkThai, 2016)

บัญชีม้าและคริปโทเคอร์เรนซี

เมื่อคนร้ายควบคุมระบบโมบายแบงก์กิ้งของเหยื่อได้แล้วก็ทำการโอนเงินของเหยื่อไปยังบัญชีธนาคารที่เปิดเตรียมไว้ล่วงหน้าหรือที่เรียกว่าบัญชีม้า บัญชีม้า คือ บัญชีเงินฝากธนาคารของบุคคลอื่นซึ่งถูกคนร้ายนำมาใช้เป็นช่องทางในการรับเงินและถ่ายโอนเงินที่ได้มาจากการกระทำความผิด เพื่อป้องกันไม่ให้มีพยานหลักฐานเชื่อมโยงมาถึงตัวได้ บัญชีม้าสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งจากการโจรกรรมข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อนำไปใช้เปิดบัญชีในชื่อของคนนั้น ๆ หรือจ้างให้บุคคลอื่นเปิดบัญชี หรือรับซื้อบัญชีเงินฝากธนาคารของบุคคลทั่วไปเพื่อนำไปใช้กระทำความผิด ซึ่งพบได้อย่างแพร่หลายในเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่มีการขายบัญชีเงินฝากธนาคารอย่างเปิดเผย โดยบัญชีม้าเหล่านี้จะมาพร้อมกับสำเนาบัตรประจำตัวประชาชนและซิมการ์ดโทรศัพท์ที่เจ้าของบัญชีเปิดใช้งานด้วย เพื่อให้คนร้ายที่ซื้อบัญชีม้าไปแล้วจะสามารถนำข้อมูลส่วนบุคคลของเจ้าของบัญชีไปผูกกับ mobile banking เพื่อใช้โอนส่งต่อเงินที่ได้จากเหยื่อให้เร็วที่สุด (Bank of Thailand, 2022)

คนร้ายมักจะมีบัญชีม้าหลาย ๆ บัญชี เพื่อใช้โอนส่งเงินต่อกันไปเป็นทอด ๆ เพื่อป้องกันการถูกตำรวจตรวจสอบหรืออายัดเงินในบัญชีม้า เช่น เมื่อผู้เสียหายถูกหลอกให้โอนเงินเข้าบัญชีม้าที่ 1 แล้ว คนร้ายก็จะโอนเงินออกจากบัญชีดังกล่าวต่อไปยังบัญชีม้าที่ 2 จากบัญชีม้าที่ 2 โอนต่อไปยังบัญชีม้าที่ 3 และที่ 4 ซึ่งบางรายมีจำนวนบัญชีม้าถึง 5 บัญชี ท้ายที่สุดคนร้ายก็จะถอนเงินของเหยื่อหรือผู้เสียหายออกไป ซึ่งการโอนเงินจากบัญชีม้าหลายทอดเช่นนี้ตั้งแต่ต้นจนจบใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น และหากถูกเจ้าหน้าที่ตำรวจอายัดบัญชีม้าบัญชีใด ก็จะเปลี่ยนไปใช้

บัญชีม้าอื่น ๆ ที่ยังสามารถใช้งานแทนได้ ขณะที่ในทางกลับสวนของเจ้าหน้าที่ จะมีขั้นตอนในการขอข้อมูลบัญชีเงินฝากจากสถาบันการเงินซึ่งมีระยะเวลาในการดำเนินการทำให้ที่ผ่านมายังไม่สามารถระงับยับยั้งการถอนเงินออกจากบัญชีเงินฝากธนาคารได้อย่างทันทั่วถึงที่ เงินที่คนร้ายได้จากการกระทำความผิดจึงถูกโยกย้ายออกจากบัญชีม้าไปอย่างรวดเร็ว และต้องใช้เวลาในการติดตามเงินคืนให้กับผู้เสียหาย (Bank of Thailand, 2022)

เนื่องจากในปัจจุบันกฎหมายยังไม่ได้กำหนดให้การเปิดบัญชีธนาคารที่นำไปใช้เป็นบัญชีม้าเป็นความผิดโดยเฉพาะในทางปฏิบัติ เจ้าหน้าที่ตำรวจจะดำเนินคดีกับผู้เปิดบัญชีม้าในความผิดฐานเป็นตัวการหรือผู้สนับสนุนในการกระทำความผิดอื่น ดังนั้นเมื่อมีฉ้อโกงใช้บัญชีม้าในการกระทำความผิดฉ้อโกง เจ้าของบัญชีเงินฝากที่เป็นผู้เปิดบัญชีม้าอาจต้องถูกดำเนินคดีฐานเป็นตัวการหรือผู้สนับสนุนการกระทำความผิดฉ้อโกงด้วยเช่นกัน ดังคำพิพากษาศาลฎีกาที่ 2120/2563 ตัดสินลงโทษประชาชนที่รับจ้างเปิดบัญชี แม้จะอ้างในชั้นสอบสวนและศาลว่า ไม่ได้รู้เห็นการกระทำความผิด แต่ศาลเห็นว่า การเปิดบัญชีธนาคารนั้นเป็นเรื่องส่วนบุคคล ไม่ควรนำบัญชี บัตร ATM หรือรหัสสมอบให้กับผู้อื่น การได้รับเงินค่าจ้างเพื่อมาเปิดนั้น ย่อมเห็นผลว่าผู้รับซื้อจะนำไปใช้ในทางผิดกฎหมาย จะอ้างว่าถูกหลอกไม่ได้ การกระทำจึงเป็นการให้ความช่วยเหลือหรือให้ความสะดวกในการที่ผู้อื่นกระทำความผิดฐานฉ้อโกง และเป็นผู้สนับสนุนการใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเบิกถอนเงินสดของผู้อื่นโดยมิชอบ จึงมีความผิดฐานเป็นผู้สนับสนุนการกระทำความผิด โดยต้องโทษ 2 ใน 3 ของโทษทั้งหมด (Nitilaw and Win Office, 2022)

นอกจากนี้ การส่งเงินให้กับเจ้าของหรือระดับหัวหน้าแก๊งในต่างประเทศ คนร้ายอาจใช้บัญชีคริปโทเคอร์เรนซีซึ่งไม่ได้เปิดให้บริการผ่านศูนย์ซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลที่ได้รับอนุญาตในประเทศไทย โดยคนร้ายอาจจะทำการโอนคริปโทเคอร์เรนซีแบบ Peer-to-Peer--P2P หรือผ่านศูนย์ซื้อขายสินทรัพย์ดิจิทัลที่อยู่ในต่างประเทศ ทำให้เกิดความล่าช้าหรืออาจไม่ได้รับความร่วมมือในการประสานงานขอข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์ในการสืบสวนสอบสวน รวมถึง มีความยุ่งยากซับซ้อนในขั้นตอนการสืบสวนเพื่อจับกุมผู้กระทำความผิด (Bank of Thailand, 2022)

มาตรการป้องกันโดย กสทช.

ในการติดต่อเหยื่อ กลุ่มที่ทำหน้าที่คอลเซ็นเตอร์ อาจโทรหาเหยื่อจากต่างประเทศโดยใช้เทคโนโลยี VoIP --Voice over IP ซึ่งสามารถปลอมแปลงเลขหมายโทรศัพท์ต้นทางให้เป็นเลขหมายคอลเซ็นเตอร์ในประเทศได้ หรือใช้ซิมโทรศัพท์แบบเติมเงินเพื่อปกปิดต้นทางให้ตำรวจตามจับกุมได้ยาก ซึ่งคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือ กสทช. ได้มีมาตรการป้องกันต่าง ๆ อาทิ (Office of The National Broadcasting and Telecommunications Commission, 2023)

- ระวังการโทรเข้าจากต่างประเทศมายังเลขหมายปลายทางของประเทศไทย ซึ่งมีรูปแบบของเลขหมายที่โทรเข้าผิดปกติ เช่น ปลอมเป็นเลขหมายในประเทศโดยเฉพาะเลขหมายสี่หลักแบบคอลเซ็นเตอร์ทั่วไป
- ระวังการโทรเข้าจากต่างประเทศมายังเลขหมายปลายทางของประเทศไทย ซึ่งมีรูปแบบของเลขหมายโทรเข้าเป็นรหัสโทรศัพท์ประจำประเทศ (country code) ที่ยังไม่ได้กำหนดโดย ITU
- การโทรเข้าที่มาจากต่างประเทศที่ไม่มีการกำหนดเลขหมายต้นทาง (NonCLI) ซึ่งมาจากช่องทาง VoIP ให้ดำเนินการเพิ่ม Prefix โดยใช้เครื่องหมาย “+697” นำหน้าเลขหมายที่โทรเข้า
- กำหนดให้ผู้ให้บริการจะต้องเพิ่ม Prefix สำหรับกรณีบริการที่ระบุเลขหมายต้นทางจากต่างประเทศ CLI โดยใช้เครื่องหมาย “+698” นำหน้าเลขหมายที่เป็นการ Roaming จากต่างประเทศ
- จัดทำบริการ USSD หมายเลข *138 เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถเลือกปฏิเสธการรับสายที่จากต่างประเทศได้
- มาตรการเชิงรุกโดยดำเนินการติดตามตรวจสอบการโทรจากต่างประเทศและในประเทศที่มีพฤติกรรมการใช้งานที่ผิดปกติและมีแนวโน้มการใช้งานที่อาจเข้าข่ายเป็นการกระทำความผิดกฎหมาย
- การเพิ่มความเข้มงวดสำหรับการลงทะเบียนการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ (การลงทะเบียน SIM) โดยจะกำหนดให้ผู้ถือครองเลขหมายจำนวนมาก ต้องแสดงตัวตนและวัตถุประสงค์ของการถือครอง เป็นระยะ ๆ

พระราชกำหนดมาตรการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยี

เมื่อวันที่ 24 มกราคม 2566 ที่ประชุมคณะรัฐมนตรีเห็นว่า ปัจจุบัน มีฉ้อโกงที่มีการหลอกลวงให้ประชาชนโอนเงินผ่านการติดต่อทางโทรศัพท์หรือวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งขยายตัวรวดเร็วและเกิดความเสียหายเป็นวงกว้าง จากสถิติตั้งแต่ 1 มีนาคม ถึง 31 ตุลาคม 2565 มีคดีออนไลน์เกิดขึ้นกว่า 114,000 คดี คิดเป็นมูลค่าความเสียหายกว่า 22,000 ล้านบาท เฉลี่ย 800 คดีต่อวัน อีกทั้ง ยังไม่มีกฎหมายเฉพาะที่ให้อำนาจสถาบันการเงิน หรือผู้ประกอบการธุรกิจ สามารถระงับการทำธุรกรรมใด ๆ ที่ต้องสงสัยว่าเป็นธุรกรรมที่กระทำความผิดทางอาญา โดยเฉพาะการหลอกลวงประชาชนให้โอนเงินไปยังบัญชีผู้อื่นที่อยู่ในขบวนการเป็นทอด ๆ อย่างรวดเร็ว หรือที่เรียกว่า บัญชีม้า ทำให้เจ้าหน้าที่ไม่สามารถระงับการทำธุรกรรมหรืออายัดเงินได้ทันทั่วถึง จึงมีมติอนุมัติร่างพระราชกำหนดมาตรการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยี โดยมีสาระสำคัญเป็นการกำหนดมาตรการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยี ที่หลอกลวงประชาชนให้โอนเงินผ่านการติดต่อทางโทรศัพท์หรือวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ และลงโทษผู้ที่เปิดบัญชีบัตรเครดิตอิเล็กทรอนิกส์ หรือกระเป๋าสตางค์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำเงินหรือทรัพย์สินมาใช้ในการกระทำความผิดอาญา โดยมีรายละเอียด อาทิ (The Secretariat of the Prime Minister, 2023)

- กำหนดให้มีกลไก “คณะกรรมการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยี” เพื่อกำหนดแนวทางในการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมทางเทคโนโลยี และกำหนดหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูลที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยมีรัฐมนตรีว่าการกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมเป็นประธาน และมีกรรมการโดยตำแหน่ง 8 คน
- สถาบันการเงินและผู้ประกอบการธุรกิจ มีอำนาจแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับบัญชีและธุรกรรมของลูกค้าผ่านระบบการแลกเปลี่ยนข้อมูล
- ผู้ให้บริการโทรคมนาคม มีอำนาจแลกเปลี่ยนข้อมูล และให้สำนักงานตำรวจแห่งชาติ และสำนักงานปปง. และหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตเข้าถึงข้อมูลที่มีการแลกเปลี่ยนได้

- สำนักงาน กสทช. เป็นหน่วยงานจัดทำระบบฐานข้อมูลกลางเท่าที่จำเป็น เกี่ยวกับข้อมูลการลงทะเบียนผู้ใช้งาน ข้อความสั้น เพื่อใช้ในการสืบสวนสอบสวนและป้องกัน

- ขั้นตอนในการระงับการทำธุรกรรม อาทิ (1) กรณีสถาบันการเงินหรือผู้ประกอบการธุรกิจพบเหตุอันควรสงสัยเองหรือได้รับแจ้งจากเจ้าพนักงาน ให้สถาบันการเงินหรือผู้ประกอบการธุรกิจระงับการทำธุรกรรม แล้วแจ้งให้สถาบันการเงินหรือผู้ประกอบการธุรกิจที่รับโอนระงับการทำธุรกรรมต่อไปทันทีเป็นการชั่วคราว หากตรวจสอบแล้วไม่พบเหตุสงสัย ให้สามารถดำเนินการทำธุรกรรมต่อไปได้ (2) กรณีได้รับแจ้งจากผู้เสียหาย ให้สถาบันการเงินหรือผู้ประกอบการธุรกิจระงับการทำธุรกรรมและแจ้งให้สถาบันการเงินหรือผู้ประกอบการธุรกิจที่รับโอนระงับการทำธุรกรรมไว้ทันทีเป็นการชั่วคราว เพื่อให้ผู้เสียหายร้องทุกข์ต่อพนักงานสอบสวนภายในเวลา 48 ชั่วโมง และให้พนักงานสอบสวนดำเนินการเกี่ยวกับบัญชีและกระเป๋าสตางค์อิเล็กทรอนิกส์นั้นภายในเวลา 7 วัน นับแต่วันได้รับแจ้ง

- การแจ้งข้อมูลหรือหลักฐาน สามารถแจ้งผ่านทางโทรศัพท์หรือวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ กรณีแจ้งทางโทรศัพท์ให้ผู้ระงับการทำธุรกรรมบันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษรและส่งให้อีกฝ่ายหนึ่งทราบเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน

- กำหนดบทลงโทษ แบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้ (1) ห้ามมิให้ผู้ใดเปิดบัญชี บัตรอิเล็กทรอนิกส์ หรือกระเป๋าสตางค์อิเล็กทรอนิกส์โดยไม่ได้มีเจตนาใช้เพื่อตน และห้ามมิให้ผู้ใดยินยอมให้บุคคลอื่นใช้หรือยืมใช้สิทธิบัตรโทรศัพท์ของตนในทั้งที่รู้หรือควรจะรู้ ซึ่งอาจจะนำไปใช้ในการทุจริตหรือทำผิดกฎหมาย ผู้ใดฝ่าฝืนต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 3 ปี หรือปรับไม่เกิน 300,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ (2) ห้ามมิให้ผู้ใดเป็นธุระจัดหา โฆษณา หรือโฆษณาโดยประการใด ๆ เพื่อให้มีการซื้อหรือขายบัญชี บัตรอิเล็กทรอนิกส์ กระเป๋าสตางค์อิเล็กทรอนิกส์ หรือสิทธิบัตรโทรศัพท์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการกระทำความผิดอาญา ผู้ใดฝ่าฝืนต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่ 2 ปี ถึง 5 ปี และปรับตั้งแต่ 200,000 บาท ถึง 500,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

จะเห็นได้ว่าร่างพระราชกำหนดนี้มีการกำหนดความผิดของผู้ที่เปิดบัญชีมาโดยตรง และให้สถาบันการ

เงินมีอำนาจจะจับธุรกรรมที่ต้องสงสัยว่าเป็นการหลอกลวงเงินจากผู้เสียหายได้เองโดยไม่ต้องรอให้ผู้เสียหายร้องทุกข์ต่อพนักงานสอบสวนก่อน เพิ่มโอกาสที่จะสกัดกั้นไม่ให้เงินนั้นถูกโอนออกนอกประเทศซึ่งจะทำให้ยากต่อการติดตามทวงคืน

การทำงานของแอปพลิเคชันปลอมของคนร้าย

แอปพลิเคชันปลอมของคนร้ายโดยทั่วไปจะโจมตีสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มากกว่า เนื่องจากเป็นระบบเปิด สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันปลอมจากการดาวน์โหลดมาเองได้ง่ายกว่าโดยไม่ต้องผ่านการตรวจสอบจากกูเกิล เพลย์ คนร้ายจะพยายามโน้มน้าวเหยื่อให้ดาวน์โหลดไฟล์สำหรับติดตั้งแอปพลิเคชันนั้นจากเว็บไซต์ปลอมที่ดูน่าเชื่อถือ โดยจะสังเกตได้ว่าชื่อโดเมนใน URL ของเว็บไซต์ปลอมนั้นจะไม่ตรงกับของจริงซึ่งได้ถูกจดทะเบียนชื่อโดเมนไปแล้ว แต่คนร้ายอาจจะจดชื่อโดเมนให้มีความคล้ายคลึงใกล้เคียงกับของจริงได้จนเหยื่อไม่ทันสังเกต

เมื่อเหยื่อติดตั้งแอปพลิเคชันปลอมสำเร็จ และเรียกใช้งาน แอปพลิเคชันปลอมจะใช้กลวิธีหลากหลายเพื่อโจมตีอาทิเช่น (Chanyavilas, 2023)

- มีการให้ตั้ง PIN หรือรหัสผ่านถึง 2 ครั้ง โดยข้อมูลนี้จะถูกคนร้ายนำไปลองใช้ในการใส่เป็น PIN ขณะเข้าแอปพลิเคชันของธนาคารต่าง ๆ ในเครื่องของเหยื่อ

- หาก PIN ที่พิมพ์ในแอปพลิเคชันปลอมใช้งานไม่ได้ บางกรณีคนร้ายจะถามเหยื่อตรง ๆ เช่น PIN ที่ใส่มาเป็นอันเดียวกับของธนาคารหรือไม่ หากไม่ใช่ให้บอก PIN ของธนาคาร เพื่อทำการตรวจสอบบัญชีให้สำเร็จ

- ถ้ายังไม่ได้ PIN คนร้ายอาจบอกให้เหยื่อโอนเงินจำนวนน้อย ๆ ระหว่างบัญชีของตนเอง ระหว่างนี้คนร้ายจะสังเกตตัวเลขที่กระพริบเวลาเหยื่อกด PIN บนหน้าจอหรือในบางครั้งก็อาศัยจังหวะหลังจากที่เหยื่อใส่ PIN แล้วแต่ยังไม่ได้ปิดแอปพลิเคชันของธนาคาร ทำรายการโอนเงินต่อเลย

- มีการขอ Permission เช่น ขอทำตัวเป็นแอปพลิเคชันสำหรับผู้พิการ (accessibility service) เพื่อให้ตัวแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ถึงแม้จะปิดทิ้งไปแล้วก็ตาม และสามารถแตะหน้าจอใน

ตำแหน่งใด ๆ แทนผู้ใช้งานได้ ขอทำการถ่ายทอดหน้าจอ (screen casting) เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถคัดลอกหน้าจอแล้วส่งภาพวิดีโอของหน้าจอเหยื่อขึ้นไปยังระบบของคนร้าย ดังนั้นคนร้ายจะสามารถเห็นหน้าจอของเหยื่อได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะทำอะไรอยู่ที่หน้าไหนก็ตาม ขอเขียนภาพทับโปรแกรมอื่น (system alert screen overlay) เพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถเขียนภาพใด ๆ ทับบนหน้าจอโทรศัพท์แบบเต็มจอ เหยื่อจะมองไม่เห็นว่าคนร้ายกำลังทำอะไรอยู่บนเครื่องของตน และไม่สามารถแตะปุ่มเพื่อปิดเครื่องบนหน้าจอ หรือสลับแอปพลิเคชันได้เลย

- หลังจากเหยื่อถูกข่มขู่และหลอกจนหลงเชื่อ เมื่อมีการให้ Permission ของผู้พิการไปแล้ว ตัวแอปพลิเคชันปลอมจะแอบไปกด Allow การถ่ายทอดหน้าจอเองโดยอัตโนมัติ เพื่อไม่ให้เหยื่อรู้ว่ากำลังถูกแอบถ่ายทอดหน้าจอ

- หลังจาก Allow Permission ครบแล้ว หน้าจอโทรศัพท์จะถูกล็อกทันที เพื่อให้คนร้ายเข้ามาควบคุมและทำรายการกับแอปพลิเคชันของธนาคารได้โดยเหยื่อไม่รู้ตัว ขณะเดียวกันคนร้ายจะบอกเหยื่อให้วางโทรศัพท์หนึ่ง ๆ ห้ามแตะต้อง

การป้องกันและรับมือสำหรับประชาชน

ตามแนวคิดของ Cyber Kill Chain ในแต่ละขั้นตอนข้างต้น ทำให้สามารถป้องกันรับมือแก๊งคอลเซ็นเตอร์ยุคดิจิทัลได้ ดังนี้

- ตั้งสติทุกครั้งก่อนรับโทรศัพท์จากเลขหมายที่ไม่คุ้นเคย โดยเฉพาะเลขหมายที่โทรจากต่างประเทศที่ขึ้นต้นด้วย +698 หรือ +697 ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่จะเป็นเบอร์ที่โทรมาจากมิจฉาชีพ หากไม่มีความจำเป็นสามารถแจ้งผู้ให้บริการให้บล็อกการโทรจากต่างประเทศได้

- โดยทั่วไปหน่วยงานหรือสถาบันการเงินต่าง ๆ จะไม่มีนโยบายสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของลูกค้า หรือขอให้ทำธุรกรรมทางโทรศัพท์ จึงค่อย ๆ ไตร่ตรองว่าเรื่องที่โทรมาเกี่ยวข้องกับตนเองหรือไม่ สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมให้แน่ชัด อย่าดำเนินการใด ๆ และวางสาย หากยังไม่แน่ใจให้ติดต่อกลับคอลเซ็นเตอร์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเองโดยตรง

- ระมัดระวังการไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัวที่สำคัญ เช่น วันหมดอายุของบัตรต่าง ๆ วันเดือนปีเกิด รหัสผ่าน เนื่องจากคนร้ายอาจนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อการโจมตี (Pokudom, 2020)

- ห้ามโอนเงินให้ไม่ว่าจะมีการอ้างเหตุผลใด ๆ ก็ตาม เพราะมีโอกาสสูงมากที่จะไม่ได้คืน

- หากต้องเข้าเว็บไซต์ของหน่วยงาน ควรค้นหา URL จาก Google เองไม่ควรคลิกลิงก์ที่ส่งมาเพราะอาจนำไปสู่เว็บไซต์ปลอมของคนร้ายได้

- ไม่ติดตั้งแอปพลิเคชันที่ไม่ได้อยู่ใน Google Play เพราะมีความเสี่ยงสูงที่เป็นแอปพลิเคชันปลอม หากเผลอติดตั้งไปแล้วให้ตัดการเชื่อมต่อกับเครือข่ายจนกว่าจะแน่ใจว่าได้ลบแอปพลิเคชันเหล่านี้หมดแล้ว

- พยายามแยกบัญชีสำหรับทำธุรกรรมผ่านสมาร์ทโฟนโดยเฉพาะให้คงเหลือเงินเพียงพอต่อการทำธุรกรรมเท่านั้น และจำกัดวงเงินในการทำธุรกรรมออนไลน์เพื่อลดความเสี่ยงที่จะเสียเงินทั้งหมดจากการโจมตีของคนร้าย

- หากถูกโอนเงินออกไปแล้วให้รวบรวมหลักฐานและข้อมูลสำคัญทุกอย่างที่เกี่ยวข้อง แล้วเข้าแจ้งความเพื่อขอบันทึกประจำวันไปใช้เป็นหลักฐานในการติดต่อขอความช่วยเหลือเบื้องต้นกับสถาบันการเงิน หรือแจ้งความออนไลน์ที่ thaipoliceonline.com นอกจากนี้ยังสามารถโทรแจ้งเหตุที่ศูนย์รับแจ้งเหตุภัยทางการเงินจากมิจฉาชีพของธนาคารแต่ละแห่งได้ตลอด 24 ชั่วโมง

- ติดตามข่าวสารการแจ้งเตือนเกี่ยวกับการหลอกลวงต่าง ๆ เพราะคนร้ายมักจะเปลี่ยนหรือคิดค้นรูปแบบและกลวิธีใหม่ ๆ เพื่อหลอกลวงเหยื่ออยู่เสมอ

บทสรุป

ภัยจากแก๊งคอลเซ็นเตอร์มักจะมีการพัฒนารูปแบบและกลวิธีใหม่ ๆ เพื่อหลอกลวงเหยื่ออยู่เสมอเพราะได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า แม้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะพยายามออกมาตรการ หรือปรับเพิ่มกฎหมายเพื่อรับมือแต่ก็มักจะล่าหลังมิจฉาชีพเหล่านี้อยู่เสมอ กลุ่มที่ตกเป็นเหยื่อถูกหลอกลวงส่วนใหญ่จะเป็นผู้สูงอายุ คนที่ไม่ได้ใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ ไม่ติดตามข่าวสารแจ้งเตือนเกี่ยวกับการหลอกลวงต่าง ๆ หรือคนที่ไม่คุ้นเคยและไม่ค่อยได้ใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับ

เทคโนโลยีสารสนเทศ ควรมีความตระหนักถึงภัยนี้ เพื่อลด
ความเสี่ยงจากความเสียหาย โดยสิ่งที่กลุ่มคนร้ายต้องการ
จากเหยื่อนอกจากทรัพย์สินแล้ว อาจเป็นข้อมูลส่วนตัว

ของเหยื่อ และรหัสผ่านต่าง ๆ เพื่อใช้สวมรอยในการทำ
ธุรกรรมหรือนำไปหาประโยชน์ต่อไป



References

- Bank of Thailand. (2022). *Exposing horse accounts know not to be a victim*. Retrieved from <https://www.bot.or.th/Thai/BOTMagazine/Pages/25650166FinancialWisdom.aspx>. (in Thai)
- Chanyavilas, N. (2023). *The money has been sucked out of the account. What actually happened? how?*. Retrieved from <http://bit.ly/3JH9Owu>. (in Thai)
- Lockheed Martin. (2023). *The Cyber Kill Chain*. Retrieved from <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/cyber/cyber-kill-chain.html>.
- Nitilaw and Win Office. (2022). *Is it wrong to open a bank account?-Lawyer Nithipol*. Retrieved from <https://bit.ly/3Y1spYg>. (in Thai)
- Office of The National Broadcasting and Telecommunications Commission. (2023). *The problem of crime in telecommunication technology*. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1CeCaW9qf1s5PGcaajAXCw3iY6OHM5IBu/view>. (in Thai)
- Pokudom, N. (2020). Data privacy in the digital age. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 59–69. (in Thai)
- Social-Engineer. (2022). *Influence tactics*. Retrieved from <https://www.social-engineer.org/framework/influencing-others/influence-tactics/>
- TechTalkThai. (2016). *Get to know Cyber Kill Chain, the process of hacking the system to attack the target*. Retrieved from <https://www.techtalkthai.com/introduction-to-cyber-kill-chain/>. (in Thai)
- Thailand Science Research and Innovation. (2021). *Call center crime*. Retrieved from <https://researchcafe.tsri.or.th/call-center-crime/>. (in Thai)
- The Secretariat of the House of Representatives. (2022). *Threat of call center gangs*. Retrieved from <https://library.parliament.go.th/th/radioscript/rr2565-jul7>. (in Thai)
- The Secretariat of the Prime Minister. (2023). *Prime Minister's picture and speech file cabinet passes bill to deal with online crime suspension of suspicious transactions, opening a horse account, severe imprisonment, and a fine of hundreds of thousands*. Retrieved from <https://www.thaigov.go.th/news/contents/details/64125>. (in Thai)



ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรกชนิดมีตัวรับเอสโตรเจนเป็นบวกและการดูแลตนเอง

Patients with Early Stage of Hormone Estrogen Receptor Positive Breast Cancer and Self-care

ทิพวัลย์ สุวรรณรักษ์¹ ศศิกานัญญ์ สกุลปัญญวัฒน์¹ และอพีริยา คำแฝง¹
Tippawan Suvarnaraksha¹, Sasikarn Skulpunyawat¹ and Aperiya Kumfang¹

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Nursing, Eastern Asia University

Received: February 22, 2023

Revised: April 26, 2023

Accepted: May 3, 2023

บทคัดย่อ

มะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งที่พบบ่อยเป็นอันดับหนึ่งของโลกรวมทั้งประเทศไทย มะเร็งเต้านมในระยะเริ่มแรก คือ ระยะ 0-2 ซึ่งเป็นระยะที่สามารถรักษาให้หายขาดและมีระยะปลอดโรคในช่วง 5 ปีประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ การตรวจพบในระยะนี้จึงมีความสำคัญต่ออัตราการรอดชีวิตอีกทั้งการวินิจฉัยอย่างเหมาะสมทางพยาธิเพื่อได้แนวทางการรักษาที่มีความจำเพาะอย่างทันท่วงทีและครบถ้วน ซึ่งการรักษาหลัก คือ การผ่าตัดก้อนมะเร็งออกซึ่งปัจจุบันสามารถผ่าตัดแบบสงวนเต้านมด้วยรังสีรักษามีโอกาสหายไม่แตกต่างจากการผ่าตัดออกทั้งเต้านอกจากนั้นการใช้วิธีค้นหาต่อมน้ำเหลืองเซนติเนลก็สามารถลดการตัดต่อมน้ำเหลืองออกทั้งหมดในผู้ป่วยระยะเริ่มแรกที่ยังไม่มีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองทำให้คุณภาพชีวิตผู้ป่วยดีขึ้น ส่วนการพิจารณาการรักษาเสริมเพื่อป้องกันการกลับเป็นซ้ำ อาทิ การให้ยาเคมีบำบัด และการใช้ยาต้านฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 5 ปีได้แก่ยา Tamoxifen ในกลุ่มที่ยังไม่หมดประจำเดือนและให้ยากลุ่ม Aromatase inhibitors (AIs) ในกลุ่มที่หมดประจำเดือน หรือในกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการกลับเป็นซ้ำสูงมีการใช้วิธีการทำงานของรังไข่ (Ovarian Function Suppression--OFS) ร่วมกับยา Tamoxifen หรือ AIs เพื่อให้รังไข่หยุดทำงาน สำหรับผู้ที่ต้องการมีบุตรหลังการรักษาต้องมีการวางแผนกับแพทย์ก่อนเริ่มการรักษา สำหรับผู้ป่วยที่ตรวจพบยีน BRCA1/BRCA2 เป็นบวกควรเข้ารับการปรึกษาเรื่องพันธุกรรม ผู้ป่วยในระยะนี้ส่วนใหญ่รักษาแบบผู้ป่วยนอก แต่ยังมีอาการข้างเคียงของการรักษาที่สำคัญโดยเฉพาะการได้รับเคมีบำบัดผู้ป่วยจะมีภูมิคุ้มกันลดลง มีโอกาสเกิดมะเร็งเยื่อโพรงมดลูกหลังได้รับยา Tamoxifen ผู้ป่วยยังมีความเครียดจากโรคและการรักษาดังนั้นจึงต้องดูแลตนเองให้เข้มแข็งทั้งร่างกายและจิตใจเพื่อประสิทธิภาพในการรักษาและคุณภาพชีวิตที่ดี

คำสำคัญ: มะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรก ตัวรับเอสโตรเจนเป็นบวก การดูแลตนเอง ผู้ป่วย

Abstract

Breast cancer is the most common cancer in the world, including in Thailand, where breast cancer in the early stages is stage 0-2, which can be cured and has a 5-year disease-free period of about 80–90 percent. Therefore, early detection is important for patient survival. Moreover, appropriate diagnosis of the pathology of cancer cells is a base for therapeutic plans. The main treatment is tumor removal, and Sentinel Lymph Node Biopsy--SLNB is a benefit to prevent lymphedema in patients without metastasis. The survival rates of Breast Conserving--BCS with radiation and a mastectomy are not different. After that, adjuvant therapies to prevent recurrences were considered, such as chemotherapy, radiotherapy, and anti-hormonal drugs for 5 years. Tamoxifen is effective for premenopausal women, and Aromatase Inhibitors--AIs are for postmenopausal women. Moreover, adding OFS with Tamoxifen or AIs will be beneficial for high-recurrence patients. Planning pregnancy after breast cancer treatment should be discussed before starting treatment. Genetic counseling should be provided for BRCA1/BRCA2 gene-positive individuals. Most patients are able to stay at home during long-term treatment; however, proper self-care will be done to manage serious side effects such as decreased immunity after chemotherapy and endometrial cancer after Tamoxifen. The patients need to take care of themselves to be strong both physically and mentally for effective treatment and a good quality of life.

Keywords: Breast cancer in early stage, estrogen receptor positive, self-care, patient



บทนำ

มะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งพบได้บ่อยที่สุดทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก (Sung et al., 2021) เริ่มพบมะเร็งเต้านมตั้งแต่ช่วงอายุ 20 ปีขึ้นไป โดยอัตราการเกิดมะเร็งเต้านมจะเพิ่มสูงขึ้นตามอายุและพบสูงสุดในช่วงอายุ 70-75 ปี แต่ความรุนแรงของโรคในกลุ่มอายุน้อยมากกว่ากลุ่มสูงอายุ อุบัติการณ์การเกิดมะเร็งเต้านมสูงในประเทศที่มีเศรษฐกิจดีอาจเนื่องจากเครื่องมือและงบประมาณมีความก้าวหน้าและสามารถตรวจคัดกรองได้ในระยะเริ่มแรกที่สามารถรักษาหายได้ทำให้อัตราการรอดชีวิตเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังมีงบประมาณในการรักษาได้ครบถ้วน การเสียชีวิตในประเทศเหล่านี้จึงต่ำกว่าประเทศที่มีรายได้น้อยซึ่งมีการตรวจพบในระยะท้าย ๆ ทำให้มีอัตราการเสียชีวิตที่สูงสำหรับประเทศไทยอุบัติการณ์สูงกว่าค่าเฉลี่ยของทั่วโลกและเอเชีย มะเร็งเต้านมเกิดจากความผิดปกติของเซลล์ที่อยู่ภายในท่อน้ำนมหรือต่อมน้ำนม มักแพร่กระจายไปตามทางเดินน้ำเหลือง ไปสู่อวัยวะที่ใกล้เคียงที่พบบ่อยได้แก่ต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ หรือแพร่กระจายไปสู่อวัยวะที่อยู่

ห่างไกล เช่น กระดูก ปอด ตับ และสมอง (Choi, 2022) มะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรกชนิดมีตัวรับฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นบวกมีการพยากรณ์โรคในช่วง 5 ปี ของการรักษาที่มีอัตราการรอดชีวิตสูงและผู้ป่วยที่มารับการรักษาส่วนใหญ่มีภาวะแทรกซ้อนจากพยาธิสภาพของโรคน้อยจึงเป็นการรักษาแบบผู้ป่วยนอก แต่ภาวะแทรกซ้อนจากการรักษามะเร็งก็ยังมีมากโดยเฉพาะการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดที่มีผลทำให้ผู้ป่วยทนต่อการรักษาต่อไม่ได้ดังนั้นการดูแลตนเองอย่างเหมาะสมที่บ้านจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ช่วยทำให้ผ่านพ้นการรักษาไปได้ ลดอัตราการนอนโรงพยาบาลจากภาวะแทรกซ้อนในช่วงการรักษา

อัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมในระยะเวลา 5 ปี

ข้อมูลจาก Thanyarak center, Siriraj Hospital (2022) แบ่งอัตราการรอดชีวิตตามระยะของมะเร็งเต้านมในระยะเวลา 5 ปีไว้ ดังนี้

ระยะศูนย์ เซลล์มะเร็งยังไม่มีการลุกลามไปเนื้อเยื่อ
เต้านม มีโอกาสปลอดโรค 100 เปอร์เซ็นต์

ระยะที่หนึ่ง ก้อนมะเร็งมีขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร
และยังไม่มีมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ มี
โอกาสปลอดโรค 98 เปอร์เซ็นต์

ระยะที่สอง ก้อนมะเร็งมีขนาดระหว่าง 2-5 เซนติเมตร
และหรือมีการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลืองที่
รักแร้ข้างเดียวกัน มีโอกาสปลอดโรค 88 เปอร์เซ็นต์

ระยะที่สาม ก้อนมะเร็งมีขนาดใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร
และเริ่มลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ข้างเดียวกันแต่
ยังไม่ไปอวัยวะอื่น มีโอกาสปลอดโรค 52 เปอร์เซ็นต์

ระยะที่สี่ ก้อนมะเร็งมีขนาดโตเท่าใดก็ได้ แต่พบว่า
มีการแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกายที่อยู่ไกลออกไป
เช่น กระดูก ปอด ตับ หรือสมอง มีโอกาสปลอดโรค
16 เปอร์เซ็นต์

มะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรก หมายถึง มะเร็งในระยะ
ศูนย์ถึงระยะที่สอง ซึ่งมีพยากรณ์โรคที่ดี คือ มีอัตราการอยู่รอด
เกินห้าปีหลังจากการวินิจฉัยประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์
นอกจากนั้นชนิดของตัวรับที่แตกต่างกันจะมีผลต่อความ
รุนแรงของโรค คือ ตัวรับชนิด Her2 และ triple negative
มีความรุนแรงกว่าชนิดตัวรับฮอร์โมนเป็นบวก ผู้ป่วยที่อายุน้อย
โรคมักจะรุนแรงกว่าผู้ป่วยวัยกลางคน ทั้งในเรื่องของ
การกลับเป็นซ้ำและการแพร่กระจาย (American Society
Cancer, 2019) ดังนั้นการคัดกรองเพื่อค้นพบผู้ป่วยใน
ระยะเริ่มแรกและการตรวจแยกชนิดของตัวรับจึงเป็น
สิ่งสำคัญต่อโอกาสการรอดชีวิตของผู้ป่วย

ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดมะเร็งเต้านม

Thai Health Promotion Foundation, Ministry
of Public health (2021) ได้กล่าวถึงปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้
พบมะเร็งเต้านมมากขึ้นนั้นสาเหตุที่แท้จริงยังไม่ทราบ เกิด
จากหลาย ๆ ปัจจัยประกอบกัน ทั้งปัจจัยตัวผู้ป่วย ปัจจัย
ทางพฤติกรรม และสิ่งแวดล้อม ที่ส่งเสริมให้เกิดมะเร็งเต้านม
โดยสรุปได้ ดังนี้

1. อายุที่มากขึ้น

2. ภาวะอ้วนและน้ำหนักเกิน
3. มีญาติสายตรงเป็นมะเร็งเต้านม รังไข่และเยื่อบุ
โพรงมดลูก
4. ใช้ฮอร์โมนเพศหรือยาคุมกำเนิดเป็นเวลานาน
5. มีประจำเดือนครั้งแรกก่อนอายุ 12 ปี หรือ
หมดประจำเดือนหลังอายุ 55 ปี
6. มีบุตรคนแรกหลังอายุ 30 ปี หรือไม่เคยมีบุตร
7. ไม่เลี้ยงลูกด้วยนมแม่
8. ดื่มแอลกอฮอล์
9. ขาดการออกกำลังกาย

แต่ยังพบว่า ส่วนใหญ่ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม
ไม่มีปัจจัยเสี่ยง การเป็นผู้หญิงและอายุที่มากขึ้นก็เสี่ยง
ต่อโรคมะเร็งเต้านม ในหญิงวัยหมดประจำเดือนส่วนใหญ่
มีการเกิดมะเร็งเต้านมชนิดตัวรับฮอร์โมนเป็นบวก ส่วน
กลุ่มที่เป็นมะเร็งเต้านมก่อนการหมดประจำเดือนมักเป็น
ชนิด Her2 positive และ triple negative (American
Cancer Society, 2019)

อาการผิดปกติการเกิดมะเร็งเต้านม

มะเร็งเต้านมสามารถแสดงอาการได้หลากหลาย
ตั้งแต่ไม่มีอาการอะไรเลยแต่ตรวจพบความผิดปกติจาก
การเอกซเรย์เต้านม หรือคลำพบก้อนที่เต้านม ไปจนถึงมี
ความเปลี่ยนแปลงของผิวหนังที่เต้านม ซึ่งหากมีอาการผิด
ปกติดังต่อไปนี้ควรรีบมาพบแพทย์ (Thai breast Society,
2023)

1. มีก้อนที่เต้านมหรือรักแร้
2. การบวมของเต้านมบางส่วนหรือทั้งหมด 3 มี
น้ำผิดปกติไหลออกจากหัวนม
4. เจ็บที่หัวนม มีหัวนมบวม หรือผิวหนังที่หัวนม
หนาขึ้น
5. มีอาการเจ็บผิดปกติที่เต้านมหรือรักแร้
6. ผิวหนังที่เต้านมเปลี่ยนแปลงไปเป็นผิวเปลือก
ส้ม บวมแดง หรือมีแผลและรอยบุ๋มที่ผิวหนังเต้านม

แนวทางการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม

ผู้หญิงทุกคนมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านม การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมจะทำให้มีโอกาสได้รับการรักษาที่รวดเร็วและครบถ้วนส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิต แนวทางการตรวจคัดกรองวินิจฉัยและรักษาโรคมะเร็งเต้านม Imsumran et al. (2017); Sancarn & Knkthes (2019); National Cancer Institute (2021) มีดังนี้

1. การตรวจเต้านมด้วยตนเอง (Breast Self Examination--BSE) เดือนละ 1 ครั้ง ควรทำหลังการมีประจำเดือนวันที่ 7-10 โดยมีขั้นตอนการตรวจด้วยตนเอง ทั้งการคลำขณะอาบน้ำการสังเกตดูลักษณะเต้านมหน้ากระจก และการคลำในท่านอนราบ

2. การตรวจเต้านม (Clinical Breast Examination --CBE) โดยแพทย์ หรือบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับการฝึกอบรม

3. การตรวจด้วยเครื่องถ่ายภาพรังสีเต้านม (Mammography--MM) เพื่อดูความหนาแน่นของเนื้อเต้านม เนื้อเต้านมที่แน่นและแข็งมีโอกาสเกิดมะเร็งเต้านมมากกว่าเนื้อเต้านมที่นุ่มกว่า การทำ Mammography แนะนำให้ทำในผู้หญิงทุกคนที่มีอายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไปหรืออายุ 30 ปี ที่มีประวัติคนในครอบครัวสายตรงเป็นโรคมะเร็งเต้านม

การแปลผลการ Mammography

มีการแปลผลเป็น Breast Imaging Reporting and Data System 1-5-BI-RADS 1-5 ตามที่หน่วยตรวจรักษาเต้านมศิริราช Thanyarak center, Siriraj Hospital (2022) และ American Cancer Society (2019) มีรายละเอียด ดังนี้

BIRADS 1 หมายถึง ไม่พบสิ่งผิดปกติเลย ควรตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมติดตามทุกปี

BIRADS 2 หมายถึง พบสิ่งผิดปกติ แต่เสี่ยงน้อยที่จะเป็นมะเร็งเต้านม ควรตรวจติดตามทุกปี

BIRADS 3 หมายถึง พบสิ่งผิดปกติ แต่มีความเสี่ยงน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ที่จะเป็นมะเร็งเต้านม ควรตรวจติดตามอย่างใกล้ชิดทุก 6 เดือน

BIRADS 4 หมายถึง พบสิ่งผิดปกติ มีความเสี่ยงที่จะเป็นมะเร็งเต้านมได้ 20-50 เปอร์เซ็นต์ ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยด้วยชิ้นเนื้อเพิ่มเติม แบ่งออกเป็น

4A: มีลักษณะคล้ายมะเร็งตั้งแต่ 2-10 เปอร์เซ็นต์

4B: ลักษณะใกล้เคียงมะเร็งมากกว่า 10-50 เปอร์เซ็นต์

4C: ลักษณะใกล้เคียงมะเร็งมากกว่า 50-95 เปอร์เซ็นต์

BIRADS 5 หมายถึง พบสิ่งผิดปกติ มีความเสี่ยงที่จะเป็นมะเร็งเต้านมได้สูง ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยด้วยชิ้นเนื้อเพิ่มเติม

4. การทำ ultrasound เป็นการตรวจโดยแพทย์ เพื่อวินิจฉัยแยกโรกระหว่างถุงน้ำและก้อนเนื้อ

5. การตัดชิ้นเนื้อส่งตรวจเพื่อยืนยันผล ในกรณีที่ตรวจ ultrasound พบว่ามีก้อนเนื้อแพทย์จะทำการเจาะตัดชิ้นเนื้อด้วยเข็ม (find needle biopsy) หรือการผ่าตัดก้อนออกไปตรวจ (excision biopsy) ในขั้นตอนนี้อาจต้องทำในห้องผ่าตัดเพื่อให้ปลอดเชื้อและมีการฉีดยาชาเฉพาะที่ หลังจากนั้นกดปิดแผลป้องกันเลือดออก การดูแลแผลไม่ให้โดนน้ำ จนกระทั่งถึงวันกำหนดการตัดไหมประมาณ 7 วัน พร้อมกับฟังผลชิ้นเนื้อ

การแบ่งระยะของมะเร็งเต้านม

การแบ่งระยะของมะเร็งเต้านมโดยใช้หลักการ T-N-M scale ซึ่ง T คือ Tumor วัดจากขนาดก้อนมะเร็ง (T1-4) N คือ การกระจายไปยังต่อมน้ำเหลือง (N1-3) และการกระจายไปยังบริเวณอวัยวะอื่นที่ห่างไกลออกไป (M 0-1) ซึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยบอกการพยากรณ์โรคและแนวทางการรักษาได้ (DiPiro, 2015) แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. มะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรก (early breast cancer) ได้แก่

- Stage 0: Carcinoma in situ คือ ระยะที่เซลล์มะเร็งยังอยู่ในท่อน้ำนม

- Stage 1: ก้อนมะเร็งขยายออกนอกท่อน้ำนม และยังไม่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลือง

- Stage 2: มีการกระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง

2. มะเร็งเต้านมมีขนาดใหญ่ยังอยู่บริเวณเต้านม และกระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ (locally advanced breast cancer) และมีการยึดแน่นกับผนังหน้าอก และอาจมีการอักเสบร่วมด้วยจัดเป็น Stage 3

3. ระยะแพร่กระจาย (metastasis breast cancer) จัดเป็น Stage 4 มะเร็งกระจายไปที่อวัยวะอื่นที่อยู่ห่างไกล

การแบ่งชนิดของมะเร็งเต้านมโดยพิจารณาจากสถานะตัวรับ (receptors status)

นอกจากการแบ่งตาม TNM scale แล้วเซลล์มะเร็งเต้านมยังแบ่งตามตัวรับที่บริเวณผิวไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส โดยตัวรับที่พบในเซลล์มะเร็งเต้านม (American Cancer Society, 2023) ประกอบด้วย

1. ตัวรับเอสโตรเจน (Estrogen Receptor หรือ ER) เรียกว่า ER positive
2. ตัวรับโปรเจสเตอโรน (Progesterone Receptor หรือ PgR) เรียกว่า PgR positive
3. ตัวรับเออร์ทู (Human Epidermal Growth factor Receptor HER2 Receptor) ซึ่งมี HER2 Gene ที่สามารถสร้างโปรตีน HER2 Receptor เรียก HER2 positive
4. ไม่มีตัวรับทั้ง 3 ชนิดเรียกว่า Triple Negative
5. มีตัวรับทั้งสาม (Triple-positive) คือ มีทั้ง ER-positive PR-positive และ HER2-positive

ผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งเต้านมต้องมีการตรวจพยาธิเพื่อระบุสถานะของตัวรับ เป็นประโยชน์ในการกำหนดแนวทางการรักษาและการพยากรณ์โรค

การตรวจยีน BRCA1/BRCA2

ยีน BRCA1 และ BRCA2 ย่อมาจาก Breast cancer susceptibility gene1 และ Breast cancer susceptibility gene2 การกลายพันธุ์ของยีน BRCA1 และ BRCA2 เป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมและรังไข่ที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Hereditary Breast-Ovarian Cancer--HBOC) ทั้ง 2 ยีนก่อโรคมะเร็งด้วยกลไกการเกิด loss-of-function mutations และ two-hit model (Berliner et al., 2013)

ในเพศหญิงกลุ่มที่ได้รับการถ่ายทอดยีน BRCA1 และ BRCA2 โอกาสที่จะเกิดเป็นกลุ่มโรคมะเร็งเต้านมเพิ่มสูงขึ้นมาก โดยมักจะเป็นเมื่ออายุน้อยก่อนหมดประจำเดือน และมักจะมีญาติใกล้ชิดสายตรงที่เป็นโรคเดียวกัน ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมชนิดมีรับฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นบวกพบได้ประมาณร้อยละ 10 ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม ผู้ป่วยที่มีประวัติครอบครัวสายตรงเป็นมะเร็งเต้านมควรมีการตรวจคัดกรองยีน BRCA1/BRCA2 เพื่อนำไปสู่การป้องกันไม่ให้เกิดโรค การวินิจฉัยโรคและรักษาตั้งแต่ระยะเริ่มแรกจะช่วยให้ผลการรักษาและอัตราการรอดชีวิตดีขึ้น บุคคลที่ควรได้รับการตรวจเป็นคนแรก ก็คือ คนที่เป็นโรค ซึ่งถ้าตรวจพบว่า มีความผิดปกติของยีน BRCA1 หรือ BRCA2 แล้ว สมาชิกคนอื่น ๆ ในครอบครัวควรได้รับการตรวจเพิ่มเติมว่ามีความผิดปกติด้วยหรือไม่และควรเข้ารับการให้คำปรึกษาแนะนำทางพันธุกรรม (National Cancer Institute, 2023)

การแปลผล BRCA1/BRCA2 CDC (2023)

1. ผลการตรวจเป็นบวกหมายถึง มีความผิดปกติของยีน BRCA1 หรือ BRCA2 และมีความเสี่ยงที่จะเป็นมะเร็งสูงกว่าประชากรปกติทั่วไป ควรมีการเฝ้าติดตามอย่างใกล้ชิด
2. ผลการตรวจเป็นลบ หมายถึง ผู้เข้ารับการตรวจไม่น่าจะได้รับการถ่ายทอดยีนที่มีความผิดปกติมา แต่ไม่ได้แปลว่าจะไม่มีโอกาสเป็นโรคมะเร็งเลย ซึ่งมีโอกาสเกิดมะเร็งมีเท่า ๆ กับประชากรปกติทั่วไป
3. ผลการตรวจที่ไม่ชัดเจน หมายถึง การตรวจพบความผิดปกติของยีน BRCA1 หรือ BRCA2 ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเป็นโรคมะเร็งสามารถพบได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของการตรวจทั้งหมด

แนวทางการป้องกันมะเร็งเต้านมในผู้ที่ตรวจพบยีน BRCA1 หรือ BRCA2 เป็นบวก Chula Cancer (2023)

1. ตรวจติดตามคัดกรองมะเร็งเต้านมและรังไข่อย่างสม่ำเสมอ
2. การผ่าตัดเอาอวัยวะที่มีโอกาสเป็นโรคมะเร็งออกเพื่อป้องกันการเกิดเป็นโรค เช่น การผ่าตัดเต้านมทั้งสองข้าง

ออก และการผ่าตัดรังไข่และปีกมดลูกทั้งสองข้าง แต่การผ่าตัดนี้ก็ยังไม่สามารถผ่าตัดเอาเนื้อเยื่อที่มีโอกาสเกิดเป็นมะเร็งออกได้ทั้งหมด ทำให้ยังมีโอกาสเกิดเป็นมะเร็งอยู่

3. การหลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงที่เพิ่มโอกาสการเป็นโรค

4. การใช้ยา Tamoxifen เพื่อป้องกันการเกิดโรคในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ลดโอกาสกลับเป็นโรคซ้ำได้ผลทั้งในผู้ที่อยู่ในวัยก่อนและหลังหมดประจำเดือน และยังมีประโยชน์ในการลดการเกิดมะเร็งเต้านมในเต้านมอีกข้างในผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งเต้านมแล้ว

แนวทางการรักษาและดูแลตนเองในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรกชนิดมีตัวรับฮอร์โมนเป็นบวก National Cancer Institute (2023); Imsumran et al. (2017); American Cancer Society (2023)

1. การผ่าตัด เป็นวิธีการรักษามาตรฐานหลัก มี 2 แบบ คือ

1.1 **Mastectomy** คือ การผ่าตัดเนื้อเต้านมออกทั้งเต้าซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมและยังให้ผลดี นิยมใช้กับมะเร็งที่มีก้อนขนาดใหญ่โดยมีหลากหลายวิธีได้แก่

1.1.1 **Skin-sparing mastectomy:** มีการใช้ผิวหนัง และกล้ามเนื้อบริเวณหน้าอกมาปิดบริเวณแผลที่ตัดเต้านมออกเพื่อเสริมสร้างเต้านมขึ้นมาใหม่ และเหลือต่อน้ำเหลืองใต้รักแร้ไว้หรือ Nipple-sparing mastectomy ซึ่งคล้ายกับวิธีแรกแต่มีการเก็บบริเวณหัวนมและลานนมไว้สำหรับปลูกสร้างเต้านมใหม่

1.1.2 **Simple mastectomy:** ตัดเต้านมออกเหลือกล้ามเนื้อหน้าอกและต่อน้ำเหลืองใต้รักแร้

1.1.3 **Modified radical mastectomy:** ตัดเต้านมและต่อน้ำเหลืองใต้รักแร้ออกทั้งหมด

1.1.4 **Radical mastectomy:** ตัดต่อน้ำเหลืองใต้รักแร้ออกและกล้ามเนื้อหน้าอกออก วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมทำเว้นแต่มีการลุกลามของเซลล์มะเร็งไปถึงชั้นกล้ามเนื้อ

1.2 **Breast Conserving surgery--BCS:** lumpectomy, wide excision, quadrantectomy คือ

การผ่าตัดแบบสงวนเต้า เน้นการตัดเฉพาะก้อนมะเร็งออกและเนื้อเยื่อรอบ ๆ ก้อนออก ทำให้มีการสูญเสียเลือดและเนื้อเยื่อน้อยกว่าการตัดออกทั้งเต้าอีกทั้งระยะเวลาการพักฟื้นก็สั้นกว่า การเก็บรักษาเต้านมไว้ยังส่งเสริมภาพลักษณ์ความเป็นผู้หญิง ซึ่งการผ่าตัดด้วยวิธีนี้แพทย์จะพิจารณาเป็นราย ๆ ขึ้นอยู่กับระยะของมะเร็ง ขนาดและจำนวนก้อน ในบางรายแพทย์อาจให้ยาเคมีบำบัดก่อนเพื่อให้ก้อนมีขนาดเล็กลงง่ายต่อการผ่าตัดและเหลือเนื้อเต้านมไว้มากพอหลังผ่าตัดแล้วจะสามารถมีรูปร่างเต้านมที่ดี ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมชนิด invasive cancer ได้รับการผ่าตัดแบบสงวนเต้าและการใช้รังสีรักษาควบคู่ไปด้วยมีอัตราการรอดชีวิตและการกลับเป็นซ้ำไม่แตกต่างกับการผ่าตัดออกทั้งหมด (Litière et al., 2012) และอัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยระยะ IIA ดีขึ้น (Xiang et al., 2022) ดังนั้นจึงเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับผู้ป่วยประเภทนี้

1.3 **การผ่าตัดเลาะต่อน้ำเหลืองใต้รักแร้ (axillary dissection)** Imsumran et al. (2017); American Cancer Society (2023)

การเลาะต่อน้ำเหลืองในปัจจุบันไม่จำเป็นต้องตัดออกทั้งหมด ขึ้นอยู่กับการแพร่กระจายและระยะของมะเร็งเต้านม มี 2 วิธีได้แก่

1.3.1 **การผ่าตัดต่อน้ำเหลืองที่รักแร้ออกทั้งหมด (axillary dissection)** เป็นการผ่าตัดมะเร็งเต้านมเพื่อกำจัดต่อน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ที่อาจมีการแพร่กระจายของมะเร็ง ไปในบริเวณนั้น ในปัจจุบันวิธีนี้จะทำในผู้ป่วยที่คลำพบต่อน้ำเหลืองผิดปกติที่รักแร้ตั้งแต่มะเร็งเริ่มการรักษา เพราะผู้ป่วยกลุ่มนี้มีโอกาสที่จะมีมะเร็งแพร่กระจายมาที่ต่อน้ำเหลืองมาก และในผู้ป่วยที่ตรวจพบการแพร่กระจายของมะเร็งมายังต่อน้ำเหลืองจากวิธีเซนติเนล ซึ่งมีประโยชน์ต่อการควบคุมโรค แต่อาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ได้ เช่น มีอาการชาบริเวณต้นแขนด้านใน มีการบาดเจ็บต่อเส้นประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อบางส่วนทำงานได้ลดลง หรือในระยะยาวอาจมีภาวะแขนบวม (lymphoedema) ข้อไหล่ติดได้โดยโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนจะเพิ่มขึ้นถ้าได้รับการฉายแสงร่วมด้วย ดังนั้นผู้ป่วยกลุ่มนี้จำเป็นต้องดูแลแขนข้างที่ผ่าตัดเป็นพิเศษ เช่น หลีกเลี่ยงการยกของหนัก การใช้งานซ้ำ ๆ การเจาะเลือด การวัดความดันโลหิต การบาดเจ็บหรือการติดเชื้อของแขนข้างเดียวกันเพื่อลดโอกาสการเกิดภาวะแขนบวม

1.3.2. การผ่าตัดต่อมน้ำเหลืองเซนติเนล (Sentinel Lymph Node Biopsy--SLNB)

เป็นวิธีการผ่าตัดต่อมน้ำเหลืองรักแร้โดยวิธี sentinel lymph node คือ การฉีดสีเข้าไปเพื่อหาต่อมน้ำเหลืองต่อมแรกเพื่อดูการกระจายของมะเร็ง และนำต่อมน้ำเหลืองไปตรวจทางพยาธิ หากไม่พบมะเร็งแพร่กระจายมายังต่อมน้ำเหลืองก็ไม่จำเป็นต้องผ่าตัดต่อมน้ำเหลืองอื่น ๆ ออก แต่หากตรวจพบการกระจายของมะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลืองเซนติเนลแล้วผู้ป่วยจะได้รับการรักษาต่อด้วยการเลาะต่อมน้ำเหลืองรักแร้ออกทั้งหมด วิธีนี้ลดการตัดต่อมน้ำเหลืองออกทั้งหมดในผู้ป่วยที่ยังไม่มีการแพร่กระจายเพื่อป้องกันการเกิดภาวะ lymphedema หลังผ่าตัด ทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นหากิจกรรมต่างได้ตามปกติ เนื่องจากผู้ป่วยมะเร็งเต้านมมีโอกาสรักษาหายขาดคุณภาพชีวิตหลังการรักษาจึงเป็นสิ่งสำคัญ เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มะเร็งมีโอกาสรักษาหายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ต่ำ เช่น ผู้ป่วยที่คลำไม่พบต่อมน้ำเหลืองโตที่รักแร้ ผู้ป่วยในระยะเริ่มแรกและก้อนมะเร็งมีขนาดเล็ก

การดูแลผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดมะเร็งเต้านม

ผู้ป่วยจะได้รับการเตรียมความพร้อมด้านร่างกายก่อนเข้ารับการผ่าตัดโดยการตรวจเลือดเพื่อดูความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ประเมินการทำหน้าที่ของไตและตับ การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจในผู้ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี หรือมีประวัติโรคหัวใจ ในขณะที่ผ่าตัดผู้ป่วยได้รับการดมยาสลบ (general anesthesia) หลังฟื้นจากยาสลบและมีสัญญาณชีพกลับสู่ภาวะปกติ ผู้ป่วยจะถูกส่งมาที่ห้องพักฟื้น โดยปิดแผลและอาจมีท่อระบายเลือดและน้ำเหลืองต่อลงขวดอยู่ในระบบปิดและวางต่ำกว่าแผลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ ต้องดูแลไม่ให้สายระบายเกิดการดึงรั้งหรือพับงอเพื่อให้มีการระบายได้ดี แผลไม่เกิดการบวมจากเลือดออกจากแผลผ่าตัดและคั่งค้ำภายในแผล ใน 24 ชั่วโมงแรกต้องมีการเฝ้าระวังเรื่องของภาวะเลือดออกอาจต้องใช้ผ้ากดที่บริเวณแผลให้แน่นหรือการใช้เสื้อชั้นในที่มีความพอดี อีกทั้งต้องติดตามประเมินและบันทึกจำนวนเลือดในขวดระบายทุกวันจนกระทั่งไม่มีเลือดออกเพิ่มแพทย์นัดมาถอดสายระบายและปิดผ้าปิดแผลหลังผ่าตัด อย่างไรก็ตามใน

บางรายอาจมีน้ำเหลืองคั่งอยู่ใต้แผลที่ปิดสนิทหลังถอดสายระบายออกถ้ามีจำนวนมากแพทย์อาจต้องใช้เข็มดูดออกเป็นระยะ ๆ จะกว่าจะแห้งไปเองซึ่งอาจใช้เวลาเป็นเดือน ในช่วงแรกอาจยังปวดแผลผ่าตัดสามารถรับประทานยาแก้ปวดได้ อีกทั้งระมัดระวังไม่ให้แผลถูกน้ำเพื่อป้องกันการติดเชื้อ เมื่ออาการปวดทุเลาลงและไม่มีเลือดออกแล้วผู้ป่วยจะต้องบริหารแขนข้างที่ผ่าตัดเต้านมและเลาะต่อมน้ำเหลืองทันทีเพื่อป้องกันข้อไหล่ติด อย่างต่อเนื่อง (Ramachanel, 2023) วิธีมาตรฐานในการจัดการป้องกันและจัดการแขนบวมจากภาวะ Lymphoedema ได้แก่

- 1) การนวดระบายน้ำเหลืองวันละ 3-4 ครั้ง
- 2) การใช้ปลอกแขนผ้ายืดหรือผ้ารัดแขน
- 3) การบริหารแขน
- 4) ระมัดระวังมีวัตถุรัดแขนข้างที่ผ่าตัด และอย่าสวมเครื่องประดับที่คับจนรัดแน่นเกินไป
- 5) ป้องกันไม่ให้ไหล่ แขน และมือข้างที่ผ่าตัดถูกความร้อนหรือตากแดดจัด
- 6) หลีกเลี่ยงการใช้แขนข้างที่ผ่าตัด ดึง ลาก ยกของหนักเกิน 2 กิโลกรัมหรือออกแรงทำกิจกรรมซ้ำ ๆ และการ สะพาย หรือแบกของหนักบนไหล่ข้างที่ได้รับการผ่าตัด
- 7) ระมัดระวังให้เกิดอุบัติเหตุหรือติดเชื้อของแขนและมือข้างที่ผ่าตัด หลีกเลี่ยงการวัดความดันโลหิต การฉีดยา การเจาะเลือดและการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำบริเวณแขนข้างเดียวกับที่ทำการเลาะต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ออก หากมีแผลที่ผิวหนัง ต้องทำความสะอาดแผลให้สะอาด หากมีอาการเจ็บปวด บวมแดง ควรรีบพบแพทย์ (Gillespie et al., 2018)

2. การรักษาเสริมในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรก ชนิดมีตัวรับฮอร์โมนเป็นบวก (adjuvant therapy)

2.1 การรักษาเสริมมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรก ชนิดมีตัวรับฮอร์โมนเป็นบวก ด้วยยาเคมีบำบัด (adjuvant chemotherapy)

เป็นการรักษาในผู้ป่วยที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการกลับเป็นซ้ำสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะ ชนิด ขนาดของก้อนมะเร็งและ

อัตราการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง โดยข้อบ่งชี้กลุ่ม ER และ หรือ PR positive ที่มี High risk ข้อใดข้อหนึ่ง Imsumran et al. (2017) ได้แก่

1. ไม่มีการกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลือง ร่วมกับ low ER/PR positivity หรือ grade II-III tumor หรือ HER 2 positive หรือ Ki-67 มากกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ หรือก้อนมะเร็งขนาดใหญ่มากกว่า 5 เซนติเมตร (อย่างใดอย่างหนึ่ง)

2. มีการกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลืองได้รั้ง 1-3 ต่อมน้ำ ร่วมกับ low ER/PR positivity หรือ grade II-III tumor หรือ Ki-67 มากกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ หรือก้อนมะเร็งขนาดใหญ่กว่า 2 ซม. (อย่างใดอย่างหนึ่ง)

3. มีการกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลืองได้รั้งตั้งแต่ 4 ต่อมน้ำขึ้นไป

กลุ่มยาเคมีบำบัดที่ใช้ในการรักษามะเร็งเต้านมในระยะเริ่มแรก

วิธีการให้ยาเคมีบำบัดมีสองแบบได้แก่ ให้ยาก่อนการผ่าตัดเพื่อลดขนาดก้อนให้สะดวกต่อการผ่าตัดและ การตอบสนองของยาเคมีบำบัด และให้หลังจากผ่าตัดก้อนมะเร็งออก มักทำหลังการผ่าตัดก้อนมะเร็งออกและ ผลหายสนิทภายใน 12 สัปดาห์หลังผ่าตัดเพื่อป้องกันโรคกลับเป็นซ้ำ ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรกอาจไม่ได้รับยาเคมีบำบัดทุกรายขึ้นอยู่กับความเสี่ยง เช่น ก้อนมะเร็งอยู่ใกล้กับต่อมน้ำเหลืองได้รั้งแรกหรือมีการกระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองบ้างแล้วและผู้ป่วยที่ยังไม่หมดประจำเดือน โดยมีการให้ยา 2-3 ชนิดผสมกันเพื่อประสิทธิภาพในการกำจัดเซลล์มะเร็งและลดอาการข้างเคียงที่จะเกิดขึ้นจากใช้ยาเดี่ยวชนิดใดชนิดหนึ่งในขนาดสูง การให้ยาเคมีบำบัดในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะ I และ II สามารถลดอัตราการเสียชีวิตในระยะเวลา 10 ปีได้ 5 เปอร์เซ็นต์ในผู้ที่ไม่มีมีการกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลือง และ 10 เปอร์เซ็นต์ในผู้ที่พบการกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลือง (DiPiro, 2015) กลุ่มยาที่นิยมใช้ ได้แก่

1. Anthracyclines เช่น doxorubicin (Adriamycin) และ epirubicin (Ellence)

2. Taxanes เช่น paclitaxel (Taxol) และ docetaxel (Taxotere)

3. 5-fluorouracil (5-FU) หรือ capecitabine (Xeloda)

4. Cyclophosphamide (Cytoxan)

5. Carboplatin (Paraplatin)

อาการข้างเคียงจากการใช้ยาเคมีบำบัด

จาก American Cancer Society (2021); Hilal-Dandan and Brunton (2014); DiPiro (2015) สามารถสรุปอาการข้างเคียงจากเคมีบำบัดใช้ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่พบบ่อย ดังนี้

1. กัดการทำงานของไขกระดูก

1.1 เม็ดเลือดขาวต่ำ ทำให้ภูมิคุ้มกันลดลงเสี่ยงต่อการติดเชื้อง่าย ผู้ป่วยต้องหลีกเลี่ยงการเข้าไปในชุมชน และต้องป้องกันตัวเองโดยการใส่หน้ากากอนามัย ล้างมือบ่อย ๆ หรือสวมถุงมือ สวมเสื้อผ้าที่มิดชิด รับประทานอาหารปรุงสุกใหม่ หลีกเลี่ยงอาหารดิบ หมักดอง

1.2 เกร็ดเลือดต่ำเสี่ยงต่อภาวะเลือดออกง่าย ต้องหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุและเกิดบาดแผล การพลัดตกหกล้ม

1.3 เม็ดเลือดแดงต่ำ มีภาวะซีดและอ่อนเพลีย มีการประเมินและติดตามความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดตลอดการรักษา รับประทานอาหารครบห้าหมู่โดยเฉพาะโปรตีน อย่างเพียงพออย่างน้อยโปรตีน 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กรัม

2. การทำงานของระบบทางเดินอาหารถูกรบกวน เนื่องจากเซลล์ในทางเดินอาหารเป็นเซลล์ที่มีการแบ่งตัวเร็วไวต่อการตอบสนองต่อยาเคมีบำบัดจึงส่งผลต่อเนื้อเยื่อบริเวณนี้ให้มีการถูกทำลายส่งผลให้มีแผลในปากและทางเดินอาหาร การย่อยการดูดซึมอาหารเปลี่ยนแปลงไป ต่อมน้ำลายและกล้ามเนื้อทำงานลดลงส่งผลต่อความอยากอาหารรวมทั้งมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก หรือท้องเสียได้

3. ผลกระทบต่อเซลล์อื่น ๆ ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว เช่น ลักษณะเล็บเปลี่ยนมีเส้นขาว ๆ แนวขวาง ผมหร่วง ประจำเดือนอาจขาดหายไปในช่วงให้ยาเคมีบำบัดเนื่องจากยาไปกีดการทำงานของรังไข่

4. พิษต่อหัวใจ (cardiomyopathy) ได้แก่ ยา Doxorubicin (Adrimycin) และ epirubicin ดังนั้นแพทย์จะสั่งการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจและทำ echocardiogram ก่อนการให้ยาและติดตามเป็นระยะหลังจากได้รับยาไปแล้ว

5. ผลต่อระบบประสาท (neuropathy) ได้แก่ ยาในกลุ่ม taxanes (docetaxel paclitaxel และ protein-bound paclitaxel) platinum agents (carboplatin cisplatin) vinorelbine eribulin และ ixabepilone อาจทำให้ทำลายเส้นประสาทที่มือ แขน ขาและเท้าซึ่งทำให้เกิดอาการ ปวด ชา ปวดแสบปวดร้อน ไวต่อการรับรู้สึกร้อนเย็น หรืออาจมีอาการอ่อนแรงได้ซึ่งอาการเหล่านี้จะหายไปหลังหยุดให้ยาแต่บางรายอาจเป็นถาวร นอกจากนี้บางรายมีภาวะหลงลืมง่ายกว่าก่อนการรักษา

การดูแลตนเองในช่วงให้ยาเคมีบำบัด

ยาเคมีบำบัดมีคุณสมบัติในการยับยั้งและหยุดการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านม ป้องกันการกลับเป็นซ้ำ แต่เซลล์อื่น ๆ ทั้งร่างกายก็ได้ผลกระทบไปด้วย ดังนั้นจะต้องเตรียมร่างกายให้พร้อมที่จะทนต่อการให้ยาเคมีบำบัดได้ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้ป่วยส่วนใหญ่กลัวที่จะผ่านไปไม่ได้ โดยแบ่งเป็นช่วงที่มีการให้ยา (treatment) และช่วงที่ปล่อยให้ร่างกายได้มีการฟื้นฟูสภาพกลับมา (recovery) รวม 3 สัปดาห์ คือ วันแรกเริ่มให้ยา หลังจากนั้นจะเป็นช่วงที่ยาได้ออกฤทธิ์ และช่วงที่ยาเริ่มขับออกจากร่างกายและหมดฤทธิ์ลงร่างกายจะค่อย ๆ ฟื้นตัว จำนวนรอบของการให้ยาเคมีบำบัดแต่ละคนจะได้ไม่เท่ากันประมาณ 4-8 ครั้ง ระยะเวลาให้ยาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3-6 เดือน ในช่วงการได้รับยาแต่ละชนิดมีข้อควรปฏิบัติ ตามคู่มือการปฏิบัติตัวของผู้ป่วยที่ได้รับเคมีบำบัดของ โรงพยาบาลมหาวชิราลงกรณ รัชบุรี Maha Vashiralongkorn Thanyaburi Hospital (2022); American Cancer Society (2021) ดังนี้

1. การป้องกันอาการข้างเคียงเฉียบพลัน โดยแพทย์จะสั่งยาป้องกันการอาเจียนก่อนการให้ยาเคมีบำบัดประมาณ 30 นาที เช่น prednisolone ondansetron และ plasil เพื่อลดอาการข้างเคียงสำคัญคือคลื่นไส้อาเจียน เวียนศีรษะ

2. การดื่มน้ำให้เพียงพอ 6-8 แก้ว เพื่อป้องกันการสะสมของยาในกระเพาะปัสสาวะ ในช่วง 48 ชั่วโมง

แรกปัสสาวะจะมีสีส้มแดง และต้องทำความสะอาดหลังขับถ่ายมากกว่าปกติ เช่น ล้างโถส้วมหลายครั้งเพื่อป้องกันยาปนเปื้อน

3. ฝ้าระวงอาการที่ต้องกลับมาพบแพทย์ทันที ได้แก่ ไข้ หนาวสั่น ผื่นหนังข้อมีลักษณะบวมแดงร้อนและกดเจ็บ ไอ เจ็บคอ ปากอักเสบ ปวดศีรษะ ปัสสาวะแสบขัด มีสีขุ่น หรือมีเลือดปน ท้องเสีย ปวดบริเวณไขสันหลัง

4. หลีกเลี่ยงการเข้าที่แออัด และหากจำเป็นต้องการใส่หน้ากากอนามัย เนื่องจากผู้ป่วยมีภูมิคุ้มกันลดลงติดเชื้อง่าย

5. รับประทานอาหารที่มีประโยชน์มีสารอาหารเพียงพอปรุงสุกใหม่ด้วยความร้อนอย่างทั่วถึง งดของดิบ อาหารหมักดอง อีกทั้งรับประทานอาหารโปรตีนสูงเพื่อช่วยซ่อมแซม และสร้างเม็ดเลือด ป้องกันภาวะซีด

6. พักผ่อนให้เพียงพอ งดกิจกรรมที่ออกแรงมาก

7. หลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ทำให้เลือดออก กัดบริเวณที่เจาะเลือดนานพอให้เลือดหยุดอย่างน้อย 5 นาที

8. ปรับเปลี่ยนลักษณะอาหารให้เหมาะสมกับความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ลักษณะเนื้ออาหารที่มีความนุ่ม รสไม่จัด ถ้าท้องผูกก็ต้องเพิ่มอาหารที่มีกากใยสูง ถ้าท้องเสียก็ต้องเลือกอาหารที่มีกากใยต่ำและย่อยง่าย

9. ผู้ป่วยที่ได้รับเคมีบำบัดจะเริ่มมีผมร่วงตั้งแต่ 1-2 สัปดาห์หลังได้รับยา จึงจำเป็นที่จะต้องเตรียมความพร้อมตั้งแต่การสวมหมวกเพื่อป้องกันการหลุดร่วงของเส้นผมในบริเวณต่าง ๆ หรือเมื่อผมร่วงมากขึ้นโดยเฉพาะขณะสระและหวีผม ในช่วงนี้อาจต้องตัดผมให้สั้นลง การเลือกหมวกหรือวิกผมที่ระคายเคืองต่อศีรษะน้อยและระบายอากาศได้ดีในขณะอากาศร้อนทำให้มีความสุขสบายและปกป้องหนังศีรษะได้ดีอีกทั้งยังส่งเสริมภาพลักษณ์

3. การรักษาเสริมในผู้ป่วยมะเร็งเต้านม ระยะเริ่มแรก ชนิดมีตัวรับฮอร์โมนเป็นบวกด้วยรังสีรักษา (adjuvant radiotherapy)

เป็นการรักษาในกรณีที่มีการแพร่กระจายไปที่ต่อมน้ำเหลืองหรือการผ่าตัดแบบสงวนเต้าโดยการฉายรังสีต่อเนื่องทุกวันยกเว้นหยุดราชการ จำนวนครั้งและความเข้ม

ของรังสี แพทย์รังสีจะมีการคำนวณให้เหมาะสมแต่ละรายซึ่งมีข้อบ่งชี้การใช้รังสีรักษาในผู้ป่วยมะเร็งเต้านม Imsumran et al. (2017) ดังนี้

3.1 รังสีรักษาหลังผ่าตัดเต้านมออกทั้งหมด (post mastectomy radiotherapy) ในกรณีผู้ป่วยที่พบกระจายไปต่อมน้ำเหลืองใต้รักแร้ ตั้งแต่ 4 ต่อมนขึ้นไป หรือมีระยะก่อนมะเร็งห่างจากขอบที่ผ่าตัดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร หรืออาจพิจารณาให้ในกลุ่มที่มีการกระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองใต้รักแร้ 1-3 ต่อมน (positive axillary nodes) โดยเฉพาะถ้ามีปัจจัยเสี่ยงข้อใดข้อหนึ่งได้แก่ อายุ น้อยยังไม่หมดประจำเดือนขนาดก้อนโตกว่า 2 เซนติเมตร มีการตัดต่อมน้ำเหลืองออกน้อยกว่า 5 ต่อมนซึ่งถือว่าไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนในการตรวจหาการแพร่กระจายของมะเร็ง (SLN+ แต่ไม่ได้ทำ axillary lymph node dissection)

3.2 รังสีรักษาหลังการผ่าตัดแบบสงวนเต้า (Breast Conserving Surgery—BCS) ในผู้ป่วยที่เป็นชนิด Invasive ductal carcinoma และ Ductal Carcinoma in Situ โดยให้รังสีรักษาภายใน 4-8 สัปดาห์หลังผ่าตัด ส่วนกรณีผู้ป่วยได้รับยาเคมีบำบัดจะได้รับรังสีรักษาหลังให้ยาเคมีบำบัด 3-4 สัปดาห์

ส่วนผู้ป่วยมีความเสี่ยงในการเกิดการกลับเป็นซ้ำเฉพาะที่น้อยอาจไม่จำเป็นต้องได้รับรังสีรักษาได้แก่ DCIS: lesion ขนาดไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร คล้ำก้อนไม่ได้ ตรวจพบจาก mammogram low to intermediate nuclear grade free margin ตั้งแต่ 3 เซนติเมตรขึ้นไปและผู้ป่วยที่อายุมากกว่า 70 ปี ระยะ T1N0 ตัวรับฮอร์โมนเป็นบวก และได้ยาต้านฮอร์โมน

3.3 ผู้ป่วยที่ทำการผ่าตัดก่อนมะเร็งออกไม่ได้ และยังไม่มีการแพร่กระจาย (inoperable tumor but without distant metastasis)

อาการข้างเคียงจากรังสีรักษา

ผลข้างเคียงเฉียบพลัน พบตั้งแต่เริ่มการรักษาไปจนถึงภายใน 8 สัปดาห์หลังการฉายรังสี ซึ่งเกิดขึ้นกับบริเวณที่ฉายรังสี เช่น การเปลี่ยนแปลงของผิวหนังบริเวณ

ที่ฉายรังสี การเกิดอาการอ่อนเพลีย ภูมิคุ้มกันต่ำจากเม็ดเลือดขาวลดจำนวนลง เป็นต้น

ผลข้างเคียงระยะเรื้อรัง ซึ่งมักเกิดขึ้นหลังได้รับการรักษาด้วยการฉายรังสีเสร็จสิ้นไปแล้วนานหลายเดือนจนถึงหลายปี ซึ่งเกิดจากการฉายรังสีทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อปกติ ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดปกติของหลอดเลือดฝอย อาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากการฉายแสงระยะแรกเริ่มจากผิวหนังบริเวณที่ฉายแสงมีสีคล้ำแดงขึ้นเหมือนโดนแดด อาจมีอาการปวดแสบร้อน คัน ในบริเวณนั้นได้ อาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นหลังเสร็จสิ้นการฉายแสงอาจทำให้บริเวณที่โดนแสงมีบวม และผิวหนังลอกได้ นอกจากนั้นในระยะยาวเนื้อเยื่อบริเวณที่ฉายแสงอาจมีลักษณะแข็งได้ อาจต้องมีการนวดเพื่อผ่อนคลายและทำให้การไหลเวียนดีขึ้นลดอาการบวมได้โดยเฉพาะในรายที่มีการเลาะต่อมน้ำเหลืองออกทั้งหมดในระยะยาวในรายที่ต้องทำการฉายแสงเต้านมด้านซ้ายอาจมีผลต่อหัวใจและปอดได้ เช่น มีพังผืดเกิดขึ้นทำให้ปอดยึดขยายได้ไม่ดี ผู้ป่วยจะมีการเหนื่อยง่าย (Yi et al., 2009)

การดูแลตนเองในช่วงได้รับและหลังรังสีรักษา

หลังจากผ่านช่วงให้ยาเคมีบำบัดประมาณ 1 เดือนก็จะมีการเริ่มรังสีรักษา จะมีการพบแพทย์รังสีเพื่อกำหนดขอบเขตและขีดเส้นการฉายแสง ทำ CT scan เพื่อจำลองการกำหนดขอบเขตการฉายรังสี การตรวจเลือด เอกซเรย์ปอด เพื่อวางแผนการให้รังสีรักษา หลังจากขีดเส้นกำหนดขอบเขตต้องรักษาไม่ให้เส้นเลือนหายกดทาโลชั่นหรือโดนน้ำในบริเวณดังกล่าว หากโดนน้ำต้องซับเบา ๆ ให้แห้ง ห้ามวางกระเป๋าน้ำร้อน น้ำแข็ง ปิดพลาสติกห่อ ทายาหม่องบริเวณที่ฉายรังสี การฉายรังสีจะทำทุกวันและแพทย์จะนัดติดตามการเปลี่ยนแปลงของบริเวณที่ฉายรังสีและตรวจความสมบูรณ์ของเลือดสัปดาห์ละครั้ง ในช่วงนี้ผู้ป่วยต้องมิวนัยและใช้ความอดทนสูงในการเข้ารับการฉายรังสีทุกวัน

การฉายรังสีบริเวณนี้มีโอกาสยึดติดของข้อต่าง ๆ จากการหดรั้งของกล้ามเนื้อรวมทั้งการบวมของแขนข้างเดียวกับการที่ได้รับการผ่าตัดเต้านม หรือฉายรังสี อาจเกิดขึ้นจากการไหลเวียนที่ผิดปกติของเลือดและน้ำเหลืองซึ่งสามารถป้องกันและลดภาวะแทรกซ้อนได้โดยการบริหาร

แขน ตามแนวทางการดูแลตนเองสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการฉายรังสีบริเวณทรวงอกของแผนกรังสีรักษาและมะเร็งรักษา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ Chula Cancer (2023) มีดังนี้

ท่าที่ 1 ยืนหันหน้าเข้าหาฝ่าผนัง ใช้ฝ่ามือทั้ง 2 ข้างแตะฝ่าผนังในระดับเดียวกัน กับหัวไหล่ใช้ปลายนิ้วไต่ไปตามผนังจนสุดแขน

ท่าที่ 2 ยกมือทั้ง 2 ข้างแตะที่หัวไหล่ ข้อศอกแนบกับลำตัว ยกข้อศอกให้แขนทั้ง 2 ข้างตั้งฉากกับลำตัว

ท่าที่ 3 การแขนทั้ง 2 ข้างออกไปในระดับเดียวกับหัวไหล่ หมุนปลายแขนทั้ง 2 ข้างเป็นวงกลม

ท่าที่ 4 มี 3 จังหวะ

จังหวะที่ 1 กางแขนทั้ง 2 ข้างในระดับเดียวกับไหล่

จังหวะที่ 2 งอแขนทั้ง 2 ข้าง ตั้งฉากกับลำตัว ใช้ฝ่ามือทั้ง 2 ข้างแตะที่ต้นคอด้านหลัง

จังหวะที่ 3 งอแขนไปข้างหลัง ให้หลังมือทั้ง 2 ข้างแตะบริเวณเอว

ท่าที่ 5 วางแขนข้างที่ไม่ได้ฉายรังสีไว้ที่เอว ยกมือและแขนข้างที่ฉายรังสีวางไว้บนศีรษะค่อย ๆ เลื่อนมือและแขนไปตามศีรษะทางด้านข้างจนสุดแขน

ท่าที่ 6 วางมือข้างที่ไม่ได้ฉายรังสีไว้ที่เอว งอแขนข้างที่ไม่ได้ฉายรังสีไว้ข้างหลังให้หลังมืออยู่ระดับเอว ค่อย ๆ เลื่อนมือไปข้างหลังให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ท่าที่ 7 ยึดตัวตรงหันด้านข้างเข้าหาฝ่าผนัง มือข้างที่ไม่ได้ฉายรังสีไว้ที่เอว ใช้มือข้างที่ฉายรังสีแตะฝ่าผนังระดับเดียวกับหัวไหล่ค่อย ๆ ไต่ไปตามฝ่าผนังจนสุดแขน

นอกจากนั้นควรบริหารปอด เพื่อเพิ่มสมรรถภาพของปอด โดยปฏิบัติดังนี้ วางมือ 2 ข้างที่ชายโครงด้านข้างเหนือเอว เริ่มต้นด้วยการหายใจออกให้สุด แล้วหายใจเข้าช้า ๆ ทางจมูก เพื่อให้ท้องป่องออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ กลั้นหายใจไว้สักครู่หนึ่งจึงหายใจออกมาทางปากช้า ๆ สังเกตว่าซี่โครงยุบตัวให้แน่นท้องเข้าเต็มทีจนกระทั่งสุดลมหายใจ ทำซ้ำอีก 4 ครั้ง การบริหารปอด ควรทำอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น

หลังการรักษาเสร็จสิ้นแพทย์จะให้ใช้โลชั่นที่มีคุณสมบัติในการรักษาความชุ่มชื้นสูง เช่น โลชั่นยูเรียสูง

ทาบาง ๆ เพื่อช่วยเก็บความชุ่มชื้น หรือบางรายอาจมีผิวหนังลอกและเป็นแผลคล้ายแผลไหม้ได้ ซึ่งอาจต้องได้รับการทำแผลเพื่อป้องกันการติดเชื้อ เลือกใส่เสื้อผ้าหลวม ๆ นุ่ม ๆ ลักษณะของเต้านมหลังจากการฉายแสงมีสีผิวคล้ำและมีความหนาแน่นและแข็งมากขึ้น ส่วนการรับประทานอาหารก็ยังคงเลือกอาหารที่มีประโยชน์และได้สารอาหารครบถ้วน

ต้องมีการติดตามเอกซเรย์ปอดหลังรังสีรักษา 6 เดือนเพื่อติดตามผลข้างเคียงต่อเนื้อปอดจากรังสีรักษา

4. การรักษาเสริมในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะเริ่มแรก ชนิดมีตัวรับฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นบวกด้วยฮอร์โมน (adjuvant hormonal therapy)

ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่มีตัวรับฮอร์โมนเอสโตรเจนมี ยาต้านฮอร์โมนเอสโตรเจนที่นิยมใช้ 2 ชนิด ได้แก่

1. ยา Tamoxifen เป็นยาต้านฮอร์โมน ออกฤทธิ์โดยการปิดกั้นที่ตัวรับเอสโตรเจน โดยใช้ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่มี hormone receptor เป็นบวกและยังไม่หมดประจำเดือน โดยได้ยาหลังจบรังสีรักษา รับประทานยาขนาด 20 มิลลิกรัม เป็นระยะเวลา 5 ปีขึ้นไป ยานี้ถือเป็น Gold standard ไม่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุน

อาการข้างเคียงที่สำคัญของยา Tamoxifen มีผลต่อการเกิดลิ่มเลือดอาจทำให้เสี่ยงต่อ ลิ่มเลือดอุดตันที่สมอง (stroke) ปอด (pulmonary embolism) และมีภาวะลิ่มเลือดอุดตันของหลอดเลือดดำชั้นลึก (deep vein thrombosis) ได้ อีกทั้งมีความเสี่ยงต่อภาวะผนังมดลูกหนาตัวและอาจทำให้เกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูก (endometrial cancer) นอกจากนั้นทำให้มีอาการคล้ายวูบตอง (hot flashes) ผลต่อทางเดินอาหาร ปวดศีรษะ ปวดหลังและเจ็บคอ (Hilal-Dandan & Bruton, 2014)

การดูแลตนเองเมื่อได้รับการรักษาเสริมด้วยยาต้านฮอร์โมน บางรายอาจไม่มีประจำเดือนอีกต่อไป ต้องพบสูตินารีแพทย์ทุกปีเพื่อตรวจความหนาของผนังโพรงมดลูกซึ่งเป็นความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูก ซึ่งเป็นอาการข้างเคียงสำคัญของยา tamoxifen อีกทั้งหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารมันทุกชนิดเพื่อป้องกันการนำ

ไปสร้างเป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนเอสโตรเจนที่จะทำให้โรค
เลวร้ายลง นอกเหนือจากนั้นยานี้ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อโรค
หลอดเลือดอุดตัน

2. ยากลุ่ม Aromatase Inhibitors--Als (letrozole)

ยา letrozole มีกลไกการออกฤทธิ์โดยการยับยั้งเอนไซม์
อะโรมาเตสแบบเฉพาะเจาะจง ทำให้การสังเคราะห์
ฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง ใช้ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่หมด
ประจำเดือนหรือผู้ป่วยที่ได้รับการตัดรังไข่แล้ว หรือใน
กรณีที่มีข้อห้ามใช้ Tamoxifen และหรือทนต่อการใช้
Tamoxifen ไม่ได้

อาการข้างเคียงที่สำคัญ คือ มีอาการเหมือนวัยทอง
ร้อนวูบวาบ กระดูกพรุน ช่องคลอดฝ่อหรือแห้ง ปวดศีรษะ
ท้องเสีย (DiPiro, 2015)

การดูแลตนเองเมื่อได้รับการรักษาเสริมด้วยยา
กลุ่ม Aromatase Inhibitors--Als เนื่องจากยาทำให้มีการ
ไม่มีการสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจนจากบริเวณต่าง ๆ ผู้ป่วย
ที่ได้รับยานี้จำเป็นต้องมีการประเมินมวลกระดูกและอาจ
ต้องเสริมแคลเซียมเพื่อป้องกันภาวะกระดูกบางและพรุน
นอกจากนี้ยังมีวิธีการทำลายหรือยับยั้งไม่ให้
มีฮอร์โมนเพศหญิงอยู่ในร่างกาย (Ovarian Function
Suppression--OFS) เช่น การทำลายรังไข่ในหญิงวัยก่อน
หมดประจำเดือน การยับยั้งการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเพศ
ชายที่จะเปลี่ยนมาเป็นฮอร์โมนเพศหญิงจากต่อมหมวก
ไต การใช้ยายับยั้งการกระตุ้นจากต่อมใต้สมองที่จะมาก
กระตุ้นให้รังไข่ผลิตฮอร์โมนร่วมกับการใช้ยา Tamoxifen
และ Als พบว่าได้ผลดีกว่าการใช้ยาทั้งสองเดี่ยว ๆ ในกลุ่ม
ที่มีความเสี่ยงต่อโรคกลับเป็นซ้ำสูง (Lu, Wong & Kim,
2021; National Cancer Institute, 2017)

ในกรณีต้องการมีบุตรภายหลังการรักษามะเร็งเต้านม
ต้องมีการปรึกษาและวางแผนกับแพทย์ที่รักษา เช่น มีการ
ฝากไข่แช่แข็งก่อนเนื่องจากในช่วงการรักษาถ้ามีการใช้
ยาเคมีบำบัดจะมีผลต่อการทำลายรังไข่ ควรได้รับยาต้าน
ฮอร์โมนอย่างน้อย 2 ปี และหยุดยาไป 2-3 เดือนแล้วค่อย
วางแผนมีบุตรหลังจากคลอดบุตรแล้วจึงกลับมารับยาต้าน
ฮอร์โมนต่อตามแผนการรักษา (American Society, 2022)

มีบางการศึกษาแนะนำยากลุ่ม GnRH analogue มา
ใช้ปกป้องรังไข่ในกลุ่มผู้ป่วยอายุน้อยโดยให้ในขณะที่มีการ
ให้ยาเคมีบำบัดและพบว่าให้ผลดีกว่ากลุ่มที่ใช้เพียงยาเคมี
บำบัดอย่างเดียว (Abdel-Razeq, 2019)

ผลกระทบด้านจิตใจของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม

โรคมะเร็งนำมาซึ่งความทุกข์ทรมานทั้งทางร่างกาย
จิตใจแก่ผู้ป่วย แม้ว่าในปัจจุบันโรคมะเร็งเต้านมระยะเริ่ม
แรกจะรักษาหายขาดได้ ผู้หญิงที่มีอายุน้อยเมื่อทราบว่าเป็น
มะเร็งเต้านมจะรับรู้ว่าเป็นโรคร้ายแรงที่คุกคามต่อ
ชีวิต รู้สึกสูญเสียการควบคุม เนื่องจากตระหนักถึงความตาย
ก่อนวัยอันควร และเมื่อเข้ารับการรักษาด้วยเคมีบำบัด รู้สึก
ทุกข์ทรมานจากอาการข้างเคียงของยาจนเกิดความรู้สึก
ท้อแท้ ไม่อยากมีชีวิตอยู่ (Promkamsao et al., 2015)
ผู้สูงอายุที่เข้ารับการรักษา มะเร็งเต้านมมีความกลัวต่อผล
ข้างเคียงจากเคมีบำบัดมากที่สุด (Singer et al., 2015)
มีการสูญเสียภาพลักษณ์ ความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองลด
ลงจากการตัดเต้านมออกและรักษาด้วยยาเคมีบำบัดซึ่ง
ทำให้ผมร่วง (Kuuppelomaki & Lauri, 1998) ผู้ป่วย
บางคนยังมีความกังวลต่อหน้าที่การงานในช่วงการรักษา
ที่ต้องเสียเวลาไปกับการรักษาค่อนข้างนาน และหลังการ
รักษาร่างกายที่อ่อนแอลงไม่สามารถกลับมาทำงานได้ตาม
ปกติโดยเฉพาะผู้ที่มีการผ่าตัดต่อมน้ำเหลืองใต้รักแร้และมี
ภาวะแขนบวม (Moffatt et al., 2003)

ส่งเสริมการปรับตัวของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม โดย
มุ่งเน้นการส่งเสริมความเข้มแข็งของจิตใจ โดยให้มีสิ่งยึด
มั่นทางด้านจิตใจความเชื่อตามศาสนาที่ยึดถือ ใช้การเจริญ
สติอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง การกล้าเผชิญกับปัญหา ส่ง
เสริมให้ผู้ป่วยสามารถจัดการกับความเครียดหรือปัญหาที่
เกิดขึ้น ร่วมกับการให้ผู้ป่วยได้รับรู้ข้อมูลของโรคและการ
รักษาอย่างถูกต้องจะช่วยให้ผู้ป่วยมีจิตใจที่เข้มแข็ง สามารถ
ปรับตัวยอมรับต่อโรคและการรักษาได้ดีขึ้นและการดูแล
ตนเองต่อไป (Yottavee et al., 2019)

สรุป

การตรวจรักษาและดูแลตนเองของผู้ป่วยมะเร็ง
เต้านมระยะแรกชนิดมีตัวรับฮอร์โมนต้องทำอย่างครบถ้วน
และอยู่ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ได้แก่ การตรวจเต้านมโดย
แพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ทำแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ การ
ผ่าตัดเพื่อเอาก้อนและคว้านเอาเนื้อรอบ ๆ ก้อนออกให้
ครอบคลุมก้อนมะเร็งที่มากพอและเลาะต่อมน้ำเหลือง
เพื่อเอาไปตรวจทางพยาธิและตรวจชนิดของตัวรับ การให้
เคมีบำบัด 4-8 ครั้งทุก 3 สัปดาห์และฉายรังสีทุกวัน ในช่วง

นี้ควรรับประทานอาหารครบห้าหมู่ ระมัดระวังการติดเชื้อ เนื่องจากร่างกายมีการสร้างเม็ดเลือดขาวลดลง การบริหาร แขนด้านที่มีการผ่าตัดต่อมน้ำเหลืองเพื่อป้องกันแขนบวม และข้อไหล่ติดตลอดไป ตามด้วยใช้ยาต้านฮอร์โมนต่ออีก 5 ปีและในรายที่มีความเสี่ยงต่อการกลับเป็นซ้ำสูงอาจใช้ วิธีการลดการทำงานของรังไข่ มีการตรวจติดตามโดย สูตินารีแพทย์ทุกปีในผู้ป่วยที่รับยา Tamoxifen เพื่อเฝ้า ระวังการเกิดมะเร็งเยื่อโพรงมดลูก ติดตามมวลกระดูก และรับประทานอาหารที่ที่แคลเซียมสูงเพื่อป้องกันโรค กระดูกพรุนในผู้ป่วยที่ได้รับยาในกลุ่ม aromatase inhibitor

สำหรับผู้ที่ยังไม่หมดประจำเดือนและต้องการมีบุตรหลัง การรักษามะเร็งเต้านมมีการศึกษาถึงประโยชน์ของใช้ยา กลุ่ม GnRH analogues มาใช้ปกป้องรังไข่ในขณะที่ให้ยาเคมี บำบัด นอกเหนือจากนั้นผู้ป่วยที่ตรวจพบยีน BRCA1/ BRCA2 เป็นบวกควรเข้ารับการปรึกษาเรื่องพันธุกรรมและ วางแผนการรักษาเพิ่มเติม หลักการสำคัญผู้ป่วยต้องดูแล สุขภาพร่างกายและจิตใจให้เข้มแข็งเพื่อให้สามารถผ่าน การรักษาแต่ละช่วงก็สามารถทำให้ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะ แรกมีตัวรับฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นบวกมีโอกาสปลอดโรค สูงและมีคุณภาพชีวิตที่ดีได้



References

- Abdel-Razeq, H. (2019). Gonadotropin-releasing hormone agonists during chemotherapy for ovarian function and fertility preservation for patients with early-stage breast cancer. *Cancer Management Research*, 11, 4273–4282. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S204069>
- American Cancer Society. (2023). *Breast-cancer-hormone-receptor-status*. Retrieved from <https://www.cancer.org>
- American Society. (2022). *Pregnancy after breast cancer*. Retrieved from <https://www.cancer.org>
- American Cancer Society, (2021). *Possible side effects of chemo for breast cancer*. Retrieved from <https://www.cancer.org>
- American Cancer Society. (2019). *Cancer facts & figures or African Americans 2019-2021*. Retrieved from <https://www.cancer.org>.
- Berliner, J. L., Fay, A. M., Cummings, S. A., Burnett, B., & Tillmanns, T. (2013). NSGC practice guideline: Risk assessment and genetic counseling for hereditary breast and ovarian cancer. *Journal of Genetic Counsulation*, 22(2), 155-63. <https://doi.org/10.1007/s10897-012-9547-1>
- Breastcancer. (2022). *Drugs for treatment and reduction: Zoladex*. Retrieved from <https://www.breastcancer.org>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2019). *Genetic Testing for Hereditary Breast and Ovarian Cancer*. Retrieved from <https://www.cdc.gov>
- Choi, L. (2022). *Breast cancer pathology*. Retrieved from <https://www.msdmanuals.com>
- Chula Cancer. (2023). *Self-care for thoracic radiotherapy patients*. Retrieved from <https://www.chulacancer.net> (in Thai)
- DiPiro, C. V. (2015). *Oncologic Disorders, Pharmacotherapy handbook* (9th ed.). New York: Mc Graw Hill Education.

- Gillespie, T. C., Sayegh, H. E., Brunelle, C. L., Daniell, K. M., & Taghian, A. G. (2018). Breast cancer-related lymphedema: Risk factors, precautionary measures, and treatments. *Gland Surgery*, 7(4), 379-403. <https://doi.org/10.21037/gs.2017.11.04>
- Hilal-Dandan, R., & Brunton, L. L. (2014). *Estrogen and Progestin. Goodman & Gilman's: The manual of Pharmacology and Therapeutics* (2nd ed.). New York: Mc Graw Hill Education.
- Imsumran, W., Chaiweerawatthana, A., Manorum, D., & Thasitthichai, S. (2017). *Screening guidelines diagnose and treat breast cancer, Ministry of Public Health, Kosit*. Bangkok: Ministry of Public Health (in Thai)
- Kuuppelomaki, M. & Lauri, S. (1998). Cancer patients' reported experiences of suffering. *Cancer Nursing*, 21(5), 364-349. <https://doi.org/10.1097/00002820-199810000-00008>
- Litière, S., Werutsky, G., Fentiman, I. S., Rutgers, E., Christiaens, M. R., Van Limbergen, E., Baaijens, M. H., Bogaerts, J., & Bartelink, H. (2012). Breast conserving therapy versus mastectomy for stage I-II breast cancer: 20 year follow-up of the EORTC 10801 phase 3 randomized trial. *Lancet Oncology*, 13, 412-419. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(12\)70042-6](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(12)70042-6)
- Lu, Y., Wong, A., & Kim, H., (2021). Ovarian function suppression with Luteinizing Hormone-Releasing Hormone Agonists for the treatment of hormone receptor-positive early breast cancer in premenopausal Women. *Frontiers in Oncology*, 11, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.700722>
- Maha Vashiralongkorn Thanyaburi Hospital, (2022). Hand out for self-care Chemotherapy Patient. McCormack, V., McKenzie, F., Foerster, M., Zietsman, A., Galukande, M., Adisa, C., Anele, A., Parham, G., Pinder, L.F., Cubasch, H., Joffe, M., Beaney, T., Quaresma, M., Togawa, K., Abedi-Ardekani, B., Anderson, B. O., Schüz, J., & Dos-Santos-Silva, I. (2020). Breast cancer survival and survival gap apportionment in Sub-Saharan Africa (ABC-DO): A prospective cohort study. *The Lancet Global Health*, 8(9), e1203-e1212. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30261-8](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30261-8)
- Moffatt, C. J., Franks, P. J., Dohert, D. C., Williams, A. F., Badge, C., Jeffs E., Bosanquet, N., & Mortimer P.S. (2003). Lymphoedema: An underestimated health problem. *QJM: An Internatinal Journal of Medicine*, 96(10), 731-8. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcg126>.
- National Cancer Institute. (2023). *Breast cancer treatment (PDQ®)–Health professional version*. Retrieved from <https://www.cancer.gov>.
- National Cancer Institute. (2023). *Recommendation for Gene BRCA1/BRCA2 examination in breast cancer patients and direct relative with mutation gene*. Retrieved from <https://nci.go.th> (in Thai)
- National Cancer Institute. (2021). *Hospital based cancer registry 2021*. Retrieved from <http://www.nci.go.th>. (in Thai)
- National Cancer Institute. (2017). CPG for breast cancer screening and treatment. Retrieved from <https://nci.go.th>. (in Thai)

- Ramachanel, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital Mahidol University. (2023). *How to care after breast cancer surgery*. Retrieved from <https://www.rama.mahidol.ac.th>. (in Thai)
- Promkamsao, N., Thongkrajai, E., & Tangworaphongchai, J. (2015). Experience of young women with breast cancer. *Journal of Nursing Science & Health*, 38(2), 86-94. (in Thai)
- Sancarn, T., & knkthes, T. (2019). Breast cancer literacy in prevention and breast self-examination. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(3), 14-21. (in Thai)
- Sinthuwongsanon, D. (2015). The Integration of caring for the end-of-life stage cancer patients by the application of Buddhaddhamma in Theravada Buddhasasana. *The Journal of Boromarajonani College of Nursing, Nakhonratchasima*, 21(1), 54-64. (in Thai)
- Singer, S., Blettner, M., Kreienberg, R., Janni, W., Wöckel, A., Kühn, T., Felberbaum, R., Flock, F., Schwentner, L., & BRENDA II study group. (2015). Breast cancer patients' fear of treatment: Results from the multicenter longitudinal study BRENDA II. *Breast care (Basel, Switzerland)*, 10(2), 95-100. <https://doi.org/10.1159/000381933>
- Sung, H., Ferlay, J., & Siegel, R. L. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *A Cancer Journal for Clinicians*, 71, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Thai Health Promotion Foundation, Ministry of Public health. (2021). *Thai health report 2021*. Retrieved from <http://www.infocenter.nationalhealth.or.th> (in Thai)
- Thai Breast Society. (2023). *Signs and symptoms of breast cancer*. Retrieved from <https://www.thaibreast.org>. (in Thai)
- Thanyarak center, Siriraj Hospital. (2022). *Clinical Practice Guidelines (CPG) for diagnosis and treatment of breast cancer*. Retrieved From <https://thanyarak.or.th> (in Thai)
- Xiang, W., Wu, C., Wu, H., Fang, S., Liu, N., & Yu, H. (2022). Survival comparisons between breast conservation surgery and mastectomy followed by postoperative radiotherapy in stage I-III breast cancer patients: Analysis of the surveillance, epidemiology, and end results (Seer) program database. *Current Oncology*, 29(8), 5731-5747. <https://doi.org/10.3390/curroncol29080452>
- Yi, A., Kim, H. H., Shin, H. J., Huh, M. O., Ahn, S.D., & Seo, B. K. (2009). Radiation-induced complications after breast cancer radiation therapy: A pictorial review of multimodality imaging findings. *Korean Journal of Radiology*, 10(5), 496-507. <https://doi.org/10.3348/kjr.2009.10.5.496>
- Yottavee, W., Kaewkong, N., LowThumma, P., Chidnayee, S., Chaiwongnakpun, C., & Tummee, S. (2019). Adaptation of Woman with Breast Cancer. *Boromarajonani College of Nursing, Uttaradit Journal*, 11(2), 272-283. (in Thai)



การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ: แนวทางการออกแบบแผนภูมิและกราฟ

DATA VISUALIZATION: How to Design Charts and Graphs

ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย¹ และศุภเสกข์ เกตุรักษา²

Prapaporn Kullimratchai¹ and Sooppasek Katruksa²

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Information Technology, Eastern Asia University

²นักวิจัยอิสระ

²Independent researcher

Received: November 9, 2020

Revised: February 11, 2021

Accepted: February 15, 2021

บทคัดย่อ

การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ เป็นการแสดงผลข้อมูลให้อยู่ในรูปของแผนภูมิหรือกราฟรูปแบบต่าง ๆ ทำให้การนำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเภทของรูปแบบการนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ ความเหมาะสมของลักษณะข้อมูลกับรูปแบบการนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ ข้อควรระวังในการจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูล และเครื่องมือสำหรับสร้างข้อมูลเชิงภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อมูลเชิงภาพที่มีประโยชน์ต่อไป

คำสำคัญ: ข้อมูลเชิงภาพ สารสนเทศ แผนภูมิ กราฟ

Abstract

The data visualization will display the information in the form of charts or graphs in various formats. The data visualization tool makes the data presentation clear and enables rapid analysis of large amounts of data. The purposes of this article were to explore the types of data visualization, analyze the suitability of data characteristics with the types of data visualization, take precautions in organizing the display, and create data visualization tools to use as guidelines for creating useful data visualizations.

Keyword: data visualization, information, chart, graph



บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าข้อมูล (data) หรือ สารสนเทศ (information) มีความสำคัญกับทุกองค์กร และเพื่อที่จะใช้ข้อมูลให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาข้อเชิงลึก (insight) เพื่อตอบคำถามหรือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ โดยบุคคลที่ต้องทำงานร่วมกับข้อมูลที่มีจำนวนมากมหาศาล หรือ Big data ได้แก่ นักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (data scientist) และนักวิเคราะห์ข้อมูล (data analysts) ซึ่งเป็นสายงานที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น การทำงานในสายงานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) ทักษะด้านการเขียนโปรแกรม (2) ทักษะด้านคณิตศาสตร์และสถิติ และ (3) ทักษะที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล (Kullimratchai, 2018) ซึ่งการสื่อสารข้อมูลให้กับผู้ใช้งานได้เข้าใจและมองเห็นภาพเดียวกับนักวิเคราะห์ข้อมูลถือเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่สำคัญ โดยเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลคือการทำ Data visualization ในบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษารูปแบบต่าง ๆ ของการนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ เพื่อให้นักวิเคราะห์ข้อมูลหรือผู้ที่ต้องการสร้างข้อมูลเชิงภาพ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ความหมายของ Data visualization

Data visualization คือ การนำข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ มาวิเคราะห์และแสดงผลในรูปแบบของ

กราฟ แผนภูมิ หรือวิดีโอ ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเชิงลึก ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่ายขึ้น น่าสนใจมากกว่าการอ่านข้อมูลแบบตารางทั่วไป มีจุดประสงค์หลัก ๆ คือ ถ่ายทอดสิ่งที่ข้อมูลต้องการสื่อสารอย่างชัดเจน ช่วยอธิบายแนวโน้มทางสถิติ แสดงรูปแบบเฉพาะในข้อมูลที่ยากจะเห็นด้วยตา เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลที่มีนั้นไม่ได้เป็นเพียงข้อความอย่างเดียว แต่มีข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการรองรับข้อมูล ประมวลผลข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลออกมาเพื่อให้เห็นเป็นภาพที่ชัดเจนและเข้าใจง่ายกว่าเดิม (Ourgreenfish, 2020; Srimarong, 2021; STEPS Academy, 2020)

Data visualization มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากการแสดงด้วยภาพที่เป็นกราฟ เป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าข้อความหรือตาราง กราฟใช้พื้นที่ในการแสดงข้อมูลน้อย มีความน่าสนใจ แปลความง่ายและสร้างการจดจำได้ดีกว่า (Kachacharoen, 2022)

Data visualization หมายถึง การสร้างภาพแทน (representation) และการนำเสนอข้อมูลหรือชุดข้อมูล (presentation) ที่สามารถสื่อสารข้อมูลหรือค่าต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำและเข้าใจง่าย ผ่านองค์ประกอบ เช่น เส้น ตาราง แกน และเครื่องหมายต่าง ๆ เช่น จุด เส้น พื้นที่ เพื่อแปลงข้อมูลต่าง ๆ ให้กลายเป็นภาพที่เข้าใจง่าย ซึ่งเหมาะสำหรับผู้คนในยุคไอทีที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลที่ซับซ้อนมหาศาลในเวลาจำกัด (Sena et al., 2020)

Data visualization คือ การแทนข้อมูลด้วยรูปแบบต่าง ๆ ทั้งแบบที่มีแกนอ้างอิงและไม่มีแกนอ้างอิง ประกอบด้วย ตาราง กราฟ วิดีโอ ภาพเคลื่อนไหว และสื่อประสมในรูปแบบต่าง ๆ การแทนข้อมูลจะต้องมีการอ้างอิงหรือแบบเชิงสัมพันธ์ภาพของข้อมูล โดยนำคุณลักษณะของข้อมูลออกมานำเสนอให้สามารถเข้าใจในอีกมุมมองหนึ่งด้วยภาพหรือรูปแบบต่าง ๆ (Suwanwattana & Mungsing, 2015)

กล่าวโดยสรุปแล้ว การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพหรือ Data visualization เป็นการแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟิกหรือรูปภาพเพื่อช่วยระบุแนวโน้ม (trends) รูปแบบ (patterns) และข้อมูลเชิงลึก (insights) ช่วยให้ผู้รับชมสื่อนั้นเข้าใจชุดข้อมูลที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว และทำการตัดสินใจ (decisions) โดยอาศัยข้อมูลที่แสดงจากสื่อนั้น

องค์ประกอบของ Data visualization

จุดประสงค์หลักของการทำ Data visualization คือ การสรุปข้อมูลเพื่อให้ผู้อ่านสามารถจับประเด็นและเข้าใจข้อมูลได้ภายในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งงานส่วนนี้ทำให้นักวิเคราะห์ข้อมูลหรือผู้สร้างภาพข้อมูลจำเป็นต้องทราบถึงองค์ประกอบของ Data visualization เพื่อที่จะได้เลือกรูปแบบการนำเสนอให้เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่ต้องการนำเสนอองค์ประกอบในการทำ Data visualization มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) สิ่งที่ต้องการนำเสนอจากชุดข้อมูล หมายถึง วัตถุประสงค์หรือความตั้งใจของผู้จัดทำ Data visualization ว่า ต้องการสื่อสารไปยังผู้รับให้เข้าใจอย่างไร เช่น ต้องการนำเสนอทิศทางหรือแนวโน้มของข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล การพยากรณ์หรือวิเคราะห์ข้อมูล และ (2) ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการสื่อสาร หมายถึง ลักษณะของข้อมูลซึ่งจะมีผลว่าข้อมูลแบบไหนควรใช้รูปแบบนำเสนอแบบใด เช่น ถ้าต้องการเปรียบเทียบข้อมูลที่มีตัวแปรเดียวอาจเลือกใช้แผนภูมิแท่งแบบธรรมดา แต่ถ้าข้อมูลมีตัวแปร 2 ตัวแปรขึ้นไปอาจเลือกใช้แผนภาพการกระจายแทน

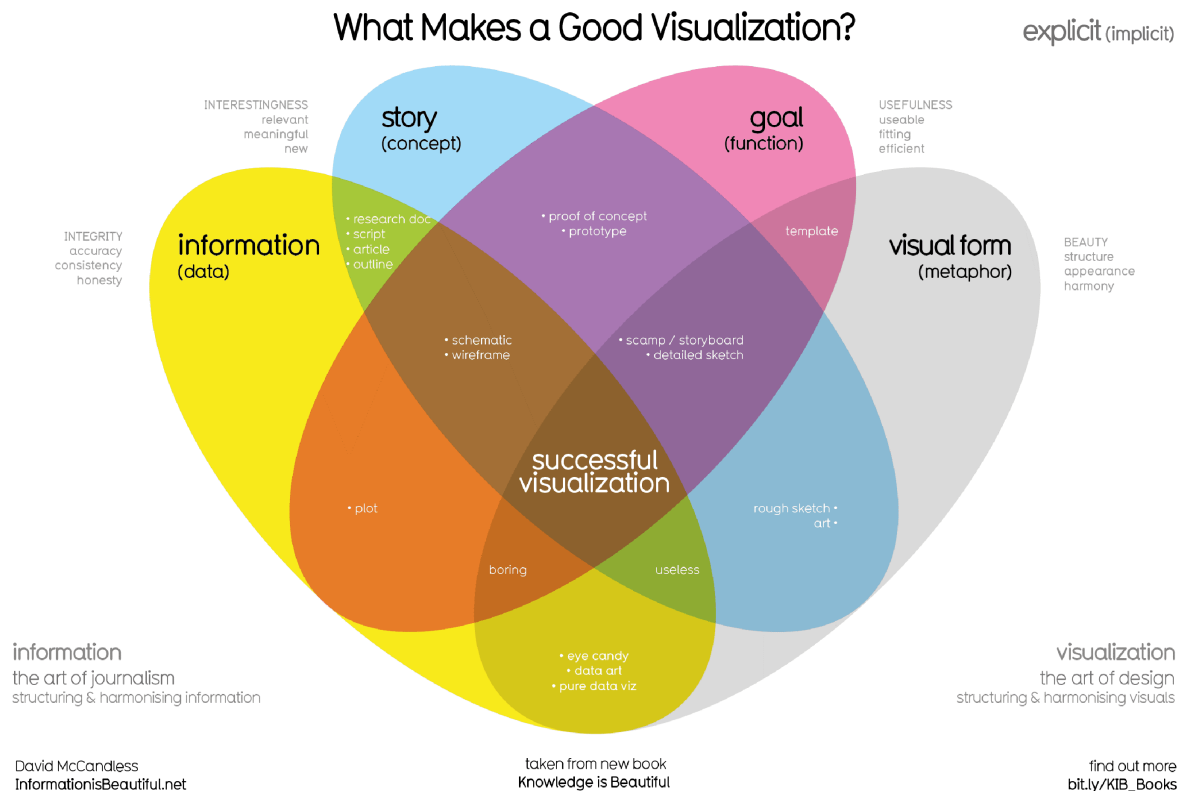
เว็บไซต์ informationisbeautiful.net (อ้างถึงใน 1stCraft Team, 2020) กล่าวว่า การสร้างภาพข้อมูล มี 4 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ (1) Information สารสนเทศเปรียบเสมือนวัตถุดิบที่มีคุณภาพ ซึ่งต้องผ่าน

การจัดเก็บ การจัดการ และการทำความสะอาดข้อมูลให้เรียบร้อย พร้อมใช้งาน (2) Story เรื่องราวหรือแนวคิดในการนำเสนอข้อมูลที่น่าสนใจ ที่ผ่านการย่อยเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น บทความ รายงานวิจัย (3) Goal เป้าหมายและความสามารถในการใช้งาน คือเลือกวิธีการนำเสนอให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ สามารถตอบโจทย์หรือคำถามที่ตั้งไว้ได้หรือไม่ (4) Visual form การเลือกรูปแบบการนำเสนอภาพข้อมูลที่เหมาะสม สวยงาม ทำให้น่าสนใจ เข้าใจง่าย ช่วยให้มองเห็นข้อมูลเชิงลึกและจุดที่น่าสนใจของข้อมูลได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพ 1

ประโยชน์ของ Data visualization

ประโยชน์ของการทำ Data visualization คือ ช่วยให้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น เพราะเป็นข้อมูลที่ย่อยและจัดรูปแบบให้เข้าใจได้ทันทีด้วยภาพ ช่วยให้มองเห็นข้อมูลเชิงลึกได้ชัดเจน เห็นข้อเปรียบเทียบ เห็นแนวโน้มหรือเทรนด์ของข้อมูล ช่วยจัดระเบียบความคิดวิเคราะห์ข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือ ช่วยประหยัดเวลาในการตีความข้อมูล ลดภาระการค้นหาและเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ ช่วยให้สามารถมองเห็นจุดที่น่าสนใจของชุดข้อมูลได้ และช่วยให้ข้อมูลที่น่าสนใจมีความน่าสนใจมากขึ้น (1stCraftTeam, 2020)

การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพมีประโยชน์ช่วยให้การนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณดูน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เห็นภาพรวมได้ชัดเจน เข้าใจง่าย และง่ายต่อการจดจำ จึงนิยมนำไปใช้ประกอบการรายงาน การวิเคราะห์ สรุปผล สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในหลากหลายอาชีพ เช่น สายงานการตลาด การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพสามารถช่วยเปรียบเทียบข้อมูล เพื่อให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น การเปรียบเทียบยอดขายในของแต่ละไตรมาส สำหรับหน่วยสารสนเทศสุข สามารถใช้การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพเพื่อให้เห็นสถิติของยอดผู้ติดเชื้อโควิด-19 ของแต่ละจังหวัด สำหรับหน่วยงานธุรกิจบริการ สามารถใช้การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพที่แสดงการใช้งานโซเชียลมีเดียแต่ละช่องทางของประชากรในประเทศ ทำให้เข้าใจได้ง่ายว่าโซเชียลมีเดียช่องทางใดได้รับความนิยมมากน้อยต่างกันอย่างไร เพื่อนำไปพัฒนารูปแบบการสื่อสารและให้บริการของธุรกิจต่อไป



ภาพ 1 องค์ประกอบของการทำ Data Visualization ที่ดี

Note. From *What makes a good visualization?*, by David McCandless, 2015, retrieved from <https://www.informationisbeautiful.net/visualizations/what-makes-a-good-data-visualization/>

รูปแบบของ Data visualization

การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีคุณสมบัติเฉพาะ เหมาะกับการนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกัน 1stCraft Team (2020) ได้ยกตัวอย่างรูปแบบพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้สร้างการนำเสนอข้อมูลเชิงภาพไว้ 6 รูปแบบ ได้แก่ ตาราง แผนภูมิ กราฟ แผนที่ อินโฟกราฟิก และแดชบอร์ด แต่ละรูปแบบมีลักษณะ ดังนี้

1. ตาราง (tables) เป็นรูปแบบการนำเสนอข้อมูลอย่างง่าย ตารางประกอบไปด้วยสองส่วนคือแถวและคอลัมน์ ช่วยให้เห็นองเห็นบริบทและความสัมพันธ์ของข้อมูลหลาย ๆ ชุด ได้ง่าย

2. แผนภูมิ (charts) เป็นรูปแบบที่มีหลากหลายชนิด เหมาะกับการนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ เช่น แผนภูมิวงกลม (pie chart) ช่วยให้เราเห็นปริมาณความแตกต่างได้ชัดเจน แผนภูมิแบบเปรียบเทียบ (comparison chart) เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบคุณสมบัติหลาย ๆ ข้อ มาตรวัด (gauges) ช่วยให้เห็นความเข้มข้น ความรุนแรง หรือน้ำหนัก ดังตัวอย่างภาพ 2

3. กราฟ (graphs) กราฟถือเป็นประเภทหนึ่งของแผนภูมิ โดยกราฟจะทำหน้าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสองตัวแปร ผ่านแกนแนวนอน (X-axis) และแกนแนวตั้ง (Y-axis) โดยกำหนดให้แกนแนวนอนแทนรายการที่จะนำเสนอ และแกนแนวตั้งแทนปริมาณของข้อมูล กำหนดมาตราส่วนแทนปริมาณของข้อมูลตามความเหมาะสม เป็นรูปแบบที่ช่วยให้เห็นแนวโน้มสถานการณ์ประกอบกับบริบทได้เป็นอย่างดี

4. แผนที่ (maps) เป็นการนำเสนอข้อมูลบนแผนที่เพื่อแสดงข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การนำเสนอข้อมูลความสนใจเกี่ยวกับ PM 2.5 ในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย ซึ่งมักใช้สีเข้ม-อ่อน เพื่อแสดงความหนาแน่นของข้อมูลด้วย

5. อินโฟกราฟิก (infographics) เป็นรูปแบบการนำเสนอข้อมูลสารสนเทศที่ใช้ภาพในการสื่อความหมายเป็นหลัก มีตัวเลขและข้อความที่สั้นกระชับพอที่จะสื่อสารได้อย่างรวดเร็ว ช่วยดึงดูดความสนใจ ช่วยประหยัดเวลาในการศึกษาข้อมูล ช่วยให้ผู้รับสารจดจำข้อมูลได้ดีกว่า

สามารถนำไปเผยแพร่ได้ง่ายและรวดเร็ว (Kullimratchai & Kumchan, 2021)

6. **แดชบอร์ด (dashboards)** คือ เป็นรูปแบบการนำเสนอข้อมูลในหลายมิติ ประกอบด้วย ตัวเลข กราฟ และแผนภูมิรูปแบบต่าง ๆ นำมาเรียบเรียงและสรุปเป็นภาพ ดังตัวอย่างภาพ 3

Automated (2018) ได้จำแนกรูปแบบในการใช้ Data visualization ไว้ 5 กลุ่ม ได้แก่ การนำเสนอแบบทิศทางหรือแนวโน้ม การนำเสนอเชิงเปรียบเทียบข้อมูล การนำเสนอเชิงเปรียบเทียบข้อมูล การนำเสนอรูปแบบแผนที่ กลุ่มที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้าและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน ซึ่งแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้

1. การนำเสนอแบบทิศทางหรือแนวโน้ม (trending) เป็นการใช้กราฟที่แสดงผลแบบทิศทางหรือแนวโน้มเพื่อนำเสนอข้อมูลให้เห็นจำนวนข้อมูลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา (period) รวมถึงเน้นข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ เช่น แผนภูมิแท่ง (bar chart) แผนภูมิเส้น (line chart) แผนภูมิพื้นที่ (area chart) หรือ แผนภูมิเรดาร์ (radar chart) ดังตัวอย่างภาพ 4

2. การนำเสนอแบบกลุ่มข้อมูล (classification) เป็นการนำเสนอโดยนำข้อมูลมาจัดเป็นกลุ่ม ๆ เช่น แผนภูมิวงกลม (pie chart) แผนภูมิโดนัท (donut chart) แผนภูมิฟองอากาศ (bubble chart) หรือ แผนภาพการกระจาย (scatter plot)

3. การนำเสนอเชิงเปรียบเทียบข้อมูล (comparison) เป็นรูปแบบที่ใช้สำหรับการนำเสนอที่ต้องการเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน เช่น เปรียบเทียบกับปีที่แล้ว เปรียบเทียบกับเป้าที่ตั้งไว้ (target) ซึ่งสื่อที่นำมาใช้ เช่น ตาราง (table) KPI--Key Performance Indicator แผนภูมิเปรียบเทียบตัวชี้วัดสำคัญ หรือแผนภูมิbullet (bullet chart)

4. การนำเสนอรูปแบบแผนที่ (geographical) เหมาะสำหรับนำเสนอข้อมูลบนแผนที่ เพื่อนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การนำเสนอข้อมูลยอดผู้ติดเชื้อ Covid-19 ในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย โดยสามารถ

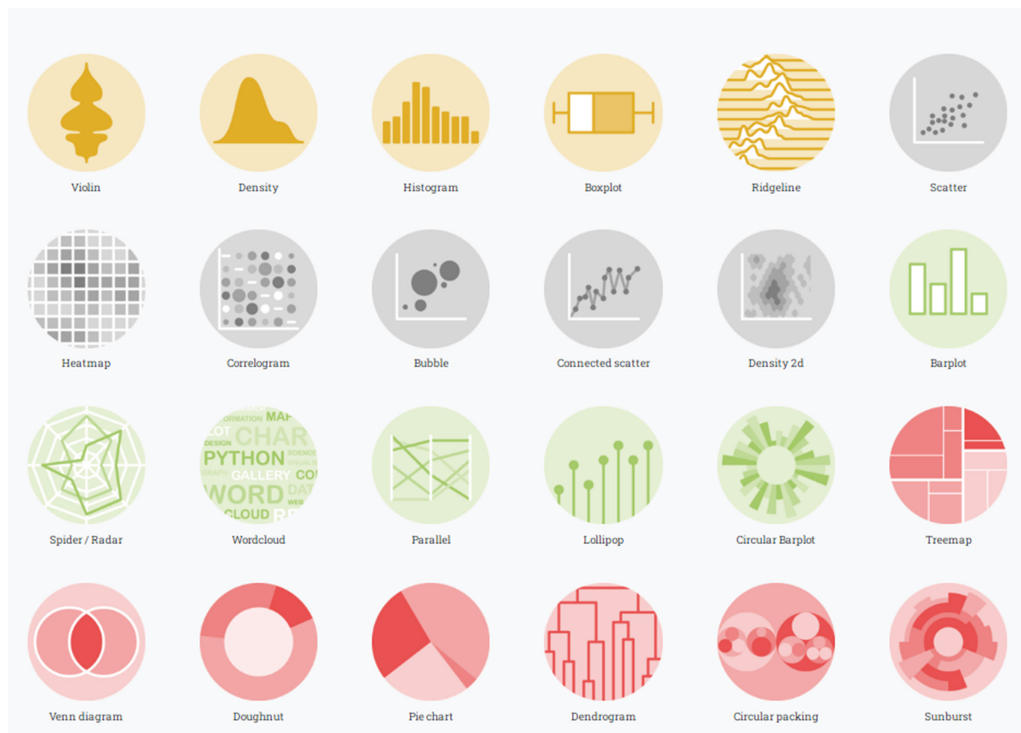
ใส่สีที่แตกต่างกันเพื่อให้เห็นปริมาณความหนาแน่นของผู้ติดเชื้อในแต่ละพื้นที่ได้ ซึ่งกราฟที่นำมาใช้ เช่น แผนที่ฟองสบู่ (bubble map) แผนที่ความร้อน (heat map)

5. กลุ่มที่ต้องพยากรณ์ล่วงหน้าและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน (analytics) มีลักษณะของการดึงข้อมูลในอดีตมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์อนาคต นำเสนอข้อมูลที่ได้ในรูปของกราฟ เช่น กฎความสัมพันธ์ (association rules) การจัดกลุ่มข้อมูล (clustering) การพยากรณ์อนุกรมเวลา (forecasting time series)

ทั้งนี้ การนำเสนอข้อมูลแต่ละรูปแบบมีคุณสมบัติเฉพาะ และความเหมาะสมกับการนำเสนอชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน มีทั้งใช้เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลให้เห็นความต่างอย่างชัดเจน ใช้เพื่อช่วยให้มองเห็นแนวโน้ม หรือใช้เพื่อช่วยย่อข้อมูลสำคัญให้กระชับทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มสร้าง Data visualization นักวิเคราะห์ข้อมูลหรือผู้สร้างภาพข้อมูลควรทราบก่อนว่า ต้องการนำเสนอเพื่ออะไร แล้วจึงเลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ของการนำเสนอต่อไป เพื่อช่วยให้สามารถสื่อสารไปยังผู้อ่านได้อย่างรวดเร็ว

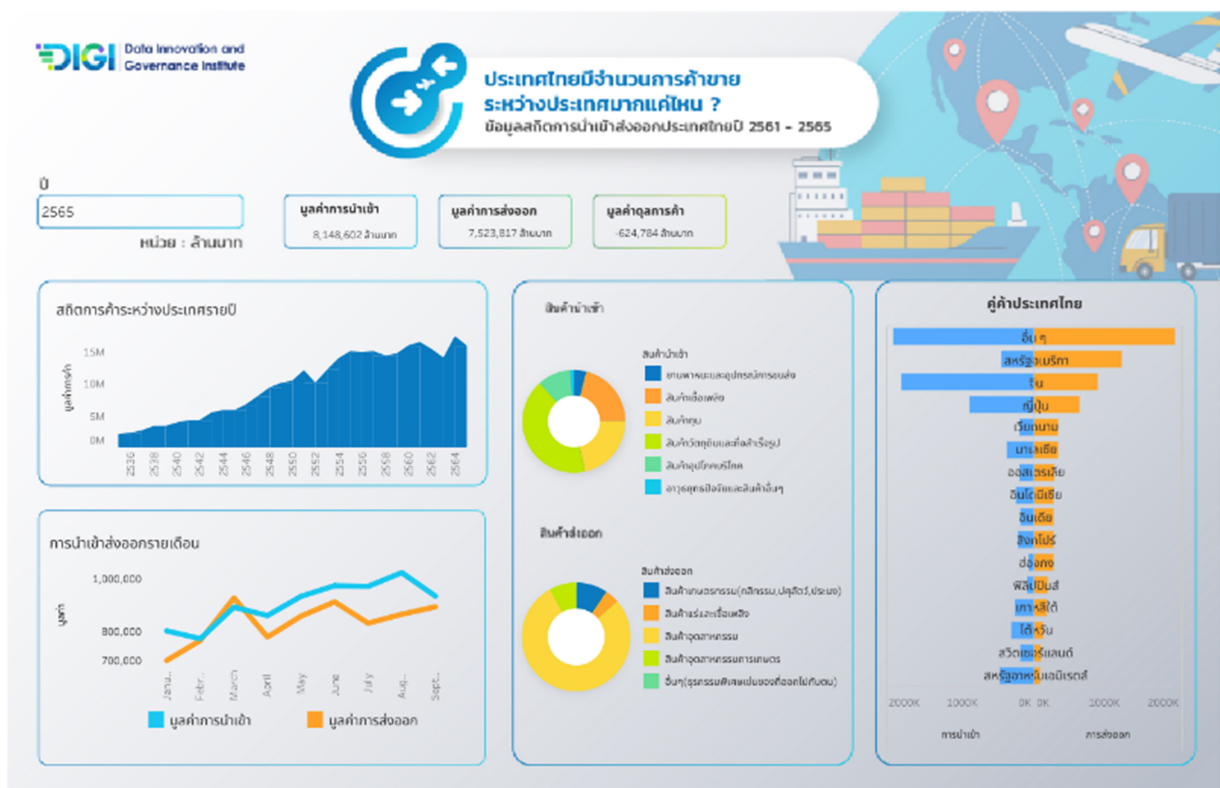
แนวทางในการสร้าง Data visualization

การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพช่วยลดความซับซ้อนของข้อมูล และช่วยแสดงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล ทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น กริพล Kachacharoen (2022) กล่าวว่า วิธีการเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นความรู้ มี 3 ขั้นตอน ดังนี้ (1) Filtering & Processing: ขั้นตอนการแปลงข้อมูลดิบให้เป็นข้อมูลสารสนเทศ โดยผ่านการวิเคราะห์การตีความ การพิจารณาบริบทของข้อมูล การเปรียบเทียบ และการวิจัย (2) Visual Translation & Representation: ขั้นตอนการนำข้อมูลสารสนเทศไปสร้างภาพวิช่วลในรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้อ่าน ทั้งการใช้กราฟิก ข้อความ การดำเนินเรื่อง และโทนสี (3) Perception & Interpretation: ขั้นตอนการสร้างการรับรู้และความเข้าใจอย่างชัดเจนให้กับผู้อ่าน จึงต้องมีการเตรียมตัวเพื่อนำเสนออย่างมืออาชีพ



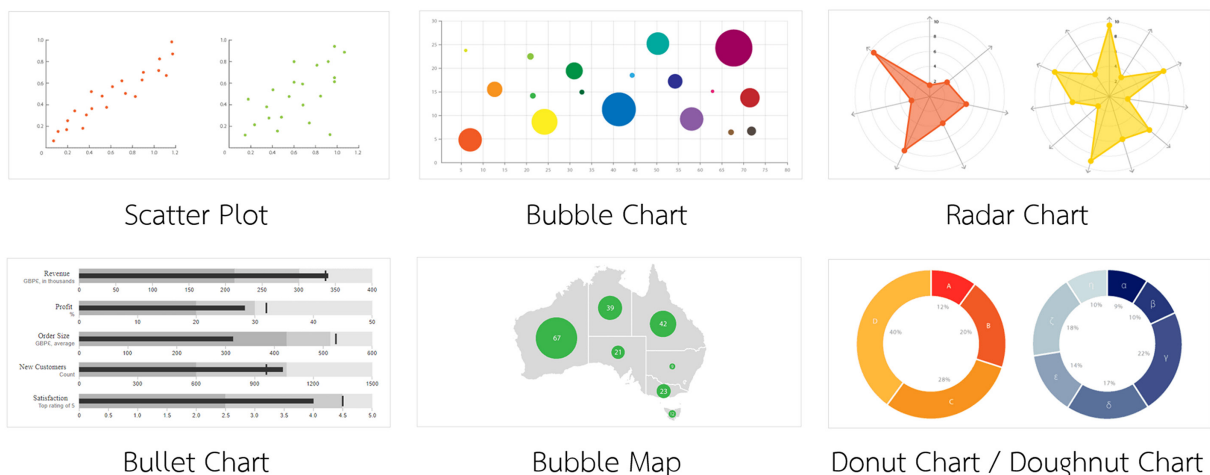
ภาพ 2 การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพรูปแบบแผนภูมิ

Note. From *An overview of all the graph types*, by Data to Viz, 2018, retrieved from <https://www.data-to-viz.com/>



ภาพ 3 การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพรูปแบบแดชบอร์ด

Note. From *How much international trade does Thailand have?*, by Data Innovation and Governance Institute, 2022, retrieved from <https://digi.data.go.th/showcase/international-trade-in-thailand/>



ภาพ 4 ตัวอย่างรูปแบบที่ใช้แสดงข้อมูลเชิงภาพ (Data visualization)

Note. From *How to choose a chart for the audience to understand easily*, by Meow, n.d., retrieved from <https://blog.datath.com/data-visualization-mindmap/>

ปัทมกร Inkeaw (2021) มีข้อเสนอแนะในการสร้างภาพจากข้อมูล เพื่อให้การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพมีประสิทธิภาพ คือ (1) ตั้งเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการสร้างภาพข้อมูล อาจตั้งคำถามหรือชี้ชวนให้ผู้ชมติดตาม ผู้สร้างภาพข้อมูล มีหน้าที่ต้องนำเสนอข้อมูลในมุมมองต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายหรือตอบคำถามที่ตั้งไว้ (2) ให้ความสำคัญกับผู้ชมและความต้องการของผู้ชม โดยคำนึงถึงระดับความรู้หรือความเข้าใจที่ผู้ชมมีอยู่ วางแผนนำเสนอข้อมูลที่สามารถติดตามและทำความเข้าใจได้โดยง่าย และตรงกับความต้องการ หลีกเลี่ยงการใช้ศัพท์ทางเทคนิคหรืออักษรย่อ (3) เลือกใช้รูปแบบการแสดงผลภาพข้อมูลให้เหมาะสม โดยพิจารณาเลือกรูปแบบแผนภาพให้เหมาะสมกับชนิดข้อมูล สามารถแสดงสิ่งที่ต้องการนำเสนอและนำไปสู่เป้าหมายได้ ซึ่งผู้สร้างภาพข้อมูลจะต้องรู้คุณลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาสร้างภาพเป็นอย่างดี รู้จักและเข้าใจการแสดงผลภาพข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ เพื่อจะสามารถเลือกรูปแบบแผนภูมิได้อย่างเหมาะสม (4) สร้างภาพข้อมูลให้มีความชัดเจน สะอาด และเลือกใส่องค์ประกอบของแผนภูมิให้เหมาะสม นำเสนอข้อมูลได้อย่างตรงประเด็น ตัดการตกแต่งที่ไม่จำเป็นออก และเน้นเฉพาะในสิ่งที่ต้องการนำเสนอเท่านั้น (5) เลือกแบบอักษร ขนาด และสี ขององค์ประกอบในแผนภาพให้เหมาะสม สามารถอ่านและสังเกตได้ง่าย มีความคมชัด และแตกต่างจากสีของพื้นหลังอย่างชัดเจน

จากงานวิจัยของ กมลชนก เสนา และคณะ Sena et al. (2020) ที่ทำการศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้การสร้างภาพข้อมูล (data Visualization) ของเฟซบุ๊กแฟนเพจในประเทศไทย ผลการวิจัยภาพข้อมูลจำนวน 1,500 ภาพ จากเฟซบุ๊กแฟนเพจยอดนิยม จำนวน 15 เพจ พบว่ารูปแบบการสร้างภาพข้อมูล ที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ แผนภูมิแท่ง (bar chart) ร้อยละ 31.5 แผนภูมิวงกลม (pie chart) ร้อยละ 18.5 และ แผนภูมิเส้น (line chart) ร้อยละ 12.4 ซึ่งการสร้างภาพข้อมูล มีองค์ประกอบหลัก คือ (1) ชื่อแผนภูมิ (chart title) หมายถึง ข้อความที่บ่งบอกถึงประเภทของแผนภูมิที่ใช้ และข้อมูลที่ต้องการจะนำเสนอ (2) แกน (axis) หมายถึง เส้นในแนวตั้งที่ใช้เป็นแนวอ้างอิงในการแสดงค่าข้อมูล และเส้นในแนวนอนที่ใช้แสดงชนิดหรือหมวดหมู่ของข้อมูล (3) ชื่อแกน (axis title) หมายถึง คำที่ใช้แสดงรายละเอียดข้อมูลที่อยู่บนแกนแนวตั้งและแนวนอน (4) ป้ายชื่อข้อมูล (label) หมายถึง คำที่ใช้แสดงรายละเอียดข้อมูลแต่ละชุด (5) คำอธิบายชุดข้อมูล (legend) หมายถึง คำอธิบายการแทนสัญลักษณ์ของข้อมูลแต่ละชุด และ (6) การแทนปริมาณข้อมูลด้วยความสูง/ขนาด/สัดส่วน/ความยาวของส่วนโค้งวงกลม หมายถึง มีวิธีการแทนปริมาณข้อมูลโดยเป็นไปตามกฎเฉพาะของแผนภูมิแต่ละประเภท

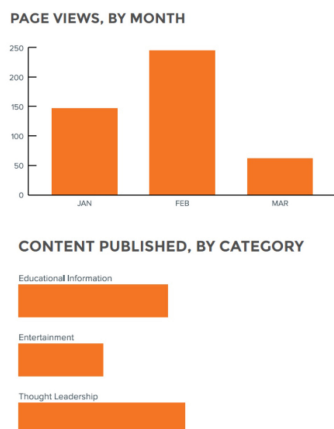
นอกจากความครบถ้วนขององค์ประกอบในการสร้างภาพข้อมูลแล้ว ยังมีรายละเอียดที่ควรคำนึงถึงในการสร้างภาพข้อมูลอีก บทความนี้จะจึงขอเสนอแนวทางการจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูลสำหรับแผนภูมิที่นิยมใช้ อันได้แก่ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิวงกลม และแผนภูมิเส้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

แผนภูมิแท่ง (bar chart) เหมาะสำหรับใช้แสดงข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา หรือการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลหลายชุด เช่น จำนวนเงิน เปอร์เซ็นต์ ยอดขายของสินค้าแต่ละประเภท จำนวนประชากรของแต่ละจังหวัด หรือผลจากแบบสำรวจ แบบสอบถาม แสดงรายละเอียดดังภาพ 5-6

แผนภูมิวงกลม (pie chart) ใช้เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของข้อมูล โดยข้อมูลแต่ละชิ้นพายจะมีความสัมพันธ์กับวงกลมทั้งวง มักคำนวณข้อมูลให้อยู่ในรูปของร้อยละ

หรือเปอร์เซ็นต์ ใช้ได้ทั้งข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (discrete data) และข้อมูลต่อเนื่อง (continuous data) เหมาะสำหรับชุดข้อมูลจำนวนไม่มาก เนื่องจากหากมีข้อมูลจำนวนมากจะทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบ แสดงรายละเอียดดังภาพ 7-8

แผนภูมิเส้น (line chart) ใช้เพื่อแสดงข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยจะใช้กับข้อมูลต่อเนื่อง แผนภูมิเส้นจะช่วยในการแสดงแนวโน้ม (trend) อัตราการเติบโต (acceleration) การชะลอตัว (deceleration) และความผันผวน (volatility) เช่น ดูข้อมูลราคาตลาดหุ้น ดูแนวโน้มยอดขายหรืออัตราผลกำไรในแต่ละเดือน ไตรมาส หรือปี ซึ่งแนวโน้มสามารถทำนายข้อมูลที่จะเกิดในช่วงเวลาถัดไปได้ ควรใช้กับชุดข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า 50 ตัวแปร และมีค่าสูงสุดและต่ำสุดไม่ต่างกันมาก แสดงรายละเอียดดังภาพ 9-10



แผนภูมิแท่งแนวตั้ง (vertical)

เหมาะสำหรับข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลา (time-series) ควรเรียงลำดับข้อมูลจากซ้ายไปขวา

แผนภูมิแท่งแนวนอน (horizontal)

เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีชื่อหัวข้อยาว เพื่อแสดงข้อความได้อย่างครบถ้วน และอ่านง่าย

ภาพ 5 แผนภูมิแท่ง (bar chart)

Note. Adapted from *How to design charts and graphs*, by Hubspot & Visage, 2023., retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf



ภาพ 6 แนวทางการจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูลสำหรับแผนภูมิแท่ง (bar chart)

Note. Adapted from *How to design charts and graphs*, by Hubspot & Visage, 2023., retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf



ภาพ 7 แผนภูมิวงกลม (pie chart)

Note. Adapted from *How to design charts and graphs*, by Hubspot & Visage, 2023., retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf



ตรวจสอบผลรวมของแผนภูมิให้มีค่าเท่ากับ 100% และแต่ละชั้นมีขนาดตรงตามสัดส่วน

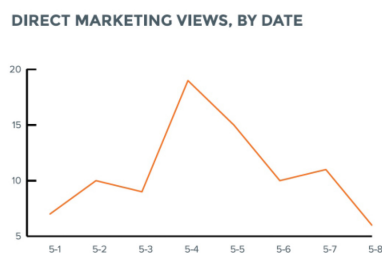
ไม่ควรใช้แผนภูมิวงกลมเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล เพราะเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบชิ้นส่วนของแผนภูมิวงกลม ควรใช้แผนภูมิแท่งหรือแผนภูมิแท่งแบบเรียงซ้อนแทน

ควรใช้แสดงข้อมูลที่แบ่งไม่เกิน 5 หมวดหมู่ หากมีกลุ่มย่อยมาก จะทำให้ความน่าสนใจของแผนภูมิลดลง ควรรวมข้อมูลที่ในกลุ่มเล็กและตั้งชื่อเป็น “อื่น ๆ” หรือ “Other” โดยต้องมั่นใจว่าไม่ทำให้ข้อมูลที่เป็นส่วนสำคัญหายไป

ควรจัดเรียงลำดับของแผนภูมิอย่างเหมาะสม อาจเลือกการจัดเรียง โดยวางชิ้นใหญ่ที่สุดไว้ที่ตำแหน่ง 12 นาฬิกา ชิ้นที่เหลือเรียงทวนเข็มนาฬิกา จากมากไปน้อยตามลำดับ

ภาพ 8 แนวทางการจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูลสำหรับแผนภูมิวงกลม (pie chart)

Note. Adapted from *How to design charts and graphs*, by Hubspot & Visage, 2023., retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf

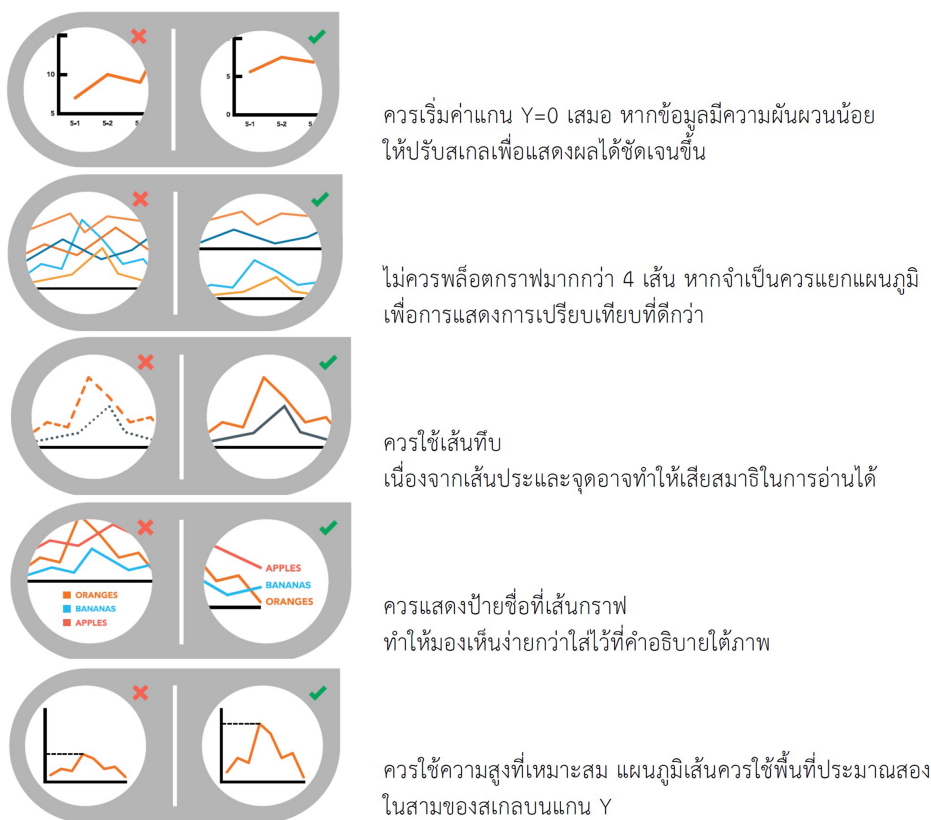


แผนภูมิเส้น (line chart)

ใช้แสดงข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ทำให้เห็นค่าสูงสุดและต่ำสุดได้อย่างชัดเจน

ภาพ 9 แผนภูมิเส้น (line chart)

Note. Adapted from *How to design charts and graphs*, by Hubspot & Visage, 2023., retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf



ภาพ 10 แนวทางการจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูลสำหรับแผนภูมิเส้น (line chart)

Note. Adapted from *How to design charts and graphs*, by Hubspot & Visage, 2023., retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf

เครื่องมือที่ใช้สร้าง Data visualization

เครื่องมือหรือซอฟต์แวร์ช่วยแปลงข้อมูลให้เป็นภาพ ช่วยคำนวณและสรุปผล แสดงผลได้ในหลายมิติ รวมถึงแสดงแนวโน้มของข้อมูล ช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากได้เร็วขึ้น มักจะแสดงผลข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของแผนภูมิหรือกราฟในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้การนำเสนอข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ในบทความนี้จะยกตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง Data visualization ดังนี้

Microsoft Excel เป็นโปรแกรมประยุกต์ประเภท spreadsheet ที่สามารถสร้างและเก็บข้อมูลพื้นฐาน

สำหรับการใช้งานทั่วไป และมีฟังก์ชันช่วยให้การนำเสนอข้อมูลน่าสนใจได้ ข้อดีคือเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย เรียนรู้ได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดและขาดความยืดหยุ่นในการสร้าง Data visualization เนื่องจากไม่ได้มีเครื่องมือที่ช่วยออกแบบ โดยเฉพาะ ภาพ 11 เป็นตัวอย่างการสร้าง Data visualization โดยผู้เขียนนำชุดข้อมูลสถิติการนำเข้าและส่งออกสินค้าระหว่างประเทศของประเทศไทยปี 2561-2565 จากเว็บไซต์สถาบันนวัตกรรมและธรรมาภิบาลข้อมูล (Data Innovation and Governance Institute, 2022) และใช้โปรแกรม Excel สร้างแผนภูมินำเสนอผลการค้าของประเทศไทย ปี 2565

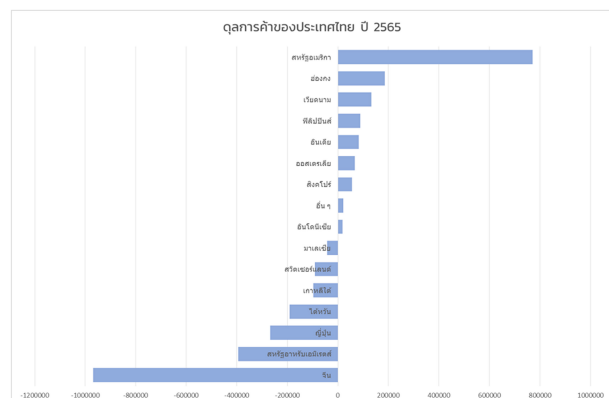
Google Data Studio ถือเป็นเครื่องมือเริ่มต้นสำหรับผู้ที่ต้องการทำ Data visualization เนื่องจากสามารถเริ่มต้นการใช้งานได้ฟรี โดยใช้บัญชีอีเมลของ Gmail ในการเข้าใช้งาน ใช้สำหรับสร้างรายงานจากข้อมูลตัวเลขให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงภาพที่เข้าใจง่าย สามารถดึงข้อมูลจากผลิตภัณฑ์อื่นของ Google มาวิเคราะห์และทำภาพได้ มีเทมเพลตให้เลือกใช้งาน สำหรับเครื่องมือนี้จะเน้นไปที่การรวบรวมและนำเสนอข้อมูลออกมาเป็นแดชบอร์ด จึงมีข้อจำกัดในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวอย่าง Google Data Studio ดังภาพ 12

Power BI เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางธุรกิจ จาก Microsoft สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมอื่น ๆ ของ Microsoft ได้ รองรับข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ฐานข้อมูล หรือไฟล์

ต่าง ๆ แสดงผลได้ทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา ข้อดีคือ มีเทมเพลตให้เลือกหลากหลายรูปแบบ ข้อจำกัด คือไม่รองรับการใช้งานผ่านระบบ MacOS ตัวอย่างโปรแกรม Power BI ดังภาพ 13

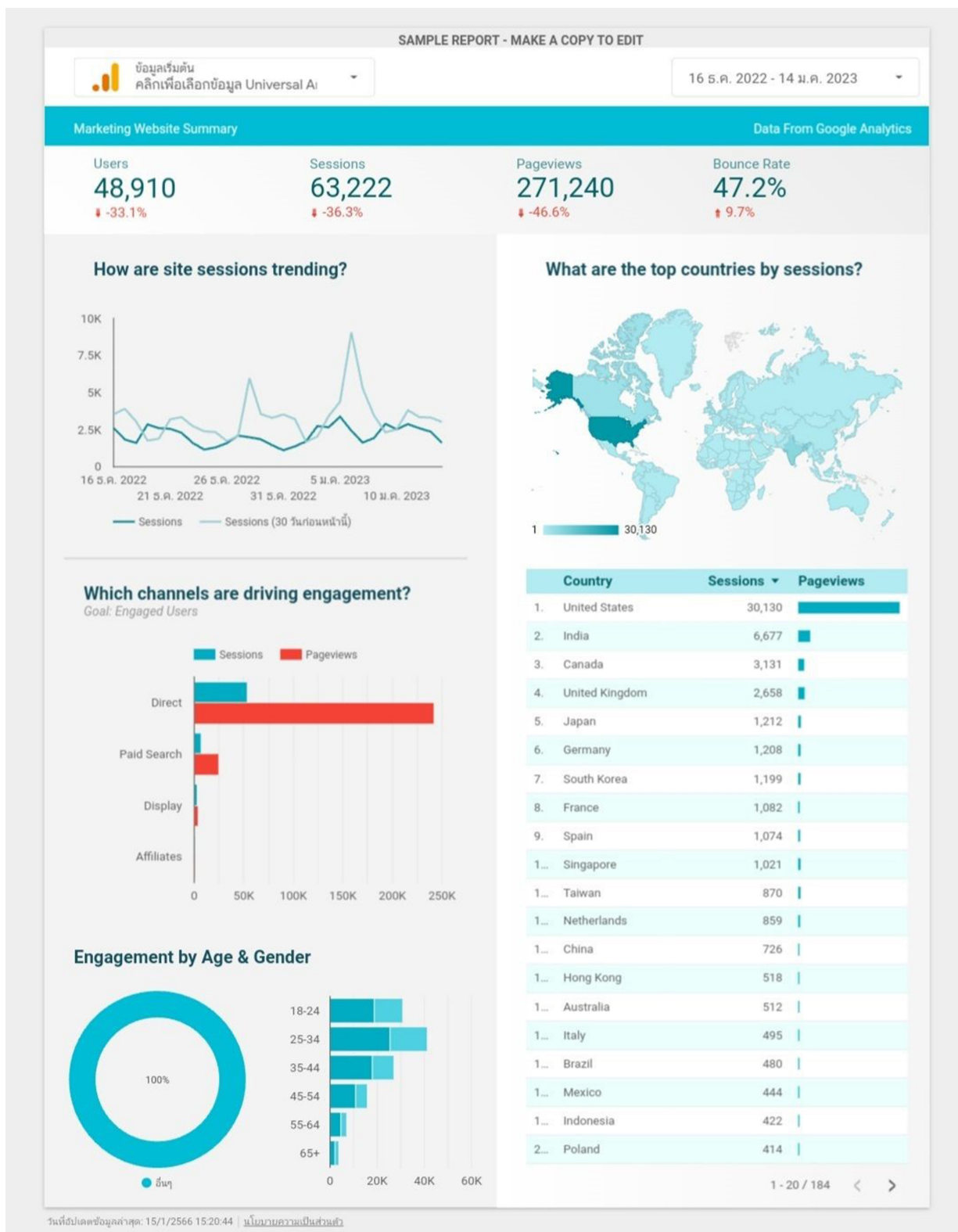
Tableau เป็นเครื่องมือช่วยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายมิติ รูปแบบการใช้งานง่าย รองรับการใช้งานข้อมูลจากหลายฐานข้อมูล เช่น Microsoft Excel Microsoft Access Firebird 2.0 IBM DB2 MS SQL Server มีรูปแบบการนำเสนอรายงานที่สวยงาม เข้าใจง่าย ใช้งานได้ทั้งระบบ Windows และ MacOS ตัวอย่างโปรแกรม Tableau ดังภาพ 14

	A	B	C	D	E	F	G
1	ประเทศ	มูลค่าการค้า	การส่งออก	การนำเข้า	ดุลการค้า	ปี	Date
2	จีน	2777993.115	904403.4274	1873589.687	-969186.26	2565	1/1/2022
3	สหรัฐอเมริกา	1710914.661	1240667.89	470246.7712	770421.1186	2565	1/1/2022
4	ญี่ปุ่น	1552567.636	642091.3936	910476.2428	-268384.8492	2565	1/1/2022
5	มาเลเซีย	713684.9745	335443.6176	378241.3569	-42797.7393	2565	1/1/2022
6	สหรัฐอเมริกาแทมเปค	569525.2126	87819.7153	481705.4973	-393885.782	2565	1/1/2022
7	เวียดนาม	548938.1782	341214.2871	207723.8911	133490.396	2565	1/1/2022
8	อินโดนีเซีย	540791.9691	279522.5273	261269.4418	18253.0855	2565	1/1/2022
9	ออสเตรเลีย	499219.1407	283363.425	215855.7157	67507.7093	2565	1/1/2022
10	สิงคโปร์	497004.8289	276450.992	220553.8369	55897.1551	2565	1/1/2022
11	อินเดีย	473223.6712	278053.2177	195170.4535	82882.7642	2565	1/1/2022
12	เกาหลีใต้	440529.0128	171978.0544	268550.9584	-96572.904	2565	1/1/2022
13	ไต้หวัน	436315.0652	122995.5425	313319.5227	-190323.9802	2565	1/1/2022
14	ฮ่องกง	348323.5585	267075.3367	81248.2218	185827.1149	2565	1/1/2022
15	ฟิลิปปินส์	297195.149	193458.5371	103736.6119	89721.9252	2565	1/1/2022
16	สวีเดน	284359.3572	97105.5111	187253.8461	-90148.335	2565	1/1/2022
17	อื่น ๆ	3981833.539	2002173.922	1979659.617	22514.3046	2565	1/1/2022



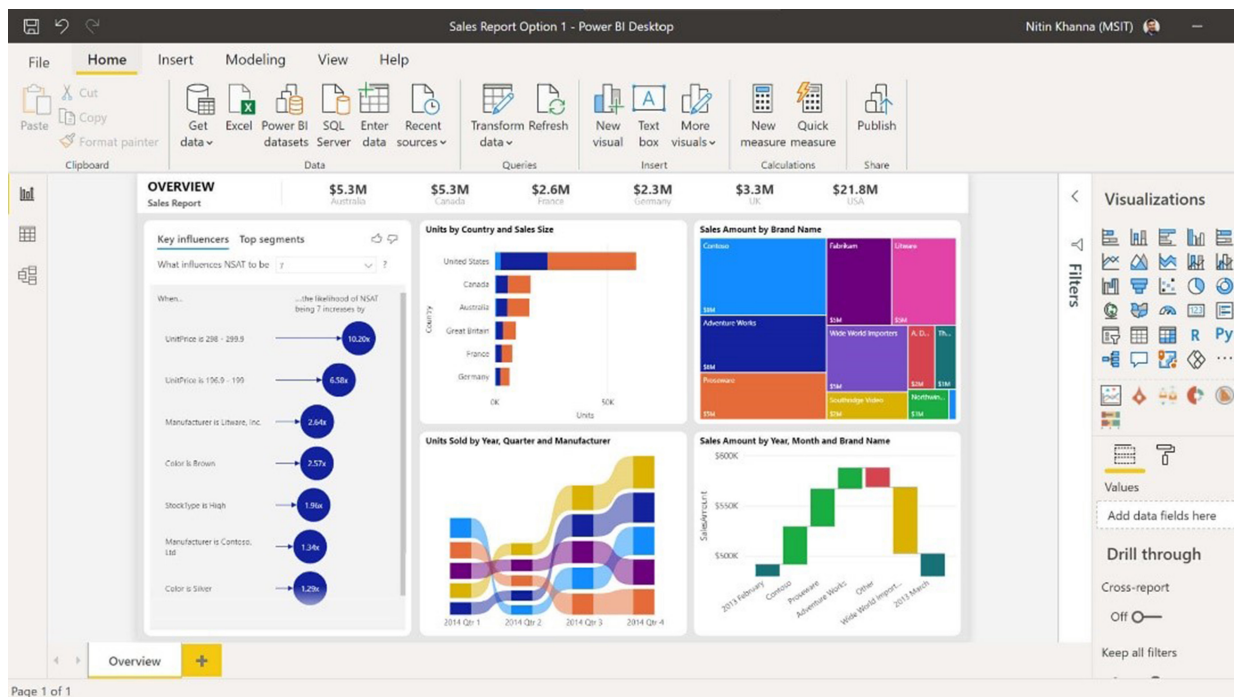
ภาพ 11 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel

Note. Adapted from *How much international trade does Thailand have?*, by Data Innovation and Governance Institute, 2022, retrieved from <https://digi.data.go.th/showcase/international-trade-in-thailand/>



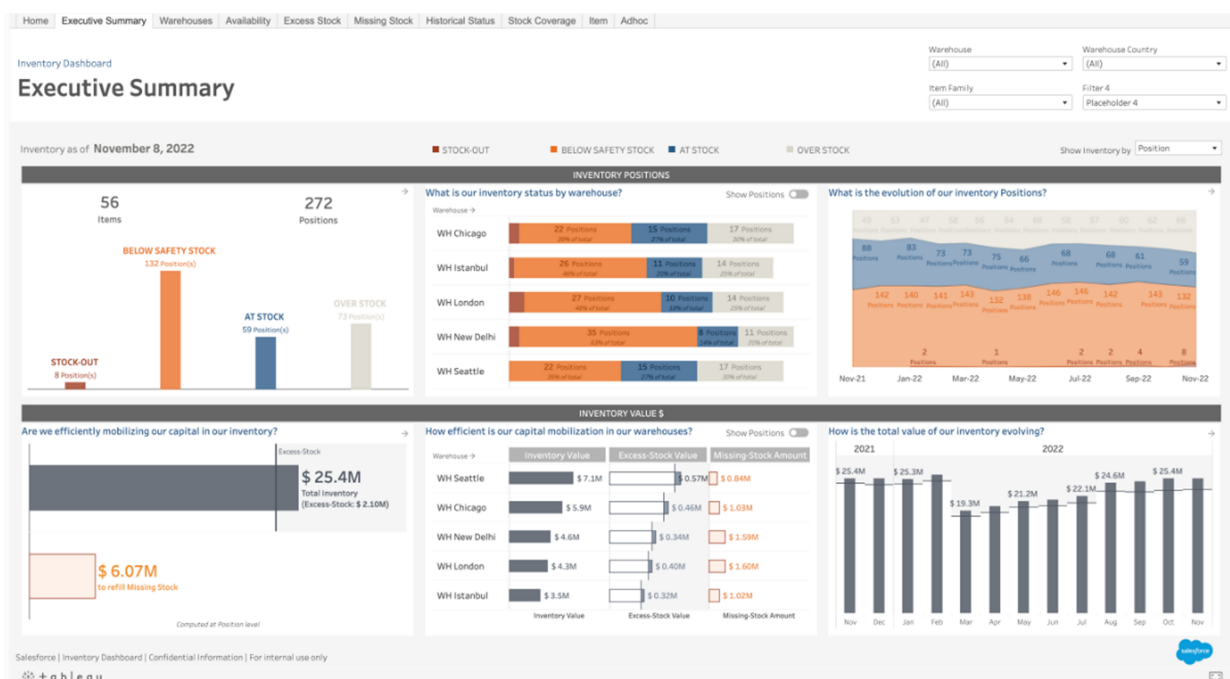
ภาพ 12 ตัวอย่างโปรแกรม Google Data Studio

Note. From [Sample] Google Analytics Marketing Website, by Google, 2023, retrieved from https://datastudio.google.com/reporting/0B_U5RNpwhcE6SF85TENURnc4UjA/preview/



ภาพ 13 ตัวอย่างโปรแกรม Power BI

Note. From *Sales Report-Power BI*, by Microsoft, 2023, retrieved from <https://powerbi.microsoft.com>



ภาพ 14 ตัวอย่างโปรแกรม Tableau

Note. From *Inventory Dashboard Executive Summary*, by Tableau, 2023, retrieved from <https://www.tableau.com/products/new-features>

สรุป

การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพที่ดี จะช่วยให้ผู้อ่านสามารถทำความเข้าใจกับชุดข้อมูลที่ต้องการนำเสนอได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำข้อมูลผ่านการวิเคราะห์แล้วนั้นมาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจได้ ดังนั้น นักวิจัยหรือผู้ที่ต้องการสร้างข้อมูลเชิงภาพจึงจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลที่ต้องการนำเสนอได้อย่าง

ถูกต้อง เพื่อที่จะสามารถเลือกใช้การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพในรูปของแผนภูมิและกราฟได้อย่างเหมาะสม สร้างข้อมูลเชิงภาพที่มีองค์ประกอบครบถ้วน และเลือกใช้เครื่องมือในการสร้างข้อมูลเชิงภาพได้อย่างเหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อให้การนำเสนอข้อมูลเชิงภาพที่ดีและมีประโยชน์สำหรับการสื่อสารต่อไป



References

- 1stCraft Team. (2020). *What is data visualization? with tools that are easy to use*. Retrieved from <https://1stcraft.com/what-is-data-visualization/> (in Thai)
- Automated. (2018). *Data visualization*. Retrieved from <https://www.autosoft.in.th/data-visualization/> (in Thai)
- Data Innovation and Governance Institute. (2022). *How much international trade does Thailand have?*. Retrieved from <https://digi.data.go.th/showcase/international-trade-in-thailand/> (in Thai)
- From Data to Viz. (2018). *An overview of all the graph types*. Retrieved from <https://www.data-to-viz.com/>.
- Google. (2023). *[Sample] Google analytics marketing website*. Retrieved from https://datastudio.google.com/reporting/0B_U5RNpwhcE6SF85TENURnc4UjA/preview/
- Hubspot & Visage. (2023). *Data visualization 101: How to design charts and graphs*. Retrieved from https://cdn2.hubspot.net/hub/53/file-863940581-pdf/Data_Visualization_101_How_to_Design_Charts_and_Graphs.pdf
- Inkeaw, P. (2021). *Introduction to data science*. Chiang Mai: Faculty of science, Chiang Mai University. (in Thai)
- Kachacharoen, P. (2022). *Data storytelling & visualization*. Bangkok: IDC PREMIER. (in Thai)
- Kullimratchai, P. (2018). Entering into the Era of Data Science. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 12(2), 120-129. (in Thai)
- Kullimratchai, P., & Kumchan, S. (2021). Infographic design: Techniques, tools and applications. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(2), 1-14. (in Thai)
- McCandless, D. (2015). *What makes a good visualization?*. Retrieved from <https://www.informationisbeautiful.net/visualizations/what-makes-a-good-data-visualization/>
- Meow. (2023). *How to choose a chart for the audience to understand easily*. Retrieved from <https://blog.datath.com/data-visualization-mindmap/> (in Thai)

- Microsoft. (2023). *Sales report-power BI*. Retrieved from <https://powerbi.microsoft.com>
- Ourgreenfish. (2020). *Get to know data visualization quick and easy to understand*. Retrieved from <https://blog.ourgreenfish.com/get-to-know-data-visualization-quick-and-easy-to-understand> (in Thai)
- Sena, K., Yamdech, C., Thampakorn, C., & Teeraswasdi, P. (2020). The study of the application of data visualization on Facebook fan pages in Thailand. *Journal of Research for Learning Reform*, 3(1), 53-66. (in Thai)
- Srimarong, S. (2021). *Visual analytics*. Retrieved from <https://bigdata.go.th/big-data-101/visual-analytics/> (in Thai)
- STEPS Academy. (2020). *Data visualization trends in 2021*. Retrieved from <https://stepstraining.co/trendy/data-visualization-trends-in-2021> (in Thai)
- Suwanwattana, R., & Mungsing, S. (2015). Data visualization: Basic concept, processes and techniques. *APHEIT Journals*, 4(1). 73-83. (in Thai)
- Tableau. (2023). *Inventory dashboard executive summary*. Retrieved from <https://www.tableau.com/products/new-features>



การพยากรณ์การขนส่งทางอากาศจากอากาศยานแต่ละประเภทด้วยวิธีผสมผสาน

The Air Transport Hybrid Forecasting Based on Aircraft Types

บุญญวัฒน์ อักษรกิตติ¹ สุวัฒน์ จรรยาพูน¹ และphanumas ทองสุขดี¹

Boonyawat Aksornkitti¹, Suwat Janyapoon¹ and Phanumas Thongsukdee¹

¹หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

¹Doctor of Philosophy, College of Logistic and Supply Chain, Sripatum University

Received: August 11, 2022

Revised: September 22, 2022

Accepted: September 27, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อสร้างสมการพยากรณ์อากาศยานที่เหมาะสมแต่ละประเภทด้วยวิธีผสมผสาน (2) เพื่อพยากรณ์อากาศยานแต่ละประเภท โดยเก็บข้อมูลจากอากาศยานแต่ละประเภท (Code A-F) จากท่าอากาศยานภูเก็ต จำนวน 336 ชั่วโมง (14 วัน) เป็นชุดฝึกสอน (train data) และเก็บข้อมูลต่อจากนั้นอีก 24 ชั่วโมง (1 วัน) เพื่อเป็นชุดทดสอบ (test data) และนำมาพยากรณ์โดยใช้ Microsoft Excel และ Microsoft Visual Basic for Application เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า การสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมมาจากอัลกอริทึมการเลียนแบบการอบอุ่นและอัลกอริทึมการเคลื่อนลงตามความชัน และเมื่อนำมาพยากรณ์พบว่าอากาศยาน Code B มีความถูกต้องร้อยละ 100 อากาศยาน Code C มีความถูกต้องร้อยละ 82.53 อากาศยาน Code D มีความถูกต้องร้อยละ 100 และอากาศยาน Code E มีความถูกต้องร้อยละ 100

คำสำคัญ: การขนส่งทางอากาศ การพยากรณ์ การจราจรทางอากาศ ท่าอากาศยาน อากาศยาน

Abstract

This research aims to: (1) create an appropriate hybrid forecasting equation for each type of aircraft; and (2) forecast each type of aircraft. Each type of aircraft's data is collected from Phuket International Airport over a period of 336 hours (14 days) for train data and 24 hours (1 day) for test data, and then the data is analyzed by Microsoft Excel and Microsoft Visual Basic for Applications. Result found: an appropriate hybrid forecasting equation comes from the simulated annealing algorithm and the gradient descent algorithm, which afterward forecasted all types of aircraft. Code B is 100 percent accurate; Code C is 82.53 percent accurate; Code D is 100 percent accurate, and Code E is 100 percent accurate.

Keywords: Air transport, Forecasting, Air traffic, Airport, Aircraft



บทนำ

การจราจรทางอากาศ เป็นส่วนหนึ่งของการขนส่งทางอากาศ ซึ่งหากจะทำให้การจราจรทางอากาศมีประสิทธิภาพนั้นต้องทำให้อากาศยานมาถึงท่าอากาศยานตรงต่อเวลาที่กำหนดด้วยความปลอดภัย โดยมีปัจจัย คือ ผู้โดยสาร/สัมภาระ สภาพอากาศ การทำงานเป็นทีม การให้บริการในลานจอด ความพร้อมของอากาศยาน และการจัดการจราจรทางอากาศ (Aksornkitti, Santisiri & Wongwiwat, 2020) ทั้งนี้หากสามารถทำให้เที่ยวบินตรงต่อเวลาแล้วจะเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงลดมลภาวะทางอากาศที่เกิดจากอากาศยานได้อีกด้วย (Huangsuwan, Chansawat & Noitonglek, 2022)

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัยได้สนใจด้านการจัดการจราจรทางอากาศจึงได้ติดต่อขอพูดคุยอย่างไม่เป็นทางการกับผู้อำนวยการฝ่ายบริหารเครือข่ายการจราจรทางอากาศและผู้บริหารระดับผู้อำนวยการกอง ของบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด (Aerothai) พบว่าการบริหารสภาพคล่องการจราจรทางอากาศ (Air traffic flow management--ATFM) เป็นส่วนที่สำคัญในการจัดการจราจรทางอากาศที่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนอากาศยานในอนาคตสำหรับการดำเนินงาน ในระดับยุทธศาสตร์ระดับก่อนการปฏิบัติงาน และระดับวันปฏิบัติงาน เช่น ท่าอากาศยาน สามารถนำข้อมูลการพยากรณ์ไปวางแผนการสร้างจำนวนทางวิ่ง การปรับปรุง/สร้างอาคารผู้โดยสาร

สายการบิน จัดหลุมจอดอากาศยาน สายการบิน สามารถนำข้อมูลไปวางแผนด้านพนักงาน และการซื้ออากาศยาน ผู้ผลิตอากาศยาน สามารถนำข้อมูลไปวางแผนการออกแบบอากาศยานในอนาคต และการจัดการจราจรทางอากาศ โดยนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการใช้น้ำมันฟ้า และจัดลำดับการลงจอดอากาศยานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น (W. Arthakamol & W. Sriwong, *personal communication*, July 4, 2021) จากการสัมภาษณ์ดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัยสนใจในการพยากรณ์จึงได้ทบทวนวรรณกรรมในเรื่องดังกล่าว พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้วิธีเชิงปริมาณ (quantitative method) โดยการนำการพยากรณ์ด้านอนุกรมเวลา (time series) มาเปรียบเทียบกับเพื่อหาว่าวิธีใดให้ค่าประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้ดีที่สุด เช่น งานวิจัยของ Chantrapha and Kantanantha (2021) ด้านความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (casual models) เช่น งานวิจัยของ Netisopakul and Supasa (2019) ในด้านการผสมผสานระหว่างอนุกรมเวลา เช่นงานวิจัยของ Sutthison and Haruay (2020) ในด้านการผสมผสานระหว่างอนุกรมเวลากับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ เช่น งานวิจัยของ Ventura, Pinto, Soares, Luna and Gioda (2019)

จากนั้นผู้วิจัยได้หาข้อมูลการพยากรณ์จำนวนอากาศยานในประเทศไทย พบว่า มีรายงานพยากรณ์ความต้องการเดินทางทางอากาศของประเทศ จัดทำโดยสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (The Civil Aviation Authority of Thailand,

2020) ได้ทำการพยากรณ์จำนวนอากาศยานทั้งในประเทศและระหว่างประเทศจนถึงปีพ.ศ. 2563–2572 ทั้งทำอากาศยานสังกัดกรมท่าอากาศยานและสังกัด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ไว้เรียบร้อยแล้วแต่ยังไม่มีมีการพยากรณ์อากาศยานแต่ละประเภท ฉะนั้นการพยากรณ์อากาศยานแต่ละประเภทจึงเป็นช่องว่าง (gap) ในการพยากรณ์ของงานวิจัยเรื่องนี้ โดยผู้วิจัยจะพยากรณ์อากาศยานแต่ละประเภทด้วยวิธีการผสมผสานระหว่างอนุกรมเวลากับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างสมการพยากรณ์จำนวนอากาศยานที่เหมาะสมแต่ละประเภทด้วยวิธีผสมผสาน
2. เพื่อพยากรณ์จำนวนอากาศยานแต่ละประเภท

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ประเภทอากาศยานตามรหัสอ้างอิงท่าอากาศยานวัตถุประสงค์ของรหัสอ้างอิง มีไว้เพื่อง่ายต่อการออกข้อกำหนดต่าง ๆ ระหว่างอากาศยานกับลักษณะของท่าอากาศยาน เพื่อให้ท่าอากาศยานกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมกับอากาศยานที่จะมาให้บริการ ซึ่งจะแบ่งประเภทอากาศยานตั้งแต่ Code A-F โดย Code A มีความยาวปีกน้อยกว่า 14 เมตร ระยะขอบด้านนอกของล้อ 4.4 เมตร เช่น อากาศยานเครื่องยนต์เดียวทุกประเภท Code B มีความยาวปีกน้อยกว่า 15-23 เมตร ระยะขอบด้านนอกของล้อ 4.5–5 เมตร เช่น Bombardier และ Saab เป็นต้น Code C มีความยาวปีกน้อยกว่า 24-35 เมตร ระยะขอบด้านนอกของล้อ 6–8 เมตร เช่น Boeing737 และ Airbus320 เป็นต้น Code D มีความยาวปีกน้อยกว่า 36-51 เมตร ระยะขอบด้านนอกของล้อ 9-13 เมตร เช่น Boeing767 และ Airbus300 เป็นต้น Code E มีความยาวปีกน้อยกว่า 52–64 เมตร ระยะขอบด้านนอกของล้อ 9–13 (เหมือน Code D) เมตร เช่น Boeing777 และ Airbus350 เป็นต้น และ Code F มีความยาวปีกน้อยกว่า 65–80 เมตร ระยะขอบด้านนอกของล้อ 14–16 เมตร เช่น Boeing747 Airbus 380 และ Antonov เป็นต้น (The International civil aviation organization, 2018)

การพยากรณ์แบบ Holt–Winters วิธีนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เอกซ์โปเนนเชียลแบบปรับเรียบตรีคูณ (triple exponential smoothing) เป็นวิธีที่พัฒนามาจากของเอกซ์โปเนนเชียลแบบปรับเรียบ (exponential smoothing) เป็นการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีความเคลื่อนไหวจากแนวโน้มและฤดูกาล ซึ่งมีทั้งรูปแบบแนวโน้มฤดูกาลแบบบวก (additive method) และแบบคูณ (multiplicative method) โดยใช้ค่าปรับให้เรียบ 3 ค่า ได้แก่ แอลฟา (Alpha) α บีตา (Beta) β แกมมา (Gamma) γ โดยทั้ง 3 ค่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0–1 โดยที่ α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับแนวโน้ม β เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าความลาดชัน และ γ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล (Hyndman & Athanasopoulos, 2021)

$$F_{t+k} = L_t + (k) * B_t + S_{t+k-s} \quad (1)$$

$$L_t = \alpha * (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha) * (L_t + B_{t-1}) \quad (2)$$

$$B_t = \beta * (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) * B_{t-1} \quad (3)$$

$$S_t = \gamma * (Y_t - L_t) + (1 - \gamma) * S_{t-s} \quad (4)$$

โดยที่

- F_{t+k} คือ การพยากรณ์ไปหนึ่งหน่วยอนาคต
 L_t คือ การคำนวณหาแนวโน้มหน่วยปัจจุบัน
 B_t คือ การคำนวณหาค่าความลาดชันหน่วยปัจจุบัน
 S_t คือ การคำนวณหาค่าฤดูกาลหน่วยปัจจุบัน
 Y_t คือ จำนวนอากาศยานจริงหน่วยปัจจุบัน
 K คือ จำนวนสำหรับการพยากรณ์ไปอนาคต k หน่วย
 $t-s$ คือ ค่าฤดูกาลในฤดูกาลที่ผ่านมาในช่วงเวลาเดียวกัน
 $*$ = การคูณ (x)

การปรับค่าพยากรณ์จากสมการถดถอยเชิงเส้นจะใช้วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (gradient descent) สำหรับวิธีการเคลื่อนลงตามความชันนี้เป็นวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกับสมการที่กำหนดมา ในที่นี้คือการหาค่าของ c กับ m ของสมการการถดถอยเชิงเส้นที่ทำให้ผลการวัดประสิทธิภาพในการพยากรณ์ผิดพลาดน้อยที่สุด (Menon, 2018) จากสูตรสมการเส้นตรง

$$Y = mX + C \quad (5)$$

จากสูตรด้านบนสามารถปรับ m และ c ได้โดย

$$m = m - L * D_m$$

$$c = c - L * D_c$$

โดยที่

$$L = 0.001$$

$$Dm = \frac{-2}{n} \sum_{i=0}^n xi(yi - \hat{y}i)$$

$$Dc = \frac{-2}{n} \sum_{i=0}^n (yi - \hat{y}i)$$

c = จุดตัดของเส้น y

m = ความชันของเส้น

x = ตัวแปรอิสระของข้อมูล

y = ตัวแปรตามของข้อมูล

n = จำนวนทั้งหมด

Yi = ค่าของตัวแปรตาม

$\hat{Y}i$ = ค่าที่ได้จากการพยากรณ์

Xi = ค่าของตัวแปรต้น

$*$ = การคูณ (x)

รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean squared error--RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i)^2}$$

โดยที่ n คือ จำนวนทั้งหมด

f_i คือ ค่าพยากรณ์

o_i คือ ค่าที่จริง

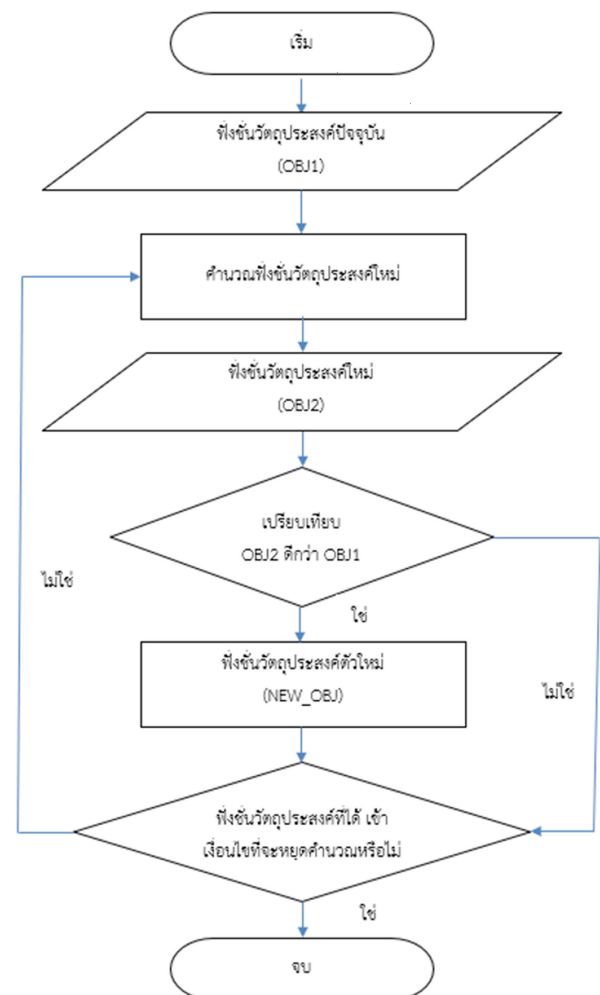
Σ คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริงยกกำลังสอง

ฮิลไคลมิงอัลกอริทึม (Hill climbing algorithm--HCA) เป็นการค้นหาคำตอบแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะได้คำตอบที่เหมาะสม (optimal solution) ซึ่งจะค้นหาคำตอบที่เหมาะสม (optimal solution) แต่อาจจะมีข้อจำกัดคือ คำตอบที่ได้ อาจจะเป็นแบบดี (local maximum) แต่

- (6) ไม่ใช่แบบดีที่สุด (global maximum) หรือ คำตอบที่ได้ อาจจะเป็นแบบระดับเดียวกันหมด (plateau) ซึ่งไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าจะไปทางไหน หรืออาจจะได้คำตอบที่ดีที่สุดตลอดเวลาแต่เมื่อเทียบกับเนินเขาลูกอื่นแล้วไม่ได้ดีที่สุด (ridge) (GeeksforGeeks, 2022)

(8)

(9)

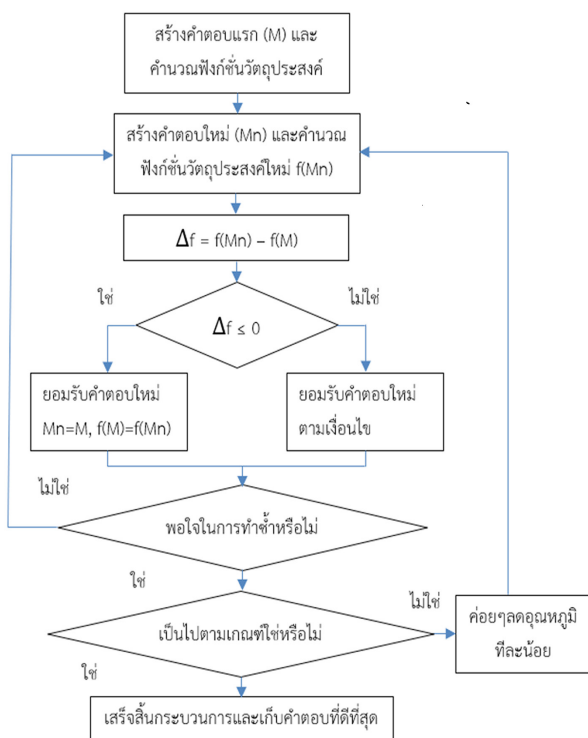


ภาพ 1 Flow chart ของ ฮิลไคลมิงอัลกอริทึม

อัลกอริทึมการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing algorithm--SAA) วิธีการนี้มีแนวคิดมาจากกระบวนการให้ความร้อนแก่เหล็กหรือโลหะจนกว่าอุณหภูมิถึงจุด ๆ หนึ่งแล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงจะกระทั่งถึงจุดที่ที่เหล็กหรือโลหะสามารถนำไปตัดหรือขึ้นรูปได้ วิธีการนี้สามารถใช้แก้ปัญหาการแบบดี (local minima) ให้เป็นแบบดีที่สุดได้ (global minima) ได้ สามารถใช้แก้ปัญหาการแบบดี (local minima) ให้เป็นแบบดีที่สุดได้ (global minima) ได้ (Liang, 2020)

สมมติฐานการวิจัย

1. ฮิลคลimbingอัลกอริทึม (Hill Climbing Algorithm--HCA) สามารถหาค่า แอลฟา (Alpha) บีต้า (Beta) แกมมา (Gamma) ที่ทำให้การพยากรณ์ของสมการ Holt-Winter ได้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error--RMSE) น้อยที่สุดได้หรือไม่
2. วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient Descent--GD) สามารถหาค่าสมการความชัน b (m) และค่าจุดตัดแกน a (c) ที่ทำให้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error--RMSE) น้อยกว่าสมการ Regression ได้หรือไม่



ภาพ 2 Flow chart ของ อัลกอริทึมการเลียนแบบการอบอ่อน

ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล จำนวนอากาศยานแต่ละประเภทเป็นรายชั่วโมงย้อนหลัง 336 ชั่วโมง (14 วัน) จากท่าอากาศยานภูเก็ต (HKT) สังกัด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)

งานวิจัยนี้จะแบ่งประเภทอากาศยานแต่ละประเภทที่ถูกกำหนดไว้โดยองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) เป็น 6 ประเภท คือ Code A-Code F

งานวิจัยนี้จะใช้วิธีแบบผสมผสานระหว่างอนุกรมเวลา (time series) กับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised machine learning)

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดาวน์โหลดข้อมูลจำนวนอากาศยานแต่ละประเภทในสังกัด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) จากท่าอากาศยานภูเก็ต (HKT) โดยจะให้ข้อมูลย้อนหลัง 336 ชั่วโมง (14 วัน) เป็นชุดฝึกสอน (train data) และเก็บข้อมูลต่อจากนั้นอีก 24 ชั่วโมง (1 วัน) เพื่อเป็นชุดทดสอบ (test data)

พยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter--HW จากสมการทั้งหมด 3 ตัว คือ Level (L_t) แนวโน้ม (B_t) และฤดูกาล (S_t) ซึ่งแต่ละสมการจะมีค่า แอลฟา (Alpha) α บีต้า (Beta) β แกมมา (Gamma) γ โดยทั้ง 3 ค่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

หาค่า แอลฟา (Alpha) บีต้า (Beta) แกมมา (Gamma) ที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้ทั้งหมด 3 วิธีเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ได้ค่า RMSE น้อยที่สุด คือ (1) ตั้งค่าเริ่มต้นใน Microsoft Excel ให้ค่าแอลฟา บีต้า แกมมา เป็น 0.5 ทุกตัว (2) ฮิลคลimbingอัลกอริทึม (Hill Climbing Algorithm--HCA) และ (3) อัลกอริทึมการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing Algorithm--SAA) โดยวิธีที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยจะเขียน Code ในโปรแกรม Microsoft Visual Basic for Application--VBA เพื่อหาค่าแอลฟา บีต้า แกมมา

สร้างแบบจำลองการถดถอย (regression modeling) หลังจากที่ได้ค่าแอลฟา บีต้า แกมมา ที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างแบบจำลองการถดถอย ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised machine learning) เพื่อเป็นการผสมผสานการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาและแบบจำลองการถดถอย

นำสมการการถดถอยที่ได้มาปรับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient Descent--GD)

นำผลการพยากรณ์มาวัดประสิทธิภาพด้วยรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error--RMSE)

เปรียบเทียบค่า แอลฟา บีต้า แกมมา จาก 3 วิธี
ที่ให้ค่า RMSE น้อยที่สุด และเปรียบเทียบค่า RMSE ที่ได้
จากสมการ Regression กับสมการ Regression ที่ได้ปรับ
ด้วยค่า GD หลังจากนั้นนำมาสร้าง สมการพยากรณ์ ตาม
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1

นำสมการที่ได้มาพยากรณ์ด้วยวิธีการผสมผสาน
เพื่อพยากรณ์อากาศยานแต่ละประเภท ตามวัตถุประสงค์
ข้อที่ 2

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยเรื่องนี้เก็บข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) อากาศยานแต่ละประเภท (Code A-F) จากท่าอากาศยานภูเก็ต (HKT) สังกัด บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) 336 ชั่วโมง (14 วัน) เป็นชุดฝึกสอน (train data) และ เก็บข้อมูลต่อจากนั้นอีก 24 ชั่วโมง (1 วัน) เพื่อเป็นชุดทดสอบ (test data)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

Microsoft Excel และ Microsoft Visual Basic for Application

ตาราง 1

การเปรียบเทียบค่า แอลฟา บีต้า แกมมา จากสมการ Holt-Winter สำหรับอากาศยาน Code B

Code B	Initial	HCA	SAA
Alpha	0.500000000	0.778428853	1.000000000
Beta	0.500000000	0.878272951	1.000000000
Gamma	0.500000000	0.276137412	1.000000000
RMSE	0.034817834	0.015473374	0.000000000

ตาราง 2

เปรียบเทียบสมการ Regression และ Regression ที่ได้ปรับ GD สำหรับอากาศยาน Code B

Code B	Initial	GD
c	0.1826484	0.000361991
m	- 0.1826484	0.000000000
RMSE	0.018116231	0.000361991

ตาราง 3

การเปรียบเทียบค่า แอลฟา บีต้า แกมมา จากสมการ Holt-Winter สำหรับอากาศยาน Code C

Code C	Initial	HCA	SAA
Alpha	0.500000000	0.08866936	0.194425821
Beta	0.500000000	0.948877811	0.073686063
Gamma	0.500000000	0.013699234	0.000541568
RMSE	1.151989508	0.692754535	0.593121004

ตาราง 4

เปรียบเทียบสมการ Regression และ Regression ที่ได้ปรับ GD สำหรับอากาศยาน Code C

Code C	Initial	GD
c	1.998050954	0.42161016
m	0.300908904	0.72983207
RMSE	1.362090415	0.984378416

ตาราง 5

การเปรียบเทียบค่า แอลฟา บีต้า แกมมา จากสมการ Holt-Winter สำหรับอากาศยาน Code D

Code D	Initial	HCA	SAA
Alpha	0.500000000	0.985352397	0.002342343
Beta	0.500000000	0.658547938	0.009189427
Gamma	0.500000000	0.998031139	0.991272688
RMSE	0.197443732	0.024501306	1.17735E-06

ตาราง 6

เปรียบเทียบสมการ Regression และ Regression ที่ได้ปรับ GD สำหรับอากาศยาน Code D

Code D	Initial	GD
c	0.057423129	0.058388716
m	-0.057419776	0.997727468
RMSE	0.244822652	0.102222998

ตาราง 7

การเปรียบเทียบค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา จากสมการ Holt-Winter สำหรับอากาศยาน Code E

Code E	Initial	HCA	SAA
Alpha	0.500000000	0.410850406	0.82328254
Beta	0.500000000	0.138889849	0.063153505
Gamma	0.500000000	0.286497593	0.466526449
RMSE	0.648538549	0.286728681	0.184152613

ตาราง 8

เปรียบเทียบสมการ Regression และ Regression ที่ได้ปรับ GD สำหรับอากาศยาน Code E

Code E	Initial	GD
c	0.80606979	0.00474301
m	0.050515275	0.89255003
RMSE	0.886764506	0.420840127

ตาราง 9

เปรียบเทียบค่าร้อยละผลการพยากรณ์อากาศยานแต่ละประเภท (Code B-E) ทั้ง 3 วิธี

Code	Holt-Winter	GD	Hybrid
B	100.00	100.00	100.00
C	64.70	70.59	82.53
D	100.00	100.00	100.00
E	94.12	76.47	100.00

ผลการวิจัย

จากตาราง 1 อากาศยาน Code B “Initial” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.500000000 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.034817834 “HCA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.778428853 0.878272951 และ 0.276137412 ตามลำดับ เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.015473374 “SAA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 1.000000000 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.000000000

จากตาราง 2 อากาศยาน Code B “Initial” เมื่อ $c = 0.1826484$ และ $m = -0.1826484$ เมื่อแทนในสมการ Regression จะได้ค่า RMSE 0.01811623 “GD” เมื่อ $c=0.000361991$ และ $M = 0.000000000$ แทนในสมการ Regression หลังจากที่ได้วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (GD) จะได้ค่า RMSE 0.000361991

จากตาราง 3 อากาศยาน Code C “Initial” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.500000000 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 1.151989508

“HCA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.08866936 0.948877811 และ 0.013699234 ตามลำดับ เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.692754535 “SAA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.194425821 0.073686063 และ 0.000541568 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.593121004

จากตาราง 4 อากาศยาน Code C “Initial” เมื่อ $c = 1.998050954$ และ $m = 0.300908904$ เมื่อแทนในสมการ Regression จะให้ค่า RMSE 1.362090415 “GD” เมื่อ $c = 0.42161016$ และ $m = 0.72983207$ แทนในสมการ Regression หลังจากที่ได้วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (GD) จะให้ค่า RMSE 0.984378416

จากตาราง 5 อากาศยาน Code D “Initial” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.500000000 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 1.151989508 “HCA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.985352397 0.658547938 และ 0.998031139 ตามลำดับ เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.024501306 “SAA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.002342343 0.009189427 และ 0.991272688 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 1.17735E-06

จากตาราง 6 อากาศยาน Code D “Initial” เมื่อ $c = 0.057423129$ และ $m = -0.057419776$ เมื่อแทนในสมการ Regression จะให้ค่า RMSE 0.244822652 “GD” เมื่อ $c = 0.058388716$ และ $m = 0.997727468$ แทนในสมการ Regression หลังจากที่ได้วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (GD) จะให้ค่า RMSE 0.102222998

จากตาราง 7 อากาศยาน Code E “Initial” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.500000000 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 1.151989508 “HCA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.410850406 0.138889849 และ 0.286497593 ตามลำดับ เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.286728681 “SAA” ใช้ค่า แอลฟา ปีต้า แกมมา ที่ 0.82328254 0.063153505 และ 0.466526449 เมื่อแทนค่าในสมการ Holt-Winter จะให้ค่า RMSE 0.184152613

จากตาราง 8 อากาศยาน Code E “Initial” เมื่อ $c = 0.80606979$ และ $m = 0.050515275$ เมื่อแทนในสมการ Regression จะให้ค่า RMSE 0.886764506 “GD” เมื่อ $c = 0.00474301$ และ $m = 0.89255003$ แทนในสมการ Regression หลังจากที่ได้วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (GD) จะให้ค่า RMSE 0.420840127

จากตาราง 9 เป็นการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีการคือ “Holt-Winter” “GD” และ “Hybrid” อากาศยาน Code B การพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีให้ผลการพยากรณ์ถูกต้อง ร้อยละ 100 อากาศยาน Code C การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter GD และ Hybrid ให้ความถูกต้อง ร้อยละ 64.70 ร้อยละ 70.59 และร้อยละ 82.53 ตามลำดับ อากาศยาน Code D การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter GD และ Hybrid ให้ความถูกต้อง ร้อยละ 100 ทั้ง 3 วิธี และ Code E การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter GD และ Hybrid ให้ความถูกต้อง ร้อยละ 94.12 ร้อยละ 76.47 และร้อยละ 100 ตามลำดับ

สรุปผล

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 จากตาราง 1 และ 2 สำหรับ อากาศยาน Code B จะได้สมการ Holt-Winter ที่มี แอลฟา ปีต้า แกมมา เป็น 1.000000000 ทั้ง 3 ค่า และได้สมการ Regression (GD) ที่มี $c = 0.000361991$ และ $m = 0.000000000$ ตาราง 3 และ 4 สำหรับอากาศยาน Code C จะได้สมการ Holt-Winter ที่มีแอลฟา ปีต้า แกมมา เป็น 0.194425821 0.073686063 และ 0.000541568 ตามลำดับ และได้สมการ Regression (GD) ที่มี $c = 0.42161016$ และ $m = 0.72983207$ ตาราง 5 และ 6 สำหรับอากาศยาน Code D จะได้สมการ Holt-Winter ที่มีแอลฟา ปีต้า แกมมา เป็น 0.002342343 0.009189427 และ 0.991272688 ตามลำดับ และได้สมการ Regression (GD) ที่มี $c = 0.058388716$ และ $m = 0.997727468$ ตาราง 7 และ 8 สำหรับอากาศยาน Code E จะได้สมการ Holt-Winter ที่มีแอลฟา ปีต้า แกมมา เป็น 0.82328254 0.063153505 และ 0.466526449 ตามลำดับ และได้สมการ Regression (GD) ที่มี $c = 0.00474301$ และ $m = 0.89255003$

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 จากตาราง 9 พบว่า การพยากรณ์จากอากาศยานด้วยวิธีผสมผสาน (hybrid) อากาศยาน Code B มีความถูกต้องร้อยละ 100 อากาศยาน Code C มีความถูกต้องร้อยละ 82.53 อากาศยาน Code D มีความถูกต้องร้อยละ 100 และอากาศยาน Code E มีความถูกต้องร้อยละ 100

สมมติฐานข้อที่ 1 จากตาราง 1 3 5 7 พบว่า ฮิลล์ไคลมิงอัลกอริทึม (Hill climbing algorithm--HCA) ไม่สามารถหาค่า แอลฟา (Alpha) บีต้า (Beta) แกมมา (Gamma) ที่ทำให้การพยากรณ์ของสมการ Holt–Winter ได้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root mean squared error--RMSE) น้อยที่สุดได้ แต่เป็นอัลกอริทึมการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing algorithm--SAA) ที่สามารถให้ค่า RMSE น้อยที่สุดได้

สมมติฐานข้อที่ 2 จากตาราง 2 4 6 8 พบว่า วิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient descent--GD) สามารถให้ค่าสมการความชัน m และค่าจุดตัดแกน c ที่ทำให้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error--RMSE) น้อยกว่าสมการ Regression ได้

ทั้งนี้จากข้อมูลจากอากาศยาน จากท่าอากาศยานภูเก็ต ไม่พบอากาศยาน Code A และ Code F

อภิปรายผล

การสร้างสมการพยากรณ์ควรใช้การพยากรณ์ผสมผสานกันเพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำระหว่างอนุกรมเวลาในที่นี้คือ Holt–Winter (HW) เนื่องจาก HW นั้นสามารถปรับค่าแอลฟา (Alpha) บีต้า (Beta) แกมมา (Gamma) ทำให้เกิดความแม่นยำในการพยากรณ์ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanthapha and Kantanantha

(2021); Ventura et al. (2019) โดยทั้ง 3 ตัวนี้ผู้วิจัยได้ใช้ 3 วิธีในการหาค่าที่เหมาะสม คือ “Initial” “HC” และ “SA” ผลที่ได้ออกมาพบว่าวิธี “SA” สามารถหาค่าที่เหมาะสม (ค่า RMSE เข้าใกล้ 0) ได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hudem et al. (2564) วิธีเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Machine learning--ML) ในที่นี้คือ Regression model เพื่อเป็นการปรับค่าพยากรณ์ให้แม่นยำมากยิ่งขึ้นโดยวิธีการพยากรณ์นี้ก็มีประสิทธิภาพการพยากรณ์ที่แม่นยำเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Netisopakul and Supasa (2019) โดยหลังจากที่ได้สมการ Regression แล้วผู้วิจัยได้นำไปปรับค่าด้วยวิธีการปรับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient descent--GD) เพื่อเป็นการลดค่า RMSE ให้เข้าใกล้ 0 มากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นเมื่อใช้วิธีผสมผสานนี้ พบว่า การพยากรณ์มีความแม่นยำขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sutthison and Haruay (2020); Dantas et al. (2017)

อย่างไรก็ตามการหาค่า แอลฟา (Alpha) บีต้า (Beta) แกมมา (Gamma) ที่เหมาะสมในสมการ (HW) สามารถใช้โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel ได้แต่อาจจะไม่ได้ค่าที่น้อยที่สุด ดังงานวิจัยของ Phaettho and Lekhavat (2021) และยกตัวอย่างในงานวิจัยฉบับนี้ในการพยากรณ์อากาศยาน Code E ค่า แอลฟา บีต้า แกมมาที่ได้จาก Solver คือ 0.344048685 1 และ 0.267800203 และค่า RMSE ที่ได้ คือ 0.486230688 แต่เมื่อใช้วิธี “HC” จะได้ค่าแอลฟา บีต้า แกมมา 0.410850406 0.138889849 และ 0.286497593

ตามลำดับ ค่า RMSE ที่ได้ คือ 0.286728681 และ “SA” จะได้ ค่าแอลฟา บีต้า แกมมา 0.82328254 0.063153505 และ 0.466526449 ตามลำดับ ค่า RMSE ที่ได้ คือ 0.184152613 ส่งผลให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้นกว่าการใช้ Solver



References

- Aksornkitti, B., Santisiri, W., & Wongwiwat, A. (2020). The analysis and comparison of factors in delay and flight on time, one airline of Asia Region. *Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Social Science Journal*, 9(1), 70–77. (in Thai)
- Arthakamol, W., & Sriwong, W. (2021). *Personal communication: Air Traffic Flow Management--ATFM*. Aeronautical Radio of Thailand Company Limited. (in Thai)
- Chantrapha, U., & Kantanantha, N. (2021). Forecasting export values of cars, equipment and parts of Thailand by Time series Methods. *Thai Journal of Operation Research*, 9(2), 12–20. (in Thai)
- Dantas, T. M., Oliveria, F. L. C., & Repolho, H. M. V. (2017). Air transportation demand forecast through bagging Holt–Winters method. *Journal of Air Transport Management*, 59(2017), 116–123. doi: 10.1016/j.jairtraman.2016.12.006
- GeeksforGeeks. (2022). *Introduction to hill climbing: Artificial intelligence*. Retrieved from <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-hill-climbing-artificial-intelligence>
- Huangsuwan, S., Chansawat, B., & Noitonglek, K. (2021). Commercial aviation: Social and environmental issues. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 16(1), 1–15. (in Thai)
- Hutem, T., Somtom, K., Luangsuwan, W., & Tantiphanwadi, P. (2021). The use of simulated annealing algorithm for farmer's freight vehicle route design. *Thai Industrial Engineering Network Journal*, 7(1), 93–106. (in Thai)
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principle and practice*. Retrieved from <https://otexts.com/fpp3/>
- Menon, A. (2018). *Linear regression using gradient descent*. Retrieved from <https://towardsdatascience.com/linear-regression-using-gradient-descent-97a6c8700931>
- Netisopakul, P., & Supasa, N. (2019). Appropriate model analysis for garment sales forecasting. *MUT Journal of Business Administration*, 16(2), 77–96. (in Thai)
- Phaettho, P., & Lekhavat, S. (2021). Applying mathematical modelling for job shop scheduling problem: A case study of automotive part factory. *Thai Journal of Operation Research*, 9(2), 82–92. (in Thai)
- The Civil Aviation Authority of Thailand. (2020). *Thailand's air travel demand forecasting*. Retrieved from <https://www.caat.or.th/th/archives/53358> (in Thai)
- The International civil aviation organization. (2018). *Annex 14th, aerodrome–volume I Aerodrome design and operation* (8th ed.). Canada: International Civil Aviation Organization (ICAO)
- Sutthison, T., & Haruay, S. (2020). The development of a hybrid model for forecasting the time series of monthly household electrical distribution units of people in the Northeast, Thailand. *The Journal of KMUTNB*, 30(4), 630–644. (in Thai)
- Ventura, L. M. B., Pinto, F. O., Soares, L. M., Luna, A. S., & Gioda, A. (2019). Forecast of daily PM 2.5 concentration applying artificial neural network and Holt–Winter model. *Air Quality Atmosphere & Health*, 12(2019), 317–325. doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-00660-x>



การควบคุมการทำงานของเครื่องกวนสารด้วยระบบควบคุมวงลูปปิด

The Operation Controlling of Agitator using Closed Loop Control System

ปาริมา ผุยแสงพันธ์¹ และชัยยงค์ เสริมผล^{1*}

Parima Phuisaengpan¹ and Chaiyong Soemphol^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹Department of Electrical and Computer Engineering,
Faculty of Engineering, Mahasarakham University

Received: September 1, 2022

Revised: October 12, 2022

Accepted: October 19, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อ ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกวนสารด้วยระบบควบคุมวงลูปปิด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหลัก และสามารถวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ด้วยโมดูลวัดการใช้พลังงาน (PZEM-004T) ระบบควบคุมเครื่องกวนสารที่สร้างขึ้นสามารถทำการประเมินค่าความหนืด จากสูตรสมการพื้นฐานของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุน และสามารถแสดงผลความหนืดได้แบบเรียลไทม์ การทำงานของเครื่องจะอาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์ภายใต้สภาวะคงตัว เมื่อมีมอเตอร์หมุนจะทำให้เกิดทอร์กหน่วงที่กระทำต่อพื้นผิวใบพัด อันเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในเครื่องกวนสาร และทอร์กหน่วงที่เกิดขึ้นนั้นแปรผันกับความหนืดของสารที่ทำการผสม ผลการทดลองพบว่า ระบบควบคุมแบบวงลูปปิดหรือระบบป้อนกลับสามารถทำให้ความเร็วรอบในการผสมคงที่อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาในการผสม และจากการทดสอบประสิทธิภาพการกวนสารตัวอย่างพบว่า เมื่อผสมแชมพูในปริมาตร 10 ลิตร เครื่องกวนสารที่สร้างขึ้นจะใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตอยู่ในช่วง 45 -55 นาที เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องผสมสารตามท้องตลาดในปริมาตรเท่ากัน จะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที นอกจากนี้การประเมินความหนืดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์พบว่า การประเมินความหนืดของแชมพูที่ผสมจะมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.94% และมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 3.15 % เมื่อเทียบกับเครื่องวัดความหนืดมาตรฐานแบบบรูคฟิลด์ ซึ่งมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: การประเมินค่าความหนืด เครื่องกวนสาร ระบบควบคุมแบบวงลูปปิด ทอร์กของมอเตอร์ การผสมสาร

Abstract

This research was conducted to design, build, and test the efficiency of an agitator using a closed-loop control system. The microcontroller was used as the main control, and it can measure the electrical energy used with the AC Digital Power Energy Meter Module--PZEM-004T. The system of control of the stirrer was studied, and the viscosity was assessed using the basic formula of the rotary viscometer. The constructed agitator can display viscosity in real time. The operation of the machine was based on the principle of motor operation under steady state. When the motor was rotated, a damping torque occurred on the impeller surface, and the resulting torque was proportional to the viscosity of the mixture. The results showed that a closed-loop or feedback control system can keep the mixing speed constant throughout the mixing period. The test of the stirring efficiency of the sample found that when mixed with shampoo in a volume of 10 liters, the constructed machine takes in the production process in the range of 45 to 55 minutes. Compared to using the same volume of commercial mixers, it takes 1 hour and 30 minutes. In addition, the viscosity assessment of the product samples revealed that the viscosity assessment of the shampoo mix had an average percentage tolerance of 0.75% and a maximum tolerance of 3.15% compared to a Brookfield standard viscometer, which had values that were within acceptable standards.

Keywords: viscosity estimation, agitator, closed-loop control system, motor torque, substances mixing



บทนำ

การผสมสารหรือของเหลวที่แตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในด้านเภสัชกรรม อาหาร กระบวนการผลิตพอลิเมอร์ เทคโนโลยีชีวภาพ และรวมถึงในภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น จึงถือได้ว่าการใช้ประโยชน์จากการผสมกันของสารอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม การผสมที่ไม่ได้มาตรฐานส่งผลให้เกิดปัญหาขึ้นภายหลัง เช่น การผสมของสารที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันไม่เพียงพอใช้ระยะเวลาในการผสมนาน ทำให้เกิดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำลง สินค้าไม่ได้มาตรฐาน (Gubanov & Cortelezzi, 2010) ส่งผลให้เกิดการส่งของที่ล่าช้าซึ่งอาจทำให้ยอดขายลดลงได้ นอกจากนี้ตลาดการแข่งขันในปัจจุบันต้องการลดต้นทุนกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นปัญหาในการออกแบบเครื่องกวนสารที่สามารถผสมสารให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ในเวลาน้อยที่สุดโดยใช้พลังงานน้อยที่สุดจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างยิ่งในกระบวนการผลิต

เครื่องกวนสารในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ เครื่องกวนสารแบบใบพัด และเครื่องกวนสารแบบแท่งแม่เหล็ก จากการศึกษาพบว่า เครื่องกวนสารแบบใบพัดเป็นเครื่องกวนที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายด้วยลักษณะการทำงานที่เรียบง่าย โดยควบคุมความเร็วในการหมุนด้วยมอเตอร์ ซึ่งตัวมอเตอร์จะเชื่อมต่อโดยตรงกับใบพัดกวนสาร โดยที่มอเตอร์จะส่งผ่านพลังกำลังการหมุนไปที่ใบพัดกวนสารต่อ เพื่อให้เกิดกระบวนการการผสมของสารได้อย่างเหมาะสม (Kemngoen, 2015)

นอกจากนี้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกวนสารพบว่า สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาในการกวนสารก็คือ ระยะเวลาและความเป็นเนื้อเดียวกันของสาร เมื่อเริ่มทำการกวนสารผสม จะทำให้แรงต้านจากแรงเฉือนระหว่างใบพัดกวนสารกับสารผสมมากกว่าแรงที่ถูกส่งมาจากมอเตอร์ ส่งผลทำให้ความเร็วและประสิทธิภาพของเครื่องกวนสารลดลงไปด้วย ทำให้เกิดความสูญเสียในคุณภาพของเนื้อสารที่ไม่ได้มาตรฐาน การควบคุมประสิทธิภาพในการ

หมุนของมอเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญ และสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งของการผสมก็คือ ความหนืด ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของของเหลวที่ภาคอุตสาหกรรมอาหาร และภาคอุตสาหกรรมน้ำมันใช้ความหนืดเป็นตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบด้านอาหาร น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น ซึ่งจะพบว่าเครื่องที่มีใช้ทั่วไปในปัจจุบันจะสามารถกวนสามารถได้อย่างเดียวไม่สามารถวัดค่าความหนืดของสารที่กวนได้โดยตรง จำเป็นต้องวัดค่าความหนืดของสารเข้ามารวมด้วย และจากการศึกษาพบว่า ในปัจจุบันเครื่องมือวัดความหนืดส่วนใหญ่มีราคาสูงและสามารถวัดความหนืดที่สถานะคงตัวได้เท่านั้น

หลักการประเมินค่าความหนืดของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนนั้น สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการของมอเตอร์ภายใต้สภาวะคงตัว โดยพบว่า ทอร์กหมุนที่กระทำต่อพื้นผิวใบพัดอันเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของของเหลวจากการทำงานของเครื่องกวนสาร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนืด จะมีค่าเท่ากับทอร์กมอเตอร์ ดังนั้นความหนืดจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับทอร์กที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ (Cullen et al., 2000; Kraftmakher, 2010; Rodroeng, 2011)

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น นำไปสู่หลักการออกแบบและการสร้างเครื่องกวนสารที่มีระบบควบคุมแบบวงลูปปิด ที่สามารถรักษาความเร็วรอบในการผสมได้อย่างเหมาะสมกับสารที่นำมาผสมระหว่างกวนและสามารถประเมินค่าความหนืดของสารจากการนำหลักการทำงานของเครื่องวัดค่าความหนืดมาปรับใช้ เพื่อนำไปสู่การหาค่าความหนืดของของเหลวด้วยการประมาณค่าตลอดระยะเวลาที่เครื่องทำงาน โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทางในการวัดความหนืด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาการควบคุมการทำงานของเครื่องกวนสารและระบบควบคุมแบบวงลูปปิด
2. ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมของเครื่องกวนสารด้วยระบบควบคุมแบบวงลูปปิด
3. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องกวนสารแบบที่พัฒนาขึ้น

4. เปรียบเทียบค่าความหนืดจากการประมาณค่าเทียบกับค่าที่วัดจากเครื่องวัดความหนืดในห้องปฏิบัติการ

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การควบคุมการทำงานของเครื่องกวนสารแบบวงลูปปิด และการประเมินความหนืด ดังต่อไปนี้

เครื่องกวนสาร

เครื่องกวนสารเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในภาคการศึกษา อุตสาหกรรม และทางการแพทย์ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วเครื่องกวนสารจะกวนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) หรือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังของการกวนสาร การผสมสารแต่ละชนิดมีความหนืดและลักษณะไม่เหมือนกัน ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องกวนสารจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของสารที่ทำการผสม โดยเครื่องกวนสารสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องกวนสารแบบใบพัดหรือแบบใบกวน (stirrer machine) และเครื่องกวนสารแบบแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer machine)

1. เครื่องกวนสารแบบใบพัดหรือใบกวน (stirrer machine)

เป็นเครื่องกวนที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ด้วยลักษณะการกวนโดยใช้ใบกวนทำการกวนสารผสมซึ่งใบกวนจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังโดยผ่านก้านใบกวน ใบพัดหรือใบกวนของเครื่องกวนประเภทนี้นิยมใช้สแตนเลส (Stainless Steel) เพราะวัสดุชนิดนี้ สามารถป้องกันสนิมจากการทำปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับธาตุโลหะ และสามารถป้องกันการกัดกร่อนจากสารผสมได้อีกทั้งใบพัดหรือใบกวนมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานทำให้เครื่องกวนสารแบบใบพัดหรือใบกวนสามารถกวนสารผสมหรือของเหลวที่มีความหนืดสูงหรือต่ำได้ขึ้นอยู่กับกำลังของมอเตอร์และชนิดของเครื่องกวนสารโดยสามารถแบ่งลักษณะการใช้งาน

2. เครื่องกวนสารแบบแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer machine)

เป็นเครื่องกวนสารที่นิยมใช้งานด้านวิทยาศาสตร์

และทางการแพทย์เป็นส่วนใหญ่ มีลักษณะการกวาน คือ ใช้แท่งแม่เหล็กหรือแท่งกวาน (magnetic bar) ทำหน้าที่กวานหรือผสมสาร โดยใช้มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการกวานสารซึ่งแท่งกวานสารกับมอเตอร์มีได้เชื่อมต่อกันโดยตรง แต่จะใช้หลักการการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กระหว่างแท่งกวานกับแม่เหล็กถาวรที่ยึดติดกับก้านเพลลาของมอเตอร์ เนื่องจากแท่งกวานสารไม่เชื่อมต่อกับมอเตอร์โดยตรงจึงทำให้ไม่มีสารตกค้างจากสารอื่น เช่น น้ำยาหล่อลื่นที่มอเตอร์ เป็นต้น แท่งกวานสารสามารถทำความสะอาดได้ง่ายกว่าใบกวานของเครื่องกวานแบบใบพัดหรือใบกวาน จึงทำให้เครื่องกวานสารแบบแท่งแม่เหล็กเหมาะกับการใช้ผสมสารเคมีในงานทดลองทั้งในส่วนทางการแพทย์ วิทยาศาสตร์ และกระบวนการอื่น ๆ เครื่องกวานสารแบบแท่งแม่เหล็กไม่เหมาะกับการกวานสารผสมที่มีความหนืดสูงขณะความเร็วกวานสูง เนื่องจากจะทำให้แรงต้านจากแรงเฉือนระหว่างแท่งกวานสารกับสารผสมมากกว่าแรงจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กจะส่งผลทำให้แท่งกวานไม่สามารถกวานสารได้ (Kemngoen, 2015)

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีข้อดีคือ ไม่มีการบำรุงรักษา ทำให้การสูญเสียเนื่องจากความเสียดสีมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การเริ่มเดินเครื่องทำได้ไม่ยาก ราคาถูก มีประสิทธิภาพสูง และมีความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ แต่มีข้อเสียในการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ทำได้ยาก ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดอุปกรณ์ควบคุมที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ และมีความนิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มอเตอร์เหนี่ยวนำหรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า มอเตอร์กระแสสลับ เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยที่พลังงานไฟฟ้าไม่ได้เข้าสู่ที่โรเตอร์โดยตรง แต่ได้จากการเหนี่ยวนำแทน (Bangsaphan Industrial and Community Education College, 2022)

ระบบควบคุม

ระบบควบคุม คือ ส่วนประกอบหลายๆส่วนต่อเชื่อมกันขึ้นเป็นระบบที่จะให้การตอบสนองตามต้องการพื้นฐานของการวิเคราะห์ระบบจะมีพื้นฐานจากทฤษฎีระบบเชิงเส้น ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ของอินพุตและ

เอาต์พุตหรือการตอบสนอง ในส่วนอินพุตและเอาต์พุตของระบบมักแทนด้วยสัญญาณ โดยสัญญาณอินพุตจะเป็นส่วนสำคัญของผลลัพธ์หรือเอาต์พุต ระบบควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น ระบบควบคุมแบบวงเปิด (open loop control system) และระบบควบคุมแบบวงปิด (closed loop control system)

1. ระบบควบคุมแบบวงเปิดหรือระบบควบคุมแบบไม่ป้อนกลับ (open loop control system or no feedback control system) เป็นระบบควบคุมส่วนใหญ่จะต้องอาศัยการคาดคะเน และการตัดสินใจในการกำหนดอินพุต ตัวอย่างเช่น การควบคุมอัตราการไหลของน้ำประปาในครัวเรือน การควบคุมมอเตอร์ของพัดลมเพื่อระบายอากาศที่มีการติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิดเท่านั้น เป็นต้น (Jaikang, 2016) ข้อดีของระบบควบคุมนี้คือไม่มีความซับซ้อน ควบคุมง่าย แต่อย่างไรก็ตามระบบควบคุมแบบวงเปิดนี้จะไม่สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดใด ๆ หากมีการรบกวนจากภายนอกและไม่สามารถมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เครื่อง เนื่องจากไม่มีการส่งข้อมูลป้อนกลับไปเพื่อพิจารณาว่า ผลลัพธ์ที่ได้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการตามคำสั่งของอินพุตแล้วหรือไม่

2. ระบบควบคุมแบบวงปิดหรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (closed loop control system or feedback control system) ระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะแตกต่างจากระบบควบคุมแบบเปิด ก็คือ มีการนำเอาผลที่ได้จากการตอบสนองของระบบมาป้อนกลับเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตอ้างอิง ซึ่งจะได้ผลต่างความคลาดเคลื่อน (error) ระหว่างสัญญาณอินพุตอ้างอิงกับสัญญาณเอาต์พุตเพื่อนำมาสร้างสัญญาณกระตุ้นระบบเพื่อแก้ไขให้ผลต่างความคลาดเคลื่อนลดน้อยลง ซึ่งผู้ควบคุมสามารถกำหนดเอาต์พุตให้กับระบบควบคุมแบบป้อนกลับได้ ซึ่งมีหลักการดังนี้ นำผลต่างความคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตมาประมวลผลผ่านระบบควบคุม (controller) เพื่อกระตุ้นสัญญาณ (actuator) ในระบบ (system) ให้ตอบสนองตามที่ต้องการ ซึ่งระบบควบคุมแบบปิดเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันและมีประสิทธิภาพในการควบคุมการตอบสนองมากกว่าระบบควบคุมแบบเปิด (Saengwirapansiri, 2005) ตัวอย่างระบบที่มีการใช้งานระบบควบคุมแบบปิด เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Ogata,

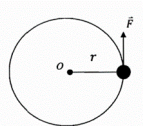
2000) การควบคุมความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนเมล่อน Chaoumead & Phangkeio, 2018) และการควบคุมการเติมออกซิเจนในน้ำ (Soemphol et al., 2020) เป็นต้น

การหาทอร์กจากมอเตอร์

ทอร์กหรือแรงบิด คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ ส่งผลให้วัตถุหมุนบิดไปตามทิศทางที่โดนกระทำ (Calibration Laboratory, 2022) โดยอ้างอิงจากหลักการของโมเมนต์เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุและแนวแรงไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลหรือแกนหมุน ผลที่เกิดขึ้นจะมีการหมุนเกิดขึ้นซึ่งเรียกว่าเกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุนนั้น เรียกว่า ทอร์ก (τ) โดยทอร์กเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีขนาดเท่ากับแรงคูณระยะทางที่ลากจากจุดหมุนมาตั้งฉากกับแนวแรงและทิศทางของทอร์กมีทิศตั้งฉากกับระนาบการหมุน

วิธีที่สามารถหาค่าทอร์กจากมอเตอร์นั้นมี 2 วิธี วิธีที่หนึ่ง ใช้เครื่องวัดทอร์กโดยอาศัยหลักการของเซ็นเซอร์ตำแหน่งเชิงมุมและการวัดมุมเฟสระหว่างสิ่งนั้นออกมาเป็นค่าแรงบิด และวิธีที่สอง คำนวณหาค่าทอร์กจากค่า RPM หรือความเร็วรอบต่อนาทีที่วัดได้ และค่ากำลังทางไฟฟ้า

ในการศึกษาเรื่องการหมุนของวัตถุเมื่อมีทอร์กที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ ผลที่เกิดขึ้นวัตถุจะหมุนในลักษณะการเปลี่ยนสภาพการหมุนที่มีความเร่งเชิงมุมตามทิศของทอร์ก ลักษณะเดียวกันกับการขึ้นน็อตและคลายน็อต โดยในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการในการหาทอร์กที่เกิดขึ้นจากการหมุนแบบง่าย ๆ เช่น เมื่อมีมวล m ติดอยู่กับปลายแท่งวัตถุเล็ก ๆ เบา ยาว r โดยปลายอีกข้างหนึ่งตรึงอยู่กับจุด 0 บนพื้น ซึ่งปราศจากแรงเสียดทาน เมื่อมีแรง F มากระทำต่อมวล m ในทิศตั้งฉากกับแท่งวัตถุเล็ก ๆ ตลอดเวลาโดยแนวแรง F สัมผัสกับแนววงกลมหรือตั้งฉากกับรัศมี r ดังภาพ 1 (Rajamangala University of Technology, 2022)



ภาพ 1 แสดงแรงกระทำต่อวัตถุทำให้เกิดทอร์ก

การคำนวณความหนืดของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุน

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการสร้างเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนแบบง่าย และอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนเพื่อนำมาประมาณค่าความหนืดจากเครื่องวัด โดยเครื่องวัดค่าความหนืดแบบหมุนนี้ประกอบด้วยชุดเพอร์ลินทรงกระบอกรัศมี r_1 มีความยาว l ยึดติดกับเพลลาของมอเตอร์ และจุ่มอยู่ในภาชนะซึ่งบรรจุของเหลวที่ต้องการหาค่าความหนืด โดยภาชนะนี้ทำจากแก้วและมีรัศมี r_2 ($r_1 < r_2$) เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ จะทำให้แท่งชุดเพอร์ลินหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ ภายใต้สภาวะคงตัว ทอร์กหน่วง τ_r ที่กระทำต่อพื้นผิวของชุดเพอร์ลินเนื่องจากการเคลื่อนที่ของของเหลว ซึ่งเป็นสัดส่วนกับความหนืดของของเหลวจะมีค่าเท่ากับทอร์กที่เกิดขึ้นโดยมอเตอร์ (τ_{motor}) ซึ่ง τ_{motor} นี้แปรผันโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ โดยค่าความหนืดสามารถประมาณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\tau_r = 4\pi l \eta \omega r_1^2 \left(\frac{1}{1 - \frac{r_1^2}{r_2^2}} \right) = \tau_{motor} \quad (1)$$

เมื่อ τ_r = ทอร์กหน่วง (N-m)

τ_{motor} = ทอร์กของมอเตอร์ (N.m)

r_1 = รัศมีของแท่งวัตถุทรงกระบอก (m)

r_2 = รัศมีของภาชนะที่บรรจุของเหลว (m)

l = ความยาวของแท่งวัตถุทรงกระบอกที่จุ่มอยู่ในของเหลว (m)

ω = ความเร็วเชิงมุมของแท่งวัตถุทรงกระบอก (rad/s)

η = ค่าความหนืดของสาร (cP)

จากสมการข้างต้นสรุปได้ว่า ความหนืดของของเหลวมีความสัมพันธ์กับทอร์กหน่วงที่เกิดจากของเหลวโดยทอร์กหน่วงมีความสัมพันธ์กับทอร์กของมอเตอร์ และทอร์กของมอเตอร์จะมีความสัมพันธ์กับกระแสที่ไหลในขดลวดของมอเตอร์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างเครื่องมือวัดค่า

ความหนืดแบบหมุนอย่างง่ายและราคาถูกโดยการวัดค่ากระแสที่ไหลในขดลวดโรเตอร์เพื่อนำไปสู่การหาค่าความหนืดของสารที่นำมาหมุนให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Kraftmakher, 2010; Rodroeng, 2011)

ในงานวิจัยนี้จะใช้การควบคุมแบบระบบปิด หรือเรียกอีกชื่อว่า การควบคุมแบบป้อนกลับ เพื่อให้มีการตอบสนองของเอาต์พุต สามารถรักษาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องหมุนให้ทำงานได้กับสารหลากหลายชนิด รวมทั้งสามารถรองรับภาระโหลดที่หลากหลาย โดยจะใช้ระบบควบคุมนี้มาควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จากนั้นจะอาศัยหลักการของเซนเซอร์เหนี่ยวนำในการหาค่าทอร์กออกมา แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความหนืด ณ เวลานั้น ๆ เทียบเคียงกับหลักการการทำงานของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุน ซึ่งจะช่วยให้ทราบค่าความหนืดที่แปรผันได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อ ออกแบบ สร้าง และ ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกลวงสารด้วยระบบควบคุมวงลูปปิด โดยมีขอบเขตงานวิจัย ดังนี้

- 1) ควบคุมความเร็วของเครื่องกลวงสาร
- 2) สามารถผสมได้ปริมาณสูงสุด 30 ลิตร
- 3) สามารถประมาณค่าความหนืดได้ จากการตรวจวัดแรงบิดที่ใช้ให้เกิดการหมุน
- 4) เป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถตั้งค่าการใช้งาน หรือสร้างโปรไฟล์การผสมขึ้นมาเองได้
- 5) ของเหลวที่นำมาทำงานวิจัย คือ ส่วนประกอบของสารที่ใช้ในการผลิตแชมพู

สมมติฐานการวิจัย

เครื่องกลวงสารที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมความเร็วรอบในการหมุนได้ด้วยระบบควบคุมแบบปิดและสามารถประเมินความหนืดของสารได้ จากการนำหลักการการทำงานของเครื่องวัดค่าความหนืดแบบหมุนอย่างง่ายมาปรับใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบโครงสร้างเครื่องกลวงสาร

การออกแบบเครื่องกลวงสารในที่นี้จำเป็นต้องคำนึงถึง การกำหนดโครงสร้างทางกลของเครื่องและระบบสั่งงานต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การกำหนดค่าทางกลของเพลลาใบกวนที่ทำการกลวงสารผสมซึ่งใบกวนจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังโดยผ่านก้านใบกวน เส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงของเพลลา ตลอดจนรูปร่างและตำแหน่งของใบพัด เป็นต้น และอีกสิ่งหนึ่ง คือ การปรับระดับความเร็วให้ได้หลายระดับ เพื่อที่จะควบคุมระดับความเร็วของเครื่องกลวงให้ได้ตามความต้องการและเหมาะสมกับลักษณะของเนื้อสารที่จะนำไปผสมกันให้เกิดเป็นสารใหม่นั้น ๆ รวมไปถึงจนถึงความเสถียรในการผสม เพื่อที่จะไม่ต้องกังวลถึงเรื่องเนื้อที่ไม่เท่ากัน น้ำหนักมือที่ลงมือไม่ทัน ความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และการลดระยะเวลาในการผสม

เครื่องกลวงสารมีขนาดความกว้าง 650 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร และสูง 876 มิลลิเมตร ขนาดใบพัดกลวงสารมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 310 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร ซึ่งใบพัดสามารถสามารถถอดออกจากตัวเครื่องได้ โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส ขนาด 220/380 V. เป็นต้นกำลัง และมีตู้ควบคุมการทำงานอยู่ทางด้านข้างของตัวเครื่อง นอกจากนี้จะมีถังกวนรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 41 มิลลิเมตร และสูง 51 มิลลิเมตร สามารถผสมสารได้ในปริมาณ 30-50 ลิตร ดังแสดงในภาพ 2

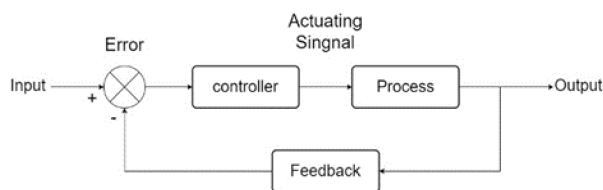


ภาพ 2 โครงสร้างของเครื่องกลวงสาร

2. การออกแบบระบบควบคุม

การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องกวสารควบคุมผ่านบอร์ดรุ่น Arduino Mega 2560 โดยชุดคำสั่งการทำงานของเครื่องกวสาร ใช้โปรแกรม

Arduino เขียนโค้ดชุดคำสั่งลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยออกแบบเป็นระบบควบคุมแบบปิดเพื่อให้มีการส่งค่าเอาต์พุตกลับมา ดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 ระบบควบคุมแบบเครื่องกวสารแบบวงลูปปิด

ภาพ 4 แสดงส่วนประกอบของระบบควบคุมของระบบทั้งหมด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

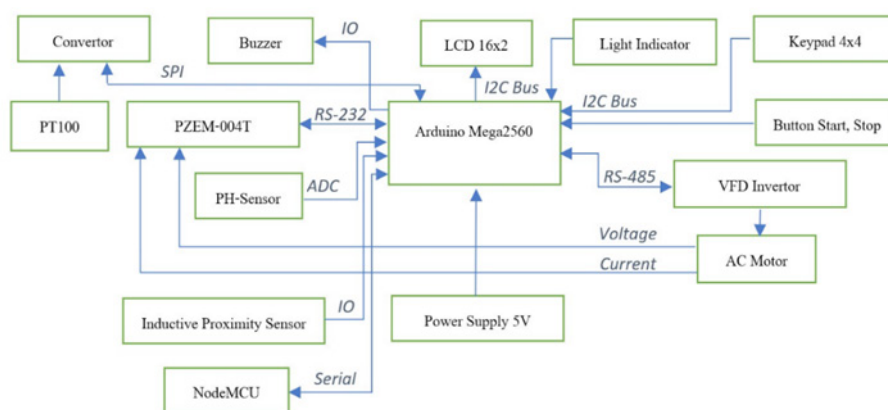
เซนเซอร์ตัวเหนี่ยวนำ (inductive proximity sensor) ถูกใช้สำหรับการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ ซึ่งระบบจะรับค่าความเร็วรอบในช่วงเวลาที่ทำการผสมสาร และตรวจสอบว่าค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าความเร็วรอบที่

กำหนดไว้หรือไม่ จากนั้นระบบพยายามเพิ่มหรือลดพลังงานที่ใช้ เพื่อให้เครื่องกวสารกลับมาหมุนด้วยความเร็วรอบที่ต้องการ

เพาเวอร์ซัพพลาย (Power supply) 12 V 3A จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ LM2596 ซึ่งเป็นวงจรลดแรงดันไฟฟ้า (stepdown) ทำหน้าที่ในการลดแรงดันไฟลงเพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ โดยเครื่องที่ทำการจัดสร้างขึ้นมีอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดค่า PH (PH sensor) ไอซีที่ใช้สำหรับขยายขาคิจิทัล (PCF8574 module) โมดูลวัดการใช้พลังงาน (PZEM-004t AC Digital Power Energy Meter Module) บอร์ด Arduino Mega 2560 จอ LCD 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร โมดูลแปลงพอร์ต Uart เป็น TTL RS RS485 (Module RS485) ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 V คือ เซ็นเซอร์ตัวเหนี่ยวนำ (inductive proximity sensor)

ไอซีที่ใช้ขยายพอร์ตขาคิจิทัล (PCF8574 module) เป็นตัวชิป (Chip) ที่ทำหน้าที่แปลงการสื่อสารแบบ I2C ให้เป็นรูปแบบ Parallel ข้อดีคือช่วยลดจำนวนขาในการสื่อสาร

โมดูลแปลงพอร์ต Uart เป็น TTL RS RS485 Module RS485 จะเป็นการแปลงสัญญาณที่สื่อสารผ่าน RS323 ให้อยู่ในรูปแบบ RS485



ภาพ 4 ไดอะแกรมของระบบควบคุมเครื่องกวสาร

โมดูลวัดการใช้พลังงาน (PZEM-004t AC Digital Power Energy Meter Module) ใช้ในการวัดค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ

เซ็นเซอร์ PT100 ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

เซ็นเซอร์วัดค่า PH (PH Sensor) ใช้ในการวัดค่าความเป็นกรดต่างของสาร

การเลือกขนาดกำลังของมอเตอร์

ต้องคำนึงถึงการออกแรงบิดของมอเตอร์ว่ามีความสามารถออกแรงบิดได้เพียงพอกับที่เราต้องการหรือไม่ เพราะถ้าแรงบิดไม่เพียงพอ มอเตอร์ก็จะมีออกแรงขับโหลดทางกลให้หมุนได้ด้วยความเร็วที่ต้องการได้ และอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรคำนึงถึง คือ ขนาดกำลังของมอเตอร์ ซึ่งจะต้องมีกำลังที่มากพอที่จะสามารถออกแรงบิดส่วนเกินนั้นได้ ซึ่งมันจะสัมพันธ์กับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เลือกใช้งาน (Hongnapa, 2003)

การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส มีแรงดัน 220/380 V โดยสามารถทำการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ผ่านตัวอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมอินเวอร์เตอร์ จะต้องสื่อสารกันผ่านทาง RS 485 ซึ่งเป็นโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้สื่อสารชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า โมดบัส (Modbus) โดยการใช้อินเวอร์เตอร์ในการเริ่มเดินมอเตอร์ สามารถปรับความเร็ว หรือ อัตราส่วน $V: f$ ได้ตามต้องการ ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ และสามารถปรับเพิ่ม-ลดแรงบิดได้ ซึ่งอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้งานจะเป็นแบบ PWM--Pulse Width Modulation (โดยในทางทฤษฎีแล้วความถี่จะแปรผันตรงกับความเร็วเชิงโคโรนัสของมอเตอร์ เมื่อมีความถี่มาก ความเร็วเชิงโคโรนัสก็จะมากตาม ในทางตรงข้ามหากมีความถี่ที่ลดลง ความเร็วเชิงโคโรนัสก็จะลดลงด้วย)

นอกจากนี้ตัวเครื่องยังสามารถส่งข้อมูลไปบันทึกในแอปพลิเคชัน Google Sheet เพื่อบันทึกค่าการวัดได้ตลอดเวลา โดยการสร้างไฟล์เอกสาร Google Sheet ไว้สำหรับจัดเก็บข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวบอร์ด Arduino Mega 2560 ควบคุมการทำงานของเครื่อง แต่ไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (internet)

ได้โดยตรง จะต้องใช้โหนดเอเอ็มซียู ESP8266 (Node MCU ESP8266) เชื่อมต่อ

โดยระหว่างโหนดเอเอ็มซียู ESP8266 (NodeMCU ESP8266) กับบอร์ด Arduino Mega สื่อสารกันผ่าน Serial ตัวโหนดเอเอ็มซียู ESP8266 (NodeMCU ESP8266) จะคอยรับข้อมูลจากบอร์ด Arduino mega 2560 ยกตัวอย่างเช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

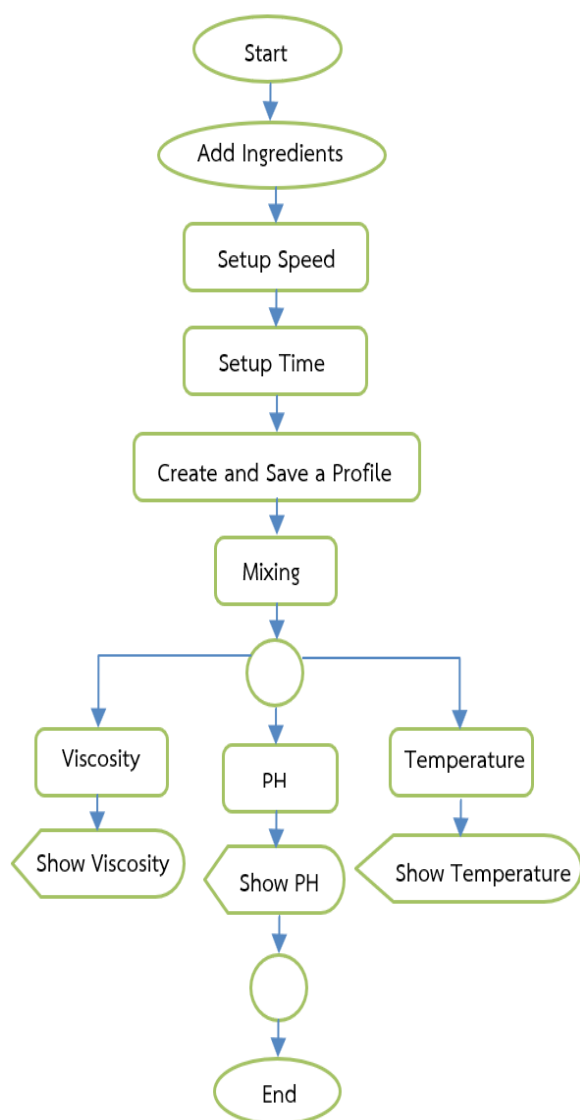
ส่วนตัวโหนดเอเอ็มซียู ESP8266 (Node MCU Esp8266) จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลนี้ไปให้ไฟล์เอกสาร Google Sheet แต่แอปพลิเคชัน Google Sheet นั้นไม่สามารถเอาข้อมูลไปลงในไฟล์เอกสาร Google Sheet ได้โดยตรง ซึ่งต้องเขียน Script file หรือโค้ด (Code) ควบคุมการทำงานขึ้นมา โดยในไฟล์เอกสาร google sheet จะมีหน้าต่างสำหรับใส่โค้ด (Code) หรือภาษาทางคอมพิวเตอร์ (computer code) ดังแสดงในภาพ 4-5 ที่แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดของระบบควบคุม

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องกวนสาร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำถังเข้าไปวางไว้ใต้เครื่องกวนสารและทำการขันสกรูยึดใบพัด
2. ใส่สารที่ต้องการผสมลงไปถังตามจำนวนที่ต้องการ (ไม่เกิน 30 ลิตร) โดยใส่ให้ท่วมใบพัดทุกครั้ง
3. เสียบปลั๊กไฟ เปิดกล่องคอนโทรล ดึงเบรกเกอร์ขึ้น ON
4. ตั้งค่าการใช้งานโดยทั่วไป เช่น ความเร็วรอบและระยะเวลาในการผสม เป็นต้น
5. หลังจากได้ยินเสียงเตือนหมดเวลา สามารถทำการวัดอุณหภูมิ และค่า PH เพิ่มเติมได้ โดยทำการนำหัวโพรบเซนเซอร์จุ่มลงไปถังสาร จากนั้นระบบจะแสดงค่าต่าง ๆ ที่หน้าจอแอลซีดี
6. หากต้องการจบการทำงานของเครื่องให้กดปุ่มตกลง (enter) เพื่อจบการทำงาน และทำการดึงเบรกเกอร์ลง และถอดปลั๊กไฟ



ภาพ 5 ระบบควบคุมของเครื่องกวนสาร



ภาพ 6 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องกวนสาร

3. หลักการประเมินความหนืด

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น นำไปสู่หลักการออกแบบและการสร้างเครื่องกวนสารที่สามารถประเมินค่าความหนืดของสาร จากการนำหลักการทำงานของเครื่องวัดค่าความหนืดมาปรับใช้ โดยทำการเก็บข้อมูลการทดลองในแต่ละครั้ง อันได้ความเร็วรอบต่อนาทีที่วัดได้ และค่ากำลังทางไฟฟ้า เพื่อคำนวณหาค่าทอร์ก หลังจากนั้นอาศัยสมการข้างต้นในการคำนวณหาค่าความหนืดออกมา

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกวนสาร ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลอง ดังนี้

1. การทดลองเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของใบพัด ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้ผสมสาร 2 ประเภท ได้แก่ สารกีดฟอง สารไม่กีดฟอง ซึ่งใช้ระบบควบคุมแบบวงลูปปิด โดยมีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- ทดลองกับใบพัดที่ทำการออกแบบ
- ปริมาตรในการทดลองครั้งละ 10 ลิตร
- ทดลองซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมทั้งหมด 5 ครั้ง โดยเก็บค่าความเร็วในการผสม ระยะเวลา กระแสไฟฟ้าที่ใช้ และค่าความหนืด
- หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและระยะเวลา

2. การทดลองเพื่อหาค่าความหนืดจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความหนืดด้วยระบบควบคุมแบบวงลูปปิดเพื่อหาความแม่นยำของสมการ โดยมีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- ทดลองกับใบพัดที่ทำการออกแบบ
- ปริมาตรในการทดลองครั้งละ 10 ลิตร
- ทดลองซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมทั้งหมด 5 ครั้ง โดยเก็บค่าความเร็วในการผสม ระยะเวลา กำลังไฟฟ้าที่ใช้ และค่าความหนืด
- หาค่าความคลาดเคลื่อนในการคำนวณหาความหนืดจากค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ยอมรับได้จากเครื่องวัดความหนืดแบบหมุน

3. ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องจักร เพื่อหาระยะเวลาในกระบวนการผลิต และลักษณะทางกายภาพของผลผลิต โดยจะทำการทดลองผลิต ผลิตภัณฑ์แชมพูสระผม ครั้งละ 10 ลิตร จำนวน 5 ครั้ง โดยเปรียบเทียบกันระหว่างอัตราการผลิตโดยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบควบคุมแบบลูปปิดและเครื่องจักรที่มีระบบควบคุมแบบเปิดหรือควบคุมผ่านตัวอินเวอร์เตอร์แบบปกติ

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการผสมแชมพูอยู่ที่ 135 รอบ/นาที ปริมาณ 10 ลิตร ในระยะเวลา 55 นาที เนื่องจากหากใช้ความเร็วรอบที่ต่ำกว่า 135 รอบ/นาที จะไม่สามารถทำการละลายน้ำกับหัวเชื้อแชมพูให้ละลายได้หมด ในขั้นตอนแรกของการกระบวนการผสมได้ ซึ่งเนื้อสารที่ได้อาจจะไม่พร้อมสำหรับการเติมสารผสมในขั้นตอนต่อไป จนกว่าจะครบจบกระบวนการผลิตแชมพู

จากกราฟที่แสดงในภาพ 7 พบว่า ในช่วงเวลา 15–35 นาทีความเร็วรอบที่มีการแกว่งสูง ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว จะมีการเติมส่วนผสมของการผลิตแชมพู อันได้แก่ หัวเชื้อแชมพู (N70) ผงซักล้าง ลาโนลีน ผงฟองน้ำหอม สี และสารกันบูด ซึ่งหลังจากขั้นตอนการเติมสารลาโนลีนเข้าไป พบว่า ณ ช่วงขณะหนึ่ง จะทำให้เกิดสภาวะความหนืดที่เพิ่มขึ้นฉับพลัน ทำให้ระบบควบคุมเครื่องกวนสารแบบปิด ทำงานมากขึ้นเนื่องจากความเร็วที่วัดได้นั้นต่ำลง โดยการไปสั่งการมอเตอร์ให้ปล่อยกระแสไฟฟ้าและแรงดัน ทำให้กำลังมอเตอร์เพิ่มเพื่อเร่งความเร็วรอบของมอเตอร์กลับมาทำงานที่ความเร็วคงที่ตามที่ได้ตั้งค่า จะสังเกตได้ว่าตลอดระยะเวลาที่มีการแกว่งของความเร็วรอบในการผสมเสมอเนื่องมาจากเนื้อสารยังไม่มีสถานะความหนืดคงที่ แต่จะสังเกตได้ว่าเมื่อใกล้จบกระบวนการผสมสารรวมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วการแกว่งของความเร็วรอบในการผสมก็จะน้อยลงไปเรื่อย ๆ ในที่สุด

จากการทดลองพบว่า เครื่องกวนสารที่ได้สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามขั้นตอน ภายใต้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมในระบบควบคุมแบบปิด สามารถผสมสารทดสอบได้ดีในส่วนของการขึ้นของสารเคมีทดสอบอันได้แก่ แชมพู โดยมีความหนืดอยู่ที่ 100–130 cP ที่ความเร็วรอบ 135 รอบต่อวินาที เป็นต้นไป ซึ่งหากต้องการผสมสารที่มีความหนืดมากขึ้นกว่านี้จะต้องมีการเพิ่มความเร็วรอบในการผสม

ในส่วนของการใช้ไฟฟ้าของเครื่องที่สร้างขึ้นได้ทำการวัดโดยใช้โมดูลวัดการใช้พลังงาน (PZEM-004T) โดยสามารถวัดค่าได้ตลอดระยะเวลาในช่วงที่ทำการผสมสาร โดยอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องกวนสารขณะทำการทดสอบทั้ง 5 ครั้งแสดงในตาราง 1

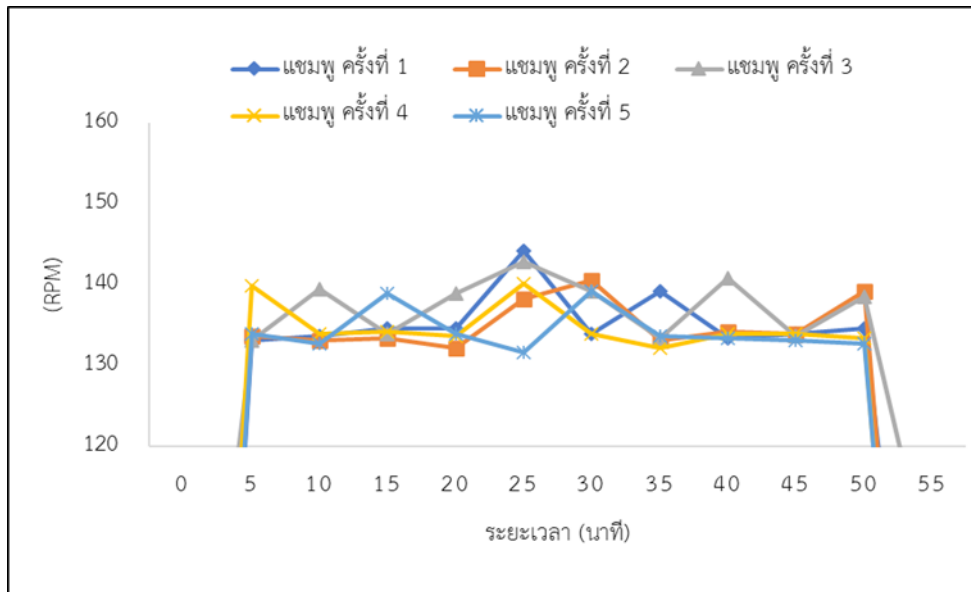
จากตาราง 1 แสดงให้เห็นว่า เครื่องกวนสารมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าขณะทำการทดสอบในการผสมแชมพูพบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำสุดที่ 24.91 วัตต์ และครั้งที่ 2 ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดที่

29.52 วัตต์ โดยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมมีค่า 26.16 วัตต์ ซึ่งเป็นปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าที่ต่ำมาก เมื่อเทียบกับเครื่องกวนสารที่ใช้ตามท้องตลาด

การประมาณค่าความหนืดจากสูตรสมการพื้นฐานของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนที่ได้มีการนำมาปรับใช้กับเครื่องกวนสารที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น โดยอาศัยหลักการของมอเตอร์ภายใต้สภาวะคงตัว ทอร์กหน่วง (τ) ที่กระทำต่อพื้นผิวของใบพัดเนื่องจากการเคลื่อนที่ของของเหลว เป็นสัดส่วนกับความหนืดของของเหลวจะมีค่าเท่ากับทอร์กที่เกิดขึ้นโดยมอเตอร์ (τ_{motor}) ซึ่งความหนืดของของเหลวจะมีความสัมพันธ์กับทอร์กที่เกิดขึ้น โดยมอเตอร์ (τ_{motor}) ดังสมการข้างต้นที่ได้กล่าวมา โดยค่าที่ได้แสดงในตาราง 2

จากตาราง 2 แสดงค่าความหนืดของสารตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดมาตรฐานเปรียบเทียบกับค่าจากการประมาณค่าความหนืดโดยใช้สมการ พบว่า แชมพูที่จากผสมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.94% และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ 3.15% ซึ่งถือว่าเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเมื่อเทียบเคียงการค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบบรุคฟิลด์

จากการทดลองพบว่า เครื่องกวนสารที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะสามารถตั้งความเร็วแล้วจะหมุนตามความเร็วที่ตั้งค่าไว้ได้ตลอดเวลาที่เครื่องทำงาน ซึ่งสามารถทำให้ความเร็วรอบในการผสมคงที่อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาในการผสม ทำให้สามารถผสมสารได้ดี มีคุณภาพ ในระยะเวลาอันรวดเร็วโดยระยะเวลาในการกระบวนการผลิตของตัวผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ อยู่ในช่วง 45–55 นาที สามารถลดระยะเวลาในการผสมได้ถึง 38.88% เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องผสมสารที่มีขายตามท้องตลาดโดยทั่วไปในปริมาณ 10 ลิตร ต่อ ครั้ง ด้วยระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จึงส่งผลให้ช่วยประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นและเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานได้มากขึ้น นอกจากนี้เครื่องดังกล่าวยังสามารถนำหลักการหาความหนืดจากสมการของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนอย่างง่ายมาปรับใช้กับเครื่องกวนสารธรรมดาที่นำเสนอได้ โดยค่าความหนืดที่ได้จากประมาณค่าความหนืดของสารที่ทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัดจากเครื่องมือวัดความหนืดมาตรฐาน



ภาพ 7 ความเร็วรอบในการผลิตแอมพูด้วยระบบควบคุมแบบวงลูปปิด

ตาราง 1

อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องกวนสารขณะทำการทดสอบ

การทดลอง	กระแสไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere)	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย มีหน่วยเป็นโวลต์ (Voltage)	ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)
1	0.26	197.15	24.91
2	0.29	210.14	29.52
3	0.27	198.78	26.44
4	0.23	201.54	23.01
5	0.27	201.93	26.91
ค่าเฉลี่ย	0.26	201.91	26.16

ตาราง 2

ค่าความหนืดของสารตัวอย่างจากการวัดด้วยเครื่องวัดมาตรฐานและค่าจากการประมาณค่าความหนืดโดยใช้สมการ

การทดลอง	ค่าความหนืดจากเครื่องวัดความหนืดมาตรฐาน (cP)	ค่าความหนืดที่ได้จากการทดลอง (cP)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (cP)
1	120.23	118.93	1.08%
2	112.90	109.96	2.60%
3	113.70	115.32	1.42%
4	117.32	119.34	1.72%
5	120.60	116.80	3.15%
ค่าเฉลี่ย	116.95	116.07	2.94%

ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงการวิจัยทำให้ผู้จัดทำพบว่า เครื่อง กวนสารที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม การทดสอบนี้เป็นตัวอย่างการผลิตของผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวเท่านั้น หากต้องการจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน แต่มีส่วนผสมที่ต่างจากการทดสอบนี้ ควรที่จะทำการทดสอบการผลิตจริงอีกครั้ง เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการผสมครั้งต่อไป

นอกจากนี้ในส่วนของการประมาณความหนืด จากการนำสมการคำนวณหาความหนืดอย่างง่ายมาเปรียบเทียบกับเครื่องกวนสาร ซึ่งมีปัจจัยสำคัญ 3 ปัจจัย อันได้แก่ รูปร่างใบพัด ความเร็วรอบในการหมุน และความหนืด ที่ต้องสัมพันธ์กัน ดังนั้น หากต้องการประมาณค่าความหนืด จากสมการหาความหนืดที่มีความหนืดมากกว่า 1,000 cP ได้อย่างแม่นยำ ควรมีการออกแบบโครงสร้างของรูปร่าง ใบพัดผสมและปรับปรุงสมการดังกล่าวนี้ต่อไป และสุดท้าย

ออกแบบหัวกวนหลายขนาดเพื่อความสะดวกในการวัดหาความหนืดได้ในหลาย ๆ ย่าน ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณโครงการสร้างขีดความสามารถในการทำนวัตกรรมของภาคอุตสาหกรรม เพื่อยกระดับความสามารถการแข่งขันของประเทศโดยการพัฒนากำลังคนระดับสูง จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (TITE) ที่สนับสนุนทุนด้านการศึกษา งานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ บริษัทออล อินฟอร์เมชั่น เทคโนโลยีส์ จำกัด ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในส่วน of สถาน ที่ทำงานวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวัดค่าความหนืด



References

- Bangsaphan Industrial and Community Education College. (2022). *Three-phase induction motor*. Retrieved from http://www.bspc.ac.th/files/2106081010324194_21081716163950.pdf
- Chaoumead, A., & Phangkeio, D. (2018). Soil moisture control system for melon cultivation in Greenhouse. *RMUTSV Research Journal*, 11(2), 269-278. (in Thai)
- Cullen, P. J., Duffy, A. P., Donnell, C. P., & Callaghan, D. J. (2000). Process viscometry for the food industry. *Trends in Food Science Science and Technology*, 11(9), 451 – 457. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00034-6)
- Calibration Laboratory Co., Ltd. (2022). *How to maintain the Torque Gauge and how to calibrate it?*. Retrieved from <https://www.cal-laboratory.com/บทความ/การดูแลรักษา-เครื่องมือวัดแรงบิด-Torque-Gauge-และการสอบเทียบอย่างไร/> (in Thai)
- Gubanov, O., & Cortelezzi, L. (2010). Towards the design of an optimal mixer. *Journal of Fluid Mechanics*, 651, 27-53. <https://doi.org/10.1017/S0022112009993806>
- Jaikang, W. (2016). *Control system*. Retrieved from http://www.intech.crru.ac.th/research_ind/doc/52_dissemin_ตำรา%20ผศ%20วิภพ.pdf (in Thai)

- Hongnapa, S. (2003). Direct current motor. *Industrial Technology Review*, 9(110), 104-108.
Retrieved from https://www.tinamics.com/download/tinamics_com/dc_motor_selection.pdf
(in Thai)
- Kemngoen, C. (2015). *Volume Estimation in stir container using load torque compensator of magnetic stirrer machine*. Retrieved from <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/7504> (in Thai)
- Kraftmakher, Y. (2010). Rotational viscometers – a subject for student project. *Physics Education*, 45(6), 622-628. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/6/007>
- Ogata, K. (2000). *Modern control engineering* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Rodroeng, K. (2011). *Construction a simple and low cost rotational viscometter*. Retrieved from https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve_DOI= (in Thai)
- Rajamangala University of Technology. (2022). *Torque motors*. Retrieved from <http://www.rmutphysics.com/CHARUD/Virtualexperiment/Virtual1/ericksontutor/tutor/2210/torque/indexthai.htm>. (in Thai)
- Saengwirapansiri, W. (2005). *Control of dynamic systems* (2nd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai)
- Soemphol, C., Sangkhaho, J., & Sriyoha, P. (2020). The Development of Solar Aerator Controlled by Wireless Signal. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 173–189. (in Thai)



การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานในการขนส่งทางอากาศ เพื่อคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง

The Developing Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach in Air Transport for Calculating Aircraft Weight and Balance in Loading Baggage

วรรณมนต์ สันติศิริ¹ และสุวัฒน์ จรรยาพูน¹

Watsamon Santisirir¹ and Suwat Janyapoon¹

¹หลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

¹College of Logistic and Supply Chain, Sripatum University

Received: November 9, 2020

Revised: February 11, 2021

Accepted: February 15, 2021

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ในการขนส่งทางอากาศ โดยนำแนวคิดการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานมาประยุกต์ให้เกิดทางเลือกใหม่ เพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ผลการวิจัยพบว่า สามารถพัฒนาระบบคำนวณได้ 9 ฟังก์ชันหลัก แบ่งเป็น 115 ฟังก์ชันย่อย มุ่งพัฒนาระบบให้สามารถคำนวณได้อย่างอัตโนมัติเชื่อมโยงข้อมูลในการจัดวางสัมภาระในการบรรทุกใต้ท้องเครื่อง ทดแทนวิธีการแบบดั้งเดิมที่ใช้ประสบการณ์ส่วนบุคคลในการคำนวณและตัดสินใจที่มีความซับซ้อน สามารถจำลองรูปแบบจากการคำนวณตามแนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานได้ 647 รูปแบบ และนำมาจัดลำดับได้จำนวน 19 ลำดับ 247 รูปแบบ ที่มีค่าความสมดุลเหมาะสมต่อจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง 3 ระดับความสำคัญ (1) ความปลอดภัยต่อโครงสร้างอากาศยาน (2) ความพึงพอใจต่อการปฏิบัติการบิน (3) ความประหยัดลดต้นทุนค่าใช้จ่าย ใช้เป็นทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินงาน ตามโครงสร้างอากาศยานแบบลำตัวแคบ

คำสำคัญ: การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน การคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน การขนส่งทางอากาศ

Abstract

This research aims to develop hybrid multi-criteria decision making in air transport and to calculate weight and balance when loading baggage by applying the concept of hybrid multi-criteria decision making to create new alternative automation system capabilities that increase the capability of the weight and balance calculation system for loading baggage with the newly developed program. Result: this method can develop a calculation system with 9 main functions and 115 subfunctions. This method can also be used to develop a system to automatically calculate and link data in baggage management to replace the traditional method, which uses experience from load control. After coding in Visual Basic, we can model hybrid multi-criteria decision making with 647 patterns and 19 sequences, 247 patterns appropriate to the center of gravity of the aircraft, and 3 priorities: (1) safety of the aircraft structure (2) satisfy the needs of the flight operation; (3) save cost. This method is expected to be used as an alternative and support operational decision-making for narrow-body aircraft.

Keywords: Hybrid Multi Criteria Decision Making, Air Transport, Calculating Aircraft Weight and Balance



บทนำ

พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยานเป็นหนึ่งในอาชีพของอุตสาหกรรมการบินในประเทศไทยมีส่วนสำคัญในการเชื่อมต่อท่าอากาศยาน (airport connectivity) ทั้งในการดำเนินการในระดับปฏิบัติการภาคพื้นและเชื่อมต่อไปยังการปฏิบัติการทางอากาศ ถือเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญมากอาชีพหนึ่ง ในการขับเคลื่อนการขนส่งทางอากาศให้เกิดความสำเร็จ ภารกิจหลักในการปฏิบัติหน้าที่ คือ การคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน (airbus, 2020) ให้เป็นไปตามโครงสร้าง ภายใต้ข้อบังคับมาตรฐานสากลในเรื่องของความปลอดภัย ปัจจุบันท่าอากาศยานสุวรรณภูมิซึ่งเป็นท่าอากาศยานหลักของประเทศ มีแนวคิดเลือกลงทุนการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้เกิดความสะดวกรวดเร็วทดแทนการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานแบบดั้งเดิม (manual method) ที่พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ดำเนินการคำนวณด้วยตนเอง โดยอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ส่วนบุคคลเท่านั้น นำมาซึ่งความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดผิดพลาดจากมนุษย์ (human error) ได้ตลอดเวลา (Aksornkitti & Santisiri, 2021) บทความนี้มุ่งศึกษา วิจัยในขอบเขตประเภทอากาศยานประเภทลำตัวแคบ (narrow body) ซึ่งเป็นประเภท

อากาศยานที่ให้บริการขนส่งผู้โดยสารจำนวนมากที่สุดของประเทศไทย ภายใต้อากาศยานลำตัวแคบมีการแบ่งพื้นที่ชัดเจน ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ด้านหน้า ด้านหลัง และท้ายอากาศยาน ถึงแม้ว่าระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานจะสามารถคำนวณตัวเลขน้ำหนักในส่วนต่าง ๆ ได้ในการวางแผนการดำเนินงาน แต่ภาระการจัดวางและการตัดสินใจยังเป็นหน้าที่ของพนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน (Thongriew, 2018) หากดำเนินการผิดพลาด อาจส่งผลกระทบต่อจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานได้ (Center of Gravity--CG) หากการจัดวางน้ำหนักในส่วนด้านหน้ามากเกินไปอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุอากาศยานส่วนหน้าหักกระแทกพื้นได้ (aircraft tipping forward) หรือหากจัดวางน้ำหนักในส่วนด้านท้ายมากเกินไปอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุอากาศยานส่วนท้ายยกลอยได้ (aircraft tail tipping) ซึ่งนำไปสู่การยกเลิกทำการบินได้ในที่สุด ดังนั้นการพึ่งพาเพียงการตัดสินใจจากประสบการณ์ของพนักงานอย่างเดียวเท่านั้น ถือเป็นช่องว่างในการดำเนินงานที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงได้ตลอดเวลา นำมาซึ่งความเสียหายและการสูญเสียทรัพย์สินและชีวิตได้

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาเพื่อ พัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid

MCDM) (Emovon & Oghenenyerovwho, 2020) นำแนวคิดมาเพิ่มความสามารถให้ระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ด้วยการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนในการดำเนินงาน ในขั้นตอนจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ท้องเครื่อง และสามารถจัดลำดับทางเลือกประกอบการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนให้มีความถูกต้องเหมาะสม และเกิดความแม่นยำในการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน
2. เพื่อเพิ่มความสามารถให้ระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน โดยใช้วิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process--AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาเหตุผล ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ถูกคิดค้นเมื่อประมาณปลายปี ทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ โทมัส ซาตตี้ ความหมายของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น คือ กระบวนการที่ช่วยตัดสินใจในประเด็นของปัญหาที่มีความซับซ้อนให้มีความง่ายขึ้น ช่วยในการแยกแยะองค์ประกอบที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ แล้วนำองค์ประกอบเหล่านั้นมาแบ่งเป็นระดับชั้น ตามความสำคัญแยกโครงสร้างที่ซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและยึดหยุ่น เป็นกระบวนการที่คล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน สามารถวัดคุณสมบัติที่เป็นนามธรรมได้และมีผลของการตัดสินใจในรูปแบบของลำดับความสำคัญ ช่วยวิเคราะห์ทางเลือกในรูปของลำดับความสำคัญโดยรวม และพิจารณาถึงลำดับความสำคัญ เปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ในระบบ และช่วยให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดตรงตาม

เป้าหมาย (Tansirikongkol, 2014) ขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ เริ่มจากการเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหา “น้ำหนัก” ของแต่ละเกณฑ์ก่อน หลังจากนั้นจึงนำ “ทางเลือก” ที่มีทั้งหมดมาประเมินผ่านเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยมีขั้นตอนสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ การสร้างแผนภูมิระดับชั้นการหาค่าน้ำหนักของเกณฑ์ การวัดความสอดคล้องของเกณฑ์ และการจัดอันดับข้อมูล

กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์ (Analysis Network Process--ANP)

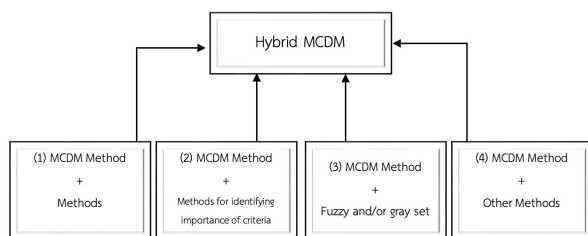
กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์เป็นรูปแบบพื้นฐานของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นใหม่ในปี 1999 โดยศาสตราจารย์ โทมัส ซาตตี้ ได้ทำการพัฒนาเทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์ ภายหลังจากที่พบว่า กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มีข้อจำกัดในด้านความเป็นอิสระระหว่างกันของปัจจัยและมิติต่าง ๆ (Thanaraksakul, 2009) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ โดยใช้ปัจจัยในการตัดสินใจทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มีการเปรียบเทียบเกณฑ์เป็นคู่ ๆ ในแต่ละองค์ประกอบของแต่ละลำดับชั้นเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด แต่กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์มีลักษณะสร้างเป็นโครงข่าย ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจ และผลกระทบที่มีต่อกันและกัน ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจกับทางเลือกมีความสามารถจัดการความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจ โดยใช้สเกลอัตราส่วนเปรียบเทียบและประมวลผลในรูปแบบของซูเปอร์เมตริก ซึ่งเทคนิคกระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์สามารถลดข้อผิดพลาดของการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นได้ (Chutima & Srivicha, 2011)

แนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criterial Decision Making--MCDM)

ทิศทางบทความนี้ ออกแบบการดำเนินงานวิจัยในรูปแบบของกระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบ

ผสมผสาน เพื่อสอดคล้องกับลักษณะของปัญหาและปัจจัยที่นำมาประมวลผลของแต่ละเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินใจทั้งเทคนิคการถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีจำลองระบบด้วยโปรแกรมประยุกต์ใช้ในการหาผลลัพธ์จากเป้าหมาย เปรียบเทียบค่าในแต่ละค่าเป้าหมายโดยการพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ มีองค์ประกอบของการกำหนดฟังก์ชัน วัตถุประสงค์ภายใต้ข้อจำกัด และขอบเขตของตัวแปรในการตัดสินใจเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนที่เกิดขึ้นภายใต้ข้อจำกัดที่มี

แนวการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid HMCDM)



ภาพ 1 แนวการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

Note. From “Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues” by E. K. Zavadskas, K. Govindan, J. Antucheviciene and Z. Turskis, 2016, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), pp. 857-887 Copyright 2016 by Taylor & Francis Group

การตัดสินใจที่มีลำดับการตัดสินใจที่ถูกต้อง เป็นวิธีการและเทคนิคที่ช่วยให้การดำเนินงานในองค์กร และอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ดำเนินการธุรกิจได้ ในรูปแบบยั่งยืน ซึ่งรูปแบบการตัดสินใจที่มีการนำมาใช้ อย่างแพร่หลายคือ การตัดสินใจหลายเกณฑ์หลากหลาย (MCDM) โดยการนำเทคนิคต่าง ๆ ที่มีกระบวนการสามารถ ประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหามีความซับซ้อน ภายใต้เงื่อนไข หลักเกณฑ์ให้แนวทางและวิธีการที่ถูกต้องและเหมาะสม ในการตัดสินใจ ซึ่งในปัจจุบันมีวรรณกรรมที่ได้รับการ เผยแพร่ ตีพิมพ์ ทั้งรูปแบบบทความวิชาการ บทความวิจัย ไปทั่วโลก ซึ่งในไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแนวทางใหม่

ของการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid Criteria Decision Making--HMCDM) หรือที่รู้จักในคำว่า “ไฮบริด” (Zavadskas et al., 2016) ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้ รับการพัฒนากระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ มากกว่า 2 วิธีการขึ้นไป (Srivastawa et al., 2017) มา ประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา เพื่อใช้สนับสนุนการใช้งาน ในรูปแบบการตัดสินใจในธุรกิจในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งวิธีการ ดังกล่าว สามารถช่วยแก้ไขปัญหามีความแตกต่างกันใน หลากหลายธุรกิจ (Emovon & Ogheniyerovwho, 2020) และอาจนำไปสู่การตัดสินใจที่ถูกต้องในการแก้ ปัญหาในการดำเนินธุรกิจควบคู่ไปกับการประยุกต์และ พัฒนาที่ความยั่งยืน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ได้รับการเผย แพร่ทางวิชาการและที่การกล่าวถึงในวารสารวิชาการในฐาน ข้อมูล Thomson Reuters Web of Science (Yatsalo et al., 2007) ถือได้ว่าเป็นการอ้างอิงแนวทางตัดสินใจ หลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (HMCDM) เป็นครั้งแรก

โดยใช้กระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ 3 วิธี เพื่อแก้ไขปัญหการจัดตารางเวลา ประกอบด้วย (1) อัลกอริทึม เจริญพันธุกรรม (Genetic algorithms) (2) การเขียน โปรแกรมแบบมีเงื่อนไข (Constraint logic programming) (3) การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ (MCDM) (Shyur & Shih, 2006) ได้มีการประยุกต์ใช้แนวทางตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ แบบผสมผสาน (HMCDM) ในการแก้ไขการตัดสินใจโดยใช้ ผสมผสาน ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างรูปแบบการ ประเมินตัดสินใจแบบ DEMATEL ซึ่งในปีดังกล่าวนี้มีการ ใช้คำว่า “Hybrid MCDM” เผยแพร่ในบทความ งานวิจัย ดำเนินการ และงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ (Tzeng et al., 2007) ในส่วนตัวย่อ “HMCDM” ที่พบในบทความเผยแพร่ ในปัจจุบันเป็นของเป็นครั้งแรกในปี 2014 (Liao et al., 2014) อย่างไรก็ตามในบทความที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่นั้น จะพบการใช้คำว่า “Hybrid MCDM” อย่างเป็นทางการ ในงานวิจัยเพื่อระบบกระบวนการวิเคราะห์ในการตัดสินใจ หลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง หลายประการของการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบทั่วไป ซึ่งสามารถนำวิธีการดังกล่าว มาประยุกต์แก้ไขได้โดยใช้วิธี แบบผสมผสาน มากกว่า 2 กระบวนการมีความเหมาะสม กับแก้ไขปัญหาในการตัดสินใจที่มีปัญหามีความซับซ้อนได้

ทิศทางของบทความนี้ ผู้วิจัยพบว่าช่องว่างในการ ดำเนินงาน ในขั้นตอนการตัดสินใจการควบคุมน้ำหนักและ

สมดุลาอากาศยานในการบรรทุกสินค้าได้ทั้งเครื่องการขนส่งทางอากาศนั้น มีความซับซ้อนในตัวยุทธศาสตร์ทั้งวิธีการตัดสินใจและความสัมพันธ์ในการดำเนินการที่ส่งผลซึ่งกันและกัน จำเป็นต้องอาศัยวิธีการทางคอมพิวเตอร์ช่วยแก้ไข ปัญหา จากกระบวนการการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ที่สามารถจัดลำดับการตัดสินใจด้วยการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (AHP) ตามเกณฑ์และเงื่อนไขในการดำเนินงาน ประยุกต์กับเทคนิคการวิเคราะห์แบบกระบวนการโครงข่าย (ANP) เข้ามาช่วยวิเคราะห์แก้ไขการตัดสินใจที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน รวมทั้งเก็บข้อมูลจริงให้มีความคงที่จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key Informants) ให้ได้ข้อมูลครบถ้วนก่อนนำข้อมูลมาพัฒนาเพิ่มความสามารถให้โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกจำลองรูปแบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน

ขอบเขตงานวิจัย

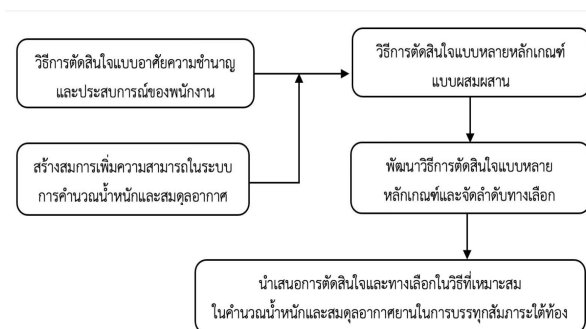
ศึกษาและนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยหาคำตอบในการศึกษาวิจัย ด้วยการจำลองระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการ Windows ด้วยภาษา Microsoft Visual Basic (VB) อยู่ในรูปแบบ Window Applications และเพิ่มความสามารถให้ระบบจากแนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน การคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยานการบรรทุกสัมภาระได้ทั้งเครื่องการขนส่งทางอากาศ เพื่อให้เกิดการพัฒนาและจัดลำดับทางเลือกที่สามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินงานที่เหมาะสมได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

ดำเนินการวิจัยด้วยการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาคำตอบการวิจัยด้วยการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน นำแนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน มาเพิ่มความสามารถในระบบคำนวณ เพื่อนำเสนอทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจ เกิดวิธีการที่มีความเหมาะสมในคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน

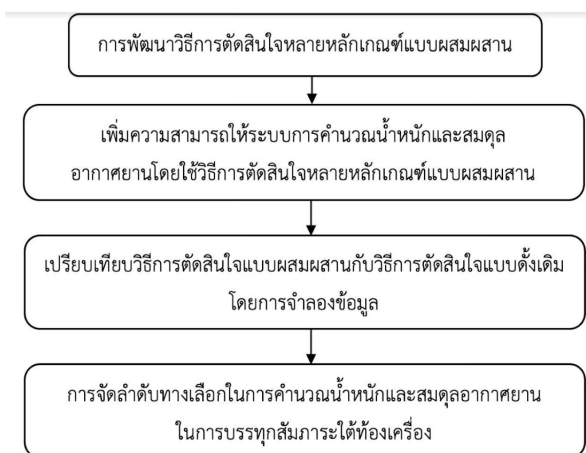
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน ด้วยการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาคำตอบการวิจัยเพิ่มความสามารถในระบบการคำนวณเพื่อนำเสนอทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจในวิธีการที่มีความเหมาะสมที่สุดแบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้



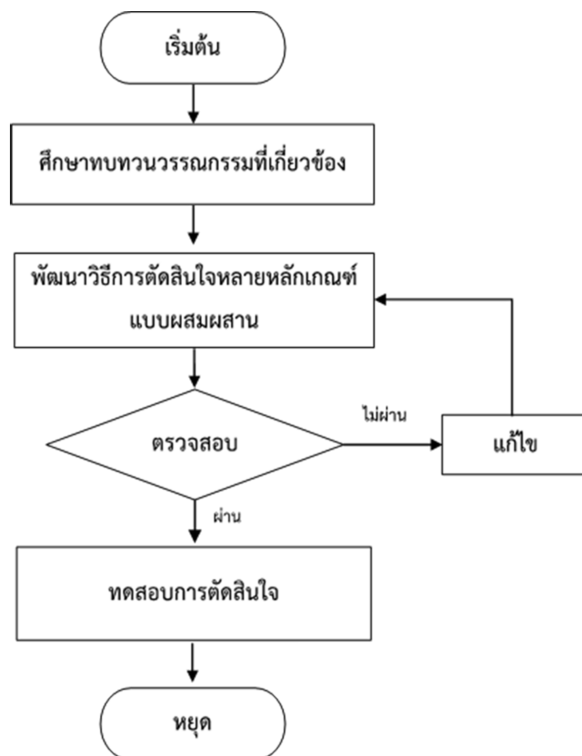
ภาพ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในภาพรวม

ระยะที่ 1 การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน



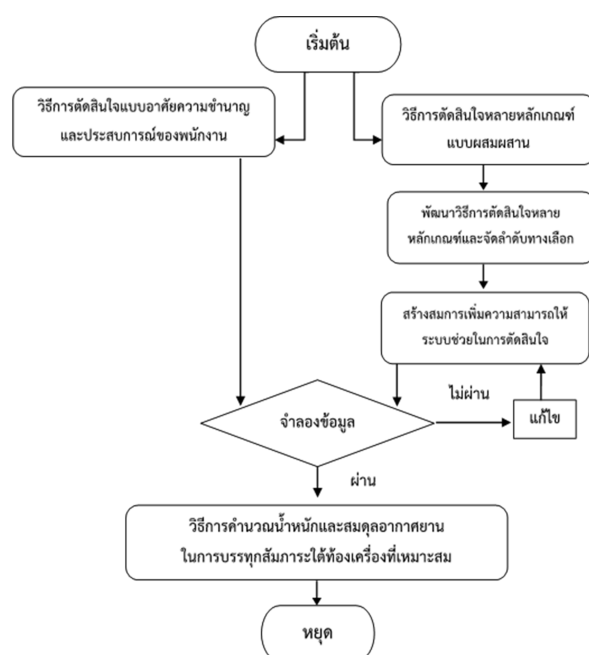
ภาพ 4 การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

ระยะที่ 2 การเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานโดยใช้วิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์



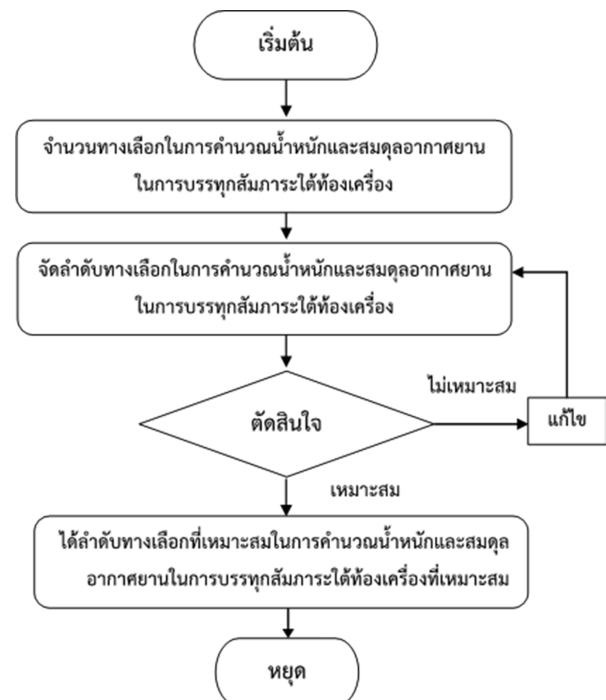
ภาพ 5 การเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน

ระยะที่ 3 การเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบผสมผสานกับวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม โดยการจำลองข้อมูล



ภาพ 6 การเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบผสมผสานกับวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม

ระยะที่ 4 การจัดลำดับทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระได้ทั้งเครื่อง



ภาพ 7 การจัดลำดับทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน

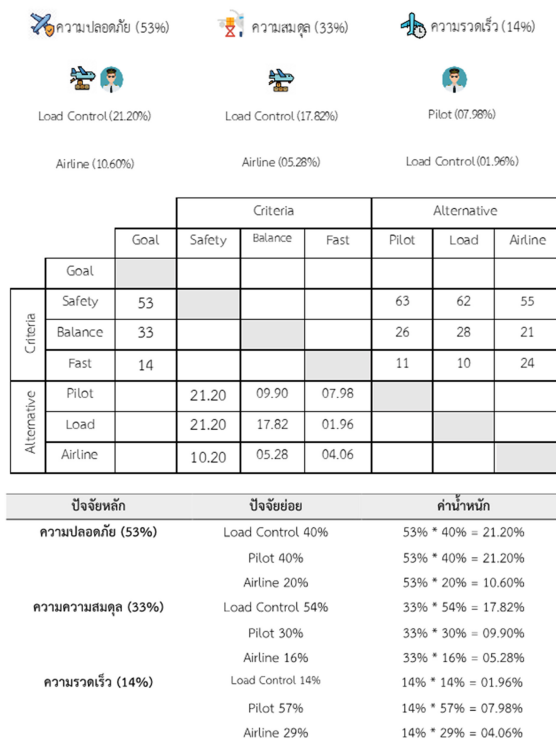
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พัฒนาเพิ่มความสามารถด้วยโปรแกรมประยุกต์ Microsoft Visual Basic for Application โปรแกรมตารางงาน Microsoft Excel และเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ประกอบด้วย นักบิน พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน และพนักงานสายการบิน ที่รับผิดชอบเที่ยวบินจริงร่วมกัน ด้วยแบบสัมภาษณ์ (interview method) จำนวน 3 ครั้ง เพื่อให้การเก็บรวบรวมมีความคงที่มากที่สุด ก่อนการพัฒนาโปรแกรม และหลังการพัฒนาโปรแกรมได้ดำเนินการให้ทดลองใช้ และเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัย

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1: ผลการพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

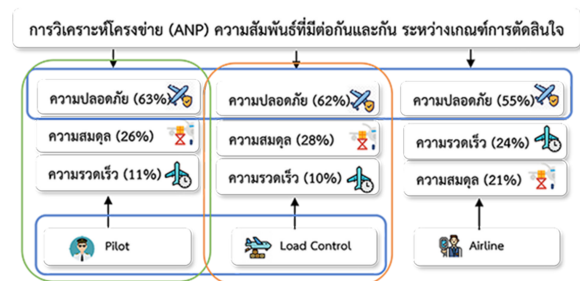
ปัจจัยในการเลือกตัดสินใจตามลำดับขั้น (AHP) ขั้นตอนการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องอากาศยาน



ภาพ 8 การจัดลำดับการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ในการจัดวางน้ำหนัก พื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่อง ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (AHP)

จากภาพ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น (AHP) ในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ในการจัดลำดับความสำคัญเพื่อประกอบการตัดสินใจ ขั้นตอนการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่อง โดยมีปัจจัยหลักที่สำคัญในการตัดสินใจ 3 ด้าน คือ ความปลอดภัย ความสมดุล ความรวดเร็ว และปัจจัยย่อยที่มีความเกี่ยวข้องในด้านการทำงานร่วมกัน คือ (1) นักบิน (2) พนักงานงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน (3) พนักงานสายการบิน ผลการวิจัยพบว่า การจัดลำดับที่เหมาะสมในการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่อง อันดับ 1 ด้านความปลอดภัย มีค่าน้ำหนัก 53% นักบินและพนักงานควบคุมน้ำหนักให้ค่าน้ำหนัก 42.40% ไปในทิศทางเดียวกัน อันดับ 2 ความสมดุล 33% เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อจุดศูนย์ถ่วง (center of gravity) ของโครงสร้างอากาศยาน หากในขั้นตอนการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่องเกิดความไม่สมดุลย่อมส่งผลต่อการบินขึ้น (takeoff) และลงจอด

(landing) อาจเกิดอันตรายในการขนส่งทางอากาศได้ นักบินและพนักงานควบคุมน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักรวมกัน 27.72% และอันดับ 3 ความรวดเร็ว มีค่าน้ำหนัก 14% สะท้อนผลการวิจัยนี้ว่า นักบินและสายการบินให้ความสำคัญเรื่อง ความรวดเร็วมีน้ำหนักรวมกัน 12.04% ดังนั้นการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นที่ดีที่สุดในการวิจัยนี้ คือ ด้านความปลอดภัย มีความสำคัญสูงสุด การตัดสินใจโดยอาศัยเพียงประสบการณ์จากการทำงานอาจเกิดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ได้



ภาพ 9 การวิเคราะห์โครงข่ายความสัมพันธ์

จากภาพ 9 แผนผังการวิเคราะห์โครงข่าย (ANP) การให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ที่มีต่อกันและกัน ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจ พบว่า เกณฑ์ (ความปลอดภัย ความสมดุลความเร็ว) ในการให้น้ำหนักการตัดสินใจการบรรทุกสัมภาระใต้ห้องเครื่อง มีลักษณะเชิงโครงข่ายที่มีความสัมพันธ์กันโดยทางเลือก (นักบิน พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน พนักงานสายการบิน) ให้ค่าน้ำหนักในการตัดสินใจสำคัญที่สุด คือ ด้านความปลอดภัย (safety) และผลจากการให้ค่าน้ำหนักในการเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจตามลำดับขั้นของนักบินและพนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยานมีลักษณะการตัดสินใจให้ค่าน้ำหนักในการจัดลำดับความสำคัญไปในทิศทางเดียวกันโดยเรียงลำดับการให้ค่าน้ำหนักการตัดสินใจที่สำคัญที่สุด คือ (1) ด้านความปลอดภัย (safety) (2) ด้านความสมดุล (balance) (3) ด้านความเร็ว (fast) ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงข่ายที่มีความสัมพันธ์กันในระดับเกณฑ์ และทางเลือกในการทำงานร่วมกัน

การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย (Interview Method)

Capacities Narrow Body 320	Narrow Body 320 Compartment 9435kg			
	FWD Comp	AFD Comp	comp 4	Bulk Comp
	comp 1	comp 3	comp 4	comp 5
	3402kg (36%)	2426kg (26%)	2110kg (22%)	1497kg (16%)

A 320 (Lower deck)

Key Informants	Baggage	Baggage or Cargo	Spare
Interview (1)			(Safety / Balance / Fast)
Key Informants (A)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%) Spare (16%)
Key Informants (B)	Baggage (36%)	Baggage (26%)	Cargo (22%) Spare (16%)
Key Informants (C)	Cargo (36%)	Cargo or Baggage (48%)	Spare (16%)
Interview (2)			(Safety / Balance / Fast)
Key Informants (A)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%) Spare (16%)
Key Informants (B)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%) Spare (16%)
Key Informants (C)	Cargo (36%)	Cargo or Baggage (48%)	Spare (16%)
Interview (3)			(Safety / Balance / Fast)
Key Informants (A)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%) Spare (16%)
Key Informants (B)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%) Spare (16%)
Key Informants (C)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%) Spare (16%)

Key Informants A: Pilot | Key Informants B: Load Control Operation | Key Informants C: Airline

ภาพ 10 การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย

จากภาพ 10 ตารางการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ทั้ง 3 รอบ Key Informants A ยืนยันว่าการบรรทุกและจัดวางให้เหตุผลในการจัดวางสัมภาระผู้โดยสาร (baggage) ในพื้นที่บรรทุกใต้ท้องเครื่องบินด้านหลัง (comp3-4) เนื่องจากการทำธุรกิจการบินพาณิชย์ในการขนส่งผู้โดยสารนั้น สัมภาระผู้โดยสารเป็นน้ำหนักการบรรทุกหลักมีน้ำหนักมากทุกไฟล์ทบิน รองลงมาจะเป็นสินค้า (cargo) ซึ่งจะถูกจัดวางในพื้นที่บรรทุกส่วนหน้า (comp1) เพื่อให้เกิดสมดุลของอากาศยานทั้งด้านหน้าและด้านหลังให้เป็นไปตามระเบียบการแยกประเภทสัมภาระผู้โดยสารจะไม่ถูกสิ่งบรรทุกอื่น ๆ ปิดกั้นในการจัดวางเกิดความสะดวกรวดเร็วมากที่สุดในการขนย้าย ในส่วนพื้นที่บรรทุกด้านท้ายจะไม่มีการบรรทุกสัมภาระใด ๆ เพิ่มเนื่องจากมีอุปกรณ์บริการต่าง ๆ รวมถึงอะไหล่ที่จำเป็นของอากาศยานถูกจัดวางอยู่เป็นพื้นที่ส่วนที่แคบที่สุดของอากาศยาน โดยการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขน้ำหนักที่สามารถทำการบรรทุกบินขึ้นและลงจอดได้ตามค่าจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานที่เน้นด้านความปลอดภัยและ

ได้ระดับความสมดุลของอากาศยาน Key Informants B และ C ยืนยันการให้ข้อมูลในรอบ 3 ยอมรับในแนวความคิดการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานหลักการการบรรทุกและจัดวางสัมภาระใต้ท้องเครื่องของ Key Informants A

ดังนั้นผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้ข้อมูลในรอบที่ 3 จากการสัมภาษณ์ Key Informants A-C มีแนวความคิดการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานหลักการการบรรทุกและจัดวางสินค้าและสัมภาระผู้โดยสารใต้ท้องเครื่อง อากาศยานลำตัวแคบในทิศทางเดียวกันและมีความคงที่ของข้อมูล

ตอนที่ 2: ผลการพัฒนาเพิ่มความสามารถให้ระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง โดยใช้แนวคิดวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

ภาพ 11 การจำลองระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นบนในรูปแบบ Window Applications

เมื่อได้ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน แบบ MCDM Method (AHP & ANP) + Methods (in-dept interview) จากตอนที่ 1 ผู้เขียนบทความได้นำผลการวิจัยดังกล่าว มาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นบนในรูปแบบ Window Applications โดยรูปแบบดังเดิมนั้นผู้ดำเนินงานต้องคำนวณจากประสบการณ์ของตนเอง ใน

ระบบคำนวณน้ำหนักสมดุลอากาศยานและจัดวางสัมภาระได้เครื่องเป็นรูปแบบใหม่ คือ ระบบการคิดคำนวณและจัดวางแบบอัตโนมัติ (main calculation) ภายใต้แนวคิดจากผลการวิจัยการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานให้มีความปลอดภัยสามารถนำเสนอทางเลือกให้กับผู้ดำเนินงานได้ตัดสินใจเลือกได้อย่างเหมาะสม โดยมีขั้นตอนและเงื่อนไขการพัฒนาและเพิ่มความสามารถให้ระบบ ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ระบบในรูปแบบเดิม ผู้เขียนบทความพัฒนาระบบเพิ่มความสามารถรูปแบบใหม่ โดยสามารถแยกน้ำหนักตามประเภทการบรรทุกสัมภาระในการขนส่งทางอากาศ ประกอบด้วย สัมภาระ (baggage) และสินค้า (cargo) ให้สามารถจัดวางในพื้นที่ที่มีความจุน้ำหนักรวม 9435 กิโลกรัม ตามโครงสร้างอากาศยานประเภทลำตัวแคบ ที่มีห้องจัดเก็บสัมภาระ (compartments) 3 ส่วน คือ ส่วนหน้า (FWD compartments) ส่วนหลัง (AFT compartments) และส่วนท้าย (Bulk compartment)

2) ผลการวิเคราะห์การทำงานรูปแบบเดิม ผู้เขียนบทความเพิ่มฟังก์ชันให้มีความสำคัญอันดับแรก (priority first) ในการจัดวางการบรรทุกประเภทสินค้า (cargo) กำหนดเงื่อนไขให้ระบบคำนวณน้ำหนักและอากาศยานมีพื้นที่จัดเก็บสัมภาระได้ต้องเครื่องส่วนหน้า มีความจุสามารถรับน้ำหนักรวมไม่เกิน 3,402 กิโลกรัม พื้นที่จัดเก็บสัมภาระส่วนนี้เรียกว่า “Comp1”

3) ผลการวิเคราะห์การทำงานรูปแบบเดิมมีผู้เขียนบทความเพิ่มฟังก์ชันให้มีความสำคัญอันดับแรก (priority first) ในการจัดวางการบรรทุกประเภทสัมภาระผู้โดยสาร (baggage) กำหนดเงื่อนไขให้ระบบคำนวณน้ำหนักและอากาศยานมีพื้นที่จัดเก็บสัมภาระได้ต้องเครื่องส่วนหลัง มีความจุสามารถรับน้ำหนักรวมไม่เกิน 4,536 กิโลกรัม เป็นพื้นที่จัดเก็บสัมภาระที่สามารถรับน้ำหนักการบรรทุกได้มากที่สุด พื้นที่จัดเก็บสัมภาระส่วนหลังแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่จัดเก็บสัมภาระอยู่ถัดจากปีกของอากาศยานและอยู่ด้านหลัง Comp1 เรียกว่า Comp3 มีความจุรับน้ำหนักรวมไม่เกิน 2,426 กิโลกรัม และพื้นที่จัดเก็บสัมภาระอยู่หลัง Comp3 เรียกว่า Comp4 มีความจุรับน้ำหนักรวมไม่เกิน 2,110 กิโลกรัม

4) ผลจากการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยจากตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลัก

เกณฑ์แบบผสมผสาน กำหนดเงื่อนไขตามการให้ค่าน้ำหนักที่สำคัญสุดเป็นลำดับ 1 คือ ด้านความปลอดภัย (safety) กำหนดให้ระบบสามารถแยกประเภท สัมภาระผู้โดยสาร และคำนวณน้ำหนักในการจัดวางอยู่ในพื้นที่ส่วนหลังของอากาศยาน คือ พื้นที่ที่มีความจุสูงสุดตามโครงสร้างอากาศยาน เนื่องจากอากาศยานประเภทลำตัวแคบ สิ่งที่ต้องบรรทุกได้ต้องเครื่องมากที่สุด คือ สัมภาระผู้โดยสาร (baggage) จากการให้บริการขนส่งทางอากาศเชิงพาณิชย์จากต้นทางไปยังปลายทางที่กำหนด โดยให้ระบบกำหนดค่าความสำคัญในการจัดวางลำดับแรกที่พื้นที่ Comp4 เป็นสัมภาระผู้โดยสารประเภทเดียวกันทั้งหมด สัมภาระผู้โดยสารจะต้องไม่ถูกจัดวางให้อยู่ในพื้นที่ที่มีสินค้ามาปิดกั้นในการเคลื่อนย้าย เพื่อความปลอดภัย ต้องสามารถเคลื่อนย้ายสัมภาระผู้โดยสารออกจากพื้นที่ได้ต้องเครื่องเป็นอันดับแรก เมื่อเดินทางถึงปลายทาง

5) ผลจากการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยจากตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน กำหนดเงื่อนไขตามการให้ค่าน้ำหนักที่สำคัญลำดับ 2 คือ ด้านความสมดุล (balance) กำหนดให้ระบบสามารถแยกประเภทสินค้า (cargo) และคำนวณน้ำหนักในการจัดวางอยู่ในพื้นที่ส่วนหน้าของอากาศยาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความจุน้อยกว่า พื้นที่อากาศยานส่วนหลัง ซึ่งการบรรทุกประเภทสินค้านั้นจะมีจำนวนน้อยกว่าสัมภาระผู้โดยสาร ในการขนส่งทางอากาศเชิงพาณิชย์ที่ให้บริการโดยเน้นผู้โดยสารเป็นหลัก โดยให้ระบบกำหนดค่าความสำคัญในการจัดวางลำดับแรกที่พื้นที่ Comp1 เป็นสินค้าผู้โดยสารเป็นหลัก เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างสินค้าที่ได้บรรทุกได้ต้องเครื่องส่วนหน้ากับสัมภาระผู้โดยสารที่ได้บรรทุกได้ต้องเครื่องส่วนหลัง ตามโครงสร้างน้ำหนักของอากาศยานและค่าน้ำหนักที่มีความสมดุลเหมาะสมต่อจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity--CG) ต่อการบรรทุกสัมภาระได้ต้องเครื่องในการขนส่งทางอากาศ

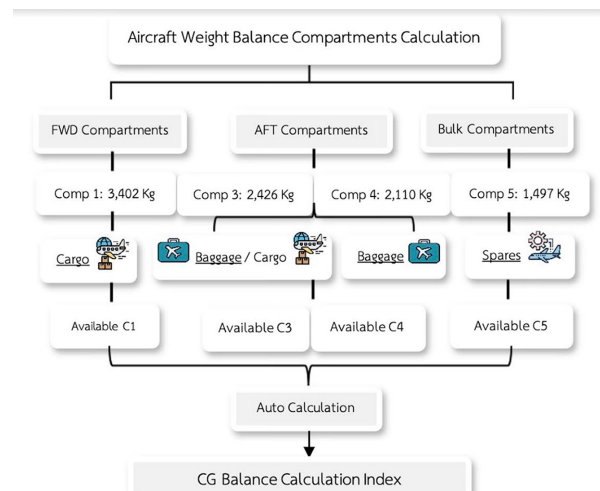
6) ผลจากการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยจากตอนที่ 1 กำหนดเงื่อนไขตามการให้ค่าน้ำหนักที่สำคัญ ลำดับ 3 คือ ด้านความเร็ว (fast) ระบบจะถูกพัฒนาในเรื่องของการคำนวณน้ำหนักเป็นแบบอัตโนมัติเพื่อลดข้อผิดพลาดในการคำนวณและลดการดำเนินงานที่

เข้าซ้อนในการดำเนินงานในรูปแบบเดิมที่ต้องแข่งขันกับเวลา หากเกินจากเวลาที่กำหนดย่อมมีผลกระทบต่อต้นทุนของสายการบิน ซึ่งมีเงื่อนไขข้อกำหนดของการปรับเปลี่ยนการจัดวางน้ำหนักที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ (last-minute change) ในทุกเที่ยวบินที่มีการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ก่อนที่เครื่องจะทำการบินขึ้น (takeoff) เพื่อลดความผิดพลาดในการดำเนินงานในเวลาจำกัด สร้างความรวดเร็วในการดำเนินการมากยิ่งขึ้น โดยกำหนดให้ระบบช่วยแสดงทางเลือกนอกเหนือจากเงื่อนไขที่กำหนด ตามเงื่อนไข ดังนี้

ตอนที่ 3: ผลการเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิมกับวิธีการตัดสินใจแบบผสมผสาน

ผลการเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม (manual) ไม่มีรูปแบบในการดำเนินการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานแบบชัดเจน พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศ มีวิธีการคำนวณและการจัดวางจากประสบการณ์ในการดำเนินงานตามภาระรับผิดชอบ นำมาซึ่งการแก้ไขการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานใหม่ ในบางครั้งหากน้ำหนักมีความผิดพลาด ส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนการจัดวางในช่วงเวลาดำเนินงานซึ่งมีเวลาจำกัด และส่งผลกระทบได้อย่างเป็นวงกว้างต่อภาพลักษณ์องค์กรทั้งในระดับภาคพื้นเชื่อมต่อการปฏิบัติการบินทางอากาศได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานโดยใช้แนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน มาสร้างเป็นระบบอัตโนมัติในการคำนวณน้ำหนักและจัดวาง สามารถนำเสนอทางเลือกเพื่อประกอบการตัดสินใจ ตามน้ำหนักของสัมภาระและสินค้ากับพื้นที่จัดวางใต้ท้องเครื่อง แบบอากาศยานลำตัวแคบ (narrow body) ในรุ่นแอร์บัส (Airbus A320-200) ได้ จำนวน 647 รูปแบบ ตามเกณฑ์ค่าน้ำหนักที่ให้ความสำคัญตามลำดับขั้นการตัดสินใจ ประกอบด้วย (1) ด้านความปลอดภัย (2) ด้านความสมดุล (3) ด้านความรวดเร็ว ซึ่งผู้ดำเนินงานทั้ง 3 ฝ่ายสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวมาประกอบการดำเนินงาน ได้ลดความเสี่ยง และความผิดพลาดในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน สามารถจัดวางน้ำหนักของสินค้าและ

สัมภาระผู้โดยสารได้ตามค่าดัชนีมาตรฐานจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานประเภทลำตัวแคบได้



ภาพ 12 ระบบคำนวณน้ำหนักสมดุลอากาศยานและจัดวางสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ที่มีการพัฒนาและเพิ่มความสามารถ

ตอนที่ 4: ผลการจัดลำดับทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ด้วยวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

ตาราง 1

การจัดลำดับ 1-19 ทางเลือก ระบบคำนวณน้ำหนักสมดุลอากาศยานและจัดวางสัมภาระ

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
1	3000	46	n/a	<500	47	1497	✓	✓	✓
	3100	45	n/a	<500	46	1497	✓	✓	✓
	3200	44	n/a	<500	45	1497	✓	✓	✓
	3300	44	n/a	<500	45	1497	✓	✓	✓
	3400	43	n/a	<500	45	1497	✓	✓	✓
2	2900	46	n/a	600	47	1497	✓	✓	✓
	3000	46	n/a	600	47	1497	✓	✓	✓
	3100	45	n/a	600	46	1497	✓	✓	✓
	3200	44	n/a	600	45	1497	✓	✓	✓
	3300	44	n/a	600	45	1497	✓	✓	✓

ตาราง 1 (ต่อ)

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
3	2800	48	n/a	700	49	1497	✓	✓	✓
	2900	47	n/a	700	48	1497	✓	✓	✓
	3000	47	n/a	700	48	1497	✓	✓	✓
	3100	46	n/a	700	47	1497	✓	✓	✓
	3200	45	n/a	700	46	1497	✓	✓	✓
4	2700	50	n/a	800	51	1497	✓	✓	✓
	2800	49	n/a	800	50	1497	✓	✓	✓
	2900	48	n/a	800	49	1497	✓	✓	✓
	3000	48	n/a	800	49	1497	✓	✓	✓
	3100	47	n/a	800	48	1497	✓	✓	✓
5	2600	51	n/a	900	52	1497	✓	✓	✓
	2700	51	n/a	900	52	1497	✓	✓	✓
	2800	50	n/a	900	51	1497	✓	✓	✓
	2900	49	n/a	900	50	1497	✓	✓	✓
	3000	49	n/a	900	50	1497	✓	✓	✓
6	2500	52	n/a	1000	53	1497	✓	✓	✓
	2600	51	n/a	1000	52	1497	✓	✓	✓
	2700	51	n/a	1000	52	1497	✓	✓	✓
	2800	50	n/a	1000	51	1497	✓	✓	✓
	2900	49	n/a	1000	50	1497	✓	✓	✓
7	2400	54	n/a	1100	55	1497	✓	✓	✓
	2500	53	n/a	1100	54	1497	✓	✓	✓
	2600	52	n/a	1100	53	1497	✓	✓	✓
	2700	52	n/a	1100	53	1497	✓	✓	✓
	2800	51	n/a	1100	52	1497	✓	✓	✓
8	2300	55	n/a	1200	56	1497	✓	✓	✓
	2400	55	n/a	1200	56	1497	✓	✓	✓
	2500	54	n/a	1200	55	1497	✓	✓	✓
	2600	53	n/a	1200	54	1497	✓	✓	✓
	2700	53	n/a	1200	54	1497	✓	✓	✓

ตาราง 1 (ต่อ)

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
9	2200	57	n/a	1300	58	1497	✓	✓	✓
	2300	56	n/a	1300	57	1497	✓	✓	✓
	2400	56	n/a	1300	57	1497	✓	✓	✓
	2500	55	n/a	1300	56	1497	✓	✓	✓
	2600	54	n/a	1300	55	1497	✓	✓	✓
10	2100	58	n/a	1400	59	1497	✓	✓	✓
	2200	57	n/a	1400	58	1497	✓	✓	✓
	2300	56	n/a	1400	57	1497	✓	✓	✓
	2400	56	n/a	1400	57	1497	✓	✓	✓
	2500	55	n/a	1400	56	1497	✓	✓	✓
11	2000	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2100	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2000	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2100	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2200	58	n/a	1500	59	1497	✓	✓	✓
12	1900	61	n/a	1600	62	1497	✓	✓	✓
	2000	60	n/a	1600	61	1497	✓	✓	✓
	2100	60	n/a	1600	61	1497	✓	✓	✓
	2200	59	n/a	1600	60	1497	✓	✓	✓
	2300	58	n/a	1600	59	1497	✓	✓	✓
13	1900	62	n/a	1700	63	1497	✓	✓	✓
	2000	61	n/a	1700	62	1497	✓	✓	✓
	2100	61	n/a	1700	62	1497	✓	✓	✓
	2200	60	n/a	1700	61	1497	✓	✓	✓
	2300	59	n/a	1700	60	1497	✓	✓	✓
14	1700	63	n/a	1800	64	1497	✓	✓	✓
	1800	62	n/a	1800	63	1497	✓	✓	✓
	1900	62	n/a	1800	63	1497	✓	✓	✓
	2000	61	n/a	1800	62	1497	✓	✓	✓
	2100	61	n/a	1800	62	1497	✓	✓	✓

ตาราง 1 (ต่อ)

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
15	1600	65	n/a	1900	66	1497	✓	✓	✓
	1700	64	n/a	1900	65	1497	✓	✓	✓
	1800	63	n/a	1900	64	1497	✓	✓	✓
	1900	63	n/a	1900	64	1497	✓	✓	✓
	2000	62	n/a	1900	63	1497	✓	✓	✓
16	1500	66	n/a	2000	67	1497	✓	✓	✓
	1600	66	n/a	2000	67	1497	✓	✓	✓
	1700	65	n/a	2000	66	1497	✓	✓	✓
	1800	64	n/a	2000	65	1497	✓	✓	✓
	1900	64	n/a	2000	65	1497	✓	✓	✓
17	1400	68	n/a	2100	69	1497	✓	✓	✓
	1500	67	n/a	2100	68	1497	✓	✓	✓
	1600	67	n/a	2100	68	1497	✓	✓	✓
	1700	66	n/a	2100	67	1497	✓	✓	✓
	1800	65	n/a	2100	66	1497	✓	✓	✓
18	1300	69	n/a	2110	70	1497	✓	✓	✓
	1400	68	n/a	2110	69	1497	✓	✓	✓
	1500	67	n/a	2110	68	1497	✓	✓	✓
	1600	67	n/a	2110	68	1497	✓	✓	✓
	1700	66	n/a	2110	67	1497	✓	✓	✓
19	n/a	82	1300	2110	83	1497	✓	✓	✓
	n/a	83	1400	2110	84	1497	✓	✓	✓
	n/a	83	1500	2110	84	1497	✓	✓	✓
	n/a	83	1600	2110	84	1497	✓	✓	✓
	n/a	84	1700	2110	85	1497	✓	✓	✓

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สิ่งที่ค้นพบจากการวิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1) วิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ได้พัฒนาจากแนวคิดการตัดสินใจของผู้รับผิดชอบภาระงานการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ประกอบด้วย นักบิน

พนักงานควบคุมน้ำหนักฯ พนักงานสายการบิน เพื่อนำแนวคิดไปเพิ่มความสามารถให้ระบบโดยประยุกต์ จากวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เรียงลำดับตามค่าน้ำหนักความสำคัญ (1) ความปลอดภัย (2) ความรวดเร็ว (3) ความสมดุล ในการคำนวณและจัดวาง นำเทคนิคเชิงโครงข่าย (ANP) มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการดำเนินงานของนักบินพนักงานควบคุมน้ำหนัก ฯ ส่งผลในทิศทางเดียวกันในการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น การเลือกรูปแบบการขนส่งทางอากาศทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกา (Somsuk et al., 2021) จากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยเครื่องมือแบบสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและคงที่ นักบินซึ่งมีอำนาจตัดสินใจสุดท้ายก่อนทำการบินให้ความสำคัญกับ “ค่าน้ำหนักที่อยู่ในระดับความพึงพอใจในต่อปฏิบัติการบิน และค่าน้ำหนักในระดับที่สามารถช่วยในการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย” โดยค่าน้ำหนักมีความสมดุลต่อค่าจุดศูนย์ถ่วงอากาศยาน (CG) ตรงต่อเวลาและรวดเร็ว มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sirirak et al., 2021) ที่สรุปว่า การดำเนินงานวิจัยหากปัญหามีความซับซ้อน หลากหลายควรเลือกวิธีการวิจัยแบบผสมผสาน มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับบทความของ Zavadskas et al. (2016) ที่กล่าวว่า การนำวิธีการ MCDM Method มารวมกับวิธีการอื่น ๆ (other methods) จะเพิ่มความสามารถในกระบวนการวิจัยและลดข้อจำกัดต่าง ๆ ในการดำเนินงานได้ดียิ่งขึ้น

2) การเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ด้วยวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ตามรูปแบบโครงสร้างการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานแบบดั้งเดิม (manual method) ถูกพัฒนาขึ้นใหม่ ด้วยโปรแกรมประยุกต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม โดยผู้ใช้งานสามารถคำนวณในรูปแบบอัตโนมัติที่เพิ่มความแม่นยำและลดความผิดพลาด มีสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nontasud et al. (2021) ในเรื่องของการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับสร้างเครื่องมือช่วยแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางเพิ่มความรู้ความเข้าใจและสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องกว่าการคำนวณด้วยวิธี Manual เพียงอย่างเดียว สิ่งค้นพบจากการเพิ่มความสามารถนี้ ระบบสามารถอำนวยความสะดวกแยกประเภทสินค้า สัมภาระลดระยะเวลาในการคำนวณต่อการดำเนินงานได้ 20 นาทีต่อหนึ่งเที่ยวบิน ลดขั้นตอน

ในการจัดวางลงพื้นที่ใต้ท้องเครื่อง 10-20 นาที กรณีต้องจัดวางสินค้าและสัมภาระใหม่ (last minutes changes) ก่อนทำการบินสามารถประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายของสายการบินได้ 40,000 บาทต่อนาที (cost reduction) กรณีเกิดเที่ยวบินล่าช้า (delay flight) (Airport of Thailand, 2021) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gertsuk et al. (2000) วิธีการคำนวณของอากาศยานโดยสารในปัจจุบันมีความซับซ้อน ข้อมูลมีจำนวนมากมีความยุ่งยากในการจัดเรียง ห้องจัดเก็บสัมภาระมีความแตกต่าง ไม่สะดวกต่อการคำนวณและเรียกใช้ข้อมูล ในอนาคตควรสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณ เพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว ในการดำเนินงาน

3) การเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid MCDM) เป็นวิธีที่สามารถนำเสนอทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจได้มากกว่าวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม (manual method) โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณของอากาศยานโดยสารพาณิชย์ Gertsuk et al. (2000) ผลงานวิจัยนี้ค้นพบว่า การใช้การคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกใต้ท้องเครื่องในรูปแบบอัตโนมัติสามารถรองรับการคำนวณได้มากถึง 647 รูปแบบ ตามค่าน้ำหนักให้ความสำคัญความปลอดภัย ความสมดุล ความรวดเร็ว เรียงลำดับจากค่าน้ำหนักขั้นต่ำสุดไปถึงเต็มความจุในแต่ละพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ทั้งในส่วนหน้าและส่วนหลังของอากาศยาน (compartments) และงานวิจัยนี้ยังค้นพบว่ารูปแบบการคำนวณและการจัดวางสินค้าและสัมภาระแบบแยกประเภทได้ จำนวน 247 รูปแบบ มีค่าดัชนีความสมดุลต่อจุดศูนย์ถ่วงอากาศยาน (CG) เป็นไปตามค่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยตามโครงสร้างอากาศยาน ค่าความพึงพอใจในการปฏิบัติการบิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aumnuaiworachai et al. (2021) กล่าวว่า ก่อนการปฏิบัติการบินเพื่อทราบส่งผู้โดยสารและสินค้า สิ่งสำคัญที่สุดต้องคำนึงถึง คือ ความปลอดภัย ดังนั้นทุกเที่ยวบินจำเป็นต้องวางแผนการบินก่อนปฏิบัติการบิน ส่วนหนึ่งที่สำคัญคือ ขั้นตอนการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและการร่อนลง หากเปรียบเทียบกับวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิมนั้น การคำนวณและการจัดวางสัมภาระในการบรรทุก ไม่มีรูปแบบและแนวทางที่ชัดเจนให้ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ ต้องอาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์การ

ทำงานจนเกิดเป็นความเชี่ยวชาญของแต่ละบุคคลซึ่งอาจเกิดความเสี่ยงที่เกิดจากข้อผิดพลาดของมนุษย์ (human error) ได้ตลอดเวลา และอาจจะไม่ใช่วิธีที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการดำเนินงาน และสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันได้

4) การจัดลำดับทางเลือกในการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง พบว่าระบบสามารถช่วยสนับสนุนและเป็นทางเลือกประกอบการตัดสินใจได้ สิ่งที่ค้นพบจากการเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องนั้น สามารถจัดลำดับทางเลือกได้ถึง 19 ลำดับ รวม 247 รูปแบบ จัดเรียงตามลำดับค่าน้ำหนักขั้นต่ำจนกระทั่งเต็มความจุในพื้นที่จัดวางสัมภาระทั้งส่วนหน้า และส่วนหลังอากาศยาน ที่มีค่ามาตรฐานความปลอดภัย (safety) ความพึงพอใจ (satisfied) ในการปฏิบัติการบิน และประหยัดค่าใช้จ่าย (save cost) สามารถช่วยลดต้นทุนให้กับองค์กร โดยมีค่ามาตรฐานที่สำคัญอยู่ในระดับความสมดุลอากาศยานต่อค่าดัชนีจุดศูนย์ถ่วงอากาศยาน (Center of Gravity--CG) สามารถคำนวณค่าน้ำหนักการบรรทุกและจัดวางแบบแยกประเภท สินค้า สัมภาระผู้โดยสารและน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานในการบินขึ้น (Maximum Takeoff Weight--MTOW) และลงจอดได้ (Maximum Landing Weight--MLW) อีกทั้งยังสามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้ได้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้อง เหมาะสม และตรงกับความต้องการของผู้รับผิดชอบมากยิ่งขึ้น

5) สรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ หลังจากพัฒนาระบบและทดลองใช้งานจากทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า (1) กลุ่ม Key Informants A มีความเข้าใจในการคำนวณน้ำหนักและหลักการจัดวางอัตโนมัติ เพิ่มแนวทางในการคำนวณเป็นทางเลือกให้เกิดความรวดเร็วเพิ่มมากขึ้น ลดการทำงานซ้ำซ้อนในการจัดวางใหม่ (2) กลุ่ม Key Informants B มีความพึงพอใจในการนำเสนอทางเลือกตามแนวคิดการคำนวณและจัดวางในรูปแบบอัตโนมัติ สามารถกระจายภาระงานได้ อีกทั้งลดความเสี่ยงข้อผิดพลาดในการขนย้ายเมื่อต้องดำเนินงานที่ระยะเวลาจำกัดได้ (3) กลุ่ม Key Informants C มีแนวคิดเกี่ยวกับ

ทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานนั้นสามารถช่วยให้ กลุ่ม Key Informants A-B ที่ปฏิบัติงานภาคพื้นสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นลดความกดดันในการทำงานร่วมกันได้

Key Informants A: Pilot | Key Informants B: Load Control Operation | Key Informants C: Airline

เพื่อคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง เป็นการพัฒนาระบบปฏิบัติการ Windows ในรูปแบบ Window Applications เท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาและพัฒนาในรูปแบบ ระบบแอปพลิเคชัน (application system) ที่สามารถเชื่อมต่อการทำงานด้วยเทคโนโลยีไอโอที (internet of things) ที่สามารถเชื่อมต่อทั้งระบบและอุปกรณ์ได้อย่างครบวงจร

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้พัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid MCDM) ในการขนส่งทางอากาศ



References

- Airbus. (2020). *Aircraft characteristics airport and maintenance planning*. Retrieved from <https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-11/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A320.pdf>
- Aksornkitti, B., & Santisiri, W. (2021). The analysis causes of error and find its prevention in air cargo operation document. *Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation*, 32(2), 18,916-18,922.
- Aumnuaivorachai, K., Vongviwat, P., & Kongsomboon, P. (2021). Takeoff and landing weight calculation for B737-800 aircraft before flight operation. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 29-45 (in Thai)
- Chutima, P., & Srivicha, V. (2011). Development of natural gas service quality guidelines for retail using analytic network process. *Journal of Energy Research*, 8(2), 96-111. (in Thai)
- Gertsuk, T., Chaturthi, C., Boonsuwan, K., Chuensomboon, E., & Kumnuek, P. (2000). Software programming for commercial airplane weight and balance calculation. *Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference: Engineering, Agro-Industry* (pp. 49-58). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Emovon, I., & Oghenenyerovwho, O. S. (2020). Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. *Results in Materials*, 7, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100115>
- Liao, S., Wu, M., Huang, C., Kao, Y., & Lee, T. (2014). Evaluating and enhancing three-dimensional printing service providers for rapid prototyping using the DEMATEL based network process and VIKOR. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1-16. doi: 10.1155/2014/349348

- Nontasud, K., Vongviwat, P., Sommaneeduang, S., & Tansuriyawong, T. (2021). Loading instruction of commercial aircraft Boeing 737–800 with Microsoft Excel. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 196–204. (in Thai)
- Shyur, H., & Shih, H. (2006). A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling*, 44(8), 749–761. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2005.04.018>
- Somsuk, N., Pookboonmee, V., Huangsuwan, S., Sakulkrit, K., Nakha, S., & Saikhoone, S. (2021). Application of AHP Method to Cargo Airline Selection for Air Freight Forwarder. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 218–234. (in Thai)
- Sirirak, W., Jantakard, H., Luesak, P., Jinta-amornchai, K., Pinchaimoon, A., Sanguanpang, S., & Seeta, C. (2021). The selection and evaluation of supplier: A review and perspective. *RMUTL Engineering Journal*, 6(1), 38–56. (in Thai)
- Srivastawa, A., Maity, S. R., & Pandey, K. M. (2017). Material Selection of Gear using Grey TOPSIS and COPRAS-G Method. *International Journal of Biotechnology and Biomedical Science*, 3(1), 34–38. <https://citly.me/wBbHo>
- Tansirikongkol, V. (2014). *Advanced decision for organization process and public well-being*. Bangkok: Amrin Printing and Publishing Public Company Limited. (in Thai)
- Thanaraksakul, W. (2009). *Supplier selection criteria based on analytic network process: A case study in an automotive industry* (Research report). Pathum Thani: Thammasat University. (in Thai)
- Thongriew, T. (2018). *A heuristic method for a container loading problem* (Master's thesis). Silpakorn University. Nakhon Pathom. (in Thai)
- Tzeng, G-H., Cheng, H-J., & Huang, T. D. (2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery Systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.012>
- Yatsalo, B. I., Kiker, G. A., Kim, S. J., Bridges, T. S., Seager, T. P., Gardner, K., Satterstrom, F. K., & Linkov, I. (2007). Application of multicriteria decision analysis tools to two contaminated sediment case studies. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(2), 223–233. https://doi.org/10.1897/ieam_2006-036.1
- Zavadskas, E. K., Govindan, K., Antucheviciene, J., & Turskis, Z. (2016). Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 857–887, <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.123730>



การประยุกต์ใช้แนวทางคิวชีสตอรี่ในการปรับปรุงเพื่อลดของเสีย ในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวนพียูโฟม

Application of QC Story for Improving Defect Reduction of Polyurethane Foam Insulated Metal Roofing Sheet Production

พรศิริ จงกล¹ และวันชนะ แก้วแสนชัย¹

Pornsiri Jongkol¹ and Wunchana Kaewsanchai¹

¹สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

¹Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

Received: September 26, 2022

Revised: October 28, 2022

Accepted: November 2, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจและทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษากระบวนการทำงานและการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน (2) ศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน และ (3) ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไม่น้อยกว่า ร้อยละ 5 โดยการเก็บข้อมูลจำนวนการผลิตและของเสียย้อนหลัง 10 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2564 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง แล้ววิเคราะห์ปัญหาด้วยการประชุมระดมความคิดเห็นจากพนักงานโดยใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผล ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นจัดลำดับความสำคัญสาเหตุของปัญหาด้วยเกณฑ์ 3 ประการ คือ ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ความรุนแรงของปัญหา และความถี่ของการเกิดปัญหา เพื่อเลือกปัญหาที่ส่งผลให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตมากที่สุด แล้วจึงวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญห ผลการวิจัยพบว่า สาเหตุของปัญหาเกิดจาก คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และสภาพแวดล้อม การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขได้แก่ การใช้หลักการ Eliminate Combine Rearrange Simplify--ECRS การกรอกข้อมูลลงในใบตรวจสอบหลังการตรวจวัดงาน ภายหลังการปรับปรุงจึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลของเสียตั้งแต่เดือนธันวาคม 2564 ถึงเดือน มกราคม 2565 และนำข้อมูลภายหลังจากการปรับปรุงมาวิเคราะห์ผล ผลปรากฏว่า จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลง จากเดิมที่มีของเสียเฉลี่ย 889 เมตรต่อเดือน เหลือ 705 เมตรต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 20.7

คำสำคัญ: คิวชีสตอรี่ การปรับปรุง ของเสีย

Abstract

This study is a survey and experimental research. The objectives of this research were to: 1) study the working process and production of insulated metal roofing sheets; 2) study and analyze the causes of waste in the insulated metal roofing sheet production; and 3) reduce waste generated in the production process by at least 5%. Waste data were collected from January 2021 to October 2021 before improvement. To solve the waste problem, employee brainstorming was carried out, and a causes and effect diagram was used as a tool. Then, causes of problems were prioritized using three factors: the likelihood of a solution, the severity of the problem, and the frequency of the problem. Problems that resulted in the most waste in the production process were selected for improvement. The results showed that the causes of the problem were man, machine, raw materials, and environment. Several methods were used to solve problems, such as the principle of Eliminate Combine Rearrange and Simplify--ECRS and the use of a check sheet after measuring. After improvement, data were collected from December 2021 to January 2022. The amount of waste generated in the process was reduced after improvements. Before improvement, the average waste was 889 meters per month, whereas after improvement it was 705 meters per month, indicating a 20.7% reduction in waste.

Keywords: QC story, improvement, defect



บทนำ

ปัจจุบันการแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตมีแนวโน้มสูงมากขึ้น คุณภาพสินค้า ต้นทุน ราคา และการส่งมอบสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อศักยภาพของการแข่งขันในอุตสาหกรรมอย่างมาก ทำให้อุตสาหกรรมต่าง ๆ ต้องผลิตสินค้าให้มีคุณภาพและได้ปริมาณตามความต้องการของลูกค้าภายใต้ระยะเวลาและวัตถุดิบที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตให้น้อยลง จึงเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อให้สามารถสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ในปีพ.ศ.2564 เศรษฐกิจของประเทศไทยในไตรมาสที่ 2 ขยายตัวร้อยละ 7.5 ซึ่งเป็นผลที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไตรมาสที่ 1 ในขณะเดียวกันการผลิตในกลุ่มอุตสาหกรรมสาขาก่อสร้างขยายตัวเพียงร้อยละ 5.1 ซึ่งเป็นการชะลอตัวลงเมื่อเปรียบเทียบกับไตรมาสก่อนหน้า สาเหตุของการชะลอตัวคือมาตรการของภาครัฐเพื่อควบคุมการแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจเป็นสำคัญ เมื่อพิจารณาการก่อสร้างในภาคส่วน

ต่าง ๆ พบว่า การก่อสร้างภาคโรงงานอุตสาหกรรมมีแนวโน้มดีขึ้น พื้นที่ก่อสร้างในเขตนิคมอุตสาหกรรมและการก่อสร้างอื่น ๆ ยังคงขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ส่วนงานก่อสร้างภาครัฐส่วนใหญ่เป็นโครงการลงทุนโครงสร้างพื้นฐาน คิดเป็นสัดส่วน 82% ของมูลค่าก่อสร้างภาครัฐทั้งหมด ที่เหลือเป็นโครงการก่อสร้างอาคารของหน่วยงานรัฐและที่พักของข้าราชการ ในขณะที่งานก่อสร้างภาคเอกชน ส่วนใหญ่เป็นงานก่อสร้างที่อยู่อาศัย มีสัดส่วนคิดเป็น 54% ของมูลค่าก่อสร้างภาคเอกชนทั้งหมด ที่เหลือเป็นงานก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม (สัดส่วน 9%) พาณิชยกรรม (8%) และอื่น ๆ (29%) เช่น โรงแรม และโรงพยาบาล (Office of the National Economics and Social Development Council, 2021)

หลังคามะทัลชีทเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอุตสาหกรรมสาขาก่อสร้างที่มีความนิยมสูง เนื่องจากหลังคามะทัลชีทมีน้ำหนักเบา จึงทำให้ประหยัดงบประมาณในส่วนของการก่อสร้างหลักของตัวอาคาร อีกทั้งสามารถผลิตให้มีความยาวได้ตามความต้องการ ส่งผลให้ประหยัดเวลาในการติดตั้ง กลุ่มธุรกิจการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างเป็น

โลหะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์หลังคาเมทัลชีทในประเทศไทยมีผู้ประกอบการจำนวน 308 ราย รวมทั้งผู้ประกอบการรายใหญ่และรายย่อย ทำให้เกิดการแข่งขันทางธุรกิจสูง

บริษัทผลิตหลังคาเมทัลชีทในกรณีศึกษานี้เป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจขึ้นรูปแผ่นเหล็กตามรูปแบบและขนาดตามความต้องการของลูกค้า เพื่อใช้เป็นแผ่นหลังคาสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง รวมถึงการให้บริการงานออกแบบและติดตั้งงานสำหรับอาคารสิ่งปลูกสร้างแบบครบวงจร ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา บริษัทมีปัญหาของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์หลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน พียู โฟมมีของเสียเฉลี่ย 889 เมตรต่อเดือน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขัน จากปัญหาดังกล่าว จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาลดลง และทำให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถแข่งขันในอุตสาหกรรมได้ งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทางของคิวซีสตอร์มาดำเนินการในการหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาลดลง

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษากระบวนการทำงานและการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวนของบริษัทกรณีศึกษา
- 2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน
- 3) เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 5

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้เป็นทฤษฎีที่ใช้ในการลดความสูญเสียเปล่า ได้แก่ (1) แผนผังแสดงสาเหตุและผล (causes and effect diagram) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ในกระบวนการผลิต โดยการแสดงภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุ (Tayal et al., 2021) (2) หลักการ ECRS เป็นหลักการลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตประกอบด้วยกำจัด (eliminate) การรวมกัน (combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการ

ทำให้ง่าย (Simplify) (Rijiravanich, 2012; Frievalds & Niebel, 2021) และ (3) วิธีประเมินระดับความสำคัญของปัจจัย (factor rating method) ซึ่งเป็นหลักการที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกทางเลือก (Kumar & Suresh, 2009)

จากการสำรวจวรรณกรรมพบว่า มีหลายงานวิจัยได้ศึกษาการปรับปรุงการลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต เช่น Jantana and Sapsanguanboon (2020) วิเคราะห์ปัญหาความสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเซรามิกโดยใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผล พบว่า สาเหตุที่เกิดจากคน คือ การไม่มีการจัดลำดับชิ้นงานที่เสร็จแล้ว สาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อม คือ การจัดสรรพื้นที่ทำงานและแต่ละสถานีงานอยู่ห่างกัน ส่วนสาเหตุที่เกิดจากวิธีการทำงานเช่น ต้องรอชิ้นงานแห้งก่อนเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป ใช้วิธีการวางชิ้นงานไว้อย่างใด ๆ จากนั้นจึงใช้หลักการ ECRS ในการแก้ปัญหา โดยการจัดสรรพื้นที่วางชิ้นงานด้วยหลักการ First-In First-Out และติดตั้งตู้อบชิ้นงาน ผลปรากฏว่าภายหลังการปรับปรุงรอบเวลาในกระบวนการผลิตเซรามิกลดลง 5.87 ชั่วโมง (จาก 43.81 ชั่วโมง เหลือ 37.94 ชั่วโมง) คิดเป็นร้อยละ 13.4 ของรอบเวลาการทำงาน

Wajanawichakon et al. (2016) ศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนปากห้วยวังนอง จังหวัดอุบลราชธานี โดยเริ่มจากศึกษาสภาพปัญหาการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนภูมิแผนผังแสดงสาเหตุและผล จากนั้นใช้หลักการ ECRS ในการแก้ไขปัญหาลดลง เช่น ออกแบบขึ้นวางครกทำให้ลดระยะทางในการเคลื่อนไหวนของพนักงานจากเดิมกิจกรรมนำครกไปฝั่งลมปั่นจำนวน 300 ขึ้น/วัน พนักงานต้องเดิน 300 รอบ ได้ระยะทาง 1,800 เมตร คิดเป็น 6 เมตรต่อรอบ หลังจากปรับปรุงขึ้นวางแล้วพนักงานเดิน 1 รอบได้ครก 5 ขึ้น เมื่อผลิตครกจำนวน 300 ขึ้น พนักงานต้องเดิน 60 รอบ รอบละ 6 เมตร คิดเป็นระยะทาง 360 เมตร พบว่าสามารถลดระยะทางการเคลื่อนไหวนของพนักงานลงไปได้ $1,800 - 360 = 1,440$ เมตร หรือ 80% ของระยะทางเดิม

Srichana and Khwalamthan (2012) ศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิตอิฐบล็อก โดยใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผลในการหาสาเหตุของการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตและหาแนวทางในการลดจำนวน

ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต จากนั้นได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต โดยการฝึกอบรมพนักงานและเฝ้าติดตามกระบวนการปฏิบัติงานให้ถูกวิธีอย่างใกล้ชิด ส่งผลให้ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตลดลงร้อยละ 20 นอกจากนี้ Kheowsank and Worrarat (2012) ได้ทำการทดลองลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก เครื่องมือการควบคุมคุณภาพที่นำมาใช้คือ ใบตรวจสอบ (Check Sheet) โดยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย และแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) โดยใช้ในการจำแนกประเภทของเสียและจำแนกความสำคัญตามลำดับด้วยกฎ 80:20 เพื่อเลือกแก้ไขประเภทของเสียที่มีจำนวนมากที่สุด จากนั้นนำปัญหาของเสียมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ด้วยแผนผังแสดงสาเหตุและผล เพื่อวางแผนการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการระดมสมอง ผลการปรับปรุงสามารถลดของเสียจากเดิม ร้อยละ 1.53 ลดลงเป็นร้อยละ 0.53 และคิดเป็นมูลค่าที่สามารถลดได้ถึง 74,862 บาทต่อปี

Wongwanruan (2017) ได้ศึกษากระบวนการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์บรรจุขวดโดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน เพื่อลดระยะเวลาในการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนภูมิกระบวนการผลิต เทคนิค Why-Why Analysis เทคนิคการตั้งคำถาม 5W-1H และหลักการ ECRS ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดขั้นตอนจากเดิม 35 ขั้นตอน เหลือ 30 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 14.29 ส่งผลให้เวลาในการผลิตจากเดิม 2,135 นาที ลดลงเหลือ 1,376 นาที ซึ่งสามารถลดความสูญเสียเปล่าเชิงเวลาลงได้คิดเป็นร้อยละ 35.55 และทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.31

Mukem (2018) ได้ศึกษา การลดจำนวนกระป๋องบูบในคลังสินค้า โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือทางด้านคุณภาพ และแนวทางของคิวซีสตอรี (QC story) เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาและการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เครื่องมือที่ใช้คือ 7QC tools ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Minitab V.18) ในการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงการใช้วิธีประเมินระดับความสำคัญของปัจจัย (factor rating method) เพื่อเลือกสาเหตุของปัญหาที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์นำมาปรับปรุงแก้ไข ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดจำนวนกระป๋องบูบในคลังสินค้าได้แผนกสโตร์จากเดิมมีจำนวน

ของเสีย 1,103 ppm ลดลงเหลือ 980 ppm คิดเป็นร้อยละ 11 และแผนกปิดฉลากจากเดิมมีจำนวนของเสีย 868 ppm ลดลงเหลือ 423 ppm คิดเป็นร้อยละ 51

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น โดยเป็นการประยุกต์ใช้เครื่องมือหลัก 3 อย่าง คือ แผนผังงาน แผนผังคุมกำหนดงาน แผนผังแสดงสาเหตุและผล และการใช้หลักการ ECRS และวิธีประเมินระดับความสำคัญของปัจจัย มาประยุกต์ใช้ในการทำคิวซีสตอรีเพื่อลดของเสียในการผลิตกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวนพียูโฟม

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการตามแนวทางของคิวซีสตอรี ซึ่งมี 7 ขั้นตอน คือ (1) การกำหนดหัวข้อปัญหา (2) การสำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย ในขั้นตอนนี้เป็นการเก็บข้อมูลของเสียก่อนการแก้ไขปัญหาลดและปรับปรุง (3) การวางแผนการแก้ไข (4) การวิเคราะห์หาสาเหตุ (5) การกำหนดมาตรการตอบโต้และปฏิบัติตามมาตรการ ซึ่งเป็นการแก้ไขและปรับปรุง (6) การติดตามผล ในขั้นตอนนี้มีการเก็บข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุง และ (7) การทำให้เป็นมาตรฐาน

ในขั้นตอนการกำหนดหัวข้อปัญหา งานวิจัยนี้ได้จัดประชุมพนักงานบริษัทในระดับหัวหน้างานจำนวน 5 ราย เพื่อระดมความคิดเห็น โดยนำปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานประจำวันของพนักงานในขั้นตอนของกระบวนการผลิตมาพิจารณาร่วมกัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยมี ดังนี้

1. แผนผังงาน (flow chart diagram) ใช้ในขั้นตอนการสำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการผลิต
2. แผนผังคุมกำหนดงาน (gantt chart) ใช้ในขั้นตอนการวางแผนแก้ไข เพื่อวางแผนและควบคุมด้านเวลาในการทำงาน

3. แผนผังแสดงสาเหตุและผล (causes and effect diagram) ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุ เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

4. วิธีประเมินระดับความสำคัญของปัจจัย (factor rating method) ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุ จัดลำดับความสำคัญสาเหตุของปัญหา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่สำคัญในงานวิจัยนี้ คือ ข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยจำแนกตามลักษณะ ซึ่งเก็บรวบรวมใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงก่อนการปรับปรุง แก้ไขปัญหา ในเดือนมกราคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2564 และ ช่วงหลังการปรับปรุงแก้ไขปัญหามือธันวาคม 2564 ถึง เดือน มกราคม 2565

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ

ผลการวิจัย

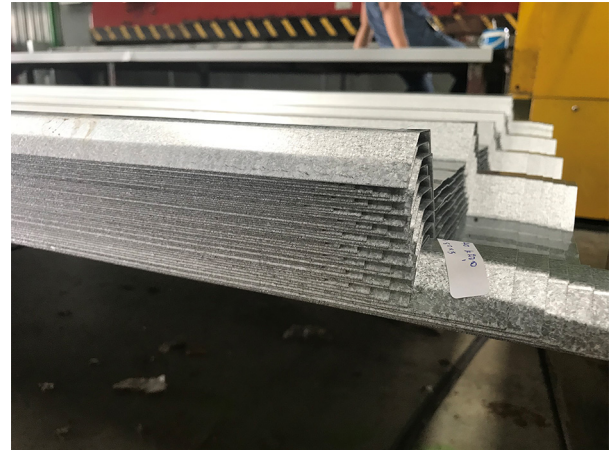
1) ขั้นตอนการกำหนดหัวข้อของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้มีการนัดหมายระดมสมองพนักงาน บริษัทในระดับหัวหน้าแผนก เพื่อคัดเลือกหัวข้อของปัญหา ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ จากการประชุมระดมความคิดเห็นสรุปได้ว่า ในกระบวนการผลิตมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ได้แก่ ความยาวของแผ่นหลังคาไม่ได้ขนาด แผ่นหลังคาบุบ และพียูโฟมไม่สมบูรณ์ ดังภาพ 1-3 ดังนั้น จึงกำหนดหัวข้อปัญหา คือ การลดของเสียทั้ง 3 ประเภทในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน

2) การสำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย

ในการศึกษาขั้นตอนการผลิต ได้มีการจัดทำ Flow Chart Diagram (ภาพ 4) เพื่อแสดงขั้นตอนในการผลิตทั้ง

8 ขั้นตอนตามลำดับก่อนหลัง ในกระบวนการผลิตมีขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการตรวจสอบความยาวและรอยบุบ ส่วนครั้งที่สองเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการฉีดพียูโฟม



ภาพ 1 ตัวอย่างแผ่นความยาวไม่ได้ขนาด

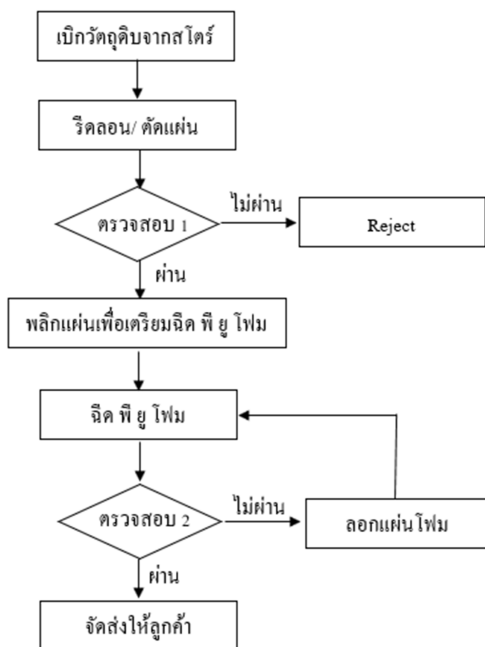


ภาพ 2 ตัวอย่างแผ่นหลังคาบุบ



ภาพ 3 ตัวอย่างพียูโฟมที่ไม่สมบูรณ์

นอกจากนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนของเสียดังแสดงในตาราง 1 ข้อมูลจำนวนของเสียทั้ง 3 ประเภท ในช่วงเดือนมกราคม-ตุลาคม 2564 แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของเสียอยู่ในช่วงร้อยละ 7.15-9.86



ภาพ 4 ขั้นตอนการผลิต

ตาราง 1

จำนวนของเสียในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน

เดือน	การผลิต (เมตร)	จำนวนของเสีย (เมตร)	สัดส่วนของเสีย (ร้อยละ)
มกราคม	12,500	894	7.15
กุมภาพันธ์	11,300	995	8.81
มีนาคม	10,800	960	8.89
เมษายน	12,300	887	7.21
พฤษภาคม	10,800	893	8.27
มิถุนายน	11,500	942	8.19
กรกฎาคม	9,750	877	8.99
สิงหาคม	8,650	853	9.86
กันยายน	9,600	830	8.65
ตุลาคม	8,600	756	8.79
รวม	105,800	8,887	-
เฉลี่ย	10580	889	8.40

เมื่อนำข้อมูลของเสียในช่วงเดือนมกราคม-ตุลาคม 2564 มาจำแนกประเภท (ตาราง 2) พบว่า ของเสียประเภท พียูโฟมไม่สมบูรณ์มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือ แผ่นหลังคาบุบ และ ความยาวแผ่นหลังคาไม่ได้ขนาดตามลำดับ ผลรวมของจำนวนของเสียเท่ากับ 8,887 เมตร

จากนั้นผู้บริหารได้กำหนดเป้าหมายการลดจำนวนของเสียให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 5 หรือลดของเสียให้น้อยกว่า 844 เมตรต่อเดือน (ภาพ 5) และให้มีการปรับปรุงอย่างเร่งด่วนและเก็บผลการปรับปรุงในช่วง 2 เดือน คือ ธันวาคม 2564 ถึง มกราคม 2565

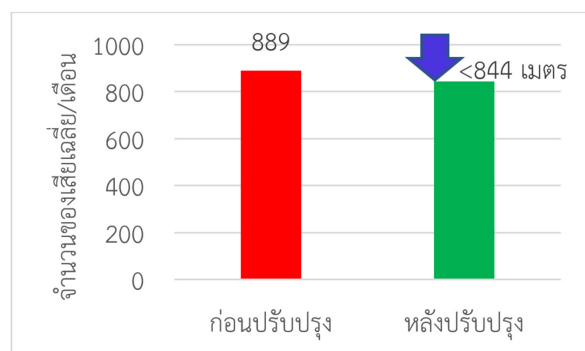
3) ขั้นตอนการวางแผนการแก้ไข

ขั้นตอนนี้ได้กำหนดกรอบระยะเวลาในการวางแผนการแก้ไขโดยใช้แผนผังคุมกำหนดงาน (gantt chart) คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2564 ถึง มกราคม พ.ศ.2565

ตาราง 2

จำนวนของเสียแต่ละประเภทในกระบวนการผลิตระหว่าง มกราคม ถึง ตุลาคม 2564 (ก่อนปรับปรุง)

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย (เมตร)	จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อเดือน (เมตร)
แผ่นหลังคาบุบ	3,168	316.8
ความยาวแผ่นหลังคาไม่ได้ขนาด	597	59.7
พียู โฟม ไม่สมบูรณ์	5,122	512.2
รวม	8,887	889



ภาพ 5 เป้าหมายการลดจำนวนของเสีย

แผนการดำเนินงาน	พ.ศ.2564								พ.ศ.2565							
	พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
การวิเคราะห์สาเหตุ																
การปฏิบัติตามแนวทางการแก้ไข																
การติดตามผล																
การทำให้เป็นมาตรฐาน																

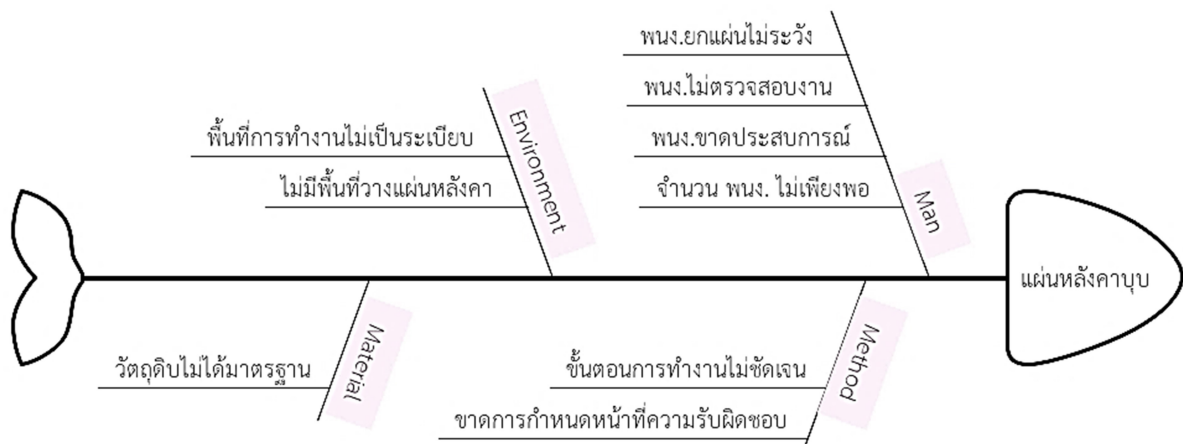
ภาพ 6 แผนการดำเนินการแก้ไข

4) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุ

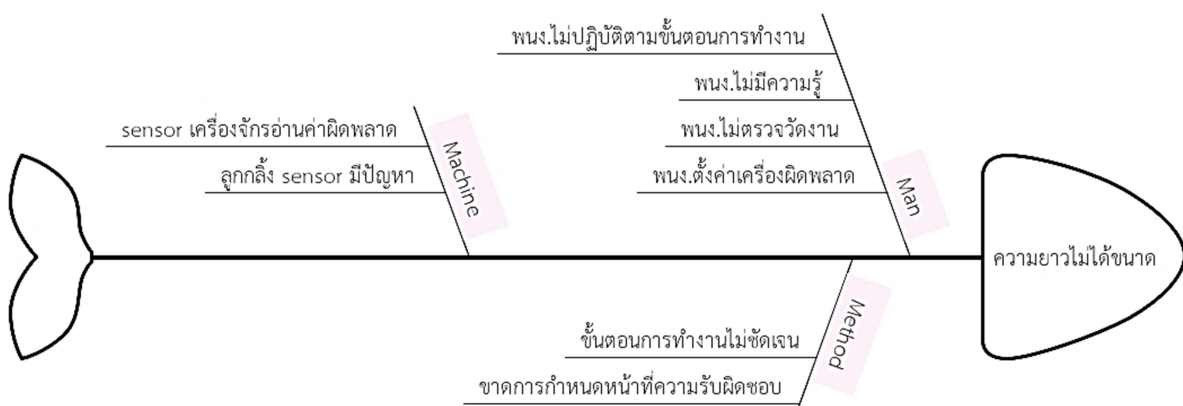
ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในแต่ละประเด็นใช้วิธีการระดมสมองแสดงความคิดเห็นกับหัวหน้าแผนกและพนักงานที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องภายในบริษัท โดยใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผลเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ การพิจารณาสาเหตุของปัญหาพิจารณาจากปัจจัยหลัก ได้แก่ คน (man) วิธีการ (method) เครื่องจักร (machine) วัตถุดิบ (material) และสภาพแวดล้อม (environment) ดังแสดงในภาพ 7-9

5) การกำหนดมาตรการตอบโต้และปฏิบัติตามมาตรการ

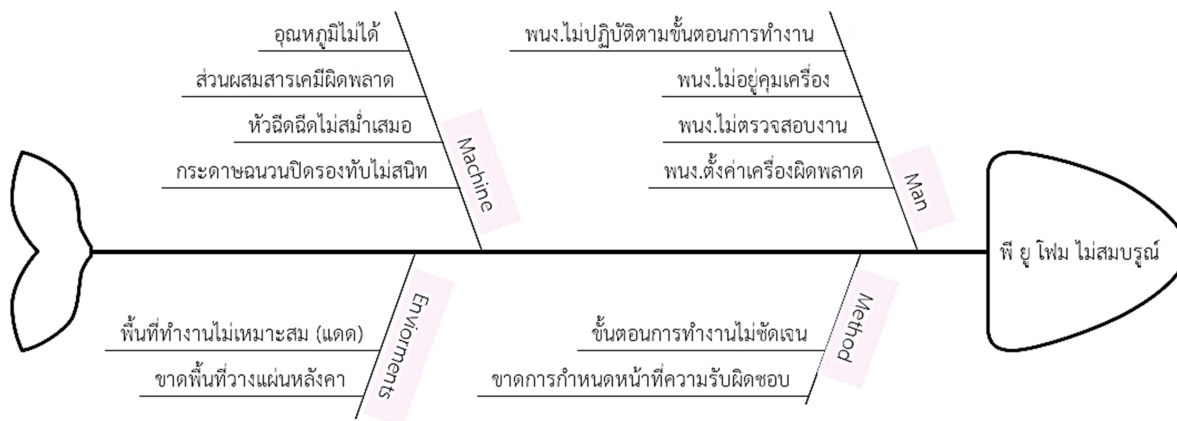
ผลที่ได้จากแผนผังแสดงสาเหตุและผล คือ สาเหตุของการเกิดปัญหา จากนั้นนำสาเหตุทั้งหมดมาจัดลำดับความสำคัญสาเหตุของปัญหาโดยใช้เกณฑ์ 3 ประการ คือ ความถี่ของการเกิดปัญหา ความรุนแรงของปัญหา และความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ผลการให้คะแนนที่ได้จากการระดมสมองจากพนักงานระดับหัวหน้างานแสดงในตาราง 3-5 จากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของการแก้ไข้ปัญหา ผลการประชุมได้ข้อสรุปว่าแนวทางที่ได้คะแนนตั้งแต่ 8 คะแนนขึ้นไปจะถูกเลือกมาเป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไข้ปัญหา ดังแสดงในตาราง 6-8



ภาพ 7 การวิเคราะห์หาสาเหตุของเสียประเภทแผ่นหลังคาบุ



ภาพ 8 การวิเคราะห์หาสาเหตุของเสียประเภทความยาวไม่ได้ขนาด



ภาพ 9 การวิเคราะห์หาสาเหตุของเสียประเภทฟิวโฟมไม่สมบูรณ์

ตาราง 3

การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาแผ่นหลังคาบุบ

สาเหตุของปัญหา	ความถี่ ของปัญหา				ความรุนแรง ของปัญหา				ความเป็นไปได้ใน การแก้ไขปัญหา				คะแนนรวม	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Man														
- พนักงานไม่ระวังในระหว่างยกแผ่น				/			/		/					8
- พนักงานไม่ตรวจสอบงาน				/			/		/					8
- พนักงานขาดประสบการณ์		/				/			/					5
- จำนวนพนักงานไม่เพียงพอ			/				/				/			9
Method														
- ขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน		/					/		/					6
- ไม่มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ		/					/		/					6
Material														
- วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน		/						/			/			10
Environment														
- พื้นที่การทำงานไม่เป็นระเบียบ				/			/				/			11
- พื้นที่ไม่เพียงพอในการวางแผ่นหลังคา				/			/				/			11

ตาราง 4

การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาความยาวไม่ได้ขนาด

สาเหตุของปัญหา	ความถี่ ของปัญหา				ความรุนแรง ของปัญหา				ความเป็นไปได้ใน การแก้ไขปัญหา				คะแนนรวม
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Man													
- ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน		/					/		/				6
- มีความรู้ไม่เพียงพอ	/					/			/				4
- ไม่ตรวจวัดงาน				/			/		/				8
- ตั้งค่าเครื่องผิดพลาด		/						/		/			8
Machine													
- Sensor อ่านค่าผิดพลาด	/						/				/		8
- ลูกกลิ้ง Sensor มีปัญหา	/						/				/		8
Method													
- ขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน		/					/		/				6
- ไม่มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ		/					/		/				6

ตาราง 5

การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาพืดยุคใหม่ไม่สมบูรณ์

สาเหตุของปัญหา	ความถี่ ของปัญหา				ความรุนแรง ของปัญหา				ความเป็นไปได้ใน การแก้ไขปัญหา				คะแนนรวม
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Man													
- ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน		/						/	/				8
- พนักงานไม่อยู่คุมเครื่อง			/					/		/			10
- พนักงานไม่ตรวจสอบงาน		/						/	/				8
- พนักงานตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	/							/	/				7
Machine													
- ค่าอุณหภูมิของเครื่องผิดไม่เป็นไปตามที่กำหนด	/							/			/		9
- ส่วนผสมสารเคมีผิดพลาด		/						/			/		10
- หัวฉีดฉีดไม่สม่ำเสมอ		/						/			/		10
- กระดาษฉนวนปิดรองทับไม่สนิท			/					/		/			10
Method													
- ขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน		/					/		/				6
- ไม่มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ		/					/		/				6
Environment													
- พื้นที่การทำงานไม่เหมาะสม		/					/			/			6
- พื้นที่ไม่เพียงพอในการวางแผนหลังคา		/					/			/			6

ผลจากการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาในการเกิดของเสียทั้ง 3 ประเภทในตาราง 3-5 ถูกนำมาพิจารณาเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาแต่ละประเภทดังแสดงในตาราง 6-8 การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยพนักงานระดับหัวหน้างานที่มีประสบการณ์ได้สรุปแนวทางที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากคน เช่น

การกำหนดให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงาน พร้อมกับการฝึกอบรมเดือนละ 1 ครั้ง การกำหนดให้พนักงานตรวจวัดงานแล้วกรอกข้อมูลในใบตรวจสอบงาน แนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านเครื่องจักร เช่น การให้พนักงานทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ตาราง 6

แนวทางการแก้ไขปัญหาล้างทำความสะอาด

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ด้านคน (man)	พนักงานไม่ระวังในระหว่างยกแผ่น	ให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน Work Instruction พร้อมกับทำ Training เดือนละ 1 ครั้ง
	จำนวนพนักงานไม่เพียงพอ	การแก้ไขโดยหลักการ ECRS เช่น 1) ลดและรวมขั้นตอนการทำงาน 2) ออกแบบและสร้าง Jig จับยกและพลิกแผ่นหลังคา
	พนักงานไม่ตรวจสอบงาน	ให้พนักงานตรวจวัดงานแล้วลงข้อมูลการตรวจวัดงานลงใน Check Sheet
ด้านวัตถุดิบ (material)	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	การคัดเลือก Supplier โดยสั่งกับ Supplier ที่มีความน่าเชื่อถือ
ด้านสภาพแวดล้อม (environment)	พื้นที่การทำงานไม่เป็นระเบียบ	การดำเนินกิจกรรม 5ส
	พื้นที่วางแผ่นหลังคาไม่เพียงพอ	จัด Layout ใหม่

ตาราง 7

แนวทางการแก้ไขปัญหาล้างทำความสะอาดแผ่นหลังคาไม่ได้ขนาด

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ด้านคน (man)	พนักงานไม่ตรวจวัดงานพนักงานตั้งค่าเครื่องผิดพลาด	ให้พนักงานตรวจวัดงานแล้วลงข้อมูลการตรวจวัดงานลงใน Check Sheet ให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน Work Instruction พร้อมกับทำ Training เดือนละ 1 ครั้ง
ด้านเครื่องจักร (machine)	เซนเซอร์อ่านค่าผิดพลาด	ให้พนักงานทำ PM เบื้องต้น โดยการทำ ความสะอาดลูกกลิ้งของเซนเซอร์ทุกวัน หลังเลิกงาน
	ลูกกลิ้งเซนเซอร์มีปัญหา	จ้างบริษัทภายนอกที่มีประสบการณ์ทำ PM พร้อมทำ Calibration ปีละ 1 ครั้ง

ตาราง 8

แนวทางการแก้ไขปัญหาพื้โม่ไม่สมบูรณ์

สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ด้านคน (man)	พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน	ให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน Work Instruction พร้อมกับทำ Training เดือนละ 1 ครั้ง
	พนักงานไม่อยู่คุมเครื่อง	ให้พนักงานตรวจวัดงานแล้วลงข้อมูลการตรวจวัดงานลงใน Check Sheet ให้พนักงานตรวจวัดงานแล้วลงข้อมูลการตรวจวัดงานลงใน Check Sheet
ด้านเครื่องจักร (machine)	ค่าอุณหภูมิของเครื่องฉีดไม่เป็นไปตามที่กำหนด	จ้างบริษัทภายนอกที่มีประสบการณ์ทำ PM พร้อมทำ calibration ปีละ 1 ครั้ง
	ส่วนผสมสารเคมีผิดพลาด	จ้างบริษัทภายนอกที่มีประสบการณ์ทำ PM พร้อมทำ calibration ปีละ 1 ครั้ง
	หัวฉีดฉีดไม่สม่ำเสมอ	ให้ทำ PM เบื้องต้น เช่น การทำความสะอาดหัวฉีด ด้วยตัวพนักงานเองทุกวัน
	กระดาดชนวนปิดรองทับไม่สนิท	ออกแบบตัวรองม้วนกระดาดไม่ให้ม้วนกระดาดเคลื่อนที่ระหว่างเครื่องทำงาน

จากแนวทางการแก้ไขปัญหาในตาราง 6-8 ได้มีการนำไปปฏิบัติตามเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีแนวทางที่ยังไม่สามารถดำเนินการ ได้แก่ การจัด Layout เพื่อแก้ไขปัญหาพื้นที่วางแผ่นหลังคาไม่เพียงพอ และการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเครื่องจักร ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาของผู้บริหาร

4.6 การติดตามผล

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง แสดงในตาราง 9 โดยของเสียในเดือนธันวาคม 2564 เท่ากับ 740 เมตร คิดเป็นสัดส่วนของเสียร้อยละ 7.58 ส่วนของเสียในเดือนมกราคม 2565 เท่ากับ 670 เมตร คิดเป็นสัดส่วนของเสียร้อยละ 6.44 ซึ่งแสดงแนวโน้มลดลง ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสียในช่วงเดือนธันวาคม 2564 ถึงมกราคม 2565 เท่ากับร้อยละ 6.99

เมื่อจำแนกประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงธันวาคม 2564 ถึง มกราคม 2565 พบว่าเป็นของเสียประเภทแผ่นหลังคาบุบ 423 เมตร ความยาวแผ่นหลังคา

ไม่ได้ขนาดจำนวน 60 เมตร และพื้โม่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 927 เมตร (ตาราง 10) โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนเท่ากับ 211.5 เมตร 30.0 เมตร และ 463.5 เมตร ตามลำดับ

ตาราง 9

จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตระหว่างธันวาคม 2564 ถึง มกราคม 2565 (หลังปรับปรุง)

เดือน	การผลิต (เมตร)	ของเสีย (เมตร)	สัดส่วนของเสีย (ร้อยละ)
ธค 2564	9,760	740	7.58
มค 2565	10,400	670	6.44
รวม	20,160	1,410	-
เฉลี่ย	10,080	705	6.99

ตาราง 10

จำนวนลักษณะของเสียในกระบวนการผลิต ระหว่าง ธันวาคม 2564 ถึง มกราคม 2565 (หลังปรับปรุง)

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย (เมตร)	จำนวนของเสีย เฉลี่ยต่อเดือน (เมตร)
แผ่นหลังคาบุ	423	211.5
ความยาวไม่ได้ขนาด	60	30.0
พียูโฟมไม่สมบูรณ์	927	463.5
รวม	1,410	705

ตาราง 11

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ลักษณะ ของเสีย	จำนวน ของเสียเฉลี่ย ก่อนปรับปรุง (เมตร/เดือน)	จำนวน ของเสียเฉลี่ย หลังปรับปรุง (เมตร/เดือน)	สัดส่วน ของเสียที่ลดลง (ร้อยละ/เดือน)
แผ่นหลังคาบุ	316.8	211.5	33.2
ความยาวไม่ได้ ขนาด	59.7	30	49.7
พียูโฟมไม่ สมบูรณ์	512.2	463.5	9.5

จากตาราง 11 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่าเฉลี่ยของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ของเสียประเภทแผ่นหลังคาบุลดลงร้อยละ 33.2 ต่อเดือน ของเสียประเภทความยาวไม่ได้ขนาดเฉลี่ยลดลงร้อยละ 49.7 ต่อเดือน และของเสียประเภทพียูโฟมไม่สมบูรณ์ลดลงร้อยละ 9.5 ต่อเดือน

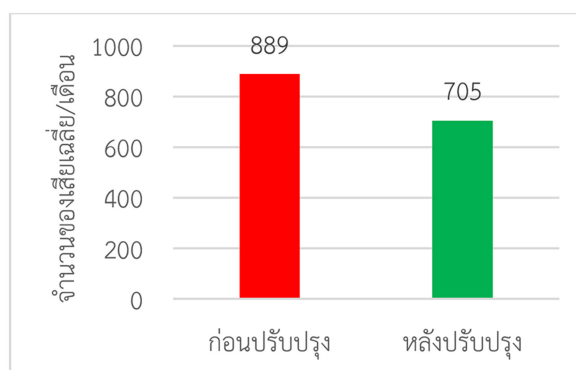
เมื่อวิเคราะห์ผลการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวน ดังแสดงในตาราง 12 พบว่า ก่อนปรับปรุงมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 889 เมตรต่อเดือน หลังปรับปรุงมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 705 เมตรต่อเดือน คิดเป็นสัดส่วนของเสียลดลงร้อยละ 20.7 ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นดังกล่าวส่งผลให้สัดส่วนของเสียเฉลี่ยลดลง

ตาราง 12

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

	การผลิตทั้งหมด (เมตร/เดือน)	จำนวนของเสียเฉลี่ย (เมตร/เดือน)
ก่อนปรับปรุง	10,580	889
หลังปรับปรุง	10,080	705
สัดส่วนของเสียลดลง (ร้อยละ/เดือน)		20.7

เมื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุงกับเป้าหมายของผู้บริหารที่ต้องการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 5 พบว่า มีจำนวนลดลงตามเป้าหมายที่กำหนด โดยสามารถลดของเสียเฉลี่ยต่อเดือนจาก 889 เมตร ต่อเดือน ลงได้เหลือ 705 เมตรต่อเดือนโดยคิดเป็นร้อยละ 20.7 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 5 ที่กำหนดไว้



ภาพ 10 ผลการปรับปรุงของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4.7 การทำให้เป็นมาตรฐาน

ภายหลังจากการวิเคราะห์ผลของการแก้ไขปัญหาพบว่า สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้จริง จึงนำแนวทางการแก้ไขปัญหามาจัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน ดังนี้ (1) จัดทำคู่มือวิธีปฏิบัติงาน (work instruction) ได้แก่ คู่มือวิธีการปฏิบัติงานการเตรียมวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต คู่มือวิธีการปฏิบัติงานการรีดลอนแผ่นหลังคา และคู่มือวิธีการปฏิบัติงานการฉีดพียูโฟม (2) จัดทำเอกสารตรวจสอบงาน ได้แก่ เอกสารตรวจสอบการทำงานขั้นตอนการรีดลอน/การตัดความยาวแผ่น

หลังคาและเอกสารตรวจสอบการทำงานเครื่องฉีดพียูโฟม และ (3) จัดทำเอกสารการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรเบื้องต้น ได้แก่ ตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องรีดลอนหลังคา และตารางการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องฉีดพียูโฟม

การอภิปรายผล

ผลจากการใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผลในการวิเคราะห์ปัญหาการเกิดของเสียในงานวิจัยนี้ทำให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียได้ นอกจากนี้การแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้หลักการ ECRS โดยการลดและรวมขั้นตอนการทำงาน รวมถึงการกำหนดให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนปฏิบัติงานและการฝึกอบรม ทำให้ลดความสูญเสียจากการเกิดของเสียลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jantana and Sapsanguanboon (2020) ที่ใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผลในการวิเคราะห์ปัญหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเซรามิคและใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงทำให้ความสูญเสียเชิงเวลาลดลงร้อยละ 13.4 ของรอบเวลาการทำงาน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวนตามแนวทางของคิวซีสตอรี่ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ผลการศึกษากระบวนการทำงานและการผลิตหลังคาเมทัลชีทแบบมีฉนวนของบริษัทกรณีศึกษาพบว่า ปัญหาหลักของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ได้แก่ ความความยาวของแผ่นหลังคาไม่ได้ขนาด แผ่นหลังคาบุบ และ พียูโฟมไม่สมบูรณ์

2) การเกิดของเสียประเภทแผ่นหลังคาบุบนั้นมีสาเหตุสำคัญมาจาก 4 ปัจจัย คือ คน วัตถุดิบ วิธีดำเนินการ และสภาพแวดล้อม การเกิดของเสียประเภทความยาวแผ่นหลังคาไม่ได้ขนาดมีสาเหตุมาจาก 3 ปัจจัย คือ คน วิธีดำเนินการ และ เครื่องจักร และการเกิดของเสียประเภทพียูโฟมไม่สมบูรณ์มีสาเหตุสำคัญมาจาก 4 ปัจจัย คือ คน วิธีดำเนินการ สภาพแวดล้อม และ เครื่องจักร

3) เมื่อดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหาแล้ว ค่าเฉลี่ยของของเสียจากเดิมก่อนปรับปรุง 889 เมตรต่อเดือน ลดลงเหลือ 705 เมตรต่อเดือน โดยคิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงร้อยละ 20.7 ซึ่งมากกว่ากับค่าเป้าหมายของผู้บริหารที่ต้องการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 5



References

- Frievalds, A., & Niebel, B. (2021). *Niebel's methods, standards, & work design* (13th ed.). US: McGraw-Hill.
- Jantana, W., & Sapsanguanboon, W. (2020). Productivity Improvement in Ceramic Production Process: A case study of factory in Samut Prakan Province. *Songklanakarin Journal of Management Sciences*, 37(2), 58-83. (in Thai)
- Kheowsank, T., & Worrarat, S. (2012). Defectives reduction in vacuum forming production process. *Proceeding of IE Network Conference 2012* (pp.725-729). Petchburi: Sripatum University. (in Thai)
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2009). *Operations management*. New Delhi: New Age International Publishers.

- Mukem, M. (2018). *Damaged can reduction in warehouse department: A case study of Siam International Food Co., Ltd.* (Research report). Songkla: Songkla University. (in Thai)
- Office of the National Economics and Social Development Council. (2021). *Production approach construction. gross domestic product: Q2/2021, 3-4*. Retrieved from https://www.nesdc.go.th/ewt_w3c/main.php?filename=qgdp_page.
- Rijiravanich, V. (2012). *Work study principles and case studies* (8th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Srichana, P., & Khwalamthan, P. (2012). *The reduction wasted materials in concrete brick production process study: Maha-Anajak Company Limited* (Research report). Udonthani: Udonthani Rajabhat University. (in Thai)
- Tayal, A., Kalsi, N. S., Gupta, M. K., Pimenov, D. Y., Sarikaya, M., & Pruncu, C. I., (2021). Effectiveness improvement in manufacturing Industry, trilogy study and open innovation dynamics. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010007>
- Wajanawichakorn, K., Srisawat, P., & Thippo, W. (2016). Efficiency improvement of the pottery production process to reduce waste and increase the production quality: Case study of HUAYWANGNONG Pottery Group, Ubonratchathani. *UBU Engineering Journal*, 9(2), 38-46. (in Thai)
- Wongwanruan, T. (2017). *Improvement of bottle pasteurized milk production process using lean manufacturing technique* (Master's project). Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)



การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท SBA-15 เพื่อดูดซับสีย้อม

A Facile One-Pot Hydrothermal Technique of SBA-15 for Their Excellent Dye Adsorption

สุภกร บุญยีน¹ Paramasivam Shanmugam¹ ปณต ลักขณาวารกรณ์²

ณัฐภัทร แก้วทอง² และสุชานันท์ พวงนาค²

Supakorn Boonyuen¹, Paramasivam Shanmugam¹, Panod Lukkanavaraporn²,

Nattapat Kaewthong² and Suchanun Phuangnak²

¹ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

¹Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

²โครงการ วมว. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

²SCIUS TU, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

Received: February 21, 2023

Revised: April 22, 2023

Accepted: April 27, 2023

บทคัดย่อ

เมโซพอร์สซิลิกาชนิด SBA-15 ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ Pluronic P123 และเตตระเอทิลออร์โทซิลิเกตเตรียมโดยใช้วิธีการไฮโดรเทอร์มอลอย่างง่ายที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามด้วยการเผาที่ 500 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซิลิกาเมโซพอร์ชนิด SBA-15 ที่สังเคราะห์มาเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของโครงสร้างด้วยเทคนิคการหาองค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของสารโดยใช้ความยาวคลื่นช่วงอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopic-FT-IR) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope--TEM) และวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรูพรุนด้วยเทคนิคการดูดซับแก๊สไนโตรเจน (N_2 sorption surface area and porosity analysis-BET) สำหรับการดูดซับพร้อมอัตราการดูดซับสีย้อมภายในเวลา 40 ชั่วโมง พบว่า เมทิลีนบลู Methylene Blue (0.0067 s^{-1}) เมทิลไวโอเลต Methyl Violet (0.0036 s^{-1}) คองโกเรด Congo Red (0.0035 s^{-1}) และ โรดามีนบี Rhodamine B (0.0018 s^{-1}) ซึ่งสีย้อมเหล่านี้มีความเป็นพิษสูงที่อุณหภูมิห้อง โดยตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนประมาณ 5.0431 นาโนเมตร เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 ปริมาณ 5 มิลลิกรัม จะสามารถดูดซับสีย้อมที่เข้มข้น 500 ppm ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดย ให้ค่า 73.80 82.20 และ 100 % สำหรับ คองโกเรด เมทิลไวโอเลต และเมทิลีนบลูได้ ตามลำดับ โดยตัวเร่งปฏิกิริยา TUSB มีความสามารถในการดูดซับสีย้อมเหล่านี้สูงและรวดเร็ว มีศักยภาพในการพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมได้

คำสำคัญ: เมโซพอร์สซิลิกา SBA-15 การดูดซับสีย้อม

Abstract

Mesoporous silica SBA-15 containing Pluronic P123 triblock copolymer as a surfactant framework and tetraethyl orthosilicate--TEOS as an organosilica precursor was prepared by a facile one-step hydrothermal technique at 100 °C for 24 hours, followed by calcination at 500 °C for 12 hours. The neat SBA-15 was characterized by Fourier transform infrared spectroscopy--FT-IR, Transmission Electron Microscopy --TEM, and N₂ sorption surface area and porosity analysis (BET). Furthermore, the SBA-15 indicated high adsorption capacity within 40 hours. The dyes and their adsorption rates include Methylene Blue (0.0067 s⁻¹), Methyl Violet (0.0036 s⁻¹), Congo Red (0.0035 s⁻¹), and Rhodamine B (0.0018 s⁻¹). The pore diameter of the material is about 5.0431 nm. The SBA-15 catalyst 5 mg can adsorb 500 ppm dye solutions at 73.80, 82.20, and 100% for Congo Red, Methyl Violet, and Methylene Blue, respectively. The catalysts have a high and fast absorption capacity for these dyes. It has the potential to develop industrial applications.

Keywords: Mesoporous silica, SBA-15, dye adsorption



บทนำ

ปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยยังคงเป็นปัญหาหลักทั้งนี้ เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ยังคงผลิตสารพิษและปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง รวมถึงสารอินทรีย์ที่ได้จาก สีย้อมจากอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ได้มีการปนเปื้อนให้แหล่งน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ รวมถึงสะสมกลายเป็นมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในอนาคต (Boonyayut, Sangsirimongkolying & Sakong, 2019) ทั้งนี้อุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยปัจจุบัน มีจำนวน เพิ่มมากขึ้น และพบว่า มักก่อปัญหาปล่อยสีย้อม ลงสู่แหล่งน้ำ อันนำมาซึ่งปัญหาน้ำเน่าเสียและส่งผลกระทบต่อชุมชน สีย้อมอินทรีย์ที่มีประจุและให้สีที่แตกต่างกัน เช่น เมทิลีนบลู Methylene Blue (สีน้ำเงิน) เมทิลไวโอเลต Methyl Violet (สีม่วง) คองโกเรด Congo Red (สีแดงส้ม) และโรดามีนบี Rhodamine B (สีชมพู) ในกระบวนการย้อมจะล้างสีย้อมที่เหลือจากการย้อม โดยใช้สารเคมี เหล่านี้เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ แม้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ทั้งพืชและสัตว์ รวมทั้งจะเกิดการสะสมส่งผลในระยะยาวเช่น ลดความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืช รวมถึงส่งผลกระทบต่อดิน และทำให้สัตว์บางชนิดตายได้ (Abazari,

Salehi & Mahjoub, 2018) มลพิษที่สำคัญที่สุด คือ สีย้อม เพราะสีย้อมอินทรีย์ที่มีประจุสามารถละลายได้ในน้ำและหากมีสารชักพอก เมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำแล้ว บางครั้งอาจบำบัดได้ยากเนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อน (Abukhadra, Adlii & Bakry, 2019) และการย่อยสลายทางชีวภาพต่ำ ดังนั้นเทคโนโลยีที่ใช้กันทั่วไปและใช้ได้มากที่สุดในการกำจัดมลพิษอันตรายเหล่านี้จากน้ำเสีย คือ การดูดซับ (Sharma et al., 2019; Boukoussa et al., 2021) จากเทคนิคนี้และผลกระทบที่เป็นอันตรายเหล่านี้ นักวิทยาศาสตร์มักจะพยายามรวมวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันเพื่อมุ่งสร้างตัวดูดซับที่มีต้นทุนต่ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเช่นนิยมใช้วัสดุรูพรุนสูง มีพื้นที่ผิวมาก เช่น ถ่านแกลบ หรือโดโลไมต์ dolomite ซึ่งเป็นสารกลุ่มแคลเซียม แมกนีเซียมคาร์บอเนต (Garmia, Zaghoulane-Boudiaf, & Ibborra, 2018; Aichour, Zaghoulane-Boudiaf, Ibborra & Polo, 2018)

วัสดุสังเคราะห์ที่มีรูพรุน ได้รับความสนใจเป็นพิเศษเนื่องจากพื้นผิวเฉพาะขนาดใหญ่และเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนที่ปรับขนาดได้ตามสารเติมแต่ง นอกจากนี้ยังสามารถปรับสภาพผิวของวัสดุให้มีประจุที่เหมาะสมต่อการใช้งานได้ เมโซ-พอร์ซิลิกา SBA-15 ได้ถูกนำมาใช้งานที่หลากหลาย

ด้วยคุณสมบัติของการมีรูพรุน และพื้นที่ผิวสูง ส่วนใหญ่ในการเร่งปฏิกิริยา (Liu, Yang, Zhang & Huang, 2015; Nasrullah, Bhat, Naeem, Isa & Danish, 2018) วัสดุนี้มีรูพรุนมากและมีขนาดที่เท่ากันอย่างเป็นระเบียบ รวมทั้งยังมีความเสถียรทางความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ (Tan and Ting, 2014); Oussalah, Boukerroui, Aichour and Djellouli, 2019)

ในอดีตได้มีการพยายามพัฒนาสังเคราะห์ เมโซ-พอร์สซิลิกาจากโซเดียมซิลิเกต พบว่า ขนาดรูพรุนที่มีความแตกต่างกัน และต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อน แต่หากมีการเติมสารลดแรงตึงผิว surfactant จะช่วยในการควบคุมขนาดของรูพรุนได้ดี โครงสร้างที่ได้จะมีความเป็นระเบียบเหมาะแก่การนำไปใช้งาน (Stucky & Kim, 2000) อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์วัสดุรูพรุนนี้มักใช้กระบวนการที่ซับซ้อนเช่น sol-gel ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษากระบวนการสังเคราะห์ที่ง่ายใช้สารเคมีน้อยให้ผลผลิตมาก เพื่อใช้กับวัสดุที่มีรูพรุน เมโซ-พอร์สซิลิกา SBA-15 และติดตามความสามารถในการดูดซับสีย้อม 4 ชนิด ได้แก่ โรดามีนบี (Rhodamine B) คองโกเรด (Congo Red) เมทิลไวโอเลต (Methyl Violet) และเมทิลีนบลู (Methylene Blue)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15
2. เพื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 ที่สังเคราะห์ในการดูดซับสีย้อม ได้แก่ โรดามีนบี (Rhodamine B) คองโกเรด (Congo Red) เมทิลไวโอเลต (Methyl Violet) และเมทิลีนบลู (Methylene Blue)

วิธีดำเนินงานวิจัย วัสดุและสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์เครื่องชั่งละเอียด เครื่องกวนสาร ตู้อบลร้อน เตาเผาอุณหภูมิสูง ยี่ห้อ Muffle Furnace HYS รุ่น MF-SERIES เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) Analytik Jena รุ่น SPECORD 200 PLUS เครื่อง IR-spectrophotometer PERKIN ELMER รุ่น Spectrum One, เครื่อง Surface area and porosity analyzer (BET) Micromeritics รุ่น TriStar II 3020 (รูปแบบการดูดซับเป็นแบบ Pseudo-first

order) เครื่อง transmission electron microscope (TEM) JEOL รุ่น JEM-2100 Plus

สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 ประกอบด้วย เตตระเอทิลออร์โทซิลิเกต Pluronic P123 กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมคลอไรด์ และ น้ำปราศจากไอออน

1. การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15

ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 สังเคราะห์โดยละลาย Pluronic P123 (สารกำหนดโครงสร้าง) 0.500 กรัม ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณ 20.000 กรัม และเติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 0.175 กรัม กวนสารละลายเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการหยดสารละลายเตตระเอทิลออร์โทซิลิเกต 1.050 กรัมภายใต้การกวนอย่างรวดเร็ว จากนั้นหยุดกวนและบ่มสารละลายที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายเจลที่ได้มากรอง และล้างด้วยน้ำกลั่นจนมี pH เป็นกลาง อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากการทดลองได้ทำการสังเคราะห์ซ้ำจำนวน 5 ครั้งเพื่อให้ได้สารปริมาณมากพอในการวิเคราะห์ทดสอบ

2. การวิเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15

สารที่สังเคราะห์ได้ถูกนำไปยืนยันโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope--TEM) พร้อมทั้งวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรูพรุนด้วยเทคนิคการดูดซับแก๊สไนโตรเจน (N_2 sorption surface area and porosity analysis-BET รูปแบบการดูดซับเป็นแบบ Pseudo-first order) วิเคราะห์องค์ประกอบของโครงสร้างด้วยเทคนิคการหาองค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของสารโดยใช้ ความยาวคลื่นช่วงอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopic--FT-IR)

3. การทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15

การทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 ทำโดยการนำ SBA-15 จำนวน 5 มิลลิกรัม ไปดูดซับสีย้อม โดยสีย้อมที่

นำมาดูดซับ ที่ความเข้มข้นเท่ากัน 500 ppm ในสภาวะหยุดนิ่ง แช่ไว้เป็นเวลา 60 นาที และติดตามสภาวะอิมตัวที่ 40 และ 72 ชั่วโมง โดยการทดลองได้ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งสีย้อมได้แก่ โรดามีนบี (Rhodamine B) คองโกเรด (Congo Red) เมทิลไวโอเลต (Methyl Violet) และเมทิลีนบลู (Methylene Blue) นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) และการหาปริมาณร้อยละการดูดซับ หาจากสมการ

$$\% = (A_0 - A_t) \times 100 / A_0 \quad (1)$$

ผลการทดลอง

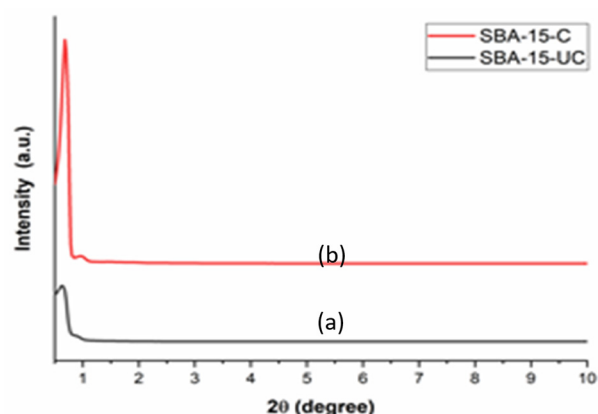
1. การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15

จากกระบวนการสังเคราะห์ SBA-15 ได้พัฒนาจากวิธีการ ของ Wang et al. (2004) ด้วยการผสม Pluronic P123 ที่เป็นสารกำหนดโครงสร้างรูพรุน ในสภาวะที่เป็นกรด และตามด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ กวนให้เข้ากันอย่างสมบูรณ์ก่อนเติมสารละลาย เติตระเอทิลออร์โทซิลิเกต แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มความร้อนเป็น 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้สารทั้งหมดเกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อให้ความร้อนจนครบตามเวลา ได้นำของผสมที่ได้มากรอง และล้างด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลาง เพื่อไล่สารตั้งต้นที่เหลือในการสังเคราะห์ออก หลังจากนั้นนำตะกอนสีขาวที่ได้ มาอบให้แห้งแล้วนำไปเผาเพื่อไล่ Pluronic P123 ออก ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้ของแข็งที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว นำ SBA-15 ที่เตรียมได้ไปศึกษาสมบัติต่าง ๆ

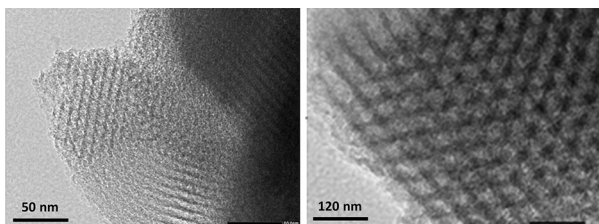
การ small angle XRD ได้ถูกตรวจวัดด้วยเครื่อง Rigaku D/MAX2550/PC diffractometer ใช้ Cu K_{α1} radiation ที่ 40 kV และ 100 mA วัดค่า 2θ ในช่วง 0.2-10.0 ด้วย scan speed 6°/min. เทียบผลที่ได้ กับ database (JCPDS, international centre for diffraction data) จากภาพ 1 ปรากฏฟิสิกเอกลักษณะของ SBA-15 ที่ระนาบ 100 โดยจะมีความชัดเจนของโครงสร้างมากขึ้น

เมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วย calcine ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าของ Wang และคณะ (Wang et al., 2004) โครงสร้างของ SBA-15 โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่กำลังขยาย x 200 และ x 500 เท่า ได้ผลดังภาพ 2 รูพรุนของวัสดุมีค่าประมาณ 40.2 นาโนเมตร และมีขนาดรูปร่างที่คงที่ และพบว่า มีการจัดเรียงตัวลักษณะเป็นท่อยาว ที่มีขนาดมากกว่า 70 นาโนเมตร สอดคล้องกับรายงานวิจัยก่อนหน้าของ Stucky และ Kim (Stucky & Kim, 2000)

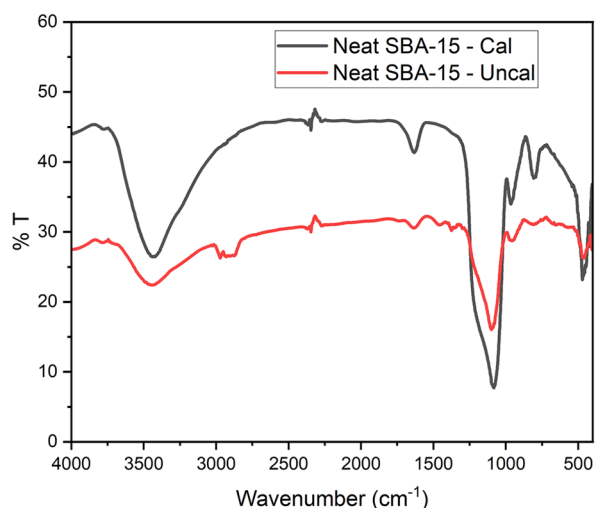
FTIR กราฟของตัวอย่าง ก่อน และ หลัง calcine ถูกตรวจวัดวิเคราะห์ด้วย เครื่อง IR-spectrophotometer PERKIN ELMER รุ่น Spectrum One และวัดในช่วง 450-4000 ซม⁻¹ ด้วยเทคนิค KBr disc ในการเตรียมตัวอย่าง การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR สำหรับ SBA-15 ได้เปรียบเทียบผลการทดลอง ก่อนและหลังเผา calcine ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบพีกของ Pluronic P123 ในช่วง 2975-2875 ซม⁻¹ และ 1460 ซม⁻¹ แสดงถึง C-H stretching และ C-H bending ตามลำดับ พบเฉพาะในกราฟของ SBA-15 ที่ยังไม่ผ่านการ calcine และพีกดังกล่าวได้หายไปหลังจากกระบวนการ calcine นอกจากนั้น กลุ่มพีก ที่มีความชัดเจนขึ้นหลังกระบวนการ calcine พบ silica (Si-OH-Si) ที่ 1089 806 470 ซม⁻¹ และ Silanol (Si-OH) พบที่ 970 ซม⁻¹ แสดงดังภาพ 3 สอดคล้องกับรายงานวิจัยก่อนหน้าของ Sun และคณะ (Sun et al., 2010)



ภาพ 1 กราฟแสดง small angle-XRD ของ SBA-15 ที่ ก่อน (a) และหลัง calcine (b) ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง



ภาพ 2 ภาพ TEM ของตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 กำลังขยาย (a) 200 เท่า และ (b) 500 เท่า



ภาพ 3 FT-IR ก่อนและหลัง calcine ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง

ลักษณะรูพรุน ของตัวอย่างได้ถูกศึกษาด้วยเทคนิค nitrogen adsorption/desorption เครื่อง Surface area and porosity analyzer (BET Brunauer Emmett and Teller) Micromeritics รุ่น TriStar II 3020 (รูปแบบการดูดซับเป็นแบบ Pseudo-first order) วิเคราะห์ปริมาณรูพรุนรวมโดยวัดปริมาตรการดูดซับที่ P/P0 และค่า pore size distribution pore volume และ surface area ถูกคำนวณด้วย isotherm of adsorption ด้วยวิธี BJH (Barrett Joyner and Halenda) ได้ผลดังตาราง 1 และภาพ 4

จากรายงานก่อนหน้านี้ที่สังเคราะห์ SBA-15 โดย Wang et al. (2004) ด้วยวิธี sol-gel และ calcine ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง ได้รายงาน ค่า SBET 769 m²/g ค่า Pore volume 1.04 cm³/g และ pore diameter 7.8 nm ซึ่งกระบวนการดังกล่าว จำเป็นต้องใช้สารเคมีปริมาณมาก และต้องใช้พลังงานในการ

สังเคราะห์มาก เพื่อให้ได้รูพรุนที่มีขนาดใหญ่ แต่หากในการสังเคราะห์ในงานวิจัยนี้ สามารถสังเคราะห์ได้ง่ายและก่อมลพิษน้อยกว่า แต่ให้ค่าใกล้เคียงกัน

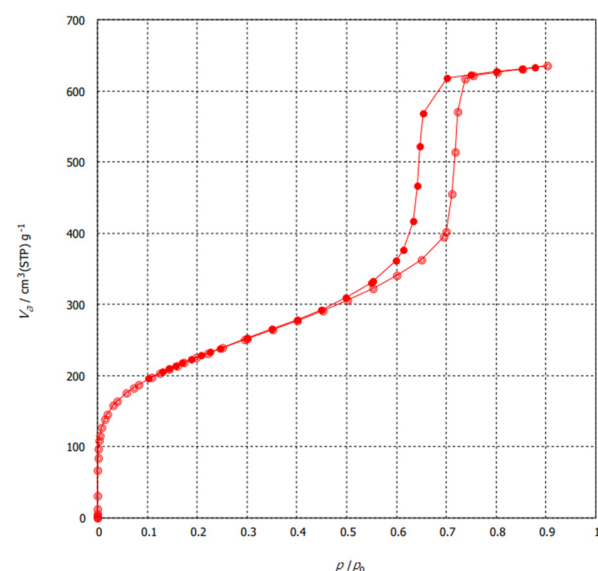
2. ผลการทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15

การทดสอบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 ในการดูดซับสีย้อม ได้แก่ โรดามีนบี (Rhodamine B) คองโกเรด (Congo Red) เมทิลไวโอเลต (Methyl Violet) และเมทิลีนบลู (Methylene Blue) (Oussalah et al., 2019) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เวลาต่าง ๆ เป็นเวลา 60 นาที ผลการทดลองในรูปของเปอร์เซ็นต์การดูดซับ และกราฟอัตราการดูดซับสีย้อม แสดงดังภาพ 5 และ 6 ตามลำดับ

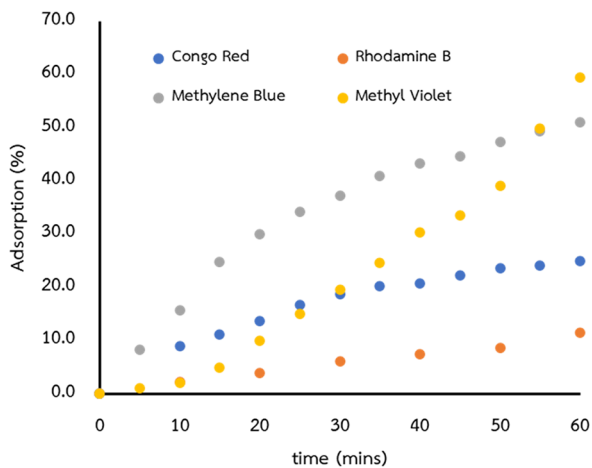
ตาราง 1

แสดงผลขนาดรูพรุนของ SBA-15

sample	S _{BET}	Pore vol.	Pore diameter
SBA-15	(m ² /g)	(cm ³ /g)	(nm)
SBA-15	709.24	0.8942	5.0431



ภาพ 4 N₂ adsorption-desorption isotherms ของ SBA-15



ภาพ 5 ร้อยละการดูดซับสีย้อมโดย SBA-15 เทียบเวลา 60 นาที ของคองโก เรด เมทิลีนบลู เมทิลไวโอเลต และ โรดามีน บี

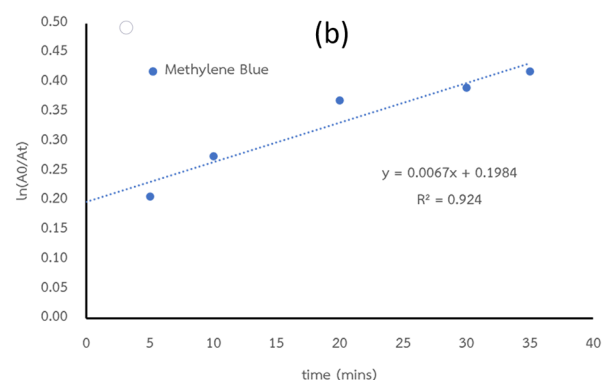
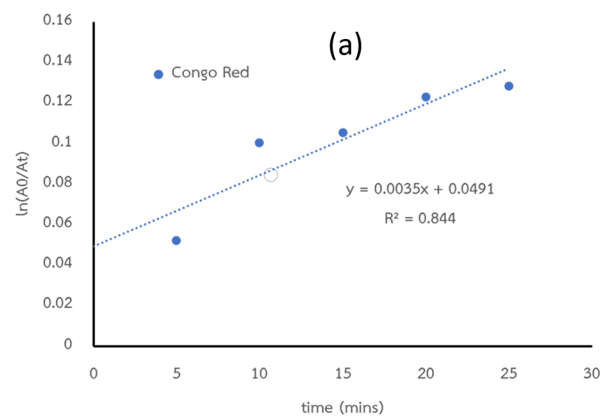
จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อม ของ SBA-15 ที่เตรียมได้ โดยนำตัวอย่าง SBA-15 จำนวน 5 มิลลิกรัม มาแช่ในสีย้อมต่าง ๆ ทั้ง 4 ชนิด ดังแสดงผลใน ภาพ 5 และทำการติดตามการลดลงของสีของสารละลาย ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) Analytik Jena รุ่น SPECORD 200 PLUS ตามช่วงเวลาที่ทำการแช่ 0–60 นาที พบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับของตัวเรดังกล่าว สามารถดูดซับ ได้ดีที่สุดกรณีสีย้อม เมทิลไวโอเลต และเมทิลีนบลู โดยให้ ค่าประสิทธิภาพการดูดซับได้มากกว่า 40 % และเริ่มมีแนวโน้มเข้าสู่สภาวะอิ่มตัว ทั้งนี้หากเพิ่มปริมาณของ SBA-15 จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับได้มากขึ้น

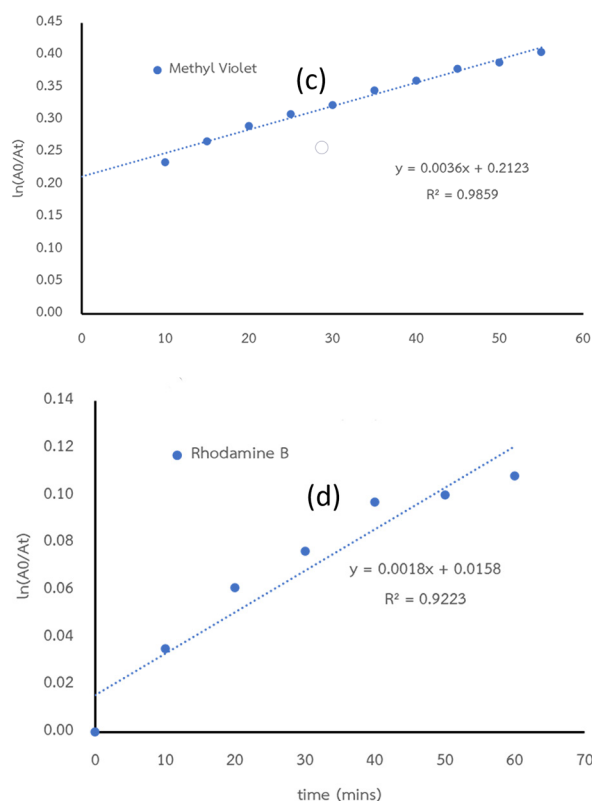
ตาราง 2

แสดง ร้อยละการดูดกลืนของสีย้อมเมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้น

เวลา	เมทิลีนบลู	เมทิลไวโอเลต	คองโก เรด	โรดามีน บี
0 นาที	0	0	0	0
60 นาที	50.90	59.40	24.90	11.44
48 ชั่วโมง	100.00	82.20	73.80	64.36
72 ชั่วโมง	100.00	100.00	100.00	82.13

จากภาพ 5 และตาราง 2 เมื่อพิจารณาถึงร้อยละ การดูดซับสีย้อมต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ตัวเร่ง ปฏิกิริยา SBA-15 สามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้ดีที่สุด คือ 50.90 % เมทิลไวโอเลต 59.40 % เมื่อพิจารณาเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง สามารถดูดซับคองโก เรด เมทิลไวโอเลต, และเมทิลีนบลู ได้ 73.80 82.20 และ 100 % ตามลำดับ ถึงแม้เมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง สามารถดูดซับโรดามีน บี ได้ 82.13 % จะพบว่าถึงแม้ SBA-15 เพียง 5 มิลลิกรัม จะสามารถดูดซับสีย้อมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะสามารถดูดซับได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมต่าง ๆ ที่แสดงพบว่าเป็น การดูดซับแบบไม่ต้องใช้การกวนการคน แต่เป็น ลักษณะการแพร่ของสีย้อมเข้ามายึดเกาะติดบริเวณผิว ของ วัสดุ SBA-15 ที่เตรียมได้ ขนาดรูพรุนที่ได้ ที่มีขนาด ประมาณ 40 นาโนเมตร





ภาพ 6 อัตราการดูดซับสีย้อมโดย SBA-15 เทียบเวลา ของ คองโก เรด (a) เมทิลินบลู (b) เมทิลไวโอเลต (c) และโรดามีน บี (d)

จากภาพ 6 เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงมาหาค่า $\ln(A_0/A_t)$ และนำมาพล็อตกราฟเทียบกับเวลา พบว่าได้กราฟเป็นเส้นตรง จะสามารถหาค่าคงที่อัตราได้จากความชันของกราฟ เมื่อพิจารณาจากเป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอันดับที่หนึ่ง $r=k[A]^1$ ได้ค่าคงที่อัตราดังตาราง 2

จากตาราง 2 พบว่า ค่าคงที่อัตราของการดูดซับเมทิลินบลูมากที่สุด รองลงมา คือ เมทิลไวโอเลต คองโกเรด และโรดามีน บี มีค่าคงที่อัตรา เท่ากับ 0.0067 0.0036 0.0035 และ 0.0018 s^{-1} ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ Zhao et al. (2022) จากการทดลองที่ได้ ผู้วิจัยได้ทดสอบการปลดปล่อยของสีย้อมในสภาวะอุณหภูมิปกติ pH 7 โดยการนำตัวอย่างวัสดุที่ผ่านการดูดซับแล้ว มาปั่นกวนในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และติดตามสีของสารละลายก่อนและหลังการทดลอง พบว่าไม่มีการปลดปล่อยสีย้อมออกมาในสารละลายโดยค่าการดูดกลืนสีของสารละลาย ก่อนและหลังมีค่าเท่ากัน

ตาราง 3

แสดงค่าคงที่อัตราการดูดซับสีย้อมชนิดต่าง ๆ ของตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15

ชนิดของสีย้อม	ค่าคงที่อัตรา (s^{-1})	R^2
โรดามีน บี	0.0018	0.9223
คองโกเรด	0.0035	0.8447
เมทิลไวโอเลต	0.0036	0.9859
เมทิลินบลู	0.0067	0.9240

สรุปผลการทดลอง

ตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 สามารถสังเคราะห์ได้โดยใช้เตตระเอทิลออร์โทซิลิเกตเป็นแหล่งซิลิกาและใช้ Pluronic P123 เป็นสารกำหนดโครงสร้าง ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 เป็นตัวรองรับที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และเมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยา SBA-15 มาดูดซับสีย้อม สามารถดูดซับเมทิลินบลูได้ดีและเร็วที่สุดโดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 100 ภายใน 48 ชั่วโมง มีค่าคงที่อัตราเท่ากับ 0.0067 s^{-1} ด้วยประสิทธิภาพการดูดซับ สารดังกล่าวจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับเพื่อใช้ในการบำบัดสีย้อมในอุตสาหกรรมได้

ข้อเสนอแนะ

วัสดุรูพรุนที่เตรียมได้ SBA-15 มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับสีย้อม ทั้งชนิดที่เป็นประจุบวกและลบ จึงน่าจะสามารพัฒนาเพื่อใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสีย้อมโดยนำไปบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และจะช่วยลดมลพิษทางน้ำได้ดี

Acknowledgements

This study was supported by Thammasat University Research Fund, contract No. TUFT013/2563 and TUFF07/2565 and Thammasat University Postdoctoral Fellowship (B.E.2564). This work was supported by the Thailand Science Research and Innovation Fundamental Fund. TUFT 013/2563.



References

- Abazari, R., Salehi, G., & Mahjoub, A. (2018). Ultrasound-assisted preparation of a nanostructured zinc (II) amine pillar metal-organic framework as a potential sorbent for 2, 4-dichlorophenol adsorption from aqueous solution. *Ultrasonics Sonochemistry*, 46, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.02.001>.
- Abukhadra, M. R., Adlii, A., & Bakry, B. M. (2019). Green fabrication of bentonite/chitosan@cobalt oxide composite (BE/CH@Co) of enhanced adsorption and advanced oxidation removal of congo red dye and Cr (VI) from water. *International Journal of Biological Macromolecules*, 126, 402-413. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.225>
- Aichour, A., Zaghouane-Boudiaf, H., Iborra, C. V., & Polo, M. S. (2018). Bioadsorbent beads prepared from activated biomass/alginate for enhanced removal of cationic dye from water medium: Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. *Journal of Molecular Liquids*, 256, 533-540. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.02.073>
- Boonyayut, R., Sangsirimongkolying, R., & Sakong, P. (2019). The study of adding fire retardant property in Natural Indigo Dye Fabric for Indigo Dyeing Community Enterprise. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(3), 132-142. (in Thai)
- Boukoussa, B., Mokhtar, A., El Guerdaoui, A., Hachemaoui, M., Ouachtak, H., Abdelkrim, S., Addi, A. A., Babou, S., Boudina, B., Bengueddach, A., & Hamacha, R. (2021). Adsorption behavior of cationic dye on mesoporous silica SBA-15 carried by calcium alginate beads: Experimental and molecular dynamics study. *Journal of Molecular Liquids*, 333, 115976. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115976>
- Garmia, D., Zaghouane-Boudiaf, H., & Ibbora, C. V. (2018). Preparation and characterization of new low cost adsorbent beads based on activated bentonite encapsulated with calcium alginate for removal of 2,4-dichlorophenol from aqueous medium. *International journal of biological macromolecules*, 115, 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.064>
- Hui S., Junxing H., Yuqi D., Wang L., Jinzhao D., Ping C., Hui L., and Xiaoming Z. (2010). One-pot synthesized mesoporous Ca/SBA-15 solid base for transesterification of sunflower oil with methanol. *Applied Catalysis A: General*, 390, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2010.09.030>
- Stucky G.D. and J.M. Kim (2000). Synthesis of highly ordered mesoporous silica materials using sodium silicate and amphiphilic block copolymers. *Chemical Communications*, 13, 1159-1160. <http://doi.org/10.1039/B002362K>
- Liu, Q., Yang, B., Zhang, L., & Huang, R. (2015). Adsorption of an anionic azo dye by cross-linked chitosan/bentonite composite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 1129-1135. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.10.008>

- Nasrullah, A., Bhat, A. H., Naeem, A., Isa, M. H., & Danish, M. (2018). High surface area mesoporous activated carbon-alginate beads for efficient removal of methylene blue. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107(Pt B), 1792–1799. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.045>
- Oussalah, A., Boukerroui, A., Aichour, A., & Djellouli, B. (2019). Cationic and anionic dyes removal by low-cost hybrid alginate/natural bentonite composite beads: Adsorption and reusability studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 854–862. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.197>
- Sharma, A. K., Priya, Kaith, B. S., Sharma, N., Bhatia, J. K., Tanwar, V., Panchal, S., & Bajaj, S. (2019). Selective removal of cationic dyes using response surface methodology optimized gum acacia-sodium alginate blended superadsorbent. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 331–345. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.213>
- Tan, W. S., & Ting, A. S. (2014). Alginate-immobilized bentonite clay: Adsorption efficacy and reusability for Cu(II) removal from aqueous solution. *Bioresource Technology*, 160, 115–118. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.056>
- Wang, X., Lin, K. S., Chan, J. C., & Cheng, S. (2004). Preparation of ordered large pore SBA-15 silica functionalized with aminopropyl groups through one-pot synthesis. *Chemical communications (Cambridge, England)*, 23, 2762–2763. <https://doi.org/10.1039/b408022j>
- Zhao, Q., Wang, J., Zhou, Y., Huang, J., Cai, H., & Liu, H. (2022). Dual function naphthalimide modified mesoporous silica for organic pollutant sensing and removal from water. *Journal of Molecular Liquids*, 367, 120544. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.120544>.



แพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำ การดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

Artificial Intelligence Platform on Semantic Knowledge Base for Recommending Elderly with Chronic Diseases Care

ณัฐพล คุ่มใหญ่โต¹ เกรียงศักดิ์ เตมีย์¹ และปราโมทย์ สิทธิจักร^{2*}

Nattapon Kumyaito¹, Kreangsak Tamee¹ and Pramote Sittijuk^{2*}

¹ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Department of Computer science and information technology,
Faculty of Science, Naresuan University

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจและการบัญชี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

²Major of Information technology, Faculty of Business and Accounting, Phitsanulok University

*Corresponding author: pramotes@plu.ac.th

Received: November 1, 2022

Revised: January 3, 2023

Accepted: January 9, 2023

บทคัดย่อ

ผู้สูงอายุเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังเพิ่มขึ้นจำนวนมาก รวมทั้งปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาเพื่อดูแลสุขภาพ มักมุ่งเน้นในฝั่งการประมวลผลที่ทำนายได้เพียงผลลัพธ์เชิงจำแนกการเป็นโรค และความเสี่ยงต่อการเกิดโรค จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการวิจัย (1) เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมาย เพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ และ (2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานเพื่อนำเข้าค่าทางสุขภาพ อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกอาการความผิดปกติของโรคด้วยการฝึกสอนจากชุดข้อมูลออนไลน์เกี่ยวกับโรคหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง ฐานความรู้ออนโทโลยีจำนวน 33 โหนด แบ่งเป็น 4 ชั้นความรู้ ฐานกฎเชิงความหมาย จำนวน 6 ส่วน และส่วนแสดงผลการแนะนำการดูแลสุขภาพตามผลการจำแนกอาการโรค การพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ใช้เทคนิคการสร้างโมเดลการจำแนกโรคด้วยแมชชีนเลิร์นนิงที่เชื่อมประสานการประมวลผลกับฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยีที่ผ่านการสกัดจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อสร้างคำแนะนำจากผลการทำนายที่เป็นอัตโนมัติจากข้อมูลภาวะสุขภาพที่ตรวจวัดจากเซนเซอร์ของอุปกรณ์ไอโอที อุปกรณ์การแพทย์ทั่วไปที่ส่งค่าแบบบลูทูธ และการนำเข้าผ่านหน้าจอโปรแกรม โดยแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์สามารถจำแนกอาการด้วยอัลกอริทึมต้นไม้การตัดสินใจ ได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุด คิดเป็น 100% และการแนะนำข้อมูลการดูแลรักษาโรคด้วยฐานความรู้เชิงความหมาย สามารถให้ผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้องครอบคลุม โดยมีค่า F-measure เท่ากับ 92.3%

คำสำคัญ: แพลตฟอร์ม ปัญญาประดิษฐ์ ฐานความรู้เชิงความหมาย โรคเรื้อรัง ผู้สูงอายุ

Abstract

Most elderly people have increasingly suffered from chronic diseases. Artificial Intelligence--AI is often developed for treating the elderly's health care in the backend tier in a form of classifying the results of being diseased and the risk of disease. This limitation leads to two proposed research objectives: (1) to develop the AI platform on the semantic knowledge base (AISKB) for recommending the elderly with chronic disease care and (2) to assess the AISKB's performance. The results of developing the AISKB can be classified into five parts: the user interfaces for inserting health values, the machine learning in classifying symptoms and diseases by training from the online health disease and stroke dataset, the semantic knowledge base with 33 nodes and 4 knowledge layers, the semantic rules with 6 parts, and displaying the elderly health categorization recommendation according to the disease and symptom classification results. AISKB was developed using machine learning techniques for building disease classification models and connecting with the extracted ontology and semantic knowledge base from specialist doctors. It can provide automatic health care recommendations based on the elderly's health states measured from IoT health sensors, medical Bluetooth devices, and user input via user interfaces. AISKB can classify symptoms and diseases with a decision tree algorithm that has a maximum average accuracy of 100 percent. The health care recommendation with semantic knowledge base has correct and comprehensive results with an F-measure of 92.3%.

Keywords: platform, Artificial Intelligence, Semantic Knowledge Base, chronic disease, elderly



บทนำ

ปัญหาด้านสุขภาพของผู้สูงอายุจากการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง เพิ่มมากขึ้นไปพร้อม ๆ กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ดูแลเป็นอย่างมาก ทั้งจากภาวะของโรค อาการข้างเคียง และภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ทั้งนี้โรคเรื้อรัง เป็นกลุ่มของโรคที่มีระยะเวลาการเจ็บป่วยนาน ส่งผลให้ผู้สูงอายุเกิดความเจ็บป่วย ทุพพลภาพ มีคุณภาพชีวิตลดลง และเสียชีวิตก่อนวัยอันควรจำนวนมากขึ้นทุกปี รวมถึงส่งผลต่อสภาพจิตใจของผู้ดูแลและครอบครัวที่อาจทรุดโทรมตามมา และจากสถิติการเสียชีวิตของผู้สูงอายุทั่วโลก ส่วนใหญ่คิดเป็น 70% เสียชีวิตจากการเจ็บป่วยด้วยโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และโรคปอดเรื้อรัง (World Health Organization, 2021) ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมายทางการวิจัย มีจำนวนผู้สูงอายุจำนวนมากประสบปัญหาสุขภาพด้วยโรคหัวใจ และโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งต้องอาศัยการดูแลแบบเข้าถึงและต่อเนื่อง และข้อมูลทางสถิติ

พบว่า โรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 ของประชาชนในพื้นที่ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และมีจำนวนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้คือ ไม่เกินร้อยละ 7 (Sodaprom & Wannaratvigit, 2021) ผู้สูงวัยเหล่านี้ต้องมีการดูแลและตรวจติดตามอาการ ความรุนแรงของโรคอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพบว่า ในปัจจุบันนี้ประสบปัญหาเกี่ยวกับบุคลากรทางการแพทย์ และสาธารณสุขมีจำนวนไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้สูงวัยที่ประสบปัญหาสุขภาพในแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ห่างไกล (NESDC, 2021) ซึ่งต้องอาศัยการดูแลแบบเข้าถึงและต่อเนื่อง รวมทั้งขาดการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้และเทคโนโลยี ซึ่งจะช่วยเหลือประโยชน์ต่ออาสาสมัครสาธารณสุข หรืออาสาสมัครผู้ดูแล (care giver) นำมาใช้ประเมิน และคาดการณ์ระดับความรุนแรงของอาการโรค รวมทั้งการให้คำแนะนำการบำบัดรักษา

ปัญญาประดิษฐ์ (AI--Artificial Intelligence) ถูกนำมาใช้ในการทำนาย/จำแนกอาการผิดปกติและระดับความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดสมอง ด้วยการใช้ความสามารถของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (ML--Machine Learning) ทั้งแบบมีผู้สอน (SL--Supervised Learning) และแบบไม่มีผู้สอน (USL--Unsupervised Learning) ทั้งนี้ ML จะเป็นประโยชน์ต่อการรักษาเชิงรุกของแพทย์ สามารถประมวลผลเพื่อทำความเข้าใจในรูปแบบพฤติกรรมและปัจจัยเสี่ยงของแต่ละบุคคลที่มีความซับซ้อน เพื่อทำนายผลลัพธ์ที่สามารถใช้วางแผนตัดสินใจในการรักษาของแพทย์ได้ (Yilmaz & Yagin, 2022) และนำไปสู่การสร้างวิธีการทำนายเชิงให้คำแนะนำที่มีความเหมาะสมกับแต่ละบุคคล ให้ได้รับแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพให้ดีขึ้น (Lamchom & Saengai, 2022)

การใช้ ML แบบ SL มักมุ่งเน้นในการออกแบบระบบอัจฉริยะเพื่อวินิจฉัยโรคจากข้อมูลสุขภาพทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้อัลกอริทึม ML อาทิ Multilayer Perceptron--MLP Support Vector Machine--SVM Random Forest--RF Naïve Bayes--NB K-nearest neighbor--KNN และ Decision Tree--DT ในการจำแนกคลาสคำตอบทางสุขภาพ เช่น การทำนายภาวะการเกิดโรคเบาหวาน เป็นต้น (Boukhatem, Youssef & Nassif, 2022) เมื่อทำการศึกษาทบทวนถึงช่องว่างของการนำเสนอวิธีการพัฒนา AI ทางแพทย์ ที่ปรากฏหลักฐานจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ พบว่า AI มักถูกสร้างเพื่อดำเนินการเฉพาะในฝั่งการประมวลผลส่วนหลัง (back end) ที่เข้าถึงและจับต้องได้ยาก รวมทั้งรองรับการทำนายเพียงผลลัพธ์เชิงจำแนกเพื่อระบุว่าบุคคลใด ๆ เป็นโรค และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหรือไม่ โดยไม่สามารถขยายผลเชื่อมโยงไปยังกลไกในการให้คำแนะนำการดูแลสุขภาพแก่ผู้ป่วยที่ต้องการค้นหาวิธีการดูแลรักษาโรคเบื้องต้นด้วยตนเอง ทั้งนี้การนำ ML มาประยุกต์ใช้ร่วมกับฐานความรู้เชิงความหมาย (SKB--Semantic Knowledge Base) ด้วยออนโทโลยี จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายและแนะนำข้อมูลที่มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากจะช่วยจัดเตรียมโครงสร้างชุดข้อมูลอย่างเป็นระบบ หมดห่วง รวมทั้งสามารถรองรับการอธิบายคลาสคำตอบในเชิง

ความหมายเพิ่มเติม ซึ่งการบูรณาการดังกล่าว สามารถพัฒนาทั้งในรูปแบบการสร้างออนโทโลยีเพื่อช่วยจัดระบบโครงสร้างเชิงความหมายบนชุดข้อมูล (dataset) เพื่อส่งเข้าไปฝึกสอนด้วย ML ทั้งนี้จะช่วยทำให้กระบวนการสร้างโมเดลเพื่อการจำแนกมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้มีความแม่นยำในการจำแนกผลลัพธ์สูงขึ้นตามมา (Ayranci et al., 2022) อีกแนวทางหนึ่งในการหลอมรวมการประมวลผลของ ML และออนโทโลยี จะทำการสกัดกฎที่สร้างขึ้นด้วยอัลกอริทึม ML เช่น แผนผังต้นไม้การตัดสินใจ แล้วนำเข้าไปยังออนโทโลยี จากนั้นดำเนินการคิวรีด้วยกฎเชิงความหมาย SWRL เพื่อแสดงผลลัพธ์จากการอนุมานและให้การตัดสินใจขั้นสุดท้ายไปยังผู้ใช้ (Massari, Sabouri, Mhammediand & Gherabi, 2022) ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้สร้างขึ้นตอนวิธีการประมวลผลร่วมกันระหว่าง ML กับ SKB ที่สร้างด้วย ออนโทโลยี ที่มีความแตกต่างจากสองวิธีที่กล่าวมา โดยจะนำผลการทำนายจากอัลกอริทึม ML เกี่ยวกับคลาสคำตอบของอาการโรค ที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ ร่วมกับการดึงข้อมูลภาวะสุขภาพที่ตรวจพบความผิดปกติ และพฤติกรรมความเสี่ยงทางสุขภาพต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องในเชิงความหมาย นำส่งเข้าสู่การอนุมาน/สืบค้นองค์ความรู้คำแนะนำการดูแลสุขภาพที่เป็นประโยชน์ ให้บริการให้แก่ผู้ป่วยสูงอายุ ที่ส่วนใหญ่มีความต้องการเข้าถึงข้อมูล และใช้งานระบบที่ง่าย (Tanhan, 2016) รวมทั้งญาติผู้ดูแลได้เข้าถึงผ่านแพลตฟอร์มบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งแพลตฟอร์มนี้จะช่วยในการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนการทวีความรุนแรงของอาการโรคเรื้อรังล่วงหน้า และนำไปสู่การช่วยเหลืออัตราการเสียชีวิตกระทันหันในผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมาย เพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจำแนกอาการโรคเรื้อรังด้วย ML และการพัฒนาดิจิทัลแพลตฟอร์ม สามารถนำเสนอผลการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

Shashwith, Prasad, Reddy, Krishna and Ramesh (2022) พัฒนาและทดสอบระบบเพื่อทำนายโรคหัวใจด้วย ML ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยใช้ชุดข้อมูล UCI Machine Learning ในการสร้างโมเดลการจำแนกผลการวิจัย พบว่า อัลกอริทึม Random Forest เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าความถูกต้อง 90.16%

Bora, Gutta and Hadaegh (2022) ใช้อัลกอริทึม ML ในการทำนายโรคหัวใจ โดยใช้ชุดข้อมูล UCI Machine Learning ประกอบด้วยแอตทริบิวต์ 14 รายการ จำนวน 303 ตัวอย่างข้อมูล จำแนกเป็น 13 คุณลักษณะ และชุดข้อมูลจาก Kaggle ประกอบด้วยแอตทริบิวต์ 11 รายการ จำนวน 1,190 ตัวอย่างข้อมูล โดยทั้งสองชุดข้อมูลได้กำหนดคลาสคำตอบ คือ เป็นโรคหัวใจ และไม่เป็นโรคหัวใจ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ML ต่าง ๆ พบว่า สำหรับชุดข้อมูลหัวใจ UCI อัลกอริทึม SVM ให้ความแม่นยำในการทำนายสูงสุด เท่ากับ 92% และชุดข้อมูล Kaggle อัลกอริทึม Random Forest ให้ความแม่นยำในการทำนายสูงสุด เท่ากับ 94.12% และผลการทดสอบกับชุดข้อมูลที่ถูกรวมทั้งสองชุดข้อมูลเข้าด้วยกัน พบว่า อัลกอริทึม Random Forest ให้ความแม่นยำในการทำนายสูงสุด เท่ากับ 93.31%

Janruang et al. (2022) พัฒนาดิจิทัลแพลตฟอร์มเพื่อเพิ่มศักยภาพการจัดการความรู้และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก ซึ่งแบ่งฟังก์ชันการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนงานหลังบ้าน (back end) และส่วนงานหน้าบ้าน (front end) รวมทั้งมีการแบ่งสิทธิ์สำหรับผู้ใช้งาน เพื่อเข้าถึงฟังก์ชันการทำงาน และข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และตอบโจทยความต้องการที่แตกต่างกันเฉพาะกลุ่มบุคคล และองค์กร ซึ่งแพลตฟอร์มดิจิทัลจะช่วยให้เกิดระบบการบูรณาการร่วมกันของคน ความรู้ กระบวนการ ผลิตภัณฑ์ และนวัตกรรม

Sailasya and Kumari (2021) ใช้ชุดข้อมูล

Kaggle กับอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องต่าง ๆ ในการทำนายโรคหลอดเลือดสมอง ได้แก่ logistic regression, decision tree random forest K-nearest neighbor support vector machine และ naive Bayes พบว่า naive Bayes มีความแม่นยำสูงสุดเท่ากับ 82%

2. การสร้างออนโทโลยีในการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรัง และการบูรณาการกับ ML สามารถนำเสนอผลการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

Massari et al. (2022) นำเสนอวิธีการใช้ออนโทโลยีในการทำนายและอธิบายอาการของ Covid-19 และทำการรวมออนโทโลยี และ ML ในกฎของอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจที่ใช้สร้างเหตุผลเชิงความหมายในออนโทโลยี ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพที่สร้างขึ้นจากการรวมออนโทโลยี และ ML มีความแม่นยำกว่าการใช้เพียงอัลกอริทึม ML โดยมีความแม่นยำสูงถึง 97.4%

Larentis et al. (2021) พัฒนาออนโทโลยีเพื่อเป็นตัวแทนของความรู้ในการดูแลรักษาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยใช้โปรแกรม Protégé 5.5.0 ในการสร้างออนโทโลยีด้วย Web Language OWL และกำหนดกฎ SWRL เพื่อกำหนดสัจพจน์ และการจัดหมวดหมู่ของโหนดความรู้ที่ถูกต้องเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการอนุมานความรู้ ร่วมกับการใช้คำสั่งสอบถามข้อมูลด้วยภาษา SPARQL ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์คำแนะนำที่มีการเชื่อมโยงไปยังข้อมูลความรู้ที่เกี่ยวข้องตามขอบเขตความสนใจของผู้ป่วยที่แท้จริง และสามารถช่วยในการศึกษา/เรียนรู้การดูแลโรคไม่ติดต่อเรื้อรังด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ

Sittijuk, Sanchana, Market and Thanadechopol (2019) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้เพื่อสนับสนุนการวินิจฉัยและแนะนำการดูแลสุขภาพผู้ป่วยติดเตียงในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง จากหนังสือและตำราทางการแพทย์ และการรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เทคนิคเดลไฟล์ เพื่อนำมาสร้างฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยี จำนวนทั้งหมด 93 โหนด แบ่งออกเป็น 4 ระดับชั้น ครอบคลุมในการให้คำแนะนำในด้านการตรวจติดตามอาการโรค การแนะนำการดูแลสุขภาพในกลุ่มโรคที่เกิดร่วม การแนะนำโภชนาการ การออกกำลังกายและการทำกายภาพบำบัด สร้างฐานกฎเชิงความหมาย (SWRL

rules) ในการอนุมานและแนะนำการดูแลรักษาตามอาการโรคและเฉพาะบุคคล มีจำนวน 15 ฐานกฎ เพื่อประมวลผลร่วมกับกลไกการทำงานของ Machine Learning ด้วย weighted nearest neighbor algorithm พบว่า ระบบสามารถทำนายอาการแพ้ติดเชื้อ และการเกิดผลกดทับมีความแม่นยำสูงสุดเท่ากับ 84% และระบบสามารถสืบค้นและให้คำแนะนำการดูแลสุขภาพผู้ป่วยติดเตียงได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน โดยได้ค่า F-measure เท่ากับ 97%

3. องค์ความรู้ในการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุสามารถนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Archanupab (2010) นำเสนอความรู้ในการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ สรุปได้ว่า โรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้สูงอายุ มักเกิดจากการที่หัวใจขาดเลือดไปหล่อเลี้ยง หรือหลอดเลือดหัวใจตีบ จนส่งผลทำให้เกิดภาวะหัวใจล้มเหลวได้ ทั้งนี้จึงต้องมีการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจว่าเต้นเร็ว หรือเต้นผิดปกติหรือไม่ มีการติดตามค่าความดันโลหิตอย่างต่อเนื่อง และมีการสอบถามอาการจุกแน่นและบิรัดที่หน้าอกร่วมด้วย ทั้งนี้เมื่อตรวจพบอาการ ก็ควรแนะนำการดูแลและป้องกัน เช่น การควบคุมอาหาร การควบคุมน้ำหนักตัว การออกกำลังกาย การควบคุมอาการโรคความดันโลหิตสูง การพักผ่อน และคลายความเครียดให้แก่ผู้ป่วย สำหรับการตรวจติดตามและแนะนำการดูแลรักษาโรคหลอดเลือดสมองในผู้สูงอายุ จะมีการตรวจวัดสุขภาพเบื้องต้นเช่นเดียวกับโรคหัวใจและหลอดเลือด แต่จะแตกต่างกันตรงที่ต้องมีการตรวจวัดและสอบถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับอาการบ่งบอกความรุนแรงของโรค ได้แก่ ความไวในการโต้ตอบของข้อไขกว่าปกติ การหายใจช้าหรือไม่สม่ำเสมอ รวมทั้งติดตามภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากผู้ป่วยอยู่ในภาวะติดเตียง ได้แก่ การเกิดแผลกดทับ การสำลักอาหารและไปอุดกั้นทางเดินหายใจ และปอดอักเสบ เป็นต้น ทั้งนี้เมื่อตรวจพบอาการ ก็ควรแนะนำการดูแลและป้องกัน เช่น การรับประทานอาหารตามหลักโภชนาการ และมีไขมันต่ำ การพลิกตัวและดูแลแผลกดทับ และการทำกายภาพบำบัดในท่าทางต่าง ๆ เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

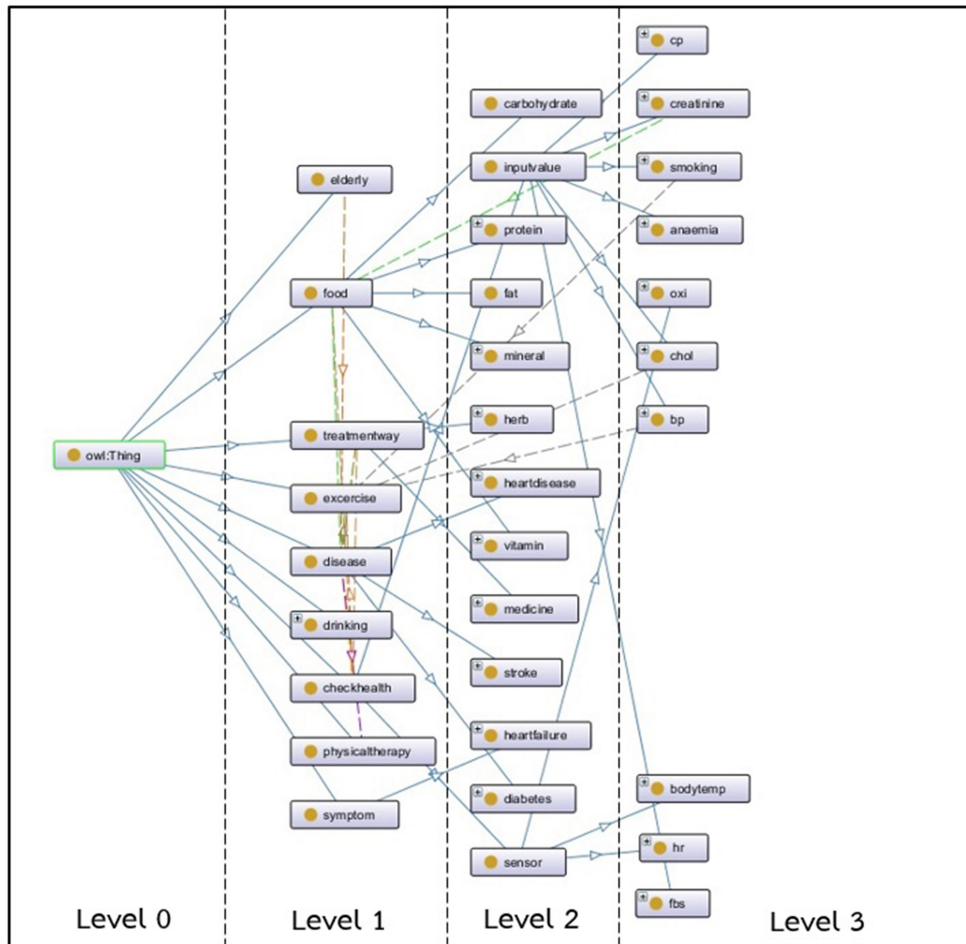
1. การสร้างฐานความรู้เชิงความหมายออนโทโลยีเพื่อการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ

ออนโทโลยีเพื่อสนับสนุนการให้คำแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังถูกสร้างขึ้นจากการศึกษาบททบทวนงานวิจัยของ Sittijuk et al. (2019) ที่ทำการสร้างออนโทโลยีสำหรับตัวแทนอัจฉริยะใน 6 กลุ่มโรค โดยออนโทโลยีนี้ผ่านการตรวจทานความถูกต้องจากแพทย์ พยาบาล และนักกายภาพบำบัด จำนวน 20 คน เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกเฉพาะโครงสร้างของโหนดความรู้และความสัมพันธ์เฉพาะ 2 กลุ่มโรค และ 1 อาการ ได้แก่ โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และภาวะหัวใจล้มเหลว เพื่อนำมาใช้งาน รวมทั้งการศึกษาโครงสร้างของชุดข้อมูลการทำนายโรคจากแหล่งออนไลน์ คือ UCI Machine Learning และ Kaggle เพื่อนำคุณลักษณะและคลาสคำตอบมาสร้างโหนดความรู้และนิยามความหมายเพิ่มเติมลงบนออนโทโลยี ซึ่งทำให้ได้ออนโทโลยีที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับโครงสร้างของชุดข้อมูลต่าง ๆ ดังภาพ 1

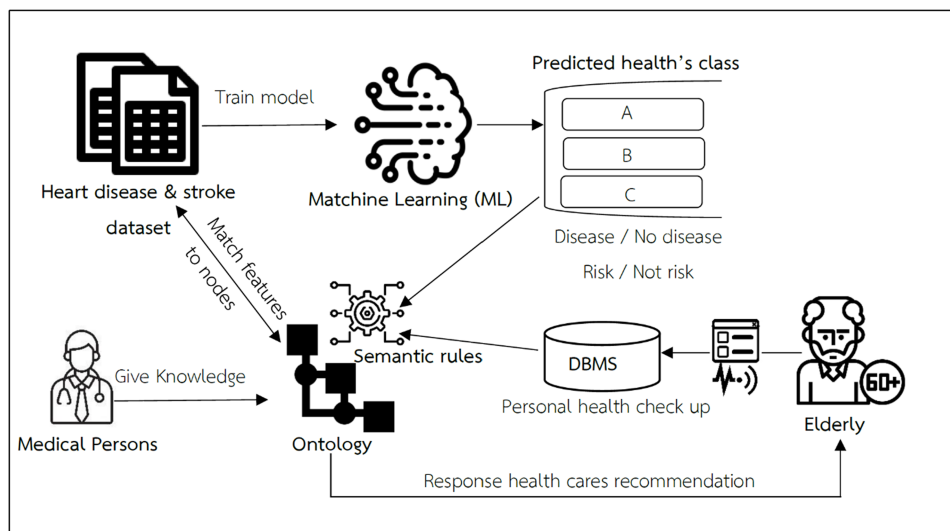
จากภาพ 1 ออนโทโลยีเพื่อการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ ประกอบด้วย 33 โหนดความรู้ แบ่งความรู้เป็น 4 ระดับชั้น โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของโครงสร้างความรู้ในแต่ละชั้นโดยสรุป ดังนี้ ชั้นความรู้ที่ 0 คือ โหนดความรู้หลัก ชั้นความรู้ที่ 1 รวบรวมความรู้เกี่ยวกับวิธีการตรวจวัดสุขภาพ การตรวจพบเหตุการณ์ความเสี่ยง วิธีการรักษา และการดูแลตนเองตามหลักโภชนาการ (Agapito et al., 2018) การออกกำลังกาย (Spoladore et al., 2022) และการทำกายภาพบำบัด (Samal et al., 2021) ชั้นความรู้ที่ 2 รวบรวมความรู้ที่เป็นรายละเอียดย่อย ๆ ของโหนดความรู้ในชั้นที่ 1 โดยมีโหนดความรู้ที่สำคัญ ได้แก่ การเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดค่าสุขภาพพื้นฐาน (Ahmed et al., 2022) การแนะนำให้ควบคุมอาหารไขมันสูง และการรับประทานอาหาร 5 หมู่ รวมทั้งคำแนะนำในการใช้สมุนไพรไทยบำบัดอาการ และชั้นความรู้ที่ 3 รวบรวมความรู้ที่เป็นรายละเอียดย่อย ๆ ของโหนดความรู้ในชั้นที่ 2 ที่นำเสนอความรู้เกี่ยวกับค่าทางสุขภาพ และค่าพฤติกรรมความเสี่ยงต่าง ๆ ที่ต้องตรวจวัดจากการนำเข้ามาผ่านเซนเซอร์ และผ่านการกรอกข้อมูลโดยอาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.)

โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาออนโทโลยีในขั้นตอนนี้ คือ โปรแกรม Protégé เวอร์ชัน 5.5.0

2. สถาปัตยกรรม และขั้นตอนวิธีการประมวลผลร่วมกันของการเรียนรู้ของเครื่อง และออนโทโลยีเพื่อแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ



ภาพ 1 ออนโทโลยีเพื่อการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ



ภาพ 2 สถาปัตยกรรมการทำงานในภาพรวมของแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

จากภาพ 2 ออนโทโลยีถูกสร้างจากองค์ความรู้จากบุคลากรทางการแพทย์ร่วมกับการใช้คุณลักษณะต่างๆ ของชุดข้อมูลออนไลน์เกี่ยวกับโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดสมอง จากนั้นทำการผสานคุณลักษณะต่างๆ ของชุดข้อมูลเข้ากับโครงสร้างของออนโทโลยีในส่วนของ ML จะทำการสร้างโมเดลการจำแนกอาการโรคจากชุดข้อมูลดังกล่าว แล้วส่งคลาสดำตอบ ร่วมกับค่าทางสุขภาพที่มีการตรวจติดตามจากผู้สูงอายุด้วยการกรอกข้อมูลผ่าน User interface และการตรวจวัดด้วย Sensor ทางสุขภาพ ที่มีค่าความผิดปกติ ส่งเข้ามารวมกันเพื่อสอบถามไปยังกฎการอนุมานเชิง

ความหมายที่สร้างขึ้น เพื่อสร้างคำแนะนำการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมกับอาการโรค และความผิดปกติที่ตรวจพบกลับไปยังผู้สูงอายุ ญาติผู้ดูแลหรือ อสม. เพื่อนำคำแนะนำไปใช้ดูแลตนเองที่เข้าถึงได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่จะทำให้เกิดความสะดวกสบายในการเข้าถึงระบบ (Ashfaq et al., 2022)

ขั้นตอนวิธีการประมวลผลร่วมกันของการเรียนรู้ของเครื่อง และออนโทโลยีเพื่อแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ สามารถแสดงด้วยโค้ดรหัสเทียม (pseudo code) ดังภาพ 3

```
MLModel = "Initial Classification ML are MLP, SVM, RF, KNN, and DT"
Dataset = "Source of UCI Machine Learning or Kaggle"
Ontology = "Owl File"
Newdata = "Personal health check up results via UIs and Sensors"
PredictedClass, AbnormalHealth = TrainModel_Predicted(MLModel, Dataset, Newdata)
HealthCaresRecommend = Match_Recommend([PredictedClass, AbnormalHealth],
Ontology)

TrainModel_Predicted(MLModel, Dataset, Newdata) :
    TrainedModel = Train(MLModel, Dataset)
    PredictedClass = Predicted(TrainedModel, Newdata)
    HealthCriteria = "Normal health criteria of PredictedClass"
    AbnormalHealth = PersonalHealthCheckUp(Newdata, HealthCriteria)
    Return PredictedClass, AbnormalHealth

PersonalHealthCheckUp(Newdata, HealthCriteria) :
    If(Newdata <> HealthCriteria) :
        AbnormalHealth = GetFeatureName(Newdata)
    Return AbnormalHealth

Match_Recommend(Predicted, Ontology) :
    While(Keyword in Predicted) :
        While(Class in Ontology) :
            If(Keyword == Class) :
                HealthCaresRecommend = SemanticRules(Class)
            Return HealthCaresRecommend
```

ภาพ 3 Pseudo code ขั้นตอนวิธีการประมวลผลร่วมกันของการเรียนรู้ของเครื่องและออนโทโลยีเพื่อแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ

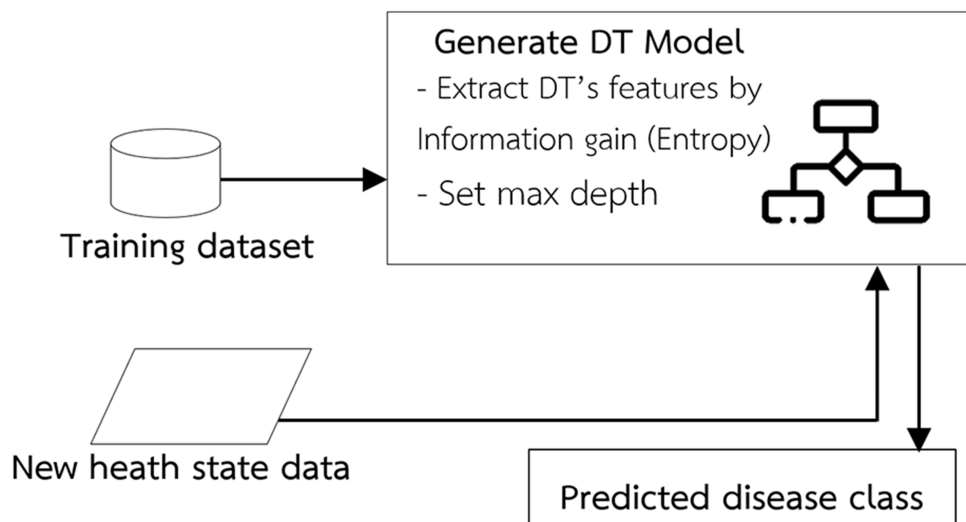
จาก Pseudo code ภาพ 3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ฟังก์ชัน TrainModel_Predicted() (ตรวจสอบการสะกดคำ) สร้างโมเดล ML ในการจำแนกข้อมูล จากชุดข้อมูลออนไลน์ UCI Machine Learning or Kaggle เพื่อทำการจำแนกชื่ออาการโรคจากข้อมูลผลการตรวจสุขภาพของผู้สูงอายุแต่ละราย จากนั้นจะทำการนำค่าผลตรวจสุขภาพต่าง ๆ ไปตรวจสอบกับเกณฑ์สุขภาพตามหลักการแพทย์ เพื่อระบุคุณลักษณะภาวะสุขภาพที่ผิดปกติด้วยฟังก์ชัน PersonalHealthCheckUp() (ตรวจสอบการสะกดคำ) จากนั้นทำการส่งค่ากลับไปเพื่อแสดงคำแนะนำการดูแลสุขภาพด้วยฟังก์ชัน Match_Recommend() (ตรวจสอบการสะกดคำ)

2. ฟังก์ชัน Match_Recommend() (ตรวจสอบการสะกดคำ)

ทำการผสมผสานชื่ออาการโรค และคุณลักษณะภาวะสุขภาพที่ผิดปกติที่จำแนกได้ด้วย ML ที่ถูกเรียกว่า Keyword กับโครงสร้าง Class บนออนโทโลยี เพื่อส่งไปอนุมานความรู้เพื่อการแนะนำการดูแลสุขภาพผ่าน Semantic Rules ที่สร้างขึ้นด้วยภาษา Semantic Rule Language--SWRL และแสดงผลคำแนะนำการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมกับอาการโรคให้แก่ผู้ใช้ต่อไป

โดยมีตัวอย่างการสร้างกฎ SWRL ในการอนุมานความรู้เพื่อให้คำแนะนำการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่เป็นโรคเรื้อรัง ดังภาพ 5



ภาพ 4 ขั้นตอนการสร้างโมเดลและทำนายด้วย DT

```
elderly(?e) ^ disease(?d) ^ hasDisease(?e, ?d) ^ checkhealth(?ch) ^ hasCheckHealth(?d, ?ch) ^  
food(?f) ^ hasFood(?ch, ?f) ^ drinking(?dk) ^ cancel(?ch, ?dk) ^ exercise(?ec) ^  
hasExercise(?d, ?ec) ^ herb(?h) ^ hasTreatment(?ch, ?h) ^ foodmenu(?fm) ^ hasIngredient(?fm, ?f) ^  
hasIngredient(?fm, ?h) -> sqwrl:select(?e, ?d, ?ch, ?dk, ?f, ?ec, ?h, ?fm)
```

ภาพ 5 กฎ SWRL ในการอนุมานความรู้คำแนะนำการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่เป็นโรคเรื้อรัง

จากภาพ 5 กฎ SWRL จะทำการสร้างเหตุผลเพื่ออนุมานความรู้การดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุในภาพรวมที่เป็นโรคเรื้อรังต่าง ๆ ที่ครอบคลุม 6 ส่วน ได้แก่ (1) ควรมีการตรวจวัดค่าสุขภาพ (2) เมื่อพบค่าทางสุขภาพที่ผิดปกติ จะต้องละเว้นพฤติกรรมเสี่ยง (3) การรับประทานอาหารตามหลักโภชนาการ (4) การออกกำลังกายที่เหมาะสมกับโรค (5) การใช้สมุนไพรในการบำบัดอาการโรคเบื้องต้น และ (6) การแนะนำเมนูอาหารที่ดีต่อสุขภาพที่ใช้สมุนไพรเป็นส่วนผสม

โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในขั้นตอนนี้ ได้แก่ ภาษา Python เพื่อพัฒนาอัลกอริทึม ML ทำงานบนฐานความรู้เชิงความหมาย และสร้าง API เพื่อให้บริการแก่เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษา PHP ในการเชื่อมประสานการประมวลผล และดึงข้อมูล รวมทั้งพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม MySQL เพื่อรวบรวมข้อมูลผลการตรวจวัดค่าสุขภาพของผู้สูงอายุ

3. การประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

กำหนดวิธีการทดสอบ และประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์ม จำแนกได้ 2 ส่วน ดังนี้

3.1 วิธีการทดสอบ และประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกอาการความผิดปกติของโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องทั้ง 4 ชนิด ดังนี้

1) Neural network ตั้งค่าพารามิเตอร์ hidden_layer_sizes = (3,3), activation='relu', optimizer = 'adam' และวนรอบฝึกสอนโมเดล จำนวน 500 รอบ

2) SVM ตั้งค่าพารามิเตอร์ kernel='linear' และการกำหนดระยะขอบในการจำแนกข้อมูล (C=1.0)

3) KNN ตั้งค่าพารามิเตอร์ ที่ k=3

4) Decision tree ตั้งค่าพารามิเตอร์ criterion="entropy" และ max_depth=3

โดยอัลกอริทึม ML ต่าง ๆ จะทำการประมวลผลกับชุดข้อมูลทางการแพทย์ออนไลน์ 3 แหล่งข้อมูลในการทำนายผลลัพธ์โดยชุดข้อมูลต่าง ๆ ได้อธิบายคุณลักษณะที่เกี่ยวกับอายุ เพศ อาชีพ สถานะภาพสมรส/โสด/หย่าร้าง พฤติกรรมการสูบบุหรี่ อาการผิดปกติที่ตรวจพบ และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ชุดข้อมูลโรคหัวใจ ประกอบด้วย 13 คุณลักษณะ และมี 2 คลาสคำตอบ ได้แก่ เป็นโรคหัวใจ และไม่เป็นโรคหัวใจ ชุดข้อมูลภาวะหัวใจล้มเหลว ประกอบด้วย 11 คุณลักษณะ และมี 2 คลาสคำตอบ ได้แก่ เกิดภาวะหัวใจล้มเหลว และไม่เกิดภาวะหัวใจล้มเหลว และชุดข้อมูลโรคหลอดเลือดสมอง ประกอบด้วย 11 คุณลักษณะ และมี 2 คลาสคำตอบ ได้แก่ เป็นโรคหลอดเลือดสมอง และไม่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง (Noh & Cho, 2022) โดยกำหนดอัตราส่วนเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน 70% และชุดข้อมูลทดสอบ 30% (Sitka, Wiczorek & Woźniak, 2022) แล้วทำการกรองเฉพาะรายการตัวอย่างข้อมูลที่เป็นของบุคคลที่มีอายุ ≥ 60 ปี เพื่อนำมาใช้งาน ได้แก่ ชุดข้อมูลทำนายการเกิดโรคหัวใจ (จำนวนทั้งหมด 309 รายการ แบ่งเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน 216 รายการ และชุดข้อมูลทดสอบ 93 รายการ) ชุดข้อมูลทำนายการเกิดภาวะหัวใจล้มเหลว (จำนวนทั้งหมด 170 รายการ แบ่งเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน 119 รายการ และชุดข้อมูลทดสอบ 51 รายการ) และชุดข้อมูลทำนายการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง (จำนวนทั้งหมด 1,304 รายการ แบ่งเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน 912 รายการ และชุดข้อมูลทดสอบ 392 รายการ) รวม Training set ที่ใช้สร้างโมเดลของทั้ง 3 โรค/อาการ จำนวนทั้งหมด 1,247 รายการ และ Test set จำนวนทั้งหมด 536 รายการ แล้วทำการคำนวณหาประสิทธิภาพในการจำแนกคำตอบของอัลกอริทึมแต่ละแบบ โดยใช้เทคนิคคอนฟิวชันเมทริกซ์ (Jupalle et al., 2022) ดังวิธีการในตาราง 1 โดยทำการทดสอบรันอัลกอริทึม ML ต่าง ๆ เพื่อวัดค่าที่เกี่ยวข้อง จำนวน 3 ครั้ง พบว่า ในภาพรวม ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่า Accuracy Precision Recall และ F-Measure ที่วัดได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.00–0.577

จากตาราง 1 รายการผลลัพธ์ที่ทำนายได้ถูกต้อง และผิดพลาดจะถูกนำมาคำนวณประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต่าง ๆ ดังสมการที่ 1–6 (Jupalle et al., 2022)

ตาราง 1

เทคนิคคอนฟิวชันแมทริกซ์เพื่อคำนวณค่าความแม่นยำในการจำแนกโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

	แท้จริง “เป็นโรค”	แท้จริง “ไม่เป็นโรค”
ทำนายว่า “เป็นโรค”	TP (True Positive)	FP (False Positive)
ทำนายว่า “ไม่เป็นโรค”	FN (False Negative)	TN (True Negative)

$$TP\ rate = \frac{TP}{TP+FN} \quad (1)$$

$$FP\ rate = \frac{FP}{(TN+FP)} \quad (2)$$

$$Accuracy = \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+TN+FN)} \quad (3)$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (4)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (5)$$

$$F-Measure = \frac{(2\ Recall*Precision)}{(Recall+Precision)} \quad (6)$$

3.2 วิธีการทดสอบ และประเมินประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลคำแนะนำการดูแลรักษาโรคด้วยฐานความรู้เชิงความหมาย

ทำการศึกษาทบทวนตำราทางการแพทย์ที่ให้ความรู้ในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ เพื่อกำหนดคำสำคัญในการสืบค้น (SK--Searching Keyword) คือ โรคหัวใจ (heart disease) และโรคหลอดเลือดสมอง (stroke) และคำสำคัญที่เป็นคำเป้าหมาย (TK--Target keyword) ที่ควรค้นพบ/มีอยู่ในคำแนะนำการดูแลสุขภาพ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการตรวจวัดค่าสุขภาพ ด้านการลดละเลิกพฤติกรรมเสี่ยง ด้านโภชนาการอาหาร ด้านการออกกำลังกาย และด้านการใช้สมุนไพรเพื่อบำบัดรักษาด้วยตนเองเบื้องต้น โดยมีเกณฑ์ในการทดสอบ 3 เหตุการณ์ ได้แก่ จำนวน TK ที่สืบค้นได้ และถูกต้องตามความสนใจ (A) จำนวน TK ที่ถูกต้องตาม

ความสนใจ แต่ไม่ถูกสืบค้น (B) และจำนวน TK ที่สืบค้นได้ แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C) จากนั้นนำค่าต่าง ๆ มาคำนวณประสิทธิภาพในการสืบค้นคำแนะนำด้วยฐานความรู้เชิงความหมายด้วยค่า Precision และ Recall ดังสมการที่ 7-8 และหาค่า F-Measure ดังสมการที่ 6

$$Precision = \frac{A}{(A+C) \times 100\%} \quad (7)$$

$$Recall = \frac{A}{(A+B) \times 100\%} \quad (8)$$

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ โดยสามารถนำเสนอ User interface ในฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

ภาพ 6 แสดงข้อมูลผู้สูงอายุที่อยู่ในการดูแลของเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานสุขภาพ/อสม. ซึ่งจะเชื่อมโยงไปยังฟังก์ชันการนำเข้าผลตรวจวัดค่าทางสุขภาพ การทำนายโรคหัวใจ ภาวะหัวใจล้มเหลว และโรคหลอดเลือดสมอง และการเรียกดูคำแนะนำเชิงความหมายเพื่อการดูแลสุขภาพเบื้องต้นที่เหมาะสมกับโรค/อาการ โดยฟังก์ชันการทำงานในหน้าจอนี้ จะเชื่อมต่อกับอัลกอริทึม ML เพื่อจำแนกคลาสคำตอบของโรค/อาการ และส่งคลาสคำตอบ และค่าพารามิเตอร์ทางสุขภาพที่เกี่ยวข้องไปสืบค้นคำแนะนำการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมกับบุคคล ซึ่งรวบรวมไว้ในออนโทโลยี

จากภาพ 7 ฟังก์ชันการนำเข้าค่าความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ และแสดงผลการบันทึก และตรวจสอบความผิดปกติของภาวะสุขภาพตามเงื่อนไขทางการแพทย์ด้วย Rule base แล้วนำค่าไปใช้ในการทำนายผลความผิดปกติของโรค/อาการด้วยกลไกของอัลกอริทึม ML บนฐานความรู้เชิงความหมาย ทั้งนี้การนำเข้าค่าตรวจวัดทางสุขภาพต่าง ๆ จะสามารถนำเข้าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ IoT ที่ได้พัฒนาขึ้น รวมถึงอุปกรณ์การแพทย์ที่ส่งค่าผ่าน Bluetooth และการกรอกข้อมูลผ่าน User Interface นี้ได้อีกด้วย



แสดงข้อมูลผู้สูงอายุที่ดูแล/ติดตามอาการป่วย เพิ่มข้อมูล							
ลำดับ	ชื่อ นามสกุล	อายุ (ปี)	ที่อยู่/เบอร์โทร/อาการป่วย	การติดตามอาการ/ภาวะสุขภาพอาการ/ภาวะสุขภาพผิดปกติพบ	ค่าตั้งใช้งาน Log ID	คำแนะนำการดูแลสุขภาพ	คำแนะนำการดูแลสุขภาพ
1	นางสมหมาย รักดี	68	---	สูงอายุ เบาหวาน มะเร็ง	การตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด	ทำนายการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด	ทำนายการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอุดตัน
2	นางนกนกกาญจน์ ศรีนิ	65	---	สูงอายุ อัมพาต	การตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด	ทำนายการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด	ทำนายการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอุดตัน
3	นายกร นาคดี	77	---	สูงอายุ	การตรวจวัดระดับน้ำตาลในเลือด	ทำนายการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด	ทำนายการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอุดตัน

Copyrights © 2022 All Rights Reserved By NU and PLU

f t o G L สำหรับผู้ดูแลผู้ป่วย

ภาพ 6 หน้าจอแสดงข้อมูลผู้สูงอายุที่ได้รับการดูแล/ติดตามภาวะสุขภาพ

ประวัติการตรวจวัดค่าสุขภาพ/ติดตามอาการ

ตรวจติดตามอาการ นางสมหมาย รักดี (โรคที่เป็น : สูงอายุ, เบาหวาน,)

วัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นหัวใจ ***บันทึกผลแล้ว

ความดันโลหิตส่วนบน (SYS) 140 ความดันโลหิตส่วนล่าง (DIA) 90 อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้ง/นาที) 87 บันทึก

ประเภทการตรวจ	ผลตรวจ	วันที่ตรวจ	เวลาตรวจ
อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้ง/นาที)	87 (อัตราเต้นของหัวใจปกติ)	11/09/2565	08:30:08
ความดันโลหิตส่วนล่าง (DIA)	90 (ระดับความดันส่วนล่างปกติ)	11/09/2565	08:30:08
ความดันโลหิตส่วนบน (SYS)	140 (ระดับความดันส่วนบนปกติ)	11/09/2565	08:30:08
อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้ง/นาที)	100 (อัตราเต้นของหัวใจปกติ)	14/07/2565	09:23:54
ความดันโลหิตส่วนล่าง (DIA)	89 (ระดับความดันส่วนล่างปกติ)	14/07/2565	09:23:54
ความดันโลหิตส่วนบน (SYS)	165 (ความดันส่วนบนสูงระดับ 2)	14/07/2565	09:23:54

ภาพ 7 หน้าจอนำเข้าข้อมูลผลการตรวจวัดค่าสุขภาพของผู้สูงอายุโดย อสม.

จากภาพ 7 ฟังก์ชันการนำเข้าค่าความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ และแสดงผลการบันทึก และตรวจสอบความผิดปกติของภาวะสุขภาพตามเงื่อนไขทางการแพทย์ด้วย Rule base แล้วนำค่าไปใช้ในการทำนายผลความผิดปกติของโรค/อาการด้วยกลไกของอัลกอริทึม ML บนฐานความรู้เชิงความหมาย ทั้งนี้การนำเข้าค่าตรวจวัดทางสุขภาพต่าง ๆ จะสามารถนำเข้าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ IoT ที่ได้พัฒนาขึ้น รวมถึงอุปกรณ์การแพทย์ที่ส่งค่าผ่าน Bluetooth และการกรอกข้อมูลผ่าน User Interface นี้ได้อีกด้วย

จากภาพ 8 ฟังก์ชันการนำเข้าผลการตรวจสุขภาพจากห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ (คลื่นไฟฟ้าหัวใจ) จากนั้นระบบจะทำการแสดงประวัติการบันทึกข้อมูล แล้วนำ

ค่าไปใช้ในการทำนายผลความผิดปกติของโรค/อาการด้วยกลไกของอัลกอริทึม ML บนฐานความรู้เชิงความหมาย ทั้งนี้การออกแบบส่วนรับข้อมูลผลตรวจทางสุขภาพจากห้องปฏิบัติการบนหน้าจอนี้ ได้ถูกออกแบบไว้อย่างสอดคล้องกับ Feature ต่าง ๆ ตามโครงสร้างของชุดข้อมูลโรคหัวใจและหลอดเลือด ภาวะหัวใจล้มเหลว และโรคหลอดเลือดสมอง

จากภาพ 9 ฟังก์ชันการแสดงผลการทำนายการเกิดโรคหัวใจ ภาวะหัวใจล้มเหลว และโรคหลอดเลือดสมอง ในผู้สูงอายุ ด้วยอัลกอริทึม Decision Tree ที่ให้ผลความแม่นยำในการทำนายผลลัพธ์สูงสุด ดังผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำนายในตาราง 2 โดยที่ฟังก์ชันการทำงานในส่วนนี้ จะแสดงผลว่า ผู้สูงอายุในรายที่สนใจ

จะมีโอกาสเป็นโรค หรือพบอาการผิดปกติหรือไม่ จากผลสุขภาพต่าง ๆ ที่ Input เข้าสู่กระบวนการประมวลผลในโมเดล Decision Tree

จากภาพ 10 ผลการทำนายการเป็นโรคต่าง ๆ จะถูกส่งร่วมกับค่าตรวจวัดสุขภาพที่ผิดปกติ เพื่อสืบค้นคำแนะนำเชิงความหมายในการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมกับอาการ/โรคของผู้สูงอายุ เช่น ผู้สูงอายุได้รับการทำนายว่า “เป็นโรคหัวใจ” และพบว่า “ความดันโลหิตสูง” ร่วมกับ “ไขมันในเลือดสูง” จะทำการแนะนำให้รับประทานปลา และสมุนไพรที่มีประโยชน์ ได้แก่ ขิง ขมิ้น และกระเทียม โดยสามารถนำ “ปลา” “ขิง ขมิ้น” และ “กระเทียม” มาใช้ปรุงเมนูอาหารตามหลักโภชนาการที่ดีจากวัตถุดิบเหล่านี้ ได้แก่ “ปลาผัดขอส” และ “ปลานึ่ง” ซึ่งการแนะนำการดูแลสุขภาพด้วยแพลตฟอร์มนี้ จะให้ข้อมูลสารสนเทศที่

เหมาะสมเฉพาะบุคคล เนื่องจากได้มีการส่งข้อมูลคลาสคำตอบโรค/อาการที่ทำนายได้ ร่วมกับค่าพารามิเตอร์ของภาวะสุขภาพที่ตรวจวัดได้ ณ ปัจจุบัน และข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ และค่า BMI ของผู้สูงอายุ ไปผสมกับฐานกฎเชิงความหมายเพื่อการอนุมานผลลัพธ์ ซึ่งจะช่วยให้การแสดงผลคำแนะนำมีประโยชน์กับผู้สูงอายุแต่ละบุคคลอย่างแท้จริง

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกอาการความผิดปกติของโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ จำแนกได้ 2 ส่วน ดังนี้

2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกการเกิดโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

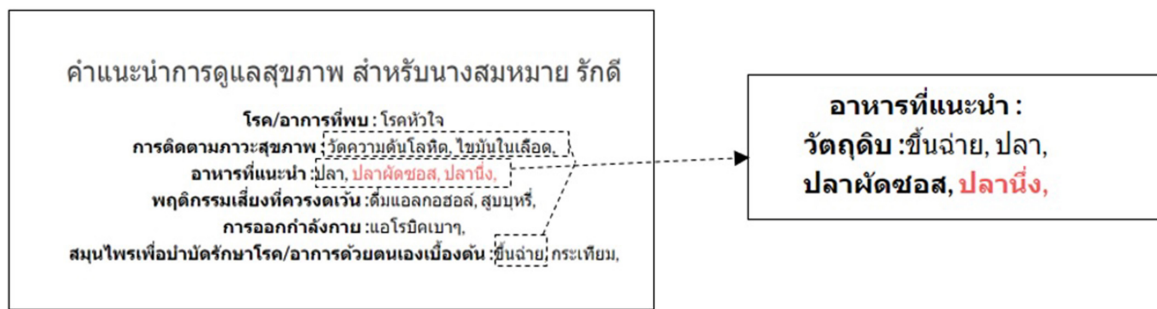
ประเภทการตรวจ	ผลตรวจ	วันที่ตรวจ	เวลาตรวจ
ผลการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก	1 normal	11/09/2565	08:31:17
ผลการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก	2 having ST-T wave abnormality (T wave inversions and/or ST elevation or depression of > 0.05 mV)	08/07/2565	06:36:19
ผลการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะพัก	2 having ST-T wave abnormality (T wave inversions and/or ST elevation or depression of > 0.05 mV)	07/07/2565	09:37:21

ภาพ 8 หน้าจอนำเข้าข้อมูลผลการตรวจวัดค่าสุขภาพของผู้สูงอายุจากห้องปฏิบัติการทางการแพทย์

Prediction type: เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดหรือไม่
 features = sex, age, trestbps, chol, fbs, restecg, thalach, exang, oldpeak, slope, ca, thal, cp
 clases= no disease, disease

ข้อมูลภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ : นางสมหมาย รักษ์ดี
 sex = 0, age = 67, trestbps = 140, chol = 230, fbs = 98, restecg = 1, thalach = 87, exang = 1, oldpeak = 12, slope = 1, ca = 2, thal = 0, cp = 4,
 ผลการทำนาย : เป็นโรคหัวใจ

ภาพ 9 หน้าจอแสดงผลการทำนายการเกิดโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง



ภาพ 10 หน้าจอแสดงคำแนะนำเชิงความหมายในการดูแลโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ

ตาราง 2

ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกการเกิดโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ

ค่าประสิทธิภาพ	อัลกอริทึม/กรณีที่ใช้ทดสอบ											
	Neural network				SVM		KNN (k=3)				Decision Tree	
	โรคหัวใจ	ภาวะหัวใจล้มเหลว	โรคหลอดเลือดสมอง	โรคหัวใจ	ภาวะหัวใจล้มเหลว	โรคหลอดเลือดสมอง	โรคหัวใจ	ภาวะหัวใจล้มเหลว	โรคหลอดเลือดสมอง	โรคหัวใจ	ภาวะหัวใจล้มเหลว	โรคหลอดเลือดสมอง
TP rate	18	21	23	32	14	46	26	4	8	42	18	60
FP rate	19	30	1	0	6	0	12	15	13	0	0	0
TN rate	38	0	338	61	26	346	50	18	318	51	33	332
FN rate	18	0	30	0	5	0	5	14	53	0	0	0
Accuracy	60%	41%	92%	100%	78%	100%	82%	43%	83%	100%	100%	100%
Precision	49%	41%	96%	100%	70%	100%	68%	21%	38%	100%	100%	100%
Recall	50%	100%	43%	100%	74%	100%	84%	22%	13%	100%	100%	100%
F-Measure	49%	58%	60%	100%	72%	100%	75%	22%	20%	100%	100%	100%

จากตาราง 2 หากพิจารณาจากค่า Accuracy อัลกอริทึม Decision Tree สามารถจำแนกโรคหัวใจ ภาวะหัวใจล้มเหลว โรคหลอดเลือดสมอง ได้ถูกต้องสูงสุด เฉลี่ยคิดเป็น 100% $(100+100+100/3)$ รองลงมาคือ SVM สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้องเฉลี่ย 92.67% $(100+78+100/3)$ KNN สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้องเฉลี่ย 69% $(82+43+83/3)$ และ Neural network สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้องเฉลี่ย 64% $(60+41+92/3)$ หากพิจารณาจากค่า F-Measure อัลกอริทึม Decision Tree สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้อง

สูงสุด เฉลี่ยคิดเป็น 100% $(100+100+100/3)$ เช่นเดียวกัน รองลงมาคือ SVM สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้องเฉลี่ย 91% $(100+72+100/3)$ Neural network สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้องเฉลี่ย 56% $(49+58+60/3)$ และ KNN สามารถจำแนกโรค/อาการได้ถูกต้องเฉลี่ย 39% $(75+22+20/3)$

2.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการสืบค้นข้อมูลคำแนะนำการดูแลสุขภาพโรคด้วยฐานความรู้เชิงความหมาย

จากตาราง 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลคำแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุด้วยฐานความรู้เชิงความหมาย มีค่า F-Measure เท่ากับ 92.3% โดยมีค่าสำคัญที่อยู่ในความสนใจ แต่ไม่ถูกสืบค้นในด้านการลดละเลิกพฤติกรรมเสี่ยง ได้แก่ อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการน้อย (junk food) และอาหารไขมันสูง

(high-fat food) และด้านการใช้สมุนไพรเพื่อบำบัดรักษาด้วยตนเองเบื้องต้น คือ กระจับแดง (red okra) จากผลที่พบว่า มีบางข้อมูลไม่ถูกสืบค้นขึ้นมาให้คำแนะนำ ได้นำไปสู่การปรับปรุงโหนดความรู้เพิ่มเติมในออนโทโลยี เพื่อให้เนื้อหาความรู้มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

ตาราง 3

ประสิทธิภาพของการสืบค้นข้อมูลคำแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุด้วยฐานความรู้เชิงความหมาย

หัวข้อการสืบค้นคำแนะนำ/คำสำคัญ	คำสั่ง SPARQL	ประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูล (จำนวน TK ที่ค้นพบ/ไม่พบ)		
		A	B	C
1. ด้านการตรวจวัดค่าสุขภาพ (Target keyword เช่น อัตราการเต้นหัวใจ (hr) ไขมันในเลือด (chol) และค่าความดันโลหิต (bp) เป็นต้น)	SELECT ?x ?y WHERE { ?x node:hasCheckHealth ?y. FILTER(?x = node:heartdisease ?x=node:stroke) }	8 (cp, chol, bp, hr, oxi, body temp, smoking, heart disease)	0	0
2. ด้านการลดละเลิกพฤติกรรมเสี่ยง (Target keyword เช่น พฤติกรรมการสูบบุหรี่ (smoking) และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (alcohol) เป็นต้น)	SELECT ?x ?y ?z WHERE { ?x node:hasCheckHealth ?y. ?y node:cancel ?z FILTER(?x = node:heartdisease ?x=node:stroke) }	2 (smoking, alcohol)	2 (junk food, high-fat food)	0
3. ด้านโภชนาการอาหาร (Target keyword เช่น เนื้อปลา (fish) ผัก (vegetable) และผลไม้ (fruit) เป็นต้น)	SELECT ?x ?y ?z WHERE { ?x node:hasCheckHealth ?y. ?y node:hasFood ?z FILTER(?x = node:heartdisease ?x=node:stroke) }	3 (fish, fruit, vegetable)	0	0
4. ด้านการออกกำลังกาย (Target keyword เช่น แอโรบิก (soft aerobic) แกว่งแขน (arm swing) และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (stretching) เป็นต้น)	SELECT ?x ?y WHERE { ?x node:hasExercise ?y FILTER(?x = node:heartdisease ?x=node:stroke) }	3 (soft aerobic, arm swing, stretching)	0	0

ตาราง 3 (ต่อ)

หัวข้อการสืบค้นคำ แนะนำ/คำสำคัญ	คำสั่ง SPARQL	ประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูล (จำนวน TK ที่ค้นพบ/ไม่พบ)		
		A	B	C
5. ด้านการใช้สมุนไพร เพื่อบำบัดรักษาด้วย ตนเองเบื้องต้น (Target keyword เช่น กระเทียม (garlic) ใบ แมงลัก (hairy basil) และกระเจี๊ยบแดง (red okra) เป็นต้น)	SELECT ?x ?y ?z WHERE { ?x node:hasCheckHealth ?y. ?y node:hasTreatment ?z FILTER(?x = node:heartdisease ?x=node:stroke) }	2 (garlic, hairy basil)	1 (red okra)	0
Sum	-	18	3	0
Precision	-		100%	
Recall	-		85.7%	
F-Measure	-		92.3%	

การอภิปรายผล

แพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้น จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเพื่อใช้ประโยชน์ โมเดลการทำนายโรคเรื้อรังได้อย่างเป็นรูปธรรม ได้แก่ โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และภาวะหัวใจล้มเหลวที่ อาจเกิดขึ้นเฉียบพลันกับผู้สูงอายุ และระบบมีความแตกต่างจากงานวิจัยส่วนใหญ่ที่มุ่งเน้นการพัฒนาขั้นตอนวิธีการสร้างโมเดลการทำนายและวัดประสิทธิภาพเฉพาะในส่วนหลัง (backend) เท่านั้น การสร้างโมเดลการทำนายโรคในงานวิจัยนี้ ถูกสร้างด้วย อัลกอริทึม Decision Tree ที่ผ่านการทดสอบเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ แล้วให้ความแม่นยำสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ahmad et al. (2022) ที่นำเสนอแบบจำลองการทำนายโรคหัวใจ โดยใช้ผลตรวจวัดทางสุขภาพ และค่าสัญญาณชีพต่าง ๆ ของร่างกาย และทำการวัดความถูกต้องในการทำนาย ซึ่งพบว่า อัลกอริทึม Decision Tree มีค่า Accuracy เท่ากับ 99.6% ซึ่งสูงกว่าอัลกอริทึม NN SVM และ KNN ซึ่งงานวิจัยดังกล่าว ไม่ได้มีการพัฒนาแพลตฟอร์มให้ผู้ใช้งานเข้าถึงได้สะดวกผ่านเว็บหรือแอปพลิเคชัน ฐานความรู้ออนโทโลยี ฐานกฎการอนุมานและสืบค้นความรู้ ถูกสร้างขึ้น

จากองค์ความรู้ในตำรา และประสบการณ์ของบุคลากรทางการแพทย์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการสังเคราะห์โครงสร้างของคุณลักษณะของชุดข้อมูลออนไลน์ที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดลการทำนายร่วมด้วย และการประมวลผลเชิงความหมายจะสามารถรองรับการสร้างการอนุมานความรู้ เพื่อสื่อไปถึงคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ได้อย่างครอบคลุมตามความสนใจ และสามารถเจาะลึกการสืบค้นลงไปในในชั้นความรู้ต่าง ๆ ในรูปแบบ Meta data รวมทั้งสามารถรองรับการสร้างความสัมพันธ์ได้ทั้งในระดับคลาสความรู้ และในระดับคำสำคัญต่าง ๆ ในเนื้อหาความรู้ และออนโทโลยีสามารถรองรับการสกัด/รวมข้อมูลองค์ความรู้ข้ามแพลตฟอร์ม/ระบบฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้ได้ฐานความรู้คำแนะนำที่สามารถทำงานเชื่อมต่อกับส่วน ML ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยและพัฒนาแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์บนฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อการแนะนำการดูแลรักษาโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุในครั้งนี้ จะสามารถนำไปขยายผลแก่

โรงพยาบาล และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ในการนำนวัตกรรมนี้ไปใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรค ที่อาจจะเกิดขึ้นในผู้สูงอายุ เพื่อให้สามารถรับรู้ก่อนเกิดโรค และให้

คำแนะนำการดูแลสุขภาพในมุมมองแพทย์ทางเลือกที่เป็นประโยชน์ ไปยังผู้สูงอายุ และญาติผู้ดูแลได้แบบเรียลไทม์



References

- Ahmed, S., Ghada, K., & Mohamed, B. (2022). A unified ontology-based data integration approach for the internet of things. *International Journal of Electrical and Computer Engineering; Yogyakarta*, 12(2), 2097-2107. <http://doi.org/10.11591/ijece.v12i2.pp2097-2107>
- Ahmad, G. N., Shafiullah; Fatima, H., Abbas, M., Rahman, O., Imdadullah, & Alqahtani, M. S. (2022). Mixed machine learning approach for efficient prediction of human heart disease by identifying the numerical and categorical features. *Applied Sciences*, 12(15), 7449. <https://doi.org/10.3390/app12157449>.
- Agapito, G., Simeoni, M., Calabrese, B., Caré, I., Lamprinoudi, T., Guzzi, P. H., Pujia, A., Fuiano, G., & Cannataro, M. (2018). DIETOS: A dietary recommender system for chronic diseases monitoring and management. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 153, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.10.014>
- Archanupab, S. (2010). The common disease treatment: Diseases with caring, treating and preventing (2nd ed.). Bangkok: Holistic Publishing CO.,LTD. (in Thai)
- Ashfaq, Z., Mumtaz, R., Rafay, A., Zaidi, S. M. H., Saleem, H., Mumtaz, S., Shahid, A., Poorter, E. D., & Moerman, I. (2022). Embedded AI-Based Digi-Healthcare. *Applied Sciences*, 12(1), 519. <https://doi.org/10.3390/app12010519>.
- Ayranci, P., Lai1, P., Phan, N., Hu, H., Kolinowski, A., Newman, D., & Dou, D. (2022). OnML: An ontology-based approach for interpretable machine learning. *Journal of Combinatorial Optimization*, 44, 770–793. <https://doi.org/10.1007/s10878-022-00856-z>
- Bora, N., Gutta, S., & Hadaegh, A., (2022). Using machine learning to predict heart disease. *Wseas Transactions on Biology and Biomedicine*, 19, 1-9. doi: 10.37394/23208.2022.19.1
- Boukhatem, C., Youssef, H. Y., & Nassif, A. B. (2022). Heart disease prediction using machine learning. *2022 advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET) 21-24 February 2022* (pp. 1-6). Dubai: IEEE doi: 10.1109/ASET53988.2022.9734880
- Janruang, J., Saejueng, E., Phonsri, W., T.Siriwattana, S., Karnka, S., Nareejun, K., Malasri, K., Suwannasopa, D., Loatong, P., & Sinumporn, S. (2022). Adding Potential of knowledge management and innovation to local economic development through digital platform for Rajamangala University of Technology Isan. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 16(2), 172–185. (in Thai)

- Jupalle, H., Kouser, S., Bhatia, A., Alam, N., Nadikattu, R., Reddy, & Whig, P. (2022). Automation of human behaviors and its prediction using machine learning. *Microsyst Technol*, 28, 1879–1887. <https://doi.org/10.1007/s00542-022-05326-4>.
- Larentis, A. V., Neto, E. G. D. A., Barbosa, J. L. V., Barbosa, D. N. F., Leithardt, V. R. Q., & Correia, S. D. (2021). Ontology-based reasoning for educational assistance in noncommunicable chronic diseases. *Computers*, 10(10), 1-23. <https://doi.org/10.3390/computers10100128>
- Lamchom, R., & Saengai, A. (2022). The development of social media to health education for personnel in science and technology, Pibulsongkram Rajabhat University. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 16(1), 127–136. (in Thai)
- Massari, H. E., Sabouri, Z., Mhammediand, S., & Gherabi, N., (2022). Diabetes prediction using machine learning algorithms and ontology, diabetes prediction using machine learning algorithms and ontology. *Journal of ICT Standardization*, 10(2). 319-338. <https://doi.org/10.13052/jicts2245-800X.10212>
- Noh, Y. D., & Cho, K. C. (2022). Heart disease prediction using decision tree with Kaggle Dataset. *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 27(5), 21-28. <https://doi.org/10.9708/jksci.2022.27.05.021>
- Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC). (2021). *Country reformation plan on public health*. Bangkok: NESDC. (in Thai)
- Samal, L., Fu, H. N., Camara, D. S., Wang, J., Bierman, A. S., & Dorr, D. A. (2021). Health information technology to improve care for people with multiple chronic conditions. *Health services research*, 56(Suppl 1), 1006–1036. <https://doi.org/10.1111/1475-6773.13860>
- Sailasya, G., & Kumari, G. L. A. (2021). Analyzing the performance of stroke prediction using ML classification algorithms. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 12, 539–545. doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120662
- Shashwith, P., Prasad, B. S., Reddy, S. K., Krishna, N. A., & Ramesh, K. (2022). Heart disease prediction by using machine learning algorithms. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4(6), 3434-3437. <https://citly.me/OYay7>
- Sitka, J., Wieczorek, M., & Woźniak, M. (2022). Recurrent neural network model for high-speed train vibration prediction from time series. *Neural Comput & Applic*, 34, 13305–13318. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-06949-4>
- Sittijuk, P., Sanchana, W., Market, K., & Thanadechopol, T. (2019). *Portable intelligent telemedicine representative to support measurement and advice on health care for bedridden patients in chronic non-communicable diseases*. Nonthaburi: Health Systems Research Institute. (in Thai)

- Sodaprom, D., & Wannaratvigitt, C. (2021). Factors in fluencing preventive behaviors for cerebrovascular disease among elderly risk group in the Aranyik Town Municipality, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok Province. *The Journal of Prapokklao Nursing College*, 32(2), 98–111. (in Thai)
- Spoladore, D., Colombo, V., Arlati, S., Mahroo, A., Trombetta, A., & Sacco, M. (2022). An ontology-based framework for a telehealthcare system to foster healthy nutrition and active lifestyle in older adults. *Electronics*, 10(17), 2129. <https://doi.org/10.3390/electronics10172129>
- Tanhan, P. (2016). Mobile phone application development for older adults. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 10(3), 55–62. (in Thai)
- World Health Organization. (2021). World health statistics 2021: Monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Switzerland: World Health Organization
- Yilmaz, R., & Yagin, F. H., (2022). Early detection of coronary heart disease based on machine learning methods. *Medical records-international medical journal*, 1(4), 1-6. doi: 10.37990/medr.1011924



Factors associated with Falls among the Thai Elderly in Pathum Thani Province

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงจากการหกล้มของผู้สูงอายุ ในชุมชนจังหวัดปทุมธานี

Ratthapol Sillaparassamee¹, Bhusita Intaraprasong², and Juntarat Jaricksakulchai¹

รัฐพล ศิลปรัศมี¹, ภูษิตา อินทรประสงค์² และจันทรรัตน์ จาริกสกุลชัย¹

¹Faculty of Public Health Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

¹คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

²Praboromarajchanok Institute, Faculty of Public Health and Allied Health Sciences

²สถาบันพระบรมราชชนก คณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์

Received: January 30, 2023

Revised: March 9, 2023

Accepted: March 14, 2023

Abstract

This analytical cross-sectional study aimed to investigate the factors associated with falls among the Thai elderly in Pathum Thani province. The sample group consisted of 90 elderly people selected by purposive random sampling from three sub-district health-promoting hospitals. Questionnaires were used to collect data on physical health, mental health, daily activities, and the risk of falling. Data were analyzed by descriptive statistics: Frequency, percentage, mean, standard deviation, and chi-square test, with a level of significance of .05. The results showed that age and the fall risk conditions leading to falls were significantly related to the falls of the elderly (p-value .001*). For the health conditions in the community, physical health, mental health, activities of daily living, risky behavior leading to falling, living environment, gender, occupation, income, chronic diseases, and BMI were found not to be associated with the falls of the elderly. The results of the research can be used to set up a policy for sub-district health-promoting hospitals that is focused on the importance of falls in the elderly, especially for enhancing the health of adults in physical aspects and building knowledge on health care for the elderly whose body mass index is higher than normal.

Keywords: falls, Thai elderly, risky behavior

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการหกล้มของผู้สูงอายุ จังหวัดปทุมธานี กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สูงอายุ จำนวน 90 คน สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จำนวน 3 แห่ง เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ด้านสุขภาพทางกาย สุขภาพทางใจ การปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน และภาวะเสี่ยงต่อการหกล้ม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสถิติไคสแควร์ กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัย พบว่า อายุ และภาวะเสี่ยงต่อการหกล้มมีความสัมพันธ์กับการหกล้มของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญ ($p\text{-value} < .001^*$) สำหรับตัวแปรสภาวะสุขภาพในชุมชน สุขภาพทางกาย สุขภาพทางใจ การปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน พฤติกรรมเสี่ยง สภาวะแวดล้อมที่อยู่อาศัย เพศอาชีพ รายได้ โรคเรื้อรัง และค่าดัชนีมวลกาย พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับการหกล้มของผู้สูงอายุ ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้กำหนดนโยบายโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลให้มีความสำคัญกับการหกล้มในผู้สูงอายุ โดยเฉพาะการสร้างเสริมสุขภาพผู้ใหญด้านกายภาพการสร้างความรู้ด้านการดูแลสุขภาพและผู้สูงอายุที่ ดัชนีมวลกายสูงกว่าปกติ

คำสำคัญ: หกล้ม ผู้สูงอายุไทย พฤติกรรมเสี่ยง



Introduction

Falling is a prominent public health problem found mostly in the elderly. It can cause accidents and injuries, leading to mental impairment, broken bones dislocated joints or muscle pain in various parts of the body. (Assantachai, 2003) Around 20.00–40.00% of the elderly experience falling at least once per year (National Institute for Clinical Excellence, 2004). Falling can be attributed as the cause of most injuries in the elderly with 40.40% of incidences of falls occurring in the elderly in the Thai community being 18.7% and are found 3.4 times more in men than in women. (Department of Disease Control, 2018)

Falling is the reason for various accidents, injury, disabilities, death, and even trauma⁹. Studies have found that 90% of broken hip joints in the elderly are cause by falling, which hospitalized the elderly for double the period when compared to other injuries¹⁰. The more injuries that occur in the elderly, the more funds the government

needs to accommodate the increasing medical expenses. Therefore, the department of public health has conducted a study and estimated that there will be an increase in medical expenses for the elderly which will be increased from 14,340.9 million Thai baht in BE 2540 to 35,549.7 million Thai baht in BE 2554 (an estimation of medical costs before the “30 baht” project)

In 2020, Thailand had a total population of 66.5 million persons, and the number is increasing at a decelerating pace. Just 50 years ago, the Thai older persons aged 60 years and over totaled 2 million persons. By 2020, that number had increased six-fold to 12 million, reaching nearly 1 in 5 Thais (18%). Thailand is expected to become a “completely aged society” by the year 2022. The “Million Birth Cohort,” or those Thais born between 1963 and 1983, are equivalent to a demographic “tsunami”, that will be gradually flooding Thai society with each passing year (Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute (TGRI), 2022)

Currently, based on the statistics on the seniors of Thailand on the 31st of December BE 2562, there are roughly 11,136,059 citizens who are aged 60 and above (4,920,297 male and 6,215,762 female) from a total of 66,215,762 citizens of Thailand where 16.73% are seniors. (Department of Elderly Affairs, 2019) Death from falling is as high as 1,600 cases per year, attributed as the second highest cause of unintentional death after car accidents. One-third of those who are aged 60 and above have an increased risk of injury the older they are. (Bangkok Hospital, 2019)

There was a study on the fall prevention policy and implementation in Thailand BE 2563. The results showed that among factors related to accidental falls in the elderly, those living in rural areas, working, and those who could not see had an increased risk of falling from an accident. As for the elderly who were married and lived together with their spouse, the risk of falls was reduced. As for health behavior, it was found that the elderly who exercised were associated with falling compared with the elderly who did not exercise. For the environmental factors, it was found that for the elderly who had toilets outside the house, the risk of falling increased. (Ketpitchayawattana & Kongboon, 2020)

As previously mentioned, the main causes of falling consist of internal and external factors. Internal factors may include age, history of falling, chronic diseases, hearing problems, balance difficulties, walking difficulties, depression, anxiety and different types of medication. External factors may include environmental risks like broken pathways and risky behaviors like wearing shoes that do not fit, wearing a sarong (a length of fabric worn wrapped around the waist), or skirts that are too long. This study conducted an analytical cross-sectional

study with the purpose to investigate the factors associated with falls among the Thai elderly in in Pathum Thani Province.

Methods

This analytical cross-sectional study was designed to collect data from December 2019 to February 2020. The sample study was the 90 Thai elderly. The researcher used convenient sampling from 3 Tambon Health Promoting Hospitals in Pathum Thani Province because the data collection period was during the severe COVID-19 outbreak. A purposive sampling method was used as follows inclusion criteria: Step 1: Pathum Thani Provincial Public Health Office selected three different tambon health promotion hospitals, Step 2: random sampling, cluster random sampling, and simple random sampling was used to gather information. The targeted participants included seniors who were aged 60 and above and were further categorized into early elderly people (ages 60-69), middle elderly (aged 70-79), and the late elderly (aged 80 and above) elderly people who were not bedridden, not disabled, did not have amnesia, or who had no specific symptoms or disease. exclusion criteria: who refuses to participate in the project.

Data instruments and data collection procedure

The research instrument is comprised of a set of interview questionnaires to collect data by using checklists and open-ended questions. The questionnaire was divided into the following: Part 1: Demographic characteristics, the research made this section to record the general information of the interviewed elderly, Part 2: Falling of Thai elderly people comprised 10 items to choose to

have or not to have various choices, Part 3: Fall risk condition is made up of five factors. (Thiamwon, 2008; Papol & Khlueinak, 2021), Part 4: Health conditions of Thai elderly people in the community consist of: Physical health-nine questions were adapted from Maitri Tiyarattanakun. (Tiyarattanakun, 1993) These factors were determined through a rating scale divided into five categories ranging from never to always. There were 11 questions on the mental health of the elderly (Department of Medical Services, 2019; Department of Mental Health, 2019), A total of 11 questions were a yes or no type for two questions and a rating scale for the other nine questions. Activities of Daily Living: ADL was based on Barthel's Activities of Daily Living Index, Barthel ADI. The instrument was comprised of 10 items covering personal care and mobility, with a full score of 20 indicating functional independence (Barthel Activities of Daily Living Index, 2019), Part 5: Risky behavior leading to falling with a total of six questions comprised of two choices, yes or no (Muangsiri, Maharachpong & Rodjarkpai, 2017), and Part 6: The living environment consisted of seven factors that determined the factors that may contribute to the falling of the elderly.

The content of the questionnaires was validated by a qualified committee (IOC=0.85), and it was also tested for reliability before its administration to the participants. The questionnaire was tested for reliability with a similar group of 30 Thai elderly individuals aged 60 and above. Cronbach's Alpha of 0.689, 0.846, 0.789, and 0.679 were obtained for the reliability of the physical health, mental health, activities of daily living, and risky behavior leading to falling. The investigators explained the complete details of the research project and assured their participants' confidentiality.

The participants were asked to give their written informed consent forms before the administration of the questionnaire and data collection. The researchers checked for completeness of answered questionnaires at the end of the interview sessions.

The data were analyzed using the SPSS version 18. Descriptive statistics were calculated to describe the sample and occurrence of falls including distribution, frequency, percentage, mean, and standard deviation. The chi-square test was used to explain the relationship between health condition, demographic characteristics, risky behavior leading to falling, living environment, and fall risk conditions among the falls of Thai elderly people in the community in Pathum Thani Province at a confidence level of 0.05.

Ethics

The present research has been approved by the Pathum Thani Medical and Sanitary Human Ethics Committee for research ethics (Certificate of Approval: PPHO-REC 2562/014). The participants were provided with detailed research information and written informed consent was obtained from each recruited participant. The confidentiality of respondents in this present research was fully provided with the concealment of their identities.

Results

This analytical cross-sectional study was conducted with the participants who were aged 60 years and above, both male and female. The age group was divided into early elderly people (ages 60-69), middle elderly people (aged 70-79), and the late elderly people (aged 80 and above). The interview questionnaires were checked for

completeness and the 90 returned survey forms were analyzed.

The demographic characteristics of the sample of 90 elderly showed that 76.67% were females, 23.33% were aged between 60-69 years with a mean age of 73.68 years. The most common occupations were staying at home, employee, and trader (49.14%, 27.06%, and 23.53% respectively). Sources of income were mainly from elderly subsistence welfare and others (71.76% and 28.24% respectively). Common ways for the treatment of illnesses and injuries used by the elderly in the community were get treatment from a Promotion Hospital/Tambon Health, using drugs from the drug store, and do not have treatment/let the injury heal (62.12%, 27.27%, and 10.61% respectively). Investigating the most common activities around the house, 82.02% were activities done inside the house. The calculated average BMI of the elderly community was 64.44% with the under to normal weight and the overweight to severely obese 35.56%. The falls of Thai elderly people in Pathum Thani Province have found that in the past 12 months,

46.67% of the elderly experienced falling. For the past 12 months, the elderly in the community experienced falling, with 40.00% experiencing it one to two times, 3.33% experiencing it three to four times, and 1.11% experiencing it more than six times. Based on the interview, 36.24% of the participants were more cautious while walking to avoid falling.

Table 1 Health condition of Thai elderly people is related to falling where it shows no statistical significance ($p\text{-value} > .05$). Therefore, it can be concluded that different health conditions of Thai elderly people do not affect falling. Moreover, the elderly who had moderate health concerns fell more than those with more serious health conditions.

Demographic characteristics such as gender, occupation, income, chronic diseases, and treatments related to falling are not statistically significant ($p\text{-value} > .05$). Therefore, the demographic characteristics and falling are not different.

Table 1

The relationship between health condition, demographic characteristics, risky behavior leading to falling, living environment, and falls risk conditions among the falls of Thai elderly people in the community, Pathum Thani Province (n=90)

	The Falls				Total	%	Chi-Square	p-value
	Had never fallen	%	Have fallen	%				
Health condition of Thai elderly people in the community								
Healthy at a moderate level	38	61.29	24	38.71	62	100.00	5.602	0.061
Have many to most health problems	10	35.71	18	64.29	28	100.00		

Table 1 (continue)

	The Falls				Total	%	Chi-Square	p-value
	Had never fallen	%	Have fallen	%				
Physical health								
Have little awareness of their health	31	63.27	18	36.73	49	100.00	5.234	0.155
Have low to moderate awareness of their health	20	48.78	21	51.22	41	100.00		
Mental health								
Moderate to Low level of depression	16	64.00	10	36.00	26	100.00	2.571	0.276
No depression	32	50.00	32	50.00	64	100.00		
Activities of Daily Living								
Slightly dependent	8	50.00	8	50.00	16	100.00	0.081	0.768
Independent	40	54.05	34	45.95	74	100.00		
Risky behavior leading to falling								
No risky behavior	6	23.07	20	76.92	26	100.00	1.032a	0.309
Have risky behavior	46	54.76	38	45.24	64	100.00		
Living environment (Home/Outdoor environment in the home)								
Safe	8	57.14	6	42.85	14	100.00	0.323	0.571
Unsafe	39	51.32	37	48.68	76	100.00		
Fall risk conditions leading Thai elderly to fall								
Have lower risks of falling	29	96.67	1	3.33	30	100.00	33.951a	<.001
Have risks of falling	19	31.67	41	68.33	60	100.00		
Demographic Characteristics								
Age group (Years)								
60-69	7	22.58	24	77.42	31	100.00	17.972	<.001
70-79	20	68.97	9	31.03	29	100.00		
> 80	21	70.00	9	30.00	30	100.00		
Gender								
Male	12	57.14	9	42.86	21	100.00	0.163	0.689
Female	36	52.17	33	47.83	69	100.00		

Table 1 (continue)

	The Falls				Total	%	Chi-Square	p-value
	Had never fallen	%	Have fallen	%				
Occupation								
Staying at home	24	57.14	18	42.86	42	100.00	6.842	0.654
Employee (government/private)	9	32.14	19	67.86	28	100.00		
Trade	13	65.00	7	35.00	20	100.00		
Income								
Elderly subsistence welfare	35	57.38	26	42.62	61	100.00	1.454	0.694
other than welfare for the elderly	12	41.37	17	58.63	29	100.00		
Chronic diseases								
Do not have	8	57.14	6	42.86	14	100.00	0.092	0.756
Have	40	52.63	36	47.37	76	100.00		
BMI								
Under-normal weight	30	60.00	28	40.00	58	100.00	1.990	0.737
Overweight-Severely obese	18	62.50	14	37.50	32	100.00		

Note. $p < .05$ using the chi-square test indicates a statistically significant fall risk across each explanatory variable.

Discussion

The research results revealed that 46.67% of the elderly experienced falling in the past 12 months with only 6.67% never experiencing falling. The number of falling cases that have occurred during the past 12 months were those who experienced falling at least 1 to 2 times, mostly during daytime. Once fallen, most of the elderly were able to support themselves. The health condition of the elderly makes them more susceptible to falling, with over half of the elderly having moderate health problems, meaning that

the overall health of the elderly community is fair. However, almost all of the participants had risky behaviors that could lead to falling.

From the result found that the health conditions and falling had no relationship ($p\text{-value} = .064$). The reason may be that overall, their health condition both physical and mental, as well as their behavior are all at a moderate level. Characteristics such as gender, occupation, income, chronic diseases, treatment of illness, BMI, and risky behavior leading to falling had no relationship ($p\text{-value} = .689, .654, .694, .756$ and $.737$ respectively). This may be from

the fact that both male and female elderly had similar experiences with falling. Elderly women who wore large pants, skirts/sarongs, and shoes that are not slip-resistant may fall easily. The elderly with chronic diseases had experienced falling, with those who were overweight experiencing it the most. The elderly who were either underweight or overweight also had similar experiences with falling. These factors are not consistent with the study of Vipavee Kitkumhang, Nipat Kittimanon, and Supasit Pannarunothai. (Kitkumhang V, 2006) However, results that are related to the age group of the participants had a strong relationship to falling and were significant ($p\text{-value} \leq .001^*$). This may be from the fact that the elderly had similar numbers of those who have experienced and those who have not. Based on the interview, the elderly in the community were more careful while walking to prevent falling. The elderly from ages 60 to 69 were considered early elderly people and still had strong bodies and were more careless than other age groups, which was similar to the study of Jitapunkul et al. (1998) Risky behavior and living environment are correlated with falling as a $p\text{-value} \geq .05$ show no significant difference. This may be from the fact that the elderly who experience falling do not exhibit risky behavior. This is associated with the study of Huang et al. (2003) who examined the risks of the elderly who are aged 65 and above and found that they had experienced falling.

However, fall risk conditions were associated with falling in the Thai elderly ($p\text{-value} \leq .001^*$). This may be from the fact that over half of the elderly in the community are at risk of falling with overall female participants having no difficulties with sight, walking, and balancing. These findings contradict the study of Jitapunkul et al. (1998); Susilowati (2020) have found that the factor that

is highly related to falling in the elderly were problems with sight, walking, and balancing.

Recommendations

An important risk factor that was associated with falls of Thai elderly people in the community was the age group and the fall risk conditions leading to falling ($p\text{-value} \leq .01$). The results of the research will help provincial and district levels of public health to create policy for tambon health promotion hospitals to focus on the dangers of falling, especially on maintaining a healthy body condition in adults, raising awareness of bodily changes, exercising, diet, and encouraging annual health check-ups. The local administration should have plans to improve the environmental conditions to suit the elderly in both residential and public spaces as well as provide walking aids to low-income elderly who live in a high-risk environment. It is recommended for future researchers to have a universal scale to measure the eyesight of the participants which is the Snellen Chart with is comprised of numbers with varying sizes to determine the capability of sight of the participants.

Limitations of the study

This study had several limitations that are worthy of mention. First, data collection through a questionnaire interview might be subject to recall bias. Second, the sample used in this study was purposive sampling and because the data collection period was during the severe COVID-19 outbreak and the elderly group was a vulnerable group, the provincial public health office selected districts and sub-district health promotion hospitals to collect the data. Therefore, the number of the sample group is limited. Furthermore, this study

was based on cross-sectional data, and we can therefore not ascribe causality to any of the associated factors in the study. Circumstances of the falls and consequences in terms of the type of injury were not assessed and should be evaluated in future studies.

Acknowledgments

This research was funded by the Research and Development Institute: at Valaya Alongkorn Rajabhat University. The authors wish to thank the Pathum Thani Province Public Health Office which helped in providing facilities for this research.



References

- Assantachai, P. (2003). Risk factors for falls in the Thai elderly in an urban community. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 86(2), 124-30. (in Thai)
- Bangkok Hospital. (2019). *Don't let elderly people fall. You'll not get up*. Retrieved from <https://www.ryt9.com/s/prg/2980712>.
- Barthel Activities of Daily Living Index. (2019). *Barthel ADI*. Retrieved from [https://mississauga-halton.rehabcareontario.ca/Uploads/ContentDocuments/Barthel Index ADLs.pdf](https://mississauga-halton.rehabcareontario.ca/Uploads/ContentDocuments/Barthel%20Index%20ADLs.pdf)
- Department of Disease Control. Bureau of Non-Communicable Diseases. (2018). *Surveillance to prevent falls in the elderly. In annual report 2018. Bureau of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control, Ministry of Public Health*. Bangkok: Agsorn graphics and design. (in Thai).
- Department of Elderly Affairs. (2020). *Statistics of the elderly in Thailand as of 31 December 2019*. Retrieved from <http://www.dop.go.th/th/know/1/275>. (in Thai)
- Department of Mental Health. (2019). *Guidelines for watching and monitoring depressive disorders at the provincial level* (3rd ed.). Retrieved from http://www.thaidepression.com/www/58/navtrng_3.pdf. (in Thai)
- Department of Medical Services. (2019). *Institute of Geriatrics*. Retrieved from <https://drive.google.com/drive/folders/1WmYmVvdXj6g2CB4VTpmylFV6KCKpxW21>. (in Thai)
- Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute (TGRI). (2022). *The situation of the Thai older persons*. Retrieved from https://www.dop.go.th/download/knowledge/th1635826412-975_0.pdf. (in Thai)
- Huang, L. (2003). Assessing risk of falling in older adult Public Health Nursing. *Public Health Nursing*, 20(5), 339-411. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1446.2003.20508.x>
- Jitapunkul, S., Songkhla, M. N., Chayovan, N., Chirawatkul, A., Choprapawon, C., Kachondham, Y., & Buasai, S. (1998). Falls and their associated factors: A national survey of the Thai elderly. *J Med Assoc Thai*, 81(2), 233-42.

- Ketpitchayawattana, J., & Kongboon, P. (2020). *A study on the policy and implementation of the prevention of falls among the elderly in Thailand*. Bangkok: The Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute (TGRI), National Research Council of Thailand (NRCT). (in Thai).
- Kitkumhang, V., Kittimanon, N., & Pannarunothai, S. (2006). Risk factors of falls in elderly in Wat Chan Community: A Study from Thailand. *Journal of Health Science*, 15(5), 787–97. (in Thai).
- Muang Siri, K., Maharachpong, N., & Rodjarkpai, Y. (2017). Factors relating the Behavior of Fall Prevention among Elderly in Chonburi Province. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(4), 23-33. (in Thai).
- National Institute for Clinical Excellence (NICE). (2004). *Clinical practice guideline for the assessment and prevention of falls in older people*. London: The Royal College of Nursing.
- Papol, A., & Khluenak, U. (2021). Instruments for assessing fall risk factors in aging. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 11–20. (in Thai)
- Susilowati, I. H., Nugraha, S., Sabarinah, S., Peltzer, K., Pengpid, S., & Hasiholan, BP. (2020). Prevalence and risk factors associated with falls among community-dwelling and institutionalized older adults in Indonesia. *Malaysian Family Physician*, 15(1), 30-38.
- Thiamwon, L. (2008). Thai Falls Risk Assessment Test (Thai-FRAT) was developed for community dwelling Thai elderly. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 91(12), 1823–32. (in Thai).
- Tiyarattanakun, M. (1993). *Factors related to the mental health of the elderly in Bangkok: A case study of the elderly in the elderly club* (Master's thesis). Mahidol University. Bangkok. (in Thai).



ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด
ของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2
ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้

A Causal Relationship of Factors Influencing Glycemic Control
Behavior Among the Elderly with Type 2 Diabetes Mellitus
Uncontrolled Blood Sugar Levels

ปัทมา สุพรรณกุล¹ อาจันต์ สงทับ¹ อนุสร สีนหา^{2*} นพวรรณ วัชรพุท²
เบญจมาภรณ์ นาคามดี³ กุเกียรติ์ ก้อนแก้ว⁴ และเอกภพ จันทรสุคนธ์⁴

Pattama Suphunnakul¹, Archin Songthap¹, Anusara Sihanat^{2*}, Nobpawan Watcharaput²,
Benchamaphorn Nakamadee³, Kukiet Konkaew⁴ and Eakpop Junsukon⁴

¹สาขาวิชานามัยชุมชน คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Division of Community Health, Faculty of Public Health, Naresuan University

²สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²Division of Applied Thai Traditional Medicine, Faculty of Public Health, Naresuan University

³วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนี พุทธชินราช, คณะพยาบาลศาสตร์

สถาบันพระบรมราชชนก กระทรวงสาธารณสุข

³Boromarajonani College of Nursing, Buddhachinaraj, Faculty of Nursing,

Praboromarajchanok Institute, Ministry of Public Health

⁴คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

⁴Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*Corresponding author: anusaras@nu.ac.th

Received: February 4, 2023

Revised: March 21, 2023

Accepted: March 29, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสวนวิธี มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้โรงพยาบาลพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างจำนวน 200 รายด้วยแบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 และทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ด้วยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ระยะเวลาดำเนินการระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2565 ผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นหญิงร้อยละ 84.5 มีค่าน้ำตาลสะสม 7.0-7.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 77.5 รักษาเบาหวานด้วยการกินยาร้อยละ 97.0 ฉีดยาร้อยละ 2.0 และทั้งกินยาและฉีดยาร้อยละ 1.0 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ พบว่า (1) แรงสนับสนุนทางสังคม มีอิทธิพลทางตรงกับความรอบรู้ด้านสุขภาพ ($b=0.27$ $p\text{-value}<.05$) และพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ($b=0.08$ $p\text{-value}<.05$) พบมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านความรอบรู้ด้านสุขภาพ ($b=0.08$ $p\text{-value}<.05$) (2) การรับรู้ความสามารถตนเอง มีอิทธิพลทางตรงกับความรอบรู้ด้านสุขภาพ ($b=0.49$ $p\text{-value}<.05$) และพฤติกรรมควบคุม

ระดับน้ำตาลในเลือด ($b=0.44$ $p\text{-value}<.05$) พบมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านความรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วย ($b=0.15$ $p\text{-value}<.05$) และ (3) ความรอบรู้ด้านสุขภาพ มีอิทธิพลทางตรงต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ($b=0.30$ $p\text{-value}<.05$) ผลการศึกษาพบว่า แรงสนับสนุนทางสังคม การรับรู้ความสามารถแห่งตน และความรอบรู้ด้านสุขภาพ ร่วมกันอธิบายความแปรปรวนพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ ร้อยละ 43.0

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ โรคเบาหวานชนิดที่ 2 พฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ความรอบรู้ด้านสุขภาพ

Abstract

The main objective of this mixed-methods research was to investigate the causal relationship between factors influencing glycemic control behaviors among the elderly with type 2 diabetes mellitus and uncontrolled blood sugar levels at Phrom Phiram Hospital in Phitsanulok Province. The researcher collected the data from 200 samples with a questionnaire at a reliability of 0.92 and tested the causal relationship model with Structural Equation Modeling--SEM implementation from February to June 2022. The results found that the majority of the sample was 84.5% female. 77.5% had HbA1C values of 7.0–7.9 mg/dL. 97.0% were taking medicines. 2.0% were taking injections, and 1.0% were taking pills and injections. The results of the causal relationship analysis were as follows: (1) Social support had a direct effect on health literacy ($b=0.27$ $p\text{-value}<.05$) and glycemic control behavior ($b=0.08$, $p\text{-value}<.05$). There was an indirect effect on glycemic control behavior through health literacy ($b=0.08$ $p\text{-value}<.05$) and (2) self-efficacy had a direct effect on health literacy ($b=0.49$, $p\text{-value}<.05$) and glycemic control behavior ($b=0.44$ $p\text{-value}<.05$). There was an indirect effect on glycemic control behavior through health literacy ($b=0.15$ $p\text{-value}<.05$), and (3) health literacy had a direct effect on glycemic control behavior ($b=0.30$ $p\text{-value}<.05$). This study found that social support, self-efficacy, and health literacy co-explained the variance in glycemic control behavior at 43.0%.

Keywords: elderly, type 2 diabetes mellitus, glycemic control behavior, Health Literacy



บทนำ

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบร้อยละ 90 ของผู้ป่วยโรคเบาหวานทั้งหมด ข้อมูลจาก IDF Diabetes Atlas ฉบับที่ 10 แสดงให้เห็นว่าในปี 2021 มีประชากรจำนวน 537 ล้านคนกำลังเป็นโรคเบาหวาน และหากไม่มีมาตรการในการจัดการโรคเบาหวานที่ดี คาดประมาณว่าในปี 2030 จะมีประชากรจำนวน 643 ล้านคนป่วยเป็นโรคเบาหวาน และจะพุ่งขึ้นเป็น 783 ล้านคนภายในปี 2045 โรคเบาหวานมีส่วนทำให้เสียชีวิต สูงถึง 6.7 ล้านคน หรือเสียชีวิต 1 คน

ในทุก ๆ 5 วินาที (International Diabetes Federation--IDF, 2021) ในปี 2021 องค์การอนามัยโลกได้จัดโรคเบาหวานเป็นโรคที่มีค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากเป็นโรคเรื้อรังที่เกิดโรคแทรกซ้อนรุนแรง ผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงผิดปกติเป็นเวลานานจะส่งผลทำลายเส้นเลือดฝอยที่มีขนาดเล็กในอวัยวะต่าง ๆ เช่น ตา เส้นประสาท และไต นอกจากนี้ยังมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง โรคหลอดเลือดหัวใจและการติดเชื้อได้ง่าย ค่าใช้จ่ายในการรักษาจึงค่อนข้างสูงมากถึง 966 พันล้านดอลลาร์ต่อปี โรคเบาหวาน

นับเป็นหนึ่งในความท้าทายด้านสุขภาพที่เติบโตเร็วในศตวรรษที่ 21 (International Diabetes Federation–IDF, 2021)

ประเทศไทยพบอุบัติการณ์โรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีผู้ป่วยรายใหม่เพิ่มขึ้น 3 แสนคนต่อปี และมีผู้ป่วยโรคเบาหวานอยู่ในระบบทะเบียน 3.3 ล้านคน ในปี 2020 มีผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานทั้งหมด 16,388 คน (อัตราการตาย 25.1 ต่อประชากรแสนคน) ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณสุขในการรักษาโรคเบาหวานเฉลี่ยสูงถึง 47,596 ล้านบาทต่อปี (Division of Non Communicable Diseases, Department of Disease Control, Ministry of Public Health, 2022) จากรายงานการสำรวจภาวะสุขภาพอนามัยของประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5 (2014-2015) พบว่า ผู้ป่วยเบาหวานคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ ($HbA1c \geq 7$ มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) รวมทั้งประเทศคิดเป็นร้อยละ 30.6 (Aekplakorn, Thaikla, Puckcharern & Satheannoppakao, 2010); Rangsin and Thasanawiwat (2018) ที่ศึกษาผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 28,649 ราย ในปี 2012 พบว่า เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสมร้อยละ 7-7.9 จะเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนมากกว่าผู้ป่วยที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสมน้อยกว่าร้อยละ 7 ถึง 0.8 เท่า และผู้ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสมร้อยละ 8 ขึ้นไป จะเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนมากกว่าผู้ที่เป็นโรคเบาหวานที่มีค่าเฉลี่ยน้ำตาลสะสมน้อยกว่าร้อยละ 7 ถึง 1.7 เท่า (Pornprayut, Toonsiri & RattanaGreethakul, 2017)

จังหวัดพิษณุโลก อำเภอพรหมพิราม ปี 2019-2021 พบอัตราผู้ป่วยโรคเบาหวานสูงที่สุดในผู้ป่วยที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 22.42 23.33 และ 23.60 ต่อแสนประชากรตามลำดับ (Health Data Center, Ministry of Public Health, 2021) ในช่วงเวลาเดียวกัน ผู้ป่วยเบาหวานอำเภอพรหมพิรามที่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ดี ยังมีอยู่ในระดับต่ำ มีเพียงร้อยละ 36.8 35.65 และ 36.68 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ที่ร้อยละ 40

การจะควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานให้ได้ ขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัย อาทิ พฤติกรรมการใช้ชีวิต หรือพฤติกรรมการจัดการตนเองของผู้ป่วย นอกจากนี้จากผลการศึกษาของ Reisi et al. (2016) ยัง

พบว่า ความรอบรู้ด้านสุขภาพ (Health literacy--HL) ส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานเป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาของ Ginggeaw and Prasertsri (2016); Rattanawarang and Chantha, (2018) ที่พบว่า ความฉลาดทางสุขภาพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่า ความรอบรู้ด้านสุขภาพ เป็นหนึ่งในตัวขับเคลื่อนพฤติกรรมการจัดการตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน ได้แก่ การควบคุมอาหารด้วยตนเอง การติดตามระดับน้ำตาลในเลือด การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ การรับประทานยาในปริมาณที่กำหนด และระยะเวลาที่เหมาะสม ตลอดจนการดูแลเท้าและการควบคุมความเครียด เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบการศึกษาของ Duangsangjun, Sangsuwan and Poncumhak (2021) ที่ศึกษาการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้และพบว่า การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุโรคเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า แรงสนับสนุนทางสังคม เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เนื่องจากการสนับสนุนทางสังคมเป็นการสร้างความคาดหวัง ความเชื่อมั่น และการเห็นคุณค่าในตนเองในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน (Junsukon & Suphunnakul, 2020) สอดคล้องกับการศึกษาของ Suvarnathong et al. (2019) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ความสามารถแห่งตนร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมต่อพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังเข้าร่วมโปรแกรมกลุ่มทดลองมีคะแนนพฤติกรรมการใช้ยาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < .001$)

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยไปเป็น

กรอบในการพัฒนาโปรแกรมควบคุมระดับน้ำตาลให้กับผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ในลำดับต่อไป

นิยามศัพท์

ความรู้ด้านสุขภาพ หมายถึง ความสามารถและทักษะในการเข้าถึงข้อมูล ความรู้ ความเข้าใจในการจัดการตนเองของผู้ป่วย ประกอบด้วย 6 ทักษะสำคัญ ได้แก่ การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ความรู้และความเข้าใจทางสุขภาพ การสื่อสารการจัดการตนเอง การตัดสินใจ และการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ

แรงสนับสนุนทางสังคม หมายถึง การสนับสนุนด้านข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเข้าถึงข้อมูล/บริการสุขภาพ ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด กำลังใจ คำแนะนำให้รู้เท่าทันสื่อเกี่ยวกับวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน

การรับรู้ความสามารถแห่งตน หมายถึง ความเชื่อมั่นในตนเองของผู้ป่วยว่าสามารถกระทำกิจกรรมเกี่ยวกับการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ความรู้และความเข้าใจทางสุขภาพ การสื่อสารการจัดการตนเอง การตัดสินใจ และการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแรงสนับสนุนทางสังคม การรับรู้ความสามารถแห่งตน ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

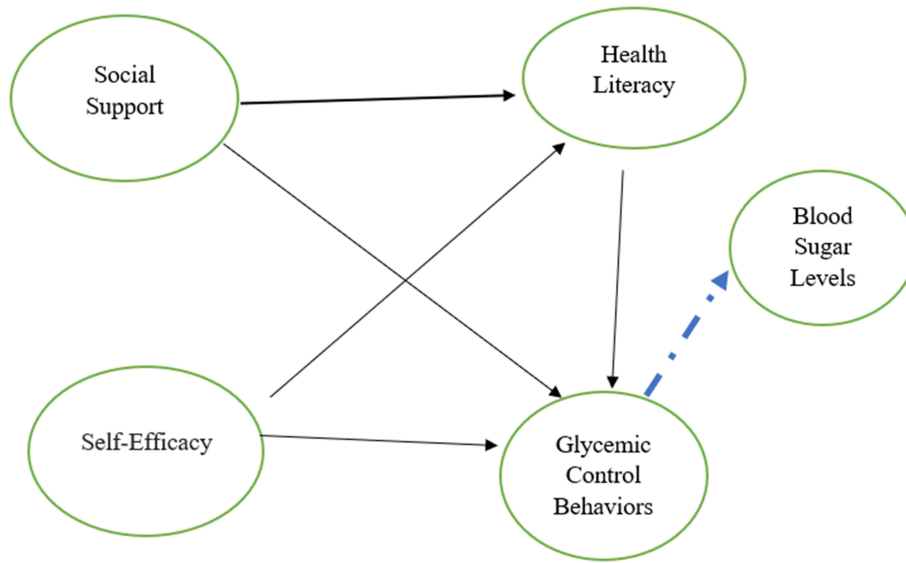
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่สนใจศึกษาฐานคิดในการโยงเส้นความสัมพันธ์จะมาจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หรือส่งผลต่อพฤติกรรมของผู้ป่วยเบาหวาน ประกอบด้วย การรับรู้ความสามารถของตนเอง แรงสนับสนุนทางสังคม และความรู้ด้านสุขภาพ จากการทบทวนแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยนำมาโยงเส้นความสัมพันธ์ ได้ตั้งแสดงในกรอบแนวคิดการวิจัย เนื่องจากพบว่า แรงสนับสนุนทางสังคม และการรับรู้ความสามารถแห่งตน เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อทั้งความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เนื่องจากผู้วิจัยต้องการพิสูจน์ว่าเส้นต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยโยงขึ้นนั้น จะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เก็บมาได้หรือไม่

สมมติฐานการวิจัย

1. การรับรู้ความสามารถแห่งตน แรงสนับสนุนทางสังคม มีอิทธิพลทางตรงต่อความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2

2. การรับรู้ความสามารถแห่งตน แรงสนับสนุนทางสังคม มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ผ่านความรู้ด้านสุขภาพ

3. ความรอบรู้ด้านสุขภาพ มีอิทธิพลทางตรงต่อและพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลของสูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ครั้งนี้ มุ่งเน้นที่จะศึกษาหาอิทธิพลเส้นทางและอำนาจการพยากรณ์ของแต่ละตัวแปรแฝงที่ส่งถึงพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลของสูงอายุที่เป็นเบาหวาน ตามที่แสดงไว้ในกรอบแนวคิดการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา คือ ผู้สูงวัยที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 และมีค่าน้ำตาลในเลือดสะสมตั้งแต่ 7 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ที่เข้ารับรักษาที่คลินิกเบาหวานโรงพยาบาลพรหมพิราม จำนวน 641 ราย (Health Data Center, Ministry of Public Health, 2021) ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างการวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Kline (2005) โดยกำหนดขนาดตัวอย่างอยู่ที่ 10 เท่าต่อหนึ่งตัวแปรสังเกต การศึกษานี้มีตัวแปรสังเกต จำนวน 15 ตัว อธิบายได้ดังนี้ ตัวแปรแฝงแรงสนับสนุนทางสังคมมีตัวแปรสังเกต 4 ตัว ตัวแปรแฝงการรับรู้ความสามารถแห่งตนมีตัวแปรสังเกต 2

ตัวแปร ตัวแปรแฝงความรอบรู้ด้านสุขภาพ มีตัวแปรสังเกต 6 ตัวแปร และตัวแปรแฝงพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด มีตัวแปรสังเกต 3 ตัวแปร ขนาดตัวอย่างจึงมีจำนวน 150 คน และเพื่อชดเชยกรณีคำตอบในแบบสอบถามไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็น 200 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria)

1. มีอายุระหว่าง 60-69 ปี ขึ้นไปทั้งเพศชายและเพศหญิง
2. ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าป่วยด้วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2
3. มีค่าระดับน้ำตาลในเลือดเฉลี่ยสะสม (HbA1C) ตั้งแต่ 7 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (ข้อมูลจากเวชระเบียนรายงานผู้ป่วยเบาหวานของ รพ.พรหมพิราม)
4. อ่านออกเขียนได้
5. ไม่เคยถูกสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกจากคณะผู้วิจัยในกระบวนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ
6. ยินยอมให้ความร่วมมือในการวิจัยและลงลายมือชื่อในหนังสือแสดงความยินยอม

เกณฑ์การถอดถอน (withdrawal criteria)

1. กลุ่มตัวอย่าง มีอาการเจ็บป่วยรุนแรงกระทันหัน
2. เป็นผู้ที่ขอถอนตัวระหว่างการวิจัย

การสุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากขณะดำเนินการวิจัยยังอยู่ในระยะของการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 อีกทั้งกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้สูงอายุ คณะผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่สถานบริการผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูล ด้วยการสุ่มแบบ Convenience Sampling โดยทำการเก็บข้อมูลในขณะที่ผู้สูงอายุมาใช้บริการรักษาที่คลินิกเบาหวานที่ รพ.พรหมพิราม เพื่อลดความเสี่ยงการติดเชื้อโควิด-19 เพราะสถานบริการจะทำการตรวจหาเชื้อโควิด-19 ในผู้มารับบริการทุกราย ดำเนินการระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2565

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถาม ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 12 ข้อ (2) แรงสนับสนุนทางสังคม จำนวน 6 ข้อ ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ ได้รับการสนับสนุนประจำ เป็นบางครั้ง และไม่เคยได้รับการสนับสนุน การแปลผลจะนำคะแนนรวมมาแบ่งช่วงชั้นด้วยสูตรอันตรภาค ตามเกณฑ์ของ Best (1981) (3) การรับรู้ความสามารถแห่งตน จำนวน 10 ข้อ ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ ทำได้แน่นอน ไม่แน่ใจว่าจะทำได้ และไม่สามารถทำได้แน่นอน การแปลผลจะนำคะแนนรวมมาแบ่งช่วงชั้น ตามเกณฑ์ของ Blooms (1971) (4) ความรอบรู้ด้านสุขภาพ จำนวน 30 ข้อ ลักษณะข้อคำถาม เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เป็นจริงมากที่สุด จนถึงเป็นจริงน้อยที่สุด การแปลผลจะนำคะแนนรวมมาแบ่งช่วงชั้น ตามเกณฑ์ของ Blooms (1971) และ (5) พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด จำนวน 15 ข้อ ลักษณะข้อคำถาม เป็นแบบมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ ปฏิบัติประจำ บางครั้ง และไม่เคยปฏิบัติ การแปลผลจะนำคะแนนรวมมาแบ่งช่วงชั้นด้วยสูตรอันตรภาค ตามเกณฑ์ของ Best (1981) แสดงในตาราง 1

หมายเหตุ: ใช้เกณฑ์ของ Blooms (1971) ในการแบ่งช่วงชั้นกรณีที่ตัวแปรนั้นเกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจ ความสามารถและทักษะในด้านต่าง ๆ (Intarakamhang, 2017)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. โครงการวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ตามเลขที่โครงการวิจัย IRB No. P3-0180/ 2564 ลงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2565 ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการวิจัยถึงสำนักงานสาธารณสุขอำเภอพรหมพิราม และผู้อำนวยการโรงพยาบาลพรหมพิราม เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. คณะผู้วิจัยจัดเตรียมแบบสอบถาม จำนวน 200 ชุด ก่อนออกเก็บข้อมูลคณะผู้วิจัยได้ร่วมประชุมชี้แจงรายละเอียดต่าง ๆ ของแบบสอบถาม และซักถามกันจนเกิดความเข้าใจตรงกันในทุกประเด็น ทุกข้อคำถาม

3. ผู้วิจัยจัดเตรียมห้องหรือมุมที่เงียบสงบในสถานบริการที่มีความเป็นส่วนตัวให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเป็นส่วนตัวและมีสมาธิในขณะตอบแบบสอบถาม

4. ผู้วิจัยให้เวลากลุ่มตัวอย่างในการตอบแบบสอบถามประมาณ 20 นาที

5. หลังได้รับแบบสอบถามคืน ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์และครบถ้วนของข้อมูลในแบบสอบถามทั้ง 200 ชุด ก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling--SEM) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนของรูปแบบ ตามเกณฑ์พิจารณาดังนี้ ค่านัยสำคัญทางสถิติของสถิติไคสแควร์ ควรมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนด ($>.05$) ค่า relative X^2 ควรมีค่าไม่เกิน 2 ค่า Root Mean Square Error of Approximation--RMSEA และ Standardized Root Mean Square Residual--SRMR ควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 สำหรับ Goodness of Fit Index--GFI และ

Adjusted Goodness of Fit Index--AGFI ควรมีค่ามากกว่า 0.95 (Schumacker & Lomax, 2016; Kline, 2005; Suksawang, 2014)

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นหญิงร้อยละ 84.5 รองลงมา เป็นชาย ร้อยละ 15.5 ป่วยเป็นเบาหวานมาไม่เกิน 5 ปี ร้อยละ 51.0 รองลงมาป่วยนาน 6-10 ปี 11-15 ปี และ 16 ปีขึ้นไป ร้อยละ 23.0 13.5 และ 12.5 ตามลำดับ เวลาป่วยเฉลี่ย 7.8 ปี (SD±6.364) กลุ่มตัวอย่างมีค่าน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1C) อยู่ในช่วง 7.0-7.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 77.5 รองลงมา มีค่าน้ำตาลสะสม อยู่ในช่วง 8.0-8.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 16.0 ช่วง

9.0-9.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 4.0 ช่วง 10.0-10.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 2.0 และมีค่าน้ำตาลสะสมมากกว่า 11.0 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ร้อยละ 0.5 ผู้ป่วยเหล่านี้ ร้อยละ 97.0 รักษาเบาหวานด้วยการกินยา ร้อยละ 2.0 รักษาด้วยการฉีดยา และร้อยละ 1.0 รักษาทั้งกินยาและฉีดยา

ผลการวิเคราะห์ระดับการรับรู้ความสามารถตนเอง แรงสนับสนุนทางสังคม ความรอบรู้ด้านสุขภาพ และพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ (ตาราง 1)

ตาราง 1

แสดงร้อยละของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ จัดจำแนกระดับตามตัวแปรที่ศึกษา (n=200)

ตัวแปรที่ศึกษา	ระดับมาก ร้อยละ	ระดับปานกลาง ร้อยละ	ระดับน้อย ร้อยละ
การรับรู้ความสามารถตนเอง $\bar{X}=28.41$ SD=1.678 Min=20 Max=30	มั่นใจทำได้แน่นอน (24-30 คะแนน) 99.5	ไม่แน่ใจว่าจะทำได้ (18-23 คะแนน) 0.5	ไม่สามารถทำได้แน่นอน (10-17 คะแนน) 0
แรงสนับสนุนทางสังคม	ได้รับในระดับมาก (14-18 คะแนน)	ได้รับในระดับปานกลาง (10-13 คะแนน)	ได้รับในระดับน้อย (6-9 คะแนน)
สมาชิกในครอบครัว $\bar{X}=15.72$ SD=2.435 Min=10 Max=18	77.5	22.5	0
เพื่อน $\bar{X}=14.81$ SD=2.283 Min= 11 Max=18	72.0	28.0	0
เจ้าหน้าที่สาธารณสุข $\bar{X}=15.81$ SD=2.825 Min=10 Max=18	86.0	14.0	0
อสม. $\bar{X}=16.42$ SD=2.092 Min=11 Max=18	78.0	22.0	0

ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวแปรที่ศึกษา	ระดับมาก ร้อยละ	ระดับปานกลาง ร้อยละ	ระดับน้อย ร้อยละ
ความรอบรู้ด้านสุขภาพ $\bar{X}=126.44$ $SD=7.518$ Min=88 Max=144	มากเพียงพอ (121 คะแนนขึ้นไป) 83.5	เพียงพอ (90-120 คะแนน) 16.0	ไม่เพียงพอ (ตั้งแต่ 89 คะแนนลงมา) 0.5
พฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาล $\bar{X}=33.94$ $SD=1.640$ Min=28 Max=37	ปฏิบัติได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ (35-45 คะแนน) 57.0	ปฏิบัติได้ถูกต้องเป็นบางส่วน (25-34 คะแนน) 43.0	ส่วนใหญ่ยังปฏิบัติไม่ถูกต้อง (15-24 คะแนน) 0

จากตาราง 1 พบว่า ผู้ป่วยเบาหวานมีความเชื่อมั่นในความสามารถตนเองว่าสามารถกระทำกิจกรรมเกี่ยวกับความรอบรู้ด้านสุขภาพทั้ง 6 ด้านตามที่ระบุได้อย่างแน่นอน ร้อยละ 99.5 มีเพียงร้อยละ 0.5 ที่ไม่แน่ใจว่าจะทำกิจกรรมตามที่ระบุได้สำหรับการสนับสนุนทางสังคม ผู้ป่วยส่วนใหญ่ได้รับการสนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเข้าถึงข้อมูล/บริการสุขภาพ ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การช่วยเหลือในการอธิบายคำ ความหมายต่าง ๆ ที่อยู่บนซองยา การช่วยเหลือ ดูแลเกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติตัวในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด กำลังใจในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด คำแนะนำให้รู้เท่าทันสื่อเกี่ยวกับวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด จากทั้ง 4 แหล่งข้อมูลในระดับมาก โดยได้รับจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข มากที่สุด ร้อยละ 86.0 รองลงมาได้จากอาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.) ร้อยละ 78.0 ครอบครัว ร้อยละ 77.5 และเพื่อนร้อยละ 72.0 ตามลำดับ

ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ร้อยละ 83.5 มีความรอบรู้ด้านสุขภาพอยู่ในระดับมากเพียงพอ (สามารถดูแลตนเองได้อย่างยั่งยืน ปฏิบัติตนได้ถูกต้องสม่ำเสมอ) รองลงมา มีความรอบรู้ด้านสุขภาพในระดับเพียงพอ (สามารถดูแลตนเองได้ ปฏิบัติตนได้ถูกต้องบ้าง) ร้อยละ 16.0 และมีความรอบรู้ด้านสุขภาพในระดับไม่เพียงพอ (ไม่สามารถดูแลตนเองได้ ปฏิบัติตนได้ไม่ถูกต้อง) ร้อยละ 0.5 ตามลำดับ ผู้ป่วยเบาหวาน ร้อยละ 57.0 ปฏิบัติพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ รองลงมา ร้อยละ 43.0 ปฏิบัติพฤติกรรมถูกต้องเป็นบางส่วน

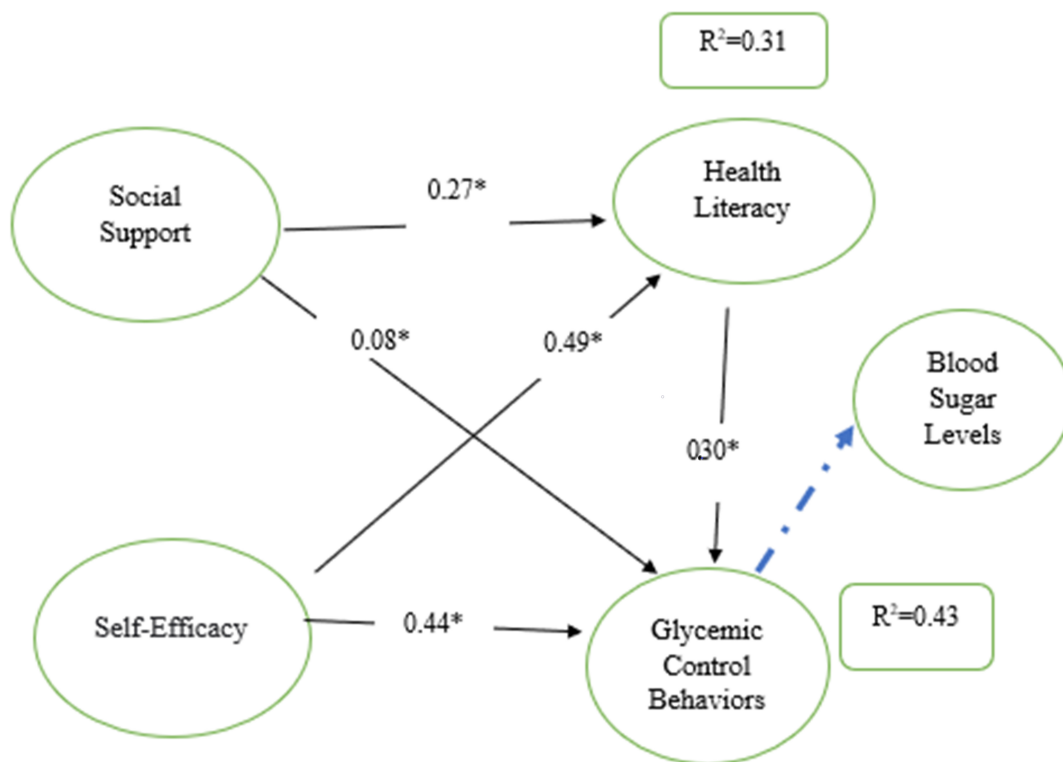
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านความรอบรู้ด้านสุขภาพของผู้สูงวัยที่ป่วยเป็นเบาหวาน ชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ (ตาราง 2 ภาพ 2)

ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านความรอบรู้ด้านสุขภาพ ของผู้สูงวัยที่ป่วยเป็นเบาหวาน ชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องโมเดล ดังนี้ $X^2=46.26$ $df=33$ $relative\ X^2=1.40$ $p\text{-value}=0.062$ $GFI=0.99$ $AGFI=0.96$ $SRMR=0.04$ $RMSEA=0.04$ โดยดัชนีความสอดคล้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ relative มีค่าน้อยกว่า 2 $p\text{-value}$ มีค่ามากกว่า .05 ดัชนี RMSEA SRMR มีค่าน้อยกว่า 0.05 สำหรับ GFI และ AGFI มีค่ามากกว่า 0.95 (Schumacker & Lomax, 2016; Kline, 2005; Suksawang, 2014) จึงสรุปได้ว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ปัจจัยที่มีส่งผลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงวัยที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ ที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รายละเอียดผลการวิเคราะห์อธิบายได้ ดังนี้

ตาราง 2

แสดงค่าอิทธิพลเส้นทางระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล ทั้งอิทธิพลทางตรง (Direct Effect--DE) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect--IE) and และอิทธิพลรวม (Total Effect--TE) หลังการปรับโมเดล

Cause variables	Effect variables					
	Health Literacy			Glycemic control		
	IE	DE	TE	IE	DE	TE
Social Support	-	0.27*	0.27*	0.08*	0.08*	0.16*
Perceived Self-Efficacy	-	0.49*	0.49*	0.15*	0.44*	0.59*
Health Literacy	-	-	-	-	0.30*	0.30*



ภาพ 2 ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านความรู้ด้านสุขภาพ ของผู้สูงวัยที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ *p-value<.05

1. แรงสนับสนุนทางสังคม พบมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกกับความรอบรู้ด้านสุขภาพในการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ($b=0.27$ $p\text{-value}<.05$) และพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ($b=0.08$ $p\text{-value}<.05$) นอกจากนี้แรงสนับสนุนทางสังคมยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ผ่านความรอบรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วย ($b=0.08$ $p\text{-value}<.05$)

2. การรับรู้ความสามารถแห่งตน พบมีอิทธิพลทางตรงกับความรอบรู้ด้านสุขภาพในการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ($b=0.49$ $p\text{-value}<.05$) และพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ($b=0.44$ $p\text{-value}<.05$) นอกจากนี้การรับรู้ความสามารถแห่งตนยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ผ่านความรอบรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วย ($b=0.15$ $p\text{-value}<.05$)

3. ความรอบรู้ด้านสุขภาพในการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบมีอิทธิพลทางตรงกับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ($b=0.30$ $p\text{-value}<.05$)

โดยพบว่า แรงสนับสนุนทางสังคมและการรับรู้ความสามารถแห่งตนร่วมกันอธิบายความแปรปรวนความรอบรู้ด้านสุขภาพในการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานร้อยละ 31.0 ในขณะที่แรงสนับสนุนทางสังคม การรับรู้ความสามารถแห่งตน และความรอบรู้ด้านสุขภาพในการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ร่วมกันอธิบายความแปรปรวนพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ร้อยละ 43.0

เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า การรับรู้ความสามารถแห่งตน มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ความรอบรู้ด้านสุขภาพและแรงสนับสนุนทางสังคม มีค่าอิทธิพลรวม = 0.59 0.30 และ 0.16 ตามลำดับ

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยอภิปรายผลการวิจัย ตามลำดับดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ระดับการรับรู้ความสามารถตนเอง แรงสนับสนุนทางสังคม ความรอบรู้ด้านสุขภาพ และพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลของผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ อภิปรายได้ ดังนี้

จากผลการศึกษา ถึงแม้ผู้ป่วยเบาหวานที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จะมีความเชื่อมั่นในความสามารถตนเองว่า จะสามารถกระทำการกิจกรรมเกี่ยวกับความรอบรู้ด้านสุขภาพ ทั้ง 6 ด้านได้อย่างแน่นอนมากถึงร้อยละ 99.5

แต่ก็เป็นเพียงความคาดหวัง ความเชื่อของผู้ป่วยซึ่งอาจยังไม่ส่งผลต่อการปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลพบเพียงร้อยละ 57.0 เท่านั้นที่ปฏิบัติตนได้ถูกต้อง ทั้ง ๆ ที่ผู้ป่วยเบาหวานร้อยละ 83.5 มีความรอบรู้ด้านสุขภาพอยู่ในระดับมากเพียงพอ ร่วมกับได้รับการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ในระดับมากจากแหล่งสนับสนุนต่าง ๆ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้ป่วยเบาหวานที่เข้าร่วมกิจกรรมการวิจัย คือ ผู้ป่วยที่มีค่าระดับน้ำตาลสะสมในเลือดตั้งแต่ร้อยละ 7 ขึ้นไป ซึ่งในความเป็นจริงผู้ป่วยเหล่านี้มีบางรายที่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีค่าระดับน้ำตาลสะสมในเลือดมากกว่าร้อยละ 7 ขึ้นไป ดังนั้นผู้ป่วยเหล่านี้จึงถูกนับรวมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2. ผลการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดผ่านความรอบรู้ด้านสุขภาพ ของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ อภิปรายตัวแปรได้ดังนี้

การรับรู้ความสามารถแห่งตนมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกกับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานที่คุมระดับน้ำตาลไม่ได้ เป็นไปตามแนวคิดทฤษฎีการรับรู้ความสามารถแห่งตนที่พัฒนามาจากทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสังคม ของแบนดูรา Bandura (1997) ที่กล่าวว่า ถ้าบุคคลมีความเชื่อในความสามารถตนเอง โดยทราบว่าจะต้องทำอะไรบ้างและเมื่อทำแล้วจะได้ผลลัพธ์ตามที่คาดหวังไว้ บุคคลนั้นก็จะปฏิบัติในเรื่องนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Duangsanjun et al. (2021) ที่ศึกษาการรับรู้

ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม และพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้พบว่า การรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุโรคเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.556$ $p<.05$) อธิบายได้ว่า การรับรู้เป็นความรู้สึกของผู้ป่วยเบาหวานว่าเป็นการยากหรือง่ายที่จะกระทำพฤติกรรมควบคุมพฤติกรรม หากผู้สูงอายุรับรู้ว่าจะสามารถที่จะเลือกบริโภคอาหารที่เหมาะสมกับโรคเบาหวานโดยสามารถควบคุมและจัดการกับอุปสรรคต่าง ๆ ได้ ก็จะส่งผลให้ผู้สูงอายุมีความตั้งใจและมีพฤติกรรมที่เหมาะสมตามมาได้ เป็นไปตามแนวคิด ทฤษฎีที่กล่าวไว้ว่าการรับรู้ความสามารถแห่งตนเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดพฤติกรรมตามมานั้นหมายความว่า หากบุคคลากรสาธารณสุขช่วยเสริมสร้างให้ผู้ป่วยเหล่านั้นเกิดความมั่นใจและเชื่อว่าสามารถกระทำได้ การรับรู้ความสามารถแห่งตนก็จะไปช่วยเสริมแรงให้ผู้ป่วยเบาหวานกล้าที่จะปฏิบัติพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดอย่างจริงจัง

แรงสนับสนุนทางสังคมมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกกับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานที่คุมระดับน้ำตาลไม่ได้

แรงสนับสนุนทางสังคมจากคนในครอบครัว เป็นปัจจัยกำหนดพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งผู้ป่วยที่ได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมจากสมาชิกในครอบครัวมาก จะมีการปฏิบัติตนในเรื่องการรับประทานอาหาร และรับประทานยาได้ถูกต้องสม่ำเสมอมากกว่าผู้ป่วยที่มีแรงสนับสนุนทางสังคมน้อย (Charoe, Pakdevong & Namvongprom, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดแรงสนับสนุนทางสังคม ที่อธิบายว่า การที่บุคคลได้รับรู้ถึงการช่วยเหลือสนับสนุนจากเครือข่ายทางสังคม อาทิเช่น เจ้าหน้าที่สาธารณสุข เพื่อนผู้ป่วย ตลอดจนอาสาสมัครสาธารณสุขที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดูแลผู้ป่วยเบาหวาน จะมีผลโดยตรง (direct effect) ให้บุคคลมีพฤติกรรมที่ดีได้ ส่งผลต่อภาวะสุขภาพและมีความสุขตามมา (Cohen & Will, 1985) เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ Junsukon (2017) ที่ศึกษาปัจจัยพยากรณ์พฤติกรรมดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และพบว่า แรงสนับสนุนทางสังคมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อ

พฤติกรรมดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวาน จะเห็นได้ว่าผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 หากได้รับการสนับสนุนด้านปัจจัยสิ่งของการดูแลจากครอบครัว เช่น คู่สมรส บิดามารดาญาติพี่น้อง เพื่อนบ้าน เพื่อนร่วมงาน แพทย์ พยาบาลจะมีพฤติกรรมดูแลตนเองที่ดีขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดด้วยเช่นกัน จึงอาจสรุปได้ว่าแรงสนับสนุนทางสังคม เป็นปัจจัยเสริมแรงที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยนำพาให้ผู้ป่วยเบาหวานปฏิบัติพฤติกรรมในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างถูกต้อง

ความรู้ด้านสุขภาพมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกกับพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานที่คุมระดับน้ำตาลไม่ได้

ผู้ป่วยเบาหวานที่มีความรู้ความเข้าใจในโรคเบาหวาน มีการปฏิบัติตนที่เหมาะสมกับโรค การรับประทานอาหารและยาตามแพทย์สั่ง ออกกำลังกายและจัดการความเครียดได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ในยุคปัจจุบันนี้ คือ “ความรู้ด้านสุขภาพ” ซึ่งเป็นทักษะทางปัญญาและสังคมที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจ ในการปฏิบัติพฤติกรรม (Nutbeam, 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ariyasit (2021) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ด้านสุขภาพกับการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ผลการวิจัยพบว่าความรู้ด้านสุขภาพโดยรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมดูแลตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($r=0.118$ $p=0.024$) และ Ginggeaw and Prasertsri (2016) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเรื้อรังหลายโรค และพบว่าความฉลาดทางสุขภาพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.462$ $p<.001$) สรุปได้ว่าเมื่อใดที่ผู้ป่วยเบาหวาน มีความสามารถและมีทักษะในการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับศัพท์ง่าย ๆ ทางแพทย์ คำนัดหมายวันเวลาในการมาพบแพทย์ของเจ้าหน้าที่ ความสามารถในการสื่อสารกับเจ้าหน้าที่หรือเพื่อน ๆ ผู้ป่วยมีทักษะในการจัดการตนเอง การตัดสินใจและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีความรู้ด้านสุขภาพในระดับที่มากเพียงพอ จะมีความเข้าใจและสามารถเลือกข้อมูลเพื่อนำมาดูแลตนเองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืน

สำหรับกรณีแรงสนับสนุนทางสังคม และการรับรู้ความสามารถแห่งตน มีอิทธิพลทางอ้อมต่อพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ผ่านความรู้ด้านสุขภาพ อธิบายได้ว่า การที่จะทำให้ผู้ป่วยเบาหวานปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดนั้น สิ่งแรกที่ต้องให้ความสำคัญคือการเสริมสร้าง “ความรู้ด้านสุขภาพ” ให้กับผู้ป่วยเบาหวานซึ่งสามารถกระทำได้ด้วยการกระตุ้นให้ผู้ป่วยเกิดความมั่นใจและเชื่อมั่นว่าจะสามารถกระทำพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ (การรับรู้ความสามารถแห่งตน) ในขณะเดียวกันต้องกระทำควบคู่ไปกับการสนับสนุนข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทักษะทั้ง 6 ด้าน

ของความรู้ด้านสุขภาพ ก็จะสามารถช่วยให้ผู้ป่วยมีความมั่นใจและมีความรู้ทางสุขภาพที่ดีขึ้น ส่งผลต่อการมีพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ถูกต้อง สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืน

จากผลการศึกษาที่ได้ ผู้วิจัยจะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อยอด ในการพัฒนารูปแบบการเสริมสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพในการจัดการตนเองเพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้ในลำดับต่อไป



References

- Aekplakorn, W., Thaikla, K., Puckcharern, H., & Satheannoppakao, W. (2010). *The 4th Thai Health examination survey 2008-2009*. Retrieved from <https://kb.hsri.or.th/dspace/bitstream/handle/11228/2976/hs1682.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (in Thai)
- Ariyasit, J. (2021). Health Literacy to control blood sugar level in type 2 diabetic patients. *Region 3 Medical and Public Health Journal*, 18(2), 142-55. (in Thai)
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Best, J. W. (1981). *Research in education* (4th ed.). New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd.
- Bloom, S. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Charoe, R., Pakdevong, N., & Namvongprom, A. (2010). Effects of a knowledge development and family participation program on health behaviors and glycemic control in older persons with type 2 diabetes. *Ramathibodi Nursing Journal*, 16(2), 279-92. (in Thai)
- Cohen, S., & Wills, T. A. (1985). Stress, social support, and the buffering hypothesis. *Psychological Bulletin*, 98(2), 310–357. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.2.310>
- Division of Non Communicable Diseases, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2022). The situation of diabetes around the world and Thailand. Retrieved from <https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/181256/>. (in Thai)

- Duangsanjun, W., Sangsuwan, T., & Poncumhak, P. (2021). Perceived behavioral control and food consumption behaviors among older persons with uncontrolled diabetes. *Regional Health Promotion Center 9 Journal*, 15(38), 428-42. (in Thai)
- Ginggeaw, S., & Prasertsri, N. (2016). The relationship between health literacy and health behaviors among older adults who have multi-morbidity. *Nursing Journal of the Ministry of Public Health*, 25(3), 43-54. (in Thai)
- Health Data Center, Ministry of Public Health. (2021). *Morbidity rate of diabetes*. Retrieved from <https://hdcservice.moph.go.th/hdc/main/search.php?search=เบาหวาน> (in Thai)
- Intarakamhang, U. (2017). *Health literacy: Measurement and development* (1th ed.). Bangkok: Behavioral Science Research Institute, Srinakharinwirot University. (in Thai)
- International Diabetes Federation Diabetes Atlas. (2021). *Diabetes around the world in 2021* (10th ed.). Retrieved from <https://diabetesatlas.org/>.
- Junsukon, E., & Suphunnakul, P. (2020). Social support and blood sugar level control among type 2 diabetic patients. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 1-7. (in Thai)
- Junsukon, E., Srijaroen, W., & Samruayruen, K. (2017). Factors predicting self-care behaviors in type II diabetes Mellitus Patientsin Amphoe Mueang, Phitsanulok Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 11(3), 229-239. (in Thai)
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). New York: Guilford Press.
- Nutbeam, D. (2008). The evolving concept of Health Literacy. *Social Science & Medicine* (1982), 67(12), 2072-2078. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.09.050>
- Pornprayut, C., Toonsiri, C., & Rattanagreethakul, S. (2017). Effects of coaching program on diabetes behavioral control and HbA1C among Persons with type 2 diabetes mellitus. *The Journal of Faculty of Nursing Burapha University*, 25(4), 60-69. (in Thai)
- Rangsin, R., & Thasanawiwat, P. (2018). *Data collection and analysis for care among patients diagnosed with type 2 diabetes and hypertension visiting hospitals in care of the Ministry of Public Health and Hospital in Bangkok in Thailand*. Retrieved from https://dmht.thaimedresnet.org/document/1_รายงานฉบับสมบูรณ์.pdf. (in Thai)
- Rattanawarang, W., & Chantha, W. (2018). Health Literacy of self-care behaviors for blood glucose control in patients with type 2 diabetes, Chainat Province. *Journal of Health and Nursing Research*, 24(2), 34-51. (in Thai)
- Reisi, M., Javadzade, S. H., Heydarabadi, A. B., Mostafavi, F., Tavassoli, E., & Sharifrad, G. (2014). The relationship between functional health literacy and health-promoting behaviors among older adults. *Journal of Education and Health Promotion*, 29(3), 119. <https://doi: 10.4103/2277-9531.145925>.

- Schumacker, R. E., & Lomax R. G. (2016). *A beginner's guide to structural equation modeling* (4th ed.). New York: Routledge.
- Sroisong, S., Rueankon, A., Fuongtong, P., & Kaewtankham, K. (2020). Quality of life and level of hemoglobin A1c among patients with type 2 diabetes mellitus. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(1), 71–84. (in Thai)
- Suksawang, P. (2014). The basics of structural equation modeling. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 6(2), 136-45. (in Thai)
- Suthat, S., Somkong, A., Rukyingchareon, K., & Ruangkitudom, N. (2022). The experience of perceived self-care behavior in uncontrolled diabetes mellitus type 2 patients. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 16(2), 186–198. (in Thai)
- Suvarnathong, P., Lerkdee, K., Saychonsap, P., Chantaranipa, S., Jinha, S., & Muangyim, K. (2019). Effects of an application program on self-efficacy with social supports on drug behavior of elderly with uncontrolled type 2 diabetes mellitus of Samat Sub-District, Mueang District, Chonburi Province. *Thai Journal of Public Health and Health Sciences*, 2(3), 44-56. (in Thai)
- Suwattanakul, T. (2018). Factors related to blood sugar control among diabetes mellitus type 2 patients. *The Journal of Health Systems Research*, 12(3), 515-22. (in Thai)



การศึกษาลายนิ้วมือแฝงที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือทั่วไป จากการปิดผงฝุ่นแม่เหล็ก

Study of Latent Fingerprint after Using General Hand Sanitizer on Metronic Poly Mailer with Magnetic Powder

ปุนิกา คงไกรสิน¹ กมลชนก วรรณาม² พรรณพัชร สุวรรณพงษ์² ประรณนา พานทอง³ และสุนิษา โอบอ้อม^{4*}

Punika Kongkraisin¹, Kamonchanok Woranam², Phannaphat Suwannaphong²,

Pratthana Phanthong³ and Sunisa Aobaom^{4*}

¹บัณฑิตศึกษา สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

¹Graduate Program in Forensic Science, Faculty of Allied Health Sciences,

Thammasat University, Rangsit Campus

²นักศึกษา ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

²Student of Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences,

Thammasat University, Rangsit Campus

³พิสูจน์หลักฐานจังหวัดนครสวรรค์

³Nakhon Sawan Provincial Police Forensic Science

⁴ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

⁴Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences,

Thammasat University, Rangsit Campus

*Corresponding author: Sunisa.aobaom@gmail.com

Received: February 6, 2023

Revised: March 21, 2023

Accepted: March 29, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของน้ำยาทำความสะอาดมือที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไปต่อลายนิ้วมือแฝงบนซองพัสดุพลาสติก โดยให้อาสาสมัครจำนวน 10 คน (ชาย 5 คนและหญิง 5 คน) รวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ทำความสะอาดมือด้วยน้ำยาที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ จากนั้นประทับนิ้วมือบนซองพัสดุพลาสติก แล้วปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็ก เพื่อตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ นำรอยลายนิ้วมือแฝงทั้ง 30 ตัวอย่าง ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) เพื่อหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ก่อนประเมินคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงจากเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างเพศชายและหญิง พบว่า คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงเพศชายและหญิงไม่มีความแตกต่างกัน ต่อมาได้ทำการเปรียบเทียบรอยนิ้วมือระหว่างการตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS กับตรวจพิสูจน์ด้วยผู้วิจัย พบว่า minutiae บางตำแหน่งที่ตรวจพบจากผู้วิจัยไม่ปรากฏในลายนิ้วมือที่ตรวจด้วยโปรแกรม AFIS จึงนำ minutiae ดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่พิมพ์ด้วยหมึกดำ ปรากฏว่ามีบางจุด minutiae

ที่ได้การตรวจด้วยผู้วิจัยก็ไม่พบในลายนิ้วมือที่พิมพ์ด้วยหมึกดำ เช่นเดียวกัน จากนั้นทำการประเมิน minutiae ของรอยลายนิ้วมือแฝงจากน้ำยาทำความสะอาดมือที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ต่อการนำไปใช้ในชั้นศาล พบตัวอย่างกว่า 33.33% ที่มีจุดลักษณะสำคัญพิเศษ 10 จุดขึ้นไป ซึ่งเพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์ในชั้นศาลสำหรับประเทศไทย

คำสำคัญ: น้ำยาทำความสะอาดมือ รอยลายนิ้วมือแฝง จุดลักษณะสำคัญพิเศษ ผงฝุ่นแม่เหล็ก

Abstract

This research aims to study the effect of alcohol hand sanitizer on a latent fingerprint on a metronic poly mailer. Ten donors (five males and five females) were using alcohol hand sanitizer, and 30 samples were collected. They were asked to deposit their fingerprints on a metronic polymer mailer. The prints were analyzed by the magnetic powder method to detect latent fingerprints. The Automated Fingerprint Identification System (AFIS) was used to detect the minutiae of the prints. Then, their quality was assessed based on criteria. The quality of fingerprints was compared between males and females; the result showed no difference. Also, the latent fingerprint from AFIS was compared with the one analyzed by the researcher; the result shows that some minutiae were detected by the researcher but not by AFIS. These minutiae were matched with black ink. Some minutiae from the researcher were detected, but not in black ink. The minutiae of fingerprints that used alcohol hand sanitizer were assessed, and 33.33 percent of them had more than ten minutiae detected. In conclusion, this method could be used in Thailand's court system.

Keywords: hand sanitizer, latent fingerprints, minutiae, magnetic powders



บทนำ

ปัญหาอาชญากรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยนำไปสู่กระบวนการสืบสวนสอบสวนของเจ้าหน้าที่ตำรวจที่มีความสำคัญต่อกระบวนการยุติธรรม (Singthong et al., 2015) ในการเก็บพยานหลักฐานเพื่อสืบสวนหาตัวผู้กระทำความผิดมารับโทษตามกฎหมายนั้น ต้องอาศัยการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงกัน และสามารถนำไปสู่การยืนยันตัวผู้กระทำความผิดได้ พยานหลักฐานที่มีความสำคัญและพบมากที่สุดในพื้นที่เกิดเหตุ คือ รอยลายนิ้วมือแฝง (latent fingerprint) ซึ่งสามารถนำมาตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล และนำมาใช้ในกระบวนการ

พิจารณาคดีความในชั้นศาลได้ด้วยคุณสมบัติของลายนิ้วมือนั้นไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งเสียชีวิต และไม่ซ้ำกัน แม้จะเป็นฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน ซึ่งโดยธรรมชาติแล้ว ส่วนประกอบของรอยลายนิ้วมือนั้น ประกอบไปด้วย น้ำ ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน และสารประกอบอื่น ๆ โดยส่วนประกอบเหล่านี้ จะเป็นสิ่งที่นำมาหารอยลายนิ้วมือได้ เนื่องจากมีความคงทนต่อการถูกทำลายและการชะล้าง (Singhamarasri et al., 2021)

จากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) ทำให้ประชาชนตระหนักและให้ความสำคัญกับการป้องกันตนเองตามคำแนะนำจากหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่

เช่น รักษาระยะห่าง สวมหน้ากากอนามัยในที่สาธารณะ หลีกเลี่ยงพื้นที่ปิด รับวัคซีนเมื่อได้รับสิทธิ์ รวมถึงการล้างมือด้วยสบู่และน้ำ หรือน้ำยาทำความสะอาดมือที่มีส่วนผสมหลักเป็นแอลกอฮอล์ ที่จำเป็นจำเป็นต้องมีระดับของแอลกอฮอล์อยู่ที่ 60 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์จึงจะเพียงพอในการทำลายโปรตีนของแบคทีเรียและยับยั้งการทำงานของเชื้อไวรัส (Jing et al., 2020; Munoz-Figueroa & Ojo, 2018) ด้วยสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ความนิยมในการใช้น้ำยาล้างมือที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับประชาชนหลีกเลี่ยงการออกจากบ้านไปซื้อสินค้า และเลือกที่จะทำการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์แทน จากการสำรวจผลการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ในปี 2022 ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าตั้งแต่ปี 2019 จนถึงปี 2020 มียอดการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มจาก 578.50 พันล้านบาท เป็น 762.68 พันล้านบาท หรือคิดเป็น 31.8% ของอัตราการเพิ่มขึ้นจากปีก่อน และตั้งแต่ปี 2020 จนถึงปี 2021 มียอดการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 870.78 พันล้านบาท หรือคิดเป็น 14.2% โดยคาดว่าจะการระบาดของเชื้อโควิด 19 ทำให้อัตราการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มขึ้น 218.53 พันล้านบาท จากที่คาดการณ์ (April, 2022) โดยอุปกรณ์ที่ใช้บรรจุสินค้าจัดส่งมีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นกล่องกระดาษ ของจดหมายกระดาษ และของพลาสติก เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติของของพลาสติก ตัวของมีน้ำหนักเบา กันน้ำเข้าได้ พลาสติกมีความเหนียว ยืดหยุ่นได้สูง ต้นทุนของของพลาสติกมีราคาถูกกว่าของกระดาษ และด้วยคุณสมบัติข้างต้น จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างมาก

จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการศึกษาผลกระทบของน้ำยาทำความสะอาดมือที่ผสมแอลกอฮอล์ในพื้นผิวแบบมีรูพรุนอย่างกระดาษ โดยใช้เทคนิคินไฮดริน (Ninhydrin) และ 1, 2-อินเดนไดโอน-ซิงค์ (1, 2-indanedione-zinc) และ พื้นผิวแบบไม่มีรูพรุนอย่างกระจกสไลด์ โดยใช้เทคนิคการรมควันกาวไซยาโนอะคริเลต (Cyanoacrylate) และ ปิดผงฝุ่นแม่เหล็ก (magnetic powders) พบว่า ลายนิ้วมือที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่ผสมแอลกอฮอล์ สามารถปรากฏลายนิ้วมือแฝงได้อย่างชัดเจน และมีประสิทธิภาพ (Chadwick et al., 2017) ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Vinita Kumari และคณะ ที่มีการศึกษาการเกิดลายนิ้วมือแฝงที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่ผสมแอลกอฮอล์ พบว่า ลายนิ้วมือแฝงมีคุณภาพลดลง

เนื่องจากที่แอลกอฮอล์ชะล้างส่วนประกอบในลายนิ้วมือแฝง (Kumari, et al., 2021)

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเลือกใช้วิธีการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงที่ขึ้นกับลักษณะของพื้นผิว ทำให้การใช้ผงฝุ่นแม่เหล็กเป็นอีกหนึ่งวิธีที่เหมาะสมกับพื้นผิวไม่มีรูพรุน เนื่องจากสารแม่เหล็กเฟอร์โร (Ferromagnetic powders) จะทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบที่มีน้ำมันและความชุ่มชื้นที่หลั่งออกมาจากต่อมเหงื่อ จากนั้นเกิดการเกาะติดขึ้นกับลายนิ้วมือแฝงทำให้เห็นเป็นรอยลายนิ้วมือขึ้น โดยสารดังกล่าวจะช่วยให้เข้าถึงส่วนที่ปิดฝุ่นยาก ลายเส้นคมชัด และไม่ทิ้งผงฝุ่นส่วนเกิน ประกอบกับการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือเพื่อยืนยัน ด้วยจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ที่เกิดจากตำหนิ หรือจุดตามเส้นบนบนลายนิ้วมือของมนุษย์ที่มีความแตกต่างกันขึ้นกับสภาพแวดล้อมของแต่ละบุคคล จึงสามารถทำให้แยกความแตกต่างของแต่ละคนได้แม้ว่าจะเป็นแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน (Yamashita & French, 2010) อีกทั้งในประเทศไทยยังไม่มีมีการกำหนดเป็นระเบียบที่แน่ชัด หากแต่สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานการตรวจพิสูจน์รอยลายนิ้วมือเพื่อยืนยันตัวบุคคล ที่ต้องใช้จุดลักษณะสำคัญพิเศษ 10 จุดขึ้นไป (Phanthong et al., 2021) จึงทำให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้น

ด้วยเหตุนี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) จากรอยลายนิ้วมือแฝงที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป กับอาสาสมัคร 10 คน บนช่องวัสดุพลาสติก ด้วยที่ถูกปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็กเปรียบเทียบกับรอยลายนิ้วมือจากที่ได้จากหมึกดำสำเร็จรูป เพื่อศึกษาจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่สามารถใช้ยืนยันเอกลักษณ์บุคคลและนำไปใช้ประกอบการพิจารณาในชั้นศาลได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของน้ำยาทำความสะอาดมือที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไปมีผลต่อรอยลายนิ้วมือแฝงบนช่องวัสดุพลาสติกที่ผ่านการปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็ก

สมมติฐานการวิจัย

น้ำยาทำความสะอาดมือที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป มีผลต่อการเกิดลายนิ้วมือแฝงบนของพัสตุพลาสติก

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มธ. สาขาวิทยาศาสตร์ รหัสโครงการวิจัย 135/2564

1. การคัดเลือกอาสาสมัคร

อาสาสมัครจำนวน 10 คน ซึ่งอาสาสมัครจะให้ข้อมูลเพียงแค่อายุและเพศเท่านั้น โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างดังต่อไปนี้

เกณฑ์การคัดเลือก: เป็นสัญชาติไทย อายุ 18 ปีขึ้นไป และ เป็นเพศชาย 5 คน และเพศหญิง 5 คน

เกณฑ์การคัดออก: เป็นโรคทางผิวหนังที่ทำให้ผิวหนังกำพร้าบริเวณลายนิ้วมือหลุดออก และมีบาดแผลที่ทำให้เส้นบริเวณลายนิ้วมือเกิดการขาดหรือหาย

2. การเก็บลายนิ้วมือที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป บนของพัสตุพลาสติกจากอาสาสมัคร

อาสาสมัครล้างมือด้วยน้ำสะอาด เช็ดให้แห้ง จากนั้นป้อนน้ำยาทำความสะอาดมือ 1 กด/ป้อน และถูมือให้แห้ง จากนั้นพิมพ์ประทับลายนิ้วมือโดยใช้นิ้วชี้ข้างขวาลงบนของพัสตุพลาสติกด้านสีขาว (พลาสติกประเภท LDPE หนา 2 ชั้น ด้านในสีดำด้าน ด้านนอกสีขาวพื้นมันเงา หนา 100 ไมครอน) ขนาด 5X5 ซม. จำนวน 1 ครั้ง โดยใช้น้ำหนักในแต่ละครั้งอยู่ในช่วง 300-700 กรัม ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็กจนปรากฏเส้นรอยนิ้วมือแฝงชัดเจน (ภาพ 1) ถ่ายภาพด้วย Canon PowerShot G7X Mark II ความละเอียด 20MP นำเข้ากระบวนการวิเคราะห์จุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วย โปรแกรม AFIS

3. การเก็บตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือจากอาสาสมัครด้วยตลับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสำเร็จรูป (ink print)

อาสาสมัครล้างมือด้วยน้ำสะอาด เช็ดให้แห้ง ใช้นิ้วชี้ข้างขวา สัมผัสตลับหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือสำเร็จรูป (Ink print) พิมพ์ประทับลายนิ้วมือลงบนแผ่นกระดาษสีขาวจำนวน 3 ซ้ำ คัดเลือกตัวอย่างที่สมบูรณ์ที่สุด สแกนภาพด้วยความละเอียด 600 dpi นำเข้ากระบวนการวิเคราะห์จุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วย โปรแกรม AFIS (ภาพ 2)

4. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยใช้เกณฑ์การตรวจด้วยระบบแบบแผนคุณภาพ (Quality Score Scheme--QS)

ภาพรอยลายนิ้วมือจะถูกตรวจโดยคณะผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจลายนิ้วมือ โดยใช้เกณฑ์การตรวจด้วยระบบแบบแผนคุณภาพ (Quality Score Scheme--QS) แบ่งเป็น 4 คะแนน (ตาราง 1) ภาพรอยลายนิ้วมือที่ได้คะแนน 1 และ 2 จะพิจารณาว่าไม่เหมาะสมต่อการตรวจพิสูจน์ (unsuitable for identification) ส่วนภาพรอยลายนิ้วมือที่ได้คะแนน 3 และ 4 จะพิจารณาว่าเหมาะสมต่อการตรวจพิสูจน์ (suitable for identification)

5. การวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยโปรแกรมตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System--AFIS)

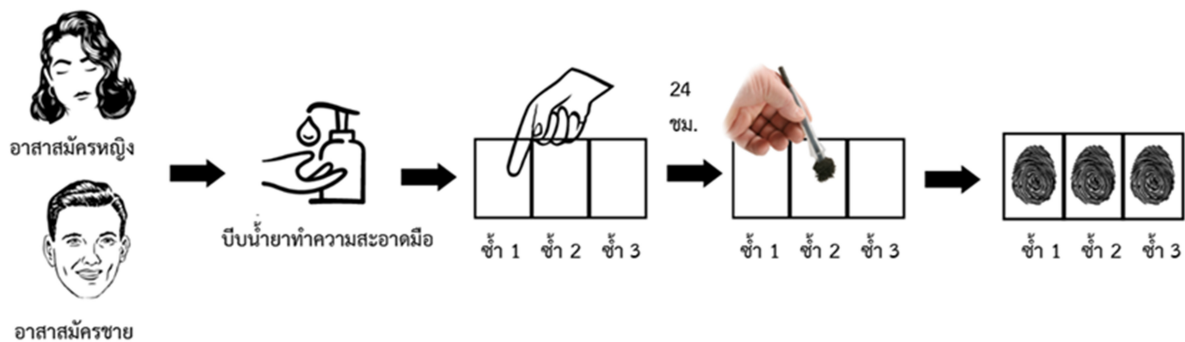
นำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae) ด้วยโปรแกรมตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS 4 version CAFIS 6.2) วิเคราะห์บันทึกค่าของจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ได้

6. การวิเคราะห์คะแนนคุณภาพด้วย Independent T-Test เพื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศชายและเพศหญิง

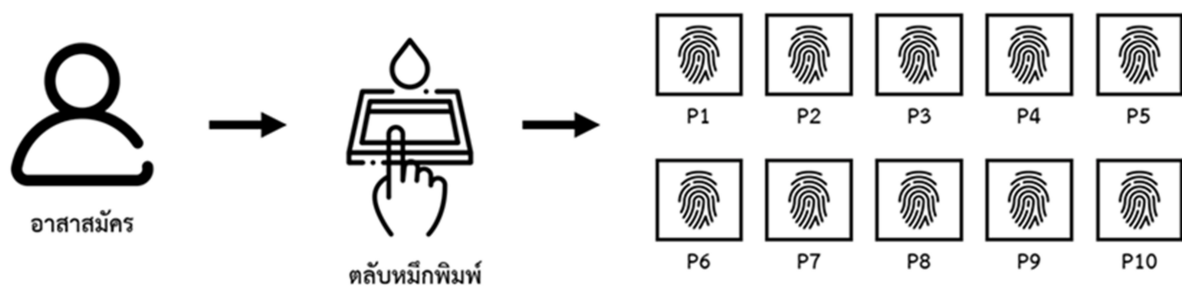
คะแนนคุณภาพที่ได้จากการตรวจภาพรอยลายนิ้วมือโดยคณะผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจรอยลายนิ้วมือ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลคะแนนคุณภาพของเพศชายและเพศหญิงด้วย Independent T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism 8.3.0 หากมีค่า $p\text{-value} < .05$ ถือว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

H_0 : ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพของเพศชายและเพศหญิงไม่มีความแตกต่างกัน ($p\text{-value} \geq .05$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพของเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกัน ($p\text{-value} < .05$)



ภาพ 1 การเตรียมตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงจากการใช้ผงฝุ่นแม่เหล็กของผู้ที่ใช้บน้ำยาทำความสะอาดมือ



ภาพ 2 การพิมพ์ลายนิ้วมืออาสาสมัคร 10 คนด้วยตลับพิมพ์ลายนิ้วมือสำเร็จรูป

ตาราง 1

เกณฑ์กำหนดคะแนนแบบแผนคุณภาพและความเหมาะสมต่อการตรวจพิสูจน์

คะแนน	รายละเอียด	ความเหมาะสมต่อการตรวจพิสูจน์
1	ไม่พบลายนิ้วมือที่มองเห็นได้	ไม่เหมาะสมต่อการตรวจพิสูจน์
2	พบลายนิ้วมือ แต่ไม่พบจุดลักษณะพิเศษของลายเส้น	(unsuitable for identification)
3	พบจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้น น้อยกว่า 10 จุด	เหมาะสมต่อการตรวจพิสูจน์
4	พบจุดลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้น มากกว่าหรือเท่ากับ 10 จุด	(suitable for identification)

Note. From “Evaluation of an inkless method for fingerprint recordings using hand sanitizer gel on thermal paper”, by J. De Alcaraz-Fossoul and S. Li, 2021, *Forensic Science International*, 323, 110787 Copyright 2021 by Elsevier

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบน้ำยาทำความสะอาดมือที่หาซื้อได้ทั่วไปที่มีผลต่อการแสดงออกของรอยลายนิ้วมือแฝง

1.1 ผลการปิดผงฝุ่นแม่เหล็กจากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ ยี่ห้อเดทตอล

รอยลายนิ้วมือแฝงของอาสาสมัครเพศชายและเพศหญิงที่ได้จากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่ถูกระบบของฟอสฟอรัสดีทิงไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็ก จากผลการทดลองพบว่า เพศชายและเพศหญิงให้รอยลายนิ้วมือแฝงหลังจากการปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็กเกิดเป็นเส้นสีดำเกิดขึ้นตลอดเส้นนิ้วทั้งสองเพศ (ภาพ 3) โดยให้ผลรอยลายนิ้วมือแฝง ทั้งหมด 30 ตัวอย่างที่ปรากฏลายเส้นดำชัดเจนสมบูรณ์ พบ 9 ตัวอย่าง ได้แก่ F2 F3 และ M4 ทั้ง 3 ซ้ำ คิดเป็น 30% ส่วนรอยลายนิ้วมือแฝงที่ไม่ปรากฏลายเส้นสีดำ พบ 8 ตัวอย่าง ได้แก่ F1 (2 3) F4 (3), M1 (1 2 3) และ M5 (1 2 3) คิดเป็น 26.67% และในกลุ่มที่เกิดเป็นลายเส้นสีดำชัดเจนบางส่วน พบ 13 ตัวอย่าง ได้แก่ F1 (1) F4 (1 2) F5 (1 2 3) M2 (1 2 3) M3 (1 2 3) และ M5 (1) คิดเป็น 43.33%

เมื่อได้ผลดังกล่าวมาข้างต้น ทางคณะผู้วิจัยจึงทำการนำรูปที่ได้ไปทำการตรวจวิเคราะห์หิวเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเชิงคุณภาพด้วยวิธี QS ต่อไป

1.2 ผลการวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเชิงคุณภาพด้วยวิธี QS

เมื่อนำภาพที่ 3 เข้าไปวิเคราะห์จุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยโปรแกรม AFIS จากนั้นวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเชิงคุณภาพด้วยวิธี QS (ตาราง 2) ที่ได้จากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือยี่ห้อเดทตอล (Dettol) จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า ภาพรอยลายนิ้วมือแฝงส่วนใหญ่ได้คะแนนเฉลี่ย 3 และ 4 ซึ่งเหมาะสมกับการตรวจพิสูจน์ ได้แก่ F2 F3 F5 M3 และ M4 คิดเป็น 50% ส่วนภาพรอยลายนิ้วมือที่ได้คะแนนเฉลี่ย 1 และ 2 อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสมกับการตรวจพิสูจน์ ได้แก่ F1 F4 M1 M2 และ M5 คิดเป็น 50% จากผลการวิเคราะห์จะสังเกตได้ว่าภาพรอยลายนิ้วมือแฝงของอาสาสมัคร M1 และ M2 ค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสมกับการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ แต่ผลคะแนนของการตรวจซ้ำครั้งที่ 2 และ 3 ของ M1 และซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ของ M2 ได้ 3 คะแนน อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมกับการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ จะเห็นได้ว่าลายนิ้วมือ

ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า และมีบางส่วนที่ชัดเจน และในกลุ่มที่ไม่ปรากฏลายเส้นสีดำสามารถให้เกณฑ์คุณภาพลายนิ้วมือที่เหมาะสมกับการตรวจพิสูจน์ได้ ซึ่งเกิดจากการปรับภาพอัตโนมัติของโปรแกรม AFIS ทำให้สามารถปรับภาพลายเส้นที่ไม่ชัดเจน ให้สามารถตรวจหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ (ภาพ 4)

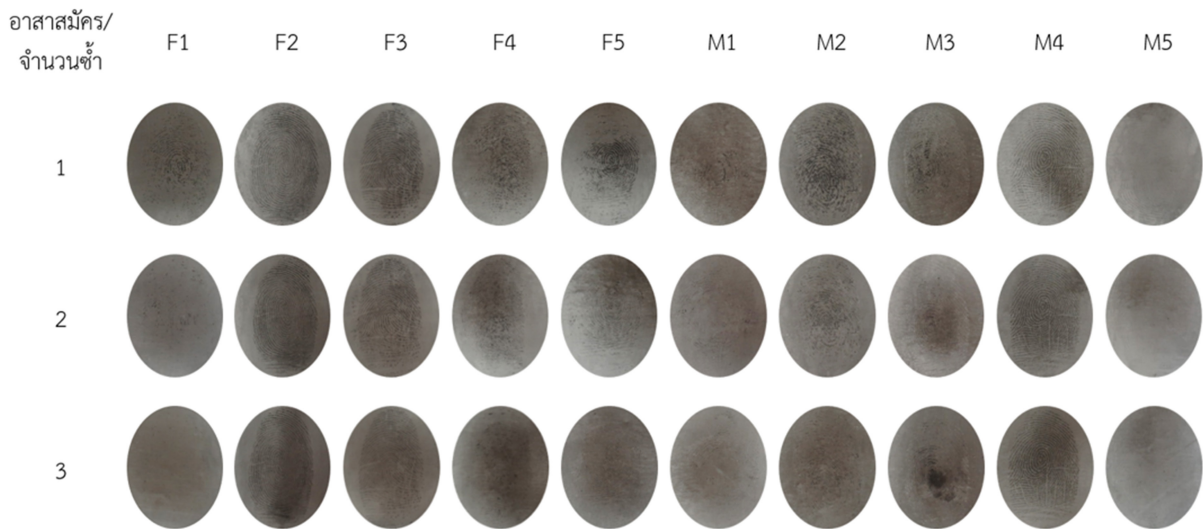
เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนคุณภาพการเกิดจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษเชิงคุณภาพด้วยวิธี QS ระหว่างอาสาสมัครเพศชายและหญิง พบว่าเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพเท่ากับ 3.2667 เพศชายมีค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพเท่ากับ 2.6667 เมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติ Independent T-Test ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพของเพศชายและเพศหญิงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p-value เท่ากับ 0.1009 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value<.05) (ตาราง 3 ภาพ 5)

1.3 ผลการเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ ยี่ห้อเดทตอล (Dettol) ที่ตรวจโดยผู้วิจัยและตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS

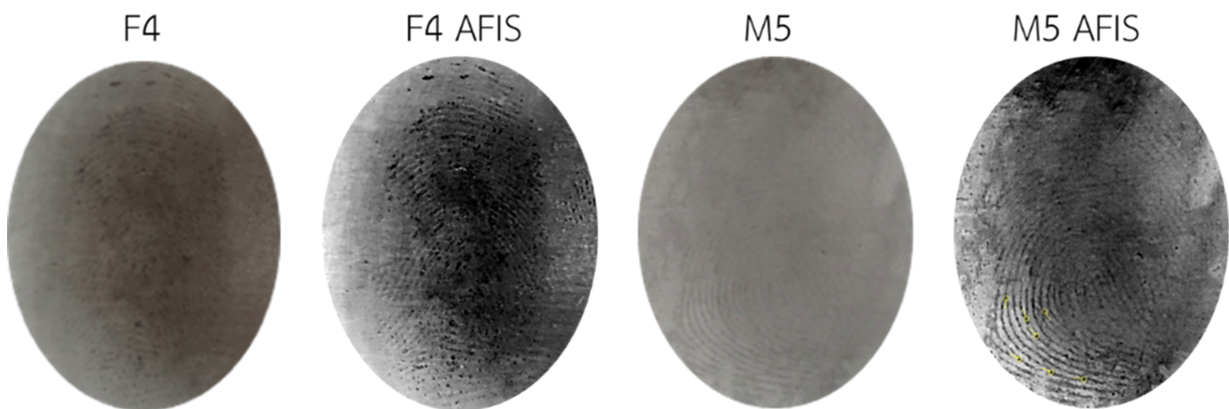
นำภาพที่ 3 ที่ได้จากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือยี่ห้อเดทตอล (Dettol) ไปทำการตรวจวิเคราะห์ภาพด้วยผู้วิจัยสองคน เปรียบเทียบกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS (ตาราง 4) พบว่า การเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงในเพศหญิงให้ผลไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดที่ตรงกับโปรแกรม AFIS ให้ผลเฉลี่ยส่วนใหญ่ มากกว่า 70% ยกเว้นในอาสาสมัคร F1

จากการวิเคราะห์ในเพศชาย พบว่า ส่วนใหญ่ให้ผลที่แตกต่างกันในแต่ละอาสาสมัคร เนื่องจากจำนวนจุดที่ตรงกับตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS ให้ผลเฉลี่ยส่วนใหญ่ น้อยกว่า 70% ยกเว้นในอาสาสมัคร M4 และ M5 ที่ให้ผลเฉลี่ยส่วนใหญ่ มากกว่า 70%

จากผลการเปรียบเทียบจะพบว่า อาสาสมัคร F4 และ M5 ให้ผลจำนวนจุดที่ตรงกับตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS 100% สำหรับ F4 ทั้ง 3 ซ้ำ และ M5 ซ้ำที่ 2 กับซ้ำที่ 3 ซึ่งเกิดจากไม่พบจุดลักษณะสำคัญพิเศษทั้งจากการตรวจสอบโดยผู้วิจัยและการตรวจสอบจากเครื่องตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์มืออัตโนมัติ (AFIS) จึงทำให้ผลออกมาตรงกัน 100%



ภาพ 3 รอยลายนิ้วมือแฝงที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ ที่ได้จากการปิดผงฝุ่นแม่เหล็ก NUH: ลายนิ้วมือแฝงที่ไม่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ F: เพศหญิง (1-5) M: เพศชาย (1-5)



ภาพ 4 รอยลายนิ้วมือแฝงจากอาสาสมัครที่ผ่านการวิเคราะห์จุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยโปรแกรม AFIS ทั้ง เพศหญิง (F) และเพศชาย (M)

ตาราง 2

ผลการวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ได้จากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบคุณภาพด้วยวิธี QS (NUH: ลายนิ้วมือแฝงที่ไม่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ F: เพศหญิง (1-5) M: เพศชาย (1-5))

อาสาสมัคร/คะแนน	คะแนนซ้ำ 1	คะแนนซ้ำ 2	คะแนนซ้ำ 3	ค่าเฉลี่ยคะแนน	ค่าเฉลี่ยคะแนน NUH
F1	3	2	2	2.33	2.33
F2	4	4	4	4.00	2.67
F3	4	4	4	4.00	4.00
F4	2	2	2	2.00	2.33
F5	4	4	4	4.00	2.67

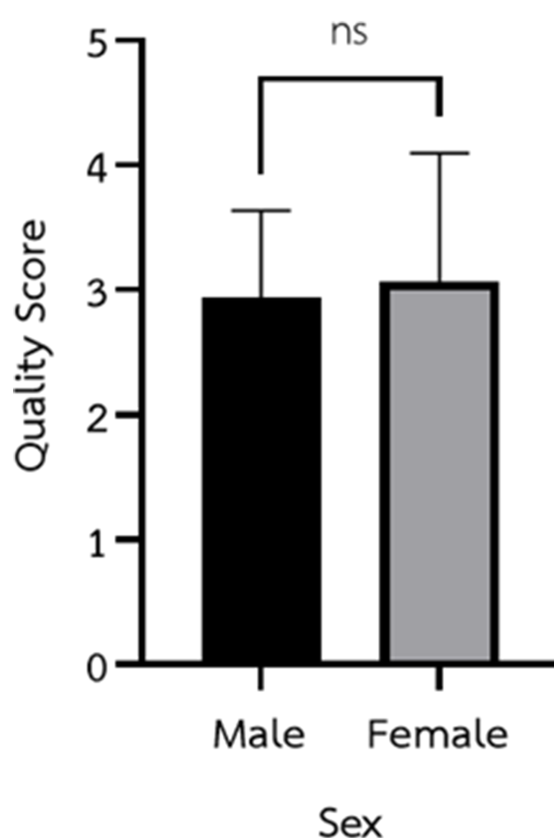
ตาราง 2 (ต่อ)

อาสาสมัคร/คะแนน	คะแนนซ้ำ 1	คะแนนซ้ำ 2	คะแนนซ้ำ 3	ค่าเฉลี่ยคะแนน	ค่าเฉลี่ยคะแนน NUH
M1	2	1	1	1.33	1.33
M2	3	3	2	2.67	2.67
M3	3	3	3	4.00	4.00
M4	4	4	4	4.00	4.00
M5	3	2	2	2.33	1.67

ตาราง 3

ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติของคะแนนคุณภาพระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เพศ	N	Mean	Std. Deviation	P-value
หญิง	15	3.2667	0.9238	0.1009
ชาย	15	2.6667	0.9534	



ภาพ 5 ผลการวิเคราะห์คะแนนคุณภาพโดยใช้ Independent T-Test ระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (*p-value<.05)

1.4 ผลการเปรียบเทียบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ไม่ตรงกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้น้ำยาทำความสะอาดมือจากเครื่อง AFIS (DET AFIS) กับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยการพิมพ์ด้วยหมึกดำจากเครื่อง AFIS (INK AFIS)

จากตาราง 4 พบอาสาสมัครที่มีจำนวนจุดไม่ตรงกันระหว่างผู้วิจัย 2 คน ทำการตรวจพิสูจน์ และตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS กล่าวคือ บางตำแหน่งที่ได้จากผู้วิจัยไม่พบในการตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS ข้อสังเกตหนึ่งจะพบว่า M2 เปอร์เซ็นต์จำนวนจุดที่ตรงกับ DET AFIS ของผู้วิจัยคนที่ 1 (16.67%) แตกต่างจากผู้วิจัยคนที่ 2 (66.67%) อย่างชัดเจน ซึ่งเกิดจากข้อกำหนดจุดลักษณะสำคัญของผู้วิจัยแต่ละคนที่ทำให้เกิดผลที่ต่างกัน จะการจึงนำจุดที่ไม่ตรงกันมาเปรียบเทียบกับ INK AFIS

ว่าจุดที่ไม่ตรงกับ DET AFIS อยู่ INK AFIS หรือไม่ พบว่าจำนวนจุดที่ไม่ตรงกับรอยลายนิ้วมือที่ใช้น้ำยาทำความสะอาดมือจากเครื่อง AFIS (DET AFIS) ในเพศชายและเพศหญิงส่วนใหญ่ให้ผลตรงกับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยการพิมพ์ด้วยหมึกดำจากเครื่อง AFIS (INK AFIS)

จากตาราง 5 พบว่า เมื่อนำจุดที่ไม่ตรงกันไปตรวจสอบ ผู้วิจัย คนที่ 1 และ 2 ให้ผลใกล้เคียงกัน โดยจะตรงกัน ประมาณ 80–100% ยกเว้นในอาสาสมัคร F3 ของผู้วิจัยคนที่ 1 ที่ให้ผลที่ไม่ตรงกัน กล่าวคือ ไม่พบจุดลักษณะสำคัญพิเศษใดเลยที่ตรงกับ INK AFIS และ M4 ของผู้วิจัยคนที่ 1 ที่มีจำนวนจุดไม่ตรงกันถึง 3 จุด คิดเป็น 33.33% ซึ่งเกิดจากการที่พบจำนวนจุดที่ไม่ตรงกันทั้งหมด 100% จำนวน 2 ข้าง

ตาราง 4

การเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างการใช้งานน้ำยาทำความสะอาดมือ ที่ตรวจโดยผู้วิจัยและตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS ของอาสาสมัครเพศหญิงและเพศชาย

อาสาสมัคร	ผู้วิจัยคนที่ 1		ผู้วิจัยคนที่ 2	
	จำนวนจุดที่ตรงกับ DET AFIS (%)	จำนวนจุดที่ไม่ตรงกับ DET AFIS (%)	จำนวนจุดที่ตรงกับ DET AFIS (%)	จำนวนจุดที่ไม่ตรงกับ DET AFIS (%)
F1	66.67	33.33	66.67	33.33
F2	79.28	20.72	83.42	16.58
F3	90.46	9.54	97.03	2.97
F4	100	0	100	0
F5	72.22	27.78	82.78	17.22
M1	50	50	44.33	55.67
M2	16.67	83.33	66.67	33.33
M3	44.45	55.55	38.89	61.11
M4	90.77	9.23	96.3	3.7
M5	100	0	100	0

หมายเหตุ: DET AFIS: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากน้ำยาทำความสะอาดมือยี่ห้อเดทตอล (Dettol) จากเครื่อง AFIS DET: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยผู้วิจัย F: เพศหญิง M: เพศชาย

ตาราง 5

การเปรียบเทียบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ไม่ตรงกับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ใช้ยาทำความสะอาดมือจากเครื่อง AFIS (DET AFIS) กับจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษโดยการพิมพ์ด้วยหมึกดำจากเครื่อง AFIS (INK AFIS)

อาสาสมัคร	INK AFIS	ผู้วิจัยคนที่ 1			ผู้วิจัยคนที่ 2		
		จำนวนจุดที่ไม่ตรงกับ DET AFIS (%)	จำนวนจุดที่ไม่ตรงกับ DET AFIS เทียบกับ INK AFIS		จำนวนจุดที่ตรงกับ DET AFIS (%)	จำนวนจุดที่ไม่ตรงกับ DET AFIS เทียบกับ INK AFIS	
			ตรงกัน (%)	ไม่ตรงกัน (%)		ตรงกัน (%)	ไม่ตรงกัน (%)
F1	29	33.33	100	0	33.33	100	0
F2	53	20.72	86.67	13.33	16.58	100	0
F3	46	9.54	0	100	2.97	100	0
F4	41	0	100	0	0	100	0
F5	47	27.78	100	0	17.23	100	0
M1	48	50	83.33	16.67	55.67	100	0
M2	37	83.33	100	0	33.33	100	0
M3	41	55.55	100	0	61.11	100	0
M4	40	9.23	66.67	33.33	3.7	100	0
M5	54	0	100	0	0	100	0

หมายเหตุ: INK AFIS: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากการพิมพ์ด้วยหมึกดำจากเครื่อง AFIS, DET AFIS: จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากน้ำยาทำความสะอาดมือยี่ห้อเดทตอล (Dettol) จากเครื่อง AFIS F: เพศหญิง M: เพศชาย

การเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือบนซองพลาสติกด้วยวิธีการปิดผงฝุ่นแม่เหล็ก งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ศึกษาความแตกต่างกันของเส้นนูน (ridge) ลายนิ้วมือเพศหญิงและเพศชาย พบว่าในเพศหญิงมีจำนวนความหนาแน่นของเส้นนูน ที่มากกว่าเพศชาย ทำให้หาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ดีกว่าเพศชาย (Acree, 1999) ซึ่งแตกต่างจากค่าสถิติจากงานวิจัยนี้ที่พบความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเพศหญิงและเพศชาย โดยอาจเกิดจากอาสาสมัครใช้แอลกอฮอล์ในการล้างมือ และปัมลงบนวัสดุพลาสติก แอลกอฮอล์มีส่วนทำให้ส่วนประกอบสารคัดหลั่งจากลายนิ้วมือ (fingerprint secretion) กรดอะมิโน (Amino acids) สารประกอบไฮดรอกซิล (Hydroxyl compounds) และน้ำมัน (oil) ระเหยออกไป (Ramanan & Nirmala, 2020) ซึ่งเมื่อปิด

ด้วยผงฝุ่นแม่เหล็กทำให้ผงฝุ่นไม่สามารถเกาะที่บริเวณเส้นนูนที่มีต่อมเหงื่ออยู่ได้ และส่งผลให้รอยลายนิ้วมือแฝงส่วนใหญ่ไม่ชัดเจนอาจมีสาเหตุมาจากเส้นนูนของลายนิ้วมือมีลักษณะตื้นและอาจมีเหงื่อที่ไม่เพียงพอ แต่มีข้อสังเกตหนึ่งพบว่า บางอาสาสมัครยังสามารถขึ้นรอยลายนิ้วมือแฝงได้ หรือขึ้นได้ชัดเจน แต่ไม่สามารถตรวจสอบจุดลักษณะสำคัญได้ ซึ่งเมื่อดูเรื่องส่วนประกอบแล้วพบว่าเส้นลายนิ้วมือบางส่วนที่เกาะกับผงฝุ่นแม่เหล็กก็เนื่องจากในส่วนประกอบของเจลแอลกอฮอล์มีสารที่ให้ความชุ่มชื้น เช่น Propylene glycol (De Alcaraz-Fossoul & Li, 2021) อีกทั้งยังมีส่วนประกอบที่มีคุณสมบัติการให้ความชื้นอย่างว่านหางจระเข้ (aloe barbadensis, aloe vera) ที่มีส่วนประกอบของน้ำ 98.5% (Eshun & He, 2004) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายเหงื่อทำให้ผงฝุ่นแม่เหล็กไปจับได้ดี

ขึ้น แต่ด้วยคุณสมบัติของแอลกอฮอล์มีการระเหยที่เร็วจึงทำให้ผงฝุ่นแม่เหล็กเกาะกับลายนิ้วมืออย่างไม่สม่ำเสมอ จากผลการทดลองทั้งหมด จำนวน 30 ตัวอย่าง ให้ผลรอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ 21 ตัวอย่าง คิดเป็น 70% โดยเพศชายและเพศหญิงให้ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพประมาณ 3 คะแนนซึ่งไม่แตกต่างกัน สามารถสรุปได้ว่าแอลกอฮอล์สามารถให้รอยลายนิ้วมือแฝงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่สามารถใช้แอลกอฮอล์ในการบันทึกรอยลายนิ้วมือแฝงแทนการใช้หมึกดำ (De Alcaraz-Fossoul & Li, 2021) ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยหน้าที่ศึกษาการเกิดลายนิ้วมือแฝงมีผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่ผสมแอลกอฮอล์ พบว่า ลายนิ้วมือแฝงมีคุณภาพลดลง เนื่องจากที่แอลกอฮอล์ชะล้างส่วนประกอบในลายนิ้วมือแฝง (Kumari et al., 2021)

ปัจจุบันประเทศไทยมีระบบการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงและวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ตามหลัก ACE-V Examination Method ที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ (VanderKolk, 2011) ประกอบกับการวิเคราะห์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษด้วยโปรแกรมตรวจลายพิมพ์นิ้วมือนวัตกรรม (AFIS) จากผลการวิจัย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากรอยลายนิ้วมือที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่ได้จากการตรวจของผู้วิจัย เทียบกับการตรวจด้วยโปรแกรม AFIS พบว่า มีบางจุดที่ผู้วิจัยสามารถตรวจได้ จะไม่พบจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากการตรวจด้วยโปรแกรม AFIS เมื่อนำจุดที่ไม่พบดังกล่าวไปตรวจกับลายนิ้วมือที่พิมพ์ด้วยหมึกที่เป็นลายนิ้วมือที่สมบูรณ์ของอาสาสมัครที่ตรวจด้วยโปรแกรม AFIS พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจด้วยผู้วิจัย สามารถตรวจหาได้จากลายนิ้วมือที่สมบูรณ์เช่นเดียวกัน ซึ่งผลเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงการตรวจลายนิ้วมือแฝงในที่เกิดเหตุเทียบกับฐานข้อมูล ไม่ว่าจะรอยลายนิ้วมือแฝงที่ไม่สมบูรณ์ที่เก็บจากที่เกิดเหตุ หรือรอยลายนิ้วมือแฝงที่สมบูรณ์ที่ได้จากการพิมพ์จากตัวผู้ต้องสงสัยก็มีความสำคัญอย่างยิ่ง และไม่ควรมองข้ามจุดที่ไม่สามารถตรวจสอบได้

2. ผลการประเมินจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เพียงพอสำหรับการตรวจพิสูจน์เพื่อนำไปใช้ในชั้นศาล

จากการประเมินจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากน้ำยาทำความสะอาดมียี่ห้อ Dettol โดยการตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS (ตาราง 6) จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่เพียงพอสำหรับการตรวจพิสูจน์ในประเทศไทยเพื่อนำไปใช้ในชั้นศาลอย่างน้อย 10 จุด (Phanthong et al., 2021) พบว่า มีอาสาสมัครที่สามารถนำไปใช้ในชั้นศาลได้อย่างน้อย 40% และพบอาสาสมัครที่ให้รอยลายนิ้วมือแฝงที่ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในชั้นศาล 60% ซึ่งแตกต่างจากอาสาสมัครที่ไม่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ พบว่า มีอาสาสมัครเพียง 30% ที่สามารถนำลายนิ้วมือไปใช้ในชั้นศาลได้และพบว่า อาสาสมัคร F2 และ F5 ที่ให้ จุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝง เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือ

จะเห็นได้ว่าจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ผ่านการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือที่สามารถซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไปที่ตรวจพิสูจน์ด้วยโปรแกรม AFIS นั้น นอกจากคุณสมบัติที่สามารถปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็กและให้ลายเส้นสีดำได้แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในชั้นศาลได้ โดยในประเทศไทยมีการกำหนดจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่สามารถนำไปใช้ในชั้นศาลได้ คือ มากกว่า 10 จุดขึ้นไป (Phanthong et al., 2021) และหากต่ำกว่า 10 จุดจะขึ้นกับดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญนั้น ซึ่งเมื่อทำการศึกษาเพิ่มเติมในแต่ละประเทศ (Adam, 2016) พบว่า มีหลายประเทศที่ยังมีการกำหนดเกณฑ์จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ เช่น แอฟริกาใต้ เนเธอร์แลนด์ อิตาลี เป็นต้น โดยกำหนดเกณฑ์ต่ำสุดอยู่ที่ 7-16 จุด และยังพบอีกหลายประเทศที่ไม่มีการกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำ เช่น ออสเตรเลีย แคนาดา สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา เป็นต้น เนื่องจากในชั้นศาลมีการพิจารณาลายนิ้วมืรร่วมกับหลักฐานอื่น ๆ ที่สามารถระบุตัวตนได้

ตาราง 6

ผลประโยชน์จุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงที่เพียงพอสำหรับการตรวจพิสูจน์เพื่อนำไปใช้ในชั้นศาลสำหรับประเทศไทย

อาสามัคร	ค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ผ่านการใช้ลายนิ้วมือทำความสะอาดมือ	การนำไปใช้ในชั้นศาล	ค่าเฉลี่ยจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ไม่ผ่านการใช้ลายนิ้วมือทำความสะอาดมือ	การนำไปใช้ในชั้นศาล
F1	1.67	-	1.67	-
F2	34.00	+	2.00	-
F3	37.33	+	36.33	+
F4	0	-	5.50	-
F5	18.67	+	4.00	-
M1	0.00	-	0.00	-
M2	1.00	-	1.53	-
M3	3.67	-	23.00	+
M4	28.00	+	30.00	+
M5	2.33	-	0.00	-

หมายเหตุ: + หมายถึง จุดลักษณะสำคัญพิเศษที่เพียงพอสำหรับการตรวจพิสูจน์

- หมายถึง จุดลักษณะสำคัญพิเศษที่ไม่เพียงพอสำหรับการตรวจพิสูจน์

สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาที่มุ่งเน้นไปที่ผลกระทบของจุดลักษณะสำคัญพิเศษจากการใช้น้ำยาทำความสะอาดมือบนของพัสตุพลาสติก ซึ่งสามารถใช้ยืนยันเอกลักษณ์ของบุคคลและนำไปใช้ในการพิจารณาในศาลได้ จากผลการวิจัยและวิจารณ์พบว่า การใช้น้ำยาทำความสะอาดมือนั้นนอกจากจะช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรีย หรือทำลายไขมัน และน้ำของลายนิ้วมือแล้ว ส่วนประกอบภายในของน้ำยาทำความสะอาดมือยังมีส่วนประกอบ อย่างเช่น Propylene glycol หรือส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สามารถให้ความชุ่มชื้นแก่มือได้นั้น ส่งผลให้เมื่อปัมลงบนของพัสตุพลาสติก หรือวัตถุพยานที่ไม่มีรูพรุน สามารถให้รอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลดังกล่าวขึ้นตามแต่ละบุคคล และเมื่อปิดด้วยผงฝุ่นแม่เหล็กก็สามารถช่วยให้ผงฝุ่นเกาะติดรอยลายนิ้วมือแฝง เกิดเป็นเส้นสีดำบนเส้นนูนได้ชัดเจน นำมาซึ่งการตรวจหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษและสามารถใช้

รอยลายนิ้วมือเป็นหลักฐานในชั้นศาล ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลอ้างอิงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ และอ้างอิงในชั้นศาลในอนาคตได้

ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ทำการเก็บตัวอย่างไว้เพียง 1 วัน ก่อนที่จะนำมาปิดผงฝุ่น เพื่อให้งานวิจัยครอบคลุมมากขึ้นสามารถเพิ่มระยะเวลาการเก็บตัวอย่างก่อนที่จะปิดผงฝุ่นแม่เหล็ก เพื่อสังเกตการคงอยู่ของสารประกอบที่อยู่ในแอลกอฮอล์ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

2. งานวิจัยนี้ใช้พื้นผิวที่ตรวจสอบเพียงพื้นผิวไม่มีรูพรุน การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงในพื้นที่ผิวชนิดอื่น ๆ เช่น พื้นผิวที่มีรูพรุนหรือกึ่งรูพรุน เพื่อให้ครอบคลุมพื้นผิวจะช่วยลดช่องว่างของการนำหลักฐานไปใช้ และเพิ่มความน่าเชื่อถือของพยานหลักฐานมากยิ่งขึ้น



References

- Acree, M. A. (1999). Is there a gender difference in fingerprint ridge density? . *Forensic Science International*, 102(1), 35-44. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00037-7)
- Adam, C. (2016). *Forensic evidence in court: Evaluation and scientific opinion*. Chichester, West Sussex, England: Wiley.
- April, B. (2021). *Coronavirus pandemic adds \$219 billion to US ecommerce sales in 2020-2021 digitalcommerce 360*2022. Retrieved from <https://www.digitalcommerce360.com/article/coronavirus-impact-online-retail/>.
- Chadwick, S., Neskoski, M., Spindler, X., Lennard, C., & Roux, C. (2017). Effect of hand sanitizer on the performance of fingermark detection techniques. *Forensic Science International*, 273, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.02.018>
- De Alcaraz-Fossoul, J., & Li, S. (2021). Evaluation of an inkless method for fingerprint recordings using hand sanitizer gel on thermal paper. *Forensic Science International*, 323, 110787. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110787>
- Eshun, K., & He, Q. (2004). Aloe vera: A valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries--a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(2), 91–96. <https://doi.org/10.1080/10408690490424694>
- Jing, J. L. J., Pei Yi, T., Bose, R. J. C., McCarthy, J. R., Tharmalingam, N., & Madheswaran, T. (2020). Hand sanitizers: A review on formulation aspects, adverse effects, and regulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3326. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093326>
- Kumari, V., Thakar, M. K., Mondal, B., & Pal, S. K. (2021). Effects of oils, lotions, hand sanitizers, and mehendi on fingerprints captured through digital fingerprint scanner. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 11(8), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s41935-021-00222-w>
- Munoz-Figueroa, G. P., & Ojo, O. (2018). The effectiveness of alcohol-based gel for hand sanitising in infection control. *British Journal of Nursing (Mark Allen Publishing)*, 27(7), 382–388. <https://doi.org/10.12968/bjon.2018.27.7.382>
- Phanthong, P., Prahirunkit, P., Jirasirisuk, S., & Aobaom, S. (2021). Comparison of general cyanoacrylate and Sirchie cyanoacrylate for latent fingerprint on non-porous surfaces by Cyanosafe fuming chamber with Airsafe controller. *The Journal of Applied Science*, 20(1), 104-117. (in Thai)
- Ramanan, V., & Nirmala, M. (2020). Visualization of latent fingerprints using neutral alumina as an inexpensive fingerprint developing powder. *International Journal of Forensic Science*, 3(1), 1-6. https://www.rfppl.co.in/subscription/upload_pdf/v-ramanan--ijfs-1602142058.pdf

- Singhamarasri, N., Saksiri, N., & Pakdeenarong, P. (2021). Detection of latent fingerprints on the film of mobile phones submerged in water using black powder, SPR, Cyanoacrylate and Rhodamine 6G. *Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal*, 14(2), 17-27. (in Thai)
- Singthong, S. (2015). Fingerprints and Personal Identification. *Praewa Kalasin Journal of Kalasin University*, 2(2), 52-63. (in Thai)
- VanderKolk, J. R. (2011). *Fingerprint sourcebook-Chapter 9: Examination process. United States of America. National Institute of Justice*. Retrieved from <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/fingerprint-sourcebook-chapter-9-examination-process>
- Yamashita, B., & French, M. (2010). *Fingerprint Sourcebook-Chapter 7: Latent Print Development. United States of America. National Institute of Justice*. Retrieved from <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/fingerprint-sourcebook-chapter-7-latent-print-development>



ระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน

The Recreation Tourism Recommendation System in Khaokoh District, Phetchabun Province by Using Tourists' Unstructured Attraction Review and Check-In Data

ดวงจันทร์ สีหาราช^{1*} อนูปพงษ์ สุขประเสริฐ² เจษฎาพร ปาคำวัง¹ และจิตรนันท์ ศรีเจริญ¹
Duangchan Siharad^{1*}, Anupong Sukparseart², Jetsadaporn Pakamwang¹
and Jitranan Sricharoen¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

¹Major of Computer science, Faculty of Science and Technology,
Phetchabun Rajabhat University

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

²Major of Information Technology, Faculty of Science and Technology,
Phetchabun Rajabhat University

*Corresponding author: kob_siharad@pcru.ac.th

Received: February 10, 2023

Revised: March 21, 2023

Accepted: March 29, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน และ (2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลการรีวิวด้วยภาษาไทยเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวจำนวน 300 รายการ บนบริการแผนที่กูเกิล เกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวเชิงนันทนาการ 5 แห่ง ได้แก่ (1) อนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ (2) ปิ.เอ็น.ฟาร์ม (3) ภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ พาร์ค (4) หุ่นกั้งหล่ม เขาค้อ และ (5) สวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์ เพื่อนำข้อมูลการรีวิวการท่องเที่ยวมาวิเคราะห์โครงสร้างประโยคและคำที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ โดยใช้อัลกอริทึมแบบการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนและการสร้างระบบแนะนำด้วยอัลกอริทึมการกรองเชิงเนื้อหา ที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ของนักท่องเที่ยว เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการพัฒนากลไกการแนะนำด้วยอัลกอริทึมการกรองเชิงเนื้อหา ที่ผ่านการปรับปรุงขั้นตอนวิธีใหม่ ทำการประเมินประสิทธิภาพการให้คำแนะนำแหล่งท่องเที่ยวจากระบบ เทียบวัดกับคำตอบที่แนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวได้อย่างถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 90

คำสำคัญ: ระบบแนะนำ การท่องเที่ยวเชิงนันทนาการ อำเภอเขาค้อ ข้อมูลการรีวิวแบบไร้โครงสร้าง

Abstract

This research aimed to (1) develop the recreation tourism recommendation system in Khaokoh District, Phetchabun Province, by using tourists' unstructured attraction review and check-in data, and (2) assess the performance of the recreation tourism recommendation system in Khaokoh District, Phetchabun Province, by using tourists' unstructured attraction review and check-in data. We collected 300 Thai attraction review data points from Google Maps about five recreation tour places: (1) Khao Kho Sacrifice Memorial; (2) B. N. Farm; (3) Phukaew Resort & Adventure Park; (4) Windmill Field Khao Kho; and (5) Amazing Dinosaur. These attraction review data were used to analyze the sentence and word structures using the Bigram algorithm with the data extraction technique and build the check-in system for counting the number of tourists who visited tourism places. These extracted features were processed by the improved Content-Based Filtering--CBF. The results of assessing the system's performance compared to identifying the tourism place labels by the specialist found that the system can accurately recommend tourism places at 90%.

Keywords: recommendation system, recreation tourism, Khaokoh District, unstructured review data



บทนำ

การท่องเที่ยวเชิงนันทนาการ (recreation tourism) เป็นการจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวกลางแจ้งที่มุ่งเน้นให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์ที่มีคุณค่าจากแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ทางธรรมชาติ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวได้ทำการศึกษาเรียนรู้ และมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางธรรมชาติ และก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่ประชาชนในชุมชนจากการผลิตและจัดจำหน่ายสินค้าทางวัฒนธรรมและภูมิปัญญา ทั้งนี้การท่องเที่ยวเชิงนันทนาการจะต้องมีรูปแบบการจัดกิจกรรมในเส้นทางการท่องเที่ยวที่เน้นการทำกิจกรรมกลางแจ้ง เช่น การเยี่ยมชมสถานที่นิทรรศการ การผจญภัย เดินป่า หรือส่องสัตว์เพื่อให้นักท่องเที่ยวเกิดความรู้และความสนุกสนานเพลิดเพลินไปพร้อม ๆ กันกับการได้สัมผัสกับวัฒนธรรมประเพณีของชุมชนท้องถิ่นและมีส่วนร่วมในการสืบสานวัฒนธรรมประเพณีร่วมกับประชาชนในชุมชน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาในสิ่งต่าง ๆ ร่วมกัน และนักท่องเที่ยวได้ซึมซับความรู้และประสบการณ์ชีวิต โดยที่องค์การบริหารส่วนตำบล และสำนักงานการท่องเที่ยวจังหวัด ควรมีการบริหารจัดการจำนวนนักท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับขนาดพื้นที่ ที่จะ

ก่อให้เกิดผลกระทบทางธรรมชาติน้อยที่สุด (Kangrang, 2022) และในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีแหล่งท่องเที่ยวเชิงนันทนาการที่น่าสนใจมากมาย ได้แก่อนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ บี.เอ็น.ฟาร์ม ภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค หูงกั้งหั่นลม เขาค้อ และสวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์ ซึ่งนักท่องเที่ยวจำนวนมากนิยมเดินทางมาเพื่อพักผ่อนหย่อนใจโดยเน้นกิจกรรมผจญภัยที่เพิ่มความสุขระหว่างการเดินทาง เช่น เดินป่า ดูนก กิจกรรมผจญภัย ปีนหน้าผา ซี่ช้าง อย่างไรก็ตาม การไปเที่ยวพร้อม ๆ กันของนักท่องเที่ยวจำนวนมากในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัดและทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมง่ายอาจสร้างความเสียหายและทำลายธรรมชาติ รวมทั้งสร้างมลภาวะ ของเสีย และสิ่งอันตรายอื่น ๆ มากขึ้น ปัญหาเหล่านี้ อาจเกิดจากการขาดระบบการวางแผนที่ดีในการวิเคราะห์ คาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยว รวมทั้งการรายงานและแจ้งเตือนเมื่อมีปริมาณนักท่องเที่ยวเข้าพื้นที่อนุรักษ์ต่าง ๆ เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นั้นจึงเป็นสาเหตุให้องค์กรด้านการท่องเที่ยวในประเทศ ได้เริ่มมีการพัฒนากลยุทธ์การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อการสร้างความสมดุลระหว่างการอนุรักษ์และการท่องเที่ยว (Birendra, 2021) รวมทั้งให้คำแนะนำหรือ

ข้อเสนอแนะในการท่องเที่ยวที่เกิดความสมดุลระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวกับพื้นที่และทรัพยากรการท่องเที่ยวเพื่อสร้างเป็นกลยุทธ์การอนุรักษ์เพื่อรองรับการขยายตัวของนักท่องเที่ยว ความหลากหลายทางชีวภาพ และเป็นโอกาสใหม่สำหรับการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่มีการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน (KC, 2022)

ระบบแนะนำข้อมูลให้แก่นักท่องเที่ยวในการเข้ามาเยี่ยมชมในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงนันทนาการต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมและสมดุลกันของจำนวนนักท่องเที่ยวและพื้นที่ที่ใช้อยู่ภายในสถานที่ท่องเที่ยว จะใช้การพิจารณาจากข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวที่อาศัยอยู่ร่วมกันในสถานที่ต่าง ๆ รวมถึงการกระจายทางเวลาและเชิงพื้นที่ (Murillo, Pérez-Cayeyro & Río, 2023) โดยสามารถได้ข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการวิเคราะห์จากระบบ Check-In ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งจะช่วยได้เครื่องมือที่มีประโยชน์ที่ช่วยทำให้การบริหารจัดการด้านการท่องเที่ยวของสำนักงานการท่องเที่ยวจังหวัดมีความสะดวกและเกิดประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น และในการพัฒนาระบบแนะนำในการวิจัยนี้ จะทำการรวบรวมข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยว ที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างตายตัว ทั้งที่เป็นข้อความ รูปภาพ และการ Check-In บนระบบบริการเขียนรีวิวด้วยภาษาไทย บน Google Map เพื่อนำมาวิเคราะห์ และทำนายโครงสร้างประโยค และคำสำคัญที่สื่อถึงสถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่ง โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ ด้วยอัลกอริทึม N-Gram ทั้งนี้ N-Gram มักใช้เพื่อระบุคำที่พบบ่อย และสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายการเกิดขึ้นของคำจากคำที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ (García, Maldonado & Vairetti, 2021) ร่วมกับการสร้างระบบ Check-In เพื่อนับจำนวนการเข้ามาเยี่ยมชมสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ของนักท่องเที่ยวผ่าน การสแกน QR Code เพื่อให้ทราบจำนวนของนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเที่ยวในสถานที่ต่าง ๆ ได้แบบเรียลไทม์ (Bolzan, Ventura, Fernandes & Carvalho, 2022) สำหรับนำมาประมวลผลตามกระบวนการของการสร้างระบบแนะนำด้วยเทคนิคการกรองเชิงเนื้อหา (Content Based Filtering) ที่มีนิยมใช้ในการพัฒนาระบบแนะนำข้อมูลจากผลโหวตเกี่ยวกับรายการข้อมูลที่น่าสนใจ (Roy & Dutta, 2022) ที่ผ่านการปรับปรุงใหม่ ที่ประกอบด้วยการสร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้ การคำนวณค่าความสำคัญของคุณลักษณะต่าง ๆ ตาม

โครงสร้างประโยคของการรีวิว จากความถี่ของคำสำคัญที่พบในประโยคของการรีวิวให้กับคลาสสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ร่วมกับการถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้าไปเยี่ยมชมในพื้นที่เทียบกับปริมาณความจุที่สามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ และการแนะนำคลาสคำตอบที่เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีคะแนนสูงที่สุดออกเป็นผลลัพธ์กลับไปยังนักท่องเที่ยว ทั้งนี้ระบบที่พัฒนาขึ้น จะสามารถแนะนำข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวที่สอดคล้องกับความชอบและความสนใจของนักท่องเที่ยว รวมทั้งแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวที่สามารถรองรับจำนวนนักท่องเที่ยวได้เข้ามาทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมกับขนาดพื้นที่และทรัพยากรการท่องเที่ยว ซึ่งจะช่วยสร้างความสมดุลระหว่างการอนุรักษ์และการท่องเที่ยวได้อย่างยั่งยืนสืบต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.การวิเคราะห์ และทำนายโครงสร้างประโยค และคำด้วยอัลกอริทึม N-Gram

Das, Mondal, Puri and Vrana (2022) ใช้ N-Gram โดยกำหนด $N=1$ ในการระบุคำที่พบบ่อยที่สุด และสร้างแบบจำลอง N-gram ในคาดการณ์การเกิดขึ้นของคำตามคำที่พบก่อนหน้านี้ 1 ตำแหน่ง ในการทบทวนโครงสร้างการท่องเที่ยวเชิงวัตถุด้วยเหมืองข้อความและการเรียนรู้ของเครื่อง Álvarez et al. (2022) ใช้ N-Gram ที่ผ่านการปรับปรุงให้เป็นมาตรฐานในการทำเหมืองความคิดเห็นของภาคการท่องเที่ยวในประเทศเม็กซิโกจากตำราที่ถ่ายทอดประสบการณ์จากบุคคลต่าง ๆ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแยกคำศัพท์ทั้งหมดในแต่ละคลาส และ

ดำเนินการแปลความคิดเห็น จากภาษาสเปนเป็นภาษาอื่น และกลับไปเป็นภาษาสเปน เพื่อให้ได้ความหมายและคำที่มีความหมายเหมือนกัน โดยการทดลองกับคลังข้อมูล Rest-Mex 2022 ผสานรวมกับความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนเว็บไซต์ TripAdvisor.com ที่รวบรวมไว้ระหว่างปี 2002–2020 และ Kumar, Navya, Archana, Vandana and Anusha (2022) ใช้ Bigram และการผสมผสานระหว่าง Unigram กับ Bigram ในการวิเคราะห์และสร้างโมเดลโครงสร้างประโยคการรีวิวสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อสกัดคุณลักษณะ เพื่อส่งให้อัลกอริทึมการจำแนกประเภท ได้แก่ Support Vector Machine--SVM Naive Bayes--NB และ Forest of Chance--RF ทำนายประเภทความรู้สึกของนักท่องเที่ยวที่มีต่อสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ

2. การพัฒนาระบบเช็คอินในสถานที่ท่องเที่ยว และการติดตามประวัติส่วนบุคคลและสุขภาพของนักท่องเที่ยว

สถานที่ท่องเที่ยวควรมีการวางแผน นับ และคาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวเพื่อคาดการณ์และให้คำแนะนำในการจัดการแหล่งท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพล่วงหน้า Emek (2012) และ Aqilah Azmadi et al. (2022) ได้เสนอให้นับจำนวนนักท่องเที่ยว โดยเช็คอินด้วย QR code ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว สามารถถ่ายโอนข้อมูลได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดย QR code ถูกติดบนเสาตามเส้นทางท่องเที่ยวในแต่ละสถานที่ท่องเที่ยวสำหรับเช็คอินของนักท่องเที่ยวที่เดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ (Zhu & Zhao, 2021) การป้องกันการสูญเสียเป้าหมายการสแกนอีกอย่างหนึ่งคือการเช็คอินด้วย GPS--Global Positioning System ซึ่งสามารถติดตามความเคลื่อนไหวของนักท่องเที่ยวได้อย่างแม่นยำ (Zhou & Chen, 2021) นักท่องเที่ยวใช้ GPS ในการเช็คอินสถานที่ท่องเที่ยวโดยการแท็กตำแหน่งที่แม่นยำด้วย GPS นักท่องเที่ยวสามารถแบ่งปันประสบการณ์เกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวของตนกับผู้อื่นได้ (Islam, 2021) ซึ่งการพัฒนาระบบ Check-in สามารถอยู่ในรูปแบบของซอฟต์แวร์ที่ช่วยจัดเก็บประวัติการเข้า-ออกในการท่องเที่ยวไปสถานที่ต่าง ๆ การทำกิจกรรม และเชื่อมโยงไปสู่การเก็บประวัติทางสุขภาพของนักท่องเที่ยว ทั้งนี้โรงพยาบาลสามารถใช้ระบบในการติดตาม การจัดการดูแลนักท่องเที่ยวที่ประสบปัญหาทางสุขภาพให้เดินทางมายังจุดหมาย

ปลายทาง และการให้บริการรักษาจนเสร็จเรียบร้อย และกลับสู่ภูมิลำเนาโดยสวัสดิภาพ (Jirapatcharoen et al., 2020) โดยการพัฒนากระบวนการประสานงานสำหรับการวางแผนการท่องเที่ยวเชิงการแพทย์ที่พัฒนาขึ้นมีทั้งหมด 14 โมดูล ได้แก่ (1) เข้าสู่ระบบ/ออกจากระบบ (2) ลงทะเบียน (3) ดูรายละเอียด (4) เลือกบริการทางการแพทย์ (5) ขอข้อเสนอ (6) แนะนำข้อเสนอ (7) จัดการข้อเสนอ (8) ดูโปรไฟล์ (9) ขอข้อมูลเพิ่มเติม (10) ป้อนข้อมูล (11) ได้รับความช่วยเหลือ (12) จัดการรายละเอียด (13) แจ้งกิจกรรม และ (14) พิมพ์รายงาน ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนในการประสานงานขอข้อมูลก่อนนักท่องเที่ยวเชิงการแพทย์จะเดินทางมารับบริการการท่องเที่ยวเชิงการแพทย์ (Jirapatcharoen & Thanawasatien, 2020)

3. การปรับปรุงระบบแนะนำข้อมูลการท่องเที่ยวด้วยเทคนิคการกรองเชิงเนื้อหา (content based filtering)

Sharma et al. (2023) ทำการปรับปรุงอัลกอริทึม Content Based Filtering ด้วยการผสมผสาน Deep Learning ในการวิเคราะห์เพื่อแนะนำการท่องเที่ยวส่วนบุคคล ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราความแม่นยำในการทำนายรูปแบบการท่องเที่ยวส่วนบุคคลตามความชอบของผู้ใช้แต่ละคนที่มีบุคลิกต่างกันได้ Book and Chen (2023) ใช้ Content Based Filtering กับข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างเนื่องจากเนื้อหาและแนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยเกี่ยวกับระบบการเรียนรู้ภาษาจีนออนไลน์ในวิทยาลัยมักไม่สามารถจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลแบบมีโครงสร้างได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อนำไปใช้สร้างระบบการแนะนำด้วยวิธีการกรองเชิงเนื้อหา และการพัฒนาระบบแนะนำการท่องเที่ยวด้วย Content Based Filtering สามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีในการแนะนำได้ตรงกับขอบเขตความสนใจของนักท่องเที่ยว ดังผลสรุปจากงานวิจัยของ Treenuntharath et al. (2022) ได้พัฒนาระบบแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวโดยใช้เทคนิค Content Based Filtering ผสานออนไลน์กับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และสามารถให้ประสิทธิภาพในการแนะนำข้อมูลได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับการแนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน โดยมีการดำเนินการออกแบบและพัฒนาชุดข้อมูลและเครื่องมือ จำแนกออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1.1 การรวบรวมข้อมูลการรีวิวสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวจำนวน 300 รายการ โดยแบ่งเป็นการรีวิวสำหรับสถานที่ท่องเที่ยวเชิงนันทนาการ จำนวน 5 แห่ง ๕

ละ 60 รายการ ในรูปแบบข้อความการรีวิวภาษาไทย บนบริการแผนที่กูเกิล (Google Map) ได้แก่ (1) อนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ (2) บี.เอ็น.ฟาร์ม (3) ภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค (4) ฟุ่งกังหันลม เขาค้อ และ (5) สวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์ และใช้เทคนิคการตัดคำด้วยไลบรารี PyThaiNLP จากนั้นทำการค้นหาคำที่พบในการรีวิวที่มีความถี่สูงสุดที่สุด 3 อันดับ ของทั้ง 5 คลาสสถานที่ท่องเที่ยว ดังผลที่ได้ตามตัวอย่างตาราง 1

ตาราง 1

การรวบรวมข้อมูลการรีวิวสถานที่ท่องเที่ยว และการตัดข้อความเพื่อนำไปประมวลผลด้วยเทคนิค NLP

คลาสสถานที่ท่องเที่ยว	ตัวอย่างเนื้อหาการรีวิวจากนักท่องเที่ยว	ผลการตัดข้อความ	ความถี่ (ครั้ง) ของคำที่พบในการรีวิวสูงสุด 3 อันดับ
อนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ	- ทิวทัศน์สวยงามมากด้วยพันธุ์ไม้ดอกเมืองหนาว - มีป้ายภาษาไทยให้นักท่องเที่ยวถอดรองเท้าก่อนเข้าอนุสรณ์สถาน - วิวดูสวยที่สถานที่ทางประวัติศาสตร์แห่งนี้	- ['ทิวทัศน์', 'สวยงาม', 'มาก', 'ด้วย', 'พันธุ์ไม้', 'ดอก', 'เมือง', 'หนาว'] - ['มี', 'ป้าย', 'ภาษาไทย', 'ให้', 'นัก', 'ท่องเที่ยว', 'ถอด', 'รองเท้า', 'ก่อน', 'เข้า', 'อนุสรณ์สถาน'] - ['วิว', 'สวย', 'ที่', 'สถานที่', 'ทาง', 'ประวัติศาสตร์', 'แห่ง', 'นี้']	1. ประวัติศาสตร์ (35) 2. อนุสรณ์สถาน (18) 3. ทิวทัศน์ (15)
บี.เอ็น.ฟาร์ม	- จุดที่ดีและเงียบสงบพร้อมร้านกาแฟน่ารักและร้านค้าเล็กๆ ที่จำหน่ายผลิตผลจากฟาร์ม - ไอศกรีมอร่อยมากและฉันชอบไอศกรีมลื่นจืดมาก - สถานที่สวยงาม แต่สวนพฤกษศาสตร์ถูกบุกรุกและเปลี่ยว	- ['จุด', 'ที่', 'ดี', 'และ', 'เงียบสงบ', 'พร้อม', 'ร้านกาแฟ', 'น่ารัก', 'และ', 'ร้านค้า', 'เล็ก', 'ๆ', 'ที่', 'จำหน่าย', 'ผลิตผล', 'จาก', 'ฟาร์ม'] - ['ไอศกรีม', 'อร่อย', 'มาก', 'และ', 'ฉัน', 'ชอบ', 'ไอศกรีม', 'ลื่นจืด', 'มาก'] - ['สถานที่', 'สวยงาม', 'แต่', 'สวนพฤกษศาสตร์', 'ถูก', 'บุกรุก', 'และ', 'เปลี่ยว']	1. ไอศกรีม (49) 2. ผลิตผล (27) 3. เงียบสงบ (19)
ภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค	- เคยมาที่นี่สองสามครั้ง เมื่อก่อนเราแค่เดิน แต่รอบนี้ ค่าขึ้นเขาคนละ 40 บาทคะ-สามารถบินโดรนได้ - เป็นรีสอร์ทที่น่ารัก สะอาดและสะดวกสบาย สถานที่ที่ดีในการชมทั้งพระอาทิตย์ขึ้นและตก อาหารเช้าและบริการดี	- ['เคยมา', 'ที่นี่', 'สอง', 'สาม', 'ครั้ง', 'เมื่อก่อน', 'เรา', 'แค่', 'เดิน', 'แต่', 'รอบนี้', 'ค่า', 'ขึ้น', 'เขา', 'คนละ', '40', 'บาท', 'คะ'] - ['สามารถ', 'บิน', 'โดรน', 'ได้'] - ['เป็น', 'รีสอร์ท', 'ที่', 'น่ารัก', 'สะอาด', 'และ', 'สะดวกสบาย', 'สถานที่', 'ที่', 'ดี', 'ใน', 'การ', 'ชม', 'ทั้ง', 'พระอาทิตย์', 'ขึ้น', 'และ', 'ตก', 'อาหารเช้า', 'และ', 'บริการ', 'ดี']	1. รีสอร์ท (45) 2. สะอาด (32) 3. โดรน (12)

ตาราง 1 (ต่อ)

คลาสสถานที่ท่องเที่ยว	ตัวอย่างเนื้อหาการรีวิวจากนักท่องเที่ยว	ผลการตัดข้อความ	ความถี่ (ครั้ง) ของคำที่พบในการรีวิวสูงสุด 3 อันดับ
ทุ่งกังหันลม เขาค้อ	- พื้นที่พลังงานสิ่งแวดล้อมสีเขียว มีกังหันลมขนาดมหึมา - พลังงานสะอาด - อากาศเย็นสบาย มีลมพัดเอื่อยๆ	- ['พื้นที่', 'พลังงาน', 'สิ่งแวดล้อม', 'สีเขียว', 'มี', 'กังหันลม', 'ขนาด', 'มหึมา'] - พลังงานสะอาด - ['พลังงาน', 'สะอาด'] - ['อากาศ', 'เย็นสบาย', 'มี', 'ลม', 'พัด', 'เอื่อยๆ']	1. พลังงาน (42) 2. ลม (40) 3. มหึมา (21)
สวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์	- สวนสวยพร้อมไดโนเสาร์หลายชนิด มีสถานที่ภายในที่ดูเหมือนถ้ำที่มีแสงเรืองแสงในความมืดบนผนัง เป็นจุดที่ยอดเยี่ยมสำหรับการถ่ายภาพ - เหมาะสำหรับพาเด็ก ๆ มาเที่ยว - ในช่วงกลางวันอาจมีอากาศร้อนจัด ดังนั้นคุณควรนำร่มมาด้วย	- ['สวน', 'สวย', 'พร้อม', 'ไดโนเสาร์', 'หลายชนิด', 'มี', 'สถานที่', 'ภายใน', 'ที่', 'ดูเหมือน', 'ถ้ำ', 'ที่มี', 'แสง', 'เรืองแสง', 'ใน', 'ความมืด', 'บน', 'ผนัง', 'เป็น', 'จุด', 'ที่', 'ยอดเยี่ยม', 'สำหรับ', 'ถ่ายภาพ'] - ['เหมาะสำหรับ', 'พา', 'เด็ก', 'ๆ', 'มา', 'เที่ยว'] - ['ใน', 'ช่วง', 'กลางวัน', 'อาจมี', 'อากาศร้อน', 'จัด', 'ดังนั้น', 'คุณ', 'ควร', 'นำ', 'ร่ม', 'มาด้วย']	1. ไดโนเสาร์ (52) 2. เด็ก (45) 3. ถ่ายภาพ (42)

1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างประโยคและคำที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ โดยใช้อัลกอริทึม N-Gram ร่วมกับเทคนิคการสกัดชุดข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การ Check-in และการพัฒนาการแนะนำด้วยอัลกอริทึมการกรองเชิงเนื้อหา สามารถนำเสนอขั้นตอนวิธีในรูปแบบ Flowchart ดังนี้

จากภาพ 1 ขั้นตอนวิธีการสกัดโครงสร้างประโยค การ Check-in และการแนะนำด้วยอัลกอริทึมการกรองเชิงเนื้อหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนการประมวลผลย่อย ดังนี้

1. สกัดประโยคในชุดข้อมูลรีวิวการท่องเที่ยวจากคำ (w) ที่พบในความถี่สูงสุดของแต่ละคลาสของสถานที่ท่องเที่ยว โดยยกตัวอย่างเช่น คลาสอนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ พบคำที่มีความถี่สูงสุด 3 อันดับแรก ในประโยการีวิว (s) จำนวน 60 ประโยค ได้แก่ คำว่า “ประวัติศาสตร์” มีความถี่ 35 ครั้ง “อนุสรณ์สถาน” มีความถี่ 18 ครั้ง และ “ทิวทัศน์” มีความถี่ 15 ครั้ง เป็นต้น จากนั้นทำการตัด

ประโยคที่มีค่าเหล่านี้อยู่ เพื่อนำมาใช้งาน (TS--Target sentence) จำนวน 3 ตำแหน่ง คือ คำที่พบ (TW--Target word) คำก่อนหน้าคำที่พบ และคำด้านหลังคำที่พบ ดังสมการที่ 1

$$TS = TourismPlaceClass_{w_{i=1}^n \in s}, \quad (1)$$

$$If w_i == TW \text{ then } TS[w_{i-1}, w_i, w_{i+1}]$$

2. สร้างแบบจำลอง Bigram ของแต่ละประโยค รีวิวการท่องเที่ยว และคำนวณความน่าจะเป็นของประโยคต่าง ๆ โดยการคำนวณค่าความน่าจะเป็น (p) ในการเกิดคำต่อไป (w_i) โดยพิจารณาจากคำก่อนหน้า จำนวน 1 คำ (w_{i-1}) โดยจะทำการคำนวณสัดส่วนของจำนวนคำที่สนใจ (N) ที่เกิดขึ้นต่อจากคำก่อนหน้า (w_{i-1} w_i) กับจำนวนคำก่อนหน้าทั้งหมด (w_{i-1}) ดังสมการที่ 2

$$p(w_i | w_{i-1}) = \frac{N(w_{i-1}, w_i)}{N(w_{i-1})} \quad (2)$$

3. เลือกประโยคที่วิจารณ์การท่องเที่ยวที่มีความน่าจะเป็นสูงสุด ในแต่ละคลาสของสถานที่ท่องเที่ยว

4. วนซ้ำสำหรับการสร้างโปรไฟล์ผู้ใช้ สำหรับเทคนิค Content Based Filtering--CBF

4.1 หากทำการนำเข้า Feature ที่มีความน่าจะเป็นสูงสุด ในแต่ละคลาสของสถานที่ท่องเที่ยว ครบถ้วนแล้ว ให้ทำการ Normalize คำนวณน้ำหนักของแต่ละ Feature (wx_i) ใน User profile ของคลาสของสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ จากการนำ wx_i มาหารด้วยค่าน้ำหนักรวมทั้งหมดใน User profile ดังสมการที่ 3

$$Normalized(wx_i) = \frac{wx_i}{\sum_{i=1}^n wx_i} \quad (3)$$

4.2 หากทำการนำเข้า Feature ที่มีความน่าจะเป็นสูงสุด ในแต่ละคลาสของสถานที่ท่องเที่ยว ยังไม่ครบถ้วน ให้นำเข้าความน่าจะเป็น จนครบถ้วน

5. นำเข้าประโยคความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่จะเดินทางในสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ

6. แยกคำในประโยคความคาดหวังของนักท่องเที่ยว (cp--corpus) โดยที่คำต่าง ๆ ใน corpus แทนด้วย cp1...cpn แล้วตรวจสอบว่าคำใดตรงกับคำที่ถูกกำหนดเป็น Feature ของ User Profile ในแต่ละคลาสการท่องเที่ยวให้กำหนดค่า (wcp--weight of corpus) เป็น 1 เพื่อนำไปคูณกับน้ำหนักของ Feature ใน User Profile ของคลาสของสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ แต่ถ้าหากคำใดใน corpus ไม่ตรงกับคำที่ถูกกำหนดเป็น Feature ของ User Profile ให้กำหนดค่า wcp เป็น 0 แทน

7. รวมค่าน้ำหนักของ Feature (x) แต่ละตัว ในโปรไฟล์ผู้ใช้ของคลาสสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ โดยที่ค่าน้ำหนักของแต่ละ Feature แทนด้วย $wx_1, \dots, wx_n$ และคูณ

ผลรวมค่าน้ำหนักด้วยค่าน้ำหนักของอัตราจำนวนครั้งของนักท่องเที่ยวที่เช็คอินในสถานที่นั้น ๆ ต่อจำนวนผู้เข้าชมที่จำกัดให้เข้าพื้นที่ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ (cl)

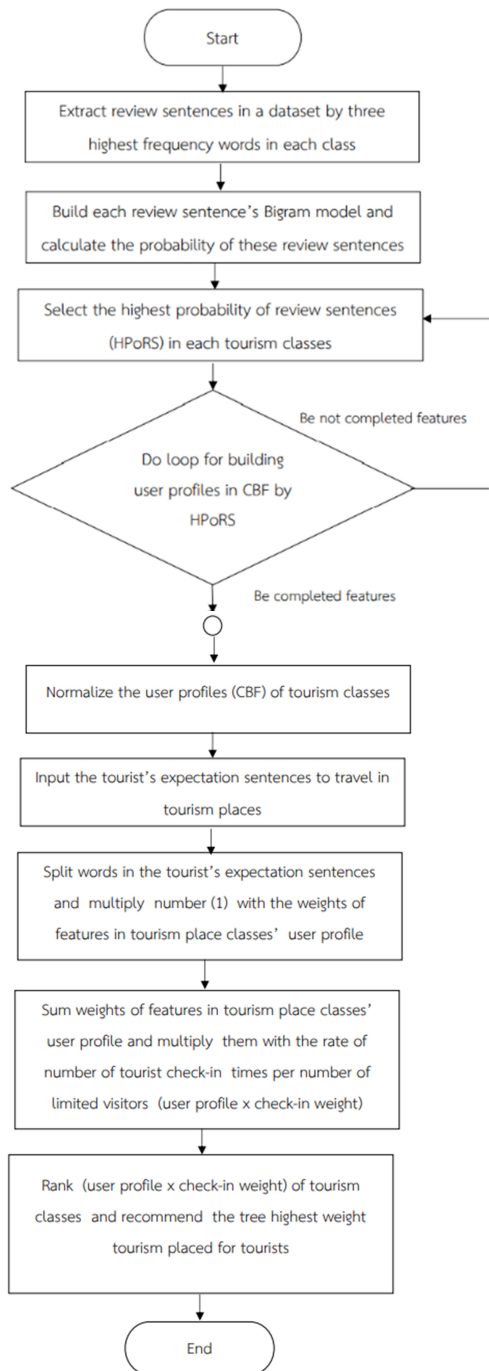
8. จัดอันดับ (โปรไฟล์ผู้ใช้ x น้ำหนักเช็คอิน) ของคลาสสถานที่ท่องเที่ยว แล้วทำการแนะนำการท่องเที่ยวที่มีน้ำหนักสูงสุด N อันดับ เพื่อแสดงผลสำหรับนักท่องเที่ยว

โดยที่ขั้นตอนวิธีในข้อ 6 ถึงข้อ 8 สามารถเขียนแทนด้วยสมการที่ 4

$$\begin{aligned} & \text{TourismPlaceWeight} \quad (4) \\ & = \left(\sum_{i=1}^n \text{normalized}(wx_i) \cdot wcp_i \right) \cdot cl, \\ & \text{If } cp_i \in x \text{ then } wcp_i = 1 \\ & \text{else } wcp_i = 0, \\ & cl = 1 - (c/l) \end{aligned}$$

2. ประเมินประสิทธิภาพของระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาคว่ำ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน

ทำการประเมินประสิทธิภาพการให้คำแนะนำแหล่งท่องเที่ยวจากระบบแนะนำที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากคลาสสถานที่ท่องเที่ยวที่มีค่าน้ำหนักสูงสุด 1 อันดับ เทียบวัดกับการระบุคำตอบที่แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 คน จากนั้นทำการหาค่าร้อยละของความถูกต้องในการแนะนำ (accuracy) จากระบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ประโยคความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่เขียนถึงสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ที่ต้องการจะเดินทางไปเยี่ยมชม จำนวน 5 ประโยค เป็นสถานการณ์ทดสอบประสิทธิภาพของระบบ



ภาพ 1 Flowchart ขั้นตอนวิธีการสกัดโครงสร้างประโยค การ Check-in และการแนะนำด้วยอัลกอริทึมการกรองเชิงเนื้อหา

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอินสามารถนำเสนอผลจำแนกออกเป็น 3 ส่วนย่อย ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์และสกัดหาโมเดลความน่าจะเป็น บนข้อมูลรีวิวการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการ ด้วยเทคนิค N-Gram ดังนี้

1.2 ผลการสร้างโปรไฟล์ผู้ใช้ (user profile) สำหรับเทคนิค Content Based Filtering--CBF และการ Normalize คำนวณน้ำหนักของแต่ละ Feature ด้วยสัดส่วนการ Check-in ในสถานที่ท่องเที่ยว ดังนี้

จากตาราง 3 คำนวณที่ผ่านการ Normalized ใน User profile ของคลาสสถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่ง จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าน้ำหนักโดยรวม เพื่อการแนะนำการท่องเที่ยวที่มีน้ำหนักสูงสุดสำหรับนักท่องเที่ยว 3 อันดับแรก จากประโยคความคาดหวังของนักท่องเที่ยวที่ตัดคำออกมา เพื่อประมวลผลตามขั้นตอนของ Flowchart (ภาพ 1)

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน

จากตาราง 4 ประสิทธิภาพของระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน โดยการตรวจสอบกับการระบุคลาสคำตอบที่แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องในการแนะนำ (accuracy) เท่ากับ 90% (แนะนำถูกต้อง 9 รายการ จาก 10 รายการ)

ตาราง 2

โมเดลความน่าจะเป็น บนข้อมูลรีวิวกการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการ ด้วยเทคนิค N-Gram

คลาสสถานที่ท่องเที่ยว	การสกัดประโยคที่มีคำสำคัญเป้าหมายเป็นส่วนประกอบ	อัตราความน่าจะเป็น	จัดอันดับความน่าจะเป็นภายใน
อนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ (คำสำคัญเป้าหมาย: ประวัติศาสตร์ อนุสรณ์สถาน ทิวทัศน์)	['ถึง', 'ประวัติศาสตร์', 'ไทย']	2.33	2
	['ชม', 'อนุสรณ์สถาน', 'ที่']	3.67	1
	['วิว', 'ทิวทัศน์', 'สวย']	3.67	1
บี.เอ็น.ฟาร์ม (คำสำคัญเป้าหมาย: ไก่กริม ผลิตผล เจียบสงบ)	['ชิม', 'ไก่อกริม', 'อร่อย']	4.33	1
	['จำหน่าย', 'ผลิตผล', 'จาก']	3.33	2
	['สถานที่', 'เจียบสงบ', 'ดี']	2.67	3
ภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค (คำสำคัญเป้าหมาย: รีสอร์ท สะอาด โดรน)	['เป็น', 'รีสอร์ท', 'ที่']	2.33	2
	['ห้องพัก', 'สะอาด', 'ดี']	3.67	1
	['บิน', 'โดรน', 'ได้']	1.99	3
ทุ่งกังหันลม เขาค้อ (คำสำคัญเป้าหมาย: พลังงาน ลม มหิมา)	['พื้นที่', 'พลังงาน', 'สิ่งแวดล้อม']	2.33	1
	['มี', 'ลม', 'พัด']	2.33	1
	['ขนาด', 'มหิมา', 'พลังงานสะอาด']	2.33	1
สวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์ (คำสำคัญเป้าหมาย: ไดโนเสาร์ เด็ก ถ่ายภาพ)	['มี', 'ไดโนเสาร์', 'หลายชนิด']	4.33	1
	['พา', 'เด็ก', 'ๆ']	4.00	2
	['สำหรับ', 'ถ่ายภาพ', 'สวย']	2.67	3

ตาราง 3

การสร้างโปรไฟล์ผู้ใช้ (user profile) สำหรับเทคนิค Content Based Filtering--CBF และการ Normalize คำนวณน้ำหนักของแต่ละ Feature ด้วยสัดส่วนการ Check-in ในสถานที่ท่องเที่ยว

Class	Features and Normalized weight										จำนวนผู้ Check-in ในช่วง เวลาหนึ่ง (c)	ปริมาณ ที่สถานที่ ท่องเที่ยว รองรับนัก ท่องเที่ยว ได้ ในช่วง เวลาหนึ่ง (l)	cl = 1-(c/l)
อนุสรณ์สถาน ผู้เสียสละเขา ค้อ	ชม	อนุสรณ์ สถาน	ที่	วิว	ทิวทัศน์	สวย	ถึง	ประวัติศาสตร์	ไทย		336	800	0.58
	18	18	10	12	15	18	5	35	21				
Normalized weight	0.12	0.12	0.07	0.08	0.10	0.12	0.03	0.23	0.14				

ตาราง 3 (ต่อ)

Class	Features and Normalized weight									จำนวน ผู้ Check- in ในช่วง เวลา หนึ่ง (c)	ปริมาณ ที่สถานที่ ท่องเที่ยว รองรับนัก ท่องเที่ยว ได้ ในช่วง เวลาหนึ่ง (l)	cl = 1-(c/l)
ปี.เอ็น.ฟาร์ม	ชิม	ไอศกรีม	อร่อย	จำหน่าย	ผลิตผล	จาก	สถานที่	เรียบสงบ	ดี	220	300	0.27
	25	49	47	24	27	8	15	19	5			
Normalized weight	0.11	0.22	0.21	0.11	0.12	0.04	0.07	0.09	0.02			
ภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ เวนเจอร์ ปาร์ค	ห้องพักร	สะอาด	ดี	เป็น	รีสอร์ท	ที่	บิน	โตรน	ได้	55	200	0.73
	32	32	9	4	45	5	12	12	12			
Normalized weight	0.20	0.20	0.06	0.02	0.28	0.03	0.07	0.07	0.07			
ทุ่งกังหันลมเขาค้อ	พื้นที่	พลังงาน	สิ่ง แวดล้อม	มี	ลม	พัด	ขนาด	มีหิมะ	พลังงาน สะอาด	250	500	0.5
	12	42	24	8	40	34	21	21	112			
Normalized weight	0.04	0.13	0.08	0.03	0.13	0.11	0.07	0.07	0.36			
สวนสนุก ไดโนเสาร์ มหัศจรรย์	มี	ไดโนเสาร์	หลาย ชนิด	พา	เด็ก	ๆ	สำหรับ	ถ่ายภาพ	สวย	116	250	0.54
	42	52	21	32	45	35	15	42	35			
Normalized weight	0.13	0.16	0.07	0.10	0.14	0.11	0.05	0.13	0.11			

ตาราง 4

ประสิทธิภาพของระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิงนันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลการรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการใช้คือน

ประโยคที่ใช้ในการทดสอบ	ผลการให้คำแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวโดย ระบบ โดยพิจารณาจาก ค่าน้ำหนักสูงสุด		ผลการให้คำแนะนำสถานที่ ท่องเที่ยวโดย ผู้เชี่ยวชาญ	แปลผลการ แนะนำ ✓ ระบบแนะนำ ถูก X ระบบแนะนำ ผิด
	คลาสสถานที่ท่องเที่ยวที่ถูกแนะนำ	ค่าน้ำหนักที่ คำนวณได้ (ค่าเป้าหมายที่พบ)		
สถานที่งดามเพื่อระลึกถึงประวัติศาสตร์ไทย	คลาสอนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ	0.4 (ถึง ประวัติศาสตร์ไทย)	คลาสอนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ	✓
ชิมไอศกรีมผลผลิตจากธรรมชาติ	คลาสบี.เอ็น.ฟาร์ม	0.37 (ชิม ไอศกรีม จาก)	คลาสบี.เอ็น.ฟาร์ม	✓
รีสอร์ททิวสวยท่ามกลางธรรมชาติ	คลาสภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค	0.28 (รีสอร์ททิว)	คลาสภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค	✓
สวนสนุกเหมาะกับพาเด็กๆ มาเที่ยว	คลาสสวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์	0.35 (พา เด็ก ๆ)	คลาสสวนสนุกไดโนเสาร์มหัศจรรย์	✓
สถานที่ทำมาชมธรรมชาติและรักสิ่งแวดล้อมและพลังงานหมุนเวียน	คลาสทุ่งกังหันลมเขาค้อ	0.21 (สิ่งแวดล้อมพลังงาน)	คลาสทุ่งกังหันลมเขาค้อ	✓
วิวสวยเหมาะแก่การถ่ายภาพ	คลาสอนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ	0.2 (วิว สวย)	คลาสอนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อทุ่ง,	✓
อาหารอร่อย ที่พักร่มรื่น	คลาสบี.เอ็น.ฟาร์ม	0.21 (อร่อย)	คลาสบี.เอ็น.ฟาร์ม	✓
เป็นสถานที่ลมพัดเย็นเจิบสงบ	คลาสทุ่งกังหันลมเขาค้อ	0.24 (ลม พัด)	คลาสทุ่งกังหันลมเขาค้อ	✓
ห้องพักสะอาดวิวสวย	คลาสภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค	0.4 (ห้องพัก สะอาด)	คลาสภูแก้ว รีสอร์ท แอนด์ แอดเวนเจอร์ ปาร์ค	✓
วิวทิวทัศน์สวย ไม่เปลี่ยวเดินทางสะดวก	คลาสอนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ	0.3 (วิว ทิวทัศน์ สวย)	บี.เอ็น.ฟาร์ม	x
ค่าความถูกต้อง (accuracy)				(9*100)/10=90%

สรุป

การพัฒนาระบบแนะนำการท่องเที่ยวเชิง
นันทนาการในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูล
การรีวิวของนักท่องเที่ยวแบบไร้โครงสร้างและการเช็คอิน
เป็นการประมวลผลแบบบูรณาการด้วยเทคนิคการสกัดชุด
ข้อมูล การสร้างระบบเซคอินเพื่อนับจำนวนการเข้ามาเยี่ยม
ชมสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการพัฒนาไก
การแนะนำด้วยอัลกอริทึมการกรองเชิงเนื้อหา ที่ประกอบ
ด้วยการสร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้ การคำนวณค่าความสำคัญ
ของคุณลักษณะต่าง ๆ ตามโครงสร้างประโยคของการรีวิว
จากความถี่ของคำสำคัญที่พบในประโยคของการรีวิวให้กับ

คลาสสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ร่วมกับการถ่วงน้ำหนักด้วย
สัดส่วนจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้าไปเยี่ยมชมในพื้นที่เทียบกับ
ปริมาณความจุที่สามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ โดย
อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น สามารถแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวได้
ตรงกับที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยวแนะนำ 80% และ
ช่วยให้ได้เครื่องมือที่มีประโยชน์ที่ช่วยทำให้การบริหาร
จัดการด้านการท่องเที่ยว รวมทั้งสามารถปรับใช้อัลกอริทึมใน
การสร้างระบบแนะนำทางธุรกิจและผลิตภัณฑ์บริการ
และการชักประวัติเพื่อการวินิจฉัยและแนะนำวิธีการรักษา
ทางการแพทย์จากการสอบถามด้วยข้อมูลปลายเปิดได้
อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



References

- Álvarez, J. C. R., Hernández, R. A. G, MedinaMartínez, S. I., Ortiz, A. M. M., Castañeda, N. H., RuizMelo, J. E., Castañeda, A. H., & Ledeneva, Y. N. (2022). Opinion mining of the Mexican tourism sector through sets of Normalized N-Grams. *CEUR Workshop Proceedings 2022, September 2022, A Coruña, Spain*. Spain: CEUR-WS.org Team.
- Azmadi, A. S. A., Abd Hamid, M., & Hanafiah, M. H. (2022). Rise of the or code application adoption: Towards a conceptual post-Covid-19 Smart Sustainable Tourism Framework. *International Journal of Social Science Research*, 4(1), 478-488.
<https://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijssr/article/view/17985/9480>
- Birendra, K. C. (2021). A comprehensive analysis of threats to UNESCO WHSs in danger. *Annals of Tourism Research Empirical Insights*, 2(1), 1-10.
- Bolzan, R., Ventura, P., Fernandes, S., & L. Carvalho, F. (2022). QR codes: A case of its level of adoption in Portugal. *Journal of Tourism, Sustainability and Well-Being*, 10(3), 189-200.
<https://doi.org/https://doi.org/10.34623/shz5-fs67>.
- Chen, L. (2023). Research on college Chinese online learning system based on content recommendation Algorithm. Application of Big Data, Blockchain, and Internet of Things for Education Informatization. *Second EAI International Conference, BigIoT-EDU 2022, Virtual Event, July 29–31, 2022*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-23950-2>
- Das, S., Mondal, S., Puri, V., & Vrana, V. (2022). Structural review of relics tourism by text mining and machine learning. *Journal of Tourism Heritage & Services Marketing*, 8(2), 25-34.
<https://www.jthsm.gr/vol8iss2/8-2-3.pdf>
- EMEK, M. (2012). Usage of QR code in tourism industry. *6th World Conference for Graduate Research in Tourism, Hospitality and Leisure 24-29 April 2012. Fethiye, Turkey* (pp. 1-9). Fethiye, Turkey: DORE.

- García, M., Maldonado, S., & Vairetti, C. (2021). Efficient n-gram construction for text categorization using feature selection techniques. *Intelligent Data Analysis*, 25(3), 509–525.
<https://doi.org/10.3233/ida-205154>.
- Islam, M. T. (2021). Applications of social media in the tourism industry: A review. *SEISENSE Journal of Management*, 4(1), 59–68. <https://doi.org/10.33215/sjom.v4i1.556>
- KC, B. (2022). Complexity in balancing conservation and tourism in protected areas: Contemporary issues and beyond. *Tourism and Hospitality Research*, 22(2), 241–246.
<https://doi.org/10.1177/14673584211015807>.
- Jirapatcharoen, W., Thanawastien, S., & Tantaswadi, P. (2020). Medical trip planning with activity tracking system: MTP system. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 157–172. (in Thai)
- Jirapatcharoen, W., & Thanawasatien, S. (2020). The development of a coordinate system for medical tourism trip planning. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(1), 98–113. (in Thai)
- Kumar, E. S., Navya, K., Archana, K., Vandana, K., & Anusha, V. (2022). Tourist place reviews sentiment classification using machine learning techniques. *Journal of Engineering Science*, 13(6), 69-76.
<https://jespublication.com/upload/2022-V13I608.pdf>
- Murillo, N., Pérez-Cayeiro, M. L., & Río, L. D. (2023). Ecosystem carrying and occupancy capacity on a beach in southwestern Spain. *Journal of Ocean & Coastal Management*, 231(1), 106400.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106400>
- Roy, D., & Dutta, M. (2022). A systematic review and research perspective on recommender systems. *Big Data*, 9, 59. <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00592-5>.
- Kangrang, R. (2022). *Recreation resources and management*. Phisanulok: Phibunsongkhram Rajabhat University. (in Thai)
- Sharma, D., Banwala, E., Elouaghzani, I., & Katarya, R. (2023). *Analysis of personalized tourism recommender systems* (Report no. 9628). UK: EasyChair.
- Treenuntharath, T., Nithiyuwith, T., & Kumtapol, Y. (2022). The development of elderly's semantic web for supporting the healthy tourism planning in Khao Kho District, Phetchabun Province by using ontology and content-based filtering technique. *RMUTSV Research Journal*, 16(1), 52-67. (in Thai)
- Zhou, X., & Chen, Z. (2021). Destination attraction clustering: segmenting tourist movement patterns with geotagged information. *Tourism Geographies*, 2021, 1-23. doi:10.1080/14616688.2021.2006769
- Zhu, Z., Lu, Y., & Zhao, Q. (2021). Walker's paradise: Research on Chongqing Tourist Destination Brand Marketing. *ICEME 2021: The 2021 12th International Conference on E-business, Management and Economics July 2021* (pp. 688–694). New York: Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3481127.3481134>



ผลของการฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ ของนักกีฬาโยโดระดับเยาวชนหญิง

Effects of Judo Sport-Specific Training on Muscles Power in Youth Judo Female Athlete

นิลาวัลย์ บุญประถัมภ์¹ และธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ^{2*}

Nilawan Boonpratham¹, and Thanyawat Homsombat^{2*}

¹คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี

¹Master Degree Student in Physical Education and Sports, Faculty of Education,
Thailand National Sports University Udon Thani Campus

²คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี

²Lecturer, Faculty of Sports Science and Health,

Thailand National Sports University Udon Thani Campus

*Corresponding author: Thanyawat Homsombat, E-mail: cmu_kku@hotmail.com

Received: February 17, 2023

Revised: April 1, 2023

Accepted: April 5, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ของนักกีฬาโยโดเยาวชนหญิง อายุ 15-19 ปี ขึ้นทะเบียนนักกีฬาในจังหวัดศรีสะเกษ กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคำนวณขนาดตัวอย่างประมาณการค่าเฉลี่ยขนาดประชากรค่าเฉลี่ยกรณีทราบขนาดประชากร จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แบบฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 8 สัปดาห์ โดยในการฝึกสัปดาห์ที่ 1-2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ร้อยละ 60-70 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (Rating of Perceived Exertion--RPE) เท่ากับ 6-11 สัปดาห์ที่ 3-4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเพิ่มเป็น ร้อยละ 70-80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย เท่ากับ 12-16 และสัปดาห์ที่ 5-8 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเพิ่มเป็น ร้อยละ 80-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย เท่ากับ 12-16 โดยผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC=1.00) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบการทุ่มบอลเหนือศีรษะและแบบทดสอบความสามารถในการกระโดด สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียว (One-way analysis of variance with repeated measures) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ด้วยวิธีของ Tukey กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.60 ครั้งต่อนาที และขณะออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 169.95 ครั้งต่อนาที คะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกายขณะการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียวของพลังกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: แบบฝึกการออกกำลังกายด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง กีฬาโยโด พลังกล้ามเนื้อ

Abstract

The purpose of this quasi-experimental study was to examine the effects of judo sport-specific exercise on muscle power in a young female judo athlete after weeks 4 and 8. The 15 female judo athletes, aged between 15 and 19, who registered as athletes in Sisaket Province provided the sample size for using simple random sampling to estimate the mean population once the population size was known. The experimental instrument was a judo sport-specific exercise performed three days per week for eight weeks. In the 1-2 week training, the heart rate while exercising was 60–70 percent of the maximum heart rate, and the perceived physical exertion score was 6–11. In weeks 3–4, the heart rate during exercise increased to 70–80 percent of the maximum heart rate, and the perceived physical exertion score was 12–16. In the next 5–8 weeks, the heart rate while exercising increased to 80–90% of the maximum heart rate, and the perceived physical exertion score was 12–16 as determined by an Index of Consistency--IOC of 1.00. The tools used for data collection were standard tools: the overhead medicine ball throw and the single jump test. Percentage, mean, and standard deviation were descriptive statistics. Inferential statistics, including one-way analysis of variance with repeated measures and comparing the pairwise differences by the method of Tukey Statistical significance was set at 0.05. The average resting heart rate was 72.60 beats per minute, and during exercise, it was 169.95 beats per minute. The mean rating of perceived exertion was 14.60. The results of a one-way analysis of the variance of the change in muscle power pre-training, after the 4th week, and after the 8th week showed statistically significant differences.

Keyword: specific exercise, judo sport, muscles power



บทนำ

กีฬาโยโดเป็นกีฬาประเภทศิลปะการต่อสู้ที่สวยาม (Franchini, 2018) ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากและเป็นกิจกรรมหนึ่งที่เป็นการประสานสัมพันธ์ของสติปัญญาทำให้สามารถปฏิบัติงานร่วมกับสังคมได้เป็นอย่างดี เมื่อได้รับการฝึกแล้วทุกส่วนของร่างกายจะมีการทำงานประสานสัมพันธ์กัน ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา (Samnuan, 2021) การฝึกหรือการเล่นโยโดจะช่วยส่งเสริมให้นักกีฬามีการพัฒนาในหลายองค์ประกอบ เช่น ความแข็งแรง ความคล่องแคล่วว่องไว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ และส่งเสริมระดับสติปัญญาในการแก้ไขเฉพาะหน้า ก่อนการแข่งขันนักกีฬาจะต้องมีความพร้อมทางด้านจิตใจและการจัดการความเครียด

ทางการกีฬา (Khemthong, 2022) ในระหว่างลงทำการแข่งขันนักกีฬาต้องใช้ความพยายามสูงสุดโดยมีเป้าหมายทุ่มคู่ต่อสู้ลงสู่พื้นหรือเพื่อให้ได้มาซึ่งการควบคุมในท่าพื้นรัดคอ หรือบิดข้อต่อเพื่อให้คู่ต่อสู้ยอมแพ้ นักกีฬาต้องใช้พลังระเบิดของกล้ามเนื้อสำหรับการโจมตีพร้อมกับการตอบสนองการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ รวมถึงการเคลื่อนที่ (movement) ช่วงจังหวะ (moment) ที่คู่ต่อสู้เสียการทรงตัวซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการใช้เทคนิคที่มีประสิทธิภาพ (Hirunrat, 1996) ได้กล่าวว่าในกีฬาโยโดนักกีฬาต้องใช้ทักษะทุ่มเพื่อเอาชนะคู่แข่งขันการฝึกกล้ามเนื้อให้มีความแข็งแรงและมีความเร็ว จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้นักกีฬาโยโดพัฒนาความสามารถในการทุ่มคู่แข่งขัน เพราะฉะนั้นการเตรียมความพร้อม

ของสมรรถภาพทางกายที่สำคัญ และเฉพาะเจาะจง ใน นักกีฬาโยโดนั้นมีส่วนสำคัญที่จะส่งผลให้ผู้ฝึกมีร่างกายที่มีประสิทธิภาพในการทุ่ม ซึ่งสมรรถภาพทางกายที่สำคัญ ในกีฬาโยโดที่เป็นแบบเฉพาะเจาะจง คือ พลังกล้ามเนื้อ โดยจะเกิดในลักษณะการทุ่มคู่ต่อสู้ ยกตัวอย่างเช่น ทักษะ การทุ่มท่า เซโออิ นาเง (Seoi Nage) ซึ่งในช่วงการจับ ชุดคู่แล้วดึงกระชากคู่ต่อสู้ให้เสียการทรงตัวมาข้างหน้า ในการกระทำนี้นั้นต้องใช้พลังกล้ามเนื้อหลังส่วนบนในการดึง กระชาก เข้ามาสู่ช่วงที่ 2 คือ การหมุนตัวเข้าระหว่างขา ของคู่ต่อสู้แล้วยกขึ้นจากพื้นในการกระทำนี้นักกีฬาต้องใช้ พลังกล้ามเนื้อในการหมุนตัวเข้าไประหว่างขา หลังจากนั้น ต้องใช้แรงจากขาในการยกคู่ต่อสู้ให้ลอยขึ้นจากพื้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นใช้แรงจากแขนในการส่งคู่ต่อสู้ลงสู่พื้นซึ่ง ต้องอาศัยทั้งพลังกล้ามเนื้อในการดันและความแข็งแรง การควบคุมคู่ต่อสู้ให้หลังลงสู่พื้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด ของ (Krabuanrat, 2001) ได้กล่าวว่า การที่จะเพิ่มความ แข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อนั้น สามารถทำโดยการ ออกกำลังกายในวงการกีฬาปัจจุบันนิยมใช้การฝึกความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพราะว่าการฝึกที่มีความแข็งแรง (strength) ความเร็ว (speed) จะทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อ (power) โดยทั่วไปการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนิยม ใช้ (weight training) โดยการหาค่า 1-RM (One repetition maximum) และสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬา ได้แก่ ความแข็งแรง ความทนทาน ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อ มีความจำเป็นสำหรับนักกีฬา เพื่อนำไปสู่การเล่นกีฬาที่มี ประสิทธิภาพ (Leethira, 1999) ได้ทำการศึกษาเรื่องผล ของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความสามารถในการทุ่ม ของนักกีฬาโยโดในกลุ่มนักกีฬาโยโด พบว่า การฝึกโปรแกรม โยโดควบคู่กับการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาความเร็ว ในการทุ่มได้ ประมาณ 0.14 วินาที ซึ่งสำหรับนักกีฬา การ เปลี่ยนแปลงเพียงเศษส่วนของวินาทีย่อมส่งผลต่อการ พัฒนาไปสู่ชัยชนะ สอดคล้องกับ (Chaopanich, 2008) ได้ ศึกษาเกี่ยวกับผลการฝึกโยโดควบคู่กับเมดิซินบอลและการ ฝึกโยโดควบคู่กับการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีต่อความสามารถ ในการทุ่มของนักกีฬาโยโด พบว่า หลังการทดลองกลุ่มฝึกโยโด ควบคู่กับการฝึกเมดิซินบอลและกลุ่มฝึกโยโดควบคู่กับการ ฝึกโดยใช้แรงต้านมีผลที่ดีกว่ากลุ่มฝึกโยโดตามปกติ อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เชื่อมโยงกับการศึกษาของ Jansuprom (2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกด้วย แรงต้านและการเคลื่อนที่แบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลัง กล้ามเนื้อและความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาแบดมินตัน ชายอายุ 15-18 ปี พบว่า หลังการทดลองกลุ่มนักกีฬาที่ ได้รับการฝึกโปรแกรมแบดมินตันร่วมกับการฝึกด้วยแรง ต้าน และการเคลื่อนที่แบบเฉพาะเจาะจงนั้นมีความแตก ต่างของพลังกล้ามเนื้อ และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่ม มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การฝึกเพื่อเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อสำหรับนักกีฬา โยโด คือ การฝึกแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งมีหลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการฝึก แต่การฝึกที่เป็นที่นิยมอย่างมาก คือการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะพลังกล้ามเนื้อ มีหลายวิธีการที่จะทำให้เกิดการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ได้แก่ การฝึกแบบโอลิมปิก (Olympic lifting) การฝึกเพื่อ เพิ่มความแข็งแรงสูงสุด (heavy strength training) การ ฝึกเพื่อเพิ่มพลังระเบิด (explosive power training) การ ฝึกแบบผสมผสาน (combine training) และการฝึกแบบ ใช้แรงต้าน (resistance training) (Samnuan, 2021) ซึ่ง ความแข็งแรงเป็นการเคลื่อนไหวทางกายของบุคคล ส่วน ใหญ่กระทำกับแรงต้านทานหลายรูปแบบ เช่น น้ำหนักของ ร่างกาย แรงดึงดูดโลก และการกระทำของระบบประสาท กล้ามเนื้อ (nervous system) ที่เอาชนะแรงต้านทาน ภายใต้อาณัติ

จากเหตุผลความสำคัญดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าใน กีฬาโยโดนั้น ทักษะการทุ่มมีความสำคัญในการทำคะแนน เพื่อเอาชนะคู่ต่อสู้ และในกีฬานี้พลังกล้ามเนื้อนั้นมีความ สำคัญอย่างยิ่ง ฉะนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเพิ่ม เต็มเพื่อยืนยันผลการศึกษาดังกล่าวว่าการฝึกด้วยกีฬาโยโด แบบเฉพาะเจาะจงสามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อและเพื่อ ใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและระดับความ สามารถของนักกีฬาให้ก้าวไปถึงความสำเร็จสูงสุดได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะ เจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาโยโดเยาวชนหญิง

ในช่วงก่อนฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจงส่งผลให้นักกีฬายูโดเยาวชนหญิงมีพลังกล้ามเนื้อก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

1. ได้รูปแบบการฝึกด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ครู อาจารย์ ผู้ฝึกสอน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาและการฝึกซ้อมได้

2. ได้แนวทางการสร้างโปรแกรมการฝึกด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬายูโดเยาวชนหญิง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของการฝึกด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อในช่วงก่อนฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรขององค์ประกอบด้านต่างๆ โดยสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ TNSU-EDU 074/2565 มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักกีฬายูโดเยาวชนหญิง อายุ 15-19 ปี ที่ขึ้นทะเบียนนักกีฬาในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 239 คน (Sports Authority of Thailand, 2022) ได้มาจากการคำนวณขนาดตัวอย่าง

ประมาณการค่าเฉลี่ยขนาดประชากรค่าเฉลี่ยกรณีทราบขนาดประชากร (Jirawatkul, 2017) จำนวน 11 คน เพื่อป้องกันการถอนตัว (drop-out) ผู้วิจัยเพิ่มขนาดตัวอย่างร้อยละ 30 รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 15 คน จากสูตร แทนค่าได้ ดังนี้

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{d^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2} \quad (1)$$

จากสูตร

$$n = \frac{239 (1.96^2) 6^2}{2.54^2 (239-1) + (1.96^2) 6^2} \quad (2)$$

จากสูตร

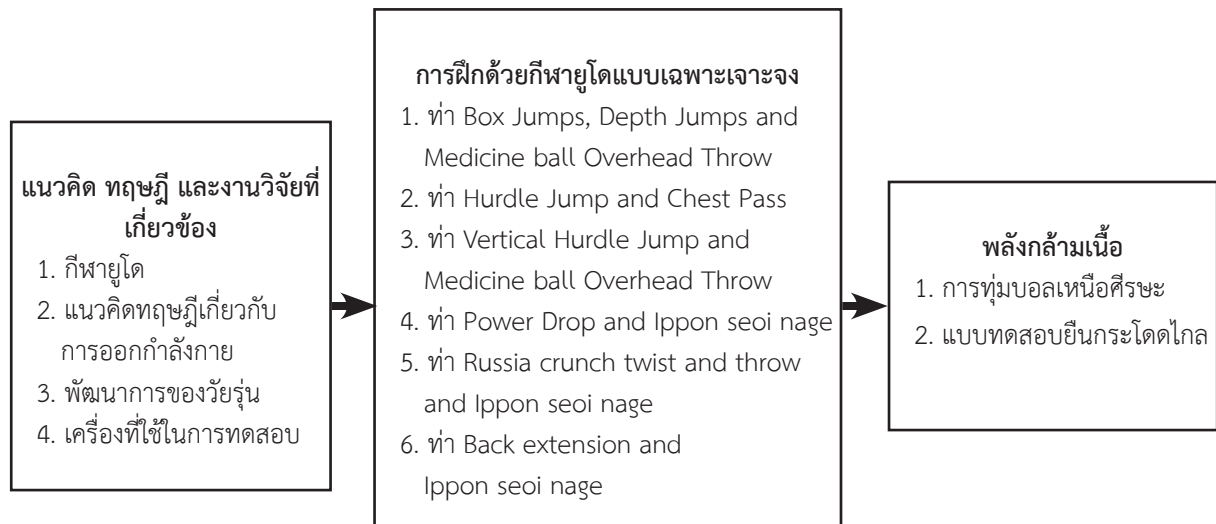
= 11.52 ประมาณ 11 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria)

1. นักกีฬายูโดเยาวชนหญิง อายุ 15-19 ปี ที่ขึ้นทะเบียนเป็นนักกีฬา สังกัดสมาคมกีฬาจังหวัดศรีสะเกษ
2. สนใจและลงนามในใบยินยอม ที่จะเข้าการทดสอบและการทำการทดลอง และผู้ปกครองยินยอมให้เข้าร่วมการออกกำลังกายด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจง
3. มีการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่องมีสมรรถภาพร่างกายแข็งแรง สมบูรณ์ รวมไปถึงไม่มีอาการบาดเจ็บในระดับที่ต้องพบแพทย์

เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการออกกำลังกายด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจง ไม่ถึงร้อยละ 80 ของระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด
2. มีอาการเจ็บป่วย หรือได้รับบาดเจ็บรุนแรง จนไม่สามารถทำการออกกำลังกายต่อไปได้
3. ไม่สามารถที่จะทำการทดลองต่อไปด้วยสาเหตุอื่น ๆ เช่น ไม่สนใจ



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยแบบแนวคิดการวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

2.1.1 แบบฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 8 สัปดาห์ โดยทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ (วันจันทร์ พุธ และวันศุกร์) ก่อนการฝึกทำการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที จากนั้นทำการฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง ได้แก่

- แบบฝึกที่ 1 ทำ Box Jumps, Depth Jumps and Medicine ball Overhead Throw
- แบบฝึกที่ 2 ทำ Hurdle Jump and Chest Pass
- แบบฝึกที่ 3 ทำ Vertical Hurdle Jump and Medicine ball Overhead Throw
- แบบฝึกที่ 4 ทำ Power Drop and Ippon seoi nage
- แบบฝึกที่ 5 ทำ Russia crunch twist and throw and Ippon seoi nage
- แบบฝึกที่ 6 ทำ Back extension and Ippon seoi nage (ดังตาราง 1) โดยผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence--IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 (ตาราง 1)

2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) คือ Polar Heart Raet Monitor

2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (Rating of Perceived

Exertion) คือ ตารางประเมินระดับคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.2.1 แบบทดสอบการทุ่มบอลเหนือศีรษะ (overhead medicine ball throw) โดยใช้เกณฑ์สมรรถภาพทางกายนักกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย (Department of Physical Education, 2019) ให้ผู้รับการทดสอบยืนแยกเท้าเท่ากับช่วงไหล่ ยกลูกบอลขึ้นเหนือศีรษะโน้มตัวเอนมาข้างหลังเล็กน้อยหลังจากทำการทุ่มบอลไปข้างหน้าด้วยมือทั้งสองข้างให้ไต่ระยะไกลที่สุด ขนาดของลูกบอล 3 กิโลกรัม เส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร วัด 2 ครั้ง บันทึกครั้งที่ทุ่มบอลได้ไกลที่สุด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2.2.2 แบบทดสอบความสามารถในการกระโดดทดสอบโดยแผ่นวัดความสามารถในการกระโดด (Kinematics system: single jump test) ให้ผู้เข้ารับการทดสอบ ยืนตัวตรงบนแผ่นทดสอบมือทั้งสองข้างจับที่เอว จากนั้นย่อเข่าลงตามความถนัด และกระโดดลอยตัวให้สูงที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ โดยทำการทดสอบ 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ดีที่สุด แต่แต่ละครั้งมีช่วงพักระหว่างการทดสอบเป็นระยะเวลา 30 วินาที

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

โปรแกรมการฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 8 สัปดาห์ โดยในการฝึกสัปดาห์ที่ 1-2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ร้อยละ 60-70 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (Rating of Perceived Exertion--RPE) เท่ากับ 6-11 และสัปดาห์ที่ 3-4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเพิ่มเป็น ร้อยละ 70-80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย เท่ากับ 12-16 และสัปดาห์ที่ 5-8 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเพิ่มเป็น ร้อยละ 80-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย เท่ากับ 12-16 โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 สร้างความคุ้นเคยในการออกกำลังกายด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจงให้กับกลุ่มตัวอย่าง ระยะเวลา 2 สัปดาห์

3.2 ทดสอบข้อมูลพื้นฐาน เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง (BMI) ประสบการณ์ในการเล่น และทดสอบพลังกล้ามเนื้อ (pre-test)

3.3 นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อพรรณนาข้อมูลพื้นฐาน และพลังกล้ามเนื้อของกลุ่มตัวอย่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8

ตาราง 1

แบบฝึกการออกกำลังกายด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง

สัปดาห์ที่ 1-2 วันจันทร์ วันพุธ และ วันศุกร์	รายละเอียด	HR และ RPE
	อบอุ่นร่างกาย (10 นาที) ออกกำลังกายด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง (40 นาที) - แบบฝึกที่ 1 ทำ Box Jumps Depth Jumps and Medicine ball Overhead Throw - แบบฝึกที่ 2 ทำ Hurdle Jump and Chest Pass - แบบฝึกที่ 3 ทำ Vertical Hurdle Jump and Medicine ball Overhead Throw - แบบฝึกที่ 4 ทำ Power Drop and Ippon seoi nage - แบบฝึกที่ 5 ทำ Russia crunch twist and throw and Ippon seoi nage - แบบฝึกที่ 6 ทำ Back extension and Ippon seoi nage การคลายอุ่น (10 นาที)	- HR 60-70 % of HRmax - RPE (9-11)

3.4 ทดสอบพลังกล้ามเนื้อ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 (ทำการทดสอบหลังการฝึกจนครบ 3 วันของสัปดาห์ที่ 4) และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

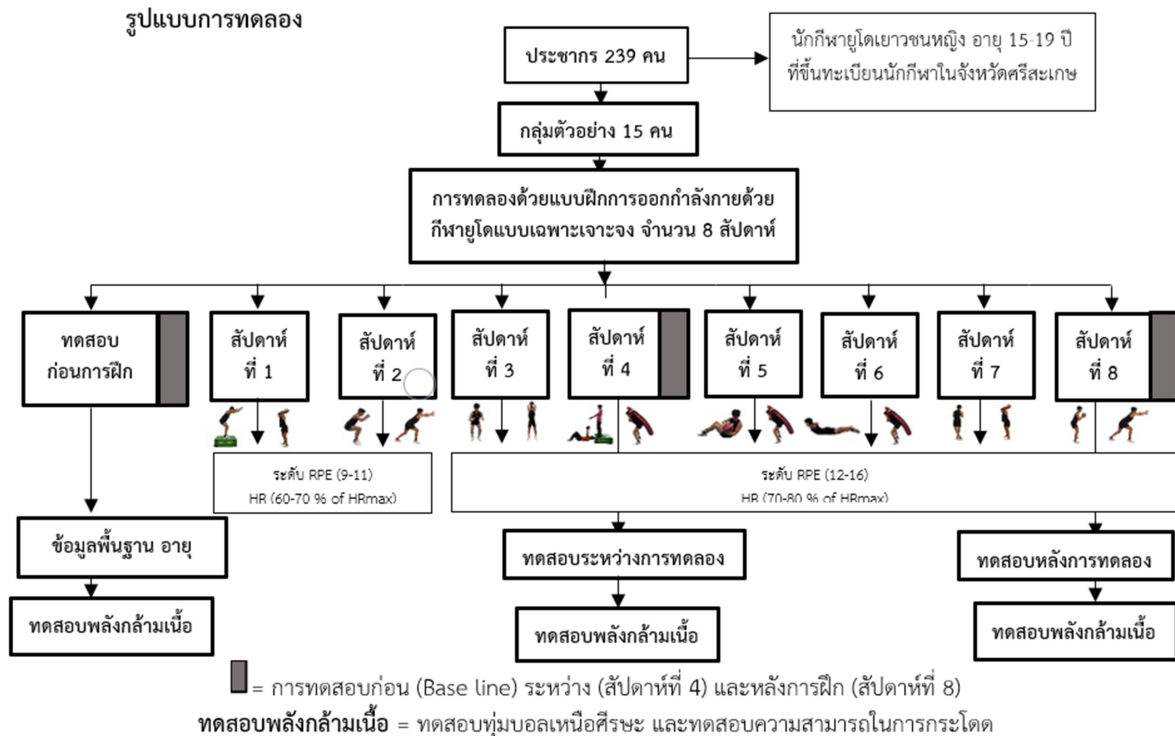
สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อพรรณนาค่า เพศ อายุ แล้วนำเสนอในรูปตารางประกอบความเรียง และสถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ประกอบด้วย วิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังกล้ามเนื้อ ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ถ้าพบมีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และขั้นตอนก่อนการนำสถิติอิงพารามิเตอร์ One-way analysis of variance with repeated measures มาใช้ ผู้วิจัยได้ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติดังกล่าว ถ้าไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นจะเปลี่ยนมาใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ Friedman test ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 1 (ต่อ)

	รายละเอียด	HR และ RPE
สัปดาห์ที่ 3-4 วันจันทร์ วันพุธ และ วันศุกร์	อบอุ่นร่างกาย (10 นาที) ออกกำลังกายด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง(40 นาที) - แบบฝึกที่ 1 ท่า Box Jumps Depth Jumps and Medicine ball Overhead Throw - แบบฝึกที่ 2 ท่า Hurdle Jump and Chest Pass - แบบฝึกที่ 3 ท่า Vertical Hurdle Jump and Medicine ball Overhead Throw - แบบฝึกที่ 4 ท่า Power Drop and Ippon seoi nage - แบบฝึกที่ 5 ท่า Russia crunch twist and throw and Ippon seoi nage - แบบฝึกที่ 6 ท่า Back extension and Ippon seoi nage การคลายอุ่น (10 นาที)	- HR 70-80 % of HRmax - RPE (12-16)
สัปดาห์ที่ 5-8 วันจันทร์ วันพุธ และ วันศุกร์	อบอุ่นร่างกาย (10 นาที) ออกกำลังกายด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะเจาะจง(40 นาที) - แบบฝึกที่ 1 ท่า Box Jumps Depth Jumps and Medicine ball Overhead Throw - แบบฝึกที่ 2 ท่า Hurdle Jump and Chest Pass - แบบฝึกที่ 3 ท่า Vertical Hurdle Jump and Medicine ball Overhead Throw - แบบฝึกที่ 4 ท่า Power Drop and Ippon seoi nage - แบบฝึกที่ 5 ท่า Russia crunch twist and throw and Ippon seoi nage - แบบฝึกที่ 6 ท่า Back extension and Ippon seoi nage การคลายอุ่น (10 นาที)	- HR 70-80 % of HRmax - RPE (12-16)

หมายเหตุ: HR: Heart rate คือ อัตราการเต้นของหัวใจ HRmax คือ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด RPE: Rating of Perceived Exertion คือ การรับรู้การออกแรงของร่างกาย และทำการเพิ่มความหนักในการฝึกโดยการเพิ่มน้ำหนักและความสูงของอุปกรณ์การฝึกขึ้นเรื่อย ๆ

รูปแบบการทดลอง



ภาพ 2 รูปแบบการทดลอง

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในครั้งนี้มีการกระจายอยู่ในโค้งปกติจึงสามารถใช้สถิติแบบ Parametric ได้

จากตาราง 2 พบว่า กลุ่มตัวอย่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 51.93 กิโลกรัม (SD=6.01) ส่วนสูงเฉลี่ย 159.26 เซนติเมตร (SD=4.51) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 20.45 (SD=2.15) ประสบการณ์การเล่นยูโดเฉลี่ย 4.40 ปี (SD=1.18) และมีระดับการแข่งขัน แยกเป็นรายการกีฬานักเรียนนักศึกษาจำนวน 5 คน (ร้อยละ 33.33) และรายการกีฬาเยาวชนแห่งชาติ จำนวน 10 คน (ร้อยละ 66.67)

จากตาราง 3 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธีของ Tukey พบว่า ความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะ

และความสามารถในการกระโดด ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ($p<.001$) ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ($p<.001$) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ($p<.001$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตาราง 4 พบว่า ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียวของความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะและความสามารถในการกระโดด ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีของ Tukey

ตาราง 2

ข้อมูลทางกายภาพ ($n=15$)

ตัวแปร	$\bar{X}$	SD	Min-max
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	51.93	6.01	42.00-60.00
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	159.26	4.51	152.00-169.00
ดัชนีมวลกาย	20.45	2.15	17.03-23.83
ประสบการณ์การเล่นยูโด (ปี)	4.40	1.18	3.00-6.00
ระดับการแข่งขัน	จำนวน		ร้อยละ
- กีฬานักเรียนนักศึกษา	5		33.33
- กีฬาเยาวชนแห่งชาติ	10		66.67

ตาราง 3

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธีของ Tukey ความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะและความสามารถในการกระโดด ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ($n=15$)

การวัด	$\bar{X}$	ก่อน	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8
ความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะ				
ก่อน	501.13	-	27.66*	39.00*
สัปดาห์ที่ 4	528.80		-	11.33*
สัปดาห์ที่ 8	540.13			-

ตาราง 3 (ต่อ)

การวัด	$\bar{X}$	ก่อน	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8
ความสามารถในการกระโดด				
ก่อน	167.53	-	9.60*	21.20*
สัปดาห์ที่ 4	177.13		-	11.60*
สัปดาห์ที่ 8	188.73			-

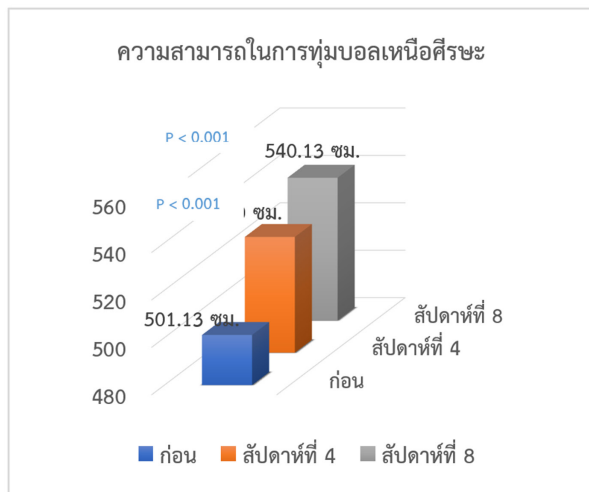
ตาราง 4

ความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะและความสามารถในการกระโดด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 (n=15)

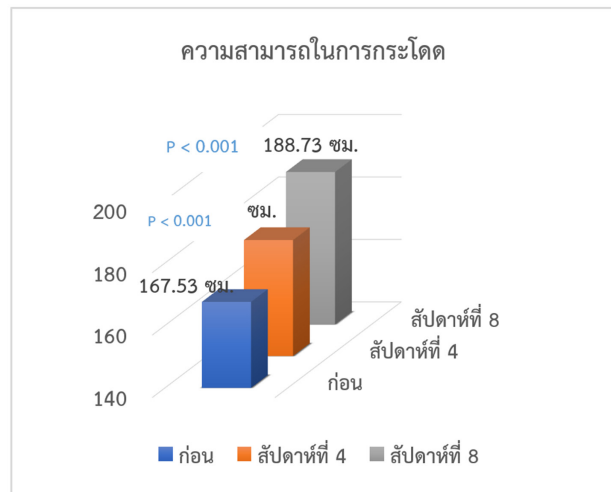
แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะ					
ภายในกลุ่ม	12074.44	1.20	10020.29	15.759	<.001
ความคลาดเคลื่อน	10726.88	16.87	635.85		
รวม	22801.32				
ความสามารถในการกระโดด					
ภายในกลุ่ม	3380.80	2.00	1690.40	49.69	<.001
ความคลาดเคลื่อน	952.53	28.00	34.01		
รวม	4333.33				

จากกราฟที่ 1 และ 2 แสดงความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะและความสามารถในการกระโดด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่

8 เท่ากับ 501.13 528.80 และ 540.13 เซนติเมตร ตามลำดับ และความสามารถในการกระโดด เท่ากับ 167.53 177.13 และ 188.73 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละสัปดาห์ พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



(a)



(b)

ภาพ 3 แสดงความสามารถในการทุ่มบอลเหนือศีรษะและความสามารถในการกระโดด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกกีฬาที่เฉพาะเจาะจงสำหรับนักกีฬาโยโด แสดงให้เห็นว่าพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาเพิ่มขึ้นอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของงานวิจัย ในครั้งนี้ คือ ยังขาดการศึกษาในกลุ่มเปรียบเทียบ และ ควรมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างในชนิดกีฬาประเภทศิลปะ การต่อสู้อื่น ๆ และกีฬาชนิดอื่น ๆ เพื่อหาประสิทธิผล ของโปรแกรมการฝึกกีฬาที่เฉพาะเจาะจงสำหรับนักกีฬา ประเภทศิลปะการต่อสู้ต่อไป

อภิปรายผล

การศึกษาผลของการฝึกด้วยกีฬาโยโดแบบเฉพาะ เจาะจงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาโยโดระดับเยาวชน หญิง พบว่า ผลของการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ทางเดียวของพลังกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย ความสามารถ ในการทุ่มบอลเหนือศีรษะ และความสามารถในการกระ โดด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพลังกล้ามเนื้อ ที่เพิ่มขึ้นนั้น มาจากโปรแกรมการฝึกที่เฉพาะเจาะจงที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นการฝึกผสมผสานกันระหว่างการฝึก แบบพลัยโอเมตริกกับการฝึกโยโด สอดคล้องกับงานวิจัย ของ (Sanan, 2021) ได้ทำการศึกษารื่องผลของโปรแกรม การฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ถุงทรายที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อใน

นักกีฬาโยโดกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครนักกีฬาโยโด กลุ่ม ตัวอย่างได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม การฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ ถุงทรายเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัย พบว่า หลัง การฝึก 8 สัปดาห์ พลังกล้ามเนื้อช่วงบนของร่างกาย แขน กลางลำตัวข้างซ้าย แขนกลางลำตัวข้างขวา และช่วงล่าง ของร่างกาย เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าผลของโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ ถุงทราย สามารถใช้ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อช่วงบนของ ร่างกาย แขนกลางลำตัวข้างซ้าย แขนกลางลำตัวข้างขวา และช่วงล่างของร่างกาย สำหรับนักกีฬาโยโด (Leethira, 1999) ได้ทำการศึกษารื่องผลของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มี ต่อความสามารถในการทุ่มของนักกีฬาโยโดในกลุ่มนักกีฬา โยโด พบว่า การฝึกโปรแกรมโยโดควบคู่กับการฝึกพลัยโอ เมตริกสามารถพัฒนาความเร็วในการทุ่มได้ ประมาณ 0.14 วินาที ซึ่งสำหรับนักกีฬาการเปลี่ยนแปลงเพียงเศษส่วนของ วินาทีย่อมส่งผลต่อการพัฒนาไปสู่ชัยชนะ สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Kostikiadis et al. (2018) ที่พบว่า นักกีฬา ประเภทศิลปะการต่อสู้กลุ่มที่ได้รับการฝึกเพื่อเพิ่มความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังการฝึกมีพลังของกล้ามเนื้อทั้ง uryang ส่วนบนและส่วนล่างเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีพลังในการกระโดด ในท่า Countermovement jump เพิ่มขึ้น ร้อยละ 6-7 และพลังในการทุ่มบอลเหนือศีรษะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 6-11

จากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าหากใช้โปรแกรม การฝึกแบบเฉพาะเจาะจงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเข้ามาฝึกควบคู่

กับโปรแกรมการฝึกซ้อมยูโดทั่วไปซึ่งจะช่วยในการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อได้ดี และสามารถส่งเสริมให้นักกีฬามีประสิทธิภาพของการทุ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ (Burns & Callan, 2017) การฝึกนักกีฬาเพื่อที่จะเกิดพลังหรือความสามารถในการใช้แรงได้สูงสุดในเวลาอันสั้นที่สุดที่สามารถจะเป็นไปได้ นั่นคือการใช้ความหนัก (intensity) 30% และ 40% ของ 1RM ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในโปรแกรมการฝึก การเคลื่อนไหวของร่างกายในแต่ละแบบฝึกต้องมีลักษณะเร็วแรง เพื่อกระตุ้นการระดมหน่วยยนต์ (motor unit recruitment) โดยเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวเร็วเซลล์ประสาทยนต์ (motor neurons) มีความอดทนที่เพิ่มขึ้นในการเพิ่มความถี่ของการปล่อยกระแสประสาทให้มีความสอดคล้องกันมากขึ้นของหน่วยยนต์ (motor unit) กับรูปแบบของการปล่อยกระแสประสาทส่งการไปยังกล้ามเนื้อให้ทำงานโดยใช้จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นในระยะเวลานั้น และเกิดการทำงานประสานกันภายในกล้ามเนื้อ (intramuscular coordination) มีการทำงานประสานกันมากขึ้นระหว่างปฏิกิริยาเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อ (inhibitory reaction) ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ของระบบประสาทส่วนกลางมีการพัฒนาการทำงานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ทำงานร่วมกัน (intermuscular coordination) ระหว่างกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการหดตัวออกแรง (agonistic muscles) กับกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงกันข้ามซึ่งทำหน้าที่สำหรับ การคลายตัว (antagonistic muscles) เป็นผลทำให้กล้ามเนื้อหดตัวออกแรงได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ (Phidet, 2018) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีต่อความแข็งแรงและ

พลังกล้ามเนื้อของรยางค์ส่วนบนในนักกีฬาโอลิมปิกเยาวชนชาย ผลการศึกษาพบว่า การฝึกแบบใช้แรงต้านของกล้ามเนื้อของรยางค์ส่วนบน สามารถพัฒนาได้ทั้งความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อของรยางค์ส่วนบนของนักกีฬาโอลิมปิกเยาวชนชายได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้ผลจากการวิจัย

1.1 ครูพลศึกษา ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา หรือผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อประโยชน์มากที่สุดและเป็นแนวทางในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬา

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาและควรมีการทดลองกับกีฬาชนิดอื่น ๆ

2.2 ควรมีการศึกษาระยะยาวของโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจงให้ครอบคลุมความหนักของการออกกำลังกายทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับความหนักต่ำ ระดับความหนักปานกลาง และระดับความหนักสูงสุด ต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ

2.3 ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ รวมทั้งมีกลุ่มควบคุม และกลุ่มเปรียบเทียบเพื่อดูประสิทธิภาพของผลการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยกีฬายูโดแบบเฉพาะเจาะจง



References

- Burns, A., & Mike, C. (2017). *Strength and conditioning for Judo*. October 4, 2017. Paperback the Crowood. Retrieved from <https://www.amazon.co.uk/Strength-Conditioning-Judo-Andy>.
- Chaopanich, K. (2008). *Effects of Judo training in conjunction with medicine ball training and Judo training in conjunction with Resistance training on the throwing ability of judo athletes* (Master's thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University.

- Franchini, E., Sterkowicz, S., Meira, C. M., Gomes, F. R., & Tani, G. (2018). Technical variation in a sample of high level judo players. *Percept. Mot. Skills*, 106(3), 859–869.
<https://doi.org/10.2466/pms.106.3.859-869>
- Hirunrat, S. (1996). *Physical and athletic performance*. Bangkok: School of Medicine Capture Orescent Celebrations and Physical Therapy Faculty of Medicine Siriraj Hospital Mahidol University. (in Thai)
- Jansuprom, C. (2013). *Effects of resistance training and specific movement on muscular power and agility in badminton athletes* (Master's thesis). Bangkok: Kasetsart university. (in Thai)
- Jirawatkul, A. (2017). *Biostatistics for health science research* (2nd ed.). Khon Kean: Department of Statistics and Demographics. (in Thai)
- Khemthong, A. (2022). Psychological characteristics of football players pre-match period: The coping skills. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 16(3), 15–27. (in Thai)
- Kostikiadis, I. N., Methenitis, S., Tsoukos, A., Veligekas, P., Terzis, G., & Bogdanis, G. C. (2018). The effect of short-term sport-specific strength and conditioning training on physical fitness of well-trained mixed martial arts athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(3), 348–358.
<https://www.jssm.org/volume17/iss3/cap/jssm-17-348.pdf>.
- Krabuanrat, J. (2001). *Muscle training by lifting weights*. Bangkok: Department of Physical Education Faculty of Education Kasetsart University.(in Thai)
- Leethira, B. (1999). *Effects of plyometric training on throwing ability of athletes Judo* (Master's thesis). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Phidet, J. (2018). *Effects of plyometric training on muscles power and strength of upper extremities in male youth volleyball players* (Master's thesis). Chaingmai: Chiang Mai Rajabhat University. (in Thai)
- Samnuan, P. (2021). The effect of a sand bag training program on muscle power in judo athletes. *Journal of Health Education, Physical Education and Recreation*, 47(1), 102.
<https://doi.org/10.3390/ijerph1922215009>
- Sanan, P. (2021). The effect of a sand bag training program on muscle power. in judo athletes. *Journal of Health Education, Physical Education and Recreation*, 47(1), 102. (in Thai)
- Sports Authority of Thailand. (2022). *Sports authority*. Retrieved from http://reg.sat.or.th/search/?fbclid=IwAR2qNZl0B5x5uuCmqp7OkwSk_EsBOMRR4qWZoK0SXWwaNTU4ATbq3RJeVkm. (in Thai)



การศึกษาอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าของเด็กประถมศึกษาในจังหวัดนครราชสีมา

Study of Accidents from Playing Swing of Primary Students in Nakhon Ratchasima Province

บุญยณัฐ จงเจริญใจ² ภาคิน อัตตวิริยะสุวรร¹ และพรศิริ จงกล¹

Poonyanuch Chongjaroenjai², Phakin Attawiriyasuworn¹ and Pornsiri Jongkol¹

¹สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

¹Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

²สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

²Institute of Medicine, Suranaree University of Technology

Received: October 6, 2022

Revised: November 25, 2022

Accepted: December 1, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า (2) เพื่อศึกษาอุปสรรคและปัญหาที่พบของเด็กในขณะเล่นชิงช้า และ (3) เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะในการลดการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บของเด็กจากการเล่นชิงช้า ระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่ มกราคม 2565–มีนาคม 2565 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนี้ คือ เด็กอายุ 7-12 ปีจำนวน 400 คน ภายในจังหวัดนครราชสีมา เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามในการรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้า และพฤติกรรมการเล่นชิงช้า การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า (1) เด็กส่วนใหญ่เล่นชิงช้า 5 วัน/สัปดาห์ แนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้นตามอายุ (2) การเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่ คือ การพลัดตกจากชิงช้า คิดเป็นร้อยละ 68.38 สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุได้แก่ ขนาดที่นั่งที่ไม่เหมาะสม การเล่นที่ผิดวิธี และการหยอกล้อหรือแกล้งกันระหว่างเล่น ลักษณะอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ แผลถลอก คิดเป็นร้อยละ 38.02 รองลงมา คือ แผลฟกช้ำ คิดเป็นร้อยละ 12.39 (3) ปัญหาที่เด็กส่วนใหญ่พบขณะเล่นชิงช้า คือ พื้นที่นั่งแคบเกินไปคิดเป็นร้อยละ 27.84 และพื้นที่นั่งลื่น คิดเป็นร้อยละ 27.84 เช่นเดียวกัน เนื่องจากชิงช้าส่วนใหญ่เป็นโลหะ เมื่ออากาศชื้นจึงทำให้พื้นที่นั่งมีความลื่น ส่วนอุปสรรคของร่างกายต่อการเล่นชิงช้าที่พบในเด็ก 7-8 ปี คือ ไม่มีแรงในการเหวี่ยงชิงช้า ข้อเสนอแนะเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บของเด็กจากการเล่นชิงช้า คือ ใช้วัสดุที่ไม่มีคมในการทำที่นั่งและออกแบบขนาดให้รองรับกับสัดส่วนของเด็ก รวมถึงจัดวางชิงช้าให้ห่างจากทางเดินและเครื่องเล่นอื่น เพื่อลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าของเด็ก

คำสำคัญ: ชิงช้า อุบัติเหตุ เด็ก

Abstract

This study is based on survey research. The objectives of this study were: (1) to study accidents and injuries in children caused by playing swing; (2) to study threats and problems faced by children during playing swing; and (3) to propose recommendations for reducing accidents and injuries from playing swing. The study period was January to March of 2022. Participants were 400 children with ages ranging from 7 to 12 in Nakhon Ratchasima province. The tool used was a set of questionnaires, which were used to collect data on accidents during swing and behavior. Descriptive statistics were used to analyze the data. The results are as follows: first, most children played swing five days per week, and the number of accidents increased with age. Second, the most common accident was falling off the swing (68.38%), and causes of accidents were an inappropriate size of the swing seat, incorrect play, and teasing on the swing. The most common type of injury found was an abrasion (38.02%), followed by a bruise (12.39%). Third, the most serious problem found was a slippery seat (27.84%) and a small seat (27.84%). Most swing parts were made of metal. The swing seat became more slippery because of the humidity in the air. Lack of strength for driving a swing was a major obstacle for children aged 7–8 years old. As recommendations from this study, basic swing design guidelines included using materials with no sharp points for the swing seat, designing swing dimensions to accommodate children's anthropometry, keeping distance from the swing to the walk way, and other playground equipment for reducing the chance of accident.

Keywords: Swing, Accident, Children



บทนำ

อุบัติเหตุและการบาดเจ็บเป็นสาเหตุหลักของการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของเด็กในวัยเรียน จากสถิติพบว่าร้อยละ 20-30 ของการบาดเจ็บของเด็กในวัยเรียนเกิดขึ้นที่โรงเรียน ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีเด็กที่ได้รับบาดเจ็บที่โรงเรียนประมาณปีละ 3.7 ล้านคน Sosnowska and Kostka (2003) ในการเกิดอุบัติเหตุแต่ละครั้งนอกจากจะทำให้ร่างกายได้รับบาดเจ็บแล้ว ยังมีผลต่อสภาพจิตใจ เช่น เกิดความวิตกกังวล ตกใจ กลัว และอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของเด็กหยุดชะงักหรือล่าช้าได้ (Chivanon, 2016) นอกจากนี้แล้วยังทำให้เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายที่นับเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปีของประเทศชาติและยังเป็นสาเหตุให้เกิดการตายของเด็กในปัจจุบัน อุบัติเหตุส่วนใหญ่จะเกิดจากความประมาท ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ (Shupmahasan & Sirisuwan, 2020)

นอกจากนี้แล้วสภาพแวดล้อมเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งของอุบัติเหตุ (Phetliap et al., 2020) การป้องกันอุบัติเหตุอย่างมีประสิทธิภาพทำได้โดยการกำจัดการกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย (Sonsong & Suttisong, 2017)

National Institute for Emergency Medicine (2017) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอาการเจ็บป่วยฉุกเฉินและอุบัติเหตุทั้งหมดของเด็กอายุระหว่าง 1- 15 ปี ตลอดปี พ.ศ. 2559 สถิติแสดงให้เห็นว่า มีเด็กเจ็บป่วยฉุกเฉินทั้งสิ้น 156,525 คน โดยเป็นการเจ็บป่วยฉุกเฉินจากอุบัติเหตุการพลัดตกหกล้ม 15,245 คน สนามเด็กเล่นเป็นแหล่งเรียนรู้ที่อาจมีโทษแก่เด็ก หากมีอุปกรณ์ที่ขาดคุณภาพหรือไม่ได้มาตรฐาน (Junthepa & Nathapindhu, 2012) นอกจากนี้จากข้อมูลของสถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว ร่วมกับศูนย์วิจัยเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัย

ในเด็ก รพ.รามาริบัติ พบว่า ในแต่ละปีมีเด็กที่ได้รับบาดเจ็บและประสบอุบัติเหตุจากสนามเด็กเล่น ไม่ต่ำกว่าปีละ 34,000 คน ซึ่งสาเหตุอันดับ 1 เกิดจากเครื่องเล่นล้มทับ เพราะไม่ได้ยึดติดฐานราก และอีกหนึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้เด็กได้รับอันตรายจนถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิต คือพลัดตกจากที่สูง ศีรษะกระแทกพื้น (CSIP, 2018)

RoSPA (2022) ได้รายงานอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับเด็กในสนามเด็กเล่นในประเทศอังกฤษประมาณปีละ 40,000 คน สาเหตุของการบาดเจ็บและเกิดอุบัติเหตุขึ้นเนื่องจากการจัดการได้แก่ (1) เครื่องเล่นสำหรับเด็กที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน (2) การออกแบบการจัดวางที่ไม่เหมาะสม (3) ลักษณะของเครื่องเล่นไม่เหมาะสมกับวัยของเด็ก (4) การติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง และ (5) การตรวจสอบและการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้สาเหตุอื่นเนื่องจากผู้ใช้งาน ได้แก่ (1) การขาดการกำกับดูแล (2) การใช้เครื่องเล่นที่ผิดวิธี (3) เสื้อผ้าไม่เหมาะสม และ (4) สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม เครื่องเล่นที่มักเกิดอุบัติเหตุพลัดตกของเด็ก ได้แก่ ชิงช้าร้อยละ 40 เครื่องเล่นปีนป่ายร้อยละ 23 กระดานลื่นร้อยละ 21 เครื่องเล่นม้าหมุนร้อยละ 5 กระดานหกร้อยละ 4 เสาผจญเพลิงร้อยละ 1 และอื่นๆร้อยละ 6

จากการรวบรวมสถิติข้อมูลเกี่ยวกับอาการเจ็บป่วยฉุกเฉินและอุบัติเหตุทั้งหมดของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (2560) ในเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีเด็กเจ็บป่วยฉุกเฉินและประสบอุบัติเหตุทั้งสิ้น 87,456 คน จากจำนวนดังกล่าวนี้เป็นการเจ็บป่วยฉุกเฉินจากอุบัติเหตุการพลัดตกหกล้ม 7,619 คน ในปี พ.ศ. 2557 มีเด็กเจ็บป่วยฉุกเฉินและประสบอุบัติเหตุทั้งสิ้น 129,002 คน เป็นการเจ็บป่วยฉุกเฉินจากอุบัติเหตุการพลัดตกหกล้ม 13,587 คน และในปี พ.ศ. 2559 พบว่า มีเด็กเจ็บป่วยฉุกเฉินและประสบอุบัติเหตุทั้งสิ้น 156,525 คน เป็นการเจ็บป่วยฉุกเฉินจากอุบัติเหตุการพลัดตกหกล้ม 15,245 คน จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นแนวโน้มว่า มีอุบัติเหตุในเด็กสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี โดยในแต่ละปีนั้นมีเด็กที่ได้รับบาดเจ็บและประสบอุบัติเหตุจากสนามเด็กเล่น ไม่ต่ำกว่าปีละ 34,000 คน

Şensoy and İnceoğlu (2015) ได้ศึกษาแนวความคิดความสัมพันธ์ระหว่างเด็ก การเล่น และสนามเด็กเล่นในประเทศตุรกี และเสนอแนะปัจจัยในการส่งเสริม

คุณภาพของการออกแบบสนามเด็กเล่นในเชิงวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมดังนี้ (1) การทำงานร่วมกันของผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ (2) ตำแหน่งของสนามเด็กเล่น (3) ความปลอดภัย (4) ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (5) ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (6) ความหลากหลายของเครื่องเล่น (7) การดูแลและการซ่อมบำรุง (8) สุขภาวะ (9) ความยืดหยุ่น (10) สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (11) สภาพอากาศ (12) การบ่งบอกข้อมูล และ (13) การออกแบบอย่างเท่าเทียม Keković et al. (2019) ได้ระบุปัจจัยทางวิศวกรรมที่มีผลต่อความปลอดภัยของเด็กที่เล่นในสนามเด็กเล่นในประเทศเซอร์เบีย ได้แก่ การเข้าถึงได้ของส่วนต่างๆ ของสนามเด็กเล่น คุณภาพของเครื่องเล่น ชนิดของวัสดุที่ใช้ในแง่ของความทนทาน ความไม่เป็นพิษ รวมถึง การแบ่งกลุ่มเด็กตามอายุ กิจกรรมที่สร้างข้อขัดแย้ง ป้ายหรือฉลากที่มองเห็นได้และการดูแล การเว้นพื้นที่ห่างระหว่างเครื่องเล่นแต่ละชนิด และชนิดของผิวที่ใช้ในสนามเด็กเล่นล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความปลอดภัยของเด็ก Sansakorn et al. (2022) ศึกษาความปลอดภัยของสนามเด็กเล่นในสวนสาธารณะและความเสี่ยงของเด็กในจังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า ข้อเสียของเครื่องเล่น คือ การเลือกใช้วัสดุในการสร้างเครื่องเล่น ระยะห่างระหว่างชั้นบันได และความสูงของเครื่องเล่น อีกทั้งเด็กส่วนใหญ่ขาดความตระหนักในการใช้เครื่องเล่นอย่างปลอดภัย นอกจากนี้ความเสี่ยงสูงสุด 3 อันดับแรกในพฤติกรรมการเล่น คือ การไม่ตรวจสอบเครื่องเล่นก่อนเล่น การเล่นเครื่องเล่นแบบเสี่ยง และการเล่นเครื่องเล่นกับเพื่อนแบบประมาท

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งต่างประเทศและในประเทศพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ด้านปัจจัยที่มีผลต่ออันตรายหรือความปลอดภัยของเด็กระหว่างการเล่นในสนามเด็กเล่น แต่ยังขาดองค์ความรู้ด้านลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการเล่นชิงช้าซึ่งเป็นเครื่องเล่นที่เกิดอุบัติเหตุมาก (Bunma et al., 2017; Junthepa & Nathapindhu, 2012)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาลักษณะการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กวัย 7-12 ปี ที่เกิดจากการเล่นชิงช้า ลักษณะของชิงช้า รวมทั้งปัญหาในขณะที่เล่นชิงช้า ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด ผลที่ได้จะนำไปสู่การวิเคราะห์และการนำ

เสนอแนวทางในการแก้ไขเครื่องเล่นชิงช้าและพื้นที่รองรับการเล่นชิงช้า ซึ่งจะเป็นส่งผลต่อการลดการบาดเจ็บและอุบัติเหตุของเด็ก และให้เด็กได้เจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ปลอดภัย และเป็นกำลังหลักของประเทศชาติต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดอุบัติเหตุและอาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า
- 2) เพื่อศึกษาอุปสรรคและปัญหาที่พบของเด็กในขณะเล่นชิงช้า
- 3) เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะในการลดการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บของเด็กจากการเล่นชิงช้า

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเล่นสนามสาธารณะประเภทชิงช้า ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเล่นสนามสาธารณะเล่ม 1 ชิงช้า ข้อกำหนดเฉพาะเพิ่มเติมด้านความปลอดภัยและวิธีทดสอบมาตรฐานเลขที่ มอก. 3000 เล่ม 1-2562 นอกจากนี้คณะกรรมการวิชาการคุ้มครองความปลอดภัยของสนามเด็กเล่นอุปกรณ์เครื่องเล่นสนาม และอุปกรณ์ออกกำลังกายสนามได้จัดทำคู่มือสนามเด็กเล่นปลอดภัย เพื่อกำหนดความปลอดภัยของสนามเด็กเล่นและอุปกรณ์เครื่องเล่น เช่น ชิงช้าแกว่งหน้าหลัง (To-Fro Single Axis Swing) ซึ่งมีเนื้อหาโดยสรุป ดังนี้

ตำแหน่งที่ตั้ง (placement) จะต้องตั้งในตำแหน่งที่ห่างจากเครื่องเล่นอื่นและทางสัญจร (circulation area) และจะต้องไม่เชื่อมติดกับโครงสร้างเครื่องเล่นรวม การออกแบบโครงสร้างรองรับ (support structure) ต้องไม่ทำให้ปั่นป่วนได้และต้องไม่มีผิวพื้นตกแต่ง (designated play area)

ในส่วนของที่นั่ง (seat) นั้น กำหนดให้ช่วงระหว่างเสาชิงช้า (swing bay) ในหนึ่งช่อง มีที่นั่งได้ไม่เกิน 2 ที่นั่ง แต่ไม่จำกัดจำนวนช่องระหว่างเสาชิงช้าในโครงสร้าง

หนึ่ง โดยมีที่นั่งหนึ่งที่ต่อผู้เล่นหนึ่งคน ที่นั่งจะต้องมีผิวราบเรียบและของโค้งมน ไม่ควรใช้ที่นั่งแบบแข็งและมีน้ำหนัก เช่น วัสดุที่ทำจากไม้หรือโลหะ

ตัวแขวน (hanger) ตัวแขวนจะต้องมีตัวรองลื่น (bearing) ตัวรองแกน (bushing) หรือวิธีการใดที่ลดการเสียดทานหรือฉีกขาดของพื้นผิวหรือวัสดุที่เคลื่อนไหว ณ ตำแหน่งจุดเดือยหมุนเมื่อมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ

ระยะปลอด (clearance) หากไม่ได้ระบุไว้ ที่นั่งแบบ Belt Seat จะต้องนั่งได้โดยผู้เล่นที่อายุมากที่สุด ซึ่งที่นั่งต้องรับน้ำหนักได้ 55.4 กิโลกรัม เพื่อความกว้างของสะโพกขนาด 33.3 ซม. ระยะห่างแนวระนาบระหว่างที่นั่งที่ติดกันของชิงช้าแกว่งหน้า-หลัง จะต้องไม่น้อยกว่า 60.0 ซม. เมื่อวัดจากพื้นผิวปลอดภัยขึ้นมา 1.50 ม.

ระยะห่างแนวระนาบระหว่างโครงสร้างรองรับและที่นั่งที่อยู่ใกล้ จะต้องไม่น้อยกว่า 76.0 ซม. เมื่อวัดจากขึ้นมา 1.50 ม. ระยะห่างแนวระนาบระหว่างจุดสองจุดที่ยึดติดกับตัวแขวนจะต้องมีค่ามากกว่าความกว้างของที่นั่ง ซึ่งเมื่อนั่งโดยผู้เล่นที่อายุน้อยที่สุด โดยที่นั่งต้องรับน้ำหนักได้ 11.3 กิโลกรัม เพื่อความกว้างของสะโพกขนาด 17.0 ซม. แต่ทั้งนี้ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่ยึดติดกับตัวแขวนดังกล่าวต้องไม่น้อยกว่า 50.0 ซม. ระยะการตก (the fall height) ของชิงช้าแกว่งหน้า-หลัง คือ ระยะระหว่างจุดเดือยหมุนถึงพื้นผิวปลอดภัย

วิธีการเล่นเครื่องเล่นชิงช้ามี ดังนี้ (1) หันหลังเข้าหาที่นั่งแล้วหย่อนก้นลงบนที่นั่ง (2) จับโซ่ทั้งสองข้างให้แน่น (3) ใช้เท้าออกแรงผลักตัวไปด้านหน้าแล้วยกเท้าให้ชิงช้าแกว่งมาทางด้านหน้า (4) หากต้องการให้ชิงช้าแกว่งเร็วขึ้น ให้เอนตัวไปด้านหน้า-ด้านหลังเล็กน้อยตามจังหวะการแกว่ง

วิธีหยุดเล่น มีดังนี้ (1) ทำตัวนิ่ง ๆ ตรง ๆ ปล่อยให้ชิงช้าลดความเร็วลง (2) เมื่อชิงช้าหยุด ให้วางเท้าที่พื้นแล้วลุกขึ้นยืน (3) เดินตรงออกมาทางด้านหน้าของชิงช้า (4) ห้ามเดินตัดออกทางข้างทันที (Sub-Committee on Protection of Playground and its equipment and devices, 2008)

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปร ดังนี้ (1) ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้า (2) อาการบาดเจ็บของเด็กที่เกิดจากการเล่นชิงช้า (3) อุปสรรคและปัญหาที่พบของเด็กในขณะเล่นชิงช้า เพื่อนำไปสู่การจัดทำข้อเสนอแนะในการลดการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บของเด็กจากการเล่นชิงช้า

วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) ทบทวนวรรณกรรม และสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล
- 2) ติดต่อโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมา และทำหนังสือเชิญชวนเด็กเข้าร่วมงานวิจัย
- 3) เก็บข้อมูลแบบสอบถามจากเด็กอายุ 7-12 ปี ตามโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง
- 4) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และอภิปรายผล
- 5) นำผลการสอบถามและสำรวจพื้นที่มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการจัดทำข้อเสนอแนะ โดยการระดมความคิดของคณะนักวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้คือ เด็กอายุตั้งแต่ 7-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลจากระบบสถิติประชากรทางการทะเบียนราษฎร ปี 2564 พบว่าจำนวนเด็กอายุตั้งแต่ 7-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา เท่ากับ 182,503 คน เมื่อคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยอาศัยหลักสถิติของ Yamane (1967) ที่ระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 400 คน วิธีการชักตัวอย่างของแต่ละโรงเรียน คือ ใช้จำนวนเด็กทุกคนในแต่ละโรงเรียน สูตรและการแทนค่า

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

$$n = \frac{182,503}{1+(182,503 \times (0.05)^2)}$$

$$n = 399.1252$$

$$n \approx 400$$

งานวิจัยนี้ดำเนินการในช่วงสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา ซึ่งพื้นที่ต่าง ๆ มีมาตรการที่เข้มงวด และไม่อนุญาตให้บุคคลภายนอกเข้าพื้นที่ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงเรียนที่เปิดการสอนแบบออนไลน์และผู้นำชุมชนอนุญาตให้เข้าพื้นที่ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้โรงเรียน 4 โรงเรียน เป็นตัวแทนโรงเรียนในจังหวัดนครราชสีมาในช่วงสถานการณ์ดังกล่าว ดังนี้

- 1) โรงเรียนบ้านธารปราสาท ตำบลธารปราสาท อำเภอโนนสูง มีเด็กที่เข้าร่วมจำนวน 86 คน
- 2) โรงเรียนบ้านพิชิตเคhrenทร์ ตำบลโชคชัย อำเภอโชคชัย มีเด็กที่เข้าร่วมจำนวน 156 คน
- 3) โรงเรียนบ้านชีตุ่น (แหล่งจะหลุง) ตำบลแหล่งจะหลุง อำเภอโชคชัย มีเด็กที่เข้าร่วมจำนวน 121 คน
- 4) โรงเรียนบ้านโกรกเดือนห้า ตำบลสุนารี อำเภอเมือง มีเด็กที่เข้าร่วมจำนวน 37 คน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย (inclusion criteria) คือ กลุ่มอาสาสมัครต้องเป็นเด็กอายุ 7-12 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยให้จำนวนอาสาสมัครในแต่ละเพศมีความใกล้เคียงกัน เท่าที่จะเป็นไปได้ และ เกณฑ์การคัดออกผู้เข้าร่วมการวิจัย (exclusion criteria) คือ กลุ่มเด็กที่ป่วย เช่น ปวดศีรษะ เป็นไข้ ท้องเสีย มีโรคประจำตัว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษารั้ครั้งนี้ใช้แบบสอบถามและแบบสำรวจเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

- 1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ และอายุ
- 2) แบบสอบถามข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในการใช้งานชิงช้า ได้แก่ ความถี่ในการเล่น จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ และลักษณะอาการบาดเจ็บ

3) แบบสอบถามข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานชิงช้า ได้แก่ ปัญหาที่พบขณะใช้งานชิงช้าและอุปสรรคของร่างกายต่อการเล่นชิงช้า

4) แบบสำรวจข้อมูลชิงช้าในพื้นที่ตัวอย่าง ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้ง ระยะปลอดภัย วัสดุของชิงช้า พื้นผิวและสิ่งกีดขวางโดยรอบ

นอกจากนี้แล้ว เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม งานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยการวัดค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งได้ค่า Index of item-Objective Congruence--IOC ได้ค่าเท่ากับ 0.833 และวัดค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีสอบซ้ำได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.740

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการในช่วงเดือนมกราคม 2565-มีนาคม 2565 ก่อนการเก็บข้อมูล งานวิจัยได้ทำการขอจริยธรรมในมนุษย์ รหัสโครงการ EC-65-0005 เด็กที่เข้าร่วมงานวิจัยได้รับทราบถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและวิธีการดำเนินการทดลองแล้วลงชื่อในหนังสือแสดงเจตนายินยอม จากนั้นจึงได้ตอบแบบสอบถามในเรื่องข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการเกิด อุบัติเหตุในการใช้งานชิงช้า และข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานชิงช้า ตามลำดับ

ลักษณะการเก็บข้อมูลเป็นการถามคำถามและให้เด็กตอบ โดยใช้ข้อคำถามจากแบบสอบถาม และนัก

วิจัยเป็นผู้บันทึกคำตอบ ซึ่งเปิดโอกาสให้เด็กได้อธิบายเกี่ยวกับการเล่น อุบัติเหตุ และปัญหาที่พบ โดยโรงเรียนให้ความอนุเคราะห์รวบรวมเด็กเพื่อให้ นักวิจัยได้เก็บข้อมูลในโครงการนี้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าผลรวม และค่าร้อยละ

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

ผลการวิเคราะห์เพศและอายุของกลุ่มตัวอย่างพบว่า จากจำนวนทั้งหมด 400 คน แบ่งออกเป็นเพศชาย 201 คน และเพศหญิง 199 คน เมื่อแบ่งตามอายุพบว่า กลุ่มอายุ 7 ปีมีจำนวน 62 คน แบ่งเป็นเพศชาย 30 คน และเพศหญิง 32 คน กลุ่มอายุ 8 ปีมีจำนวน 75 คน แบ่งเป็นเพศชาย 40 คนและเพศหญิง 35 คน กลุ่มอายุ 9 ปีมีจำนวน 78 คน แบ่งเป็นเพศชาย 41 คนและเพศหญิง 37 คน กลุ่มอายุ 10 ปี มีจำนวน 70 คน แบ่งเป็นเพศชาย 35 คนและเพศหญิง 35 คน กลุ่มอายุ 11 ปีมีจำนวน 75 คน แบ่งเป็นเพศชาย 35 คนและเพศหญิง 40 คน กลุ่มอายุ 12 ปี จำนวน 40 คน แบ่งเป็นเพศชาย 20 คนและเพศหญิง 20 คน ดังแสดงในตาราง 1 โดยกลุ่มอายุ 9 ปีมีจำนวนมากที่สุด ในขณะที่กลุ่มอายุ 12 ปีมีจำนวนมากที่สุด

ตาราง 1

จำนวนเด็กจำแนกตามเพศและอายุ

เพศ	อายุ						รวม
	7	8	9	10	11	12	
ชาย	30	40	41	35	35	20	201
หญิง	32	35	37	35	40	20	199
รวม	62	75	78	70	75	40	400
ร้อยละ	15.50	18.75	19.50	17.50	18.75	10.00	100.00

2. ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้า

2.1 ความถี่ในการเล่นชิงช้า

ผลจากการสอบถามความถี่ในการเล่นชิงช้าของเด็กอายุ 7-12 ปี จำนวน 400 คน พบว่า มีเด็กไม่เล่นชิงช้า จำนวน 62 คน (ร้อยละ 22.75) เล่นชิงช้า 1 วัน/สัปดาห์ จำนวน 67 คน (ร้อยละ 8.25) เล่นชิงช้า 2 วัน/สัปดาห์ จำนวน 79 คน (ร้อยละ 17.00) เล่นชิงช้า 3 วัน/สัปดาห์ จำนวน 68 คน (ร้อยละ 19.75) เล่นชิงช้า 4 วัน/สัปดาห์ จำนวน 33 คน (ร้อยละ 16.75) เล่นชิงช้า 5 วัน/สัปดาห์ จำนวน 91 คน (ร้อยละ 15.50) ดังแสดงตามตาราง 2

2.2 จำนวนการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้า

ผลการสอบถามจำนวนการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้า (ตาราง 3) พบว่า มีเด็กไม่เคยเกิดอุบัติเหตุจำนวน 217 คน (ร้อยละ 64.20) เกิดอุบัติเหตุ 1 ครั้ง จำนวน 67 คน (ร้อยละ 19.82) เกิดอุบัติเหตุ 2 ครั้ง จำนวน 32 คน (ร้อยละ 9.47) เกิดอุบัติเหตุ 3 ครั้ง จำนวน 17 คน (ร้อยละ 5.03) เกิดอุบัติเหตุ 3 ครั้งขึ้นไป จำนวน 5 คน (ร้อยละ 1.48) ผลจากการทดสอบความแปรปรวน พบว่า เพศไม่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุของเด็กขณะเล่นชิงช้า (P-Value เท่ากับ 0.53)

2.3 ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้า

ผลจากการสอบถามลักษณะการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้า พบว่า มีเด็กพลัดตกจากชิงช้า จำนวน 93 คน (ร้อยละ 63.38) ถูกเครื่องเล่นชนหรือกระแทก จำนวน 32 คน (ร้อยละ 23.53) ถูกชิงช้าชำรุดทำให้บาดเจ็บ จำนวน 8 คน (ร้อยละ 5.88) และอื่น ๆ จำนวน 3 คน (ร้อยละ 2.21) ดังแสดงในตาราง 4

ผลรวมของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่ปรากฏในตาราง 3 ไม่เท่ากับ ผลรวมของลักษณะการเกิดอุบัติเหตุในตาราง 4 เนื่องจากเด็กบางคนที่เกิดอุบัติเหตุมากกว่า 1 ครั้ง จะมีลักษณะการเกิดอุบัติเหตุมากกว่า 1 แบบ

นอกจากนี้เด็กได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ สาเหตุของการพลัดตกจากชิงช้า ได้แก่ การเล่นที่ผิดวิธีของเด็ก และการหยอกล้อหรือแกล้งกันระหว่างเล่น

2.4 ลักษณะอาการบาดเจ็บจากการเล่นชิงช้า

ผลจากการสอบถามลักษณะอาการบาดเจ็บจากการเล่นชิงช้า พบว่า เด็กไม่มีอาการบาดเจ็บจากการเกิดอุบัติเหตุ จำนวน 46 คน (ร้อยละ 38.02) เป็นแผลฟกช้ำ จำนวน 15 คน (ร้อยละ 12.39) แผลถลอก จำนวน 46 คน (ร้อยละ 38.02) แผลฉีกขาด จำนวน 11 คน (ร้อยละ 9.09) และอื่น ๆ ได้แก่ จุกท้อง จำนวน 1 คน ปวดตามร่างกาย จำนวน 2 คน ดังแสดงตามตาราง 5

ตาราง 2

จำนวนความถี่ในการเล่นชิงช้าของกลุ่มตัวอย่าง

ความถี่ในการเล่นชิงช้า (วัน/สัปดาห์)	อายุ						รวม	ร้อยละ
	7	8	9	10	11	12		
5	9	18	22	20	11	11	91	22.75
4	3	7	5	5	6	7	33	8.25
3	11	12	17	12	13	3	68	17.00
2	15	16	11	12	17	8	79	19.75
1	11	14	15	9	14	4	67	16.75
ไม่เล่นชิงช้า	13	8	8	12	14	7	62	15.50

ตาราง 3

จำนวนการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้าของกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ขณะเล่นชิงช้า (ครั้ง)	อายุ						รวม	ร้อยละ
	7	8	9	10	11	12		
ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ	35	48	49	39	32	14	217	64.20
1	11	12	13	12	14	5	67	19.82
2	3	5	6	4	9	5	32	9.47
3	0	2	0	3	4	8	17	5.03
3 ครั้งขึ้นไป	0	0	2	0	2	1	5	1.48

ตาราง 4

จำนวนลักษณะการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้าของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ ขณะเล่นชิงช้า	อายุ						รวม	ร้อยละ
	7	8	9	10	11	12		
พลัดตกในระหว่างเล่น	12	17	16	12	20	16	93	68.38
ถูกชิงช้าชน/กระแทก	4	5	8	6	6	3	32	23.53
ถูกชิงช้าชำรุดทำให้บาดเจ็บ*	1	1	0	2	3	1	8	5.88
อื่น ๆ	0	0	0	1	1	1	3	2.21

*ถูกชิงช้าชำรุดทำให้บาดเจ็บ ได้แก่ การถูกขูด บาด หรือตกชิงช้าเนื่องจากชิงช้าชำรุด เช่น โซ่ขาด หรือ พื้นที่นั่งหลุด

ตาราง 5

จำนวนลักษณะอาการบาดเจ็บจากการเล่นชิงช้าของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ ขณะเล่นชิงช้า	อายุ						รวม	ร้อยละ
	7	8	9	10	11	12		
ไม่มีอาการบาดเจ็บ	8	4	15	6	11	2	46	38.02
แผลฟกช้ำ	1	5	0	5	1	3	15	12.39
แผลถลอก	3	9	4	5	15	10	46	38.02
แผลฉีกขาด	1	1	2	3	0	4	11	9.09
กระดูกหัก	0	0	0	0	0	0	0	0.00
อื่น ๆ	1	0	0	0	2	0	3	2.48

3. ข้อมูลพฤติกรรมการเล่นชิงช้า

3.1 ปัญหาที่พบขณะเล่นชิงช้า

ตาราง 6 แสดงผลการสอบถามปัญหาที่พบขณะเล่นชิงช้าของเด็ก ปัญหาชิงช้าสูงเกินไปมีจำนวน 39 คน (ร้อยละ 9.05) ชิงช้าต่ำเกินไปมีจำนวน 116 คน (ร้อยละ 26.92) พื้นที่นั่งแคบเกินไปมีจำนวน 120 คน (ร้อยละ 27.84) พื้นที่นั่งสั่นเกินไปมีจำนวน 16 คน (ร้อยละ 3.71) พื้นที่นั่งลื่นมีจำนวน 120 คน (ร้อยละ 27.84) และปัญหาอื่น ๆ มีจำนวน 20 คน (ร้อยละ 4.64)

ตาราง 6

จำนวนปัญหาที่พบขณะเล่นชิงช้าของกลุ่มตัวอย่าง

ปัญหาที่พบขณะเล่นชิงช้า	อายุ						รวม	ร้อยละ
	7	8	9	10	11	12		
ชิงช้าสูงเกินไป	8	7	10	9	4	1	39	9.05
ชิงช้าต่ำเกินไป	16	15	21	15	27	22	116	26.92
พื้นที่นั่งแคบเกินไป	10	14	26	22	24	24	120	27.84
พื้นที่นั่งสั่นเกินไป	2	2	9	0	2	1	16	3.71
พื้นที่นั่งลื่น	24	17	26	19	22	12	120	27.84
อื่น ๆ	4	4	2	4	4	2	20	4.64

ตาราง 7

จำนวนอุปสรรคของร่างกายต่อการเล่นชิงช้าของกลุ่มตัวอย่าง

อุปสรรคของร่างกายต่อการ เล่นชิงช้า	อายุ						รวม	ร้อยละ
	7	8	9	10	11	12		
ไม่มีแรงเหวี่ยง	4	1	0	0	0	0	5	83.33
ไม่สามารถขึ้นนั่งได้	0	0	0	0	0	0	0	0.00
อื่น ๆ	0	1	0	0	0	0	1	16.67

4. ข้อมูลชิงช้าในพื้นที่ตัวอย่าง

4.1 โรงเรียนบ้านธารปราสาท ตำบลธารปราสาท อำเภอโนนสูง

ผลจากการสำรวจเครื่องเล่นชิงช้า ของโรงเรียนบ้านธารปราสาท พบว่า โครงสร้างและพื้นที่นั่งทำมาจากโลหะ ตัวแขวนไม่มั่นคง เสาค้ำไม่สามารถยึดติดกับพื้นได้ ระหว่างเสาค้ำ มีที่นั่งทั้งหมด 4 ที่นั่ง ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้ในคู่มือสนามเด็กเล่นปลอดภัยว่า ระหว่างเสาค้ำควรมีที่นั่งเพียง 2 ที่นั่ง ส่วนพื้นที่โดยรอบของชิงช้าเป็นพื้นทราย อยู่ติดต้นไม้ และพื้นที่ทางเดิน ดังแสดงตามภาพ 1

4.2 โรงเรียนบ้านพิชิตคเชนทร์ ตำบลโชคชัย อำเภอโชคชัย

เครื่องเล่นชิงช้าของโรงเรียนบ้านพิชิตคเชนทร์มีลักษณะดังนี้ โครงสร้างและพื้นที่นั่งทำมาจากโลหะ มีความ

มั่นคง ไม่พบการชำรุด ผุพัง หรือขึ้นสนิม รูปทรงของที่นั่งทำลักษณะคล้ายม้าโยก ระหว่างเสาค้ำ มีที่นั่งทั้งหมด 3 ที่นั่ง ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้ในคู่มือสนามเด็กเล่นปลอดภัย ส่วนพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นทราย อยู่ติดรั้วสนาม และเครื่องเล่นอื่น ๆ ดังแสดงตามภาพ 2

4.3 โรงเรียนบ้านโกรกเดือนห้า ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง

จากการสำรวจเครื่องเล่นชิงช้า ของโรงเรียนบ้านโกรกเดือนห้า พบว่า โครงสร้างของชิงช้าทำมาจากโลหะ พื้นที่นั่งทำมาจากผ้า มีความยืดหยุ่น ตัวแขวนไม่มั่นคง เสาค้ำสามารถยึดติดกับพื้นได้ ระหว่างเสาค้ำ มีที่นั่งทั้งหมด 2 ที่นั่ง ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้ในคู่มือสนามเด็กเล่นปลอดภัย พื้นที่โดยรอบเป็นพื้นทราย อยู่ติดต้นไม้ และรั้วโรงเรียน ดังแสดงตามภาพ 3



ภาพ 1 เครื่องเล่นชิงช้า โรงเรียนบ้านธารปราสาท ตำบลธารปราสาท อำเภอโนนสูง



ภาพ 2 เครื่องเล่นชิงช้า โรงเรียนบ้านพิชิตคชนทร์ ตำบลโชคชัย อำเภอโชคชัย



ภาพ 3 เครื่องเล่นชิงช้า โรงเรียนบ้านโกรกเดือนห้า ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง

5. แนวทางการลดการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บของเด็กจากการเล่นชิงช้า

จากการระดมความคิดของคณะนักวิจัย โดยใช้ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว ทำให้ได้แนวทางในการลดการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บของเด็กจากการเล่นชิงช้า ดังนี้ แนวทางที่ 1 การลดการบาดเจ็บของเด็กจากการตกชิงช้าด้วยการปรับปรุงพื้นและบริเวณโดยรอบชิงช้า แนวทางที่ 2 การออกแบบชิงช้าโดยลดการใช้วัสดุที่ทำให้เกิดคมบาดผิวหนังของเด็กได้ รวมทั้งการออกแบบที่นั่งให้เหมาะสมกับขนาดร่างกายของเด็ก ซึ่งวิธีการและผลของการออกแบบขนาดของชิงช้าให้เหมาะสมกับขนาดร่างกายของเด็กกลุ่มตัวอย่างไม่ได้นำเสนอในบทความวิจัยนี้

การอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเล่นชิงช้าและการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า กลุ่มเด็กที่เล่นชิงช้าบ่อยที่สุดเป็นเด็กอายุ 9 และ 8 ปี เมื่อเทียบกับเด็กที่โตกว่า คือ ช่วงอายุ 10-12 ปี พบว่า เด็กที่โตกว่าเล่นชิงช้าน้อยกว่า จากการสอบถามเด็กกลุ่ม 10-12 ปี พบว่า เด็กกลุ่มนี้มีความสนใจกิจกรรมอื่นมากกว่า เช่น กีฬา และโทรศัพท์มือถือ เมื่อพิจารณาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้าของเด็ก 7-12 ปี พบว่า เมื่อเด็กอายุมากขึ้น จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นข้อมูลแบบสะสม เมื่อพิจารณาจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า ส่วนใหญ่เกิดอุบัติเหตุเพียง 1 ครั้ง มีเพียงเด็กอายุ 12 ปี จำนวน 8 รายที่เกิดอุบัติเหตุถึง 3 ครั้ง เมื่อพิจารณาลักษณะการเกิดอุบัติเหตุขณะเล่นชิงช้าพบว่า เด็กส่วนใหญ่ได้รับอุบัติเหตุจากการพลัดตกจากชิงช้า ลักษณะอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ แผลถลอก สาเหตุของการพลัดตกจากชิงช้า ได้แก่ การเล่นที่ผิดวิธีของเด็ก และการหยอกล้อหรือแกล้งกันระหว่างเล่น สาเหตุของการชนและกระแทกชิงช้า คือ การออกแบบพื้นที่จัดวางชิงช้าไม่เหมาะสม เช่น จัดวางไว้ใกล้ทางเดินหรือเครื่องเล่นอื่น ๆ ทำให้เกิดการชนกระแทกในขณะที่แกว่งชิงช้า การเกิดอุบัติเหตุจากชิงช้าชำรุดเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากทางโรงเรียนมีการซ่อมบำรุงชิงช้าอย่างสม่ำเสมอ แต่อุบัติเหตุเกิดขึ้นได้

จากชิงช้าที่มีขนาดและทำจากวัสดุที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น ที่นั่งทำจากโลหะ และมีมุมที่แหลมคม

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเล่นชิงช้าของเด็กพบว่า ปัญหาที่พบขณะเล่นชิงช้า เด็กส่วนใหญ่ระบุว่าพื้นที่นั่งลื่น เนื่องจากชิงช้าส่วนใหญ่เป็นโลหะ เมื่ออากาศชื้นจึงทำให้พื้นที่นั่งมีความลื่น ส่วนปัญหาพื้นที่นั่งแคบเกินไปและชิงช้าต่ำเกินไป เกิดจากขนาดของชิงช้าไม่เหมาะสมกับขนาดร่างกายของเด็ก อุปสรรคของร่างกายต่อการเล่นชิงช้า มีเพียงเด็กอายุ 7 และ 8 ปี บางส่วนเท่านั้นที่ร่างกายไม่มีแรงเหวี่ยงในการเล่นชิงช้า เนื่องจากยังเป็นเด็กเล็ก ส่วนเด็กช่วงอายุ 9-12 ปี ไม่มีอุปสรรคของร่างกายต่อการเล่นชิงช้า

เมื่อนำผลของการวิจัยครั้งนี้เปรียบเทียบกับการศึกษาอุบัติเหตุจากการเล่นเครื่องเล่นของเด็กในประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1990-1994 Mack et al. (1997) ผลเป็นดังนี้ ในงานวิจัยนี้พบว่า ลักษณะการบาดเจ็บของเด็กส่วนใหญ่เป็นแผลถลอกร้อยละ 61.33 และเป็นแผลฟกช้ำร้อยละ 20 ในขณะที่งานวิจัยของ Mack et al. (1997) พบว่า เด็กช่วงอายุ 5-14 ปีเกิดแผลถลอกเพียงร้อยละ 17 และเกิดแผลฟกช้ำร้อยละ 23 จะเห็นได้ว่าการเกิดแผลถลอกของเด็กไทยมากกว่าเด็กในประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 3.5 เท่า นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้พบว่า ลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุ คือ การตกลงมาที่พื้นเท่ากับร้อยละ 68.38 การถูกชิงช้าชนหรือกระแทกเท่ากับร้อยละ 23.53 ซึ่งผลใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Mack et al. (1997) ที่พบว่า การตกลงมาที่พื้นเท่ากับร้อยละ 62.9 การถูกชิงช้าชนหรือกระแทกเท่ากับร้อยละ 20.8 สิ่งที่น่ายินดีจากการเปรียบเทียบงานวิจัยของเด็กในประเทศไทยกับเด็กในประเทศสหรัฐอเมริกา คือ ค่าร้อยละของเด็กที่ตกลงมาที่พื้นใกล้เคียงกัน แต่ค่าร้อยละของการเกิดแผลถลอกของเด็กไทยมากกว่าเด็กในประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 3.5 เท่า

การศึกษาครั้งนี้พบว่า การจัดวางตำแหน่งของชิงช้าอยู่ใกล้กับเครื่องเล่นอื่น พื้นของสนามเด็กเล่นทุกโรงเรียนเป็นพื้นดินแข็ง ตำแหน่งของชิงช้ามีทั้งติดอยู่กับพื้นที่ทางเดิน ต้นไม้ และรั้วสนามเด็กเล่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Junthepa and Nathapindhu (2012) ที่พบว่า สนามเด็กเล่นในพื้นที่อำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย

จำนวน 22 แห่งมีพื้นผิวรองรับการตกไม่ปลอดภัย ได้แก่ พื้นหินลูกรัง คอนกรีต ทรายที่มีความหนาไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด มีการจัดตั้งวางเครื่องเล่นอยู่ใกล้ชิดกัน นอกจากนี้นี้ติดสนามเด็กเล่นมีต้นไม้ใหญ่ เช่น ต้นไทร เฟื่องฟ้า มีกิ่งแห้ง ผล ที่อาจตกลงมาเป็นอันตรายต่อเด็กที่กำลังเล่นอยู่ในสนามเด็กเล่น

ดังนั้นข้อเสนอแนะในการลดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นกับเด็กไทยในขณะที่เล่นชิงช้ามี 2 ประการ ประการแรกที่ต้องพิจารณา คือ การปรับปรุงพื้นเพื่อรองรับการตกจากชิงช้าของเด็กที่จะทำให้เด็กไม่บาดเจ็บเลยหรือได้รับการบาดเจ็บน้อยที่สุด โดยแนวทางของ Consumer Product Safety Commission--CPSC ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำแนะนำว่า ควรใช้วัสดุปูพื้นเช่น ขี้เลื่อย ทราย หรือ ขี้เถ้าฝอย ส่วนวัสดุที่มีความแข็ง เช่น แอสฟัลท์ คอนกรีต เป็นวัสดุที่ไม่ควรนำมาใช้ปูพื้นในพื้นที่เล่นของเด็ก ประการที่สองคือการออกแบบชิงช้า ควรทำเป็นที่นั่งที่เป็นวัสดุจากหนัง ยาง หรือพลาสติก ที่ไม่มีคมเพื่อให้ไม่สามารถทำให้เด็กได้รับบาดเจ็บ ออกแบบขนาดของที่นั่ง ให้สามารถรองรับสัดส่วนร่างกายของเด็ก 7-12 ปี มีการจัดวางชิงช้าให้ห่างจากพื้นที่ทางเดินและเครื่องเล่นอื่นและออกแบบขนาดโครงสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อลดอุบัติเหตุจากการเล่นชิงช้าของเด็ก

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างเด็กอายุ 7-12 ปีในจังหวัดนครราชสีมาที่ได้รับอุบัติเหตุจาก

การเล่นชิงช้า ส่วนใหญ่เกิดผลถลอก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรปรับปรุงเรื่องพื้นในบริเวณชิงช้าและการจัดวางชิงช้า นอกจากนี้ควรปรับปรุงให้ที่นั่งชิงช้าเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของเด็กและโครงสร้างของชิงช้าให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินการวิจัยการศึกษาอุบัติเหตุจากการเล่นของเด็กควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ประเภทของวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องเล่นเพื่อเป็นประโยชน์ในการทำนายการเสื่อมสภาพของเครื่องเล่นด้วยหลักวิศวกรรม ซึ่งจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อทางโรงเรียนและเด็ก

นอกจากนี้การจัดอบรมให้เด็กได้มีความเข้าใจถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการเล่นผิดวิธี รวมถึงวิธีการเล่นที่ถูกต้องสำหรับเครื่องเล่นแต่ละชนิดเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและควรดำเนินการเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุของเด็ก

Acknowledgement

This work was supported by (i) Suranaree University of Technology--SUT), (ii) Thailand Science Research and Innovation--TSRI), (iii) National Science, Research and Innovation Fund--NSRF. Project Number 160343



References

- Bunma, M., Lawanvadeekul, S., Hunyala, J., Yimlamai, W., & Samuttalak, K. (2017). Environment and Safety of Outdoor. *Playground Equipment for Pre-School Child*, 11(2), 146-162. (in Thai)
- Chivanon, N. (2016). Accidents in children: Situation and prevention. *The Journal of Faculty of Nursing, Burapha University*, 24(3), 1-12. (in Thai)
- Id Safety Promotion and Injury Prevention Research Center (CSIP). (2018). *CSIP child safety promotion and injury prevention research center*. Retrieved from <http://csip.org/wordpress/2019/07/13/เด็กบาดเจ็บจากสนามเด็ก/> (in Thai)

- Junthepa, P., & Nathapindhu, G. (2012). Environment and safety of playgrounds at child care centers supervised by local administrative organizations and primary schools, Thabo District, Nongkhai Province. *KKU Journal for Public Health Research*, 5, 1-12. (in Thai)
- Kekovic, A., Momcilovic-Petronijevic, A., & Ćurčić, A. (2019). Designing of children playgrounds from the aspect of used surfacing with a goal of children safety on the example of the City of Nis. *Facta universitatis-series Architecture and Civil Engineering*, 17(1), 69-80.
<https://doi.org/10.2298/FUACE190123001K>
- Mack, M. G., Hudson, S., & Thompson, D. (1997) A descriptive analysis of children's playground injuries in the United States 1990-4. *Inj Prev*, 3(2), 100-103. doi: 10.1136/ip.3.2.100.
- National Institute for Emergency Medicine. (2017). *Statistics of emergency injuries in children with age 1-15 years in 2016. emergency: newsletter from National Institute for Emergency Medicine. January 2017*. Retrieved from https://www.niems.go.th/1/Upload/migrate/File/256103221110087879_TOQBStXAB8C3NZcF.pdf (in Thai)
- Phetliap, W., Keankarn, P., & Lertpinyochaithaworn, N. (2020). Working Environment and Personal Protective Equipment use among Workers in Automotive Repair Shops, Muang District, Nakhon Ratchasima Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(3), 127-138. (in Thai)
- Sansakorn, P., Madardam, U., Pongsricharoen, J., Srithep, N., Janjamsri, N., & Mongkonkansai, J. (2022). The current status of public playground safety and children's risk taking behavior in the park: Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Children*, 9(7), 1034
<https://doi.org/10.3390/children9071034>
- Şensoy, G., & İnceoğlu, M. (2015). Design guide for playgrounds. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9, 1390-1398. doi:10.17265/1934-7359/2015.11.013
- Shupmahasan, S., & Sirisuwan, P. (2020). Factors Contributing to Accidents in the Performance of the Operation Team Technicians Installing the Company's Cable: A Case Study. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(2), 278-289. (in Thai)
- Sonsong, N., & Suttisong, S. (2017). Factors Affecting Accidents of the Ground Equipment Service Employees at the Apron Area of Donmuang International Airport. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 11(2), 146-155. (in Thai)
- Sosnowska, S., & Kostka, T. (2003). Epidemiology of School Accidents during a Six School-Year Period in One Region in Poland. *European Journal of Epidemiology*, 18(10), 977-982.
<https://doi.org/10.1023/a:1025802203726>
- Sub-Committee on Protection of Playground and its equipment and devices. (2008). *Handbook of safe child playground*. Bangkok: Consumer Protection Board. (in Thai)
- The Royal Society for the Prevention of Accidents (RoSPA). (2022). *Accidents on children's playgrounds*. Retrieved from <https://www.rospace.com/play-safety/advice/playground-accidents>. (in Thai)
- Yamane, T. (1967). *Statistics: An introductory analysis* (2nd ed.). New York, Evanston & London: Harper & Row.



การศึกษาการเลียนแบบกิจกรรมเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเตตราฟีนิลพอร์ไฟริน (TPP) และเมทัลโลพอร์ไฟริน (FeTOMPP) The Study of Peroxidase-mimic Activity of Tetraphenylporphyrin (TPP) and Metalloporphyrin (FeTOMPP)

จิตติมา กอหรั่งกุล¹ ปาริยา ณ นคร¹ และสุภกร บุญยีน²

Jittima Khorungkul¹, Pariya Na Nakorn¹ and Supakorn Boonyuen²

¹ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

¹Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

²Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

Received: February 23, 2023

Revised: May 2, 2023

Accepted: May 9, 2023

บทคัดย่อ

การศึกษาการเลียนแบบกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของเตตราฟีนิลพอร์ไฟริน (TPP) และเมทัลโลพอร์ไฟริน (FeTOMPP) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า TPP และ FeTOMPP สามารถออกซิไดส์ 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine--TMB ซึ่งเป็นสารไม่มีสีและเป็นสับสเตรตของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินในปฏิกิริยาที่มีไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ TPP และ FeTOMPP พบว่ามีความใกล้เคียงกัน คือที่ pH=6 และที่อุณหภูมิ 30 °C แต่แตกต่างกันที่ปริมาณที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา โดยปริมาณที่เหมาะสมของ TPP และ FeTOMPP เท่ากับ 50 $\mu\text{g/ml}$ และ 35 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ เมื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเลียนแบบคุณกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสพบว่า FeTOMPP มีประสิทธิภาพในการแสดงออกของการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดีกว่า TPP

คำสำคัญ: Tetraphenylporphyrin Metalloporphyrin เอนไซม์เพอร์ออกซิเดส การเลียนแบบกิจกรรมเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

Abstract

Tetraphenylporphyrin--TPP and metalloporphyrin--FeTOMPP were used to test the peroxidase-like activity. The results showed that TPP and FeTOMPP were capable of oxidizing 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine--TMB, a colorless substrate of peroxidase, into blue in the presence of H₂O₂. The study of the optimum conditions of TPP and FeTOMPP found that the optimum conditions of TPP were similar to those of FeTOMPP, such as pH at 6 and temperature at 30 °C. The optimum amounts of TPP and FeTOMPP were different, as the optimum amounts of TPP and FeTOMPP were 50 g/ml and 35 g/ml, respectively. The comparative study of peroxidase-like activity between TPP and FeTOMPP indicated that FeTOMPP had higher efficiency in peroxidase mimics than that of TPP.

Keywords: Tetraphenylporphyrin, Metalloporphyrin, peroxidase, mimic activity oxidation



บทนำ

เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ในธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Filizola & Loew, 2000) ในกระบวนการทางชีวภาพเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการ catalyze ออกไซด์อื่น ๆ หรือเพอร์ออกไซด์อย่างเช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H₂O₂) การนำเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสไปใช้ประโยชน์นั้นมีข้อจำกัดหลายประการ อย่างเช่น การเก็บรักษาที่ต้องระมัดระวังและ activity ของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสที่ได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย (Wulff, 2002; Shoji & Freund, 2002) ดังนั้นการสังเคราะห์และพัฒนาสารเลียนแบบคุณสมบัติของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสจึงมีความจำเป็น (Feng et al., 2012)

สารเลียนแบบคุณสมบัติของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสอย่างเช่น porphyrin Wu et al. (2014), hematin Hu, Kong and Zhang (2015), hemin Wang et al. (2007) และสารอื่น ๆ ได้ถูกนำมาศึกษาความสามารถในการตรวจวิเคราะห์กลูโคสและ H₂O₂ โดยใช้ร่วมกับเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส (Ellis et al., 2009) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเอนไซม์ตามธรรมชาติ คุณสมบัติในการ catalyze ของสารเหล่านี้ยังค่อนข้างต่ำ แต่ได้เปรียบในแง่ของการเก็บรักษา และสถานะในการในการทำปฏิกิริยา (Qin et al. 2013)

พอร์ไฟรินเป็นโมเลกุลที่มีหมู่ไพโรลสี่หมู่เชื่อมกันเป็นวง โดยมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมแบนราบ วงดังกล่าว

มีการเชื่อมกันด้วยคาร์บอนชนิดที่ไม่อิ่มตัวตลอดวง ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในวงได้ง่าย (Gouterman, 1961) พอร์ไฟรินและอนุพันธ์มักพบได้ในธรรมชาติ โดยมีคุณลักษณะพิเศษเฉพาะโดยจะสัมพันธ์กับหมู่เกาะในโครงสร้างและโลหะอะตอมกลาง เช่น มักพบในเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ ไซโตโครม คาตาเลส เพอร์ออกซิเดส นอกจากนี้โมเลกุลที่มีเหล็กไอออนกลางวงพอร์ไฟริน จะมีสมบัติพิเศษในการขนถ่ายออกซิเจนได้โดยโมเลกุลดังกล่าวจะพบในโมเลกุลโปรตีนชนิดฮีโมโกลบินและไมโอโกลบิน (Hemoglobin, myoglobin) (Kumar, Dorsey, Caruso & Evans, 1994; Poupon-Fleuret, Steghens & Bernengo, 1996) ฮีม (Heme) เป็นพอร์ไฟรินตามธรรมชาติที่พบได้ทั่วไป ฮีมในศูนย์กลางการปฏิบัติการจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เกิดเป็นตัวกลางที่พร้อมทำปฏิกิริยา จากนั้นจะทำการออกซิไดส์สารที่เรียกว่าซับสเตรตของเพอร์ออกซิเดสอย่างเช่นไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ภายใต้สภาวะการอักเสบหรือการผิดปกติของเซลล์ในร่างกายจะพบปริมาณของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่สูง ซึ่งจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (Vlasova, 2018) ได้มีศึกษาผลในการต้านการอักเสบของพอร์ไฟริน (TPP) (AlongSo-Castro et al., 2015) และฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งของเมทัลโลพอร์ไฟริน (FeTOMPP) (Phromsatit, 2021) เนื่องจากพอร์ไฟรินมีโครงสร้างที่มีความคล้ายคลึงกับฮีมที่พบในธรรมชาติ และจากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสามารถของพอร์ไฟรินในการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

สมบัติทางกายภาพของพอร์ไฟรินและอนุพันธ์ได้รับความนิยมนในการศึกษามากในระยะเวลาที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายทั้งทางแสงเลเซอร์ การบำบัดทางแสง เป็นตัวชี้วัดทางเคมี และเซนเซอร์ เป็นต้น (Gust, Moore & Moore, 2001; Oschner, 1997; Chou, Kosal, Nalwa, Rakow & Suslick, 2000; Pavinatto, 2008)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสามารถของ tetraphenylporphyrin และ metalloporphyrin ในการจำลองคุณสมบัติของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส โดยทำการศึกษากิจกรรมเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ สับสเตรต 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine--TMB ในปฏิกิริยาที่มีไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และเปลี่ยนเป็นสีที่สามารถตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถนำไปสู่การพัฒนาวิธีการตรวจวัดเชิงสี (colorimetric method) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการเลียนแบบกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ tetraphenylporphyrin และ metalloporphyrin
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ tetraphenylporphyrin และ metalloporphyrin
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ tetraphenylporphyrin และ metalloporphyrin

วิธีดำเนินงานวิจัย วัสดุและสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียด PX623 OHAUS เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) S-80 Biochrom

Tetraphenyl porphyrin--TPP และ Metalloporphyrin --FeTOMPP ได้รับความอนุเคราะห์จากการสังเคราะห์โดยห้องแลปเคมีวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. การวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible

การจำลองคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ของ TPP และ FeTOMPP ทำการวิเคราะห์โดยการเติม H_2O_2 ที่ความเข้มข้นที่ 0 ถึง 200 μM ปริมาณ 100 μl ลงในโซเดียมอะซิเตรต (NaAc) บัฟเฟอร์ (10 mM pH 6) ที่มี TMB 500 μM และสารตัวอย่าง (TPP และ FeTOMPP) 50 μg โดยให้มีปริมาตรรวม 1 ml ทำการบ่มสารละลายที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 652 nm

2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TPP และ FeTOMPP

2.1 การหาปริมาณที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของ TPP และ FeTOMPP

เตรียม TPP และ FeTOMPP ที่ปริมาณแตกต่างกันตั้งแต่ 0-80 μg ลงในโซเดียมอะซิเตรต (NaAc) บัฟเฟอร์ (10 mM pH 6) ที่มี H_2O_2 100 μM และ TMB 500 μM โดยมีปริมาตรรวม 1 mL จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปบ่มอุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 10 นาที

2.2 การหา pH ที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของ TPP และ FeTOMPP

เตรียมสารละลาย TPP และ FeTOMPP ในโซเดียมอะซิเตรตบัฟเฟอร์ (10 mM, pH 2-10) ที่ปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 ที่มี H_2O_2 100 μM และ TMB 500 μM โดยมีปริมาตรรวม 1 mL จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 10 นาที

2.3 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาของ TPP และ FeTOMPP

เตรียมสารละลาย TPP และ FeTOMPP ในโซเดียมอะซิเตรตบัฟเฟอร์ (10 mM pH 2-10) ที่ปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 ที่มี H_2O_2 100 μM และ TMB 500 μM โดยมีปริมาตรรวม 1 mL จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 ถึง 50°C เป็นเวลา 10 นาที

นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 652 nm โดยจะทำการทดลอง 5 ซ้ำในแต่ละสภาวะ

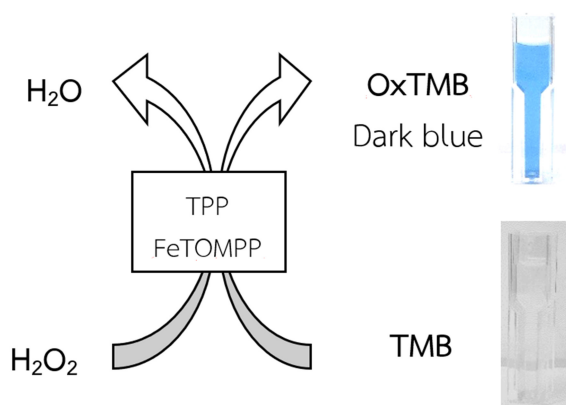
3. เปรียบเทียบความสามารถในการจำลองคุณสมบัติของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ TPP และ FeTOMPP

ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ปริมาณของ TPP และ FeTOMPP และสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TMB โดยทำการแปรผันความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในช่วง 100-1000 μM

ผลการทดลอง

1. ความสามารถของ TPP และ FeTOMPP ในการจำลองคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

การออกซิเดชัน TMB ในปฏิกิริยาที่มี H_2O_2 ได้นำมาใช้ในการทดลองความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ TPP และ FeTOMPP TMB เป็นสารที่ไม่มีสีซึ่งสามารถถูกออกซิไดส์ได้ด้วยเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสหรือสารประกอบที่สามารถจำลองคุณสมบัติของเพอร์ออกซิเดสในปฏิกิริยาที่มี H_2O_2 ทำให้ TMB อยู่ในสถานะออกซิเดชัน (oxidation state)–oxTMB และเปลี่ยนไปเป็นสีฟ้าดังแสดงในภาพ 1 ซึ่งสีที่เกิดขึ้นสามารถตรวจวัดได้ด้วย UV-Vis spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 652 nm (Tan et al., 2014) ค่าดูดกลืนแสงของ oxTMB จากการออกซิไดส์ของ TPP และ FeTOMPP แสดงในตาราง 1



ภาพ 1 แผนภาพแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TMB ในสภาวะที่มี H_2O_2 ซึ่งถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยพอร์ไฟรินซึ่งจำลองคุณสมบัติของเพอร์ออกซิเดส

ตาราง 1

ค่าดูดกลืนแสงของ oxTMB จากการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ TPP และ FeTOMPP

	Abs (652 nm)
TPP	0.42±0.028
FeTOMPP	0.58±0.032

จากการทดลองพบว่า TPP และ FeTOMPP สามารถจำลองคุณสมบัติเพอร์ออกซิเดส และสามารถออกซิเดชันซับสเตรตของเพอร์ออกซิเดส (TMB) ในปฏิกิริยาที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่ง TMB จะถูกออกซิไดส์ให้สีน้ำเงินและถูกดูดกลืนได้ที่ 652 nm

การทดสอบ TPP และ FeTOMPP ในการตรวจวัดปริมาณของ H_2O_2 โดยทำการแปรผันปริมาณของ H_2O_2 พบว่า ค่าความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เพิ่มมากขึ้นจะให้ค่าดูดกลืนแสงที่เพิ่มมากขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มี TMB เป็นซับสเตรตโดย TPP และ FeTOMPP ดังแสดงในภาพ 2

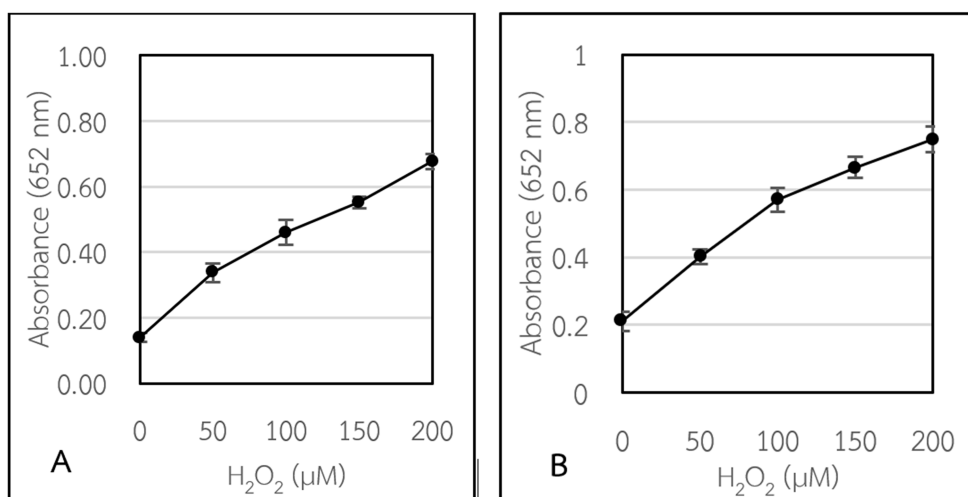
จากการที่ค่าการดูดกลืนแสง UV-Vis ที่ความยาวคลื่น 652 nm เพิ่มขึ้น เมื่อมีความเข้มข้นของ H_2O_2 เพิ่มขึ้น ดังนั้น TPP และ FeTOMPP จึงสามารถนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของ H_2O_2 ในปฏิกิริยาที่มี TMB ได้

2. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ TPP และ FeTOMPP

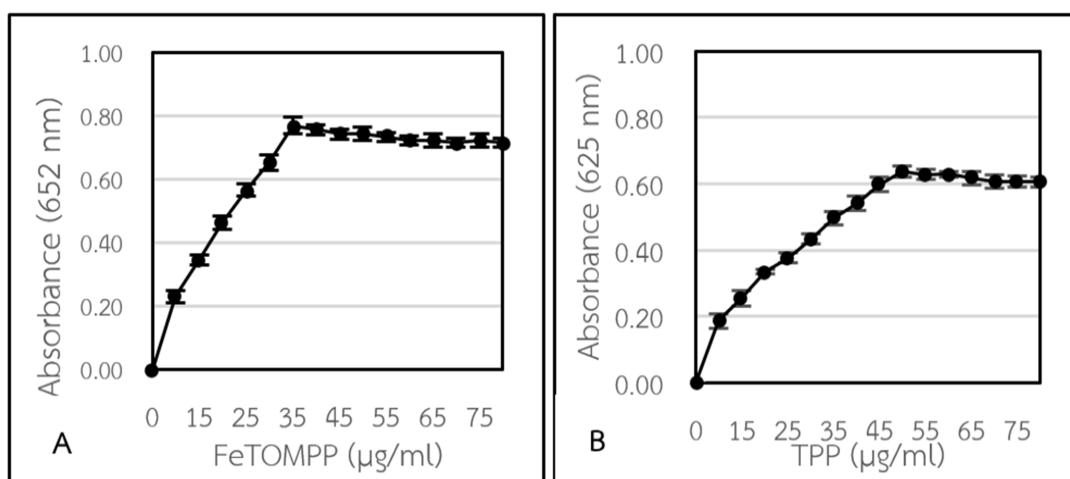
ผลของปริมาณ TPP และ FeTOMPP, pH และอุณหภูมิที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยาแสดงดังภาพ 3-5

จากภาพ 3-5 พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันของ FeTOMPP และ TPP โดยใช้ TMB เป็นซับสเตรตสรุปได้ดังตาราง 2

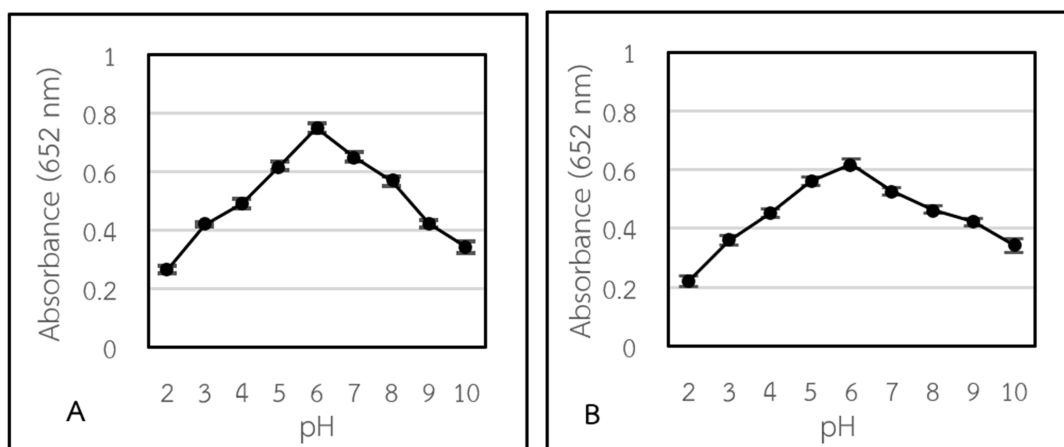
ผลการทดลองพบว่าคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของ TPP และ FeTOMPP จะให้ทำงานในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนได้ดีกว่ากว่าในสภาวะที่เป็นกลาง แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TMB เกิดขึ้นได้ง่ายภายใต้สภาวะที่เป็นกรดอ่อนซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (Josephy et al., 1982)



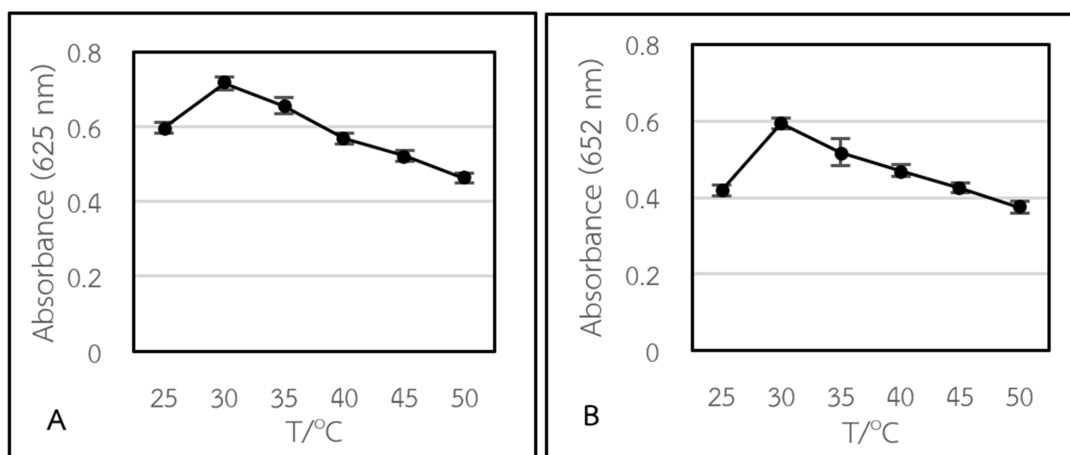
ภาพ 2 ความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเพอร์ออกซิเดสที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของ H₂O₂ (0-200 μM) A: TPP B: FeTOMPP



ภาพ 3 ผลของปริมาณของ TPP (μg/ml) และ FeTOMPP (μg/ml) ในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TMB ที่อุณหภูมิ 30 °C และ pH 6



ภาพ 4 ผลของค่า pH ที่เหมาะสมในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TMB โดยใช้ปริมาณที่เหมาะสมของ TPP และ FeTOMPP ที่อุณหภูมิ 30 °C



ภาพ 5 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ TMB โดยใช้ปริมาณที่เหมาะสมของ TPP และ FeTOMPP ที่ pH 6

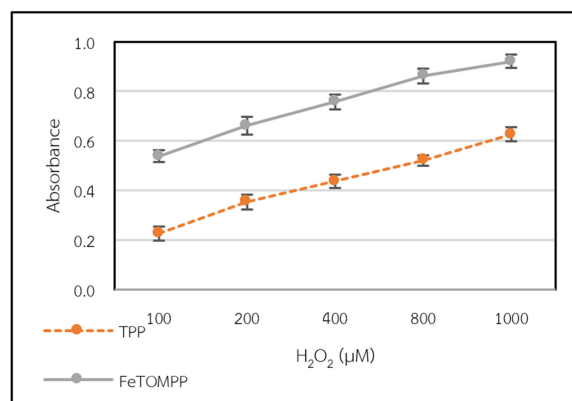
ตาราง 2

สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ FeTOMPP และ TPP

สภาวะ	ตัวเร่งปฏิกิริยา	
	FeTOMPP	TPP
ปริมาณ	35 µg/ml	50 µg/ml
pH	6	6
อุณหภูมิ	30 °C	30 °C

3. เปรียบเทียบความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ TPP และ FeTOMPP

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมของ FeTOMPP และ TPP มีความใกล้เคียงกัน แตกต่างกันเพียงที่ปริมาณที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยปริมาณที่ใช้ของ FeTOMPP ในการทำปฏิกิริยต่ำกว่า TPP ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ของ FeTOMPP เกิดขึ้นได้ดีกว่า TPP จึงทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสผลการทดลองดังแสดงในภาพ 6



ภาพ 6 ความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ TPP และ FeTOMPP ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของ H_2O_2

จากภาพ 6 เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของ H_2O_2 ความเข้มข้นของสภาวะออกซิเดชันของพอร์ไฟรินเพิ่มขึ้น และ TMB ก็สามารถถูกออกซิไดส์เป็น oxTMB ดังนั้นค่าดูดกลืนแสง UV-vis ที่ 652 nm จึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้ว่าค่าดูดกลืนแสงของ TPP จะเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังน้อยกว่าค่าดูดกลืนแสงของ FeTOMPP ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ FeTOMPP สูงกว่า TPP

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความสามารถในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสของ TPP และ FeTOMPP พบว่า ทั้ง TPP และ FeTOMPP สามารถจำลองคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ FeTOMPP คือที่ปริมาณ 35 µg/ml pH 6 และที่อุณหภูมิ 30 °C สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาของ TPP คือที่ปริมาณ 50 µg/ml pH 6 และที่อุณหภูมิ 30 °C โดยที่ FeTOMPP มีประสิทธิภาพในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ TPP

ข้อเสนอแนะ

FeTOMPP มีประสิทธิภาพในการเลียนแบบคุณสมบัติเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ดี จึงน่าจะสามารถพัฒนาเพื่อพัฒนาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการตรวจวัดค่าไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ หรือนำไปใช้ร่วมกันเอนไซม์ชนิดอื่น ๆ เพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารอย่างเช่น กลูโคส และแอลกอฮอล์ ในรูปแบบของการตรวจวัดเชิงสี (colorimetric) เซนเซอร์



References

- Alonso-Castro, A. J., Zapata-Morales, J. R., Hernández-Munive, A., Campos-Xolalpa, N., Pérez-Gutiérrez, S., & Pérez-González, C., (2015). Synthesis, antinociceptive and anti-inflammatory effects of porphyrins. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 23(10), 2529-2537. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2015.03.043>
- Chou, J., Kosal, M. E., Nalwa, H. S., Rakow, N. A., & Suslick, K. S. (2000). Applications of porphyrins and metalloporphyrins to materials chemistry. *ChemInform*, 6(41), 43-131. <https://suslick.scs.illinois.edu/documents/porphmaterials.nofigs.pdf>
- Ellis, W. C., Tran, C. T., Denardo, M. A., Fischer, A., Ryabov, A. D., & Collins, T. J. (2009). Design of more powerful iron-TAML peroxidase enzyme mimics. *Journal of the American Chemical Society*, 131(50), 18052–18053. <https://doi.org/10.1021/ja9086837>
- Feng, D., Gu, Z. Y., Li, J. R., Jiang, H. L., Wei, Z., & Zhou, H. C. (2012). Zirconium-metalloporphyrin PCN-222: Mesoporous metal-organic frameworks with ultrahigh stability as biomimetic catalysts. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 51(41), 10307–10310. <https://doi.org/10.1002/anie.201204475>
- Filizola, M., & Loew, G. H. (2000). Role of protein environment in horseradish peroxidase compound I formation: Molecular dynamics simulations of horseradish peroxidase-HOOH complex. *Journal of the American Chemical Society*, 122(1), 18–25. <https://doi.org/10.1021/ja992793z>
- Gouterman, M. (1961). Spectra of Porphyrins. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 6, 138-163. [https://doi.org/10.1016/0022-2852\(61\)90236-3](https://doi.org/10.1016/0022-2852(61)90236-3)
- Gust, D., Moore, T. A., & Moore, A. L. (2001). Mimicking photosynthetic solar energy transduction. *Accounts of Chemical Research*, 34(1), 40–48. <https://doi.org/10.1021/ar9801301>

- Hu, Q., Hu, W., Kong, J., & Zhang, X. (2015). Ultrasensitive electrochemical DNA biosensor by exploiting hematin as efficient biomimetic catalyst toward in situ metallization. *Biosensors & bioelectronics*, 63, 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2014.07.034>
- Josephy, H., Eling, T., & Mason, R. (1982). The horseradish peroxidase-catalyzed oxidation of 3,5,3',5'-tetramethylbenzidine. Free radical and charge transfer complex intermediates. *Journal of Biological Chemistry*, 257(7), 3669–3675. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)34832-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)34832-4)
- Kumar, U., Dorsey, J. G., Caruso, J. A., & Evans, E. H. (1994). Metalloporphyrin speciation by liquid chromatography and inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Journal of Chromatographic Science*, 32(7), 282–285. <https://doi.org/10.1093/chromsci/32.7.282>
- Ochsner M. (1997). Photophysical and photobiological processes in the photodynamic therapy of tumours. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 39(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/s1011-1344\(96\)07428-3](https://doi.org/10.1016/s1011-1344(96)07428-3)
- Pavinatto, F.J., Gameiro, A. F., Hidalgo, A. A., Dinelli, L. R., Romualdo, L. L., Batista, A. A., Barbosa Neto, N. M., Ferreira, M., & Oliveira, O. N. (2008). Langmuir and Langmuir-Blodgett (LB) films of tetrapyrrolyl metalloporphyrins. *Applied Surface Science*, 254(18), 5946–5952. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2008.03.162>
- Phromasatit, T., Arpornmaeklong, P., Shirosaki, Y., Teerawatananon, T., Rabablt, J., & Boonyuen, S. (2021). Synthesis and cytotoxicity study of gold (III) porphyrin complexes and their derivative in breast cancer cells. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25(12). <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2021.101366>
- Poupon-Fleuret, C., Steghens, J. P., & Bernengo, J. C. (1996). Luminol chemiluminescence-based porphyrin assays without hydrogen peroxide: A spectral study of mechanism and enhancement. *Analyst*, 121, 1539–1543. <https://doi.org/10.1039/AN9962101539>
- Qin, F., Jia, S., Wan, F., Wu, S., Song, J., Liu, Y. (2003). Hemin@metal-organic framework with peroxidase-like activity and its application to glucose detection. *Catalytic Science and Technology*, 10(3), 2761–2768. <https://doi.org/10.1039/C3CY00268C>
- Shoji, E., & Freund, M. S. (2002). Potentiometric saccharide detection based on the pKa changes of poly (aniline boronic acid). *Journal of the American Chemical Society*, 124(42), 12486–12493. <https://doi.org/10.1021/ja0267371>
- Tan, H., Ma, C., Gao, L., Li, Q., Song, Y., Xu, F., Wang, T., & Wang, L. (2014). Metal-organic framework-derived copper nanoparticle@carbon nanocomposites as peroxidase mimics for colorimetric sensing of ascorbic acid. *Chemistry (Weinheim an der Bergstrasse, Germany)*, 20(49), 16377–16383. <https://doi.org/10.1002/chem.201404960>
- Vlasova, I. I. (2018). Peroxidase activity of human hemoproteins: Keeping the fire under control. *Molecules*, 23(10), 1–27. <https://doi.org/10.3390/molecules23102561>

- Wang, Q., Yang, Z., Zhang, X., Xiao, X., Chang, C. K., & Xu, B. (2007). A supramolecular-hydrogel-encapsulated hemin as an artificial enzyme to mimic peroxidase. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 46(23), 4285–4289. <https://doi.org/10.1002/anie.200700404>
- Wulff, G. (2002). Enzyme-like catalysis by molecularly imprinted polymers. *Chemical Reviews*, 102(1), 1–28. <https://doi.org/10.1021/cr980039a>
- Wu, Z. S., Chen, L., Liu, J., Parvez, K., Liang, H., Shu, J., Sachdev, H., Graf, R., Feng, X., & Müllen, K. (2014). High-performance electrocatalysts for oxygen reduction derived from cobalt porphyrin-based conjugated mesoporous polymers. *Advanced Materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 26(9), 1450–1455. <https://doi.org/10.1002/adma.201>



ประสิทธิผลของโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของ
ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ตำบลหนองสะเดา อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดยโสธร
The Effectiveness of Health Promotion Programs on Blood Sugar Control
Behavior of Diabetic Patients in Nong sadao Subdistrict,
Wachirabarami District, Pichit Province

กิงแก้ว สำรวัยรื่น¹ นิธิพงศ์ ศรีบุญจามา^{1*} และรุ่งนภา ทองเพชร¹
Kingkaew Samruayruen¹, Nithipong Sribenchamas^{1*} and Rungnapha thongphet¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*Corresponding author: sribenchamas@hotmail.com

Received: February 14, 2023

Revised: May 2, 2023

Accepted: May 9, 2023

บทคัดย่อ

การส่งเสริมสุขภาพเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน การวิจัยแบบกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพต่อพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ตำบลหนองสะเดา อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดยโสธร กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ขึ้นทะเบียนผู้ป่วยโรคเรื้อรังกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองสะเดา จำนวน 60 คน สุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพ และแบบสอบถามพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยตรวจสอบค่าความตรง ได้เท่ากับ 0.66-1.00 ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.72 และค่าอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.20-0.94 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอ้างอิง ได้แก่ Paired sample t-test และ Independent Sample t-test ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการวิจัยกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด สูงกว่าก่อนการวิจัย และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพ พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ผู้ป่วยโรคเบาหวาน

Abstract

Health promotion is the main factor in controlling blood sugar levels in diabetic patients. The purpose of this quasi-experimental research was to study the effectiveness of health promotion programs on the blood sugar control behavior of diabetic patients in Nongsadao Sub-district, Wachirabarami District, Pichit Province. The subjects were 60 chronic disease patients who registered at Nong Sadao Tambon Health Promoting Hospital. The subjects were selected by two-stage sampling into experimental groups and control groups of 30 people each. The research instruments were the health promotion program and the blood sugar control behavior questionnaire; the content validity, reliability, and discrimination were 0.66–1.00, 0.72, and 0.20-0.94, respectively. The data were analyzed by descriptive statistics (frequency, percentage, mean, and standard deviation), and inferential statistics (paired sample t-test and independent sample t-test). The research results revealed that blood sugar control behavior in the experimental group after the experiment was higher than before the experiment and higher than the control group, with statistical significance at the .05 level.

Keywords: health promotion program, blood sugar control behavior, diabetic Patients



บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังโรคหนึ่งที่กำลังเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุข ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา (Lhosoonthron & Jiamjarasrangsi, 2008) ซึ่งเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย (Narapong, 2019) โรคเบาหวานทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนหลายระบบของร่างกายและเกิดความพิการหรือเสียชีวิตก่อนวัยอันควร พบ 1 ใน 4 ของผู้ป่วยเบาหวานที่เสียชีวิตทั้งหมด เสียชีวิตก่อนอายุ 60 ปี มากกว่าร้อยละ 30 (Aekpalakom, 2009) ซึ่งในปัจจุบันผู้ป่วยโรคเบาหวานมีจำนวนมากและมีแนวโน้มว่าจะมีจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ องค์การอนามัยโลกคาดการณ์ว่าจำนวนผู้ป่วยเบาหวานของประเทศไทยจะเพิ่มจาก 1,536,000 คนในปี พ.ศ. 2543 เป็น 2,739,000 คนในปี พ.ศ.2573 (World Health Organization, 2015) เนื่องจากประชากรของประเทศมีอายุยืนขึ้นและมีการบริโภคอาหารที่มีไขมัน น้ำตาล และพลังงานสูงร่วมกับการออกกำลังกายหรือการเคลื่อนไหวร่างกายน้อย สาเหตุเหล่านี้เป็นสิ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยจำเป็นต้องให้ผู้ป่วยเบาหวานมีส่วนร่วมในการควบคุม

ดูแลอาการเจ็บป่วยของตนเอง (Diabetes Association of Thailand, 2017) สมาพันธ์เบาหวานนานาชาติ (IDF--International Diabetes Federation) มีการประเมินในปี พ.ศ. 2560 ว่ามีผู้ป่วยเบาหวาน รวม 425 ล้านรายทั่วโลก แบ่งเป็นกลุ่มผู้สูงอายุ 65 ปีขึ้นไป จำนวน 98 ล้านราย และช่วงอายุ 20-64 ปี จำนวน 327 ล้านราย ความชุกของโรคเบาหวานของประเทศไทยในประชากรอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 6.9 ในปี พ.ศ.2552 เป็นร้อยละ 8.9 ในปีพ.ศ.2557 (Bureau of Non Communicable Diseases, 2020) โรคเบาหวานที่เพิ่มสูงขึ้นนี้ต้องใช้เงินเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 3.5-8.4 หมื่นล้านบาท (Foundation of Community Health System Research and Development Institute (NESDB), 2009) นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจุบันมีผู้เป็นเบาหวานที่ยังไม่ได้รับการตรวจรักษา ทั้งนี้เพราะเบาหวานเป็นภัยเงียบที่หากไม่ได้รับการตรวจสุขภาพผู้เป็นเบาหวานจะไม่รู้ตัว (Tanthan, 2011) ซึ่งสำหรับการศึกษาในประเทศไทยระยะหลังให้ความสำคัญเพิ่มขึ้นในกลุ่มเสี่ยงสูงที่ยังไม่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวาน

เพื่อลดความเสี่ยงและป้องกันการเกิดโรคภัยใหม่ (Nakamin, 2013; Ruangsiriwat, 2013; Phuypuy & Punnaraj, 2013)

จากการศึกษารายงานสุขภาพของคนไทย พบว่า ในปี 2561 ยังมีผู้ป่วยโรคเบาหวาน ที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ถึงร้อยละ 63.5 และจากการมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงอยู่เป็นเวลานาน หรือควบคุมโรคได้ไม่ดียิ่งทำให้มีภาวะแทรกซ้อนตามมา ส่งผลกระทบต่อการศึกษาเติบโตทางเศรษฐกิจ มีการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ และผลิตภาพของประเทศ (Chaipet et al., 2017; Khamkeo et al., 2016) ซึ่งจุดมุ่งหมายที่สำคัญในการดูแลรักษาผู้ป่วย เบาหวาน คือ การส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การดูแลตนเอง คือ การควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย อารมณ์ และการใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือด เพื่อให้สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและสามารถป้องกันโรคแทรกซ้อนได้ (Sriwanichchakorn, 2009)

จากรายงานสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพิจิตร พบว่าจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี เช่นเดียวกัน โดยข้อมูลปีงบประมาณ 2563 มีจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานเท่ากับ 31,881 คน สำหรับจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานที่เข้ารับบริการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองสะเดา ตำบลบ้านนา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร มีจำนวนผู้ป่วยเข้ารับบริการรักษาในปีงบประมาณ 2563 มีจำนวนผู้ป่วยเท่ากับ 299 คน (Phichit Provincial Health Office, 2020)

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีงานวิจัยที่เป็นลักษณะโปรแกรมเพื่อพัฒนาพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาล (Umbangthallud & Prasongwattana, 2017) โดยเลือกใช้แนวคิด ทฤษฎีที่แตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้แนวคิดการจัดการตนเองของ Creer (2000) ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นกรอบในการวิจัย โดยเน้นกระบวนการสร้างทักษะ การคิดแก้ปัญหาและวางแผนจัดการปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นปัญหาด้วยตนเอง การตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติอย่างเหมาะสมและประเมินผลการปฏิบัติ รวมทั้งการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติเพื่อคงไว้ซึ่งสุขภาพที่ดี เป็นกระบวนการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพโดยอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยกับทีมสุขภาพ

ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (1) การตั้งเป้าหมาย (2) การรวบรวมข้อมูล (3) การประมวลและประเมินผลข้อมูล (4) การตัดสินใจปฏิบัติ (5) การปฏิบัติ และ (6) การสะท้อนผลการปฏิบัติ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานในกลุ่มทดลองระหว่างก่อนกับหลังการวิจัย

2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานภายหลังการวิจัยระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

สมมติฐานการวิจัย

1. หลังการวิจัยกลุ่มทดลองมีคะแนนพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานสูงกว่าก่อนการวิจัย

2. หลังการวิจัยกลุ่มทดลองมีคะแนนพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ระเบียบวิธีการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) แบบ 2 กลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two group pre-test and post-test designs)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (population) ผู้ป่วยเบาหวานที่ขึ้นทะเบียนผู้ป่วยโรคเรื้อรังกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองสะเดา ตำบลบ้านนา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร จำนวน 299 คน

กลุ่มตัวอย่าง (sample) ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ขึ้นทะเบียนผู้ป่วยโรคเรื้อรังกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองสะเดา อำเภอลำลูกเกด จังหวัดพิจิตร จำนวน

60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power (Cohen, 1998)

การสุ่มตัวอย่างการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (Samruayruen et al., 2020) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (simple random sampling) โดยการจับฉลากสุ่มกลุ่มตัวอย่างหมู่บ้าน แบบใส่คืน เพื่อคัดเลือก 2 หมู่บ้าน

ขั้นตอนที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic random sampling) สุ่มจากหมู่บ้านที่สุ่มได้จากขั้นตอนที่ 1 หมู่บ้านละ 30 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria)

1. สนใจและยินดีเข้าร่วมการวิจัย
2. มีสติสัมปชัญญะสมบูรณ์
3. สามารถปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ได้ปกติ

เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

1. ต้องการจะยกเลิกการเข้าร่วมวิจัยระหว่างดำเนินกิจกรรม
2. มีภาวะเจ็บป่วยที่เป็นอุปสรรคต่อการเข้าร่วมการวิจัย
3. มีการย้ายออกจากพื้นที่ทำการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ชนิด

1. แบบสอบถาม (questionnaire) พฤติกรรมการจัดการตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ ระดับการศึกษา และรายได้ จำนวน 6 ข้อ

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด จำนวน 85 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 4 ระดับแบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านการรับประทานยา 17 ข้อ
- 2) ด้านการรับประทานอาหาร 19 ข้อ
- 3) ด้านการออกกำลังกาย 14 ข้อ
- 4) ด้านการสูบบุหรี่และดื่มแอลกอฮอล์ 20 ข้อ
- 5) ด้านการจัดการความเครียด 15 ข้อ

มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับ	ทางบวก	ทางลบ
ปฏิบัติเป็นประจำ	4	1
ปฏิบัติบ่อยครั้ง	3	2
ปฏิบัติบางครั้ง	2	3
ไม่เคยปฏิบัติเลย	1	4

2. โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพโดยประยุกต์ จากแนวคิดกระบวนการในการจัดการตนเองของ Creer ประกอบด้วย (1) กิจกรรมที่ 1 ค้นหาสภาพปัญหาพฤติกรรมสุขภาพและอุปสรรคในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (2) กิจกรรมที่ 2 ให้ความรู้เรื่องโรคเบาหวานและภาวะแทรกซ้อน (3) กิจกรรมที่ 3 วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงและร่วมกันวางแผนกิจกรรมร่วมกัน (4) กิจกรรมที่ 4 นำกิจกรรมไปปฏิบัติ (5) กิจกรรมที่ 5 ติดตามเยี่ยมบ้านโดยผู้วิจัยร่วมกับอาสาสมัครสาธารณสุขเพื่อสนับสนุน แก้ไขปัญหา และให้กำลังใจ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ค่าความตรง (validity) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) โดยการนำแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้น เสนอให้กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง .66-1

2. ค่าความเชื่อมั่น (reliability) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วนำไปทดลองใช้ (try out) ในกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คนโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .72

3. ค่าอำนาจจำแนก (discrimination power) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วนำไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (corrected item-total correlation) ซึ่งได้ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ .20-.94

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ก่อนการวิจัย ผู้วิจัย

เก็บแบบสอบถามโดยใช้แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและแบบสอบถามพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2. กลุ่มทดลองเริ่มดำเนินการใช้โปรแกรม 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมได้รับการดูแลตามปกติ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการได้รับโปรแกรม 12 สัปดาห์ ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และผู้วิจัยแนะนำโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพให้กับกลุ่มควบคุมเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของตนเอง และผู้วิจัยกล่าวขอบคุณกลุ่มควบคุมที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติเชิงอ้างอิง (inferential statistics)

2.1 สถิติ Paired sample t-test เปรียบเทียบความแตกต่างพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานก่อนกับหลังการวิจัยของทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.2 สถิติ Independent Sample t-test เปรียบเทียบความแตกต่างพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมทั้งก่อนการวิจัยและหลังการวิจัย

จริยธรรมวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม เลขที่ 047/2021 วันที่ 30 กรกฎาคม 2562 ทั้งนี้ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับ สิทธิในการปฏิเสธ หรือยกเลิกการเข้าร่วมการวิจัย มีการนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวม จัดเก็บข้อมูลให้เป็นความลับ และมีการทำลายข้อมูลหลังเสร็จการวิจัย เมื่อกลุ่มตัวอย่างสมัครใจและลงนามเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร จึงเริ่มดำเนินการวิจัย

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มทดลองส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 60 อายุที่พบมากที่สุดอยู่ในช่วง 51-60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 33.33 สถานภาพส่วนใหญ่คู่ คิดเป็นร้อยละ 56.67 ระดับการศึกษาพบมากที่สุดอยู่ในระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 43.34 การประกอบอาชีพพบมากที่สุด อาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 40 และส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 66.67

กลุ่มควบคุมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 70 อายุที่พบมากที่สุดอยู่ในช่วง 41-50 ปี และ 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.33 สถานภาพส่วนใหญ่คู่ คิดเป็นร้อยละ 63.33 ระดับการศึกษาพบมากที่สุดมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 12 การประกอบอาชีพพบมากที่สุดอาชีพรับจ้างทั่วไปคิดเป็นร้อยละ 36.67 และรายได้พบมากที่สุด มีรายได้น้อยกว่า 5,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 50 ดังตาราง 1

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างก่อนการวิจัย และหลังการวิจัยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานของกลุ่มทดลองก่อนการวิจัยพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 189.63 และหลังการวิจัยมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 224.23 เมื่อวิเคราะห์ด้วย Paired sample t-test พบว่า หลังการวิจัยมีพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าก่อนการวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานของกลุ่มควบคุมก่อนการวิจัยพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 191.90 และหลังการวิจัยมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 192.50 พบว่า หลังการวิจัยมีพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 2

ตาราง 1

จำนวนร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มทดลอง (n=30)		กลุ่มควบคุม (n=30)	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ				
ชาย	12	40	9	30
หญิง	18	60	21	70
อายุ				
30-40 ปี	1	3.33	1	3.33
41-50 ปี	6	20.00	10	33.33
51-60 ปี	10	33.33	10	33.33
61-70 ปี	5	16.67	5	16.67
71 ปี ขึ้นไป	8	26.67	4	13.34
$\bar{X}=57.60$ SD=11.77				
สถานภาพ				
โสด	6	20.00	6	20.00
คู่	17	56.67	19	63.33
หย่าร้าง/หม้าย	7	23.33	5	16.67
ระดับการศึกษา				
ไม่ได้ศึกษา	7	23.33	9	30.00
ประถมศึกษา	13	43.34	9	30.00
มัธยมศึกษา	10	33.33	12	40.00
อาชีพ				
พนักงานเอกชน	0	0.00	3	10.00
เกษตรกร	12	40.00	9	30.00
รับจ้างทั่วไป	10	33.33	11	36.67
ค้าขาย/อาชีพอิสระ	6	20.00	3	10.00
อื่น ๆ	2	6.67	4	13.33
รายได้				
น้อยกว่า 5,000 บาท	20	66.67	15	50.00
5,000-10,000 บาท	7	23.33	9	30.00
มากกว่า 10,000 บาท	3	10.00	6	20.00
$\bar{X}=6,450.00$ SD=2,424.62				

ตาราง 2

การเปรียบเทียบของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานในเลือดระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมทั้งก่อนและหลังการวิจัย

รายการ	$\bar{X}$	SD	t	df	p-value
ก่อนการวิจัย (n=30)					
กลุ่มทดลอง	189.63	24.65	-0.39	58	.690
กลุ่มควบคุม	191.90	19.56			
หลังการวิจัย (n=30)					
กลุ่มทดลอง	224.23	28.72	5.03	58	.000*
กลุ่มควบคุม	192.50	19.21			

* p-value<.001

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการวิจัยและหลังการวิจัย

พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 189.63 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 191.90 พบว่า ก่อนการวิจัยระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่แตกต่างกัน

พฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 224.23 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 192.50 เมื่อวิเคราะห์ด้วย Independent sample t-test พบว่า หลังการวิจัยกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ดังตาราง 3

ตาราง 3

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานระหว่าง ก่อนกับหลังการวิจัยทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รายการ	$\bar{X}$	SD	t	df	p-value
กลุ่มทดลอง (n=30)					
ก่อนการวิจัย	189.63	24.65	-7.24	29	.000*
หลังการวิจัย	224.23	28.72			
กลุ่มควบคุม (n=30)					
ก่อนการวิจัย	191.90	19.56	-0.29	29	.770
หลังการวิจัย	192.50	19.21			

* p-value<.001

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ภายหลังการทดลอง ในกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด สูงกว่าก่อนการวิจัยและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 สรุปได้ว่าโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพ สามารถพัฒนาพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ดีกว่าการดูแลตามปกติ อธิบายได้ว่า โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพมีการจัดกิจกรรมค้นหาสภาพ ปัญหา และอุปสรรคของพฤติกรรม มีการวางแผน ตั้งเป้าหมายร่วมกัน และตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติที่เหมาะสมกับตนเองช่วยให้ผู้ป่วยสามารถปฏิบัติได้จริง และนำไปปฏิบัติ ต่อที่บ้าน พร้อมทั้งติดตาม และประเมินผลร่วมกับอาสาสมัครสาธารณสุขอย่างต่อเนื่องทำให้พฤติกรรมควบคุม ระดับน้ำตาลในเลือดดีขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีการจัดการตนเองของ Creer ที่อธิบายขั้นตอนการดำเนินงานไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การตั้งเป้าหมาย (2) การรวบรวมข้อมูล (3) การประมวลและประเมินผลข้อมูล (4) การตัดสินใจปฏิบัติ (5) การปฏิบัติ และ (6) การสะท้อนผลการปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัย นำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรม เพื่อให้ครอบคลุมพฤติกรรม การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด 5 ด้าน คือ (1) การรับประทานยา (2) การรับประทานอาหาร (3) การออกกำลังกาย (4) การสูบบุหรี่และดื่มแอลกอฮอล์ (5) การจัดการ

ความเครียด สอดคล้องกับการศึกษา Chaodamrongsakul (2020) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบส่งเสริมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรงพยาบาลสีดา ผลพบว่า ผู้ป่วยในกลุ่มทดลองมีความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน และพฤติกรรม การดูแลตนเองดีกว่ากลุ่มควบคุม และมีระดับน้ำตาลในเลือด ลดลงมากกว่าผู้ป่วยในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sribenchamas and Samruayruen (2020) ที่ได้ศึกษาผลของโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมการจัดการตนเองของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ตำบลนาบ่อคำ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการจัดการตนเองของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 สูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sornwongsa (2020) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้โดยกระบวนการมีส่วนร่วม ผลพบว่า ระดับน้ำตาลในเลือดก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุป โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้กลุ่มตัวอย่างร่วมกันค้นหาสภาพปัญหา และอุปสรรค ร่วมกันวางแผนตั้งเป้าหมาย และตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติ

ที่เหมาะสมกับตนเองเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และ
นำกลับไปปฏิบัติที่บ้านพร้อมทั้งติดตาม และประเมินผล
ร่วมกับอาสาสมัครสาธารณสุขอย่างต่อเนื่องทำให้พฤติกรรม
การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดดีขึ้น

น้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานในพื้นที่อื่น หรือ
โรคเรื้อรังอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันโดยปรับเนื้อหาและ
กิจกรรมให้เหมาะสมกับโรคและบริบทในแต่ละพื้นที่

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

หน่วยงานทางด้านสาธารณสุขสามารถนำโปรแกรม
ไปประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมควบคุมระดับ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรทำการศึกษาผลในระยะยาวเพื่อศึกษาการคงอยู่
ของพฤติกรรมควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดเพื่อสามารถวางแผน
ในการกระตุ้น ส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมได้อย่างต่อเนื่อง



References

- Aekpalakom, V., (2009). *Thailand Public Health survey report by physical examination No. 4.*
The raphico Systems Co., Ltd. (in thai)
- Bureau of Non Communicable Diseases. (2020). *Information about chronic non-communicable diseases.*
Retrieved from <http://www.thaincd.com/information-statistic/non-communicable-disease-data.php>.
(in Thai)
- Chaipet, N., Kaewklum, U., Sonrat, S., & Wittayapun, Y. (2017). Non Communicable Diseases (NCD's)
high risk patients: Effectiveness of a health behaviors changing programs on health behavior in
Suratthani. *The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health*, 4(2), 45-62.
(in Thai)
- Chaodamrongsakul, C. (2020). Development of the self-care promoting model for diabetes mellitus
patients at Sida Hospita. *Regional Health Promotion Center 9 Journal*, 14, 314-329. (in Thai)
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Hillsdale, New Jersey:
Lawrence Erlbaum Associate
- Creer, T. L. (2000). Self-management of chronic illness. In M. Doekaert (Ed.), *Handbook of self-regulation*
(pp. 601-629). San Diego, California: Academic
- Diabetes Association of Thailand under the Royal Patronage of Her Royal Highness Princess Maha
Chakri Sirindhorn. (2017). *Clinical practice guidelines for diabetics 2017.*
Bangkok: Sri Muang Printing Co., Ltd. (in thai)
- Huypuy, A., & Punnaraj, W. (2013). Community participation in improving care for pre-diabetes type II
in a community at Phichit Province. *Journal of nurses' association of thailand,*
north-eastern division, 31(4), 80-88. (in Thai)
- Khamkeo, K., Oba, N., Laksomya, T., & Siripompibul, T. (2016). Effects of a health promotion program on health
promotion behaviors among type 2 diabetes patients in Sethathirath Hospital Vientiane Capital.
Journal of Nursing and Health Sciences, 10(1), 35-46. (in Thai)

- Lhosoonthron, W., & Jiamjarasangsri, W. (2008). Epidemiology of diabetes in Thailand. *Journal of Health Systems Research*, 2(4), 623-641. (in Thai)
- Nakamin, K., (2013). Diabetes prevention strategies through community participation. *Journal of Nurses' association of thailand, North-Eastern Division*, 31(1), 43-51. (in Thai)
- Narapong, T. (2019). Effectiveness of a model of care for diabetes mellitus patient who could not control blood sugar. *Journal of Health Science*, 28(3), 466-477. (in Thai)
- Phichit Provincial Health Office. (2017). *Annual report diabetic patient information, Phichit Province*. Retrieved from: <http://kpo.moph.go.th/webkpo>. (in Thai)
- Ruangsiwat, N. (2013). An effectiveness of program applying the transtheoretical model in dietary consumption among population at risk of diabetes mellitus type 2. *Journal of Public Health Nursing*, 27(1), 74-87. (in Thai)
- Samruayruen, K., Raktham, Y., Deenonphanao, R., & Thachan, S. (2020). Effect of Health Literacy Program on Self-Care Behaviors Among Diabetic Patients at Rungnok Sub-District, Sam-Ngam District, Phichit Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(3), 139–148. (in Thai)
- Sornwongsa, J. (2020). Development of a health promoting behavior model for uncontrolled diabetic patients using community participation. *Nursing, Health, and Education Journal*, 3(1), 46-55. (in Thai)
- Sribenchamas, N., & Samruayruen, K. (2020). Effects of Health Behavior Modification Program on Self-Management Behavior of Type 2 Diabetic Patients in Nabokham Sub-District, Muang District, Kamphaengphet Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 14(3), 149–160. (in Thai)
- Sriwanichchakorn, S. (2009). *Integrated diabetes management*. Nonthaburi: Office of Community Based Health Care Research and Development. (in Thai)
- Tanthanan, S. (2011). *Clinical practice guidelines*. Bangkok: Sri Muang Printing Co., Ltd. (in Thai)
- Umbangthalud, D., & Prasongwattana, S. (2017). Effectiveness of intensive care program for patients with type II diabetes on knowledge, self-management behavior and blood glucose levels of diabetic patients in the PCU, Bang Pa-In District, Pra Nakhon Si Ayutthaya Province. *Nursing Public Health and Education Journal*, 18(1), 11-23. (in Thai)
- World Health Organization. (2015). *Prevalence of diabetes in the WHO South-East Asia Region*. Retrieved from <http://www.who.int>.



การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน

Design of a Rotary Dehumidifier

วราพร นาชัยสินธุ์¹ ศิริลักษณ์ นิยมศิลป์¹ ปฏิภาณ เกิดลาภ^{1*} และสุชัย พงษ์พากเพียร¹
Waraporn Nachaisin¹, Siriluck Niyomsin¹, Patiphan Kerdlap¹ and Suchai Pongpakpian¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Engineering, Eastern Asia University

*Corresponding author: patiphan@eau.ac.th

Received: February 23, 2023

Revised: May 2, 2023

Accepted: May 9, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน มีขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 1.0 เมตร ส่วนขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ส่วนระบบให้ความร้อนใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 2,500 W สามารถปรับอุณหภูมิได้ตามต้องการ รวมทั้งติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิภายในถังหมุน การทดสอบการทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน พบว่า ขณะทดสอบอบรำข้าวใช้เวลา 30 นาที กรณีไม่มีโหลด ค่าใช้จ่ายที่ซื้อต่อ 1 รอบการผลิต คือ 4.20 บาท เมื่อมีโหลด 10 กิโลกรัม ค่าใช้จ่ายที่ซื้อต่อ 1 รอบการผลิต คือ 4.30 บาท การทดสอบอบไล่ความชื้นที่น้ำหนัก 10 กิโลกรัม ใช้เวลาทดสอบ 30 นาที เปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบวัดได้ 13.8 เมื่อครบกำหนดเวลานำรำข้าวที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักได้ 9.8 kg เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบได้ 5.0 ซึ่งผลการอบรำข้าวในเบื้องต้นสามารถทำให้รำข้าวลดความชื้นได้

คำสำคัญ: เครื่องอบไล่ความชื้นถังหมุน อบรำข้าว ประสิทธิภาพทางไฟฟ้า

Abstract

The purpose of this article is to design of a rotary dehumidifier. It had a width of 0.50 meters, a length of 1.50 meters, a height of 1.0 meters. The drive part used an electric motor of 0.5 horsepower, and the heating system uses a 2,500 W infrared heater that can adjust the temperature accordingly. Including installed humidity and temperature sensors inside the rotary dehumidifier. Measuring the electrical efficiency found that while no-load per 30-minute production cycle, the cost per 1 production cycle was 4.20 baht when there was a load of 10 kilograms per 30-minute production cycle. The cost used per 1 production cycle is 4.30 baht. The weight of 10 kg was tested for 30 minutes. The moisture percentage before drying was measured at 13.8. At the end of the time, the dried rice bran weighed 9.8 kg. The moisture percentage after drying was 5.0. Make rice bran reduce moisture.

Keywords: Rotary dehumidifier, Rice bran drying, Electrical performance



บทนำ

รำข้าวเป็นเยื่อหุ้มของผิวข้าวเกิดจากกระบวนการขัดสี รำข้าวประกอบด้วยเส้นใย แร่ธาตุ ไขมันและสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น โทคอล (โทโคเฟอร์รอลและ โทโคไทรอินอล) ไฟโตสเตอรอลและแกมมา-โอโรซานอล เป็นสารอาหารที่มีคุณค่าดีต่อสุขภาพ ช่วยลดอนุมูลอิสระและคอเลสเตอรอลในร่างกาย ลดการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ผลพลอยได้จากการสีข้าว คือปลายข้าว และรำละเอียด แต่รำละเอียดมีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่ในระดับค่อนข้างสูงมาก และเป็นไขมันที่หืนได้ง่ายในภาวะที่อากาศร้อน และมีความชื้นในอากาศสูง รวมทั้งมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี เช่น สภาวะการเก็บรำละเอียดในกระสอบป่านธรรมดา รำละเอียดจะเริ่มหืนเมื่อเก็บไว้ 30-40 วัน และไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ประโยชน์

การนำรำข้าวมาใช้ประโยชน์และการเก็บรำข้าวไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน ๆ จะส่งผลให้รำข้าวเกิดกลิ่นหืน (rancidity) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไขมันสามารถป้องกันได้โดยใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากเอนไซม์ไลเปส หากไม่คงสภาพหรือยับยั้งเอนไซม์ก่อนไขมันจะถูกไฮโดรไลซ์และส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ลดลง ดังนั้นวิธีการคงสภาพรำข้าวส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นการทำลายเอนไซม์ในรำข้าวที่ขัดสี

เสร็จใหม่ ๆ เพื่อรักษาองค์ประกอบกรดไขมันและปริมาณสารสำคัญ ปัจจุบันกระแสความต้องการอาหารอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดแบบไม่ใช้สารเคมี และใช้ความร้อนต่ำหรือที่เรียกกันว่า การบีบเย็น (cold pressed process) ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาดอาหารเป็นอย่างสูง และแม้ว่าการสกัดแบบบีบเย็นจะได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ต่ำกว่าการสกัดโดยใช้สารเคมี แต่น้ำมันรำข้าวที่ได้จะมีส่วนประกอบของสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่า

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นสำหรับอบรำข้าวเพื่อนำรำข้าวที่ผ่านการอบลดความชื้นไปเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าวแบบสกัดเย็น โดยใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งจ่ายความร้อนทำให้เกิดลมร้อนกระจายสัมผัสกับวัสดุและตัวถัง จึงทำให้เกิดการอบแห้งของวัสดุ เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งสามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว และมีความสม่ำเสมอ (Laohavanich, Raksachoen, Wiset, Sangchote & Khewkhom, 2019) สำหรับอบไล่ความชื้นในถังหมუნอบแห้งแบบแนวนอนเพื่อให้รำข้าวคลุกเคล้าและลดความชื้นของรำข้าวให้เหมาะสม สำหรับการเข้าสู่กระบวนการสกัดแบบเย็นเพื่อให้ได้น้ำมันรำข้าวและนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นแบบ
ถึงหมูน

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รำข้าว คือส่วนของผิวหรือเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดข้าว เป็นส่วนที่ถูกขัดสีออกจากเมล็ดข้าว ได้มาจากการบวนการสีข้าว โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวก้อน และรำละเอียด ได้จากการขัดขาวและขัดมัน มีกลิ่นหอม รสหวาน มัน อร่อย กินง่าย ผสมกับเครื่องดื่มได้ทุกชนิด ผสมข้าวต้ม โจ๊ก ข้าวผัด หรือ ข้าวสวยพร้อมกินกับกับข้าวอื่น ๆ ก็ได้ ด้านสารอาหารมีวิตามินอีหลายตัว ทำหน้าที่ต้านรังสี UV จากแสงแดด ช่วยเก็บน้ำไว้ได้เซลล์ผิวแห้ง ทำให้ผิวยืดหยุ่นเรียบเนียน ลดริ้วรอย และกลุ่มวิตามินอี (Gamma-Oryzanol) ที่มีเฉพาะในรำข้าว ทำให้ผิวใสลดคอเลสเตอรอล เพิ่มไขมันดีในกระแสเลือด เสริมสร้างการทำงานของระบบเลือด มีฮอร์โมนเมลาโท닌 ช่วยในการนอนหลับ และผ่อนคลาย อุดมด้วยกรดไขมันดีที่จำเป็นต่อร่างกาย ทั้งกรด Omega-9 Omega-6 Omega-3 (Seanasing, 2019)

รำสกัดน้ำมัน ได้จากการนำเอารำละเอียดไปสกัดเอาไขมันออกโดยวิธีการทางเคมี กากรำหรือรำสกัดน้ำมันจึงมีไขมันน้อยมาก ทำให้สามารถเก็บได้นานขึ้นอีกทั้งตัดปัญหาเรื่องสารพิษจากยาฆ่าแมลงด้วย รำสกัดน้ำมันสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้เป็นอย่างดี แต่จะต้องระวังเรื่องระดับพลังงานของอาหารที่ผสมด้วย ทั้งรำละเอียดและรำสกัดน้ำมันมีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบในระดับสูง จึงมีลักษณะฟาม (น้ำหนักน้อยแต่มีปริมาตรมาก) การใช้รำละเอียดและรำสกัดในปริมาณสูงในสูตรอาหารจะมีผลทำให้อาหารผสมมีลักษณะฟามตามไปด้วย สัตว์กินอาหารได้น้อย และมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ไม่ควรใช้รำละเอียดหรือรำสกัดน้ำมันเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันมีการนำรำข้าวมาสกัดเป็นน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีและได้รับความสนใจอุดมไปด้วยกรดไขมันที่สมดุล และสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบกับน้ำมันบริโภคอื่น ๆ เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แกมมาโอไรซานอล (gamma oryzanol; γ -oryzanol) และกลุ่มของวิตามินอีได้แก่วิตามินอี (tocopherol) โทโคโทรีนอล

(tocotrienol) และมีไฟโตสเตอรอล (phytosterol) โดยเฉพาะแกมมา-โอไรซานอลที่เป็น สารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ (Van et al., 2006)

รำข้าวและน้ำมันรำข้าวช่วยควบคุมไขมันและคอเลสเตอรอลในเลือด ผลเกิดจากสารสำคัญหลายตัว ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เส้นใย และกรดไขมันที่ดี ช่วยลดการเกิดไขมันสะสมในหลอดเลือด ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี จึงสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะไขมันอุดตัน หรือโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด มีงานวิจัยที่พบว่าสารในรำข้าว ได้แก่ วิตามินอีและสารโอไรซานอล ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมและการใช้น้ำตาลของเซลล์ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหารค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเบาหวาน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทางเดินอาหารและขับถ่าย เนื่องจากในรำข้าว 100 กรัม มีปริมาณใยอาหาร 15 กรัม จึงช่วยลดปัญหาท้องผูก และช่วยลดการดูดซึมไขมันจากอาหาร ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้ (Wititsiri, 2016)

การอบแห้ง (drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบ (Sornpagdee, Tararag, Chaichana & Dussade, 2016) การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป หรือวัตถุดิบเป็นก้อน จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ (Amarasinghe, 2009) ดังนั้นวิธีรับความร้อนด้วยการนำความร้อนอินฟราเรด (Infrared Heater) มาใช้ในการอบแบบถึงหมูนี่จะมีฮีตเตอร์ซึ่งเป็นตัวกลางให้ความร้อนไหลอยู่ในใบพัดข้างในกล่อง ขณะที่ให้ความร้อนจะมีการกวน โดยตัวใบพัดกวนจะทำหน้าที่เป็นพื้นผิวถ่ายเทความร้อน พื้นผิวถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรภาชนะจึงมีค่าสูง ไม่ต้องใช้ลมแรงจึงสามารถระบายอากาศออกได้ง่าย และมีประสิทธิภาพความร้อนสูง

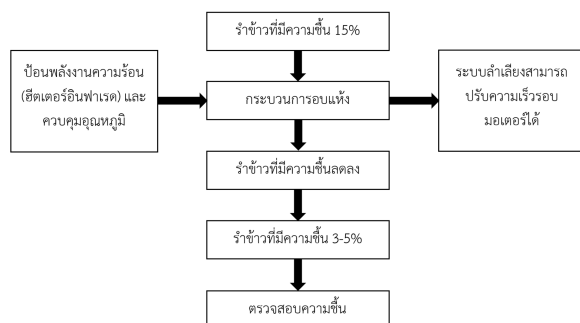
วิธีดำเนินการวิจัย

1. หลักการทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว

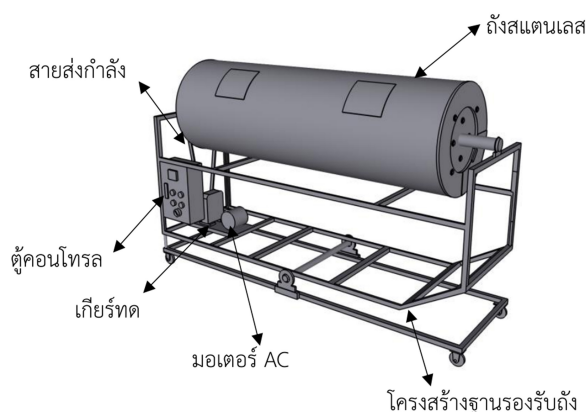
เครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังทรงกระบอก หมุนรอบด้วยรังสีอินฟราเรด ประกอบด้วยตัวถังทรงกระบอกที่วางราบกับแนวระดับ ขั้นตอนแรกวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าระบบโดยใช้วิธีการป้อนวัตถุดิบที่ช่องป้อนลำเลียงทางด้านข้างถังเพื่ออบแห้งวัตถุดิบโดยถังทรงกระบอกซึ่งระหว่างที่เคลื่อนที่จะถูกอบเพื่อลดความชื้นด้วยอินฟราเรด (Infrared drying) ภายในถังหมุ่นมีโครงสร้างที่ช่วยคลุกเคล้าวัตถุดิบ ทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั่วถังหมุ่น ซึ่งเมื่อผ่านช่วงอบด้วยรังสีอินฟราเรดแล้วก็จะถูกลำเลียงออก หลักการทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว ดังแสดงในภาพ 1

2. การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว

การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นและส่วนประกอบหลักของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 1 ไดอะแกรมทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้น



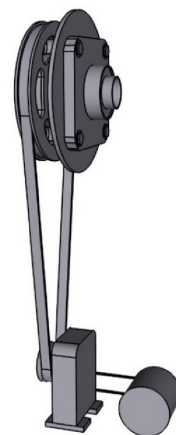
ภาพ 2 ส่วนประกอบเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

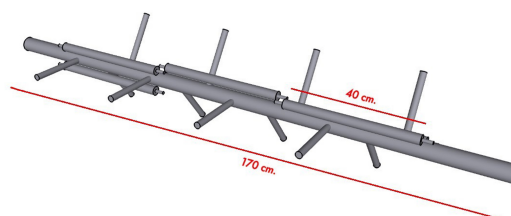
1. ส่วนให้ความร้อน อินฟราเรดฮีตเตอร์ขนาด 500W จำนวน 5 แท่ง ติดตั้งกับเพลานาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สามารถปรับตั้งอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้นได้ตั้งแต่ 25 °C ถึง 780 °C ดังแสดงในภาพ 3

2. ชุดควบคุมการหมุ่น ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์ 0.5 แรงม้า ชุดสายพานส่งกำลัง และเกียร์ทด เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12 อัตรารอบ 1:60 ดังแสดงในภาพ 4

3. ส่วนประกอบของถังหมุ่น โดยในงานวิจัยเลือกใช้ถังสแตนเลส 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็นถังหมุ่นบรรจุวัตถุดิบสำหรับการอบ ดังแสดงในภาพ 5



ภาพ 3 โครงสร้างของเพลาลำเลียงและฮีตเตอร์



ภาพ 4 โครงสร้างชุดควบคุมมอเตอร์



ภาพ 5 ถึงสแตนเลส 304

การคำนวณและออกแบบหากลังมอเตอร์ขับเคลื่อน
เพลาส่งกำลัง

จากสมการ $\rho = m/V$ (1)

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น (kg/m^3)

m คือ มวล (kg)

V คือ ปริมาตร (m^3)

คำนวณหาปริมาตรแผ่นสแตนเลส

$$\begin{aligned} V &= 2\pi r l \times \text{หนา} \\ &= 2 \times 3.14 \times 25 \times 150 \times 0.12 \text{ cm} \\ &= 2,826 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

จากความหนาแน่น stainless steel 304 = $7.93 \text{ g}/\text{cm}^3$

จะ $m = \rho V$

$$\begin{aligned} &= 7.93 \text{ g}/\text{cm}^3 \times 2,826 \text{ cm}^3 \\ &= 22.49 \text{ kg} \end{aligned}$$

จากสมการ $P = \frac{2\pi TN}{60}$ (2)

หาแรงบิดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ (T)

จากสมการ $T = F \times r$ (3)

โดยที่ F คือ แรงที่ใช้ในการขับเคลื่อน คือ ภาระโหลด
รวมที่ตัวเกียร์ต้องรับภาระได้ คิดจากแรงที่ใช้ในการขับเคลื่อน

เคลื่อนถึงสแตนเลสน้ำหนัก 22.49 kg (น้ำหนักรวมของ
ถึงสแตนเลสจากการซึ่งประมาณ 23 kg) และคิดจากน้ำ
หนักจำข้าว 30 kg ดังนั้น การคำนวณแรงบิดจะได้

จากสมการ $F = mg$ (4)

$$= 53 \times 10$$

$$= 530 \text{ N}$$

r คือ รัศมีของถึง (0.25 m)

แทนค่าในสมการที่ (3)

$$T = 530 \text{ N} \times 0.25 \text{ m}$$

$$= 132.5 \text{ N.m}$$

นำค่าที่ได้มาแทนในสมการ (2) เพื่อหากลังมอเตอร์ส่งกำลัง

จะได้ $P = \frac{2\pi TN}{60}$

กำหนดให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ส่งกำลัง 20
rpm ซึ่งได้จากการทดลองรอบการหมุนที่เหมาะสมต่อการ
คลุกเคล้าของจำข้าว

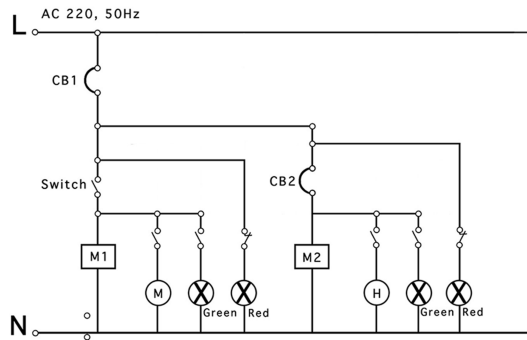
แทนค่า

$$P = \frac{(2 \times 3.14 \times 132.5 \times 20)}{60}$$

$$P = 277.37 \text{ W}$$

ดังนั้น คิดความเผื่อเพื่อกัดมอเตอร์ 1.25 เท่า จะ
ได้มอเตอร์ 346.71 W ขนาดของมอเตอร์ส่งกำลังเพื่อใช้
ในการขับเคลื่อนถึงสแตนเลสเป็นมอเตอร์ 0.5 แรงม้า

4. ระบบควบคุมการทำงานเป็นการออกแบบ
วงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรควบคุมอุณหภูมิของ
ฮีตเตอร์อินฟราเรด และควบคุมการทำงานของมอเตอร์
ดังแสดงในภาพ 6



ภาพ 6 วงจรของระบบควบคุมมอเตอร์และฮีตเตอร์

MODEL: SM-1/2



ภาพ 7 มอเตอร์ AC กระแสสลับ 0.5 แรงม้า

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

1. มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเป็น มอเตอร์ AC กระแสสลับ 0.5 แรงม้า 220V 4.8A ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ความเร็วรอบคงที่ ดังแสดงในภาพ 7

2. ฮีตเตอร์ (heater) เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนและส่งความร้อนแบบแผ่รังสีสามารถให้ความร้อนได้ถึงเนื้อในของวัตถุ ขนาด 17 x 300 mm. 220V 500W ดังแสดงในภาพ 8



ภาพ 8 ฮีตเตอร์

3. เกียร์ทดรอบ (worm gear reducer) 1:60 เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12 อัตรารอบ 1:60 สามารถทดรอบความเร็ว 60 รอบ ให้เหลือ 1 รอบ สำหรับต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อทดรอบให้ช้าลงตามอัตราส่วนที่ต้องการ ดังแสดงในภาพ 9

4. การออกแบบและการสร้างชิ้นงาน

โดยการออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวโดยเลือกใช้ถังสแตนเลสที่สามารถบรรจุรำข้าวได้ 30 kg อุปกรณ์ที่ใช้มีส่วนประกอบหลักคือ ถังสแตนเลสจำนวน 2 ถังขนาดความกว้าง 50 cm ยาว 150 cm โดยเริ่มทำการสร้างโครงสร้างรองรับถังสำหรับการหมุนถังสแตนเลสบรรจุรำข้าว และในการออกแบบสามารถปรับความลาดเอียงของถังได้ ทำให้สะดวกและทำให้รำข้าวที่ผ่านการอบไหลลงภาชนะบรรจุที่รองด้านล่างได้ ดังแสดงในภาพ 10



ภาพ 9 เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12

Note. From Gear reducer CPG Model PA-12, by BankQTools Shop, 2022, <https://bit.ly/3FW3wGJ>



ภาพ 10 โครงสร้างฐานรองรับถังสแตนเลส

การประกอบอุปกรณ์ฮีตเตอร์อินฟราเรดภายในถังหมวน ซึ่งจะยึดติดกับแกนเพลลาที่อยู่ภายในถัง สำหรับสร้างความร้อนในการอบ ดังแสดงในภาพ 11

การประกอบอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์และควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ ภายในตู้ควบคุมการทำงาน ดังแสดงในภาพ 12

การประกอบรวมโครงสร้างเครื่องอบเมื่อประกอบเสร็จแล้ว ดังแสดงในภาพ 13

การวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอบไล่ความชื้นข้าวแบบถังหมวน

จากการทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า Fluke 43B Power Analyzer ซึ่งแบ่งการทดสอบการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ดังนี้

1. การหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะไม่มีโหลด โดยใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า Fluke 43B Power Analyzer ทำให้ทราบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อรอบการผลิต 30 min คือ 2,590 W จะได้

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \frac{2,590 \text{ (W)} \times 30 \text{ (h)}}{60}$$

1,000

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)} = 1.295 \text{ kWh}$$

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า 150 หน่วยแรก} = 3.2484 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อ 1 รอบการผลิต} = 4.2 \text{ บาท}$$

2. การหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะอบไล่ความชื้นในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบเครื่องอบความชื้นแบบถังหมวนด้วยการนำรำละเอียดจำนวน 10 kg ทำการทดลองเพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของเครื่องอบ โดยการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า Fluke 43B Power Analyzer ทำให้ทราบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อรอบการผลิต 30 นาที คือ 2,650 W

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \frac{2,650 \text{ (W)} \times 30 \text{ (h)}}{60}$$

1,000

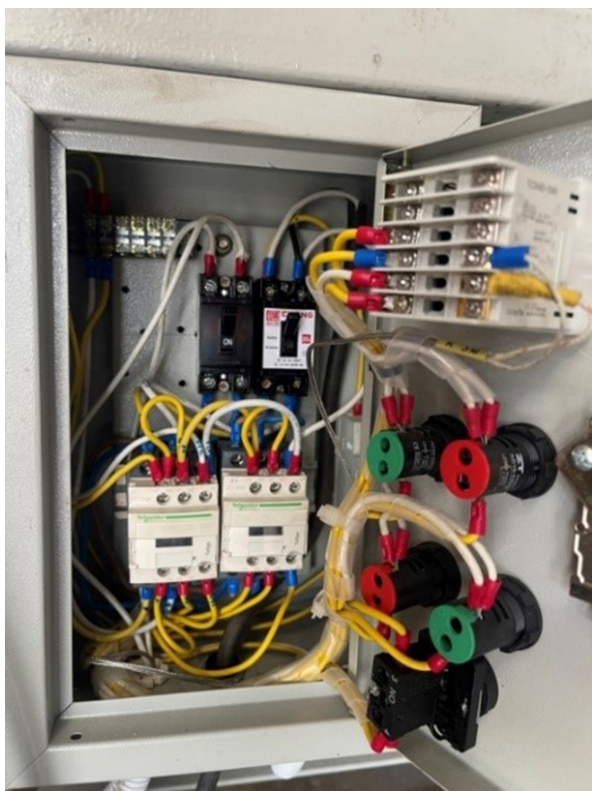
$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)} = 1.325 \text{ kWh}$$

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า 150 หน่วยแรก} = 3.2484 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อ 1 รอบการผลิต} = 4.3 \text{ บาท}$$



ภาพ 11 การติดตั้ง Heater



ภาพ 12 โครงสร้างตู้ควบคุมการทำงานฮีตเตอร์และมอเตอร์



ภาพ 13 เครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังหมุน

ผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว ประกอบด้วย ตัวถังสแตนเลสทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm ยาว 150 cm สามารถปรับความลาดเอียงได้ ภายในถังติดตั้งแท่งเหล็กสำหรับกวนรำข้าวประกอบอยู่ในตัวถังทรงกระบอกเพื่อช่วยในการ

ผสมกันระหว่างวัตถุดิบกับความร้อน ชุดควบคุมการหมุนประกอบไปด้วยมอเตอร์ 0.5 แรงม้า ชุดสายพานส่งกำลังและเกียร์ทด เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12 อัตรารอบ 1:60 ส่วนให้ความร้อน คือ ฮีตเตอร์อินฟราเรด 500 W จำนวน 5 แท่ง สำหรับตู้ควบคุมการทำงาน มีการออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์อินฟราเรด และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งทำให้ปรับตั้งอุณหภูมิของฮีตเตอร์อินฟราเรดในการอบได้ และควบคุมการหมุนของมอเตอร์อีกด้วย

ผลการออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังหมุนโดยใช้ฮีตเตอร์ในการให้ความร้อน และใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนโดยการทดสอบอบไล่ความชื้นรำข้าวที่น้ำหนัก 10 kg ใช้เวลาทดสอบเบื้องต้น 30 นาที โดยอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการทดลอง 32°C และชั่งน้ำหนักก่อนอบได้ 10 kg สำหรับเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบวัดได้ 13.8 กระแสไฟฟ้ารวมทั้งระบบระหว่างอบไล่ความชื้นคือ 14.8 A แรงดันไฟฟ้าระหว่างอบไล่ความชื้น 224.7 V ทำการอบรำข้าวที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 30 นาที โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบ 13.8% และเมื่อครบเวลากำหนด เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบอยู่ที่ 5.0 นำรำข้าวที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักได้ 9.8 kg ซึ่งผลการอบรำข้าวในเบื้องต้นสามารถทำให้รำข้าวลดความชื้นได้

การอภิปรายผล

การอบแห้ง เป็นหนึ่งในกระบวนการปัจจัยหลักของการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร การอบแห้งเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความชื้นระหว่างกระบวนการผลิต โดยการควบคุมและกำจัดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้ลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของวัตถุดิบจะสามารถนำไปต่อยอดเพิ่มมูลค่าและพัฒนาเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Wiroon et al. (2018) ที่ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนแบบถาดหมุนเพื่อใช้ในการผลิตอาหารแห้งเชิงพาณิชย์ ผลการทดสอบพบว่า สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์วัตถุดิบได้มาตรฐานการทำแห้งด้วยลมร้อนและ

มีประสิทธิภาพในการทำเวลาอบแห้งดีกว่าตู้อบลมร้อนแบบกดทั่วไป โดยเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถึงทรงกระบอกหมุนอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared drying) ภายในถังมีโครงสร้างที่ช่วยคลุกเคล้าวัตถุดิบ ทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั่วกันทั้งถัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Firmansyah Faturachman and Rossi Indiarto (2021) ที่ได้นำรังสีอินฟราเรดเพื่อลดปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) ในรำข้าวซึ่งความร้อนอินฟราเรดสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นของรังสี และระยะเวลาที่ใช้ เพื่อรักษาสารอาหารและยืดอายุการเก็บรักษาของรำข้าว ทำให้สามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ ไฟโตสเตอรอล และกรดโอเลอิก และการทดลองนี้มีการออกแบบโดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรด 500 W จำนวน 5 แห่ง สำหรับควบคุมการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nes, e Yilmaz, a Necati Baris, Tuncela and Habib Kocabiyik (2013) ที่แสดงให้เห็นว่า การฉายรังสี

อินฟราเรดระหว่าง 500-700 W ให้ผลลัพธ์ที่ดีในการลดปริมาณไขมันอิ่มตัว อีกทั้งองค์ประกอบของ γ -oryzanol และองค์ประกอบกรดไขมันในรำข้าวมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากเมื่อเทียบกับรำดิบ

ข้อเสนอแนะ

1. แนวทางการพัฒนาในอนาคตอาจจะมีการพัฒนาให้สามารถควบคุมเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวผ่านทาง Application ในโทรศัพท์มือถือได้ ซึ่งสามารถควบคุมความชื้น ควบคุมอุณหภูมิได้ และตรวจสอบได้ตลอดเวลา โดยผ่าน Application ในโทรศัพท์มือถือ

2. การพัฒนาการแจ้งเตือนผ่าน Application ในโทรศัพท์มือถือ หรือส่งเสียงการแจ้งเตือน เมื่อมีการทำงานเสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนดไว้เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบ



References

- Amarasinghe, B. M. W. P. K., Kumarasiri, M. P. M., & Gangodavilage, N. C. (2009). Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. *Food and Bioproducts Processing*, 87(2), 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2008.08.002>.
- BankQTools Shop. (2022). *Gear reducer CPG Model PA-12*. Retrieved from <https://bit.ly/3FW3wGJ>. (in Thai)
- Firmansyah, F., & Rossi, I. (2021). Food infrared heating technology: A review of its impacts on rice bran quality. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(8), 218-224. doi:10.14445/22315381/IJETT-V69I8P227
- Laohavanich, J., Raksacharoen, S., Wiset, L., Sangchote, S., & Khewkhom, N. (2019). Effect of infrared ray drying on seed infection and seed germination of paddy. *Agriculture and Natural Resources*, 53(5), 515-520. (in Thai)
- Monatrakul, W., Passago, S., Vengsungnle, P., & Siripiyasing, P. (2018). Design and development of rotating tray hot air oven for dried-foods commercial production. *Farm Engineering and Automation Technology Journal*, 4(2), 49-59. (in Thai)
- Seanasing, W. (2019). *Origin of rice bran*. Retrieved from <https://krua.co/shop/สินค้าสุขภาพ/1/รำข้าวอาร์แกนิค>. (in Thai)

- Sornpagdee, P., Tararag, C., Chaichana, T., & Dussade, N. (2016). Study performance of must flow paddy dryer with a capacity 2 tons per hour. *Industry-Energy for the future of Thailand. 12th Conference on Energy Network of Thailand* (pp. 1512-1519). Phitsanulok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Van, H. V., Depaemelaere, G., Ayala, J., Santiwattana, P., Verhe, R., & De Greyt, W. (2006). Influence of chemical refining on the major and minor components of rice brain oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(4), 315-321. <https://bit.ly/3W0Ze6T>
- Wititsiri, S. (2016). Interesting Thai rice products and by-products. Retrieved from <https://thaiheartfound.org>. (in Thai)
- Yilmaz, N., Tuncel, N. B., & Kocabiyik, H. (2013). Infrared stabilization of rice bran and its effects on γ -oryzanol content, tocopherols and fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(8), 1568-1576. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6459>



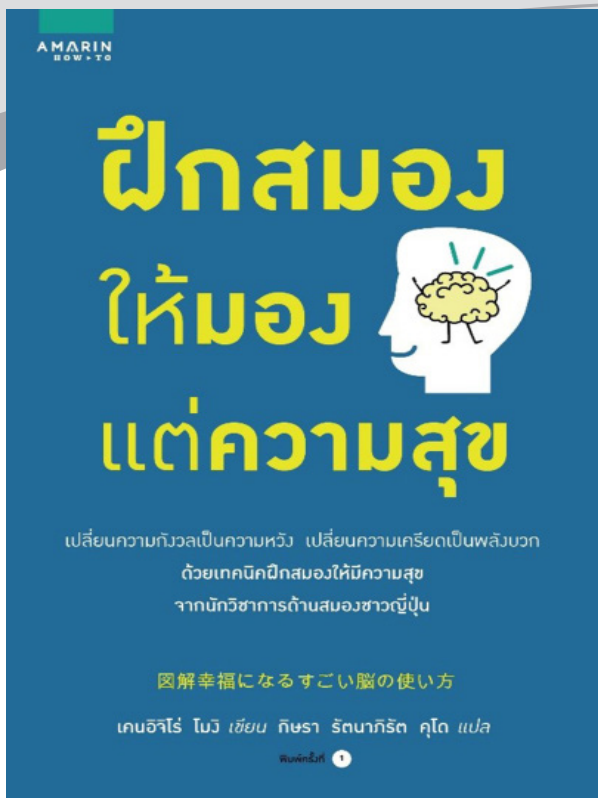
แนะนำหนังสือ Book Review

โดย ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย

By Prapaporn Kullimratchai

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

School of Information Technology, Eastern Asia University



ชื่อเรื่อง: ฝึกสมองให้มองแต่ความสุข Train your brain to focus on happiness

ชื่อเรื่องต้นฉบับ: (Zukai) Kofuku ni Naru Sugoi
Nou Tsukaikata

ผู้เขียน: เคนอิจิโร่ โมจิ (Kenichiro Mogi)

ผู้แปล: กิษรา รัตนารัต คุโด

สำนักพิมพ์: บริษัท อัมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)

ปีที่พิมพ์: 2561 (พิมพ์ครั้งที่ 2)

จำนวนหน้า: 152 หน้า

คำนำ

เรื่องราวในแต่ละวันที่เราเจอล้วนทำให้เราเกิดความรู้สึกอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ ไม่ทุกข์ก็สุข ในวันที่มีแต่เรื่องราวดี ๆ ความสุขเกิดขึ้นไม่ยาก แต่ในวันที่เจอเรื่องร้าย ๆ เราจะทำอะไรให้ยังคงรู้สึกมีความสุข เคนอิจิโร่ โมจิ นักวิชาการด้านสมองและนักวิจัยอาวุโสของ Sony Computer Science Laboratories บอกวิธีที่จะทำให้เรา ยังคงมีความสุขเสมอไม่ว่าจะเกิดอะไรขึ้น สิ่งนั้น คือ การฝึกสมองให้อยู่ในสภาพที่ตระหนักรู้ถึงความสุข “ความสุขไม่ใช่สิ่งที่ตกหล่นอยู่ตามพื้นหรือตกหล่นลงมาจากปากฟ้า トラバได้ที่สมองอยู่ในสภาพที่ตระหนักรู้ถึงความสุขอยู่ การคิดของเราก็จะจำกัดอยู่ในโหมดของความทุกข์ไปด้วย ไหน ๆ เราก็มีชีวิตกันเพียงครั้งเดียว แทนที่เราจะมัวคร่ำครวญว่าชีวิตเต็มไปด้วยความเครียดแล้วคุณไม่อยากจะใช้ชีวิตแบบที่ได้สัมผัสถึงรสแห่งความสุขในทุก ๆ วันบ้างหรือ” เคนอิจิโร่รวบรวมวิธีฝึกสมองจากการเป็นนักวิชาการด้านสมองและประสบการณ์ส่วนตัวจนได้เทคนิคที่ทุกคนทำตามได้ บางเทคนิคเป็นเรื่องใกล้ตัวที่คนส่วนใหญ่มองข้ามไป เช่น พูดคำว่า “โอเค พอเท่านั้นแหละ!” ให้มาก เพราะการคร่ำครวญอยู่กับเรื่องที่ทำให้เครียดไม่มีอะไรดีขึ้น มิน่าซ้ำยังทำให้จิตใจแย่ลง เพราะจิตใจคนเราก็คล้ายกับสปริง เมื่อเจอเรื่องเครียดก็จะหดตัว หากหดตัวชั่วคราวคงไม่เป็นไร แต่ถ้าสปริงหดตัวแล้วไม่ยอมยืดออกอีกต่อไปจะเกิดอะไรขึ้น หรือเทคนิคที่เราคาดไม่ถึง เช่น ใช้คำพูดหรือการกระทำสั่งให้สมองมีความสุข เพราะสองสิ่งนี้ คือ การตัดสินใจตัวเองให้สมองรับรู้ทีละน้อย การพูดสิ่งไม่ดีจึงส่งผลให้สมองรับรู้

ว่านี่ คือ สิ่งที่เราต้องรู้สึกหรือเป็น จึงไม่น่าแปลกใจว่าทำไมเราไม่ควรพูดคำว่า เปื่อ น่ารำคาญ ไม่สบาย เพราะในไม่ช้าสมองจะจัดการให้เราเป็นอย่างที่พูดจริง ๆ

สารบัญ

หนังสือฝึกสมองให้มองแต่ความสุข แบ่งออกเป็น 4 บท ได้แก่ บทที่ 1 ตอนไหนที่สมองรู้สึกมีความสุข บทที่ 2 เปลี่ยนความกังวลและความเครียดให้เป็นบวก บทที่ 3 ฝึกซ้อมจัดระเบียบสมองและใจ บทที่ 4 วิธีการใช้สมองให้มีความสุข และส่วนท้ายเล่มกล่าวถึง ชีวิตคือการต่อสู้เป็นกลุ่มด้วยการร่วมมือกับผู้อื่น

สาระสำคัญ

ความสุขเริ่มต้นที่สมอง! เคนอิจิโร่ โมจิ นักวิชาการด้านสมองประจำมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ กล่าวถึงความสุขว่า ไม่ใช่สิ่งที่หล่นลงมาจากท้องฟ้า แต่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากสมอง สมองที่อยู่ในภาวะความสุขจะทำให้เราคิดแต่เรื่องที่เป็นความสุขและเลือกใช้ชีวิตอย่างมีความสุข คำแนะนำในการสร้างนิสัยให้สมองมองเห็นแต่ความสุขด้วยกิจวัตร 40 ประการ ได้แก่ 01 ความสุขหาซื้อด้วยเงินได้หรือไม่ 02 คนเรารู้สึกมีความสุขเวลาไหน 03 สมองทำงานอย่างไรเวลาดีใจที่เห็นคน 04 ใช้ประโยชน์จากสมองที่ชอบเปรียบเทียบ 05 จริงหรือที่ความสุข “ไม่ใช่อยู่ที่ปัญหาเรื่องเงิน” สมองไขว่คว้าหาการปฏิสัมพันธ์กับคนอื่น ๆ 06 สมองดีใจเวลาเราเติบโตจากเมื่ออดีต 07 ความเปลี่ยนแปลงทำให้สมองสัมผัสถึงความสูงได้ง่ายกว่า 08 ลองเปลี่ยน “ลำดับของคำถาม” ดูบ้าง 09 คนที่รู้จักปรับตัวจะมีความสุข 10 มีความสุขหรือไม่ ต้องดูจากภาพรวม 11 สำหรับสมองแล้ว ทำอะไรแล้วผิดพลาดยังดีกว่ากังวลโดยไม่ทำอะไรเลย 12 ใช้ความกังวลเพิ่มสีสันให้ชีวิต 13 ทำสิ่งที่ทำไม่ได้ในวันวานให้ได้ในวันนี้ 14 การ “เบียดเบียนในตอนนี้” ก็เป็นความสามารถอย่างหนึ่งของสมอง 15 คนที่สนุกได้ในทุกสถานการณ์ คือ “มืออาชีพใน

การมีความสุข” 16 เพียงคิดว่าตอนนี้มีความสุข ความสัมพันธ์กับผู้คนในด้านการงานก็จะดีขึ้น 17 เริ่มจากการยอมรับตัวเองในปัจจุบัน 18 การสร้างประสบการณ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอจะทำให้สมองมีพัฒนาการ 19 ทำงานอย่างมด สนุกกับปัจจุบันอย่างดักแด้ 20 ความสุข คือ การมีหลายทางออก 21 สร้างวงจรบวกเลียนเคียงวงจรลบ 22 ลืมด้วย Prolonged Exposure 23 เป็นอิสระจากความกดดันด้วย Focusing 24 มีปม คือ ความรู้สึกสับสนปนเปกัน มากกว่าจะเรียกว่าเป็นปมด้อย 25 Focusing เหมาะที่จะทำระหว่าง แขน้ำร้อนหรือเดินเล่น 26 เจาะลึกลงในจิตใต้สำนึกดีกว่าเจาะลึกลงในจิตสำนึก 27 จัดระเบียบภายในสมองด้วย Focusing 28 “ความหวัง” คือ การให้ความสำคัญกับอนาคต 29 การฝึกซ้อมยอมรับสิ่งที่ไม่ได้คาดหวัง 30 ฝึกตัดบทว่า “โอเค พอเท่านี้แหละ!” ให้มาก 31 ลืมความกังวลด้วยกิจกรรมง่าย ๆ วันละ 5 นาที 32 สมองสับเปลี่ยนโหมดได้แม้ในยามกลุ่มใจ 33 วิธีเดินให้สมองปลอดโปร่ง 34 “การไม่แยแสของสมอง” ที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตอย่างมีความสุข 35 การเขียนและการคุยทำให้การจัดระเบียบภายในสมองง่ายขึ้นมาก 36 มีความสุขด้วยการทำสิ่งที่ Active ไม่ใช่ Passive 37 คำพูดของคุณ คือ การตัดสินใจตัวเองให้สมองรับรู้ทีละน้อย 38 การขาดอะไรบางอย่างในชีวิตตนก็มีความหมาย 39 ร้องไห้เพื่อปรับจิตใจเสียใหม่ และ 40 การลืมทำให้สมองกลับสู่ความเป็นหนุ่มสาว

สรุป

หนังสือฝึกสมองให้มองแต่ความสุข เป็นหนังสือจิตวิทยาและการพัฒนาตนเอง ผู้แต่งได้นำเสนอแนวทางเพื่อให้ผู้อ่านเปลี่ยนความกังวลเป็นความหวัง เปลี่ยนความเครียดเป็นพลังบวก ด้วยเทคนิคฝึกสมองให้มีความสุข จากนักวิชาการด้านสมองชาวญี่ปุ่น ด้วยคำแนะนำในการสร้างนิสัยให้สมองมองเห็นแต่ความสุขผ่านกิจวัตร 40 ประการ



Reference

Mogi, K. (2018). *Train your brain to focus on happiness* (2th ed.) (Kisara Rattanapirat Kudo, translator). Bangkok: Amarin How To. (in Thai)





โทรศัพท์ : 0-2577-1028 ต่อ 377, 378 โทรสาร : 0-2577-1053

<http://eauheritage.eau.ac.th/>

