กลุ่มที่ 3

บทความระดับชาติ

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(National Papers in Science and Technology)

กลุ่มย่อยที่ 1

เทคโนโลยีสารสนเทศ
วิศวกรรมศาสตร์

ระบบควบคุมแขนกลด้วยพีแอลซีและอาดูโน่

MECHANICAL ARM CONTROL SYSTEM WITH PLC AND ARDUINO

กฤษฎา ไทยวัฒน์ และปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : krisada.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอระบบควบคุมแขนกลด้วยพีแอลซีและอาดูโน่ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมแขนกลโดยการเชื่อมต่อกับพีแอลซีและบอร์ดอาดูโน่ กระบวนการทำงานเริ่มจากการเขียนโปรแกรมป้อนให้กับพีแอลซีและบอร์ดอาดูโน่เพื่อควบคุมแขนกลให้ทำงานตามที่ต้องการ หลังจากนั้นทำการทดสอบความถูกต้องในการเคลื่อนที่ของแขนกลจากการนำวัตถุไปวางยังตำแหน่งเป้าหมายผ่านระบบสายพานลำเลียง ผลการทดสอบการวางวัตถุของแขนกลจำนวน 30 ครั้ง แสดงให้เห็นความสามารถในการทำงานได้อย่างถูกต้องจำนวน 26 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 86.6 ดังนั้นผลการศึกษาวิธีการควบคุมแขนกลนี้สามารถนำไปเป็นแบบที่จะพัฒนาต่อไปภายในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อยที่มีการผลิตสิ้นค้าโดยมีแขนกลเป็นส่วนร่วมในกระบวนการผลิตได้

คำสำคัญ: พีแอลซี อาดูโน่

ABSTRACT

This paper presents a mechanical arm control system using PLC and Arduino. The objective is to study how to control a mechanical arm with PLC and Arduino board. The process starts from programming the PLC and Arduino board to control the mechanical arm to the aim position. After that, the mechanical arm movement accuracy was investigated from the error of object movement into target position via the conveyor system. The results of the mechanical arm placement test 30 times showed the ability to work correctly 26 times, representing 86.6%. Therefore, the results of this study can be used as a model for further development within small-scale industrial plants with a mechanical arm operating process.

Keywords: PLC Arduino

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานคนในการผลิตสินค้าต่างๆ อาจจะพบเจอปัญหาเรื่องแรงงานคน เช่นไม่สามารถทำงานที่มีความแม่นยำสูงๆ ได้อย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถทำงานต่อเนื่องในระยะเวลานานๆ ได้ต้องมีชั่วโมงพักในการทำงาน ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วย เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ซึ่งจะช่วยเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพ เพิ่มจำนวนการผลิตที่มากขึ้น ระบบออโต้เมชั่นที่

ใช้พีแอลซีในการควบคุมกระบวนผลิตจึงเข้ามามีบทบาทในการผลิตสินค้า ทำให้มีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบให้ทันสมัยและสามารถตอบสนองการผลิตสินค้าประเภทต่างๆ ได้ตามความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรม การศึกษาการควบคุมแขนกลในกระบวนการผลิตโดยใช้พีแอลซีและอาดูโน่ร่วมกันจึงมีส่วนในการช่วยพัฒนาระบบการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมได้ ซึ่งการศึกษาวิธีการควบคุมดังกล่าวนี้เป็นเพียงต้นแบบที่จะสามารถนำไปพัฒนาต่อ เพื่อให้ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมต่อไปและเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาในเรื่องระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ส่วนการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ระหว่างพีแอลซีกับอุปกรณ์ภายนอกก็ต้องดูว่าพีแอลซีเป็นแบบไหน คือแบบเอาท์พุทรีเลย์หรือแบบเอาท์พุททรานซิสเตอร์ การศึกษการเชื่อมต่อในงานวิจัยที่ผ่านมาเช่น (Yunju Jeong, Md Israfil Ansari, WooHyeon Shin, Bonggu Kang†, JinSeop Lim, HyeonSik Moon, Jaechang Shim. 2017.) ได้ศึกษาการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับอาดูโน่ผ่านมอสบัสโปรโตคอ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานร่วมกันของฮาร์ดแวร์ พีแอลซี อาดูโน่ แขนกล และจอแสดงผล
2. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรม พีแอลซีกับอาดูโน่ เพื่อควบคุมแขนกล และจอแสดงผล
3. เพื่อสามารถนำไปพัฒนาเป็นต้นแบบในกระบวนการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรม
4. เพื่อเป็นข้อมูลแนวทางสำหรับนักศึกษาหรือผู้สนใจศึกษาเรื่องระบบควบคุมอัตโนมัติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

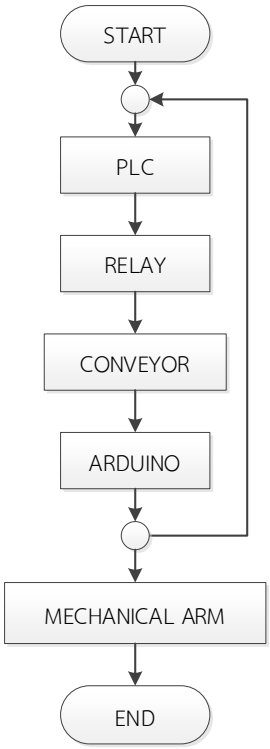
3.1 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของ พีแอลซี บอร์ดอาดูโน่ แขนกล จอแสดงผล และชุดสายพานลำเลียง
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรม พีแอลซี อาดูโน่ เพื่อควบคุมชุดแขนกลและจอแสดงผล
3. ทำการเชื่อมต่อสายไฟ พีแอลซี อาดูโน่ เพื่อให้ชุดแขนกลและสายพานลำเลียงทำงานได้
4. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลผลการทำงานของระบบควบคุม

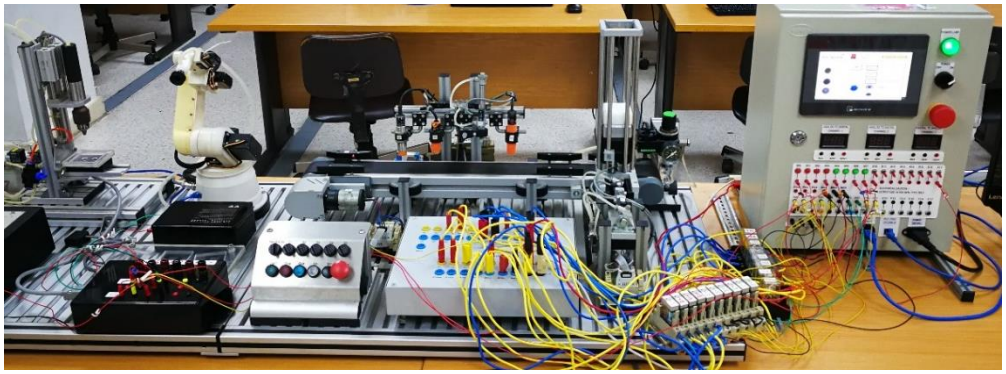
3.2 หลักการทำงานระบบควบคุม

พีแอลซี(Programmabl Logic Control : PLC) รุ่นที่ใช้คือ ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น FX5U โปรแกรมที่ใช้ GX Work3 ส่วนบอร์ดอาดูโน่ที่ใช้คือรุ่น UNO R3 ใช้ร่วมกับโปรแกรม ARDUINO Genuino V.1.8.9 และจอแสดงผลใช้ยี่ห้อ WEINVIEW ร่วมกับโปรแกรม Weintek EasyBuilder Pro V6.03.010375

หลักการควบคุมการทำงานดังภาพที่ 1 เริ่มจากการเขียนโปรแกรมพีแอลซีและอาดูโน่ให้สามารถรับและส่งค่าสัญญาณทางไฟฟ้าระหว่างกันได้ โดยเมื่อพีแอลซีส่งค่าออกทางเอาท์พุทที่กำหนด จะไปสั่งให้รีเลย์ทำงาน สัญญาณจะส่งไปที่ชุดสายพานลำเลียง เพื่อเริ่มป้อนชิ้นงานบนสายพานและจะผ่านตัวเซ็นเซอร์วัตถุพร้อมกับแสดงผลทางจอภาพ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังอาดูโน่ให้รู้ว่ามีวัตถุเข้ามา และอาดูโน่จะส่งสัญญาณไปที่ชุดแขนกล ให้เริ่มทำงานตามโปรแกรม คือจะนำวัตถุไปวางยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ เมื่อวางเสร็จอาดูโน่ก็จะส่งสัญญาณไปยังพีแอลซีให้รู้ และกระบวนการก็จะทำงานซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการสั่งหยุดการทำงาน



ภาพที่ 1 แสดงผังหลักการทำงานระบบควบคุม



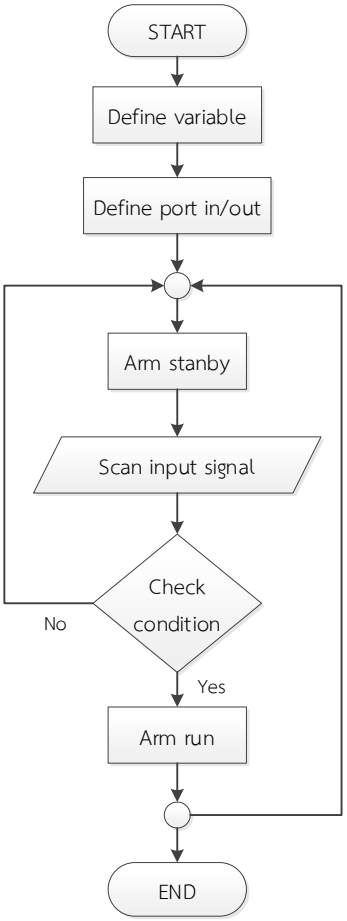
ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบต่างๆของระบบควบคุม

ก. ส่วนพีแอลซี

ข. ส่วนอาดูโน่

ภาพที่ 3 แสดงส่วนควบคุม พีแอลซีและอาดูโน่

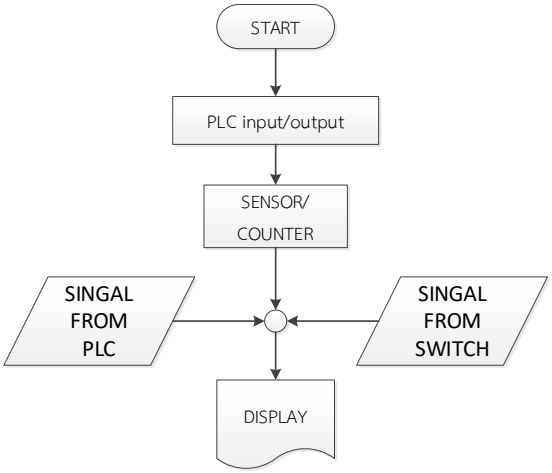
3.3 หลักการทำงานส่วนอาดูโน่



ภาพที่ 4 แสดงผังหลักการทำงานส่วนอาดูโน่

3.4 ส่วนการแสดงผล

ส่วนการแสดงผลได้โปรแกรมหน้าจอให้แสดงผลดังภาพที่ 5 การควบคุมการทำงานสามารถควบคุมได้จากสวิตซ์ควบคุมปกภายนอกหรือจะควบคุมจากการกดที่หน้าจอแสดงผลที่ได้ออกแบบไว้ โดยจะมีปุ่มเริ่มต้นการทำงาน(power) เมื่อเริ่มกดระบบจะพร้อมรอเริ่มการทำงาน ปุ่ม(start) และสามารถหยุดการทำงานได้จากปุ่ม (stop) ปุ่มกำหนดจำนวนการผลิต และจะมีส่วนของการนับจำนวนวัตถุประเภทต่างแสดงผลออกมาที่หน้าจอ และเมื่อวัตถุจากการผลิตหมดจะมีสัญญาณแจ้งเตือนให้ผู้ควบคุมรู้ได้

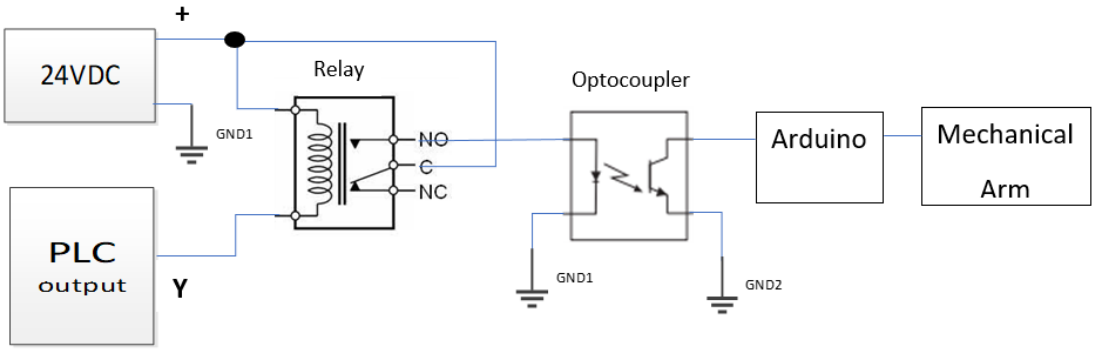


ภาพที่ 5 แสดงผังการทำงานส่วนแสดงผล

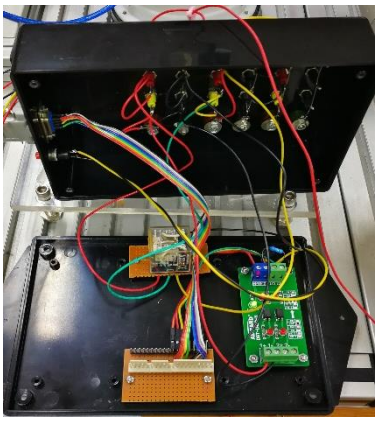
ภาพที่ 6 แสดงจอแสดงผลระบบควบคุม

3.5 ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซี อาดูโน่ และแขนกล

ปัญหาส่วนการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซี อาดูโน่ และแขนกล เพื่อเป็นการป้องกันชุดพีแอลซีรุ่นที่ใช้ทดสอบนี้ จึงจะไม่เชื่อมต่อกับพีแอลซีโดยตรง ถ้าพีแอลซีที่ใช้งานจะเป็นแบบทรานซิสเตอร์เอาท์พุท ซึ่งถ้ามีขนาดแรงดันไฟฟ้าเกินหรือต่อกลับขั้วอาจจะทำให้ชุดพีแอลซีเสียหายได้ จึงได้ทำการสร้างชุดเชื่อมต่อระหว่างแขนกลกับพีแลซี อาดูโน่ขึ้นมา โดยผ่านรีเลย์และออปโต้คัปเปลอร์ก่อน แล้วสั่งงานให้อาดูโน่ไปสั่งให้แขนกลทำงาน ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แสดงหลักการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซี อาดูโน่ และแขนกล



ภาพที่ 8 แสดงชุดเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซี อาดูโน่ และแขนกล

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

การทดสอบจะมีวัตถุที่ใช้ทดสอบ 3 ประเภท คือ อลูมิเนียม พลาสติกขาว พลาสติกดำ ตัวตรวจจับวัตถุมี 3 แบบ คือ ตรวจจับวัตถุทุกประเภท วัตถุที่ไม่มีการสะท้อนแสงและวัตถุที่มีส่วนผสมโลหะ

ตารางที่ 1 การทดสอบแยกประเภทวัตถุ (Y=ได้ , N=ไม่ได้)

จำนวนรอบครั้งที่	อลูมิเนียม	พลาสติกขาว	พลาสติกดำ
1	Y	Y	Y
2	Y	N	Y
3	Y	Y	Y
4	Y	Y	Y
5	Y	Y	Y
6	Y	Y	Y
7	Y	Y	Y
8	Y	Y	Y
9	Y	Y	Y
10	Y	Y	Y

จากผลการทดสอบตามตารางที่1 จำนวนการทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง ประเภทชนิดวัตถุละ 10 ครั้ง อลูมีเนียม (คิดเป็น 100%) พลาสติกขาว (คิดเป็น90%) พลาสติกดำ (คิดเป็น 100%) ซึ่งสามารถทำงานถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 96.6

ตารางที่ 2 การทดสอบนำวัตถุไปวางตามตำแหน่งที่กำหนดของชุดแขนกล(Y=ตรง , N=ไม่ตรง)

จำนวนรอบครั้งที่	อลูมิเนียม	พลาสติกขาว	พลาสติกดำ
1	Y	Y	Y
2	Y	Y	Y
3	N	Y	Y
4	Y	Y	Y
5	Y	Y	Y
6	Y	Y	Y
7	Y	N	Y
8	Y	Y	N
9	N	Y	Y
10	Y	Y	Y

ผลการทดสอบจากตารางที่2 จะเห็นได้ว่า จำนวนการทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง สามารถวางตรงตามตำแหน่งได้ 26 ครั้ง ไม่ตรงตำแหน่ง 4 ครั้ง โดยวัตถุอลูมีเนียม (คิดเป็น 80%) พลาสติกขาว (คิดเป็น 90%) พลาสติกดำ (คิดเป็น 90%) สรุปสามารถทำงานถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 86.6

ตารางที่ 3 การทดสอบเลือกเฉพาะวัตถุอลูมิเนียมและการวางตามตำแหน่งที่กำหนดของชุดแขนกล (Y=ได้ , N=ไม่ได้)

จำนวนรอบครั้งที่	อลูมิเนียม	
	เลือกได้ตรงประเภทวัตถุ	วางได้ตรงตำแหน่ง
1	Y	Y
2	Y	Y
3	Y	Y
4	Y	Y
5	Y	Y
6	Y	Y
7	Y	Y
8	Y	Y
9	Y	N
10	Y	Y

การทดสอบของตารางที่3 จะใส่วัตถุทุกประเภทแต่จะให้แขนกลเลือกนำเฉพาะวัตถุที่กำหนดในที่นี้ คือ อลูมีเนียม ผลการทดสอบจากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า จำนวนการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง สามารถเลือกประเภทวัตถุได้ถูกต้อง 10 ครั้ง (คิดเป็น 100%) สามารถวางตรงตำแหน่ง 9 ครั้ง (คิดเป็น 90%) ไม่ตรงตำแหน่ง 1 ครั้ง (คิดเป็น 10%)

5. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบตารางที่1 จะได้ว่าสามารถทำงานถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 96.66% แสดงให้เห็นตัวตรวจจับสามารถทำงานได้ค่อนข้างแม่นยำและการเขียนโปรแกรมที่พีแอลซีสามารถทำงานได้ตามที่กำนหดไว้ ผลการทดสอบจากตารางที่2 จะได้ว่าสามารถทำงานถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 86.66% แสดงให้เห็นว่าแขนกลสามารถทำงานร่วมกับ พีแอลซีและอาดูโน่ได้ตามโปรแกรม แต่ส่วนที่ไม่วางไม่ตรงตำแหน่งอีก 13.34% จะอาจเป็นที่ปัญหาฮาร์ดแวร์ในการรับ ส่งสัญญาณกับพีแอลซี และแขนกล ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มวงจรเช็คสัญญาณรบกวนที่อาจจะเข้ามาในระบบได้ และส่วนของการปรับองศาให้ได้ละเอียดและแม่นยำ อาจจะปรับโปรแกรมอาดูโน่ให้แม่นยำขึ้น ซึ่งทั้งนี้ก็ต้องปรับตั้งส่วนที่ติดตั้งแขนกลไปให้สัมพันธ์กันด้วย และเนื่องจากพีแอลซีที่ใช้ทดสอบเป็นแบบเอาท์พุททรานซิสเตอร์ ต้องระวังเรื่องแรงดันไฟและกราวด์ อาจทำให้พีแอลซีเกิดการเสียหายได้ จึงเพิ่มส่วนของชุดรีเลย์และออปโต้โต้คัปเปลอร์ช่วยป้องกันไว้ ซึ่งจากการทดสอบก็สามารถทำงานได้ปกติ ส่วนจอแสดงผลสามารถแสดงผลได้ตรงกับฮาร์ดแวร์พีแอลซีที่เชื่อมต่อไว้

6. เอกสารอ้างอิง

พิศนุรัตน์ เขจร. (2562). *FX5U และการใช้ GX Work3.* พิมพ์ครั้งที่ 2.

อรพิน ประวัติบริสุทธิ์. (2537). *คู่มือเรียน ภาษาซี.* ฉบับปรับปรุงใหม่.

John Boxall. (2013). *ARDUINO WORKSHOP.*

Yunju Jeong, Md Israfil Ansari, WooHyeon Shin, Bonggu Kang†, JinSeop Lim, HyeonSik Moon, Jaechang Shim. 2017. PLC and Arduino Interaction Based on Modbus Protocol. *Journal of Korea Multimedia Society,* 20(3), pp. 511-519.

แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพด้วยนาฬิกาอัจฉริยะ

HEALTH CARE APPLICATIONS ON SMART WATCHES

นายการันต์ เศรษฐี[1], นายชนกันต์ อิ่มใจ[2]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: karan.seh@spumail.net[1], chanakan.imj@spumail.net[2]

อาจารย์ นิมิตร ทักษวิทยาพงศ์[1], อาจารย์ ภูริลาภ จุฑาวัชระพล[2]

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.tu@spu.ac.th [1], purilarp.ch@spu.ac.th [2]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน กระแสสังคมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพ ลดน้ำหนัก รักษารูปร่าง กำลังเป็นที่สนใจ ในขณะที่การที่ต้องดูแลสุขภาพให้แข็งแรง ลดน้ำหนักให้เหมาะสม รักษารูปร่างตามที่ต้องการนั้น เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก มีลำดับขั้นตอนและต้องใช้ระยะเวลา จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้มีการสร้างแอปพลิเคชันและอุปกรณ์จำพวกนาฬิกาอัจฉริยะ ซึ่งสามารถตรวจจับการใช้พลังงาน การเผาผลาญของร่างกายมนุษย์ รวมไปถึงอัตราการเต้นของหัวใจขึ้นมาช่วยให้การดูแลสุขภาพ ลดน้ำหนัก รักษารูปร่างได้ง่ายขึ้น

แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพด้วยนาฬิกาอัจฉริยะเป็นแอปพลิเคชันที่นำข้อมูลที่ดึงมาจากนาฬิกาอัจฉริยะแล้วนำมาประมวลผลเพื่อแสดงค่าดัชนีมวลกายเพื่อวัดความอ้วนอยู่ในเกณฑ์หรือเกินเกณฑ์ ค่าการเผาผลาญพลังงานของร่างกายเพื่อวัดว่าร่างกายได้ใช้พลังงานในแต่ละวันเท่าไร ค่าระดับการนอนหลับเพื่อวัดการนอนหลับในแต่ละวันดีแค่ไหน ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะแสดงให้เห็นว่า สุขภาพของบุคคลดีหรือไม่ รวมถึงจะมีข้อมูลของอาหารที่จะรับประทานที่จะแสดงค่าพลังงานได้รับเมื่อประทานอาหารจะได้รับพลังงานเท่าไรเพื่อจะนำของข้อมูลการเผาผลาญของร่างกาย และข้อมูลพลังงานที่ได้รับจากการรับประทานอาหารมาหาข้อมูลการเผาผลาญพลังงานที่เราใช้จริง ซึ่งค่านี้จะทำให้เราได้รู้ว่าถ้าเราใช้พลังงานเกินจากค่าที่ได้ จะทำให้น้ำหนักเราลดแต่ถ้าเราใช้พลังงานน้อยกว่าจากค่าที่ได้ จะทำให้น้ำหนักเราเพิ่ม ตามหลักการลดน้ำหนักโดยใช้การนับการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย

จากที่กล่าวมาข้างต้น เราจะนำข้อมูลการนอน น้ำหนัก และสุขภาพมาเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มผู้ใช้งานแอปพลิเคชันกับกลุ่มผู้ที่ไม่ได้ใช้งานแอปพลิเคชัน อีกทั้งสังเกตพัฒนาการและความแตกต่างของทั้งสองกลุ่ม ทั้งก่อนการวิจัยและหลังการวิจัย

คำสำคัญ: แอพพลิเคชั่น, นาฬิกาอัจฉริยะ, การออกกำลังกาย, สารอาหาร

ABSTRACT

Nowadays, everyone wants to have good health without the disease. But at the same time, having good health is caused by good eating along with exercise. Nowadays, everyone wants to eat comfortably and does not want to exercise, but if everyone has these ideas, then the future will be at risk of various diseases. In order to start looking after one's own health with a simple method is by choosing each meal and then recording to count the number of calories in that dividing menu. There are also exercise, walking, and running, but these methods also require counting and recording. But nowadays, everyone has a smartphone that supports Smart Watch or IoT (Internet of Thing) system that eliminates problems in counting and recording. There is also analysis and calculation, allowing us to understand and allocate behavior for your health as well. Therefore, we can extract information from SmartWatch to more useful by downloading the application, which is a health application that combines the program to calculate the nutrition (INMUCAL nutrition), the program to calculate the body mass index (BMI). The program can also calculate the energy burnt by the body each day (BMR). And besides, we can retrieve the heart rate (HRPPG) and the physical activity level (Smart Activity) from the SmartWatch by linking with the application for analysis to be more accurate.

Keywords: Application, analysis, exercise, nutrition, smartwatch

1. ความสำคัญและที่มา

จากบทความวิจัยของ David Wolfe (2017) ได้กล่าวไว้ว่า ที่จริงความคิดที่ว่า เพียงแค่ไปเข้าสถานที่ออกกำลังกายแล้วทุ่มเทเวลา ให้กับการออกกำลังกายสามารถลดน้ำหนักได้นั้น ไม่ได้เป็นความจริง ซึ่งการออกกำลังกายมีผลต่อร่างกายเพียงร้อยละ 10 ถึง 30 เท่านั้น การลดน้ำหนักร้อยละ 70 ถึง 90 อยู่กับพฤติกรรมการนอนหลับ การรับประทาน และกิจกรรมที่ทำในแต่ละวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า ยังคงมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายมากกว่าโดยที่ไม่ได้ตั้งใจ ดังนั้นจะไม่สามารถที่จะจัดตารางสุขภาพได้หรือไม่สามารถที่จะรับรู้ได้เลยว่าสิ่งที่เรารับประทาน กิจกรรมที่กระทำ และการนอนหลับนั้นมีผลต่อร่างกายมากน้อยเพียงใด แต่ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้เช่นแอปพลิเคชันออกกำลังกาย ออกแบบโภชนาการ และอุปกรณ์อัจริยะต่างๆ รวมทั้ง แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพด้วยนาฬิกาอัจฉริยะ ที่ทางเราได้พัฒนาขึ้น ที่จะรวมการประมวลผลข้อมูลทั้งทางแอปพลิเคชันและทางนาฬิกาอัจฉริยะ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อแสดงข้อมูลการเผาผลาญพลังงานของร่างกายตามเวลาจริง (หน่วยเป็น kcal.)
2. เพื่อแสดงพลังงานที่ได้จากการรับประทานอาหาร (หน่วยเป็น kcal.)
3. เพื่อแสดงประสิทธิภาพการนอนหลับ ค่าดัชนีมวลกาย และอัตราความต้องการการเผาผลาญของร่างกายในชีวิตประจำวัน
4. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและการใช้งานของแอปพลิชันกับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขอบเขตงานวิจัย

1. รับข้อมูลด้านสุขภาพของบุคคลผ่านแอปพลิเคชัน

2. รับข้อมูลการเผาผลาญและการนอนผ่านนาฬิกาอัจฉริยะยี่ห้อ Fitbit

3. นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลค่าดัชนีมวลกาย อัตราความต้องการการเผาผลาญของร่างกายในชีวิตประจำวันจากสูตรพื้นฐาน

4. รองรับฟังก์ชันแสดงรายการอาหารเพื่อบันทึกจำนวนแคลอรี่ขาเข้าตามเวลาจริง

5. นำข้อมูลการประมวลผลมาเทียบกับจำนวนแคลอรี่ขาเข้าเพื่อความหมาะสมตามเกณฑ์ที่ควรได้รับต่อวัน

6. กลุ่มเป้าหมายเป็นแบบเลือกเฉพาะเจาะจง ช่วงอายุ 18-21 จำนวน 20 คน แบ่งเป็น ผู้ชาย 10 คน ส่วนสูงอยู่ระหว่าง 170-180 เซนติเมตร น้ำหนักอยู่ระหว่าง 70-90 กิโลกรัม และผู้หญิง 10 คน ส่วนสูงอยู่ระหว่าง 150-160 เซนติเมตร น้ำหนักอยู่ระหว่าง 50-70 กิโลกรัม

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้

ความต้องการด้านสุขภาพของยุคนี้

4.1.1 การใช้ Application และ Gadget ในการดูแลสุภาพ

ในปัจจุบันเมื่อการสื่อสารครอบคลุมทุกพื้นที่แล้ว จึงมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ เพิ่มมากขึ้นที่นอกเหนือจากการตอบโจทย์เรื่องการสื่อสารแล้วยังมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานมาก ยิ่งขึ้น จึงเกิดเป็น “Gadget” ต่างๆ ที่ออกมาต่อยอดวงการ เทคโนโลยีของการสื่อสาร ซึ่งหนึ่งใน Gadget ที่กำลังได้รับความนิยมนั้นก็คือสมาร์ทวอทช์ (Smart Watch) หรือ “นาฬิกาอัจฉริยะ” ที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้เป็นนาฬิกาข้อมือที่ มีความสามารถมากกว่าการบอกเวลา

4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง การออกกำลังกาย และการนอน

ในยุคปัจจุบันผู้คนเริ่มหันมาใส่ใจกับสุขภาพร่างกายกันมากขึ้น และกิจกรรมสำคัญกิจกรรมหนึ่งที่คนรักสุขภาพจะขาดไปไม่ได้เลยนั่นก็คือการออกกำลังกาย เพราะการออกกำลังกายจะช่วยทั้งเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย การหลั่งของฮอร์โมน ระบบเผาผลาญ ภูมิคุ้มกัน และอีกมากมาย ทำให้การออกกำลังกายถือเป็นหัวใจหลักของการมีสุขภาพที่แข็งแรง

Stage 1 คือ สติใกล้หลุดลอย สมองเริ่มหลั่งสารต่างๆที่ทำให้หลับ ในช่วงนี้ ระบบประสาทส่วนใหญ่ จะยังตื่นตัวอยู่ ถ้ามีอะไรรบกวนจะตื่นได้แบบรับรู้ข้อมูลอย่างกับตื่นอยู่

Stage 2 หรือ การหลับตื้น Light sleep สมองหลายส่วนจะหยุดท งาน แต่บางส่วนก็ยังทำงานอยู่ เช่น การได้ยินเสียง การสัมผัส โหมดนี้จะหลับจริงๆ แล้ว ระดับการรับรู้ค่อนข้างต่ำยังปลุกได้ง่าย สัมผัสตัว หรือเรียกสักพักก็จะตื่น ได้ไม่ยาก

Stage 3-4 Deep Sleep หลับลึก คือ จุดนี้สมองจะหยุดทำงานเกือบทุกระบบ กล้ามเนื้อ ผิวหนัง หูจะไม่ได้รับสัมผัสอะไร ทั้งสิ้น หากโดนปลุกให้ตื่นในช่วงนี้จะรู้สึกมึนหัวเห็นอะไรก็คิดไม่ทันเพราะสมองหลายส่วนหยุดทำงาน การหลับลึกกลับไปหลับตื้น และจะเริ่มเข้าโหมด REM ซึ่งเป็นช่วงที่สมองจัดการทางด้านอารมณ์

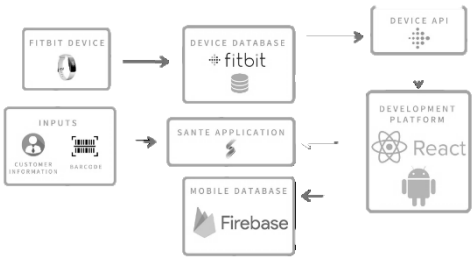
4.1.3 การคำนวณการเผาผลาญเบื้องต้น

Body Mass Index (BMI) คือ มาตรการที่ใช้ประเมินภาวะอ้วนและผอมในผู้ใหญ่ ตั้งแต่อายุ 20 ปีขึ้นไป สามารถทำได้โดยการชั่งน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม และวัดส่วนสูงเป็นเซนติเมตร แล้วนำมาหาดัชนีมวลกาย โดยใช้สูตรคำนวณค่าความอ้วนข้างต้น

$$\text{ดัชนีมวลกาย (BMI)} = \frac{\text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)}}{\text{ส่วนสูง (เมตร)}^2}$$

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 รูปแบบการทำงานของระบบ



แผนภาพที่ 1 รูปแบบการวางโครงสร้างระบบแอปพลิเคชัน

มีการใช้ภาษา React Native ในการพัฒนาแอปพลิเคชันขึ้นมาและใช้ API ในการดึงข้อมูลนำมาแสดงค่าต่างๆ

5.5.1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้

ตารางที่ 1 ฐานข้อมูลส่วนตัว

Body Data	
Date	Age
Weight	Height

จากข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของ Fitbit จะมีวันที่ที่ผู้ใช้เปลี่ยนแปลงข้อมูล อายุ ส่วนสูง และน้ำหนักที่นำมาเข้าสูตรและประมวลผมเป็นค่า BMI

5.5.2 ข้อมูลการเคลื่อนไหวและกิจกรรมต่างๆในแต่ละวัน

ตารางที่ 2 ฐานข้อมูลกิจกรรม

Activities	
Date	Distance
Steps	Activity Calories
Calories Burned	

จากข้อมูลการเคลื่อนไหวและกิจกรรมต่างๆในแต่ละวันของผู้ใช้ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของ Fitbit จะมีวันที่ จำนวนก้าว ระยะทาง และจำนวนแคลอรี่ที่เผาผลาญจากการทำกิจกรรม

5.1.3 ข้อมูลการนอนในแต่ละวัน

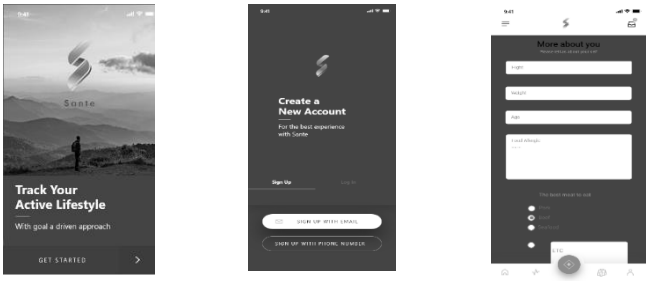
ตารางที่ 3 ฐานข้อมูลการนอน

Body Data	
Start time	Minutes REM Sleep
End time	Minutes Light Sleep
Time un Bed	Minutes Deep Sleep

จากข้อมูลการนอนในแต่ละวันของผู้ใช้ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของ Fitbit จะมีเวลานอน เวลาตื่น จำนวนเวลาที่ใช้ในการนอน จำนวนเวลาที่อยู่ขั้นเริ่มหลับ และจำนวนเวลาที่อยู่ขั้นหลับลึก

5.2 รูปแบบการทำงานของหน้าจอ

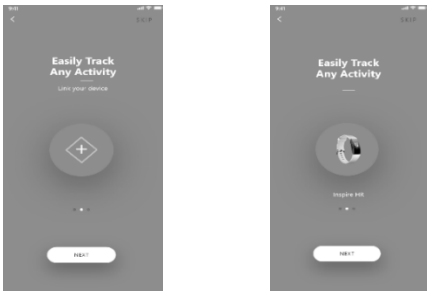
5.2.1 เริ่มใช้งาน สิ่งแรกที่พบ คือ หน้าจอให้ลงทะเบียน ซึ่งจะต้องบันทึกข้อมูลส่วนตัวลงในช่องว่างเพื่อเปิด ระบบให้ใช้งานได้ ตามรูปภาพ



(ก.) **(ข.)** **(ค.)**

แผนภาพที่ 2 หน้าจอการเข้าสู่ระบบ และลงทะเบียน

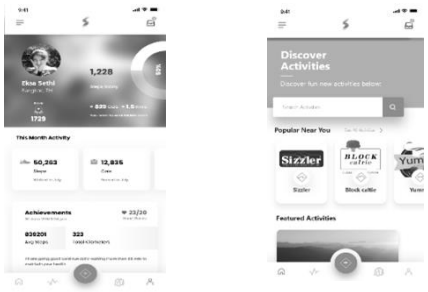
5.2.2 เชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะ ก่อนเริ่มใช้งานจะมีการเชื่อมต่อแอพพลิเคชั่นกับนาฬิกาอัจฉริยะ ซึ่งจะช่วยนำข้อมูลเบื้องต้นมาทำการคำนวณที่แม่นยำมากขึ้น



(ก.) **(ข.)**

แผนภาพที่ 3 หน้าจอการเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะ

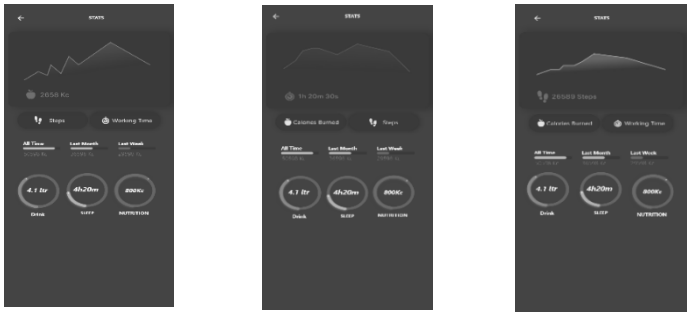
5.2.3 เริ่มใช้งานโปรแกรม จะพบเมนูหลักจะมีการแสดงรายการแนะนำ รายการโปรด และรายการใหม่



(ก.) **(ข.)**

แผนภาพที่ 4 หน้าจอการใช้งานหลัก

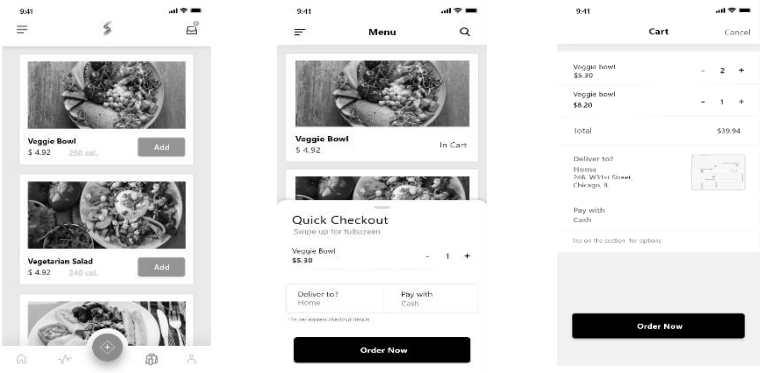
5.2.4 การแสดงผลภาพรวม เมื่อเปิดหน้าข้อมูลส่วนบุคคล ระบบจะพาเข้าสู่หน้าจอของการเลือกกิจกรรม และคำนวณกิโลแคลอรี่ของอาหารเพื่อแสดงผลภาพรวม



(ก.) **(ข.)** **(ค.)**

แผนภาพที่ 5 หน้าจอแสดงผลรวมสุขภาพ

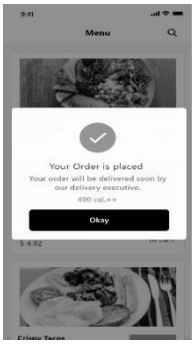
5.2.5 การเลือกอาหาร เมื่อกดคลิกเข้าไปตรงเมนูเลือกรูปอาหารระบบจะแสดงข้อมูลคุณค่าของอาหารและแสดงเกณฑ์ความเหมาะสมกับกับผู้ใช้มากเท่าไหร่ แล้วเมื่อเลือกจะถูกบันทึกไว้ในระบบเพื่อใช้คำนวณค่าในหน้าแสดงผลภาพรวม



(ก.) **(ข.)** **(ค.)**

แผนภาพที่ 6 หน้าจอการเลือกและบันทึกอาหาร

5.2.6 การวิเคราะห์ ระบบจะคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ไปจากนาฬิกาอัจฉริยะ และค่าพลังงานกิโลแคลอรี่ที่ได้จากอาหาร เพื่อแสดงค่าสมดุลของการเผาผลาญพลังงานไปทั้งสิ้น



แผนภาพที่ 7 หน้าจอแสดงผลลัพธ์

6. ผลการวิจัย

การวัดผลของงานวิจัยโดยการสุ่มตัวอย่างมา**20**คนโดยและใช้อุปกรณ์ติดต่อกับฐานข้อมูลเป็นเวลา 10 วัน ซึ่งนำฐานข้อมูลมาประมวลผลได้ดังต่อไปนี้

6.1 ข้อมูลส่วนตัว

จากข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของ Fitbit

ตารางที่ 4 ฐานข้อมูลการนอน

Information	Data
Age	16
Weight	45
Height	150

ประมวลผลเป็นค่า BMI = 20.00 เปรียบเทียบกับเกณฑ์ เข้าข่ายปกติ

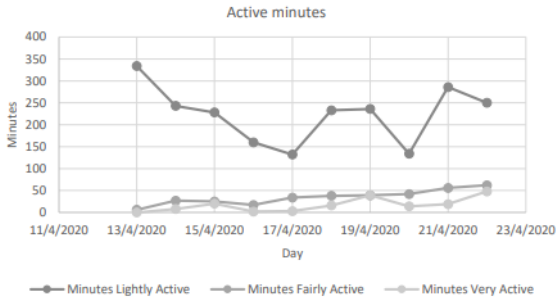
6.2 ข้อมูลการเคลื่อนไหวและกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละวัน

จากข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้ใช้ที่ได้มาจากฐานข้อมูลของ Fitbit

ตารางที่ 5 ฐานข้อมูลกิจกรรมในระยะเวลา 10 วัน

Date	Steps	Distance	Minutes Sedentary	Minutes Lightly Active	Minutes Fairly Active	Minutes Very Active
13/4/2020	11,277	6.99	1,100	334	6	0
14/4/2020	7,379	4.57	1,162	243	27	8
15/4/2020	8,966	5.59	1,167	228	25	20
16/4/2020	5,223	3.24	688	160	17	2
17/4/2020	4,481	2.78	623	132	34	3
18/4/2020	8,452	5.24	590	233	38	16
19/4/2020	12,622	7.86	621	236	39	39
20/4/2020	9,131	5.66	819	134	42	14
21/4/2020	12,652	7.84	654	286	56	19
22/4/2020	14,991	9.3	569	250	62	48

ตารางที่ 6 ข้อมูลอัตราการเผาผลาญในแต่ละวัน



Date	Activity Calories	Calories Burned
13/4/2020	959	1,883
14/4/2020	761	1,746
15/4/2020	822	1,817
16/4/2020	510	1,561
17/4/2020	512	1,591
18/4/2020	886	1,864
19/4/2020	996	1,955
20/4/2020	621	1,652
21/4/2020	1,095	2,032
22/4/2020	1,269	2,191
22/4/2020	1,269	2,191

6.3 ข้อมูลการนอนในแต่ละวัน

ตารางที่ 7 ข้อมูลการนอนในแต่ละวัน

Date	Start Time	End Time	Minutes Asleep	Minutes Awake	Minutes REM Sleep	Minutes Light Sleep	Minutes Deep Sleep	Number of Awakenings	Time in Bed
22/4/2020	6:59AM	11:04AM	211	34	70	129	12	15	245
22/4/2020	12:51AM	5:16AM	227	38	35	154	38	15	265
21/4/2020	7:25AM	10:19AM	155	18	N/A	N/A	N/A	1	174
20/4/2020	4:30AM	10:27AM	299	58	64	177	58	20	357
19/4/2020	11:59PM	5:23AM	264	60	45	203	16	31	324
18/4/2020	12:50AM	10:14AM	469	94	143	297	29	41	563
17/4/2020	12:05AM	10:53AM	539	109	157	278	104	39	648
16/4/2020	12:43AM	10:16AM	490	83	122	314	54	48	573
15/4/2020	4:30AM	10:27AM	299	58	64	177	58	20	357
14/4/2020	12:48AM	10:43AM	509	86	151	281	77	41	595
13/4/2020	11:51PM	1:05AM	66	8	N/A	N/A	N/A	0	74

หลังจากที่ได้พัฒนาแอปพลิเคชันได้มีการนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย ช่วงอายุ 18-21 จำนวน 20 คน มาทดสอบโดยแบ่งเป็น 2 ฝ่าย คือ 1. ผู้ไม่ใช้แอปพลิเคชัน 2. ผู้ใช้แอปพลิเคชัน แต่ละฝ่ายจะมีผู้ชายจำนวน 5 คน และผู้หญิง 5 คน โดยทำการสอบถามข้อมูลสุขภาพทั้งก่อนและหลังทำการวิจัย จากข้อมูลสุขภาพที่ได้สอบถามถึงประสิทธิภาพการนอนที่รู้สึก น้ำหนัก ณ ขณะนั้น และสุขภาพโดยนำความรู้สึก และอาการของสุขภาพมาเป็นเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของสุขภาพ

ตารางที่ 8 ข้อมูลสุขภาพของกลุ่มเป้าหมายก่อนการวิจัย

กลุ่มคนไม่ใช้แอปพลิเคชัน				
ผู้ทดลอง	เพศ	การนอน	น้ำหนัก	สุขภาพ
1	ชาย	ดี	สมดุล	ปานกลาง
2	ชาย	ไม่ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
3	ชาย	ไม่ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
4	ชาย	ไม่ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ปานกลาง
5	ชาย	ไม่ดี	สมดุล	ดี
6	หญิง	ดี	สมดุล	ปานกลาง
7	หญิง	ไม่ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ปานกลาง
8	หญิง	ดี	สมดุล	ไม่ดี
9	หญิง	ไม่ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ปานกลาง
10	หญิง	ดี	สมดุล	ดี

กลุ่มคนใช้แอปพลิเคชัน				
ผู้ทดลอง	เพศ	การนอน	น้ำหนัก	สุขภาพ
1	ชาย	ดี	สมดุล	ปานกลาง
2	ชาย	ไม่ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
3	ชาย	ไม่ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
4	ชาย	ไม่ดี	สมดุล	ปานกลาง
5	ชาย	ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ไม่ดี
6	หญิง	ดี	สมดุล	ปานกลาง
7	หญิง	ไม่ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ดี
8	หญิง	ดี	สมดุล	ไม่ดี
9	หญิง	ไม่ดี	สมดุล	ปานกลาง
10	หญิง	ไม่ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ดี

หลังจากการเก็บข้อมูลก่อนการวิจัยได้นำนาฬิกาอัจฉริยะทดสอบทั้งสองกลุ่มเป้าหมายเป็นเวลา 3 เดือน แต่กลุ่มแรกไม่มีการใช้แอปพลิเคชันในการช่วยดูแลสุขภาพใช้เพียงความรู้สึกและใช้ข้อมูลที่ที่ได้จากนาฬิกาอัจฉริยะเป็นการอ้างอิงผล ในขณะที่กลุ่มที่ 2 ใช้แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพเป็นตัวช่วยและแนะนำในการดูแลสุขภาพ พร้อมประมวลผลสุขภาพหลังการวิจัย

ตารางที่ 9 ข้อมูลสุขภาพของกลุ่มเป้าหมายหลังการวิจัย

กลุ่มคนไม่ใช้แอปพลิเคชัน				
ผู้ทดลอง	เพศ	การนอน	น้ำหนัก	สุขภาพ
1	ชาย	ดี	สมดุล	ปานกลาง
2	ชาย	ไม่ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
3	ชาย	ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
4	ชาย	ไม่ดี	สมดุล	ปานกลาง
5	ชาย	ไม่ดี	สมดุล	ดี
6	หญิง	ดี	สมดุล	ปานกลาง
7	หญิง	ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ปานกลาง
8	หญิง	ดี	สมดุล	ไม่ดี
9	หญิง	ไม่ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ปานกลาง
10	หญิง	ดี	สมดุล	ดี

กลุ่มคนใช้แอปพลิเคชัน				
ผู้ทดลอง	เพศ	การนอน	น้ำหนัก	สุขภาพ
1	ชาย	ดี	สมดุล	ปานกลาง
2	ชาย	ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
3	ชาย	ไม่ดี	สมดุล	ดี
4	ชาย	ดี	สมดุล	ปานกลาง
5	ชาย	ดี	สูงกว่าเกณฑ์	ดี
6	หญิง	ดี	สมดุล	ปานกลาง
7	หญิง	ไม่ดี	สมดุล	ดี
8	หญิง	ดี	สมดุล	ดี
9	หญิง	ดี	สมดุล	ปานกลาง
10	หญิง	ไม่ดี	ต่ำกว่าเกณฑ์	ดี

7. อภิปรายผล

ผลการใช้แอพลิเคชันจากกลุ่มเป้าหมายของทั้งสองฝ่ายโดยจากการวิจัยจะเห็นได้ว่า

1. กลุ่มคนไม่ใช้แอพลิเคชัน ล้วนแต่เป็นความรู้สึกเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจทั้งในการเลือกอาหาร การนอน และการออกกำลังกาย ผลจากการวิจัยทำให้ทราบได้ว่า การใช้เพียงความรู้สึกในการตัดสินใจไม่สามารถทำให้สุขภาพดีขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากไม่ได้เป็นไปตามที่ร่างกายต้องกาย และไม่สามารถทราบได้ถึงปริมาณอาหาร ประสิทธิภาพการนอน และความเหมาะสมในการออกกำลังกายได้ จึงยากในการปรับสมดุลร่างกาย

2. กลุ่มคนใช้แอพลิเคชัน การที่ได้นำแอปพลิเคชันมาใช้ในการดูแลสุขภาพทำให้เห็นการพัฒนาของร่างกายอย่างเห็นได้ชัด และรับรู้ปริมาณในการกิน และการออกกำลังกายทำให้มีความสมดุลและสามารถปรับไปตามความเหมาะสม นอกจากนั้นสามารถทราบถึงพฤติกรรมการนอนและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้เหมาะสมได้เช่นกัน ทำให้ประสิทธิภาพของสุขภาพปรับเปลี่ยนได้ง่ายและไวขึ้น

สรุปผลการวิจัย เห็นได้ว่ากลุ่มคนไม่ใช้แอปพลิเคชันทั้งก่อนและหลังการวิจัยไม่เห็นถึงความแตกต่างของสุขภาพมากเท่าไหร่ แต่กลุ่มคนใช้แอปพลิเคชันเห็นได้ว่ามีความพัฒนาด้านสุขภาพอย่างเห็นได้ชัดเจน การใช้แอปพลิเคชันในการช่วยดูแลสุขภาพทำให้ทราบพฤติกรรมของผู้ใช้

8. อ้างอิง

การรับรู้ภาวะสุขภาพ (การพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน) 2019, [Online] Available, https://med.mahidol.ac.th/nursing/jns/DocumentLink/2557/issue_03/20_7

มูลนิธิธรรมิกชนเพื่อคนคนรักสุขภาพในประเทศไทย. 10 กรกฎาคม 2561, [Online] Available, http://cfbt.or.th/index. php /about-us/history /8-about-us

สาระน่าเรียนรู้หุ่นดีสุขภาพดี. 7 พฤศจิกายน 2557, [Online] Available, https://www.theguardian.com/artanddesign/arc hitecture-design- blog/ 2014/nov/07/microsoft-headset-blind-3d-gps-guide-dogs

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). 10 กรกฎาคม 2561, [Online] Available, http://cfbt.or.th/index. php /about-us/history /8-about-us

Bonnie Eisenmen. (2000). Building Mobile Application with JavaScript (Learning with React Native). In *proceeding of the 2000 ACM SIGMOD.*

Pender , N. J. (1982). *Health Promotion in Nursing Practice. Connecticut.* 28 มิถุนายน 2561, [Online] Available, https://www.nature.com/articles/s41746-020-024.

ระบบตรวจจับพฤติกรรมแคชเชียร์

FRAUD DETECTION CAMERA

นายกิตติ นนทะสันต์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kitti.non@spumail.net

นางสาวณัฐมล กอเซ็ม

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: natthamon.kos@spumail.net

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิโรจน์ จริตควร

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุมE-mail: chirot.ch@spu.ac.th

ดร.ผิน ฉัตรแก้วมณี

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pin.ch@spu.ac.th

บทคัดย่อ

จากการออกไปสำรวจปัญหาจากร้านค้ากลุ่มเป้าหมายที่มีระบบแคชเชียร์เช่นปัญหาการทุจริตจากบุคคลภายในและภายนอกก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินและไม่สามารถป้องกันได้ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะทำการวิจัยการป้องกันการทุจริตด้วยการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์ตรวจจับใบหน้า การวิเคราะห์จากการตรวจจับธนบัตรและการวิเคราะห์พฤติกรรมพนักงานที่ส่อแววทุจริต โดยการใช้ไลบรารี่ OpenCV เพื่อมาวิเคราะห์ตัวอย่าง (Dataset) ที่ใช้อ้างอิงถึงลักษณะท่าทางของมนุษย์ในสถานะการณ์ก่อนจะทุจริต ขณะทุจริต และหลังทุจริต ตามลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าการวางตำแหน่งของกล้องและจำนวนภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์จะส่งผลต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ความผิดปกติของพนักงาน นอกจากนี้ระบบสามารถแจ้งเตือนผ่านไลน์และสามารถดูภาพพฤติกรรมจากเว็บได้โดยตรงทำให้ผู้ดูแลสามารถรู้ได้อย่างทันท่วงทีเพื่อป้องกันการทุจริตและป้องกันสูญหายของทรัพย์สิน

คำสำคัญ: ท่าทางการทุจริต, openCV, Datasets

ABSTRACT

From the trip to survey, ask for problems from stores, customers who have cashier systems, such as exercise problems from third parties and outside before causing damage. For this reason, to conduct research on the prevention of action by The program is divided into three parts: thermal detection, banknote detection, and sneaky employee detection, using the OpenCV library for more than one (dataset) used to refer to. Human behavior in work before preparation and after training according to the aforementioned characteristics, it was found that placing the camera at the saddle screen and the angle of view of the whole employee affected the accuracy of the analysis. Factor Abnormal staffing and the number of joint inspections of multiple channels can be effective, this dodging effect can be alerted via Line and can be viewed from the web, the opportunity for moderators to know in captivity to protect the protection and protection of assets.

Keywords: Stance, Fraud, OpenCV, Datasets

1. บทนำ

การทุจริตมักเกิดขึ้นกับร้านค้าหลายแห่งโดยเฉพาะร้านค้าที่มีระบบแคชเชียร์และกล้องวงจรปิดธรรมดาที่ไม่เพียงพอต่อการปกป้องทรัพย์สินเพราะการทุจริตมักจะรู้ทีหลังเมื่อเกิดเหตุการณ์ทุจริตแล้วทำให้สูญเสียทรัพย์สินและไม่สามารถป้องกันได้ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดการที่จะทำการวิจัยท่าทางต่างๆของแคชเชียร์และการเกิดการทุจริตวิเคราะห์ใบหน้า ตรวจจับธนบัตร และนำมาประกอบกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ใบหน้ากับธนบัตรและวิเคราะห์ท่าทางการทุจริตและสามารถนำผลวิจัยไปพัฒนาสู่ขั้นขั้นตอนการแจ้งเตือนผ่านไลน์หรือลดการสูญเสียทรัพย์สินได้

รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของแคชเชียร์ร้านค้าทั่วไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ป้องกันการทุจริตและสูญเสียทรัพย์ขาดทุนหรือกำไร

2. เพื่อเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบโดยแยกตามลักษณะของใบหน้า,ธนบัตรและการเคลื่อนไหวของร่างกาย เพื่อจำแนกได้ว่าท่าทางใดเป็นการทำงานแบบปกติและท่าทางใดที่แสดงถึงการทุจริต

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีตรวจจับใบหน้า

จะใช้เทคนิค AdaBoost (Adaptive Boost) กระบวนการหารูปแบบที่ใกล้เคียงกันกับต้นแบบตัวเปรียบเทียบ และให้ตำแหน่งภาพพื้นหลังส่วนอื่นถูกปฏิเสธไม่นำมาคำนวณ โดยตัวเปรียบเทียบ (Feature) เป็นโครงสร้างรูปเหลี่ยม ลักษณะหลายๆ รูปแบบ แสดงถึงผลต่างระหว่างพื้นที่สีขาวกับพื้นที่สีดำ ซึ่งทฤษฎีที่นำมาพัฒนาต่ออ้างอิงจากผลงานวิจัยของ วิจัยเชิงสำรวจการรู้จำใบหน้า Face Recognition: A Survey of Research

ตรีรัตน์ เสริมทรัพย์ นิรันด์ สารรัมย์ นิคม วุฒิยา จักรชัย โสอินทร์ มหาวิทยาลัยสุรนารี

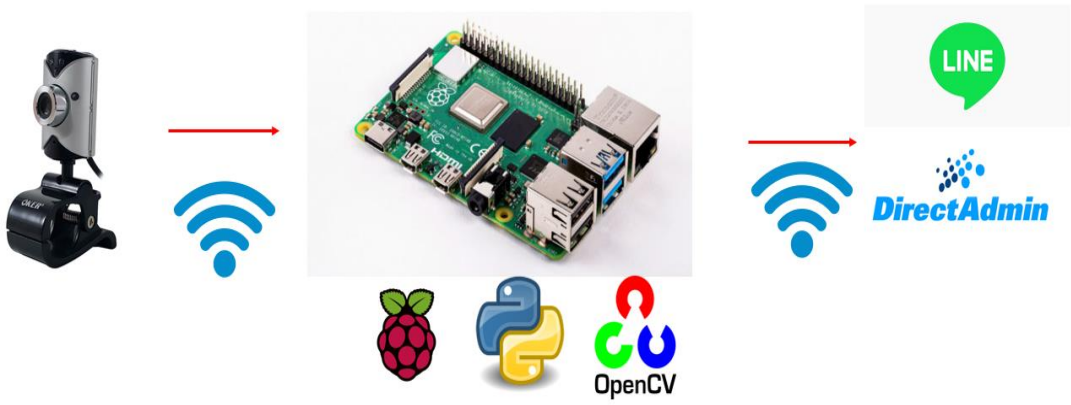
ทฤษฎี Yolo

การทำ Image Object Detection เช่น Faster-RCNN หรือ YOLO ได้ output เป็น video จะทำการตรวจจับ bounding box รอบวัตถุที่เราได้สร้างขอบเขตไว้ จะมีการทำงานรันทีละเฟรมแล้วเอาผลลัพธ์มารวมกันเป็นวิดิโอใหม่ ไม่ได้ใช้ข้อมูลหรือโมเดลข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมใดๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงงานวิจัย Video Object Detection ที่สามารถ Detect วัตถุแบบลื่นๆ เน้นๆ ไม่กระพริบ โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างเฟรม และได้ผลลัพธ์เป็น list ของ bounding boxes สำหรับแต่ละวัตถุโดยเฉพาะ (instance-level recognition) ที่เรียกว่า tubelets ทีเดียว อ้างอิงจากผลวิจัยของ การวิเคราะห์ท่าทางการตกบันได นายณภัทร สุนทร นายชยุตม์ สืบค้า นายเมธัส พงษ์พิยเดช ดร.ผิน ฉัตรแก้วมณี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

- จัดเก็บภาพ ของพนักงาน (Dataset) ภายในร้าน
- ติดตั้งกล้องเพื่อจับภาพขณะแคชเชียร์ทำงานอยู่ โดยติดตั้งตรงหน้าแคชเชียร์และด้านหน้ามุมบนที่เห็นพนักงานกับแคชเชียร์ได้อย่างชัดเจน
- นำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมโดยใช้ชุดคำสั่ง Python
  - หา Keypoint ส่วนใบหน้ากับร่างกายและเชื่อมจุดอวัยวะในร่างกายแต่ละจุดเข้าด้วยกัน
  - หา Keypoint บนธนบัตร
  - นำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1. วิเคราะใบหน้าและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของตำแหน่งของอวัยวะต่างๆ 2. วิเคราะห์ธนบัตร
  - แสดงผลการวิเคราะห์ผ่านหน้าเว็บและแจ้งเตือนผ่านไลน์



รูปที่ 2 Diagram ของงานวิจัยทั้งหมด

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

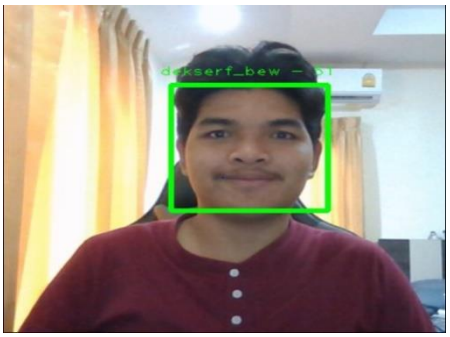
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่

- Rasberrypi 4 เป็นตัวประมวลผลการทำงานภาษา Python
- OpenCV เป็น Opensource สำหรับวิเคราะห์รูปภาพ
- COCO library และ Datasets สำหรับวิเคราะห์ตำแหน่งอวัยวะของร่างกายมนุษย์
- Python สำหรับเขียนโปรแกรมในการวิเคราะห์ Keypoint ที่ได้จาก Datasets ของ COCO หลังจากวิเคราะห์ภาพและวิดีโอ

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ

- การวิเคราะห์ใบหน้า โดยกำหนด keypoint บนใบหน้าดังนี้ ตาซ้าย - 0, ตาขวา – 1, จมูก – 2, ปาก – 3 และ คาง – 4
- การวิเคราะห์ธนบัตร ทำการจับจุดลักษณะเฉพาะของตัวธนบัตร
- การวิเคราะห์ท่าทางของมนุษย์ โดยกำหนด keypiont ของร่างกายดังนี้ จมูก – 0, คอ – 1, ไหล่ขวา– 2, ข้อศอกขวา – 3, ข้อมือขวา – 4, ไหล่ซ้าย – 5, ข้อศอกซ้าย – 6,ข้อมือขวา – 7, เอวขวา – 8, หัวเข่าขวา – 9, ข้อเท้าขวา – 10, เอวซ้าย – 11, หัวเข่าซ้าย – 12, ข้อเท้าซ้าย – 13, ตาขวา – 14, ตาซ้าย – 15, หูขวา – 16, หูซ้าย – 17 และพื้นหลัง – 18 โดยเริ่มนับจุด 0,0 จากตำแหน่งซ้ายบนสุดของรูปแกน X จะเพิ่มขึ้นทางขวา ส่วนแกน Y จะเพิ่มขึ้นทิศลงล่าง ส่วนที่ตรวจจับไม่พบจะขึ้นว่า Unknown



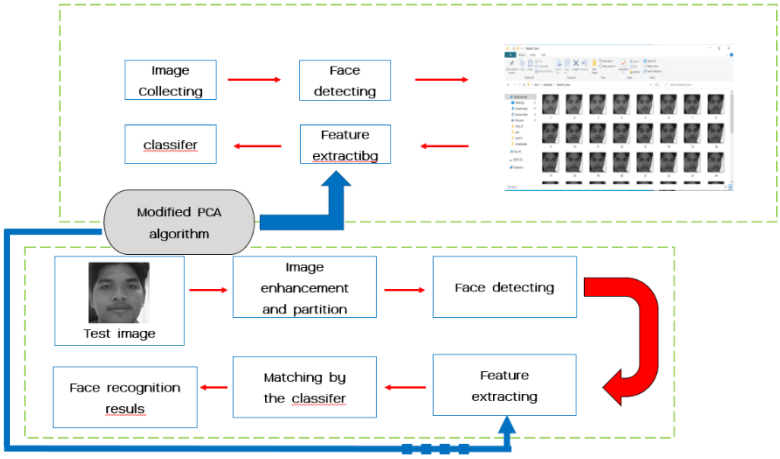
รูปที่ 3 ผลลัพธ์การจับใบหน้า

รูปที่ 4 ผลลัพธ์การจับการเคลื่อนไหว

5. ผลการวิจัย

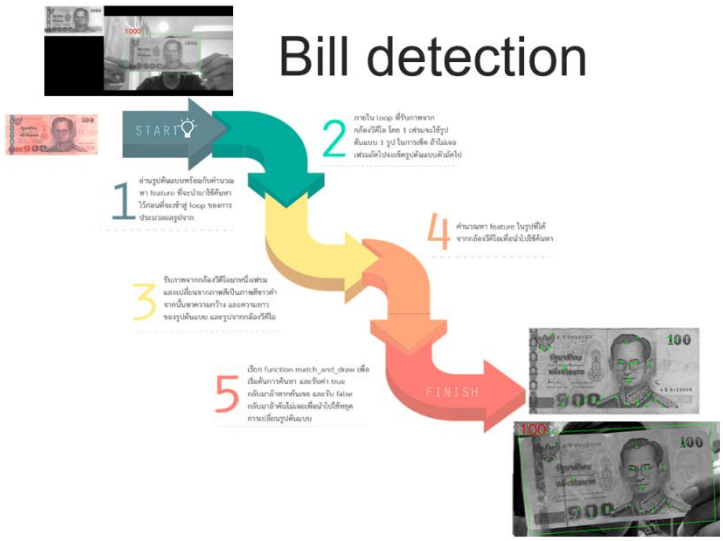
ผลการวิจัยการวิเคราะห์ท่าทางการทุจริต โดยใช้ชุดคำสั่ง Python หาจุด Keypiont บนใบหน้าและร่างกาย สามารถแบ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

5.1 วิเคราะห์ส่วนที่ 1 คือ การวิเคราะห์ใบหน้า โดยโปรแกรมสามารถวิเคราะห์ด้วยการเก็บรูปใบหน้า 50 รูปและนำไปตรวจสอบและนำไปวิเคราะห์ N/A ครั้ง หรือคิดเป็นความแม่นยำ 85% (ภาพประกอบที่ 5)



รูปที่ 5 Diagram ตรวจจับใบหน้า

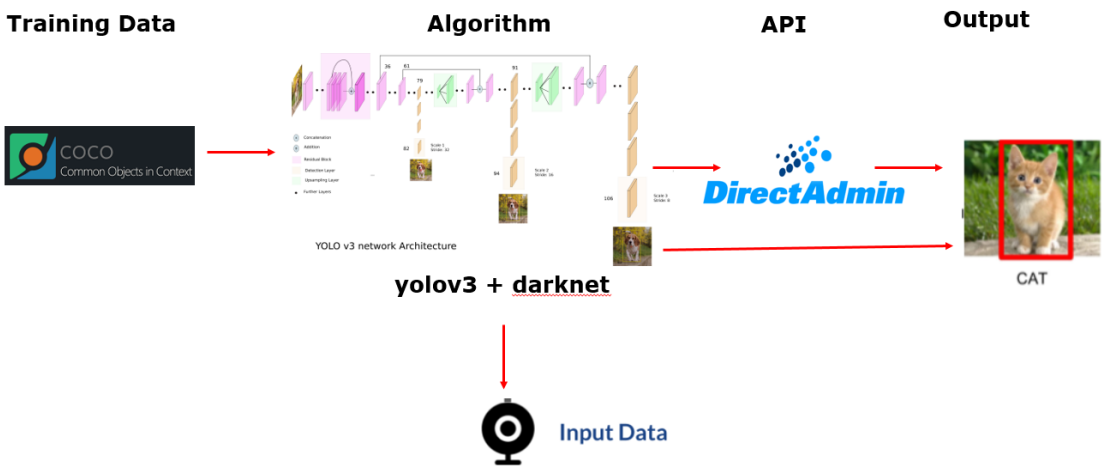
5.2 วิเคราะห์ส่วนที่2 คือการวิเคราะห์ธนบัตร โดยใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎี Brute-Force matcher บนธนบัตร และนำไปเปรียบเทียบกับรูปธนบัตรที่เราเก็บรูปธนบัตรหน้าหลังและนำไปเช็คและคำไปวิเคราะห์ N/A ครั้งครั้ง หรือคิดเป็นความแม่นยำ 68% (ภาพประกอบที่ 6)



รูปที่ 6 Diagram การตรวจจับธนบัตร

รูปที่ 7 ผลลัพธ์การตรวจจับธนบัตร

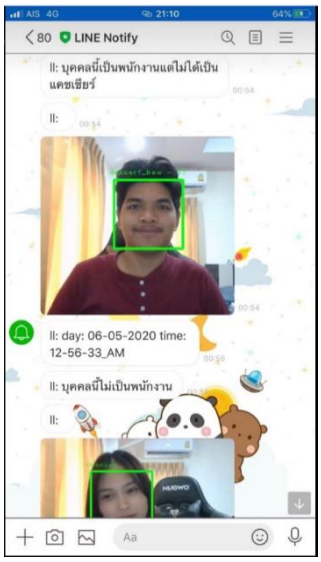
5.3 วิเคราะห์ส่วนที่ 3 คือการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหว โดยจะใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎี Yolo การกำหนด Keypiont บนร่างกายตามส่วนต่างๆ และนำไปเช็คและวิเคราะห์ N/A ครั้ง หรือคิดเป็นความแม่นยำ 50% (ภาพประกอบที่ 8)



รูปที่ 8 Diagram การตรวจจับพฤติกรรม

การแจ้งเตือนผ่านไลน์

หากพบ บุคคลแปลกหน้าจะมีการตรวจจับแล้วแจ้งเตือนเข้ามาในไลน์ของเจ้าของร้านเพื่อให้สามารถรู้ได้ทันทีว่าบุคคลที่มีพฤติกรรมสุ่มเสี่ยงต่อการโจรกรรม



รูปที่ 9 การแจ้งเตือนบุคคลที่ไม่ใช่แคชเชียร์และบุคคลที่ไม่ใช่พนักงาน

6. สรุปผล

สรุปผลของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาระบบการดูแลและรักษาความปลอดภัยเพื่อป้องกันการทุจริตโดยที่ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกล้องวงจรปิดโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ใบหน้าธนบัตรและพฤติกรรมการทุจริตทำให้โอกาสที่พนักงานจะทุจริตน้อยลงถึงร้อยละ 90% และทำให้ผู้ประกอบการสามารถดูพฤติกรรมพนักงานและจำนวนธนบัตรที่เข้ามาในแต่ละวันได้ทำให้เกิดการทุจริตน้อยลง

เอกสารอ้างอิง:

Brute-Force matcher, https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_feature2d/py_matcher/py_matcher.html?fbclid=IwAR1zl-mqEGNucMpEXLT9BSQET--BrkZ-zUv_BR5p2uJFp4NCfdhZ7fWu0kI

implement a YOLO, https://blog.paperspace.com/how-to-implement-a-yolo-v3-object-detector-from-3/?fbclid=IwAR1eVcoQmFAb2noHjYl5P5ABBFxRB0nwHOxGoMeqw0SYhIe6hnew8xE2ZVw

Install Python 3.6 on Raspberry PI CLI, https://installvirtual.com/install-python-3-on-raspberry-pi-raspbian/?fbclid=IwAR3Xtkbb_BdBgjLBfV9d5Xj_t3FP4A-VajgX8Ht59kyQYPzhLLrUuUlDtBM

Object Detection with Voice, https://laptrinhx.com/object-detection-with-voice-feedback-yolo-v3-gtts-1617637939/?fbclid=IwAR2zx9zf5jbGHohJGzcx8jQswSVSc9pWflNE6tu-Jl7Dtnujgtl-4HNV2FE

OV5647 Camera Board /w CS mount Lens for Raspberry Pi 3 / B / B+ / 2 Model B [Online], http://www.ebay.com/itm/OV5647-Camera-Board-w-CS-mount-Lens-forRaspberry-Pi-3-B-B-2-Model-B-/281212355128

Raspberry Pi 2 on Sale [Online], https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-2-onsale

Raspberry Pi Camera Module - Pi NoIR [Online], http://www.warf.com/view.Raspberry_Pi_Camera_Module_Pi_NoIR-8562.html

Raspberry Pi Camera Module [Online], http://www.thaieasyelec.com/products/development-boards/raspberry-pi-cameramodule-detail.html

Wikipedia [Online], https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi.

แนวทางการประหยัดพลังงานเครื่องกำเนิดไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยการหุ้มฉนวน : กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนบ้านนางามโมเดล จ.อุดรธานี

GUIDELINE OF ENERGY SAVING IN STEAM GENERATOR FOR PASTEURIZATION MUSHROOM CUBE BY INSULATING : A CASE STUDY OF BAN NA NGAM MODEL UDON THANI

จิตรลดา มีพรหม
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประพนธ์ ชูประเสริฐ*
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
***Corresponding author : Tel. 061-952-9993 , E-mail : chooprasert@gmail.com**

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและแนวทางประหยัดพลังงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาดเล็กสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน และประเมินการประหยัดพลังงานเมื่อหุ้มฉนวน โดยทำการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 2,500 ก้อนต่อครั้ง ใช้เวลานึ่ง 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่า เครื่องกำเนิดไอน้ำมีอัตราการผลิตไอน้ำได้ 50.0 kg/hr อัตราการใช้ฟืน 46.3 kg/hr และประสิทธิภาพเท่ากับ 14.5 % ประเมินการสูญเสียความร้อนก่อนและหลังหุ้มฉนวนเท่ากับ 834 และ 124 W ตามลำดับ เมื่อหุ้มฉนวนแล้วสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้ 710 W ประหยัดฟืนได้ 1.34 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่า 800 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 2.5 ปี

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไอน้ำ นึ่งก้อนเชื้อเห็ด วิสาหกิจชุมชน

ABSTRACT

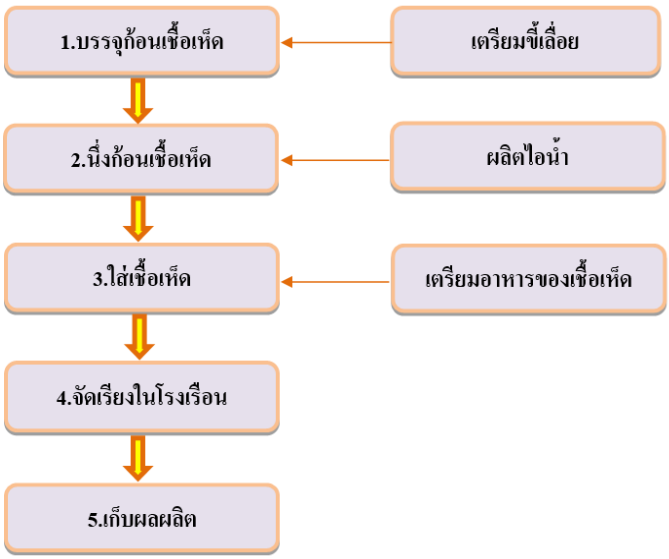
The objective of this research is to study the thermal efficiency and energy saving of the small steam generator, using firewood as a fuel, of the mushroom steaming process. The efficiency test was done at the current steam generator and the energy saving assessment was conducted applying the insulation. The mushroom was steamed 2,500 pieces/batch for 8 hours. The results show that the steam generation rate of 50.0 kg/hr. The fuel consumption is 46.3 kg/hr. The thermal efficiency is 14.5%. The outside surface temperature is 98 degree Celsius.

The thermal loss before and after using the insulation is 834 and 124 W respectively. The thermal energy saving is 710 W. The fuel saving is 1.34 tones/year which can be converted to 800 baht/year. The pay back period is 2.5 years.

Keywords: Steam generator, Efficiency, Mush room cube

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในประเทศไทยมีวิสาหกิจชุมชนจำนวนมาก และการเพาะเลี้ยงเห็ดมีการทำอย่างแพร่หลาย ซึ่งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี มีวิสาหกิจชุมชนที่เพาะเลี้ยงเห็ด จำนวน 911 วิสาหกิจชุมชน และในประเทศมีทั้งหมดจำนวน 1,533 วิสาหกิจชุมชน (ระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน, 2563) การนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเพื่อกำจัดเชื้อราต่างๆ ที่จะทำให้การเพาะเลี้ยงเห็ดเกิดความเสียหาย ซึ่งการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเป็นขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการเพาะเลี้ยงเห็ด ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้พลังงานความร้อนประเภทไอน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 1 และการผลิตไอน้ำนั้นจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวณการเพาะเลี้ยงเห็ด

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาดเล็กสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

2.) เพื่อศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาดเล็กสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

3.) เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดเชื้อเพลิง ตลอดจนลดต้นทุนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด

3. วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บัญชา ใต้ศรีโคตร และ คณะ ทำการออกแบบเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง จากการศึกษา พบว่า อัตราการผลิตไอน้ำ 10 kg/hr ลดการใช้ฟืนได้ 31.82 % สรุปได้ว่าเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการสูญเสียความร้อนได้มากกว่าเตานึ่งก้อนเห็ดแบบธรรมดา ถึง 17.234 W

เสรี ทองชุม และ พรประสิทธิ์ คงบุญ ได้ทำการออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตไอน้ำประสิทธิภาพสูงสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน ซึ่งชุดผลิตไอน้ำลักษณะเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีทั้งท่อน้ำ (water tube) และท่อไฟ (Fire tube) ในชุดเดียวกัน จากการศึกษา พบว่า อัตราการผลิตไอน้ำ 6.7 kg/hr ประสิทธิภาพอยู่ในช่วงประมาณ 65 – 75% โดยใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง และเมื่อนำเครื่องผลิตไอน้ำไปใช้ในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบถังและเปรียบเทียบกับการนึ่งก้อนเห็ดแบบดั้งเดิม พบว่า สามารถประหยัดพลังงานมากกว่า 35%

สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ ทำการทดสอบสมรรถนะหม้อไอน้ำร้อนยิ่งยวด โดยใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อก้อนเชื้อเห็ด หลักการของหม้อไอน้ำนี้จะอาศัยการต้มน้ำในปริมาณน้อย เพื่อทำให้เกิดไอน้ำร้อนยิ่งยวด อุณหภูมิ 150 °C อัตราการผลิตไอน้ำ 10 kg/hr ประสิทธิภาพ 42.2 % เมื่อทดลองนำก้อนเชื้อเห็ดที่ได้จากหม้อไอน้ำร้อนยิ่งยวด ไปเปิดดอกเห็ดและรดน้ำในโรงเรือนที่เตรียมไว้ พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดออกดอกทุกก้อน หรือ ก้อนเชื้อเห็ดเสียหาย 0%

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบ ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ซึ่งยังไม่ได้ทำการศึกษาใช้งานจริง ผู้วิจัยจึงได้เกิดความสนใจที่จะศึกษา แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้งานจริงสำหรับวิสาหกิจชุมชนเพื่อเกิดเป็นประโยชน์กับชุมชนอย่างแท้จริง

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไอน้ำ

สำหรับการทดสอบด้วยวิธีทางตรง(direct method) เป็นการนำเอาพลังงานที่ผลิตได้หารด้วยพลังงานที่ใช้ ซึ่งสามารถคำนวนได้ดังสมการที่ 1 (เสรี และ พรประสิทธิ์, 2558)

$$\eta_{th} = \frac{m_s(h_s - h_w)}{m_f \times LHV} \tag{1}$$

เมื่อ η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, %

h_s คือ เอนทาลปีของไอน้ำ, kJ/kg

h_w คือ เอนทาลปีของน้ำป้อน, kJ/kg

LHV คือ ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, kJ/kg

m_f คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง, kg/hr

m_s คือ อัตราการผลิตไอน้ำ, kg/hr

3.3 ประเมินการประหยัดพลังงานความร้อนของเครื่องกำเนิดไอน้ำเมื่อหุ้มฉนวน

การสูญเสียโดยการนำความร้อนนั้นจะเป็นการพิจารณาการนำความร้อนจากตัวเครื่องกำเนิดไอน้ำผ่านฉนวนกันความร้อนไปยังผิวนอกของฉนวนซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาและค่าการนำความร้อนของฉนวน และสามารถคำนวนได้ดังสมการที่ 2-4 (Y.A. Cengel., 1998)

$$Q_{conduc} = \frac{(T_{si2} - T_{so2})}{R_{in}} \tag{2}$$

$$R_{in} = \frac{\ln(D_2 / D_b)}{2\pi k_{in}} \tag{3}$$

$$D_2 = D_b + 2t_{in} \tag{4}$$

เมื่อ Q_{conduc} คือ การนำความร้อนผ่านฉนวน, W

T_{si2} คือ อุณหภูมิผิวเครื่องกำเนิดไอน้ำ, °C

T_{so2} คือ อุณหภูมิผิวนอกของฉนวนหุ้มเครื่องกำเนิดไอน้ำ, °C

R_{in} คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวน, °C/W

D_2 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางรวมเครื่องกำเนิดไอน้ำและฉนวน, m

D_b คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องกำเนิดไอน้ำ, m

k_{in} คือ ค่าการนำความร้อนของฉนวน, W/(m- °C)

t_{in} คือ ความหนาของฉนวน, m

การสูญเสียโดยการพาความร้อนนั้นจะเป็นการพิจารณาความร้อนสูญเสียที่ผิวนอกของเครื่องกำเนิดไอน้ำไปยังอากาศแวดล้อมโดยมีอากาศเป็นตัวพาความร้อน สามารถคำนวนดังสมการที่ 5 (Y.A. Cengel., 1998)

$$Q_{convec} = h_c \pi D_2 (T_{so2} - T_{air}) \tag{5}$$

เมื่อ Q_{convec} คือ การพาความร้อนสู่อากาศ, W

h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, W/m^2-°C

T_{air} คือ อุณหภูมิอากาศ, °C

การสูญเสียโดยการแพร่รังสีความร้อนนั้น ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสัมบูรณ์และลักษณะของผิว โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวกลาง สามารถคำนวนดังสมการที่ 6 (Y.A. Cengel., 1998)

$$Q_{rad} = (5.67 \times 10^{-8})(\varepsilon \pi D_2)[(T_{air} + 273)^4 - (T_{so2} + 273)^4] \tag{6}$$

เมื่อ Q_{rad} คือ การแพร่รังสีความร้อนสู่อากาศ, W

ε คือ สัมประสิทธิ์การแพร่รังสีความร้อน

อัตราการสูญเสียความร้อนรวม เป็นการพิจารณา การสูญเสียความร้อน 3 รูปแบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งสามารถคำนวนดังสมการที่ 7-8 (Y.A. Cengel., 1998)

$$Q_{loss,insul} = \frac{(Q_{sur} + Q_{conduc})}{2} \tag{7}$$

$$Q_{sur} = Q_{convec} + Q_{rad} \tag{8}$$

เมื่อ $Q_{loss,insul}$ คือ อัตราการสูญเสียความร้อนเครื่องกำเนิดไอน้ำเมื่อหุ้มฉนวน, W

Q_{sur} คือ การสูญเสียความร้อนที่ผิวนอก, W

3.4 ระยะเวลาคืนทุน

การคำนวนระยะเวลาคืนทุนสามารถหาได้จากสมการที่ 9 (เริงรัก, 2544)

$$PB = \frac{I}{SC} \tag{9}$$

เมื่อ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน, ปี

I คือ มูลค่าเงินลงทุน, บาท

SC คือ มูลค่าเงินที่ประหยัดได้, บาท/ปี

4. วิธีการศึกษา

ทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไอน้ำด้วยวิธีทางตรง สำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ของวิสาหกิจชุมชนบ้านนางามโมเดล ใช้ไม้มะม่วงมีความชื้นอยู่ในช่วง 20-30% เป็นเชื้อเพลิง และทดสอบด้วยวิธีทางตรง ดังสมการที่ 1 โดยทำการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดจำนวน 2,500 ก้อน ใช้เวลานึ่ง 8 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 2-6 สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 1 และทำการประเมินการประหยัดพลังงานกรณีหุ้มฉนวนหนา 2 นิ้ว ที่ตัวเครื่องกำเนิดไอน้ำ ตามสมการที่ 2-8 จากนั้นประเมิณระยะเวลาคืนทุนตามสมการที่ 9

ตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ลำดับ	รายการเครื่องมือ	ใช้งาน
1	เทอร์โมคัปเปิล	อุณหภูมิจุดต่างๆ
2	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger)	บันทึกอุณหภูมิ
3	เครื่องชั่งน้ำหนัก	ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง
4	มิเตอร์น้ำ	วัดน้ำป้อน

ภาพที่ 2 แสดงการวัดปริมาตรและอุณหภูมิน้ำป้อนน

ภาพที่ 3 แสดงการวัดอุณหภูมิไอน้ำในห้องนึ่ง

ภาพที่ 4 แสดงการบัณทึกอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภาพที่ 5 แสดงการวัดอุณหภูมิผิวเครื่องกำเนิดไอน้ำ

ภาพที่ 6 ชั่งน้ำหนักไม้ฟืนที่เครื่องกำเนิดไอน้ำใช้

5. ผลการศึกษา

5.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไอน้ำ

ทดสอบและเก็บข้อมูลการทดสอบได้ผลลัพธ์แสดงดังในตารางที่ 2 เมื่อนำมาคำนวนหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ยังไม่หุ้มฉนวนได้เท่ากับ 14.5 %

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเครื่องกำเนิดไอน้ำใช้ไม้ฟืน

รายการ	เริ่ม	สิ้นสุด	เวลา หรือ ปริมาณที่ใช้
เวลา(hr)	4.00	12.00	8.0
น้ำป้อน(kg)	-	-	400
เชื้อเพลิง(kg)	-	-	370
m_f (kg/hr)	50.0		
m_s (kg/hr)	46.3		

5.2 ผลการประหยัดพลังงานความร้อนเมื่อมีการหุ้มฉนวนเครื่องกำเนิดไอน้ำ

เครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นแบบท่อไฟนอน ทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 cm ความยาว 92 cm ผลการประเมินการสูญเสียความร้อนกรณีเครื่องกำเนิดไอน้ำไม่หุ้มฉนวน และผลการประเมินกรณีที่เครื่องกำเนิดไอน้ำมีฉนวนหนา 2 นิ้วหุ้ม ค่า k ของฉนวนเท่ากับ 0.042 W/m-°C พบว่าความร้อนสูญเสียเมื่อไม่หุ้มฉนวนเท่ากับ 834 W และ ความร้อนสูญเสียเมื่อหุ้มฉนวนเท่ากับ 124 W ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินด้านพลังงานความร้อน

รายการ	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
การสูญเสียความร้อนกรณีไม่หุ้มฉนวน	Q_{loss}	834	W
การสูญเสียโดยการนำความร้อนผ่านฉนวน	Q_{conduc}	66	W
การสูญเสียโดยการพาความร้อน	Q_{convec}	88	W
การสูญเสียโดยการแพร่รังษีความร้อน	Q_{rad}	94	W
การสูญเสียที่ผิว	Q_{sur}	184	W
อัตราการสูญเสียความร้อนทั้งหมด	$Q_{loss,insul}$	124	W

5.3 ผลประเมินระยะเวลาคืนทุน

จากการผลการประเมิน พบว่า เมื่อหุ้มฉนวนแล้วสามมารถประหยัดพลังงานได้ 710 W ลดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ปีละ 1.34 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการหุ้มฉนวน

รายการ	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้หลังหุ้มฉนวน	Q_{save}	710	W
ลดการใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนได้	-	1.34	ตัน/ปี
ประหยัดค่าไม้ฟืนได้ (ราคา 600 บาท/ตัน)	SC	800	บาท/ปี
เงินลุงทุนในการหุ้มฉนวน	I	2,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	PB	2.5	ปี

6. อภิปรายและสรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไอน้ำนึ่งก้อนเชื้อเห็ดของวิสาหกิจชุมชนตัวอย่าง พบว่ามีอัตราการผลิตไอน้ำ 50 kg/hr ประสิทธิภาพ 14.5% การสูญเสียความร้อนกรณีไม่หุ้มฉนวนถึง 834 W และเมื่อฉนวนหุ้มความร้อนสูญเสียลดลงเหลือ 124 W ประหยัดพลังงานความร้อนได้ถึง 710 W ประหยัดไม้ฟืนได้ถึง 1.3 ตันต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า บัญชา ใต้ศรีโคตร และ คณะ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 31.82 % เสรี ทองชุม และ พรประสิทธิ์ คงบุญ มีประสิทธิภาพ อยู่ในช่วงประมาณ 65 – 75% สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 42.2 % จะเห็นได้ว่าประสิทธภาพของเครื่องกำเนิดไอน้ำของ

วิสาหกิจชุมชนแห่งนี้ต่ำกว่า เนื่องจากเป็นเครื่องที่ใช้งานจริง และมีอัตราการผลิตไอน้ำมากกว่าในงานวิจัยที่ผ่านมาถึง 5-6 เท่า ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณวิสาหกิจชุมชนบ้านนางามโมเดล จ.อุดรธานี ที่ได้ให้ข้อมูลที่สำคัญในการศึกษา และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ได้ช่วยเหลือด้านเครื่องมือและการเก็บข้อมูลทดสอบครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

บัญชา ใต้ศรีโคตร และ คณะ. (2557). การออกแบบและประสิทธิภาพเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด. *การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 7*; 6 พฤษจิกายน 2557.

ระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน. (2563). [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2563, จาก http://www.sceb.doae.go.th/Ssceb2.htm

เริงรัก จำปาเงิน. (2544). *การจัดการการเงิน*. กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

สาธิต รุ่งฤดีสมบัติกิจ และ อุบลรัตน์ วาริชวัฒนะ. (2559). การทดสอบสมรรถนะของหม้อนึ่งก้อนเชื้อเห็ดไอน้ำร้อนยิ่งยวด. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 6(1).

เสรี ทองชุม และ พรประสิทธิ์ คงบุญ. (2558). สมรรถนะเครื่องผลิตไอน้ำสำหรับอุตสาหกรรมครัวเรือน. *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11*; 17-18 มิถุนายน 2558.

Y.A. Cengel. Heat Transfer. International. North America : Mc Graw-Hill ; 1998.

การลดของเสียในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ กรณีศึกษาชิ้นส่วนอาร์เมเจอร์

DEFECT REDUCTION IN THE PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS CASE STUDY OF ARMATURE PART

ชวลิต มณีศรี

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : chawalit.ma@spu.ac.th

วิภาวี ภักดีสุข

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : wipawee2511@gmail.com

กิติกุล ปุณศรี

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : kitikul.pu@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ดำเนินการแก้ปัญหาของเสียในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอาร์เมเจอร์ รุ่น SB ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนของเสียรวมสูงถึงร้อยละ 76.84 ทำให้กระบวนการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่สู่ลูกค้าล่าช้าออกไป รวมถึงกระทบต่อต้นทุนการผลิตและความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ระยะคือ ระยะที่ 1 ใช้แผ่นตรวจสอบในการเก็บข้อมูลการผลิต ระยะที่ 2 ใช้กราฟและผังพาเรโตในการเลือกปัญหาที่จะนำมาปรับปรุง พบว่าของเสียประเภทระยะสปริงต่ำกว่ามาตรฐานมีสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 66.29 ของของเสียทั้งหมด ระยะที่ 3 ทำการระดมสมองร่วมกับหลักการ 5W2H และการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว ทำให้ทราบว่าเกณฑ์ในการตรวจสอบถูกกำหนดไว้เข้มงวดเกินไป และแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งถือว่าเป็นความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่ผู้ผลิตเป็นผู้รับผิดชอบความเสี่ยง ระยะที่ 4 ทดลองปรับเปลี่ยนเกณฑ์การตรวจสอบระยะสปริงจาก 0.2 – 0.6 มม. เป็น 0.1 - 0.7 มม. พร้อมกับทดสอบเสียงรบกวนจากการเปิดปิดที่เกิดจากระยะสปริงที่เปลี่ยนไป ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ของเสียลดลงเหลือเพียงร้อยละ 14.58 และระดับเสียงรบกวนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หรือลดต้นทุนได้ 1,046,880 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ: การควบคุมคุณภาพ คอมเพรสเซอร์ อาร์เมเจอร์ การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว ความผิดพลาดประเภทที่ 1

ABSTRACT

This research solves the defect problem in the product development process of the armature SB model that the total defect ratio is up to 76.84 percent. It affects the delay of the proposes a new product to the customer, including effects on the production cost and product confidence. The research is executed in 4 phases. The first phase uses the check sheet to collect the production data. Phase 2 uses the graph and the Pareto diagram to select the problem to be improved. The spring distance is lower (Spring min) than the standard is the highest defect ratio at 66.29% of the total defect. In phase 3, we brainstorm with 5W2H and the fault tree analysis (FTA) to find out the root cause. It shows that the inspection criteria are set too strict. It is the type I error that the manufacturer is responsible for the risk. In the final phase, we adjust the spring distance checking criteria from 0.2 – 0.6 mm to 0.1 - 0.7 mm, as well as test the noise from the opening-closing that cause by the spring distance changing. The results of the experiment show that the defect ratio is reduced to only 14.58 percent and the noise level is acceptable too. The cost can be reduced by 1,046,880 baht per month.

Keywords: Quality control, Compressor, Armature, Fault tree analysis, Type I error.

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ในปัจจุบันของประเทศไทย มีการแข่งขันในด้านนวัตกรรมของตลาดยานยนต์ที่ค่อนข้างสูง จึงมีความจำเป็นที่อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศต้องมีศักยภาพสูงตามไปด้วย เพื่อที่จะสามารถแข่งขันในตลาดโลก บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดใหญ่ เปิดดำเนินการมากว่า 24 ปี และมีพนักงานกว่า 1,100 คน มีผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ประเภท คือ คอมเพรสเซอร์แอร์ (Compressor) และคลัทช์แม่เหล็ก (Magnetic Clutch) ซึ่งมียอดการผลิตสูงถึง 2.3 ล้านชิ้น และ 4.7 ล้านชิ้น ตามลำดับ จากการศึกษาคลัทช์แม่เหล็กรุ่น SB ที่อยู่ระหว่างพัฒนาก่อนการผลิตจริงพบการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตสูงถึงร้อยละ 76.84 ส่งผลต่อการเสียโอกาสในการขายและทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นอีกด้วย ชิ้นส่วนสำคัญที่เกิดของเสียระหว่างกระบวนการพัฒนาคือ คือ อาร์เมเจอร์ (Armature) รุ่น SB ซึ่งพบว่า เกิดของเสียในลักษณะ Spring Min ในสัดส่วนร้อยละ 66.29 จากประมาณของเสียทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในช่วงพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอาร์เมเจอร์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ก่อนที่จะเสนออนุมัติให้เริ่มผลิตอาร์เมเจอร์รุ่น SB ออกสู่ตลาดต่อไป โดยจะประยุกต์ใช้ แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น แสดงและจัดลำดับสำคัญของปัญหาของเสียด้วยแผนผังพาเรโต้ (Parato Diagram) และใช้หลักการ 5W2H ร่วมกับการวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (Fault Tree Analysis: FTA) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสีย และเทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming) มาช่วยในการแก้ปัญหาในด้านการปรับปรุงกระบวนการผลิต และควบคุมกระบวนการ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดของเสียในการผลิตอาร์เมเจอร์ให้ต่ำกว่า 15% ก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 เครื่องมือในการศึกษากระบวนการ

แผนภาพการไหล (Flow Chart) เป็นเครื่องมือเริ่มต้นที่ใช้ศึกษาขั้นตอนและกระบวนการทำงานของระบบที่สนใจ มีสัญลักษณ์แสดงลำดับการทำงานของระบบ (จุฑาทิพย์, 2551)

3.2 เครื่องมือในการเก็บข้อมูลและระบุปัญหา

ในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต มีตัวอย่างการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาในหลายงานวิจัย เช่น การลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก (จุฑาทิพย์ ทะประสพ, 2551) การลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ (ฐาปนันดร์ เขียวสังข์ และศุภรัชชัย วรรัตน์, 2555) และการลดของเสียในกระบวนการเชื่อมภายในแผนก Welding กรณีศึกษา : โรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ (อุษาวดี อินทร์คล้าย, 2555) เป็นต้น โดยมีการใช้งานเครื่องมือ 3 ชนิด คือ คือ แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) คือ ตารางแผนผังหรือ รายการที่ออกแบบไว้ในการบันทึกข้อมูลหรือตัวเลขแต่เพื่อความสะดวกมักจะออกแบบเพื่อให้สามารถใช้การ “ขีด” (/) ลงในใบตรวจสอบ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตที่มีต่อปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมกระบวนการและการแก้ไขปัญหา ผังพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับลำดับความสำคัญของปัญหา ควบคู่กับหลักการ 80:20 เพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละปัญหามีอัตราส่วนเท่าใด เมื่อเทียบกับปัญหาทั้งหมด และทำให้เน้นหรือเลือกปัญหาหลักมาแก้ไขได้อย่างเหมาะสม และกราฟ (Graph) ซึ่งแสดงภาพในการตรวจติดตาม นำเสนอข้อมูล และวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ (Montgomery Douglas C., 2012)

3.3 เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

หลักการ 5W2H เป็นการตั้งคำถามในการสำรวจปัญหาและแนวทางการแก้ไขโดยการท้าทายด้วยคำถาม What, When, Where, Who, Why, How Many และ How Detect สามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือปัญหาได้เกือบทุกรูปแบบ ถูกนำมาหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ เหล่านั้นเพื่อค้นหาคำตอบที่เป็นความเป็นจริง และนำมาเรียบเรียงใหม่ให้ง่ายแก่ต่อการทำความเข้าใจ โดยบริษัทกรณีศึกษาประยุกต์ใช้หลักการนี้ในชื่อเรียก “QRQC Escalation report (Quick Response Quality Control)” (ชวลิต มณีศรีและคณะ, 2562)

3.4 การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว (Fault Tree Analysis: FTA)

เป็นเครื่องมือหนึ่งที่นิยมใช้ชี้บ่งและประเมินความเสี่ยง นอกจากนั้นยังใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้เช่นเดียวกับแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (Effect) กับสาเหตุ (Causes) ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้นๆ เพื่อการศึกษา วิเคราะห์ทำความเข้าใจและการหาแนวทางแก้ปัญหาให้ตรงประเด็น (อุมารักษ์ ศิริจรูญวงศ์, 2555) โดยบริษัทกรณีศึกษาประยุกต์ FTA ในชื่อเรียกภายในองค์กรว่า “Factor Tree Analysis” ซึ่งวิเคราะห์ในปัจจัยหลักคือ Materials, Man, Method และ Machine

3.5 เทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming)

เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนางาน ตั้งแต่ระดับการวางแผน การค้นหาปัญหา การหาทางออกของปัญหา เป็นการแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิกในกลุ่มผู้เกี่ยวข้องหรือมีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มเสนอแนวความคิดใหม่ๆ ขึ้นมาเปิดโอกาสให้ทุกคนแสดงและรับฟังความคิดเห็น (ธานิกานต์ มาฆะศิรานนท์ และณัฐพงศ์ เกศมาริษ, 2553)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตระหว่างการพัฒนาอาร์เมเจอร์รุ่น SB เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีและเครื่องมือ ตามลำดับต่อไปนี้

4.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เช่น กระบวนการผลิต และเกณฑ์ควบคุมคุณภาพอาร์เมเจอร์โดยทั่วไป โดยใช้ Flow Chart เป็นหลักในการบันทึกข้อมูล

4.2 เก็บรวบรวมข้อมูล ลำดับพัฒนาอาร์เมเจอร์รุ่น SB ในระยะเวลาย้อนหลัง 8 เดือนตั้งแต่ กุมภาพันธ์ – กันยายน 2562 เช่น ของเสีย ปัญหาในกระบวนการผลิต ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณของเสีย โดยใช้ Check Sheet และลำดับความสำคัญของปัญหาด้วย Pareto Diagram เพื่อเลือกปัญหามาวิเคราะห์และปรับปรุง เป็นต้น

4.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของปัญหา QRQC Escalation Report และวิเคราะห์สาเหตุของแต่ละปัญหา เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยหรือสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหานั้นๆ ด้วย Factor Tree Analysis ซึ่งจำแนกตามประเภทของที่เกิดจาก 4M คือ Man, Machine, Method และ Materials

4.4 เสนอแนวทางปรับปรุง โดยใช้เทคนิคการระดมสมองเพื่อเสนอแนวทางที่สอดคล้องกับสาเหตุของการเกิดปัญหาของเสีย และกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จของการปรับปรุง

4.5 ทดลอง ดำเนินการทดลองใช้แนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่ทำภายใต้ระยะเวลา 1 เดือน ในเดือนพฤศจิกายน 2562

4.6 สรุปผลดำเนิน การเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ด้วยกราฟ (Graph) รวมถึงอภิปรายในเกณฑ์หรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เพื่อยืนยันผลการปรับปรุงให้รอบด้าน

5. ผลการวิจัย

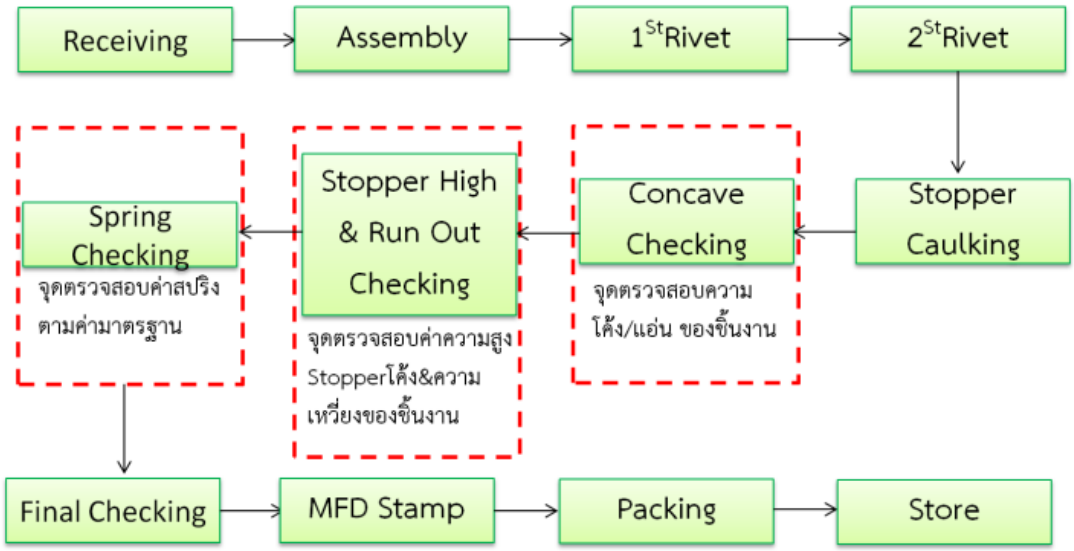
5.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

จากการศึกษาองค์ประกอบของครัทช์แม่เหล็ก ได้แก่ ฟิวส์คอยล์ (Filed Coil) พูเล่ย์ (Pulley) และอาร์เมเจอร์ (Armature) ดังแผนภาพที่ 1 รวมถึงกระบวนการผลิตอาร์เมเจอร์ที่ได้รับมอบหมาย ดังแผนภาพที่ 2 โดยกระบวนการตรวจสอบจะเกิดขึ้นใน 3 ขั้นตอน คือ Concave Checking เป็นการตรวจสอบการแอ่นของ Plate ที่ส่งผลต่อการดูดระหว่างอาร์เมเจอร์ กับตัวพูเล่ย์ และทำให้คลัทช์แม่เหล็ก กับคอมเพรสเซอร์มีระยะห่างกัน Stopper High and Run Out Checking เป็นการตรวจสอบความสูงของ Stopper หากกดลงไม่สุดจะส่งผลต่อการคดงอของชิ้นส่วนประกอบ และตรวจสอบการกวัดแกว่ง หรือการเหวี่ยงของชิ้นงาน หากมีค่า Run out มากเกินไปจะส่งทำให้ตัวอาร์เมเจอร์มีเสียงดังเวลาทำงาน สุดท้ายการตรวจสอบ Spring Checking เป็นการตรวจสอบว่า Spring ว่ามีค่าสูง หรือต่ำกว่า Plate ซึ่งทำให้เมื่อนำอาร์เมเจอร์ไปประกอบกับพู่เลย์จะมีการกวัดแกว่งของตัวชิ้นงานสูงหรือต่ำกว่ามาตรฐาน ส่งผลทำให้มีเสียงเวลาทำงาน

5.2 เก็บรวบรวมข้อมูล

ชิ้นส่วนอาร์เมเจอร์รุ่น SB มีทดลองผลิตและปรับปรุงมา 5 ครั้งตั้งแต่เดือนมีนาคม – กันยายน 2562 โดยมีผลการทดลองจำแนกเป็นชิ้นงานดี และชิ้นงานเสีย (แยกชนิดของเสีย) ดังตารางที่ 1 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเลือกปัญหาในการดำเนินโครงงานด้วยผังพาเรโต (Pareto Diagram) และตัดสินใจเลือกปัญหาตามหลัก 80:20 ซึ่งพบว่า ปัญหา Spring Min เป็นปัญหาที่นำมาแก้ไขต่อไปจากการมีสัดส่วนของเสียสูงถึง 66.29% ดังแผนภาพที่ 3

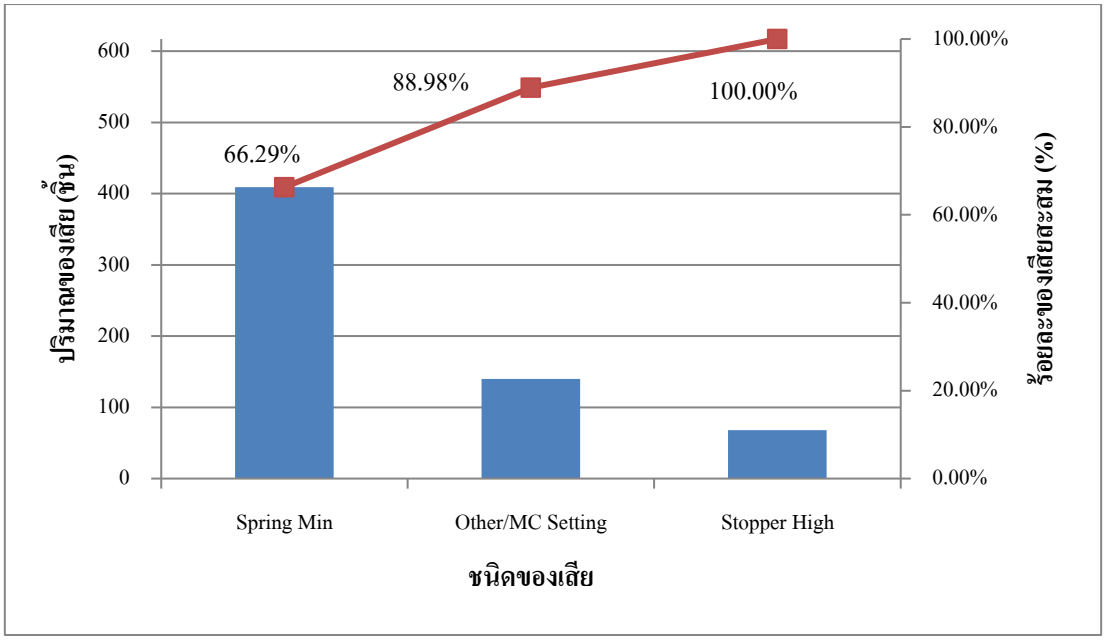
แผนภาพที่ 1 คลัทช์แม่เหล็ก (Magnetic Clutch)



แผนภาพที่ 2 กระบวนการผลิตอาร์เมเจอร์

ตารางที่ 1 Check Sheet การทดลองผลิตอาร์เมเจอร์รุ่น SB

Date (2019)	Input (Piece)	Defect Type			Output (%)	
		Spring Min	Stopper High	Other/MC Setting	FG	NG
26/3	95	17	68	-	10.53	89.47
2/4	295	122	-	69	35.25	64.75
29/4	218	99	-	71	22.01	77.98
24/7	95	90	-	-	5.26	94.74
2/9	100	81	-	-	19.00	81.00
Total	**803**	**409**	**68**	**140**	**23.16**	**76.84**
NG (%)		**50.93**	**8.47**	**17.44**		



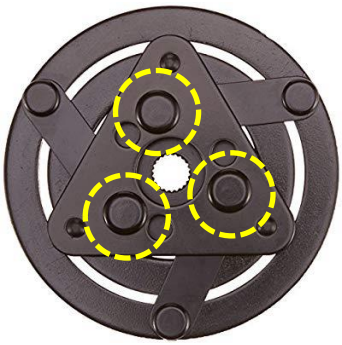
แผนภาพที่ 3 Pareto ของปัญหาของเสียในอาร์เมเจอร์ รุ่น SB

5.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์สาเหตุตามขั้นตอนของบริษัทจะนำหัวข้อที่เลือกจาก Pareto มาประชุมและวิเคราะห์ด้วย QRQC Escalation Report ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมคือ หลักการตัดสินระหว่างชิ้นงานดี (FG) และชิ้นงานเสีย (NG) สำหรับกรณี Spring Min คือ ค่าตรวจวัดสปริงตามมาตรฐานจะมีค่าระหว่าง 0.2 – 0.6 mm. โดยวัดค่า 3 ขาจากจุด Spring Checking ดังแผนภาพที่ 4 การตรวจสอบจะวัดระยะจากขาสปริงด้านหลังจุด Rivet1 ทั้ง 3 จุดจนถึง Plate โดยที่ขาสปริงทั้ง 3 ขาจะต้องอยู่ในค่ามาตรฐานทั้งหมด หากมีขาใดขาหนึ่งมีค่าต่ำ หรือสูงกว่าค่ามาตรฐานจะตัดสินเป็น NG ทันที

ตารางที่ 2 QRQC Escalation report: Spring Min

QRQC Escalation Report	
Gemba (สถานที่จริง)	**Problem description by 5W2H**
1. What happen	Armature assy has spring department lower than standard
2. Why is it a problem	High TLR which to productivity and FDPR result.
3. When it happen	2-Sep-2019
4. Who detected	Wipawee p.
5. Where detected	Armature assy Line A / Spring Min checking process.
1. How detected	Spring Min checking by machine
2. How many	74/100



แผนภาพที่ 4 ตำแหน่งของ Spring Checking 3 จุด (รูปแทนของจริง)

ในการระดมสมองมีข้อเสนอให้เปรียบเทียบกับ Best Model ที่ผลิตอยู่ในปัจจุบัน คือ รุ่น DM และ CL โดยเปรียบเทียบในส่วนประกอบ ขนาด และเกณฑ์มาตรฐานพบว่าองค์ประกอบข้างต้นเกือบทั้งหมดเหมือนกัน แตกต่างกันเพียง Hub Length ดังแผนภาพที่ 5 และค่าตรวจวัดสปริงที่มีมาตรฐานเป็น 0.1 – 0.7 mm. จึงนำประเด็นดังกล่าวมาวิเคราะห์หาสาเหตุด้วย Factor Tree Analysis ด้วยปัจจัย 4M ดังแผนภาพที่ 6 ซึ่ง Hub Length และค่าตรวจสอบความสูงของ Spring เป็นส่วนที่ถูกนำเสนอให้หาแนวทางแก้ไขต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

- M1 = Material (Hub Length) มีค่าจุดควบคุมตามการออกแบบที่แตกต่างออกไปจาก Best Model โดยที่ค่าควบคุมของ SB คือ 17.0 – 17.0 แต่ตัว Best Model จุดควบคุมคือ 17.2 – 17.4
- M2 = Method (วิธีการทำงาน) = ค่าพารามิเตอร์ในการตรวจสอบความสูงของ Spring ไม่เหมือนกับตัว Best Model ส่งผลให้ควบคุมการผลิต แตกต่างจาก Best Model
- M3 = Machine (เครื่องจักร) = เหมือนกับ Best Model
- M4 = Man (พนักงาน) = เหมือนกับ Best Model

Details	DM	CL	SB
Hub P/N	Z0015192	T601083	Z0018942
Hub wing thickness	3.0 + 0.3/0	2.3 + 0.3/0	2.3 + 0.3/0
Step of wing for Rubber portion	NA	0 ~ 0.2	0.2 0/-0.05
Parallel of wing for Rubber portion	0.05 | A	0.05 | A	0.05 | A
Parallel of Stopper sitting	0.05 | A		
Hub length	18.8 ± 0.1	19.3 ± 0.1	17.3 ± 0.1
Outer dia.	Ø26.0 0/-0.1	Ø22.7 0/-0.1	Ø22.7 0/-0.1
Conentric of Outer dia.	0.05 | G	0.05 | G	0.05 | G
Inner dia.	Ø16 + 0.3/0	Ø16 + 0.3/0	Ø16 + 0.3/0
Spline length	9.0 + 0.3/0	9.0 + 0.3/0	9.0 + 0.3/0
Rivet hole P.C.D.	Ø40 ± 0.05	Ø35 ± 0.05	Ø35 ± 0.05
Rivet hole dia.	Ø6.1 +0.1/0	Ø6.1 +0.1/0	Ø6.1 +0.1/0
Involute spline	12.5x23x0.5	12.5x23x0.5	12.5x23x0.5
Surface coating	CATION	Zinc plating	Zinc plating
Coating spec	13 ±5micro	Not defind	Not defind
Supplier			

แผนภาพที่ 5 การเปรียบเทียบองค์ประกอบระหว่างรุ่น DM, CL และ SB

FACTOR TREE ANALYSIS FOR OCCURRENCE
Why the problem occurred

Version 7.7

#REF!	Standard : 0.2 -0.6 NG : 0.1 - 0.3 / OK part 0.2-

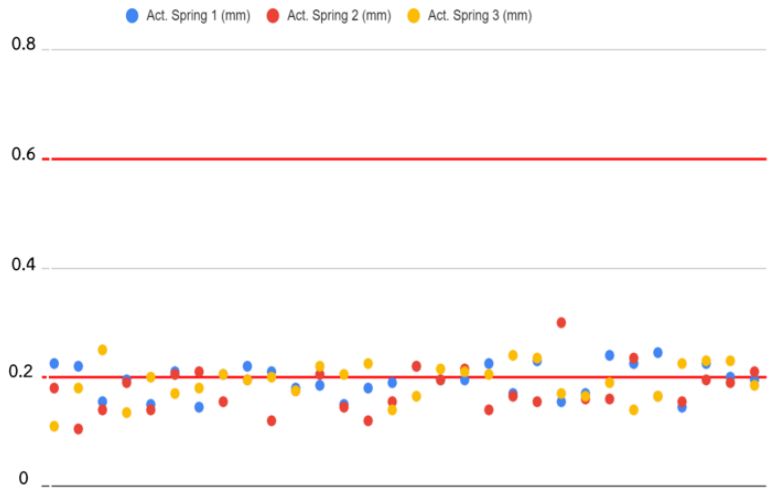
Level [2]	Potential Root Cause of Level n+1	4M [3]	FACTORS [4]	CONTROL POINT [5]	STANDARD [6]	OK PARTS [7]	BAD PARTS [8]	JUDGMENT (Only write Y/N/D) Std OK [9]	Meet std [10]	Direct link [11]	POTENTIAL ROOT CAUSES [12]	COMMENTS [13]
2	machine parameter not same as base model	MATERIAL	Hub leght	17.2-17.4	17.2-17.4	17.2-17.4	17.0-17.1	Y	Y	N		
2	machine parameter not same as base model	METHOD	Control spring deplacment in production line	0.2-0.6	0.2-0.6	0.2-0.6	0.1-0.3	Y	N	Y	machine parameter not same as base model	base model control 0.1-0.7
2	machine parameter not same as base model	MACHINE	Same as current production					Y	Y	N		
		MAN	same as operator					Y	Y	N		

แผนภาพที่ 6 การวิเคราะห์สาเหตุด้วย Factor Tree Analysis

5.4 เสนอแนวทางปรับปรุง

ทีมงานพัฒนาผลิตภัณฑ์อาร์เมเจอร์ รุ่น SB ได้เสนอแนวทางที่จะนำมาทดลองผลใน 2 แนวทางดังนี้

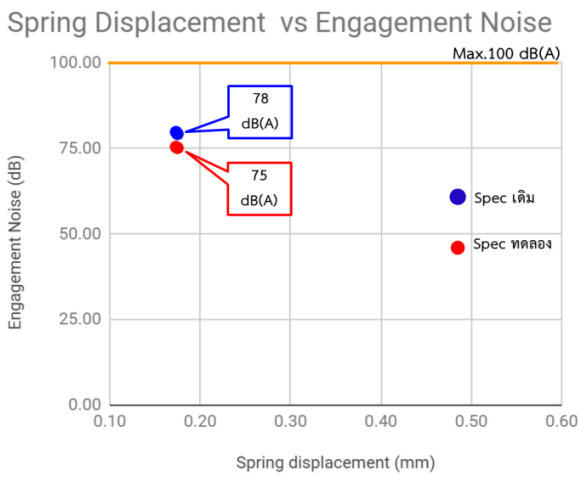
5.4.1 ปรับ Hub Length โดยการทดลองผลิตอาร์เมเจอร์ รุ่น SB 30 ชิ้น ที่มีการปรับความยาวของ Hub (โดยคงค่าขององค์ประกอบอื่นเท่าเดิม) พบว่า ยังเกิดของเสียไม่แตกต่างจากเดิม คือ เมื่อวัดระยะความสูงของ Spring ในตำแหน่งของ Spring Checking 3 จุด จะมีอย่างน้อย 1 จุด ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบ ดังแผนภาพที่ 7 ดังนั้นจึงได้สรุปได้ว่า Hub Length ไม่มีผลต่อปริมาณของเสีย



แผนภาพที่ 7 ผลการทดลองเปลี่ยน Hub Length

5.4.2 เกณฑ์ตัดสินความสูง Spring มีข้อสังเกตว่าเกณฑ์การตัดสินความสูง Spring มีความแตกต่างกัน คือ 0.2 – 0.6 mm. และ 0.1 – 0.7 mm. ทั้งที่องค์ประกอบไม่แตกต่างกัน จึงวิเคราะห์ได้ว่า การกำหนดเกณฑ์การวัดดังกล่าวที่มีช่วงแคบหรือเข้มงวดเกินไป อาจเป็นการตัดสินใจผิดพลาดประเภท 1 (Error Type I) หรือเป็นความผิดพลาดที่ผู้ผลิตที่ตัดสินใจปฏิเสธ (Reject) สินค้ารุ่น (Lot) นั้น ทั้งที่สินค้ารุ่นนั้นเป็นของดี (FG) เป็นความรับผิดชอบในการรับผลกระทบของผู้ผลิตเอง เกณฑ์ดังกล่าวบริษัทเป็นผู้กำหนดเองไม่อยู่ในข้อกำหนดของลูกค้า และโดยปกติแล้วความสูงของ Spring จะส่งผลต่อเสียงรบกวน (Noise) ระหว่างการใช้งาน ซึ่งเป็นข้อกำหนดของลูกค้าที่กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 100 db(A) และตลอดการทดสอบพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมามีค่าอยู่ระหว่าง 75 – 78

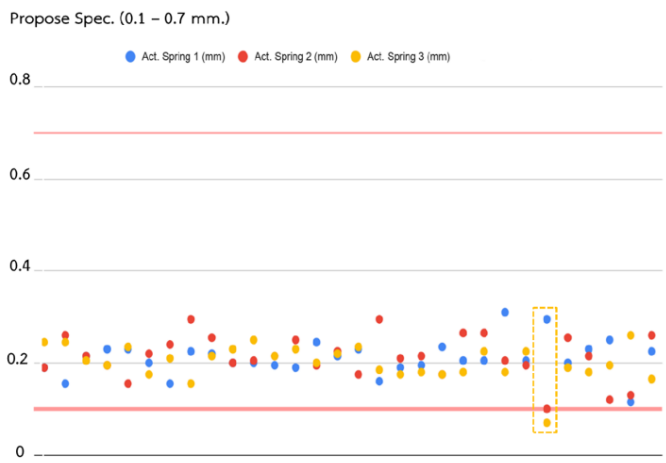
db(A) ดังแผนภาพที่ 8 ดังนั้นจึงเสนอให้มีการทดลองผลิตอาร์เมเจอร์รุ่น SB อีกครั้งโดยใช้เกณฑ์ตัดสินความสูงของ Spring ที่ 0.1 – 0.7 mm. เหมือนกับ Best Model ซึ่งเป็นการผ่อนคลายการตรวจวัดลง และทดลองผลกระทบที่มีต่อ Noise ควบคู่กันไป



แผนภาพที่ 8 การเปรียบเทียบ Noise

5.5 ผลการปรับปรุง

การทดลองเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์ตัดสินความสูง Spring แบบเดิมของรุ่น SB กับเกณฑ์ใหม่ที่ใช้พื้นฐานของ Best Model โดยทดลองผลิตกลุ่มละ 30 ชิ้น ซึ่งพบว่า เมื่อทดลองผลิตและทดสอบด้วยเกณฑ์ของ Best Model แล้วพบว่า มีเพียง 1 ชิ้นงาน และจุดเดียวที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตัดสิน ดังแสดงในแผนภาพที่ 9 และเมื่อทำการทดสอบ Noise ได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับแผนภาพที่ 8 และภายหลังทดสอบตลอดเดือนพฤศจิกายน พบว่า การผลิตชิ้นงาน 8 รุ่น รุ่นละ 30 ชิ้น รวมทั้งสิ้น 240 ชิ้น มีของเสียประเภท Spring Min เหลือเพียง 35 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 14.58 หรือลดลงจากร้อยละ 50.93 (ตารางที่ 1) ลงไปร้อยละ 36.35



แผนภาพที่ 9 ผลการวัดค่าความสูง Spring (เกณฑ์ใหม่ 0.1 – 0.7 mm.)

6. อภิปรายผล

เกณฑ์นั้น เกิดจากการตัดสินใจผิดพลาดประเภทที่ 1 ซึ่งตั้งเกณฑ์ที่เข้มงวดเกินไป เมื่อปรับเกณฑ์การตัดสินใจแล้วทำการทดสอบผลการปรับปรุง 8 รุ่น 240 ชิ้น พบว่าสัดส่วนของเสียชนิด Spring Min ลดลงจากร้อยละ 66.29 เหลือเพียงร้อยละ 14.58 ซึ่งเริ่มใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานก่อนรับรองให้ผลิตจริงได้แล้ว สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพในส่วนของ Spring Min ได้ เป็นลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเป็นการเพิ่มโอกาสทางการค้า และเมื่อนำสัดส่วนของเสียที่ลดลงไปประเมินกับยอดสั่งซื้อที่ฝ่ายขายพยากรณ์ไว้ 24,000 ชิ้นต่อเดือนหากมีการผลิตจริง จะลดของเสียได้ถึง 8,724 ชิ้นต่อเดือน ทำให้บริษัทกรณีศึกษาลดต้นทุนจากการลดของเสียลงได้ 1,046,880 บาทต่อเดือน หากอาร์เมเจอร์รุ่น SB มีมูลค่าประมาณ 120 บาทต่อชิ้น

7. ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตควรนำปัญหา “Other & Mc Setting” มาวิเคราะห์สาเหตุในการเกิดของเสีย เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขต่อไป และควรเพิ่มจุดตรวจสอบในขั้นตอน 1St Rivet และ 2nd Rivet เพื่อป้องกันการเกิดปัญหา Rivet เสียรูปเนื่องจากการกด

8. เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ ทะประสพ. (2551). *การลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต มณีศรี, จิราวรรณ จินดาอ่อน และวรพจน์ พันธุ์คง. (2562). การลดของเสียในกระบวนการผลิตเสื้อสูบของคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์. *หนังสือประมวบบทความการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 14 ประจำปี 2562*, 19 ธันวาคม 2562 ณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 1947-1956.

ฐาปนันดร์ เขียวสังข์ และศุภรัชชัย วรรัตน์. (2555). การลดของเสียในกระบวนการผลิตการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก. *หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำ ปี พ.ศ. 2555*. 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี, 725-729.

ธานิกานต์ มาฆะศิรานนท์ และณัฐพงศ์ เกศมาริษ. (2553). *เทคนิคการระดมสมอง*. กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ท.

อุมารักษ์ ศิริจรูญวงศ์. (2555). การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความล้มเหลว: เทคนิคการชี้บ่งอันตรายเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากงาน. *วารสาร มฉก.วิชาการ*, 15(30), 167–180.

อุษาวดี อินทร์คล้าย. (2555). การลดของเสียในกระบวนการเชื่อมภายในแผนก Welding กรณีศึกษา: โรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์. *หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555*. 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี, 1475-1480.

Montgomery, Douglas C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control*. 7th Edition. USA: Wiley.

การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการปั๊มขึ้นรูป: กรณีศึกษาชิ้นส่วนยานยนต์

A CASE STUDY OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS IMPROVEMENT OF AUTOMOTIVE PARTS STAMPING PROCESS

ชัชวาล ชินวิกัย
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail: Chatchawan.c@cit.kmuntnb.ac.th

อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail: Atipunt.l@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของกระบวนการปั๊มขึ้นรูป กรณีศึกษาชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากมีความสูญเสียความเร็วของเครื่องจักรจากการทำงาน จึงได้ประยุกต์ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการ การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานส่วนบน การประยุกต์ใช้เทคนิค ทำไม-ทำไม ในการวิเคราะห์ผลกระทบ สาเหตุของปัญหา สำหรับการดำเนินการปรับปรุงได้มุ่งเน้นไปที่การลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากจากการเคลื่อนไหวที่ไร้ค่า การขนย้ายที่ไร้ค่า และการรอคอย โดยเฉพาะอย่างยิ่งลดความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานบริเวณลำตัวที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้ค่าเฉลี่ย OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 33.29 เป็นร้อยละ 48.92

คำสำคัญ: กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร แผนภูมิการไหลของกระบวนการ การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานส่วนบน การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ทำไม-ทำไม

ABSTRACT

This research propose a guideline to improve the overall equipment effectiveness (OEE) of the automotive parts stamping process. The speed loss of machine is a main problem that impact on the overall equipment effectiveness (OEE). Thus, we applied the flow process chart, the rapid upper limb assessment – RULA and Why Why Analysis to analysis for helping us to reduce non-valued adding activities i.e. unnecessary

motion of worker, unnecessary movement or transportation and wasted time waiting for transportation of forklift. The result of improvement can increase the average of OEE from 33.29 to 48.92%.

Keywords: Automotive Parts Stamping Process, Overall Equipment Effectiveness – OEE, Flow Process Chart, Rapid Upper Limb Assessment – RULA, Why-Why Analysis

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เป้าหมายในการดำเนินธุรกิจของโรงงานอุตสาหกรรม คือ ผลิตสินค้าให้ทันความต้องการ ส่งมอบสินค้าตามเวลาที่กำหนด ด้วยสินค้าที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ด้วยต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลให้องค์กรบรรลุตามเป้าหมายดังกล่าว ปัจจุบันการวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness - OEE) จึงนิยมใช้ในการเฝ้าติดตามวัดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยพิจารณาจากค่าทางด้านความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน ค่าสมรรถนะของการเดินเครื่องจักร และค่าอัตราคุณภาพตามลำดับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตหรือเครื่องจักร สอดคล้องกับ Garza-Reyes (2010) ที่กล่าวถึง OEE ถูกประยุกต์ใช้แสดงให้เห็นถึงความสูญเสียซึ่งเป็นต้นทุนการผลิตแฝงของการผลิต เพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องจักรให้มีความพร้อม และมีประสิทธิภาพในสามารถทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นค่า OEE จึงเป็นค่าตัวชี้วัดที่สามารถชี้บ่งถึงความสามารถของกระบวนการผลิตขององค์กรในมิติทางด้านสมรรถนะของเครื่องจักรจากผลผลิตที่ได้ และคุณภาพของสินค้าได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาและปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรปั๊มขึ้นโลหะของกรณีศึกษา

(2) เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นของการทำงานในการปั๊มขึ้นโลหะของกรณีศึกษา

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรหรือ OEE เป็นตัวชี้วัดตัวหนึ่งที่ถูกนำใช้ในการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productivity Management : TPM) ประยุกต์ใช้ครั้งแรกโดย Nakajima (1988) เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรหรือของกระบวนการ ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย คือ ความพร้อมของเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน (Availability Rate: A) ส่งผลทำให้เครื่องจักรต้องหยุดทำงาน (Downtime losses) อาจมีสาเหตุมาจากเครื่องจักรขัดข้อง หรือการปรับตั้งหรือปรับแต่งเครื่องจักรเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่น ส่วนประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร (Performance Rate: P) คือ สมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร โดยทั่วไปความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการที่สมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรต่ำเนื่องจากความเร็วของเครื่องจักรลดลงขณะทำงาน (Speed losses) เช่น มีชิ้นงานร่วงหล่นทางด้านข้างของสายพานลำเลียง พนักงานประจำเครื่องจักรจำเป็นต้องลดความเร็วของเครื่องจักรเพื่อหยิบชิ้นงานดังกล่าวออกจากสายพานลำเลียง เป็นต้น

และอัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q) สะท้อนถึงความสามารถในการผลิตสินค้าให้ได้ตามคุณภาพที่กำหนดไว้เปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตได้ทั้งหมด ดังนั้น ในการคำนวณค่า OEE สามารถเขียนคำนวณได้ ดังนี้

$$OEE = A \times P \times Q$$

การวิเคราะห์ค่า OEE ควรต้องพิจารณาค่าของทั้ง 3 ปัจจัย คือ ค่า A, P และ Q ว่าค่าใดที่มีผลต่อค่า OEE มากหรือน้อยเพื่อช่วยในดำเนินการปรับปรุงค่า OEE สำหรับการกำหนดค่าเป้าหมาย OEE ของกระบวนการนั้น Wauters F. et al. (2002) ได้ให้คำแนะนำว่าองค์กรต่างๆ ควรต้องกำหนดค่าเป้าหมายของ OEE ที่ระดับร้อยละ 85 สอดคล้องกับอุเทน เฉลยโฉม และคณะ (2558)

ภาคินัย มนปราณีต และคณะ (2555) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตอาหารทะเลแปรรูป เพื่อการเพิ่มค่า OEE การเพิ่มค่า MTBF และการลดค่า MTTR โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือ P-M Analysis, New QC 7 tools และ 6W1H เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียเวลาที่ทำให้เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน (Downtime) จากผลการดำเนินงานปรับปรุงสามารถเพิ่มค่า OEE จากร้อยละ 52.28 เป็นร้อยละ 56.86 งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้กิจกรรมหนึ่งบทเรียน (One Point Lesson - OPL) เท่านั้น เพื่อเข้ามาช่วยฝึกอบรมการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรของพนักงานฝ่ายผลิตที่มีบทบาทการมีส่วนร่วมในกิจกรรมบำรุงรักษาตามแนวคิดของ TPM มิได้ดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุเพื่อปรับปรุงการเพิ่มค่า Available Rate และ Performance Rate ซึ่งมีค่าเพียงร้อยละ 77.63 และร้อยละ 67.63 ตามลำดับ จะพบว่าค่า OEE หลังการปรับปรุงจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 4.58 เท่านั้น สำหรับอัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาและปรับปรุงค่า OEE กระบวนการฉีดพลาสติกของบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้ ซึ่งมีค่าต่ำมากเพียงร้อยละ 28.6 เท่านั้น จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า Availability Rate มีค่าเพียงร้อยละ 50.9 เนื่องจากมีความสูญเสียเวลาจากการต้องหยุดเครื่องจักรบ่อยเพื่อการปรับตั้งเครื่องจักร ส่วน Performance Rate มีค่าร้อยละ 84.6 ขณะที่ค่า Quality Rate มีค่าเพียงร้อยละ 66.3 เนื่องจากมีของเสียประเภทครีบบนชิ้นงาน รูบนชิ้นงาน และชิ้นงานฉีดไม่เต็มหรือแหว่งเป็นจำนวนมาก จากการวิเคราะห์ด้วย Why Why Analysis พบว่าชิ้นส่วนโอริงในแหล่งจ่ายน้ำมันไฮโดรลิคชำรุดเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานที่เป็นสาเหตุหลักที่ต้องหยุดเครื่องจักร และเครื่องจักรผลิตของเสียเป็นจำนวนมาก จึงได้ดำเนินการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุด ส่งผลให้ค่า OEE เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 82.4 ขณะที่ Available Rate, Performance Rate และ Quality Rate มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90.3, 91.6 และ 98.9 ตามลำดับส่วนแผนระยะยาวของปรับปรุง มิได้กล่าวถึงการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) (Self-Maintenance) ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำได้ในอนาคต

3.2 การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานส่วนบน (Rapid Upper Limb Assessment - RULA)

เทคนิค RULA มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของร่างกายส่วนบน โดยพิจารณาตำแหน่งและลักษณะการเคลื่อนไหวออกจากแนวแกนกลางลำตัวของร่างกาย และท่าทางการทำงานที่ฝืนสภาพร่างกาย ความถี่และน้ำหนักในการยกเคลื่อนย้ายสิ่งของ รวมทั้งความสมดุลของการเคลื่อนที่ของอวัยวะส่วนคอ ลำตัว สำหรับการวิเคราะห์จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของข้อมือ (Wrist) แขนส่วนบนและส่วนล่าง (Upper Arm and Forearm Lower Arm) และหัวไหล่ (Shoulder) ส่วนที่สอง คือ ส่วนการเคลื่อนไหวของอวัยวะของศีรษะ คอ ลำตัว และขาทั้งสองข้าง ดังนั้น เทคนิค RULA จะเหมาะสำหรับการประเมินความเสี่ยงของการท่าทางการทำงานที่เกี่ยวข้องกับร่างกายส่วนบน อาทิ งานยกของ สอดคล้องกับงานวิจัยของไวยวิทย์ ไวยกาญจน์ และคณะ (2555) ได้ประยุกต์ใช้ RULA เพื่อประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ที่ส่งผลต่อการทำงานของพนักงานในการยกของโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

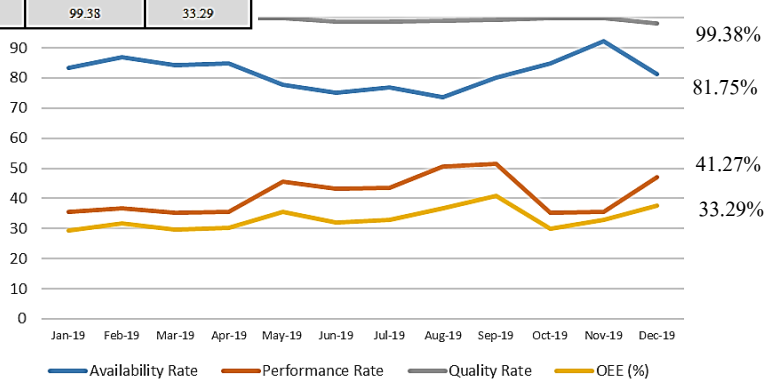
เช่นเดียวกับงานวิจัยของ พงศกร สุรินทร์ และคณะ (2559) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานด้วยวิธีการของ RULA ของคนงานในการยกย้ายสิ่งของในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนและมีการทำงานแบบซ้ำซาก พนักงานมีความเมื่อยล้าได้เร็ว ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการผลิตโดยรวมของการทำงานในกระบวนการ อย่างไรก็ตามงานวิจัยข้างต้นมุ่งเน้นในเรื่องการปรับปรุงความปลอดภัยเพื่อลดอาการบาดเจ็บจากการทำงานเท่านั้น นอกจากนี้การปรับปรุงลักษณะท่าทางการทำงานพนักงานยังช่วยเพิ่มผลผลิตของกระบวนการผลิตได้ ได้แก่ การปรับปรุงออกแบบอุปกรณ์ในการจัดเก็บ หรือขนย้ายเพื่อช่วยลดเวลาสูญเปล่าจากท่าทางหรือการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นตามแนวคิดของการจัดการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาสภาพปัญหาและสภาพการทำงานปัจจุบัน

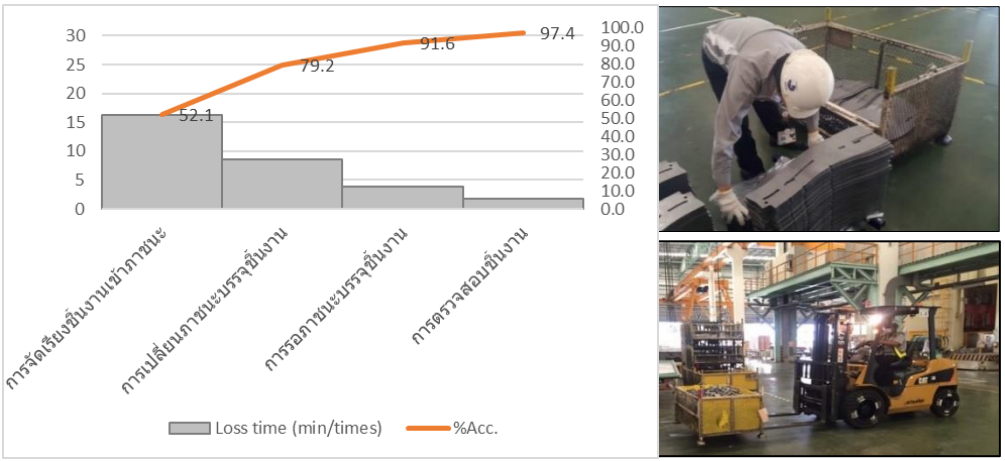
กระบวนการปั๊มขึ้นรูป กรณีศึกษาประกอบด้วยพนักงานจำนวน 3 คน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น 12 เดือนย้อนหลัง พบว่า มีค่า OEE โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 33.29 ค่า Available Rate: A โดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 81.75 ค่า Performance Rate โดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 41.27 และค่า Quality Rate โดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 99.38 ดังแสดงในภาพที่ 1

Period	Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate	OEE (%)
Jan-19	83.21	35.45	99.42	29.33
Feb-19	86.79	36.6	100	31.76
Mar-19	84.17	35.32	99.58	29.61
Apr-19	84.75	35.61	99.98	30.17
May-19	77.81	45.58	100	35.46
Jun-19	75.19	43.21	98.72	32.07
Jul-19	76.81	43.56	98.64	33
Aug-19	73.63	50.53	98.99	36.83
Sep-19	80.19	51.5	99.24	40.99
Oct-19	84.97	35.29	100	29.99
Nov-19	92.17	35.57	99.92	32.76
Dec-19	81.37	47.06	98.06	37.55
Avg.	81.75	41.27	99.38	33.29

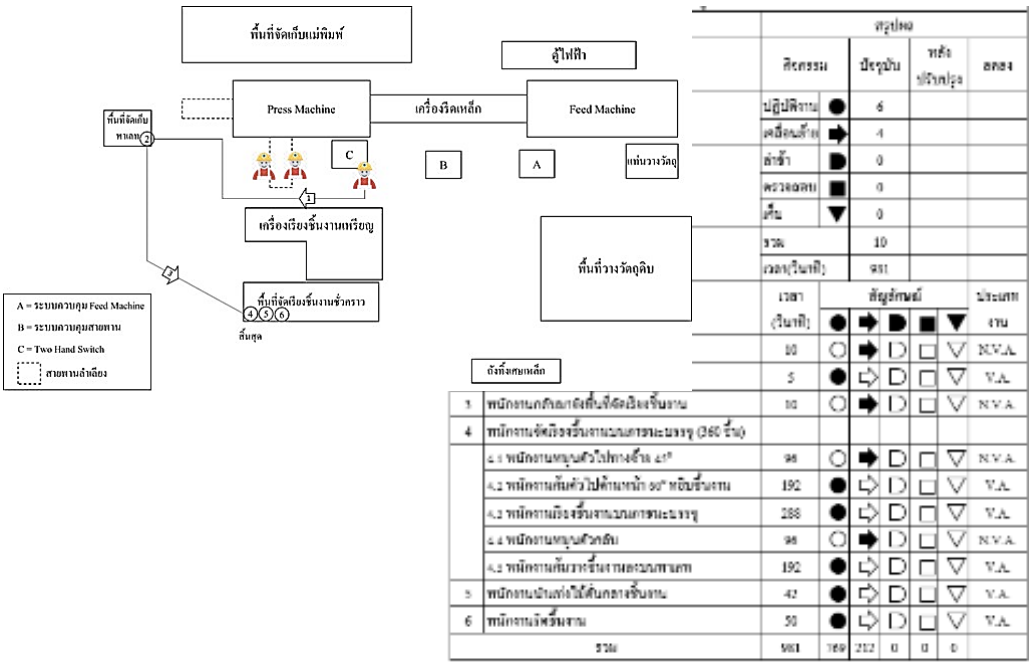


ภาพที่ 1 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของกระบวนการปั๊มขึ้นรูป

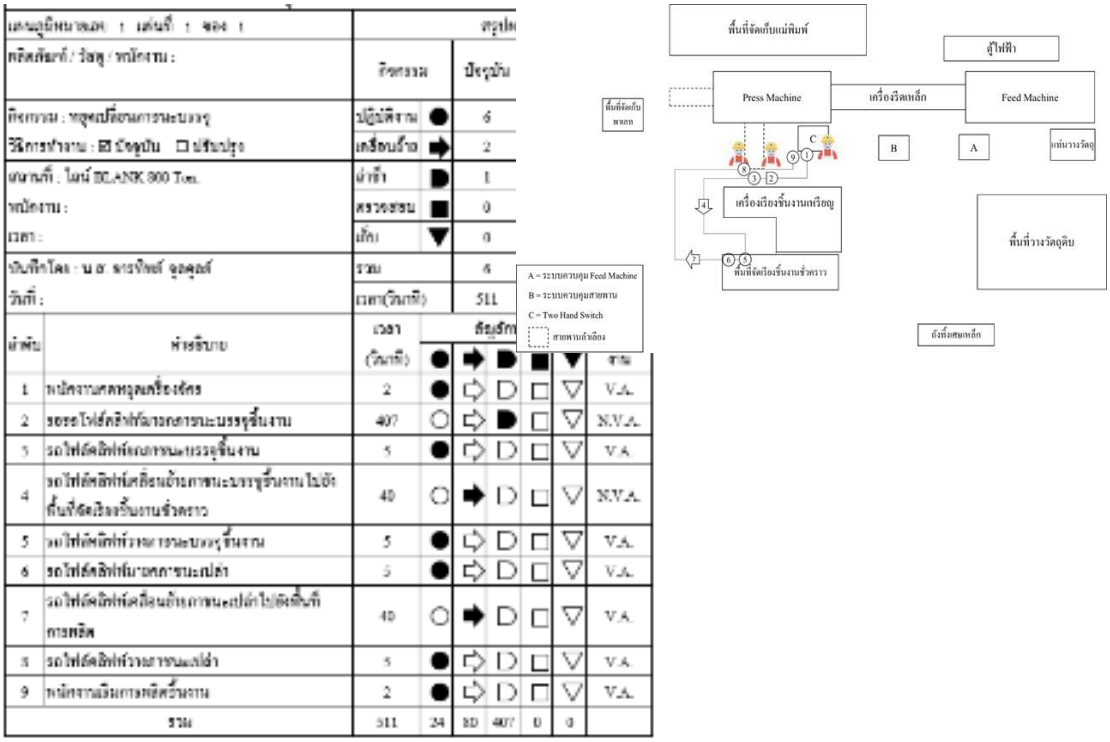
จากพาเรโตพบว่าปัญหาที่สำคัญเกิดความสูญเสียความเร็วของเครื่องจักรอยู่บ่อยครั้ง คือ การจัดเรียงชิ้นงานขึ้นพาเลทและการเปลี่ยนภาชนะบรรจุชิ้นงานซึ่งต้องใช้เวลาโดยเฉลี่ย 16.20 และ 9.54 นาทีต่อครั้ง ทำให้ค่า Performance Rate มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Available Rate และค่า Quality Rate ส่งผลทำให้เครื่องปั๊มโลหะกรณีศึกษามีค่า OEE โดยเฉลี่ยต่ำเพียงร้อยละ 33.29 จากภาพแสดงลักษณะท่าทางการทำงานของพนักงานในการจัดเรียงชิ้นงานขึ้นพาเลทและเปลี่ยนภาชนะบรรจุชิ้นงานและ รวมทั้งภาชนะบรรจุชิ้นงานมีขนาดน้ำหนักมากถึง 500 กิโลกรัม ต้องใช้รถโฟล์คลิฟท์ในการเคลื่อนย้ายซึ่งรถมีเพียง 1 คันต้องรับผิดชอบหลายจุดจึงเกิดการรอคอยรถเพื่อเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ถึงจะสามารถเปลี่ยนภาชนะบรรจุชิ้นงานเปล่าเข้ามาแทนที่ได้



ภาพที่ 2 แสดงพาเรโตของประเภทงานที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร



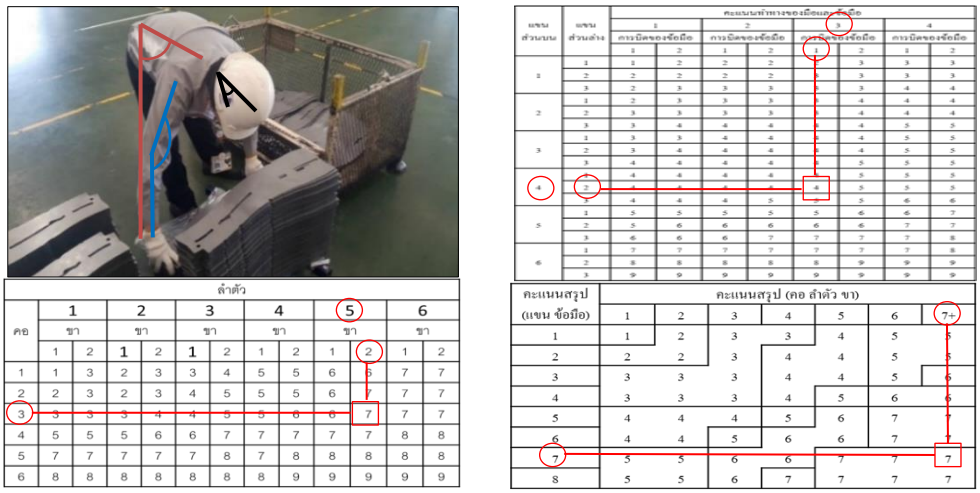
ภาพที่ 3 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลและแผนภาพการไหลของการจัดเรียงชิ้นงานเข้าภาชนะ



ภาพที่ 4 แสดงแผนภูมิกระบวนการไหลและแผนภาพการไหลของการเปลี่ยนภาชนะบรรจุชิ้นงาน

4.2 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหา

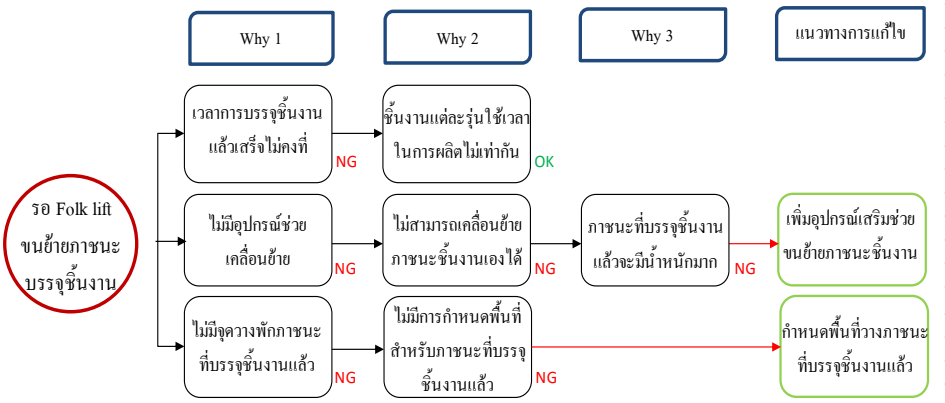
จากแผนภูมิการไหลของกระบวนการและแผนภาพการไหลของทั้งสองกิจกรรม พบว่า งานการจัดเรียงชิ้นงานเข้าภาชนะนั้น มีความสูญเปล่าจากการที่พนักงานต้องเอี้ยวตัว และก้มตัวเพื่อจัดเรียงชิ้นงาน เป็นเวลาถึง 212 วินาที หรือ 3.53 นาทีต่อครั้ง สำหรับงานการเปลี่ยนภาชนะบรรจุชิ้นงานมีเวลาจากความสูญเปล่าจากการต้องรอคอยรถโฟล์คลิฟท์มาขนชิ้นงาน และความสูญเปล่าจากการขนย้ายที่ไร้ค่านานถึง 487 วินาที หรือ 8.12 นาทีต่อครั้ง



ภาพที่ 5 แสดงประเมินความเสี่ยงในการทำงานด้วย RULA

จากลักษณะท่าทางการทำงานที่ต้องหมุนตัวแบบเอี้ยว ก้มตัวเพื่อจัดเรียงชิ้นงานซึ่งถือว่าเป็นความสูญเปล่าประเภทความเคลื่อนไหวที่ไร้ค่า ส่งผลให้เกิดมีเวลาที่สูญเปล่าขึ้น นอกจากท่าทางการทำงานดังกล่าวไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้ามากและความเสี่ยงจากการบาดเจ็บจากการทำงาน จึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิค RULA เข้ามาช่วยการวิเคราะห์ท่าทางที่ไม่เหมาะสมของการกิจกรรมต่างๆ ในการจัดเรียงชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 5 จากผลการประเมินพบว่าภาระงานอยู่ในระดับ 4 แสดงว่าลักษณะท่าทางการทำงานมีปัญหาทางด้านการยศาสตร์โดยเฉพาะบริเวณลำตัวมีความเสี่ยงมากที่สุด ต้องการรับการปรับปรุงแก้ไขโดยทันที

เช่นเดียวกันได้ประยุกต์ใช้ Why Why Analysis ดังแสดงในภาพที่ 6 ช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเปลี่ยนภาชนะการบรรจุชิ้นงาน พบว่า ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในขนย้ายภาชนะในระยะทางสั้นเนื่องจากมีน้ำหนักมากจึงต้องพึ่งพารถโฟล์คลิฟท์ รวมทั้งไม่มีการกำหนดพื้นที่แน่นอนในการวางภาชนะ จึงเสนอแนวทางแก้ไขที่สามารถดำเนินการได้ทันที คือ การเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน โดยนำรถยกลาก (Hand Pallet truck) เข้ามาช่วย และการกำหนดพื้นที่วางภาชนะบรรจุชิ้นงานที่เต็มไว้รอรถโฟล์คลิฟท์

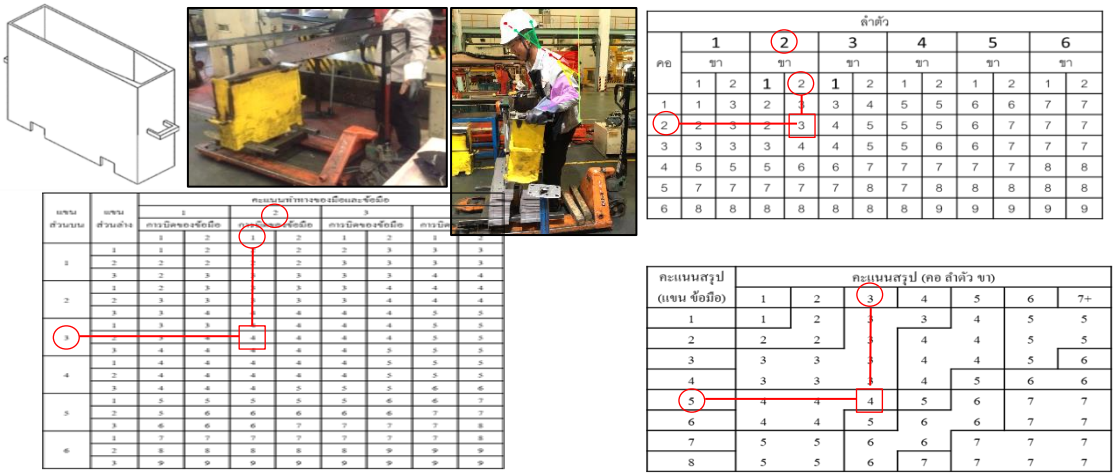


ภาพที่ 6 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุด้วย Why Why Analysis

4.3 ผลการดำเนินการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Rula และ Why Why Analysis สามารถสามารถสรุปได้ดังนี้

4.3.1 ออกแบบอุปกรณ์จิ๊กฟิกเชอร์เพื่อช่วยลดความสูญเปล่าในการจัดเรียงชิ้นงาน

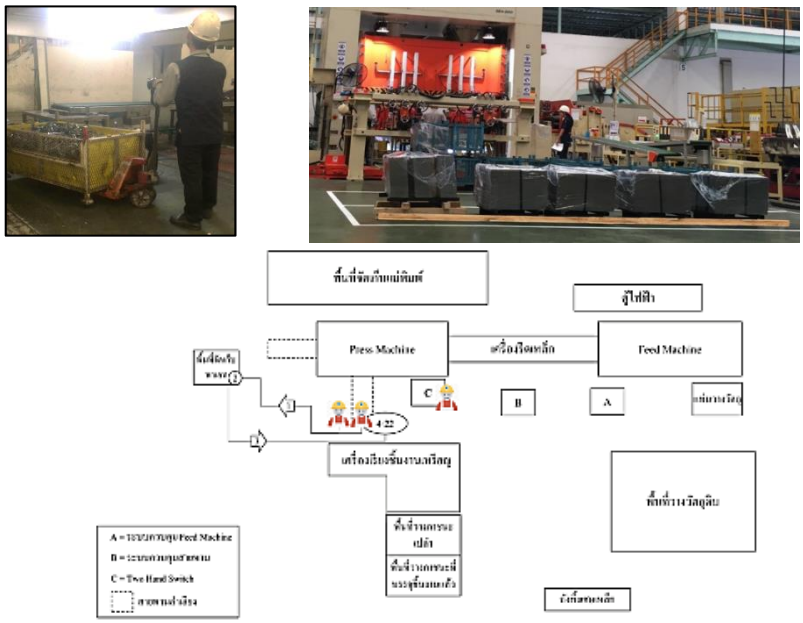


ภาพที่ 7 แสดงการปรับปรุงการจัดเรียงชิ้นงาน

จากสาเหตุที่ชิ้นงานมีน้ำหนักมากทำให้พนักงานต้องก้มเอี้ยวตัวและก้มยกชิ้นงานส่งผลทำให้ใช้เวลาในการทำงานนาน และมีความเสี่ยงการบาดเจ็บจากท่าทางการทำงาน จึงดำเนินการออกแบบอุปกรณ์จิ๊กฟิกเชอร์ให้สอดคล้องกับรูปร่างของชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานไหลลงภาชนะบรรจุได้พอดี ช่วยลดเวลาการเคลื่อนไหวและลดขั้นตอนการทำงานในการจัดเรียงชิ้นงาน และดำเนินการประเมินค่าของ Rula พบว่าความเสี่ยงจากท่าทางบริเวณลำตัวลดลงจากระดับ 4 เหลือระดับ 2 ดังแสดงในภาพที่ 7

4.3.2 การลดเวลาสูญเปล่าในการเปลี่ยนภาชนะการบรรจุชิ้นงาน

ดำเนินการเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน โดยนำรถยกลาก (Hand Pallet truck) เข้ามาช่วย และการกำหนดพื้นที่วางภาชนะบรรจุชิ้นงานที่เต็มไว้รอรถโฟล์คลิฟท์



ภาพที่ 8 แสดงการปรับปรุงการจัดเรียงชิ้นงาน

จากผลการดำเนินการสามารถสรุปผลการปรับปรุงได้ดังในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการลดความสูญเปล่าในการจัดเรียงชิ้นงาน

หัวข้อ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน	10	22
จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	360	360
เวลาในการทำงาน (วินาที/ครั้ง)	981	196
คะแนนความเสี่ยงในการทำงาน	7	4

ตารางที่ 2 แสดงผลการลดเวลาสูญเปล่าในการเปลี่ยนภาชนะการบรรจุชิ้นงาน

หัวข้อ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน	6	6
เวลาในการรอคอย (วินาที)	407	0
เวลาในการขนย้าย (วินาที/ครั้ง)	511	135

หลังจากดำเนินการปรับปรุงได้ดำเนินการเก็บข้อมูล 2 เดือน มาหาค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) สามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของกระบวนปั๊มขึ้นรูปได้ร้อยละ 15.63

Period	Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate	OEE (%)
Jan-19	83.21	35.45	99.42	29.33
Feb-19	86.79	36.6	100	31.76
Mar-19	84.17	35.32	99.58	29.61
Apr-19	84.75	35.61	99.98	30.17
May-19	77.81	45.58	100	35.46
Jun-19	75.19	43.21	98.72	32.07
Jul-19	76.81	43.56	98.64	33
Aug-19	73.63	50.53	98.99	36.83
Sep-19	80.19	51.5	99.24	40.99
Oct-19	84.97	35.29	100	29.99
Nov-19	92.17	35.57	99.92	32.76
Dec-19	81.37	47.06	98.06	37.55
Jan-20	83.38	55.24	99.53	45.84
Feb-20	83.47	62.3	99.98	51.99
Avg.	**83.43**	**58.77**	**99.76**	**48.92**

ดัชนี	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
Available Rate: A	**81.75**	**83.43**
Performance Rate	**41.27**	**58.77**
Quality Rate	**99.38**	**99.76**
OEE	**33.29**	**48.92**

ภาพที่ 9 แสดงค่าประสิทธิผลโดยรวมของกระบวนการปั๊มขึ้นรูปก่อน-หลังการปรับปรุง

5. สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยและศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของกระบวนการปั๊มขึ้นรูป กรณีศึกษาชิ้นส่วนยานยนต์ พบว่า ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรที่ต่ำ เนื่องจากมีความสูญเสียความเร็วของเครื่องจักรจากความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไร้ค่า อาทิ เช่น กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าจากต้องเอี้ยวตัว ก้มตัวในงานการจัดเรียงชิ้นงาน และความสูญเปล่าจากการรอคอยรถขน และการขนย้ายที่ไร้ค่าในงานการเปลี่ยนภาชนะการบรรจุชิ้นงาน จึงได้ดำเนินการปรับปรุงด้วยการออกแบบจิ๊กฟิกเชอร์กล่องช่วยในการใส่เรียงชิ้นงาน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงบริเวณลำตัวจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม และการเปลี่ยนวิธีการทำงานโดยใช้อุปกรณ์การขนย้าย และกำหนดพื้นที่ในการจัดวางเพิ่มเติม หลังจากดำเนินการปรับปรุง 2 เดือนสามารถลดความสูญเสียความเร็วของเครื่องจักรทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราความพร้อมของเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 81.75 เป็นร้อยละ 83.43 ขณะที่อัตราค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41.27 เป็นร้อยละ 58.77 และค่าเฉลี่ยของอัตราคุณภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 99.38 เป็นร้อยละ 99.76 ทำให้ค่าเฉลี่ย OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 33.29 เป็นร้อยละ 48.92 อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานที่เหมาะสมโดยเฉพาะบริเวณลำตัว สุดท้ายการดำเนินการปรับปรุงของงานวิจัยนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตจากการใช้งานของ

เครื่องจักรและการทำงานของพนักงานที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ทางองค์กรควรต้องดำเนินการฟื้นฟูสมรรถภาพของเครื่องจักรเนื่องจากมีอายุการใช้งานที่ยาวนานซึ่งจะการเพิ่มค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักรอย่างมาก ส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ย OEE เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

8. เอกสารอ้างอิง

ภาคินัย มนปราณีต และเกรียงไกร ไวยกาญจน์ (2555). การปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรสำคัญในกระบวนการผลิตอาหารทะเลแปรรูป. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2561*, ตุลาคม 2555 ณ ชะอำ เพชรบุรี, 2101-2108.

พงศกร สุรินทร์, มนินทรา ใจคำปัน, กิตติพงษ์ ประสงค์การ, วุฒิไกร กันทะหมื่น และอจลวิชญ์ แสนปัง (2559). การประเมินปัจจัยเสี่ยงท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน: กรณีศึกษา. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง,* 9(1), กรกฎาคม – ธันวาคม, 59-70.

ไวยวิทย์ ไวยกาญจน์, นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ (2555). การประเมินทางการยศาสตร์สำหรับงานยกในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2555*, วันที่ 17-19 ตุลาคม 2555 ณ ชะอำ เพชรบุรี, 492-502.

ศักดา วิริยะภาพ และสุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน (2554). การปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้า. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 22(2), 79-85.

อุเทน เฉลยโฉม, สุรัตน์ ตรัยวนพงศ์ และระพี กาญจนะ (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องทอดโดยเทคนิคการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา โรงงานอาหารกึ่งสำเร็จรูป. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี*, ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม, 21-33.

อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และจุมพล บำรุงวงศ์ (2561). การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2561,* วันที่ 23-26 กรกฎาคม 2561 ณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 1092-1096.

Garza-Reyes J.A. (2561). Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Process Capability Measures – A Relationship Analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(1), 48-62.

Nakajima, S. (1988). An Introduction to TPM, *Productivity Press*, Portland, OR.

Wauters F. and Mathot J. (2002). Overall Equipment Effectiveness, *ABB Inc*. Wickliffe, Ohio.

การประยุกต์ใช้แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปยางเพื่อผลิตต้นแบบภาชนะด้วยวัสดุธรรมชาติ

AN APPLICATION OF RUBBER MOLDING PROCESS FOR PROTOTYPE KITCHEN PRODUCT WITH NATURAL MATERIALS

นายธวัชชัย ชาติตำนาญ
อาจารย์ วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
E-mail: thawachchai.ch@rmutp.ac.th

นายสุรสิทธิ์ ประกอบกิจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
E-mail: Surasit.pr@rmutp.ac.th

นายจักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง
อาจารย์ วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
E-mail: Jakkrit.y@rmutp.ac.th

ประสงค์ ก้านแก้ว
รองศาสตราจารย์ วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
E-mail: prasong.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ภาชนะในปัจจุบันที่เราเอาไว้ใส่อาหารนั้นส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติกหรือกล่องโฟม หลังจากการใช้งานเสร็จแล้วจากภาชนะก็กลายเป็นขยะและจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากการย่อยสลายทำได้ช้า บวกกับการทิ้งอย่างไม่เป็นที่เป็นทาง และปริมาณการใช้ที่สูงขึ้น ความนิยมการใช้ของจากธรรมชาติเรียกได้ว่าเป็นที่ต้องการเป็นอย่างมาก เพราะมีความสวยงามและดูเป็นธรรมชาติถูกใจผู้บริโภค จึงได้ทำการศึกษากระบวนการพื้นฐานรูปแบบการขึ้นรูปด้วยเทคนิคการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง กำหนดวัสดุที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นตัวอย่างภาชนะ ออกแบบและสร้างชุดขึ้นรูปขนาดเล็ก จัดหาตัวประสานที่ใช้ในการคงตัวของวัสดุธรรมชาติ ทดลองการขึ้นรูป และสรุปผลการทดลอง

จากผลการดำเนินงาน และการทดลอง พบว่า การศึกษาแนวทางสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้แนวทางเทคนิคการขึ้นรูปยาง สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของการขึ้นรูปยาง สามารถมาใช้ในการพัฒนา ขึ้นรูป ภาชนะจากธรรมชาติได้อย่างมีนัยยะ เป็นไปได้ มีพารามิเตอร์ ที่ ใบตอง 10-15 ชั้น อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ เวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที และใบตองที่ตากแห้ง ใช้เวลา 60 วินาที และกระบวนการดังกล่าวนี้สามารถผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้ ภายใต้แม่พิมพ์ ที่มีขนาด เหมาะสมโดย

มีขนาดพื้นที่ของแม่พิมพ์เล็กกว่าพื้นที่แผ่นยึดแม่พิมพ์ของเครื่อง หรือ ขนาดพื้นที่ แม่พิมพ์ มีพื้นที่ขนาดไม่เกินร้อยละ 60-70 ของแผ่นยึดแม่พิมพ์

คำสำคัญ: กระบวนการขึ้นรูปยาง, ภาชนะ, วัสดุธรรมชาติ

ABSTRACT

Most of the current containers that we put food are made of plastic or foam boxes. After the use is finished, the container becomes rubbish and will greatly affect the environment. Due to slow degradation Plus informal disposal and higher consumption, The use of natural products is in great demand. Because it is beautiful and natural-looking, pleasing to consumers Therefore, the basic processes, forming patterns, were studied by rubber product molding techniques. Determine the material to be molded into the sample container. Design and build a small molding set. Provide binders used for the stabilization of natural materials. Experiment for forming and the Conclusion of the experiment

From the results of the operation and the experiments, it was found that the study of the prototype extrusion set Using a rubber molding technique Can be applied by various elements It is possible to have a parameter of 10-15 layers of banana leaves, a temperature of 80 ° C and a molding time of 90 seconds, and a dried banana leaf. It takes 60 seconds, and this process can produce prototype containers from natural materials. Under the suitable size of the mold, the area of the mold is smaller than the mold plate area of the machine or the size of the mold area, there is an area of no more than 60-70% of the mold holder plate.

Keywords: Rubber Molding, Kitchen product, Natural material

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ภาชนะ ในปัจจุบันที่เราเอาไว้ใส่อาหารนั้นส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติกหรือกล่องโฟม หลังจากการใช้งานเสร็จแล้วจากภาชนะก็กลายเป็นขยะและจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากการย่อยสลายทำได้ช้า บวกกับการทิ้งอย่างไม่เป็นที่เป็นทาง และปริมาณการใช้ที่สูงขึ้น จึงตามมาด้วยปัญหามากมายทั้งแต่คนและสัตว์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบจากกระบวนการกำจัดผลิตภัณฑ์จำพวกพลาสติกและโฟม ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมาอีกด้วย ปัจจุบันความนิยมการใช้ของจากธรรมชาติเรียกได้ว่าเป็นที่ต้องการเป็นอย่างมาก เพราะมีความสวยงามและดูเป็นธรรมชาติถูกใจผู้บริโภค คงเป็นเพราะประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสนใจเกี่ยวกับการรักษ์โลกมากยิ่งขึ้นจึงทำให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้นได้ทุกวัน อย่างเช่นการนำใบเล็บบครุฑ มาเป็นภาชนะไว้รองอาหารไม่ว่าจะเป็นของทอด ของนึ่ง และของทานเล่นก็ใส่ได้ ซึ่งดูแล้วก็ไม่ได้ยุ่งยาก กินเสร็จก็สามารถทิ้งได้เลย ใบเล็บครุฑก็จะย่อยสลายเองไปตามธรรมชาติ แต่สิ่งสำคัญอยู่ตรงที่ความคิดสร้างสร้างสรรค์และการใส่ใจสิ่งแวดล้อม ถือว่าเป็นไอเดียที่ดีมากสำหรับยุคสมัยนี้เพราะช่วยในการลดใช้ถุงพลาสติกและโฟมได้ดี สำหรับร้านอาหารใดที่สนใจก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้หรืออาจจะเป็นใบอื่นที่สามารถนำมารองอาหารได้ [1]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ศึกษาการสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้พารามิเตอร์เทคนิคการขึ้นรูปยาง

(2) ผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้คงรูปตามแม่พิมพ์ได้

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ

วัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ได้มีดังนี้

1. วัสดุธรรมชาติประเภทเส้นใย เช่นกล้วย หวาย เตยปาหนัน กก กระจูด ผักตบชวา หญ้าแฝก หญ้าสามเหลี่ยม เถาวัลย์ ย่าลิเภา ปอสา ป่านศรนารายณ์ โดยวัสดุเหล่านี้บางชนิดต้องนำมาแปรสภาพก่อน เช่น ผักตบชวา เตยปาหนัน กระจูด กล้วย ต้องนำมาตากแห้ง ฟอกขาว อบกำมะถัน ฟั่นเกลียวก่อนสานขึ้นรูปเป็นตะกร้าใส่สินค้า ส่วนเส้นใยไหม ฝ้ายต้องนำมาทอก่อนแล้วจึงนำไปตัดเย็บเป็นถุงผ้า

2. วัสดุธรรมชาติที่แปรรูปเป็นแผ่นและรูปทรงต่าง ๆ เช่น กระดาษแปรรูปมาจากเยื่อไม้ ไม้ยูคาลิปตัสหรือต้นสา นำมาประดิษฐ์เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงกระดาษ กล่องกระดาษ กระป๋องกระดาษ กระดาษเป็นวัสดุที่นิยมนำมาประดิษฐ์เป็นบรรจุภัณฑ์มากที่สุดเพราะออกแบบเป็นหีบห่อได้หลายรูปแบบ ตัดและพับได้ง่าย มีความคงรูป น้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังมีราคาถูกสามารถแปรรูปนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ทำลายได้ง่ายและปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งานได้หลายรูปแบบ

3. วัสดุธรรมชาติประเภทไม้ ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง เช่น กล่องใส่ขนม สุรา เบียร์ เครื่องปั้นดินเผา แก้ว ส่วนไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ นำมาจักเป็นเส้นเล็ก ๆ แล้วสานขึ้นรูปเป็นชะลอม กระจาด เข่ง หรือกล่องขนาดต่าง ๆ บรรจุสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร [2]

ตัวประสาน ตัวประสานที่ใช้เป็นส่วนผสมนั้นในธรรมชาติมีอยู่มากมายแต่ที่ต้องคำนึงคือตัวประสานต้องมาจากวัสดุธรรมชาติเท่านั้นเพื่อไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติในที่นี้ตัวอย่างตัวประสานมา 2 ตัวอย่าง คือ มันสำปะหลัง และน้ำยาซิลิโคน

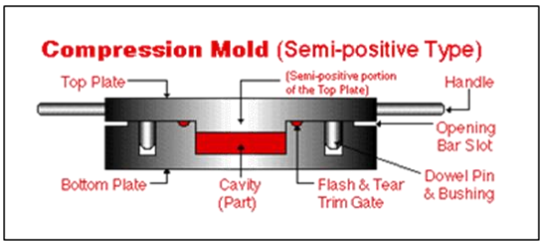
1. มันสำปะหลังมีชื่อสามัญว่า Cassava หรือ Tapioca หรือ Manioc มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ManihoesculentaCrantz มีถิ่นกาเนิดในแถบเขตร้อนพบในแถบอเมริกาใต้ ในปีพ.ศ. 2549 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั่วโลกประมาณ 113.8 ล้านไร่ และมีผลผลิตเฉลี่ย 1.92 ตัน/ไร่โดยที่อินเดียเป็นประเทศที่มีผลผลิตต่อพื้นที่สูงสุด 5 ตัน/ไร่ ด้วยเหตุผลสำคัญ คือ มีการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง มีระบบการจัดการแปลงและชลประทานที่ดี ทั้งนี้พันธุ์ดังกล่าวเกิดขึ้นได้เนื่องจากอินเดียมีความหลากหลายของสายพันธุ์มันสำปะหลังสูง จึงเป็นข้อได้เปรียบ ปัจจุบันอินเดีย มีการกาหนดเป้าหมายการพัฒนามันสาปะหลังที่เรียกว่า "2020Strategy" เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เป็น 6 ตัน/ไร่ ในขณะเดียวกัน ประเทศไนจีเรียผลิตมันสำปะหลังมากเป็นอันดับหนึ่งของโลกตามด้วยบราซิลและประเทศไทย เนื่องจากมีความได้เปรียบด้านพื้นที่มีโครงการวิจัยเน้นการเพิ่มผลผลิตแต่ทั้งนี้ผลผลิตที่มากเป็นอันดับต้นของไนจีเรียและบราซิลเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกที่มากกว่าประเทศไทยโดยทั้ง 2 ประเทศ ผลผลิตต่อพื้นที่ยังต่ำกว่าไทย และแม้ไทยไม่ใช่ผู้ผลิตมันสำปะหลังอันดับหนึ่งของโลก [2]

2. น้ำยาซิลิโคน

ยางซิลิโคน (Silicone Rubber) อาจเรียกอีกชื่อว่า RTV Silicone ก็ได้ โดย RTV ย่อมาจาก Room Temperature Vulcanizing หรือแปลง่ายๆก็คือ ยางซิลิโคนที่สามารถแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องได้นั่นเองโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใดๆมาช่วยนอกเหนือจากการใส่ตัวเร่ง ยางซิลิโคนซิลิโคนที่ได้จะมีความแข็งแรงและทนทานมาก [3]

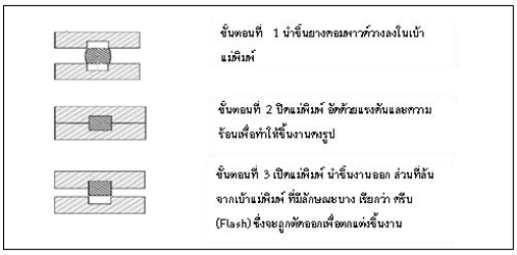
กระบวนการอัดขึ้นรูป (Compression Moulding)

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางด้วยวิธีการอัดนั้น เป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อนมากและแม่พิมพ์มีราคาไม่สูง โดยขนาดของแม่พิมพ์จะขึ้นกับชิ้นงานที่มีตั้งแต่ขนาดประมาณ 10 กรัม จนถึง 10 กิโลกรัม เครื่องจักรที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปเป็นเครื่องอัดด้วยระบบไฮดรอลิก(Hydraulic)ซึ่งส่วนประกอบของแม่พิมพ์ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ยางแบบอัดขึ้นรูป [4]

กระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นเริ่มจากนำชิ้นยางที่ยังไม่สุกหรือยางคอมพาวด์ใส่ลงไปในเบ้าของแม่พิมพ์ จากนั้นทำการปิดแม่พิมพ์ที่ใส่เข้าไปในเครื่องอัด เครื่องอัดจะใช้แรงดันกดปิดแม่พิมพ์จนสนิท โดยก่อนจะกดปิดแม่พิมพ์จะมีการกด-คลาย (Bumping) ก่อนเพื่อไล่อากาศออกให้เนื้อยางไหลได้เต็มเบ้า หลังจากได้รับความร้อนจากเครื่องอัดและใช้เวลาระยะหนึ่งจนยางสุกแล้ว แม่พิมพ์จะถูกเปิดออกและผู้ปฏิบัติงานสามารถหยิบชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และทำความสะอาดแม่พิมพ์ จากนั้นแม่พิมพ์ก็จะพร้อมสำหรับการอัดขึ้นรูปในรอบต่อไป แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง [5]

ปริญญานิพนธ์ [2] ได้พูดถึงการขึ้นรูปกระถางด้วยวัสดุธรรมชาติจากผักตบชวาตากแห้งและกาบกล้วยตากแห้งใช้ส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ 250 กรัม และตัวประสานประเภทกาวแป้งมันสำปะหลังและแกลบ 200 กรัม โดยนำมาผสมกันก่อนขึ้นรูปภาชนะ

วารสาร ออนไลน์ [7] งานนี้ได้ทำการผสมไอโซโทปโพลีโพรพีลีน (PP) และโพลีเอทิลีน - ออกเทนโคพอลิเมอร์ (POE) และฉีดขึ้นรูปเพื่อให้ได้ของแข็งและตัวอย่างโฟมที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ 0.76 ใช้อุณหภูมิ

แม่พิมพ์และอุณหภูมิในการฉีดที่แตกต่างกัน วัดความแรงกระแทก สำหรับของแข็งอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่สูงขึ้นจะเพิ่มความต้านทานต่อแรงกระแทกในขณะที่ในฟองพบแนวโน้มตรงกันข้าม เพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุของพฤติกรรมนี้ได้มีการศึกษาสัณฐานวิทยาของระยะอีลาสโตเมอริกสัณฐานวิทยาของผลึกและโครงสร้างของเซลล์ การปรากฏตัวของอีลาสโตเมอร์ใกล้ผิวหนังในกรณีที่อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงสามารถอธิบายการปรับปรุงที่เกิดจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในของแข็งสูง สำหรับฟองลักษณะที่อีลาสโตเมอร์หยาบขึ้นในแกนกลางของตัวอย่างหรือการมีผิวแข็งหนาขึ้นเป็นตัวแปรสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่ดีขึ้นของวัสดุที่ผลิตด้วยอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ต่ำกว่า

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

4.1.1 ศึกษากระบวนการพื้นฐานรูปแบบการขึ้นรูปด้วยเทคนิคการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

กระบวนการอัดยาง

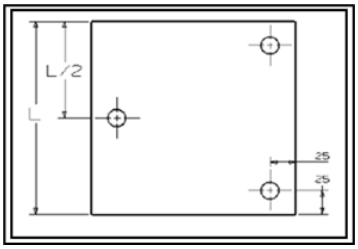
การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัดเป็นวิธีการขึ้นรูปที่ใช้กันมากที่สุดในการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้การขึ้นรูปแบบอื่นๆ เพราะเป็นวิธีการที่ง่ายและไม่ต้องลงทุนด้นเครื่องจักรสูง เพราะทั้งเครื่องกดอัดและแม่พิมพ์มีราคาไม่สูงนัก เครื่องกดอัดที่นิยมใช้ ได้แก่ เครื่องกดอัดระบบไฮดรอลิกส์ เครื่องกดอัดประกอบด้วยแผ่นกดอัด (Platen) จำนวนอย่างน้อย 2 แผ่น (บนและล่าง) หรือมากกว่า2 แผ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องกดอัดให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต แม่พิมพ์กดอัด เป็นแม่พิมพ์แบบง่ายๆและราคาถูก ลักษณะโดยทั่วไปประกอบด้วยแม่พิมพ์ 2ส่วนคือ แม่พิมพ์ส่วนบน (Lid) และแม่พิมพ์ส่วนล่าง (Base) เป็นอย่างน้อย โดยที่แม่พิมพ์ส่วนกลางหรือส่วนล่างจะมีช่องเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์เรียกว่าเบ้าพิมพ์ (Cavity) ซึ่งเวลาขึ้นรูปยาง ก็จะนำยางคอมปาวด์ใส่ลงในเบ้าพิมพ์นี้ จากนั้นจึงนำแม่พิมพ์ส่วนบนมาปิดทับด้านบน และความร้อนจากแม่พิมพ์ก็จะทำให้ยางเกิดการคงรูป (Vulcanization) การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัด จำเป็นต้องเตรียมยางคอมปาวด์ให้มีปริมาณหรือที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปน้ำหนักของยางคอมปาวด์ที่ใส่เข้าไปในเบ้าพิมพ์จะสูงกว่านำหนักของผลิตภัณฑ์ยางเล็กน้อย (ประมาณ 2-10 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่ายางคอมปาวด์ที่เตรียมจะไหลได้เต็มเบ้าแม่พิมพ์และไล่อากาศออกจากแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น

4.12 กำหนดวัสดุที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นตัวอย่าง ภาชนะ

ในโครงการ มีทดลองใช้ ผงถ่าน และ ใบตอง เป็นวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป

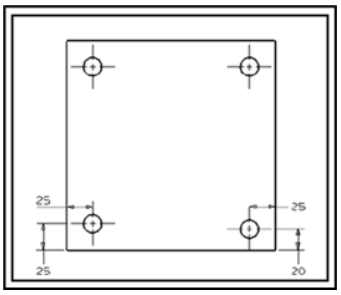
4.1.3 ออกแบบและสร้างชุดขึ้นรูปขนาดเล็ก

ส่วนประกอบแม่พิมพ์ สลักนำ สลักจะประกอบด้วยตัวผู้ (Pin) และตัวเมีย (Bush) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวปรับตำแหน่งของหน้าสัมผัสแม่พิมพ์เมื่อแม่พิมพ์ปิดในระหว่างขั้นตอนการอัดนอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสลักบังคับตำแหน่ง (Locating pin) เมื่อประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกันการวางสลักให้กับชุดแม่พิมพ์มี 2 แบบ คือ แบบสลัก 3 ตัวการวางสลักแบบนี้จะใช้ในกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ขนาดเล็กเช่นมีขนาดไม่เกิน 400 มม.โดยตัวอย่างรูปแบบและระยะการวาง ดังแสดงในภาพที่ 3



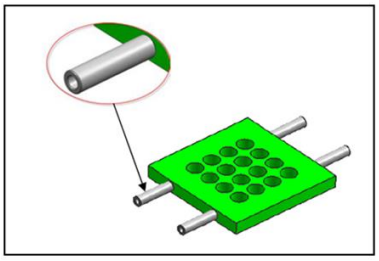
ภาพที่ 3 การวางสลักแบบ 3 ตัว [6]

แบบสลัก 4 ตัวกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ขนาดใหญ่เช่นมีขนาดเกิน 400 มิลลิเมตร จะมีการวางสลัก 4 ตัว เพื่อให้สามารถประคองแม่พิมพ์ได้ตัวอย่างรูปแบบการวางเป็น ดังแสดงในภาพที่ 4



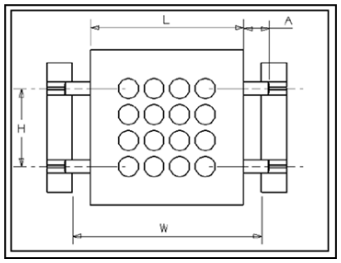
ภาพที่ 4 การวางสลักแบบ 4 ตัว [6]

หูยกแม่พิมพ์ ในกรณีที่เป็นแม่พิมพ์ชนิด 3 แผ่นในกระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นแม่พิมพ์แผ่นล่างจะจับยึดอยู่กับแท่นเครื่องอัดส่วนล่างและแม่พิมพ์แผ่นบนจะจับยึดอยู่กับแท่นเครื่องอัดส่วนบนแผ่นกลางนั้นจะยกเข้าไปวางบนแผ่นล่างเพื่อทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานและจะยกออกจากแผ่นล่างเพื่อปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 5



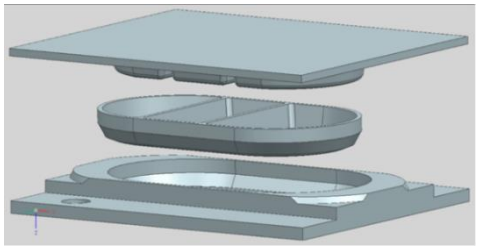
ภาพที่ 5 ลักษณะของหูยกและการประกอบกับแม่พิมพ์ [6]

จากตัวอย่างของหูยกในภาพที่ 5 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ส่วนความยาวนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์และระยะแขนยกของเครื่องอัดที่ใช้การประกอบหูยกกับแม่พิมพ์และระยะต่าง ๆ เป็นดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ระยะหูยกและแขนยกแม่พิมพ์ [6]

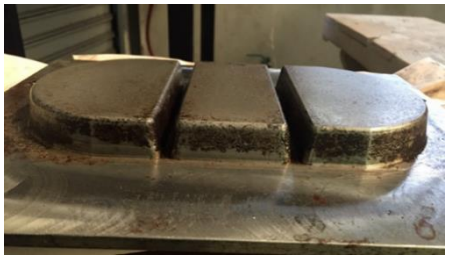
ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร้อนจากชิ้นงานดังแสดงในภาพที่ 7 โดยแบ่งเป็น 2 แผ่น คือ แม่พิมพ์แผ่นบน และ แม่พิมพ์แผ่นล่าง ซึ่งใช้โปรแกรมทางวิศวกรรม ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์



ภาพที่ 7 แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป

และหลังจากนั้นได้นำแบบงานในแต่ละชิ้นส่วนไปสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปต่อไป ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ ซีเอ็นซี(CNC) ดังแสดงในภาพที่ 8,9

ภาพที่ 8 แม่พิมพ์แผ่นล่างที่ใช้ในการขึ้นรูป



ภาพที่ 9 แม่พิมพ์แผ่นบนที่ใช้ในการขึ้นรูป

กระบวนการในการสร้างแม่พิมพ์ ใช้เครื่องจักรที่มีอยู่ในสาขาการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ทั้งหมด รวมไปถึงกระบวนการ การทวนสอบขนาดต่างๆ อีกด้วย

4.1.4 จัดหาตัวประสานที่ใช้ในการคงตัวของวัสดุธรรมชาติ

ใช้น้ำผสมแป้งมัน และวัสดุตัวประสานอื่นๆ เป็นตัวประสาน ในสัดส่วนที่เหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ตัวประสานที่ใช้ในการขึ้นรูป

4.1.5 ทดลองการขึ้นรูป

ในขั้นตอนนี้ ทางผู้วิจัยมีแนวคิด ที่ต้องการใช้ใบตองสด มาทำการขึ้นรูปเป็นภาชนะ โดยมีสมมติฐานที่ต้องการให้การคงตัวคงรูปของใบตองสด ในสภาวะตัวแปรที่กำหนดในการขึ้นรูป ที่เป็นสภาวะตัวแปร ที่เคยใช้ในการขึ้นรูปใบตองแห้งมาก่อนหน้านี้แล้ว โดยกำหนดจำนวนชั้นของใบตองไว้ที่ 10-15 ชั้นเนื่องจากความหนาของภาชนะที่ได้ทำการทดลองมีระยะช่องว่างที่ 5 มิลลิเมตร เป็นตัวแปรคงที่ และ กำหนด เวลา และ อุณหภูมิ เป็น ตัวแปรที่เปลี่ยนค่าได้ ภายใต้ เครื่องอัดขึ้นรูปยางที่มีแรงดันคงที่ 100 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร เพื่อดูความคงตัวของภาชนะซึ่งเป็นตัวแปรตาม ในงานวิจัยนี้ โดยคาดว่ารูปแบบ ภาชนะ จะเป็นลักษณะ ยังคงเป็นธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 11

ภาพที่ 11 ตัวอย่างของภาชนะที่ต้องการ

จากสมมติฐาน ด้านบนในการทดลองได้กำหนด ค่าของอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส เพียงค่าเดียว เนื่องจาก อุณหภูมิที่สูงกว่านี้ จะทำให้ ใบตองเกิดความร้อนสูงจนทำให้ความชื้นในใบตองเดือดจนไหม้ เปลี่ยนสีออกคล้ำ และ เวลาที่ใช้ ตั้งไว้ที่ 90 และ 60 วินาที และเริ่มการทดลองการขึ้นรูป ดังแสดงในภาพที่ 12-15

ภาพที่ 12 ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 90 วินาที เซตที่ 1

ภาพที่ 13 ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 90 วินาที เซตที่ 2

ภาพที่ 14 ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 60 วินาที เซตที่ 1

ภาพที่ 15 ชิ้นงานภาชนะที่ขึ้นรูป 60 วินาที เซตที่ 2

หลังจากการขึ้นรูป ทั้ง 2 กลุ่ม ตามสมมติฐาน พบว่า สภาวะการคงรูปของภาชนะ ที่สมบูรณ์ จะอยู่ภายใต้ พารามิเตอร์ ที่ ใบตอง 10-15 ชั้น อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ เวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที ภาชนะที่ได้มีความคงรูปที่สมบูรณ์ สามารถรองรับของเหลว และ ของบริโภคได้ แต่เนื่องด้วย ความชื้นที่ยังมีอยู่ใน ใบตองสด เมื่อผ่านกระบวนการการขึ้นรูป แล้ว ทำให้เกิด กลิ่นของใบตองชื้นบวกตัวประสาน เพียงเล็กน้อย และพบความอ่อนตัวของภาชนะอยู่บ้าง จึงได้ทำการทดลองเพิ่ม จากผลลัพธ์ที่ได้ โดยการ นำใบตองสดไป ตากแห้งโดยประมาณ 2-3 ชั่วโมงก่อนการขึ้นรูป และ นำมาขึ้นรูป อีกครั้งที่ สภาวะ และ พารามิเตอร์เดิม ลดเวลาอบเหลือ 60 วินาทีพบว่า ภาชนะใบตอง มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น มีความแห้งขึ้น และกลิ่นชื้นลดลง ดังแสดงในภาพที่ 16-17

ภาพที่ 16 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปหลังตากแดดเซตที่ 1

ภาพที่ 17 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปหลังตากแดดเซตท

4.1.6 สรุปผลการทดลอง

จากผลการดำเนินงาน และการทดลอง พบว่า การศึกษาแนวทางสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้แนวทางเทคนิคการขึ้นรูปยาง สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของการขึ้นรูปยาง สามารถมาใช้ในการพัฒนา ขึ้นรูป ภาชนะจากธรรมชาติได้อย่างมีนัยยะ เป็นไปได้ และ กระบวนการดังกล่าวนี้สามารถผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้ ภายใต้แม่พิมพ์ ที่มีขนาด เหมาะสมโดยมีขนาดพื้นที่ของแม่พิมพ์เล็กกว่าพื้นที่แผ่นยึดแม่พิมพ์ของเครื่อง หรือ ขนาดพื้นที่ แม่พิมพ์ มีพื้นที่ขนาดไม่เกิน ร้อยละ 60-70 ของแผ่นยึดแม่พิมพ์

5. ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงาน และการทดลอง พบว่า การศึกษาแนวทางสร้างชุดอัดขึ้นรูปต้นแบบ โดยใช้แนวทางเทคนิคการขึ้นรูปยาง สามารถประยุกต์ ใช้งานได้ โดยองค์ประกอบต่างๆ ของการขึ้นรูปยาง สามารถมาใช้ในการพัฒนา ขึ้นรูป ภาชนะจากธรรมชาติได้อย่างมีนัยยะ เป็นไปได้ มีพารามิเตอร์ ที่ ใบตอง 10-15 ชั้น

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ เวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที และใบตองที่ตากแห้ง ใช้เวลา 60 วินาที และกระบวนการดังกล่าวนี้สามารถผลิตภาชนะต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติได้ ภายใต้แม่พิมพ์ ที่มีขนาด เหมาะสมโดยมีขนาดพื้นที่ของแม่พิมพ์เล็กกว่าพื้นที่แผ่นยึดแม่พิมพ์ของเครื่อง หรือ ขนาดพื้นที่ แม่พิมพ์ มีพื้นที่ขนาดไม่เกินร้อยละ 60-70 ของแผ่นยึดแม่พิมพ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Available Source: http://www.baanlaesuan.com/124936/diy/easy-tips/eco-friendly-utensils, January 19, 2019.

[2] ชานุ แสงคำ และคณะ. (2556). *เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ* (ปริญญานิพนธ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

[3] Available Source: https://www.supersiliconeandresinart.com, January 19, 2019.

[4] Hawthorne Rubber Mfg. Corp. 2004. *Information about Compression, Transfer, and Injection Moulding*. Available Source: http://www.hawthornerubber.com/index.html, August 1, 2015.

[5] Robinson Rubber Products Company, Inc. America, Inc. 2005. *Designing with Rubber*. Available Source: http://www.robinsonrubber.com, July 28, 2015.

[6] ชุกรี แดสา. (2551). *การพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ชนิดอัดขึ้นรูปสำหรับผลิตภัณฑ์ยาง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[7] Santiago Muñoz-P., Eduardo Lopez-G., Cristina S., & Miguel Angel R. (2019). *Effect of Mold Temperature on the Impact Behavior and Morphology of Injection Molded Foams Based on Polypropylene Polyethylene–Octene Copolymer Blends. Polymers (Basel).* https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6572697/

อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งควบคุมน้ำและปุ๋ยในฟาร์มเมล่อนคิโมจิ

IoT CONTROL AGRICULTURAL INPUTS IN MELON KIMOJI FARM

ปฏิภาณ ศรีสวัสดิ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: bhadhibarn.sri@spumail.net

ดร.สุรชัย ทองแก้ว

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: Surachai.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้ปลูกสวนเมล่อนประสบปัญหาหลายประการอาทิ ความเสี่ยงด้านการตลาดที่สูง ต้นทุนการผลิตที่สูงเกินไปและระยะเวลาในการผลิตที่นานเกินไป ผู้วิจัยได้นำความรู้ด้านอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง มาพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มเมล่อนและทดลองใช้กับเกษตรกรที่ ตำบลท่าซุง อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ระบบสมาร์ทฟาร์มดังกล่าว ช่วยควบคุมน้ำ และการผสมปุ๋ยแบบไฮโดรโปนิกส์ตลอดอายุของพืชเมล่อน 4 ช่วง ตามความต้องการของพืชประกอบด้วย สูตรที่หนึ่งสร้างลำต้นและใบ สูตรที่สองสร้างแขนง สูตรที่สามสร้างดอก สูตรที่สี่สร้างความหวาน หลังการทดลองผู้วิจัยพบว่า เมล่อนมีรสชาติหอมหวานและขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งตรงกับความต้องการของตลาดยิ่งขึ้นค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานลดลงและเกษตรใช้เวลาในการทำงานน้อยลงทั้งนี้สอดคล้องกับแนวคิดการทำเกษตรแบบ 4.0 “ทำน้อยได้มาก”

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง, ระบบสมาร์ทฟาร์มเมล่อน, เมล่อน, เกษตรแบบ 4.0

ABSTRACT

Nowadays, melon farmers face many problems including market risk, high manufacturing cost, and long lead time. According to Bhadibhan’s experiment at Uthai Thani, the Internet of Things (IoT) helps farmers to water, fertilize, and control other agricultural inputs appropriately for four ages of melon plant. There are four formular of fertilize, first enhance the growth of trunk and leaf, second enhance the growth of branchlet, third enhance the growth of flower, and fourth enhance sweating. As a consequence, melon becomes sweater and bigger, lower wage cost, and the farmer spends shorter working hours. This corresponds to agriculture 4.0 “Do less, Get more”.

Keywords: IoT, Melon, growth, agriculture 4.0

1. บทนำ

ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมเนื่องจากมีสภาพอากาศภูมิประเทศ ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตรการทำฟาร์มเมล่อนจากอดีตถึงปัจจุบันในประเทศไทยพบปัญหา คือ พืชได้รับสารอาหารไม่เพียงพอหรือได้รับสารอาหารมากเกินไปเช่น เกษตรกรให้น้ำหรือหรือให้ปุ๋ยไม่เหมาะสมกับช่วงอายุที่พืชต้องการขาดความสม่ำเสมอส่งผลให้ผลเมล่อนมีขนาดเล็กลงและความหวานของทุกลูกไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกษตรกรขายผลผลิตได้ราคาต่ำลง บางครั้งถูกกดราคาขายจากพ่อค้าคนกลางการช่วยเหลือเกษตรกรจำเป็นต้องแก้ให้ตรงจุดคือเริ่มจากต้นทาง ด้วยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำเกษตรให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี IoT เข้าช่วยปลดล็อกปัญหารวมทั้งเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับธุรกิจเกษตรกรรม เพื่อรักษามาตรฐานผลผลิต ลดต้นทุนค่าแรงงานเป็นฟาร์มระบบอัตโนมัติ หรือควบคุมด้วยเกษตรกรเป็นการเพิ่มความยั่งยืนในการทำธุรกิจฟาร์มเมล่อน โดยออกแบบระบบตามความต้องการของเกษตรกรประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ทำงานแบบอัตโนมัติและสั่งงานจากเกษตรกรพร้อมไลน์แจ้งเตือนสถานะการทำงานหรือตั้งค่าการทำงานผ่านทางโมบายแอปพลิเคชันแบบอัตโนมัติ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related work)

2.1 เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0

ด้วยสภาพการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วทำให้ประเทศไทยต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถรักษาความสามารถทางการแข่งขันในเวทีเศรษฐกิจโลกเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ถือเป็นเทคโนโลยีสำคัญ ที่ทำให้วัตถุทางกายภาพสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถเก็บข้อมูลหลากหลายชนิดเป็นปริมาณมหาศาลอย่างที่ไม่เคยทำได้มาก่อน ซึ่งจะช่วยให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัล (Digital Transformation) และเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจดิจิทัลในประเทศไทย สำนักงาน กสทช. คาดการณ์ว่าเทคโนโลยี IoT จะเข้าไปมีบทบาททางเศรษฐกิจในหลายภาคส่วนของประเทศไทยโดยจากสมมติฐานของสถาบันวิจัย McKinsey Global และ Frost & Sullivan มูลค่าการใช้จ่ายในธุรกิจ IoT จะเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 249 ในปี 2565 เทียบกับปี 2560 จึงได้เตรียมการเพื่อรองรับการพัฒนาของเทคโนโลยี IoT ในหลายด้านได้แก่การจัดทำแนวทางการใช้คลื่นความถี่และมาตรฐานอุปกรณ์ IoT การสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้าง พื้นฐานทางโทรคมนาคม การศึกษาแนวทางการกำหนดเลขหมายโทรคมนาคม ความมั่นคงทางไซเบอร์รวมถึงการให้ทุนสนับสนุนโครงการพัฒนา IoT ไปประยุกต์ใช้ในภาคส่วนทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

2.2 รูปแบบความสำเร็จในการใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตให้กับกิจการสวนเมล่อน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพในหัวข้อเรื่อง “รูปแบบความสำเร็จในการใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตให้กับกิจการสวนเมล่อน” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสำเร็จจากการใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตให้กับกิจการสวนเมล่อนและเพื่อศึกษารูปแบบการดำเนินงานของกิจการสวนเมล่อนมีการกำหนดคำถามในการสัมพาษณ์ที่มีลักษณะแบบปลายเปิด โดยคุณสุวิทย์ ไตรโชค ซึ่งเป็นเจ้าของกิจการ ผลการวิจัยพบว่ามีการพัฒนาวิธีการดำเนินงานต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีมากขึ้นซึ่งได้มีการจัดการระบบน้ำโดยใช้เครื่องมือที่เอื้อต่อการบริหารจัดการควบคุมปริมาณน้ำที่สะดวกต่อการใช้ปุ๋ยและสามารถกระจายน้ำไปยังเฉพาะจุดของต้นเมล่อน ทำให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ มีเรื่องการใช้นวัตกรรม

เข้ามาช่วยทำให้สามารถควบคุมคุณภาพได้ตามที่ลูกค้าต้องการและสามารถลดต้นทุนในอนาคตได้มีการให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในภาคการเกษตรเพื่อพัฒนาไปสู่การเกษตรที่ยั่งยืน

2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินในการผลิตเมล่อนระบบไฮโดรโปนิกส์ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของการผลิตเมล่อนในโรงเรือนด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการทางเงิน เก็บข้อมูลปฐมภูมิ โดยการสัมพาษณ์ผู้ประกอบการธุรกิจฟาร์มเมล่อนในโรงเรือน รบบไฮโดรโปนิกส์ ในจังหวัดภูเก็ต ในช่วงมีนาคม 2561

ผลการวิเคราะห์โครงการลงทุนปลูกเมล่อนในโรงเรือน ระบบไฮโดรโปนิกส์ ในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎ์ธานีโดยกำหนดอายุโครงการเท่ากับ 10 ปี ณ อัตราคิดลดร้อยละ 7 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 758,336.45 บาท อัตราผลประโยชน์ ต่อทุน (BCR) เท่ากับ 1.37 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการของการลงทุน (IRR) เท่ากับ ร้อยละ 29.6 และมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 4.07 ปี ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โดยกำหนดให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายเท่าเดิมแต่สมมุติให้รายได้น้อยลง ผลลการศึกษาพบว่า รายได้ของโครงการสามารถลดลงได้ต่ำสุดถึงร้อยละ 20 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนปลูกเมล่อนในโรงเรือนระบบไฮโดรโปนิกส์ ในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎ์ธานี มีความเป็นไปได้ในการลงทุน การส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกเมล่อนด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ก็จะทำให้สร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการมากขึ้น

3. ทฤษฎีทางการเกษตร

3.1 เรื่องการเตรียมอุปกรณ์ทางการเกษตร

ใช้เมล็ดสายพันธุ์“คิโมจิ” เป็นพันธ์ญี่ปุ่นแท้ 100% เมล็ด F1 เริ่มต้นโดยการแช่เมล็ดในน้ำอุ่น 1 คืน จากนั้นนำทิชชู่ ชุบน้ำแล้วเอาไปปูในกล่องพลาสติก นำเมล็ดที่แช่น้ำไปบ่ม ปิดทับด้วยทิชชู่เปียกอีก 1 ชั้น บ่มไว้ประมาณ 1 วัน เพื่อให้รากงอกประมาณ 5 มิลิลิตร จากนั้นนำมาเพาะในพีทมอสโดยเพาะลงในถ้วยปลูกขนาด 4 นิ้ว ให้น้ำ-เช้าเย็นปลูกไว้ประมาณ 12 วัน ใบจริงที่ 2 เกิดก็ย้ายลงถุงปลูก การบำรุงดูแลการวางระบบน้ำจะเป็นระบบอัตโนมัติ ตั้งเวลาให้น้ำไว้โดยจีท่อเมนเดินหมดทุกโซนและมีท่อย่อย ๆ แยกไปตามแต่ละต้นชุดปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ AB สูตรพิเศษสำหรับเมล่อนญี่ปุ่นได้รับการออกแบบให้ตอบสนองความต้องการของเมล่อนคิโมจิโดยตรงตลอดอายุปลูก โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนสูตรของปุ๋ย นอกจากนั้นชุดปุ๋ย AB ยังประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลักและรองครบถ้วนจึงทำให้ต้นเมล่อนได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอ มีความสมบูรณ์และให้ผลผลิตที่ดีโดยช่วงอายุของเมล่อนจะประกอบด้วย 4 ส่วนโดยเกษตรกรสามารถกำหนดสัดส่วนที่จะให้ปุ๋ยได้ตามความเหมาะสมสูตรที่ 1 สร้างลำต้นและใบ จะให้ 1-2 อาทิตย์ หลังจากย้ายลงถุง สูตรที่ 2 สร้างแขนง เพื่อให้ต้นออกดอก และติดดอกเกษตรกรต้องผสมเกสรเองเพราะเมล่อนดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่คนละดอกกัน การให้ปุ๋ยเริ่มในอาทิตย์ที่ 3 หลังจากย้ายลงถุงแล้วสูตรที่ 3 สร้างดอกหลังจากผสมเกสรแล้ว ต้นจะติดดอกทั้งหมด 3 ดอกจะอยู่ตามแขนงที่ 10-13 เท่านั้น เมื่อผสมได้ประมาณ 1 อาทิตย์จะได้ผลเมล่อนขนาดประมาณไข่ไก่ตรงนี้เกษตรกรจะต้องเลือกลูกที่สมบูรณ์ที่สุด “วิธีการคัดลูก” เลือกลูกที่สมมาตร ลูกที่ไม่บิดเบี้ยว ลูกที่สมบูรณ์ที่สุดต้องเลือกทรงรียาวไม่เอากลม เพราะถ้าลูกกลมพอมันโตมันจะดันลูกแตกแต่ถ้าเลือกลูกรีและยาวเวลาโตมันจะขยายออกด้านข้าง และสุดท้ายมันจะกลมพอเมล่อนขยายผลในช่วงนี้จะเริ่มสร้างลายตรงนี้เป็นจุดสำคัญของเมล่อนเพราะลายมีผลต่อความสวยงามของเมล่อนสูตรที่ 4 สร้างความหวาน ในขั้นตอนนี้สำคัญที่สุดถึงเมล่อนจะมีลายสวยผลสมบูรณ์แต่เมื่อผ่ามารสชาติจืดไม่มีความหวานก็จะทำให้เมล่อนผลนั้นไม่มีคุณภาพควรบำรุงใบให้

สมบูรณ์แข็งแรงที่สุดก่อนตัดเพราะเมล่อนความหวานจะอยู่ที่ใบถ้าใบสมบูรณ์ผลผลิตจะมีรสชาติหวานกลมกล่อม ถ้ารักษาใบให้เขียวใบเยอะน้ำตาลที่ใบก็จะถูกลำเลียงมาที่ลูกโดยที่ไม่ต้องทำความหวาน

3.2 การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล่อน

โดยเฉลี่ยเมล่อนจะปลูกกันช่วงฤดูร้อนเพื่อให้สามารถเก็บผลผลิตได้ในช่วงปลายฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงฤดูกาลที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยตั้งแต่ปลูกจนเก็บเกี่ยวเมล่อนจะให้ผลผลิตเมื่ออายุ 85-90 วัน น้ำหนักเมล่อนสายพันธุ์โมจิ 1.4-1.6 กิโลกรัมลักษณะผลทรงกรมสมมาตรลายชัดเจนนูนหนาขั้วแข็งแรง ส่วนเนื้อและของรสชาติสัมผัสนุ่มถึงกรอบเปลือกบางความเป็นกรดน้อยไม่แสบคอเนื้อสีเขียวมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์

4. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ลดการใช้แรงงานสำหรับการทำฟาร์มเมล่อน

(2) เพิ่มเวลาว่างให้เกษตรกร

(4) ควบคุมคุณภาพของผลเมล่อน

5. ขอบเขต

(1) ออกแบบอุปกรณ์ที่จำเป็นภายในโรงเรือนสำหรับการควบคุมน้ำและปุ๋ยภายในฟาร์มเมล่อนสายพันธุ์คิโมจิ

(2) ออกแบบโมบายแอปพลิเคชันให้เกษตรกรสามารถควบคุมและตั้งเวลาผ่านโทรศัพท์ได้เพื่อทำเป็นระบบอัตโนมัติ

(5) มีบริการ Line Notify สำหรับการแจ้งเตือนการทำงานสำหรับระบบอัตโนมัติ

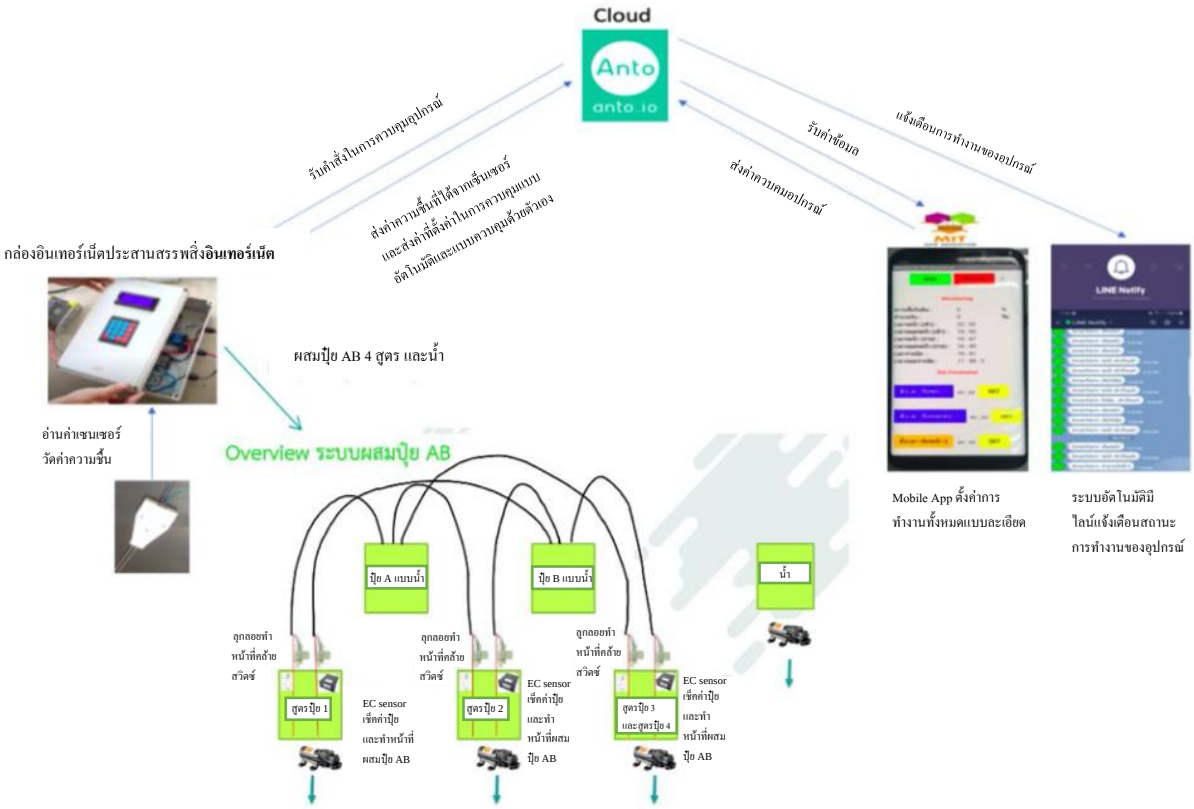
(4) เกษตรกรสามารถตั้งเวลาการให้น้ำและปุ๋ยเบื้องต้นผ่านหน้าตู้คอนโทรลได้หน่วยวันหรือสั่งอุปกรณ์ทำงานทันทีได้

(5) เกษตรกรสามารถทราบอายุของพืชเมล่อนที่ปลูกหน่วยวัน

6. วิธีการดำเนินงานวิจัย

6.1 การออกแบบ

ระบบจะทำการออกแบบโดยมีการตั้งเวลาให้น้ำและให้ปุ๋ย AB แบบน้ำโดยแบ่งเป็น 4 ช่วงอายุตามความต้องการของพืชเมล่อนประกอบด้วยสูตรที่หนึ่งสร้างลำต้นและใบ สูตรที่สองสร้างแขนง สูตรที่สามสร้างดอก สูตรที่สี่สร้างความหวาน โดยจะมีความเข้มข้นและปริมาณของปุ๋ย AB ที่แตกต่างกันโดยสามารถทำงานตามความต้องการของเกษตรกรคือเกษตรกรเป็นผู้ปรับเปลี่ยนสูตรการให้ปุ๋ยและปริมาณปุ๋ยที่จะให้ได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งปรับเปลี่ยนช่วงเวลาที่ให้น้ำและให้ปุ๋ย มีการบอกอายุพืช เมล่อนที่เริ่มทำการปลูก หากเกษตรกรสั่งการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติจะมีข้อความแจ้งเตือนผ่านทางไลน์เพื่อเป็นการบอกสถานะการทำงานของอุปกรณ์ว่าสามารถทำงานได้ปกติหรือไม่



รูปที่ 1 แสดงภาพรวมของการออกแบบระบบทั้งหมด

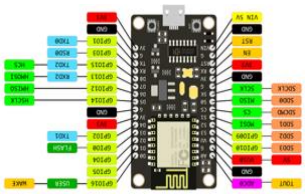
6.2 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบ Hardware (อุปกรณ์)

การทำงานเริ่มจากเกษตรกรตั้งเวลารดน้ำและให้ปุ๋ย AB แบบน้ำสี่สูตรตามความต้องการของพืชเมล่อน โดยแต่ละช่วงอายุจะมีความต้องการของธาตุอาหารที่ไม่เหมือนกันทำให้เกษตรกรต้องเป็นผู้กำหนดสูตรในการให้ปุ๋ยเมล่อนด้วยตัวเองเพื่อทำการสั่งงานเป็นระบบอัตโนมัติหรือหากเกษตรกรต้องการที่จะสั่งให้ระบบทำงานแบบวันต่อวันหรือสั่งการทำงานทันทีสามารถทำได้เช่นเดียวกันภาพรวมของอุปกรณ์มีการใช้ซอฟต์แวร์ Arduino เพื่อออกแบบระบบสมองกลฝังตัว

ส่วนของอุปกรณ์

รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ Arduino Mega 2560 R3



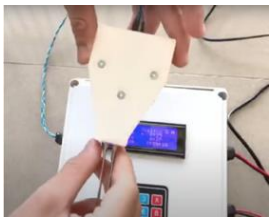
รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ NodeMCU ESP8266 V3

รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ 4 Channel Relay Active Low 5V 10A

รูปที่ 5 แสดงอุปกรณ์ 4x4 Matrix Membrane Keypad

รูปที่ 6 แสดงอุปกรณ์ โมดูลจอ LCD (Blue Screen) 20 * 4

รูปที่ 7 แสดงอุปกรณ์ โมดูลนาฬิกา RTC DS3231



รูปที่ 8 แสดงอุปกรณ์ เซนเซอร์วัดความชื้น

รูปที่ 9 แสดงอุปกรณ์ปั๊มน้ำ DC12V, อัตราการไหล 5.5L/min จำนวน 4 ตัว

รูปที่ 10 เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ EC Sensor จำนวน 3 ตัว

รูปที่ 11 Diaphragm Water Pump DC 12 V จำนวน 6 ตัว

รูปที่ 12 Sensor ลูกลอย 12 Volt จำนวน 6 ตัว

รูปที่ 13 ข้อต่อชุดวาล์ว เข้า 4 ออก 1

(1) ภาพรวมการออกแบบระบบสมาร์ทฟาร์มเมล่อนโดยมีสองส่วนหลักคือฮาร์ดแวร์สั่งงานและซอฟต์แวร์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง

(2) Arduino Mega 2560 R3 ใช้สำหรับสั่งงานการให้น้ำและให้ปุ๋ยแบบน้ำที่เป็นสูตรปุ๋ย AB ทั้งหมด 4 สูตร เหตุผลที่นำมาใช้เนื่องจากมีความจำเป็นที่ต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลายตัวทำให้ต้องใช้ Pin เพื่อเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์จำนวนมาก

(3) NodeMCU ESP8266 V3 นำมาใช้สำหรับเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตเนื่องจากปัจจุบันบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560 ไม่สามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้

(4) 4 Channel Relay Active Low 5V 10A ใช้สำหรับเปิดปิดปั๊มน้ำและเปิดปิดปั๊มปุ๋ยสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4

(5) 4x4 Matrix Membrane Keypad ใช้สำหรับตั้งค่าการควบคุมผ่านหน้าตู้ฮาร์ดแวร์กำหนดให้ปุ่ม A ทำเป็นระบบอัตโนมัติ B คือตั้งค่าแบบ Manual ประกอบด้วย C ให้น้ำ, D ให้ปุ๋ยแบบน้ำ, * เลื่อนตำแหน่งตั้งช่วงเวลาคือกำหนดเวลาให้น้ำและเวลาในการให้ปุ๋ย AB สามารถกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด อีกทั้งสามารถตั้งค่าปริมาณปุ๋ยที่จะให้เป็นหน่วยวินาที, # บันทึกการตั้งค่า และเลข 1-9 ใช้สำหรับเปลี่ยนค่าตัวเลขเพื่อตั้งค่าเวลาให้น้ำและให้ปุ๋ย AB รวมทั้งกำหนดปริมาณปุ๋ยที่จะให้เป็นหน่วยวินาที

(6) โมดูลจอ LCD (Blue Screen) 20 * 4 แสดงผลการตั้งค่าและการทำงานทั้งหมดผ่านหน้าจอ LCD

(7) โมดูลนาฬิกา RTC DS3231 เป็นโมดูนาฬิกาแบบเวลาจริงมีความถูกต้องแม่นยำสูงใช้การนับวันโดยเมื่อผ่านเที่ยงคืนจะให้นับวันถัดไป หากเกิดกรณีไฟดับจึงสามารถนับอายุพืชได้ตามปกติ

(8) เซนเซอร์วัดความชื้น ใช้สำหรับบอกค่าความชื้นหากค่าความชื้นมากกว่าค่าที่กำหนดไม่ต้องให้น้ำ

(9) ปั๊มน้ำ DC12V อัตราการไหล 5.5 ลิตร/นาที จำนวน 4 ตัว การทำงานปั๊มตัวแรกให้น้ำ, ปั๊มตัวที่สองให้ปุ๋ยสูตรที่หนึ่ง, ปั๊มตัวที่สองให้ปุ๋ยสูตรที่สอง, ปั๊มตัวที่สามให้ปุ๋ยสูตรที่สามและสูตรที่สี่

(10) เซนเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ EC Sensor ทำหน้าที่ผสมปุ๋ยโดยการตั้งค่า EC ที่ต้องการไว้เพื่อใช้ Diaphragm Water ดูดสาร A และสาร B เข้ามาผสมกันเป็นปุ๋ยสูตรที่ 1 ปุ๋ยสูตรที่ 2 ปุ๋ยสูตรที่ 3 และปุ๋ยสูตรที่ 4

(11) Diaphragm Water Pump DC 12 V ใช้สำหรับดูดสาร A และสาร B จากภาชนะ

(12) Sensor ลูกลอย 12 Volt ใช้สำหรับวัดระดับของน้ำในถังหลักการทำงานคล้ายกับสวิตซ์

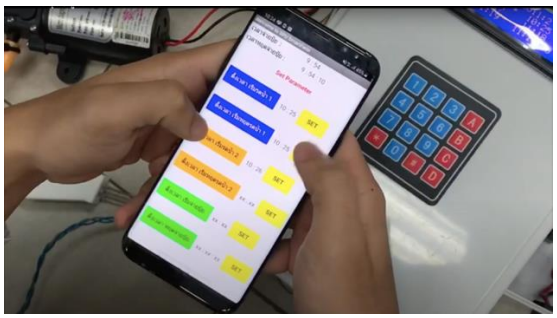
(13) ข้อต่อชุดวาล์วเข้า 4 ออก 1 ใช้สำหรับลดจำนวนของสายยางลงมาเพราะจากเดิมมีสายยางสี่เส้นประกอบด้วยสายยางให้น้ำ 1 เส้นและให้ปุ๋ยอีก 3 เส้น ทำให้ต้องลดจำนวนสายยางจาก 4 เส้นลงมาเหลือ 1 เส้นเพื่อประหยัดต้นทุนในการวางระบบให้น้ำ และให้ปุ๋ยสำหรับฟาร์มเมล่อน

6.3 Software (ระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง)

การพัฒนาระบบ Software

ใช้สำหรับการออกแบบระบบการติดต่อสื่อสารผ่านทางอินเทอร์เน็ตและติดต่อ Server เพื่อดึงข้อมูลในระบบ Cloud ออกมาใช้งานโดยให้เกษตรกรเป็นผู้ควบคุมผ่านทางโมบายแอปพลิเคชันทั้งแบบอัตโนมัติและควบคุมด้วยตัวเองโดยจะมีความละเอียดในการสั่งงานที่มากกว่าและการใช้งานที่ง่ายกว่าสั่งงานผ่านหน้าตู้ควบคุมและออกแบบโดยเน้นให้สามารถเข้าถึงเกษตรกรได้ง่ายและตรงกับความต้องการของเกษตรกร

ส่วนของ Software



รูปที่ 14 ตั้งเวลาเริ่มรดน้ำและตั้งเวลาให้ปุ๋ย AB เพื่อสั่งการทำงานแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 15 สั่งการทำงานทันที

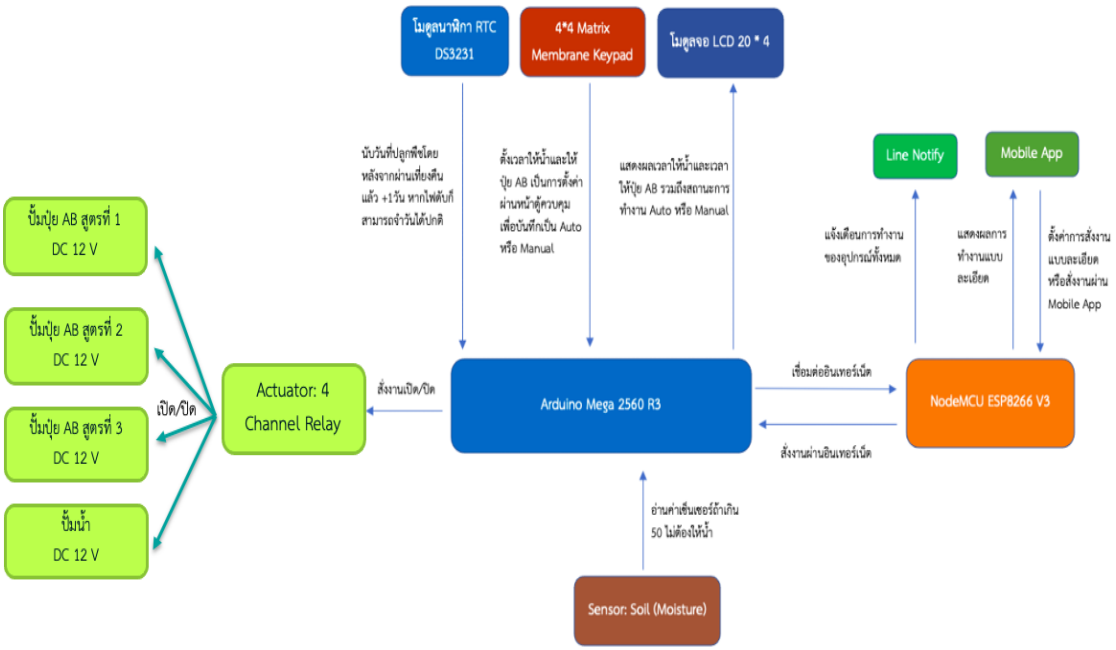
(14) Anto.io คือสื่อกลางในการสื่อสารเป็นเสมือนตัวกลางในการสื่อสารบนโลกอินเตอร์เน็ต ใช้สำหรับสั่งงานบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านอินเตอร์เน็ต

(15) App Inventor สร้างโปรแกรมซอฟต์แวร์สำหรับระบบปฏิบัติการ Android ใช้ออกแบบ UX/UI

(16) โดย UX ย่อมาจาก User Experience แปลเป็นภาษาไทยได้ว่า “ประสบการณ์ของผู้ใช้งาน” เป็นส่วนที่เอาไว้ใช้ในการออกแบบกระบวนการใช้งานของโมบายแอปพลิเคชันให้สามารถใช้งานได้ง่ายและ (UI) ย่อมาจาก User Interface แปลเป็นภาษาไทยได้ว่า “ส่วนติดต่อระหว่างผู้งานกับระบบ” โดยทำการออกแบบหน้าตาของโปรแกรมให้สวยงาม และตรงกับความต้องการของเกษตรกร

(17) Line Notify คือบริการที่ Line ให้เราส่งข้อความหรือแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่าน API ของ LINE นำมาใช้เมื่อเกษตรกรสั่งงานเป็นแบบอัตโนมัติ ก็จะมีการแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ และอายุของพืชที่ได้ทำ

การปลูกไว้ รวมถึงสูตรปุ๋ยที่กำลังใช้อยู่ และค่าความชื้นที่มากเกินไปจะไม่ให้น้ำ เพื่อเป็นการแจ้งเตือนการทำงานหากว่าระบบการทำงานมีความผิดผลาดเกิดขึ้น



รูปที่ 16 แสดง Hardware และ Software Layout

7. ผลการทดลอง

หัวข้อ	การทำฟาร์มเมล่อนแบบเดิม	การทำฟาร์มเมล่อนโดยใช้เทคโนโลยี IoT	ความแตกต่าง
ความผิดผลาดในการผสมปุ๋ย AB	10%	0 %	ลดลง 10%
เวลาทำงานของเกษตรกร	6 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	ลดลง 1 ชั่วโมง
จำนวนคน	2 คน	1 คน	ลดลง 1 คน
ขนาดผลของเมล่อน	1 – 1.2 กิโลกรัม	1.1-1.5 กิโลกรัม	มากขึ้น 0.3 กิโลกรัม
ความหวาน	15 บริกซ์	17 บริกซ์	เพิ่มขึ้น 2 บริกซ์
การลงทุนครั้งแรก	45,000 บาท	80,000 บาท	เพิ่มค่าเทคโนโลยี 35,000 บาท

จากผลการทดลองพบว่าความผิดพลาดในการผสมปุ๋ย AB วิธีแบบไม่มีระบบสมาร์ทฟาร์มมีความผิดพลาด 10% แบบเดิมผสมปุ๋ย 10 ครั้งมีความผิดพลาด 1 ครั้ง หลังจากใช้ระบบสมาร์ทฟาร์มมีความผิดพลาดเท่ากับ 0% และระบบสมาร์ทฟาร์มยังช่วยให้เกษตรมีเวลาเพิ่มมากยิ่งขึ้นจากเดิมใช้เวลาทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อใช้ระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งใช้เวลา 5 ชั่วโมงต่อวันทำให้ลดเวลาการทำงาน 1 ชั่วโมงต่อวัน และเดิมใช้แรงงาน 2 คน เมื่อเกษตรกรเปลี่ยนมาใช้ระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งสามารถลดจำนวนแรงงานได้เหลือ 1 คนทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานลง 1 คนและสามารถเพิ่มขนาดของผลเมล่อนจากเดิมมีขนาด 1 จนถึง 1.2 กิโลกรัม หลังใช้ระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งผลเมล่อนมีขนาด 1.1 จนถึง 1.5 กิโลกรัมมีขนาด

เพิ่มขึ้น 0.3% รสชาติของสายพันธุ์คิโมจิจากเดิมค่าความหวานมี 15 บริกซ์ เมื่อเปลี่ยนมาใช้อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งค่าความหวานเท่ากับ 17 บริกซ์ สามารถเพิ่มความหวานได้ 2 บริกซ์ แบบเดิมมีการลงทุน 45,000 บาท รวมค่าวัสดุทุกอย่างได้ต้นเมล่อนทั้งหมด 100 ต้น ใช้ระยะเวลาในการปลูกเมล่อนตั้งแต่เพราะเมล็ดจนถึงให้ผลผลิตประมาณ 85-90 วันเมื่อมีระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งจากเดิมลงทุน 45,000 บาท ต้องเสียค่าฮาร์ดแวร์และค่าวางระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งอีกจำนวน 35,000 บาท รวมเป็นเงิน 80,000 บาท จึงทำให้เกษตรมีต้นทุนครั้งแรกที่สูงขึ้นตามมาแต่จะให้ผลตอบแทนดีขึ้นหลังจากนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งเข้ามาช่วยในการทำฟาร์มเมล่อนทำให้ลดค่าใช้จ่ายจากการจ้างแรงงานและเป็นการควบคุมมาตรฐานของผลเมล่อนอีกทั้งสามารถเพิ่มเวลาว่างของเกษตรกรได้ ในทางกลับกันเกษตรต้องแลกกับต้นทุนที่สูงขึ้นในการลงทุนทำฟาร์มเมล่อนเพื่อนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งมาใช้ในการทำฟาร์มเมล่อนแบบ 4.0

8. สรุปผลการวิจัย

เมล่อนเป็นพืชที่ต้องใช้ความรู้และความสามารถในการปลูกเกษตรกรที่จะลงทุนควรหาความรู้ก่อนจะลงทุนอีกทั้ง เมล่อนเป็นพืชที่ต้องดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดเพราะอ่อนแอต่อโรคพืชและการลงทุนปลูกเมล่อนในระบบไฮโดรโปนิกส์นั้นต้องใช้เงินลงทุนที่สูง เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะทางสำหรับการปลูกแบบระบบไฮโดรโปนิกส์โดยเฉพาะทางเพื่อออกแบบโรงเรือนและระบบน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชตามที่พืชต้องการอย่างสมบูรณ์

9. บรรณานุกรม

[1] วิทยา ไชยโย. (2563). *วิธีปลูกเมล่อนด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ 100% ความหวาน 17 บริกซ์ ขาย 250-300 บาท/ลูก.* สืบค้น 22 ตุลาคม 2563, จาก https://www.palangkaset.com/เมืองไม้ผล/วิธีปลูกเมล่อน-1/

[2] สมชาย กาญจนทวี. (2563). *แนวทางการดูแลคิโมจิเมล่อนญี่ปุ่น.* สืบค้น 22 ตุลาคม 2563, จาก https://www rukkla.com/content/11680/แนวทางการดูแล-คิโมจิ-เมล่อนญี่ปุ่น.

[3] สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. (2563). *เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0.* สืบค้น 22 ตุลาคม 2563, จาก http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/ปี-2561/32279/เอกสารแนบ.pdf.aspx

[4] *รูปแบบความสำเร็จในการใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตให้กับกิจการสวนเมล่อน.* สืบค้น 22 ตุลาคม 2563, จาก https://www.mis.ms.su.ac.th/MISMS01/PDF01/1866_20190611_p_318.pdf

[5] ณัฐกิตติ์ ทรายขาว. (2561). *การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินในการผลิตเมล่อนระบบไฮโดรโปนิกส์ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี.* สืบค้น 22 ตุลาคม 2563, จาก http://mab.eco.ku.ac.th/wp-content/uploads/2015/06/59147520431.pdf

การประยุกต์ใช้กล้องตรวจจับความร้อนบนอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

THE APPLICATION OF THERMAL CAMERA ON HIGH VOLTAGE DEVICES FOR PREVENTIVE MAINTENANCE

ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์, จุฑามาศ ไชยสุนทร, นิมิต บุญภิรมย์, กฤษฎา ไทยวัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : Prakit.li@spu.ac.th, Jutamas.chs@gmail.com,

Nimit.bo@spu.ac.th, Krisada@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เพื่อทำการเฝ้าระวัง บำรุงรักษาเชิงป้องกัน ภายในสถานประกอบการขนาดใหญ่หรือโรงงานอุตสาหกรรม โดยศึกษามาตรฐานการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำรวจดรอปเอาท์ฟิวส์ บนเสาไฟฟ้าแรงสูง เพื่อการตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติที่แตกต่างกัน ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน รุ่น Testo 875-1i นำข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายความร้อนมาประเมินสภาพอุปกรณ์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเฝ้าระวังความผิดปกติทางไฟฟ้า และนำไปสู่การกำหนดแนวทางวิธีดำเนินการแก้ไข เพื่อความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

คำสำคัญ : ภาพถ่ายความร้อน, กล้องถ่ายภาพความร้อน, อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง, ดรอปเอาท์ฟิวส์

ABSTRACT

This paper studies on the preventive maintenance inspection for the factory high-voltage electrical devices. The main objective is to review the standards of the provincial electricity authority high voltage electrical device inspection standard, and to inspect the high voltage drop out fuse on high voltage pole using the thermal camera model Testo 875-1i, in order to scan and to evaluate the abnormal cases of devices from the thermography base on the standard. As the evaluation results, the regular surveillance and preventive maintenance planning are absolutely carried on for ensuring the quality and reliability of electrical system.

Keywords: Thermography, Thermal camera, High voltage equipment, Drop out fuse

1. บทนำ

อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เป็นระบบที่มีความสำคัญมาก สำหรับ สถานประกอบการขนาดใหญ่หรือโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเป็นระบบที่ส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังทุกภาคส่วนของระบบงาน หากระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เกิดขัดข้องหรือมีปัญหาใด ๆ ก็จะส่งผลกับกระบวนการทุกส่วน ทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามแผน เกิดล่าช้าและเกิดความเสียหายได้ หากต้องการให้ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงมีประสิทธิภาพ ทางสถานประกอบการจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบอยู่เสมอ ซึ่งวิธีตรวจสอบระบบมีได้หลายวิธี ในบทความนี้ จะเสนอวิธีการตรวจสอบโดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน(Thermoscan) ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายง่ายต่อการเฝ้าระวัง ใช้งานสะดวกและปลอดภัย อีกทั้งมีความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทำให้มีทิศทางที่มีความน่าเชื่อถือ

การตรวจสอบระบบไฟฟ้านิยมนำกล้องถ่ายภาพความร้อนมาประยุกต์ใช้งานมากขึ้น เพื่อตรวจสอบสิ่งผิดปกติ ทำให้สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นอันเป็นผลต่อการใช้งานอุปกรณ์มาอย่างยาวนาน

ดังนั้น บทความนี้จึงได้นำเสนอ การพัฒนาการเฝ้าระวังและตรวจสอบในสถานประกอบการ เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรมจากกล้องถ่ายความร้อน ช่วยหาค่าอุณหภูมิความร้อน ซึ่งมีการใช้งานง่ายและมีความแม่นยำ เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการค้นหาปัญหาในระบไฟฟ้า เพื่อนำไปสู่การแก้ไข หรือปรับปรุงต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับบทความนี้ ซึ่งมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานNFPA70B แนวทางปฏิบัติสำหรับการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า รวมไปถึงเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ที่ให้ข้อมูลในการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ

2.1 ความเครียดของสนามไฟฟ้า

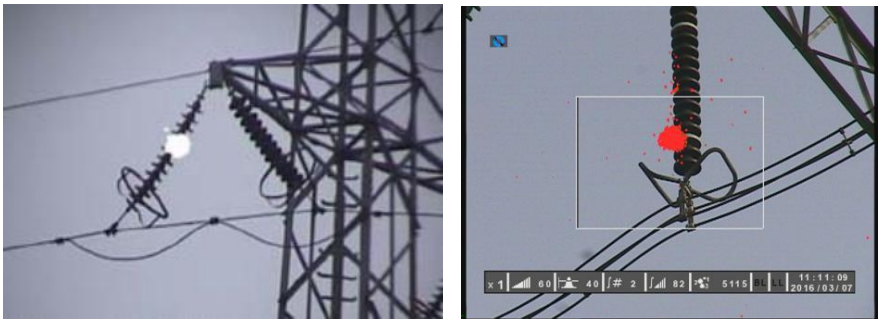
- ความเครียดของสนามไฟฟ้าเป็นพารามิเตอร์สำคัญต่อการฉนวนของอุปกรณ์ หรือระบบไฟฟ้าแรงสูง ความเครียดของสนามไฟฟ้าที่สูงขึ้นเกิดจากความผิดพร่องของฉนวนทำให้เกิดความล้มเหลวของฉนวน
- ค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่ง ระหว่างอิเล็กโตรดในขณะที่เบรกดาวน์เริ่มเกิดขึ้น
- เมื่อต้องการให้ E_{max} มีค่าน้อยลงจึงต้องเพิ่มค่า รัศมีของตัวนำ r1 ให้มากขึ้น เมื่อ U คงที่ จุดนี้นำมาใช้ประโยชน์ในการป้องกันการเกิดโคโรน่า(Corona) เพราะความเครียดที่ผิวตัวนำน้อยลง
- สมการความเครียดของสนามไฟฟ้า (สำรวย สังข์สะอาด,2549) สมการที่ 1

$$E_{max} = \frac{U}{d} \tag{1}$$

2.2 ปรากฏการณ์โคโรน่า

- เป็นการปล่อยประจุไฟฟ้า เกิดจากการแตกตัว(Ionization)ของอากาศหรือของไหลที่ไหลผ่านวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งมีพลังงานไฟฟ้าอยู่
- เกิดขึ้นเมื่อเกิดความเครียดของสนามไฟฟ้ารอบ ๆ ตัวนำไฟฟ้า สูงพอที่จะสร้างย่านความนำไฟฟ้าโดยรอบ แต่ไม่แรงพอที่จะทำให้เกิดการพังทลาย(Breakdown) หรือเกิดประกายไฟ (Arcing)
- มักจะพบเป็นแสงสีน้ำเงินอ่อน(Bluish) เรืองแสงอยู่ในอากาศที่อยู่โดยรอบวัสดุตัวนำไฟฟ้าแรงสูง
- เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากกระแสที่ไหลจากขั้วไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะเป็นอากาศ ผ่านการแตกตัว ซึ่งจะสร้างย่านพลาสมารอบๆ ดังรูปที่1
- เกิดก่อนการพังทลายและจะเริ่มเกิดเมื่อความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับความเครียดสนามไฟฟ้าเริ่มต้น $E_{max} = E_i$
- สมการแรงดันโคโรน่า (สำรวย สังข์สะอาด,2549) สมการที่ 2

$$E_i = 21.2 * r_1 In(d / r_1) \quad \text{KV} \tag{2}$$



รูปที่ 1 ผลกระทบที่เกิดการปรากฏการณ์โคโรน่า

ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดโคโรนาเริ่มเกิดบนสายส่ง สมการที่ 3

$$E_{max} = \frac{U}{r_1 In(d/r_1)} \quad \text{KV / cm} \tag{3}$$

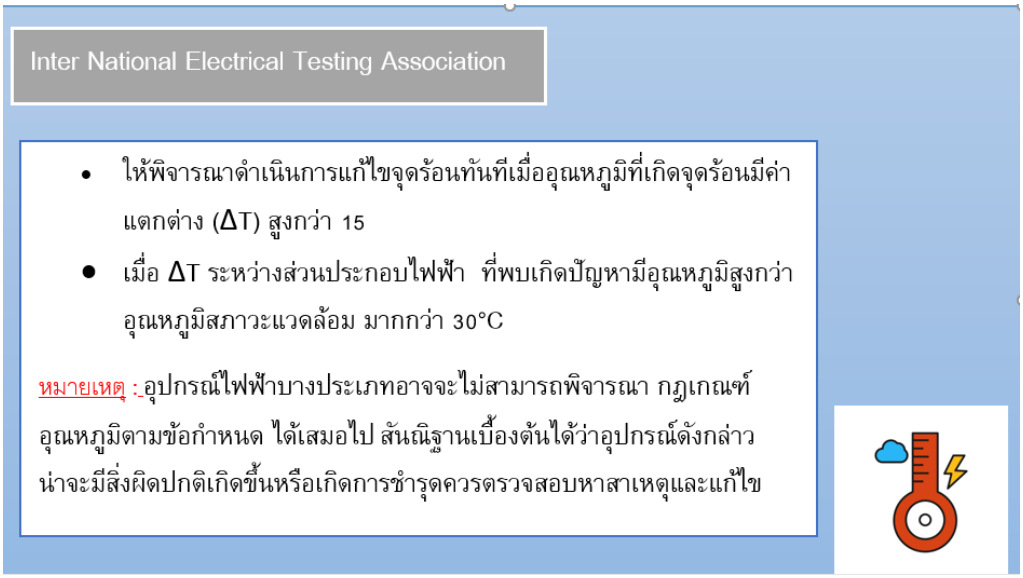
E_c ของอากาศ $\approx$ 30 KV / cm

2.3 ผลเสียจากการเกิด Corona อันมักจะเกิดขึ้นคือ

- การพังทลายจาก Line - Line หรือ Line – Ground เนื่องจากการขยายตัวของวงโคโรน่า ทำให้มีการนำกระแสผ่านพื้นที่นั้น กระแสรั่วไหลผ่าน ต้องรับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสูงขึ้นก่อให้เกิดการพังทลายในที่สุด
- การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน(Oxidation) บนผิวตัวนำหรือตัวต่อ(Connector) ที่เกิดโคโรน่าส่งผลจากการสึกกร่อนและหลวม ทำให้อุณหภูมิที่จุดต่อสูงขึ้นจนละลาย ดังรูปที่2
- การเกิดการรบกวนของคลื่นวิทยุ(Radio Interference) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและอิออนบวก โดยปรกติแล้วมีผลรบกวนระบบควบคุม, สัญญาณ ทีวี / วิทยุ (สำรวย สังข์สะอาด, 2549)

รูปที่ 2 การแตกตัวของอากาศโดยรอบจุดที่เกิด PD ที่สังเกตได้จากกล้องถ่าย

2.4 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อวางแผนบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า (NETA) ดังรูปที่ 3

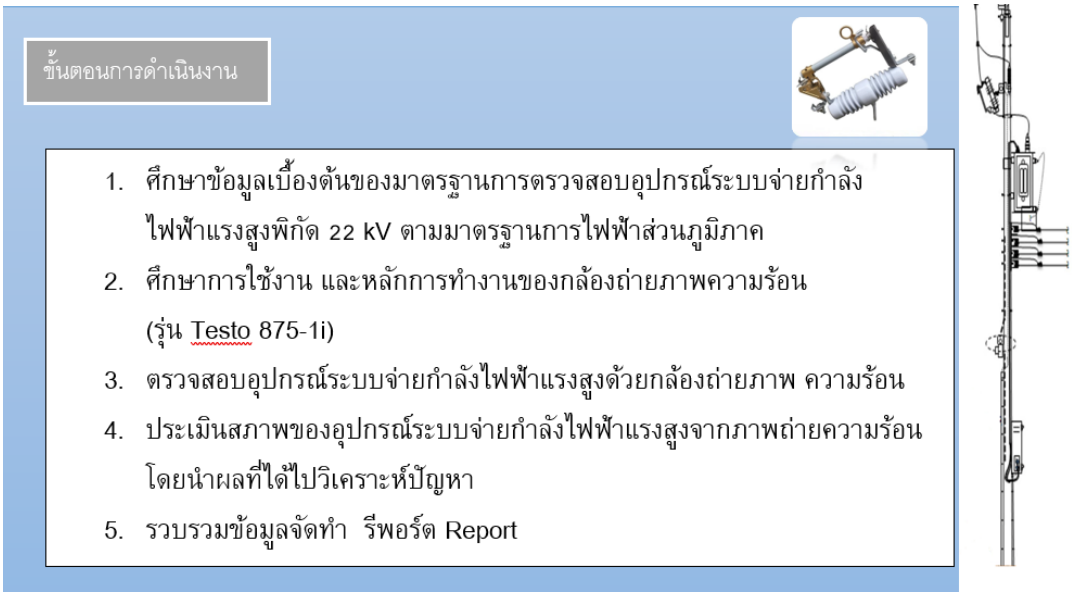


รูปที่ 3 ข้อกำหนด InterNational Electrical Testing Association (NETA)

3. วิธีการดำเนินงาน

จัดให้มีการตรวจสอบด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนในระยะเวลาที่เหมาะสมในแต่ละลักษณะสถานประกอบการ โดยใช้โปรแกรมเพื่อระบุอุณหภูมิ หากตรวจพบค่าอุณหภูมิที่เกิดค่าที่กำหนดไว้ เช่น ตรวจพบ Hot Spot บริเวณหน้าสัมผัสดรอปเอาท์ฟิวส์ เฟส B,C ที่หม้อแปลงลูก 2000 KVA โดยมีตัวแปรเรื่องอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงเป็นเหตุให้ต้องใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน เพื่อเข้ามาตรวจสอบ ทำการเฝ้าระวัง ปรากฏการณ์โคโรน่า (Corona Discharge) และปัญหาอื่นๆ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 4



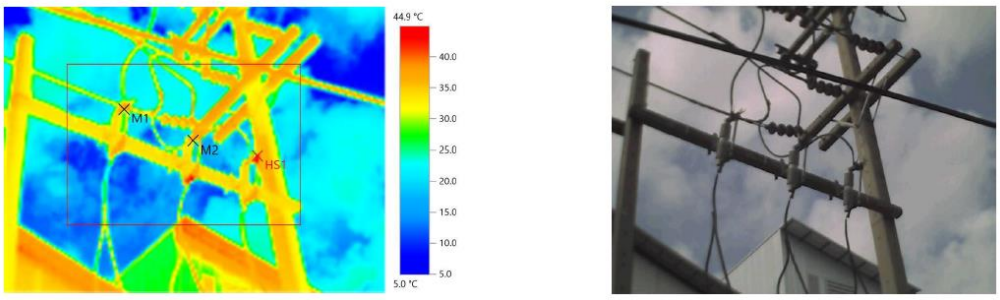
รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการวิเคราะห์พบว่า โคโรน่า นั้นสัมพันธ์กับสภาวะกระแสที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในประเทศที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมมักเกิดปัญหาเรื่องมลภาวะ(Pollution) ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าแรงสูงด้วย คือ มลภาวะประเภทสิ่งสกปรกที่ลอยตัวได้ จะมาจับเกาะระบบไฟฟ้าแรงสูง ทำให้เกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านทางสิ่งสกปรกนั้น กระแสบางส่วนสร้างความร้อนบนเส้นทางที่ผ่าน และทำให้เส้นทางนั้นแห้ง (Dry band) แล้วหยุดการนำไฟฟ้า

ในขณะที่พื้นที่ใกล้เคียงบางส่วนยังไม่แห้ง จึงก่อให้เกิดมีแรงดันตกคร่อมสูงมาก และเกิดเป็นโคโรน่าบนเส้นทางแห้ง อันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมของโรงงาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตผงซักฟอก นั้นมีฝุ่นผงซักฟอกที่คละคลุ้งในอากาศเป็นจำนวนมาก อีกทั้งความชื้นนั้นยังก่อให้เกิดการเกาะยึดจับที่ดีมากขึ้นของผงซักฟอกบนตัวดรอปฟิวส์(Drop fuse) ทำให้เกิดการสกปรกบริเวณหน้าสัมผัส

เมื่อใช้เทอร์โมสแกนทำการตรวจสอบบริเวณดรอปฟิวส์ จะเห็นจุดอุณหภูมิ หรือข้อต่อ ที่เพิ่มสูงขึ้นบริเวณหน้าสัมผัสของตัวดรอปฟิวส์ การจับตัวของผงซักฟอกและความชื้นบริเวณหน้าสัมผัสของดรอปฟิวส์ทำให้เกิดการออกซิเดชั่น บริเวณหน้าคอนแทค ส่งผลให้เกิดการสึกกร่อนบริเวณหน้าสัมผัสของดรอปฟิวส์ ทำให้หลวม จึงเป็นสาเหตุให้บริเวณจุดต่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนหลอมละลายหรือ ในกรณีที่ยังไม่เกิดการหลอมละลายก็เป็นจุดฮอตสปอต ที่สามารถสังเกตได้ชัดเจนจากกล้องเทอร์โมสแกน ดังรูปที่ 5



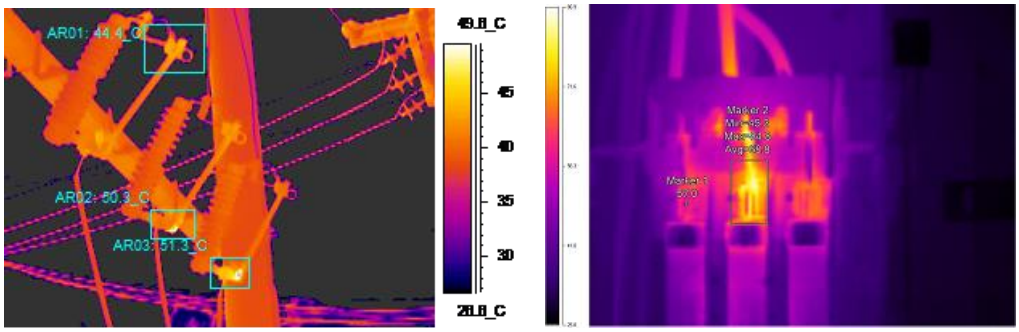
รูปที่ 5 เกิดความร้อนจุดต่อของดรอปเอาท์ฟิวส์

3.3 แนวทางปฏิบัติที่แนะนำสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าการบำรุงรักษา (มาตรฐาน NFPA 70B)

ตามมาตรฐาน NFPA 70B แนะนำให้ตรวจสอบความต่อเนื่องของฟิวส์ ระหว่างการบำรุงรักษาตามกำหนดแต่การทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าการทำงานและการป้องกันที่เหมาะสมกับสภาวะกระแสเกิน ไม่จำเป็นต้องใช้สวิตช์และฟิวส์บล็อกที่ต้องการการบำรุงรักษา เช่น กระชับการเชื่อมต่อ และ ตรวจสอบสัญญาณความร้อนสูงเกินไป

ฟิวส์ **:** ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้า ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ที่จะต้องตรวจสอบด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนนั้น ดังรูปที่ 6 จะประกอบด้วย

- จุดต่อและขั้วไฟฟ้าต่างๆ
- จุดเข้าหัวสายหรือหางปลาต่างๆ(Cable Lug)
- การเกิดความร้อนภายในกระบอกฟิวส์เนื่องจากเส้นฟิวส์ภายในเกิดการหลอมละลายทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเทียบกับฟิวส์ชุดอื่นๆเมื่อทำงานที่สภาพโหลดใกล้เคียงกัน



รูปที่ 6 เกิดความร้อนจุดต่อของดรอปเอาท์ฟิวส์ และ เกิดความร้อนบริเวณหน้าสัมผัส

3.4 แนวทางการแก้ปัญหา

จึงได้คำแนะนำให้มีการทำความสะอาดบริเวณหน้าสัมผัสของดรอปเอาท์ฟิวส์ เพื่อขจัดปัญหาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่บริเวณหน้าสัมผัส

3.5 ประเมินสภาพของอุปกรณ์ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงสูงจากภาพถ่ายความร้อน

โดยนำผลที่ได้ไป อ้างอิงกับเกณฑ์การประเมิน ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมิน และระดับความสำคัญในการแก้ไขของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

รายการอุปกรณ์	เกณฑ์การประเมิน			
	ดี (Good) ปกติ	ปานกลาง (Fair) แก้ไข	แย่ (Poor) แก้ไขด่วน	แย่มาก (Bad) แก้ไขทันที
ลูกถ้วย/ตัวถังอุปกรณ์/บุชชิ่ง/กับดักฟ้าผ่า/สายOHGW/ดรอปเอาท์ฟิวส์/คัทเอาท์	<5°C	-	-	≥5°C
สายตัวนำ	<10°C	10 ≤ × < 30°C	30 ≤ × <50°C	≥ 50°C
จุดต่อ/จุดสัมผัสทางระบบไฟฟ้าแรงสูง	< 5°C	5 ≤ × < 20 °C	20 ≤ × <40°C	≥ 40 °C

ที่มา: คู่มือการตรวจสอบบารุงรักษาระบบไฟฟ้าเหนือดิน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(ยุทธพงศ์ ทัพผดุง, 2562)

4. ผลการดำเนินงาน

การศึกษาเรื่องปัญหาการตรวจสอบเพื่อบำรุงเชิงป้องกัน ด้วยการตรวจสอบอุณหภูมิโดยการนำข้อมูลจากการตรวจวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน มาวิเคราะห์ ได้นำข้อมูลไปทดลองใช้จริงจากการเก็บข้อมูลจากหน้างาน โดยนำโปรแกรมทำรีพอร์ตมาช่วยทำให้การทำงานง่ายขึ้น ช่วยในการวิเคราะห์อุณหภูมิของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง และประเมินผลงาน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาของตัวอุปกรณ์ก่อนการซ่อมบำรุง

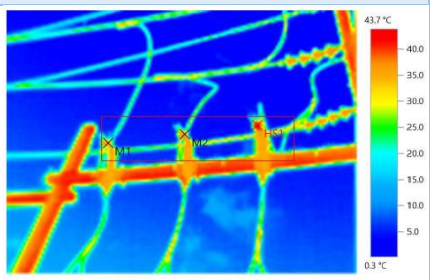
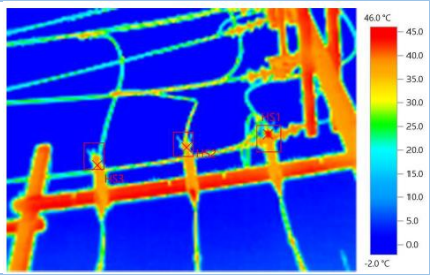
ตารางที่ 2 แสดงค่ากระแสและอุณหภูมิที่เกิดขึ้น

วันที่	ช่วงเวลา	กระแส(KA)			อุณหภูมิ (°C)			
		เฟส A	เฟส B	เฟส C	เฟส A	เฟส B	เฟส C	อุณหภูมิภายนอก
6/03/2563	9:17	1.93	1.78	1.87	36.1	33.6	44.9	32
9/03/2563	14:00	1.91	1.77	1.84	40.9	38.5	47.5	32
11/03/2563	14:37	1.95	1.77	1.87	37.1	38.3	47.5	32
12/03/2563	13:54	1.47	1.33	1.40	37.9	36.8	43.7	32
17/03/2563	14:37	1.91	1.81	1.85	28.8	35.3	44.6	32
24/03/2563	14:41	1.90	1.76	1.84	35.9	36.7	43.7	32
30/03/2563	16:23	1.96	1.84	1.85	39.1	38.1	46.0	32

4.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับอุณหภูมิ

จากการที่ได้ทำการบันทึกและเก็บค่ากระแสที่ได้จากการตรวจสอบโดยดูแสดงสถานะการทำงาน (Monitoring) เพาว์เวอร์มิเตอร์ (Power meter) ในการแสดงค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้าจริง กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ ดังนั้นจากการตรวจสอบ โดยดูสถานะทำงานของ Digital Power Meter กับอุณหภูมิที่อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงครอปเอาท์ฟิวส์ ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่า เกิดความร้อนที่อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง หรือเกิดขึ้นจากกระแสที่สูงขึ้นหรือไม่

ตารางที่ 3 รายงานการประเมินอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

รหัสอุปกรณ์ /วันที่	ตำแหน่ง	ผลการประเมิน	ภาพถ่าย	
F9 LCT 24/03/63	M1,M2 ,HS1 (A,B,C)	แก้ไขทันที (>5°C)	ภาพจริง	
			ภาพถ่ายความร้อน	
F9 LCT1 30/03/63	M1,M2 ,HS1 (A,B,C)	แก้ไขทันที (>5°C)	ภาพจริง	
			ภาพถ่ายความร้อน	

4.2 ผลการประเมินสภาพอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแรงสูงที่ต้องดำเนินการแก้ไข

การเกิดความร้อนสูงที่ดรอปเอาท์ฟิวส์ ภายในสถานประกอบการ สาเหตุเกิดจากการเกิด ภาระทางไฟฟ้าไม่สมดุลย์ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเกิน (Over Current) และหน้าสัมผัสเกิดสกปรก มาจากความชื้นบริเวณนั้นอยู่ใกล้กับ GS Sulphonation Plan ที่แท่นผสมสาร และ Drying Process ที่มีปัญหาฝุ่นฟุ้งกระจายจากผงซักฟอกและมีสาร NaCl ทำให้เกิดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ความเป็นฉนวนลดลงเกิดความเครียดสนามไฟฟ้าในฉนวน และเกิดการเบรกดาวน์ที่สายส่ง ส่งผลให้ดรอปเอาท์ฟิวส์มีกระแสมากขึ้น ดรอปฟิวส์ตก เกิดโคโรน่า

4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

หลังจากที่ทราบผลการประเมินว่า ดังตารางที่ 4 ให้ดำเนินการแก้ไขทันที (>5°C)เมื่อทำการถ่ายภาพดรอปเอาท์ฟิวส์ด้วย กล้องภาพถ่ายความร้อนแล้วนั้น จะสังเกตเห็นจุดแดงที่จุด HS1 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจุด M1 และ M2 มากกว่า 5°C การแก้ไข โดยทำการขันน็อตให้แน่นหรือนำมาทำความสะอาด ในกรณีที่เกิดสนิมหรือเกิดการกัดกร่อน หรือ การเกิดความร้อนภายในกระบอกฟิวส์เนื่องจากเส้นฟิวส์ภายในเกิดการหลอมละลายทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อเทียบกับฟิวส์ชุดอื่นๆ เมื่อทำงานที่สภาพโหลดใกล้เคียงกัน ทำการแก้ไขโดยการ การปลด-สับ HT Drop Out Fuse

ตารางที่ 4 ผลการประเมินอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงและแนวทางแก้ไข

Code	รายละเอียด (Code)	ผลการประเมิน	แนวทางการแก้ไข
F9-LCT1	ตรวจพบ Hot Spot บริเวณหน้าสัมผัสดรอปเอาท์ฟิวส์ เฟส B,C ที่หม้อแปลงลูก 2000 KVA	แก้ไขทันที (>5°C) เมื่อทำการถ่ายภาพดรอปเอาท์ฟิวส์ ด้วยกล้องภาพถ่ายความร้อนแล้วนั้น จะสังเกตเห็นจุดแดงที่จุดHS1 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจุด M1 และ M2 มากกว่า 5°C	1.สาเหตุอาจเกิดจากบริเวณหน้าสัมผัสเกิดสกปรกหรืออาจจะมีน็อตเกิดการคายตัวทำให้เกิด Hot Spot ได้แนวทางจากการไปตรวจเช็คทำความสะอาด 2. ขันน็อตให้แน่น

5. สรุปผลการดำเนินงาน

การตรวจสอบเพื่อบำรุงเชิงป้องกัน ด้วยการตรวจสอบอุณหภูมิ ภายในสถานประกอบการ โดยใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน จึงสรุปผลได้ว่าจากการตรวจสอบเพื่อบำรุงเชิงป้องกัน เมื่อเกิดฝุ่นหรือสิ่งเปรอะเปื้อน ไปจับเกาะที่ตัวดรอปเอาท์ฟิวส์ ทำให้เกิดความชื้น และค่าความเป็นฉนวนลดลงส่งผลให้เกิดความเครียดในสนามไฟฟ้าทำให้มีความร้อนสูง หากค่าความเป็นฉนวนลดลงมาก จากฉนวนไปสู่สภาพการนำไฟฟ้า จะเกิดการเบรกดาวน์ตามความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า หรือความหนาแน่นของกระแสกับความเครียดสนามไฟฟ้า และเมื่อค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับความความเครียดสนามไฟฟ้าเริ่มต้น จะทำให้เกิดโคโรน่า เมื่อเกิดความเครียดของสนามไฟฟ้าเกินค่าสนามไฟฟ้าวิกฤต ทำให้เกิดการดีลชาร์จ ส่งผลให้ไฟรั่วไหลเกิดอันตรายต่อเจ้าหน้าที่พนักงาน มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต จึงต้องทำการเฝ้าระวังหากมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงต้องดำเนินการแก้ไขในเวลาอย่างเหมาะ

5.1 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบบางช่วงเวลามีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่กล้องถ่ายภาพความร้อนตรวจจับอุณหภูมิได้ ส่งผลให้ เกิดความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ และความแม่นยำของตัวอุปกรณ์ ทำให้การวิเคราะห์ปัญหาแต่ละครั้งเกิดความล่าช้า และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานมีขอบเขตในการใช้งาน และโปรแกรมการทำรีพอร์ตสามารถใช้ได้ในเวลาทำงานเท่านั้น

5.2.1 ข้อเสนอแนะ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานควรมีคุณสมบัติที่ตรงกับงาน และความพร้อมใช้งานตลอดเวลา เพื่อสามารถใช้งานได้ในเวลาที่กำหนด ได้ผลที่จะนำไปวิเคราะห์ มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จากบทความนี้ สามารถนำไปต่อยอดได้โดยการสร้างแอพพลิเคชั่นเพื่อรองรับการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงด้วยภาพถ่ายความร้อนได้ทันที ทำให้การวิเคราะห์นั้นรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความเรื่องการศึกษาการตรวจสอบฟิวส์ไฟฟ้าแรงสูงด้วยการสแกนอุณหภูมิ นั้นสำเร็จได้ โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทไลอ้อน(ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ข้อมูลและแนะนำแนวทางในการปฏิบัติงาน ผู้ศึกษาตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาจากทางบริษัทเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ

7.เอกสารอ้างอิง

ดร.ยุทธพงศ์ ทัพผดุง. (2562). *กรณีศึกษาการบำรุงรักษาตรวจสอบด้วยกล้องส่องหาความร้อน*. ฝ่ายบริการวิศวกรรม การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

สำรวย สังข์สะอาด. (2549). *วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มในกระบวนการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC)

AN IMPROVEMENT OF A JIG FOR A FRAME OF SUBMERSIBLE PUMP PRODUCTION WITH CNC TURNING MACHINE

เผชิญ จันทร์สา
ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

นภัสกร พันธุรักษ์
ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: napassakorn.pan@gmail.com

อดุลย์ พัฒนภักดี
ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: adual.pa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึด (Jig) เรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มในกระบวนการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC) เพื่อลดการเกิดของเสียและลดเวลาของการผลิตชิ้นงาน ข้อมูลกระบวนการผลิตเดิมและข้อมูลการเกิดของเสียได้ถูกเก็บรวบรวมแล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสีย ซึ่งพบว่าอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) เดิมมีขั้นตอนในการติดตั้งหลายขั้นตอนและยังมีการออกแบบการจับยึดชิ้นงานที่ไม่มั่นคงเพียงพอทำให้ชิ้นงานเกิดการส่ายจนเป็นสาเหตุของการเกิดของเสียขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลและปัญหาที่พบจึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงวิธีการและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) ขึ้นใหม่ โดยออกแบบชิ้นส่วนของอุปกรณ์จับยึด (Jig) ที่สามารถติดตั้งเข้ากับปากจับของเครื่องกลึง CNC ทั้ง 3 ด้านได้ และเปลี่ยนการจับยึดจากการสอดปากจับเข้าผิวในของเรือนปั๊มแล้วดันออก เป็นการกดคีบจับลงที่ผิวภายนอกของชิ้นงานแทน โดยชิ้นส่วนของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig) ที่ออกแบบใหม่นี้มีความยาวครอบคลุมเกือบตลอดความยาวของชิ้นงานเรือนปั๊มที่นำมากลึงมีสกรูช่วยสำหรับการปรับตั้งศูนย์แบบละเอียดและยังช่วยเพิ่มความมั่นคงของการจับยึดได้อีกด้วย นอกจากนั้นอุปกรณ์จับยึด (Jig) ที่ออกแบบปรับปรุงขึ้นมาใหม่นี้ ยังถูกออกแบบให้สามารถนำไปปรับใช้กับเครื่องกลึงอัตโนมัติรุ่นอื่น ๆ ในสายการผลิตเดียวกันที่มีอยู่อีก 3 เครื่องได้อีกด้วย ทำให้เพิ่มความยืดหยุ่นในสายการผลิตที่สามารถใช้งานอุปกรณ์จับยึด (Jig) ทดแทนกันได้ในกรณีที่เครื่องกลึงตัวใดตัวหนึ่งที่กำลังผลิตชิ้นงานอยู่เกิดปัญหาขึ้น หลังจากได้ข้อสรุปของการออกแบบแล้ว จึงได้สร้างอุปกรณ์จับยึดต้นแบบขึ้นมาสำหรับทดลองนำไปปรับใช้ในการกลึงชิ้นงานจริง พบว่าอุปกรณ์จับยึด (Jig) ต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถลดเวลาในการติดตั้งชิ้นงาน

จากเดิมใช้เวลาเฉลี่ยที่ 7.01 นาทีต่อชิ้น เหลือ 2.45 นาทีต่อชิ้น และทำให้ลดปัญหาจากการกลึงขนาดร่องแบริ่งใหญ่เกินขนาด สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นได้จากเดิมคือร้อยละ 2.60 เหลือร้อยละ 0.448 นอกจากนั้นยังสามารถนำไปติดตั้งเพื่อกลึงชิ้นงานแบบเดียวกันนี้กับเครื่องกลึงเครื่องอื่นดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นได้ โดยต้องใช้อุปกรณ์สำหรับตัดเฉือนเดียวกัน หรือขนาดเดียวกันกับรุ่นที่ออกแบบไว้ เพื่อให้โปรแกรมที่ใช้กลึงมีความเร็วรอบและระยะการกลึงที่สัมพันธ์กับอุปกรณ์ตัดเฉือน เพื่อป้องกันการเกิดแรงสะท้านของมีดกลึงกับผิวชิ้นงาน

คำสำคัญ: การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Jig), ลดของเสีย, เครื่องกลึง CNC, เรือนปั๊มน้ำแบบจุ่ม, กระบวนการผลิต

ABSTRACT

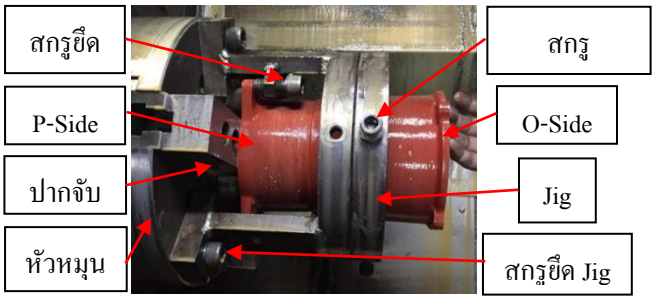
This paper presents an improvement of a Jig holding a frame part of submersible pump in a production process with CNC turning machine in order to reduce a defect and a production time period. The original production data including the information of defective products is corrected and used to be analyzed for evaluating the cause of the defect. The analytical data shows that the original Jig has more step for setting up and also has the poor method of fastening causing the frame part is unstable during production process and being a defect. Therefore, the new design of Jig and fastening method have been improved. The parts of Jig are designed to be installed on all three clamps jaw of CNC turning machine and the previous method of fastening, all three clamps jaw of CNC turning machine that being inside the cylindrical frame part are then stretch simultaneously to press inner surface of this cylindrical frame part, has been changed. For new design, Jig will be installed on all three clamps jaw will press to outer surface simultaneously when all three clamps jaw move inward. A new Jig parts are designed to be covered almost of the length of the frame part and also has an adjustable screw for setting up an alignment and a stable position of the frame part before machining. Moreover, the new Jig can also be installed on the other three CNC turning machine in the same production process that make the production line is flexible to use replacement part of Jig on another CNC turning machine if there is one was shutting down. The prototype of the new design of Jig is fabricated for testing in the frame part production process with CNC turning machine. Initially, the sample of the test shows that the new Jig can help to reduce the setup time of each frame part for machining from 7.01 minutes to be 2.45 minutes and also can help to reduce the defect of 2.60% to be 0.448%. Moreover, the new Jig can be installed in the other CNC turning machine as mention before by using the related equipment in the same function.

Keywords: design of Jig, reduce a defect, CNC, submersible pump frame, production process

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากการเข้าสังเกตและเก็บข้อมูลการผลิตของกระบวนการกลึงขึ้นรูปเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มรุ่น CSP-755S ด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC, Computer Numerical Control) ในโรงงานผลิตพบว่ามีของเสียเกิดขึ้นจากการกลึงขนาดร่องแบริ่งที่ไม่ได้ขนาดตรงตามกำหนด ซึ่งสาเหตุเกิดจากชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่มีการใช้ปากจับ (Soft Jaw) ของหัวหมุนของเครื่องกลึง(spindle) ที่มีบ่าจับสั้นเกินไปและใช้แรงจากลมอัดดันปากจับให้เคลื่อนที่ออก

เพื่อกดยึดฐานชิ้นงานด้าน P-side (ด้านที่ใช้ประกอบเข้ากับใบพัด) แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ประกอบกับตัวเรือนปั๊มซึ่งเป็นผิวดิบของเหล็กหล่อทรายทรงกระบอกเอียง (Taper) และมีผิวมันจากการพ่นสีรองพื้นมาแล้วหนึ่งชั้น จึงทำให้จับชิ้นงานได้ไม่มั่นคงพอ ชิ้นงานเกิดการเอียงไม่ได้ศูนย์และเกิดการหมุนส่ายในขณะที่ทำการกลึง ส่งผลให้ร่องแบริ่งที่ผ่านการกลึงแล้วเกิดการบิดเบี้ยวและขนาดใหญ่กว่ากำหนด นอกจากนั้นยังมีการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานประคองเพิ่มเติมที่คอเรือนปั๊มเพื่อรับน้ำหนักกับความยาวของเรือนปั๊ม ที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนการติดตั้งชิ้นงานในการขันสกรูสำหรับยึดประคองที่ผิวด้านนอกของเรือนปั๊ม 3 จุดและสกรูสำหรับยึดที่ฐานหูอีก 1 จุด และวิธีการจับยึดชิ้นงานแบบเดิมนี้จะต้องมีการเคาะปรับระยะหน้าแปลนของชิ้นงานเพื่อตั้งศูนย์ให้ชิ้นงานเป็นหน้าฉากกับแนวแกนของหัวหมุนอีกด้วย ในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยได้สังเกตแล้วพบว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการหาระยะเคาะตั้งศูนย์ เพื่อให้เกิดความร่วมศูนย์กันทั้งด้าน O-Side (ด้านที่ต้องนำไปอัดเข้ากับสเตเตอร์ที่เป็นโครงเหล็กใช้สำหรับพันขดลวดทองแดงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมอเตอร์ปั๊มน้ำ) และด้าน P-Side ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการและสร้างชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเข้ากับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ขึ้นมาใหม่ เพื่อแก้ปัญหาการจับยึดชิ้นงานเดิมที่ไม่มั่นคงและลดเวลาการติดตั้งชิ้นงานก่อนการกลึงชิ้นงาน และนอกจากนั้นชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่นี้ จะสามารถนำไปติดตั้งใช้งานกับเครื่องกลึง CNC เครื่องอื่น ๆ ในไลน์การผลิตเดียวกันได้อีกด้วย เพื่อรองรับกับกรณีที่เครื่องที่กำลังใช้งานอยู่มีปัญหาขัดข้องเกิดขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงภาพการจับยึดของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบเดิม

ภาพที่ 2 แสดงภาพของปากจับแบบเดิม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์สำหรับจับยึดชิ้นงาน (Jig) เข้ากับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่ม

(2) เพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่ม

(3) เพื่อลดระยะเวลาการจับยึดและการปรับตั้งชิ้นงานเข้ากับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC

3. วิธีการศึกษาข้อมูลและการออกแบบ

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.1 การเก็บข้อมูลระยะเวลาการผลิต

ตามแผนการผลิตของโรงงานจะต้องกลึงชิ้นงานให้ได้วันละ 11 ชิ้น แต่เนื่องจากปัญหาในการติดตั้ง (Setup) ชิ้นส่วนเรือนปั๊มเข้ากับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและเคาะตั้งศูนย์ชิ้นงานของวิธีการเดิมนั้นต้องทำ

การปรับตั้งศูนย์โดยละเอียด จึงทำให้เกิดการเสียเวลาในการติดตั้งมาก จึงทำให้กลึงชิ้นงานได้เฉลี่ย 10 ชิ้นต่อวันเท่านั้น ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใหม่โดยมีเป้าหมายในการลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเรือนปั๊มเข้ากับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและการเคาะตั้งศูนย์ชิ้นงานที่กินเวลากว่า 70.10 นาที (ตามข้อมูลในตารางที่ 1) นี้ออก เพื่อให้มีเวลาเพิ่มสำหรับกระบวนการผลิตโดยรวมให้ได้ตามแผนการผลิตที่กำหนดไว้

ตารางที่ 1 ตารางสรุปการจำแนกเวลาในกระบวนการกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนเรือนปั๊ม

จำนวนชิ้นงานกลึง (ชิ้น)	ระยะเวลาการติดตั้งก่อนการกลึง (นาที)	ระยะเวลาการกลึง (นาที)	ระยะเวลาการตรวจสอบ (นาที)	ระยะเวลาเผื่อของพนักงาน (นาที)	ระยะเวลารวม (นาที)
1	7.01	25.54	1.45	6	40
3	21.03	76.62	4.35	18	120
10	70.10	255.40	14.50	60	400

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียจากการผลิต

ตารางที่ 2 ข้อมูลของเสียย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2562

ปี 2562				
	ปั๊มน้ำแบบจุ่มรุ่น CSP – 755S			
เดือน	ผลิต (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	ใช้จริง (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)
ม.ค.	190	3	187	1.60
ก.พ.	200	4	196	2.04
มี.ค.	215	6	209	2.87
เม.ย.	213	4	209	1.91
พ.ค.	230	6	224	2.68
มิ.ย.	251	7	244	2.87
ก.ค.	254	9	245	3.67
ส.ค.	258	9	249	3.61
ก.ย.	223	6	217	2.76
ต.ค.	226	5	221	2.26
พ.ย.	202	4	198	2.02
ธ.ค.	70	2	68	2.94
รวม	2,532	65	2,467	2.60

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของชิ้นงานที่ผลิตแล้วไม่ได้ตรงตามกำหนดในกระบวนการกลึงขึ้นรูปชิ้นส่วนเรือนปั๊ม ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่ามีข้อมูลของชิ้นส่วนเรือนปั๊มที่ไม่ได้ขนาดตามกำหนดย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2562 – 31 ธันวาคม 2562 คิดเป็นร้อยละ 2.60 ดังตารางที่ 2 ซึ่งของเสียเหล่านี้เป็นของเสียที่ได้คัดแยกไว้และผ่านการตรวจเช็คแล้วว่าไม่ผ่านการควบคุมคุณภาพและจะไม่สามารถนำไปกลึงซ่อมหรือแก้ไขใหม่ได้ไม่ว่าด้วยวิธีใด ๆ โดยทั้งหมดนี้เป็นของเสียที่เกิดจากการกลึงร่องแบริ่งใหญ่เกินขนาดที่กำหนดไว้

ภาพที่ 3 ตัวอย่างตะกร้ารวมของเสียที่ร่องแบริ่งใหญ่เกินขนาด

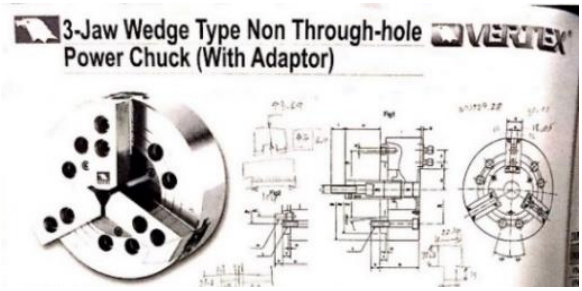
3.2 การวิเคราะห์ออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในงานวิจัยนี้จะเน้นการออกแบบให้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ประกอบง่าย มีความแข็งแรงและจับงานได้ตรงแนวศูนย์กับเครื่องกลึงให้ได้มากที่สุดเป็นหลัก เพราะอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักในการเป็นตัวยึด กำหนดตำแหน่งของชิ้นงานหรือนำทางเครื่องมือปรับผิวให้สามารถทำการปรับผิวชิ้นงานได้แม่นยำ โดยได้ศึกษาแนวทางจากโครงงานวิจัยก่อนหน้าที่มีลักษณะของการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชิ้นงาน [1],[2] ในกรณีนี้จึงใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นตัวช่วยในการจับยึดชิ้นงานทรงกระบอกเอียงที่ไม่สามารถนำไปติดตั้งเข้ากับปากจับของเครื่อง CNC ได้โดยตรง ดังนั้นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจึงเป็นชิ้นส่วนทางกลรูปแบบหนึ่งต้องที่รับภาระโหลดของชิ้นงานหรือภาระโหลดอื่น ๆ ที่เกิดจากการใช้งานรูปแบบต่าง ๆ เช่น แรงบีบจับจากปาดจับของเครื่องจักร เป็นต้น [4]

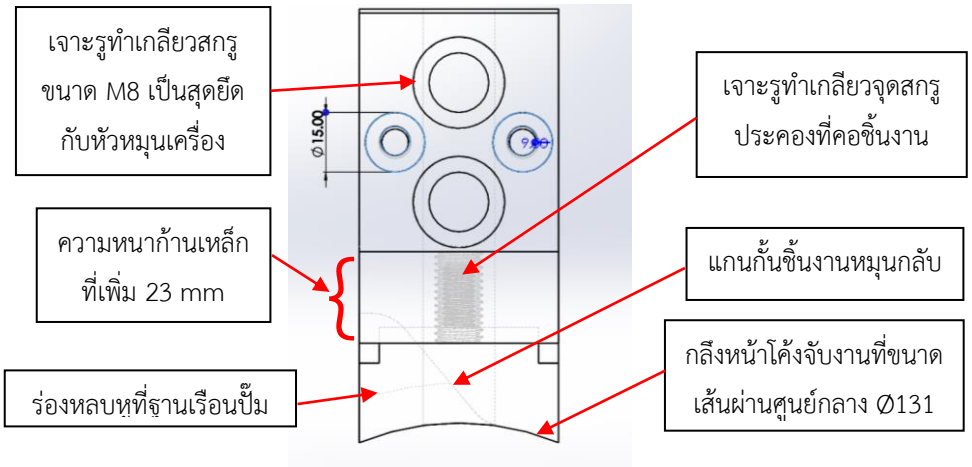
จากการสังเกตขั้นตอนการกลึงขึ้นรูปโดยใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบเดิมนั้นมีข้อบกพร่องในหลายจุด ดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ไม่ว่าจะเป็นการจับยึดที่ไม่มั่นคงเนื่องจากรูปแบบของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่เหมาะสม คือการที่มีบ่าจับรองรับชิ้นงานที่สั้นเกินไป และการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเดิมมีขั้นตอนหลายขั้นตอน ทำให้เสียเวลาในการติดตั้งเพื่อจับยึดชิ้นงานเข้ากับหัวหมุนของเครื่อง CNC จึงมีแนวคิดทำให้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสามารถติดตั้งแล้วหาความร่วมศูนย์เป็นจุดเดียวกันที่ง่ายที่สุดโดยการบีบจับที่ผิวภายนอกของชิ้นงานด้าน P-Side แนวคิดที่ได้นี้ได้ทำการต่อยอดจากอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานตัวเก่า โดยต้องการให้ง่ายต่อการจับงาน และง่ายในการติดตั้ง ถอด-ใส่ชิ้นงาน จึงได้ออกแบบให้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานตัวเดิมและปากจับรวมเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน และส่วนของแขนประคองที่มีสกรูยึดชิ้นงานนั้นจะถูกต่อขึ้นมาจากปากจับ ซึ่งปากจับนี้จะถูกเปลี่ยนลักษณะจากการใช้แรงลมอัดดันออก เป็นการใช้แรงลมอัดกดจับผิวนอกของชิ้นงานพร้อมกันทั้ง 3 ทิศแทน โดยได้เลือกใช้ปากจับขนาด 12 นิ้ว เท่ากับขนาดเดิม ดังภาพที่ 4 เพราะต้องสัมพันธ์กับหัวหมุนเครื่องกลึง CNC

จากนั้นได้ทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดต้นแบบใหม่ในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม SolidWorks โดยเขียนแบบปากจับของหัวหมุนเครื่อง CNC ยี่ห้อและขนาดที่เลือก ดังภาพที่ 4 จากนั้นทำการเขียนแบบชิ้นส่วนที่ต้องการเพิ่มความสูงของปากจับ ขั้นตอนการต่อชิ้นส่วนเพื่อเพิ่มความสูงของปากจับนี้ผู้จัดทำได้เลือกการต่อแบบเจาะรูนำเกลียวแล้วใช้สกรูขนาด M8 มาจับยึดแบบขันตาย ชิ้นละ 2 ตัว เพื่อต้องการให้ทั้งสองชิ้นต่อเป็น

หน้าฉากเดียวกันเพื่อให้มีความร่วมศูนย์เดียวกันที่สุด โดยมีการเพิ่มรายละเอียดส่วนที่เป็นแกนกั้นชิ้นงานหมุนกลับ กับร่องหลบหูเรือนปั๊มตรงส่วนฐานของเรือนปั๊มน้ำ ให้เข้ากับรูปร่างกับชิ้นงานที่จะนำมากลึงมากขึ้น และเพิ่มรูสกรูประคองชิ้นงาน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 3-Jaw 12 นิ้ว ยี่ห้อ VERTEX



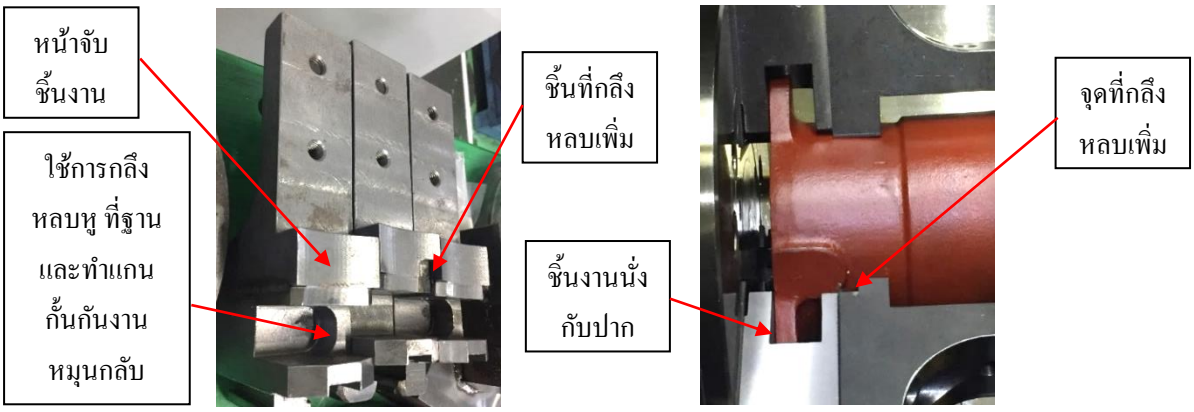
ภาพที่ 5 แสดงภาพการออกแบบปรับปรุงต้นแบบปากจับชิ้นงาน

3.3 การสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบและทดลองตั้งศูนย์อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

จากที่ได้ข้อสรุปของการออกแบบและเขียนแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ปรับปรุงใหม่ในคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว จึงได้จำแบบไปสร้างอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบขึ้นจริง และได้นำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้มาติดตั้งกับเครื่องกลึง CNC เพื่อปรับแต่งรายละเอียดในการจับยึด โดยมีการวัดระยะของเครื่องมือตัดและทำการกลึงหน้าจับชิ้นงานของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ต้องการให้มีผิวหน้าโค้งรับกับความโตผิวนอกของชิ้นงาน เพื่อให้ปากจับของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบสามารถจับชิ้นงานได้แนวศูนย์เดียวกันกับหัวหมุนเครื่อง CNC ที่สุด ดังภาพที่ 6 จากนั้นจึงมาทดลองจับชิ้นงานเพื่อปรับแต่งให้หลบรูทิ้งน้ำมันที่นูนออกมาดันอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานซึ่งทำให้จับชิ้นงานได้ไม่สนิท ดังภาพที่ 7 และกลึงปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อหลบหูที่ฐานเรือนปั๊มแล้วทำแกนกั้นแทนการใช้สกรูยึดกับฐานชิ้นงานเพื่อป้องกันการหมุนกลับในระหว่างการกลึงดังภาพที่ 8

ภาพที่ 6 แสดงภาพการกลึงตั้งศูนย์ Jig กับเครื่อง CNC

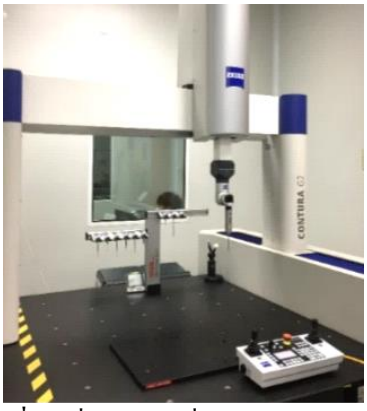
ภาพที่ 7 แสดงภาพลักษณะการจับยึดกับชิ้นงาน



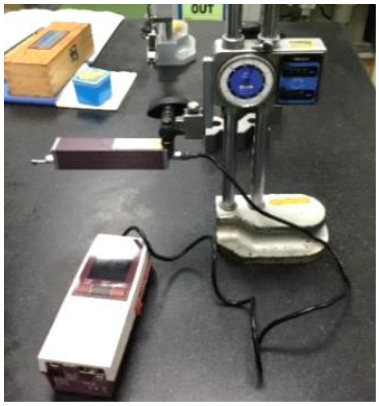
ภาพที่ 8 แสดงภาพของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่ ร่องหลบหูที่ฐาน และร่องหลบรูทิ้งน้ำมัน

3.4 การตรวจสอบคุณภาพของการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

ในการตรวจสอบคุณภาพของการออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในงานวิจัยนี้ นอกจากจะใช้เครื่องมือทางกลในการวัดแล้ว ยังได้มีการใช้เครื่อง CMM (Coordinate Measuring Machine) ดังภาพที่ 8 ซึ่งเป็นเครื่องวัด 3 มิติ มาทำการวัดชิ้นงานทดสอบด้วยเพื่อเป็นเครื่องยืนยัน Jig ต้นแบบว่าสามารถใช้ได้จริงและสามารถลดของเสียจากการผลิตได้ การวัดขนาดด้วยเครื่อง CMM จะมีความน่าเชื่อถือกว่าการวัดด้วยเครื่องมือวัดอื่นๆทั่วไป เนื่องจากมีค่าความละเอียดของการวัดสูงมาก เครื่อง CMM สามารถยอมรับค่าความแม่นยำ หรือมีค่าความผิดพลาดได้เพียง 0.01 ไมโครเมตร (μm) หรือเท่ากับ 0.0001 มิลลิเมตร (ปกติการวัดด้วย Vernier Caliper จะมีความละเอียดของการวัดเพียง 0.02 มิลลิเมตร) [6] และนอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้มีการใช้เครื่องมือวัดความหยาบผิว (Roughness Surface Tester) ดังภาพที่ 9 เพื่อวัดหาค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการกลึงว่าอยู่ในระยะควบคุมที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ามีความหยาบเกินระยะควบคุม (Range control) จะบ่งบอกได้ว่ามีการใช้งานชุดใบมีดกลึงของเครื่องกลึงที่ไม่เหมาะสมหรือบ่งบอกได้ว่าชุดใบมีดกลึงเกิดการชำรุด ทำให้เกิดแรงสะท้านที่ผิวทำให้ผิวหยาบ [7]



ภาพที่ 8 เครื่อง CMM ยี่ห้อ CARL ZEISS รุ่น Contura G2



ภาพที่ 9 เครื่องวัดความหยาบผิว MITUTOYO SJ-210

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การทดสอบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบกับโปรแกรมการกลึงชิ้นงานของเครื่องกลึง CNC

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้น ได้ถูกนำไปทดลองจับยึดชิ้นงานสำหรับการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง CNC เพื่อทดสอบและปรับแต่งโค้ดคำสั่งของโปรแกรมการกลึงของเครื่องกลึง CNC โดยได้มีการทดลองกับชิ้นงานตัวอย่างเรือนปั๊มน้ำทั้งหมด 6 ชิ้น ซึ่งในระหว่างการกลึงชิ้นงานแต่ละชิ้น จะมีการตรวจวัดขนาดชิ้นงานกลึงด้วยเครื่องมือทางกลควบคู่กับการปรับโค้ดของเครื่อง CNC ไปด้วยเป็นระยะ โดยเครื่องมือวัดที่ใช้วัดตรวจสอบทั้งหมดประกอบด้วย Vernier Caliper, Depth Gauge, Bore Gauge, Inside Micro Caliper, Dial Test Indicator, Vernier Height Gauge และ Cylindrical Gage เมื่อทำการทดลองกลึงชิ้นงานครบแล้วจึงได้นำชิ้นงานทดลองทั้ง 6 ชิ้น ไปตรวจสอบอีกครั้งโดยใช้เครื่อง CMM และเครื่องวัดความหยาบผิวอีกครั้ง ดังข้อมูลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 3 ตารางผลการวัดขนาดและความเรียบผิว

CMM Sample Check (mm.)								
Check Point	SPEC.	Range Control	Test No.1	Test No.2	Test No.3	Test No.4	Test No.5	Test No.6
1.ความโตขอบบน	Ø142.5 $^{+0.1}_{0}$	142.5 ~ 142.6	142.5388	142.551	142.5487	142.5616	142.5681	142.5576
2.ความโตขอบล่าง	Ø133 $^{+0.02}_{-0.02}$	132.98 ~ 133.02	132.9987	132.0099	133.0094	133.0114	133.0285	133.0234
3.ความลึกขอบบน	2 $^{0}_{-0.1}$	1.90 ~ 2.0	2.0326	2.0383	2.044	1.9164	1.9159	1.9344
4.ความลึกของล่าง	3 $^{0}_{-0.1}$	2.90 ~ 3.0	2.9651	2.9272	2.9351	2.9684	2.9582	2.9585
5.ความโตบ่าสเตเตอร์	Ø28 $^{-0.06}_{-0.08}$	127.92 ~ 127.94	127.9322	127.9479	127.9343	127.9185	127.9298	127.9315
6.ความโตร่องแบริ่ง	Ø52 $^{+0.019}_{0}$	52.0 ~ 52.02	52.0178	52.0132	52.0309	52.0198	52.026	52.0163
7.Concentricity	≤ 0.05	0 ≤ 0.05	0.0285	0.0262	0.0442	0.1914	0.0664	0.0565
8.Perpendicularity	≤ 0.03	0 ≤ 0.03	0.1284	0.0485	0.0206	0.1167	0.0357	0.0266
9.Flatness	≤ 0.02	0 ≤ 0.02	0.0804	0.0463	0.0106	0.0546	0.0168	0.0196
Roughness Surface Test Sample Check (µm.)								
Check Point	SPEC.	Range Control	Test No.1	Test No.2	Test No.3	Test No.4	Test No.5	Test No.6
10.Roughtness	ละเอียด 2 เข็ม	12.5 ~ 25	33.295	23.802	16.85	23.48	23.515	23.785

จากตารางที่ 3 ข้อมูลตัวเลขจากการวัดที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดคือชุดตัวเลขในกรอบวงรี ส่วนข้อมูลตัวเลขที่ขีดเส้นใต้ จะเป็นค่าขนาดที่เกินหรือต่ำกว่าระยะที่กำหนด แต่สามารถยอมรับได้ โดยมีเหตุผลที่รองรับ เช่น ความโตบ่าอัดสเตเตอร์มีค่าคลาดเคลื่อนจากระยะที่กำหนดน้อยมากเพียง 0.001 mm ซึ่งยังอยู่ในช่วงของค่าความเผื่อของการผลิตที่กำหนดไว้ เป็นต้น ส่วนชุดข้อมูลตัวเลขที่เหลือจะเป็นค่าตัวเลขของการตรวจวัดที่ผ่านเกณฑ์ได้ระยะตามที่กำหนด

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากข้อมูลการตรวจวัดขนาดชิ้นงานกลึงทดลองด้วยเครื่อง CMM ตามตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการกลึงทดลองชิ้นที่ 6 นั้น มีขนาดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีที่สุดในจำนวนชิ้นงานทดลองทั้ง 6 ชิ้น จึงได้นำโค้ดโปรแกรมการกลึงชิ้นงานทดลองชิ้นที่ 6 และ Jig ที่ออกแบบใหม่นี้ ขึ้นกลึงงานในรอบการผลิตจริงจำนวน 2 รอบของแผนการผลิต โดยแบ่งเป็นรอบแรกจำนวน 64 ชิ้น รอบที่สองจำนวน 56 ชิ้น ซึ่งได้มีการวัดตรวจสอบขนาดของชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัดทางกลทุกครั้งหลังจบโปรแกรมการทำงานของเครื่องกลึง และจากนั้นจึงได้ทำการสุ่มวัดอีกรอบละ 5 ชิ้น ทั้ง 2 รอบ รวมเป็น 10 ชิ้น เพื่อนำมาบันทึกเป็นผลการตรวจสอบลงใน Sample Check Sheet ของหน่วยงาน QC ผลปรากฏว่าไม่พบของเสียจากการกลึง อัตราการเกิดของเสียคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.00 และระยะเวลาในการกลึงจาก 40 นาทีต่อชิ้นลดลงเหลือ 32.34 นาทีต่อชิ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูปแบบของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจับชิ้นงานให้ได้ศูนย์ดีขึ้นกว่าอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเดิม ทำให้ไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาในการเคาะปรับศูนย์มากนัก ทำให้ใช้เวลาในการติดตั้งลดลง จากเดิมเฉลี่ยที่ 7.01 นาทีต่อชิ้น เหลือ 2.14 นาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาการติดตั้งได้เฉลี่ยชิ้นละ 4.87 นาที

แต่จากผลของข้อมูลการกลึงชิ้นงานและตรวจสอบขนาดใน 2 รอบการผลิตแรกที่ยังคงไม่พบของเสียนั้น จึงได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มอีก 2 รอบการผลิตในกระบวนการกลึงตามแผนการผลิต โดยแบ่งเป็นจำนวน 56 ชิ้น และ 47 ชิ้น ผลปรากฏว่าในครั้งนี้พบของเสียจากการกลึง 1 ชิ้น ซึ่งเป็นการกลึงชิ้นงานตัวแรกของรอบชิ้นงานที่เบิกเข้ามา หลังจากการตรวจสอบพบว่าเกิดจากการสึกของใบมีดกลึงที่ผ่านการกลึงชิ้นงานมาจาก 2 รอบการผลิตแรก ซึ่งไม่ได้เกิดจากปัญหาของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบแต่อย่างใด และเมื่อได้ทำการปรับตั้งระยะใบมีดใหม่ ก็ทำให้สามารถกลึงชิ้นงานตามกระบวนการต่อไปได้อย่างปกติ

5. สรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตเดิมที่มีอุปกรณ์จับยึดที่ต้องประกอบหลายชิ้น การใช้ทั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและปากจับที่เป็นคนละชิ้นส่วนกัน รวมถึงการที่อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเดิม จับชิ้นงานไม่ได้ศูนย์จึงต้องใช้เวลาเคาะวัดระยะตั้งศูนย์ชิ้นงานเข้ากับอุปกรณ์จับยึดและต้องใช้สกรูในการจับยึดชิ้นงานให้แน่นอีก 4 จุด อีกทั้งเป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ใช้ได้เฉพาะเครื่อง ไม่สามารถใช้ร่วมกับเครื่องอื่นได้ นอกจากนี้ยังพบปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง CNC สำหรับกลึงเรือนปั๊มน้ำแบบจุ่มรุ่น CSP-755S จากการกลึงแบริ่งใหญ่เนื่องจากความส่าย

จากการวิเคราะห์ถึงปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจึงได้ออกแบบการจับยึดของปากจับใหม่ เป็นแบบใช้แรงจากลมอัดดันเข้าพร้อมกันทั้ง 3 ด้าน เพื่อคีบยึดงานที่ฐานด้าน P-side (ด้านที่ใช้ประกอบเข้ากับใบพัด) ให้ได้ศูนย์เดียวกันจากปากจับของหัวหมุนเครื่องกลึง CNC โดยตรง และเพื่อลดระยะเวลาที่เสียไปกับการเคาะวัดระยะตั้งศูนย์ชิ้นงานให้เข้ากับอุปกรณ์จับยึด ดังนั้นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบที่ได้ออกแบบใหม่โดยใช้โปรแกรม SolidWorks ช่วยในการออกแบบนี้ จึงเป็นการรวมส่วนของปากจับและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน

จากผลสรุปของแนวคิดปรับปรุงและการออกแบบ จึงได้นำไปสร้างเป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานต้นแบบสำหรับใช้ในการทดลอง โดยอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ทำการออกแบบใหม่นั้นสามารถถอดและใส่ชิ้นงานที่นำมากลึงได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นกว่าเดิมเนื่องจากได้ประกอบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้เป็นชิ้นส่วนเดียวกับปากจับของหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ทำให้มีน้ำหนักเบาลงจากเดิม 14.69 กิโลกรัม เหลือ 11.47 กิโลกรัม ช่องหลบหูที่ฐานของชิ้นงานกลึงที่ออกแบบใหม่สามารถเป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้ชิ้นงานหมุนฟรีระหว่างการกลึงได้โดยไม่ต้องใช้สกรูจับยึดเพิ่มเติม มีความมั่นคงมากขึ้นเนื่องจากหน้าจับชิ้นงานกว้าง 35 มิลลิเมตร จากเดิม 6 มิลลิเมตร สามารถทำการจับชิ้นงานแล้วได้ศูนย์เดียวกันกับหัวหมุนของเครื่องกลึง CNC ทำให้ลดเวลาการติดตั้งชิ้นงานลง และเป็นส่วนที่ช่วยลดระยะเวลากลึงขึ้นรูปชิ้นงานตลอดทั้งกระบวนการลงได้ 4.87 นาทีต่อชิ้นงาน ทำให้สามารถปรับปรุงแผนการผลิตดีขึ้นจากเดิม โดยสามารถผลิตเพิ่มจาก 10 ชิ้น เป็น 11 ชิ้น ได้ตามเป้าการผลิตที่วางไว้

ในส่วนการลดของเสียนั้นจากการที่ได้นำชิ้นงานมาทดลองเพื่อปรับปรุงโค้ดโปรแกรม และหาระยะการตั้งเครื่องมือตัดในเครื่อง CNC จำนวน 6 ชิ้น จากนั้นสุ่มวัดขนาดจำนวน 20 ชิ้นจากชิ้นงานที่นำมากลึงจริงทั้งหมด 223 ชิ้น พบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่มาทดสอบในกระบวนการกลึง คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.448 ซึ่งจากเดิมในข้อมูลย้อนหลัง 1ปี ของปี 2562 มีของเสียคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.60 ดังนั้นจึงเป็นผลลัพธ์ที่ดีทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงได้ ลดของเสีย มีอัตราการผลิตชิ้นส่วนเรือนปั๊มที่เพิ่มมากขึ้น และมีความสะดวกในการติดตั้งสามารถกลึงได้ง่ายขึ้นไม่เกิดการล้าช้าในการผลิต

6. ข้อเสนอแนะ

ในการนำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่ออกแบบใหม่ไปติดตั้งกับเครื่องกลึงเครื่องอื่นที่มีคุณสมบัติหรือสมรรถนะต่างกัน จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนแก้โค้ดโปรแกรมของการกลึงใหม่ให้เหมาะสมอีกครั้ง และอาจจะต้องมีการปรับอุปกรณ์ของเครื่องกลึง CNC บางชิ้น เช่น กรณีใบมีดกลึงที่มีขนาดแตกต่างกัน ก็จะต้องทำการระยะการติดตั้งใบมีดกลึงใหม่ เพื่อป้องกันการเกิดแรงสะท้านที่กับใบมีดกลึง ซึ่งถ้าอุปกรณ์ไม่สัมพันธ์กันอาจจะทำให้เกิดอันตรายและเกิดความเสียหายต่อการผลิตได้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นวพล กลางทัพ. (2558). *การออกแบบและดัดแปลงเครื่องจักรในกระบวนการผลิต Pump Body รุ่น Multi-Stage.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[2] อธิวัฒน์ จาวรุ่งฤทธิ์. (2559). *การปรับปรุงกระบวนการกลึงขึ้นรูปฝาประกบมอเตอร์ของปั๊มน้ำรุ่น Tornado WSP-105S.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีปทุม.

[3] Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett. *Shigley's Mechanical Engineering Design Tenth Edition in SI units* 10th Edition: McGraw Hill.

[4] Atom. Blog CNC Technology. (2560). *งานเครื่องมือกล CNC Introduction.* (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://cncprog.blogspot.com/p/cnc-introductiion.html (วันที่ 10 ธันวาคม 2562).

[5] MatWeb metals property data. (2562). *Cast Gray Iron Bar Stock ASTM A48.* (Online) Available on http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=05f0795918314796a689d72341c96e90&ckck=1 (10 December 2019).

[6] ScienceDirect. (2562). *Coordinate measuring machines*. (Online) Available on https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coordinate-measuring-machine (8 April 2020).

[7] Digital Measurement Metrology A Trescal Company. (2560). *MITUTOYO SJ-210: Surface Roughness Tester*. (Online) Available on https://www.youtube.com/watch?v=hZY3B9tZPi8 (8 April 2020).

การศึกษาความพึงพอใจของระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูล สำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา

A STUDY OF SATISFACTION OF STUDENT DATABASE MANAGEMENT SYSTEM, DATABASE MANAGEMENT STUDENTS FORM THE FIRST ONE DATABASE OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN THE PROVINCE OF SONGKHLA

พัชรี ทิพย์ประชา
สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
E-mail: patcharee.ti@rmutsv.ac.th

ปภัศร์ชกรณ์ อารีย์กุล
สาขาวิชาสาขาวิชาเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
E-mail: p_areekul@yahoo.com

พลอยกนก ขุนชำนาญ
สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
E-mail: ploykanok@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการจัดเก็บข้อมูลโดยผ่านระบบสารสนเทศมีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากและก้าวล้ำไปอย่างรวดเร็วทำให้การพัฒนาด้านการศึกษาก้าวหน้าตามเทคโนโลยีไปด้วย การค้นหาข้อมูลในประเทศหรือต่างประเทศ สามารถเข้าถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้เท่าเทียมกัน ดังนั้น การเก็บข้อมูลก็มีความสำคัญมาก ซึ่งการเก็บข้อมูลให้ได้คุณภาพและสามารถนำข้อมูลมาแก้ไข ต้องอาศัยเครื่องมือที่จะช่วยในการจัดเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ สะดวกในการจัดเก็บ ตลอดจนความถูกต้องและรวดเร็วในการใช้งานของข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบการจัดเก็บข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลของสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา โดยผู้ตอบแบบสอบถาม คือ สถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา โดยสุ่มกลุ่มทดลองใช้ระบบ จำนวน 3,000 ชุด โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยทางสถิติ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณา ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่ามัธยฐานกลุ่มตัวอย่าง (Median) ค่าฐานนิยมของกลุ่มตัวอย่าง (Mode) คะแนนต่ำสุดของกลุ่มตัวอย่าง (Min) และคะแนนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่าง (Max) พบว่า ความพึงพอใจในใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1

ฐานข้อมูลสำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา จากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ภาษาที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลฯเป็นทางการตรงประเด็นและสื่อความหมายชัดเจน ระบบฐานข้อมูลฯช่วยทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ระบบฐานข้อมูลฯ อำนวยความสะดวกในการจัดทำรายงานผลการดำเนินการด้านต่าง ๆ ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ อยู่ในระดับสูง รองจาก ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ คือ การจัดการรักษาความปลอดภัยและกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน ซึ่งอยู่ในระดับสูงมากที่สุด คือ ($\bar{X}$ = 4.88, S.D = 0.32) ซึ่งระบบการจัดเก็บข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลของสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา สามารถใช้แทนสมุดพกหรือประวัติของผู้เรียนเพื่อใช้สมัครงานได้ในอนาคต

คำสำคัญ: การจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา

ABSTRACT

Nowadays collection of information through information systems is very important and imperative and is at the forefront of educational advancement as well. Finding local or international information They have equal access to computer networks, so data collection is very important. In which the data is collected for quality and can be edited It requires tools that will help in efficient storage. Convenient to store As well as the accuracy and speed of the information. In this research the objectives of the study was to was to assess the satisfaction of the use of a student data collection system, form 1 student, 1 database of educational institutions in Songkhla Province. The respondents were educational institutions in Songkhla Province. The system was randomized, 3,000 sets were studied in the first semester of the academic year 2017 and questionnaires were used as a tool for data collection and statistical analysis. The data were collected by using questionnaires and analyzed using descriptive statistics. Mean, percentage, mean ($\bar{X}$), median (median), modality of the sample (Mode), the lowest score of the sample (Min) and the highest score of the sample (Max). Student database management system, student form 1 person, 1 database for educational institutions in Songkhla Province From the sample group, it was found that the language used in the database system is official, relevant and clearly conveys meaning. The database system helps to make the work faster. Database system Facilitates the preparation of performance reports for those involved, at a high level, second only to the efficiency and benefits of the system, namely management, security and access to information. Of user Which was at the highest level, was statistically significant at ($\bar{X}$ = 4.88, S.D = 0.32), in which the data storage system for students, students, form 1 person, 1 database of educational institutions in Songkhla Province Can be used as a student's passport or resume for applying for jobs in the future.

KEYWORDS: Student Database Management

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันการจัดเก็บข้อมูลโดยผ่านระบบสารสนเทศมีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากและก้าวล้ำไปอย่างรวดเร็วทำให้การพัฒนาด้านการศึกษาก้าวหน้าตามเทคโนโลยีไปด้วย การค้นหาข้อมูลไม่ได้อยู่เฉพาะในหนังสือหรือห้องสมุด การเข้าถึงข้อมูล ข่าวสารทำได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นการค้นหาข้อมูลในประเทศหรือต่างประเทศสามารถเข้าถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้เท่าเทียมกัน ดังนั้น การเก็บข้อมูลก็มีความสำคัญมาก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่

สามารถนำมาใช้ประโยชน์ตลอดจนนำข้อมูลมาพัฒนาในส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการเก็บข้อมูลให้ได้คุณภาพและสามารถนำข้อมูลมาแก้ไขและใช้งานได้ต่อเนื่องก็ต้องอาศัยเครื่องมือที่จะช่วยในการจัดเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ สะดวกในการจัดเก็บ ตลอดจนความถูกต้องและรวดเร็วในการใช้งานของข้อมูล เป็นต้น

การเก็บข้อมูลการศึกษามีการเก็บประวัติของนักเรียนลงในสมุดรายงานประจำตัวนักเรียน ใช้วิธีการกรอกข้อมูลผู้เรียนลงในกระดาษและนำเข้าคอมพิวเตอร์แบบออฟไลน์ (Offline) หรือบางสถานการศึกษาเลือกใช้การกรอกข้อมูลผู้เรียนลงในฐานข้อมูลหรือระบบสารสนเทศแบบออนไลน์ (Online) ทั้งหมดนี้เป็นการเก็บข้อมูลผู้เรียน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นการเก็บข้อมูลเหมือน ๆ กันทุก สถาบันการศึกษา แต่ลักษณะหรือรูปแบบการเก็บไม่เหมือนกัน ข้อมูลเป็นการจัดเก็บในรูปแบบกระจัดกระจายไม่เป็นหนึ่งเดียวกัน การแก้ไขข้อมูลอาจทำได้ยากเพราะมีการจัดเก็บข้อมูลแบบหลากหลาย เพราะข้อมูลของผู้เรียนตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับอุดมศึกษาจะมีสมุดข้อมูลของผู้เรียนจำนวนหลายเล่มแต่เป็นข้อมูลเดียวกัน ซึ่งสุดท้ายกระทรวงศึกษาธิการเป็นผู้รวบรวมและสรุปข้อมูล (สถิติการศึกษาประจำปี 2557, กระทรวงศึกษาธิการ, 2558)

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการจะพัฒนาการเก็บข้อมูลการศึกษาและพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลการศึกษาแบบรวมข้อมูลเป็นหนึ่งเดียวในรูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูล ซึ่งจะจัดเก็บข้อมูลผู้เรียนตามความต้องการของสถาบันการศึกษา ได้รับการพัฒนาให้กระทรวงศึกษาธิการได้เข้าใช้งานในอนาคตเพื่อยกระดับระบบสารสนเทศทางการศึกษาต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดเก็บข้อมูลของนักเรียน นิสิต นักศึกษา ของสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา

(2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบการจัดเก็บข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลของสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฐานข้อมูล คือ แหล่งหรือ ศูนย์รวมข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน จากความหมายที่นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของฐานข้อมูลไว้สามารถสรุป ความหมายของฐานข้อมูลได้ว่า ฐานข้อมูล คือชุดของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันโดยจัดเก็บรวบรวมไว้ เป็นศูนย์กลางในระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีกระบวนการจัดเก็บอย่างมีระบบ ซึ่งเหตุผลสำคัญที่ทำให้ต้องมีระบบฐานข้อมูลคือ เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลปริมาณมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิด ความสะดวกสบายสำหรับผู้ใช้ โดยข้อมูลที่จัดเก็บนั้นสามารถเชื่อถือได้ และมีความปลอดภัย (สุจิตรา อดุลเกษมและวรัฐา นพพรเจิรญกุล, 2560)

ระบบการจัดการฐานข้อมูล (Data Base Management System : DBMS) หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลให้เป็นระบบ เพื่อจะได้นำไปเก็บรักษา เรียกใช้หรือนำมาปรับปรุงให้ทันสมัยได้ง่าย ทั้งนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเป็นเรื่องสำคัญด้วย (ทักษิณา สวนานนท์, 2544)

ทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ พฤติกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นต้องมีสิ่งจูงใจ (Motive) หรือแรงขับดัน (Drive) เป็นความต้องการที่กดดันจนมากพอที่จะจูงใจให้บุคคลเกิดพฤติกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเองซึ่งความต้องการของแต่ละคนไม่เหมือนกันความต้องการบางอย่างเป็นความต้องการทางชีววิทยา (Biological) เกิดขึ้น

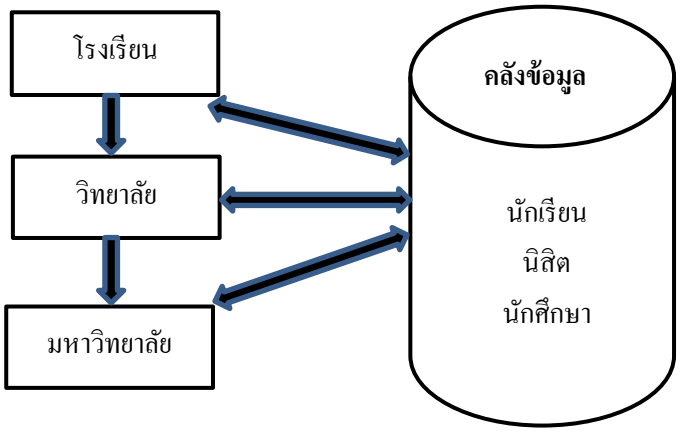
จากสภาวะตึงเครียด เช่น ความหิวกระหายหรือความลำบากบางอย่าง เป็นความต้องการทางจิตวิทยา (Psychological) เกิดจากความต้องการการยอมรับ (Recognition) การยกย่อง (Esteem) หรือการเป็นเจ้าของทรัพย์สิน (Belonging) ความต้องการส่วนใหญ่อาจไม่มากพอที่จะจูงใจให้บุคคลกระทำในช่วงเวลานั้น ความต้องการกลายเป็นสิ่งจูงใจเมื่อได้รับการกระตุ้นอย่างเพียงพอจนเกิดความตึงเครียด โดยทฤษฎีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดมี 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีของอับราฮัม มาสโลว์และทฤษฎีของซิกมันด์ฟรอยด์ (Kotler and Armstrong , 2002)

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลบุคลากรของวิทยาลัยทองสุข การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลบุคลากรของวิทยาลัยทองสุข ดำเนินการพัฒนาระบบโดยใช้วิธีการของวงจร การพัฒนาระบบงานสารสนเทศ ระบบที่พัฒนามีความสามารถในบันทึกข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การลบข้อมูล การแก้ไขข้อมูล การสืบค้นฐานข้อมูล การสร้างรายงานและการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการตัดสินใจของผู้บริหาร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อประเมินระบบ คือ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ โดยประเมินระบบในด้านภาพรวมของระบบ ด้านส่วนประสานกับผู้ใช้ ด้านการแสดงผลทั้งทางจอภาพและเครื่องพิมพ์ ด้านความรวดเร็วในการทำงานของระบบ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบุคลากรในระดับบริหารงานจำนวน 4 กลุ่ม (พรชุลี มีสีผ่อง, 2550)

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กระบวนการของกรอบแนวคิด

1. โรงเรียนระดับประถมจัดเก็บข้อมูลนักเรียนไว้ในคลังข้อมูลกลาง
2. เมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาหรือโอนย้าย สถาบันการศึกษาที่นักเรียนสำเร็จการศึกษาหรือโอนย้ายจะเข้าระบบด้วยการเข้ารหัสของสถานศึกษา เพื่อตรวจสอบข้อมูลในการรับนักเรียนเข้าเรียน
3. ข้อมูลในระบบสามารถใช้แทนสมุดพกหรือใบแสดงผลการเรียนได้ และสามารถนำไปสมัครงานได้ในอนาคต



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

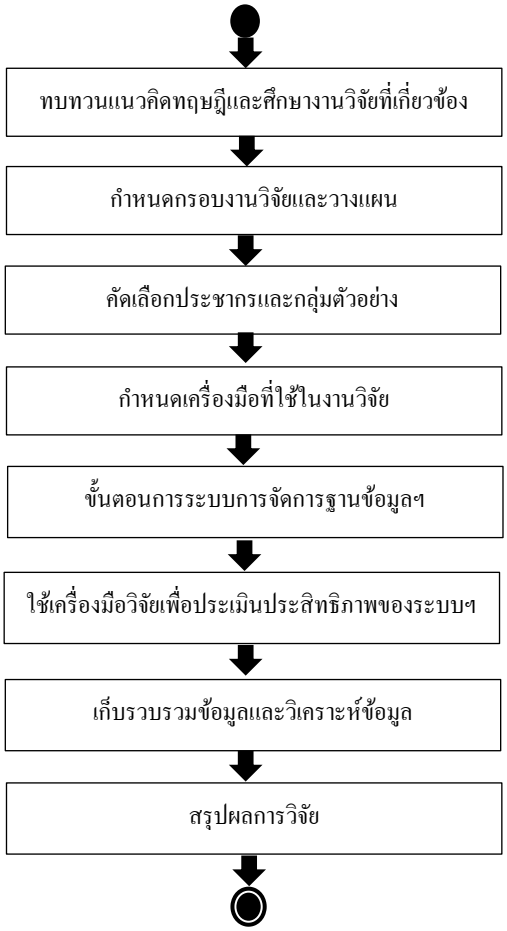
3.3 สมมติฐานการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ มุ่งศึกษาการจัดเก็บฐานข้อมูลทางการศึกษาในรูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลจะเก็บข้อมูลข้อมูลทั่วไป ประวัติผู้เรียน ผลการเรียน การประเมิน เป็นต้น ซึ่งจะเก็บข้อมูลตั้งแต่ในระดับปฐมวัยไปจนถึงระดับอุดมศึกษาในสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา สามารถทำให้ระบบทำงานตรงตามความต้องการมากขึ้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยและความพึงพอใจของระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูล สำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา แนวคิดเกี่ยวกับฐานข้อมูลนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม PHP 5 ร่วมกับโปรแกรม MySQL ช่วยจัดการฐานข้อมูลโดยมีขั้นตอน ดังนี้



แผนภาพที่ 2 แสดงภาพรวมกระบวนการดำเนินงานวิจัย

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร นักเรียน นิสิตและนักศึกษา ในอำเภอเมืองสงขลาทั้งหมด 42,250 คน (รายงานข้อมูลและสารสนเทศด้านการศึกษา จังหวัดสงขลา, 2560)

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วน 3 กลุ่ม ระหว่างวันที่ 10 มิถุนายน – 10 กรกฎาคม 2561

สถานศึกษา	จำนวนโรงเรียน	จำนวนแบบสอบถาม
โรงเรียนระดับประถม	10	1,000 ชุด
โรงเรียนระดับมัธยม	10	1,000 ชุด
วิทยาลัยและมหาวิทยาลัย	10	1,000 ชุด
รวมทั้งสิ้น	**30 โรงเรียน**	**3,000 ชุด**

4.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องที่ใช้ในการพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูล สำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา และเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อเป็นประเมินประสิทธิภาพจากของผู้ใช้งานระบบ เครื่องที่ใช้ในการ วิจัยดังนี้

1. เครื่องมือพัฒนาระบบระบบฯ

1) เครื่องมือพัฒนาระบบฐานข้อมูล ฮาร์ดแวร์ (Hardware) - เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ ฮาร์ดดิสก์ สำหรับเครื่องแม่ข่ายบริการและจัดเก็บฐานข้อมูล – เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ ฮาร์ดดิสก์ สำหรับเครื่องลูกข่ายใช้กับผู้ใช้งานในระบบ

2) ซอฟต์แวร์ (Software) – ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เซฟเวอร์ สำหรับเครื่องแม่ข่าย – ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ สำหรับเครื่องลูกข่าย – โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล – โปรแกรมอาปาเช่เว็บเซิร์ฟเวอร์ - ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาคือ PHP และ JavaScript และ HTML

2. แบบประเมินผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูล - ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) หรือค่าเฉลี่ย (Mean : $\overline{X}$) - การกระจายของกลุ่มข้อมูลโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD)

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลสำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา โดยแบ่งเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับผู้ใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลสำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา โดยเก็บข้อมูลดังนี้

งานด้านนักศึกษา ทดสอบแบบประเมิน อาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักเรียน แบบประเมินโรงเรียนละ 40 ชุด จำนวน 30 โรงเรียน รวมแบบประเมินทั้งสิ้น 1,200 ชุด

งานด้านทะเบียน ทดสอบแบบระเมิน อาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักเรียน แบบประเมินโรงเรียนละ 30 ชุด จำนวน 30 โรงเรียน รวมแบบประเมินทั้งสิ้น 900 ชุด

งานด้านระบบคอมพิวเตอร์ ทดสอบแบบระเมิน อาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักเรียน แบบประเมินโรงเรียนละ 30 ชุด จำนวน 30 โรงเรียน รวมแบบประเมินทั้งสิ้น 900 ชุด

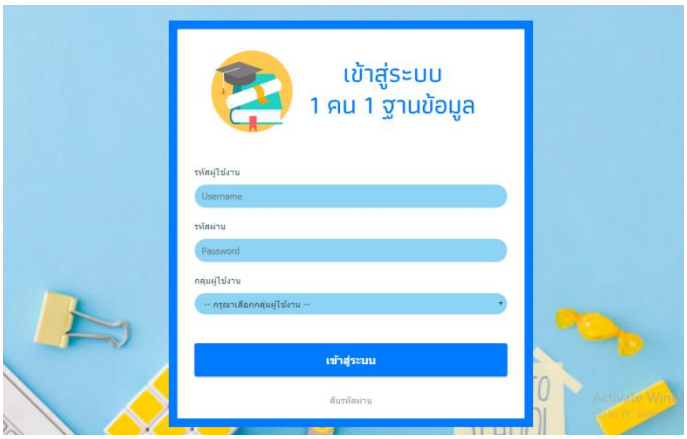
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย การหาความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบประเมินและนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้ Try Out เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น Reliability ใช้ค่าสถิติ สัมประสิทธิสหสัมพันธ์แอลฟา เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS For Windows

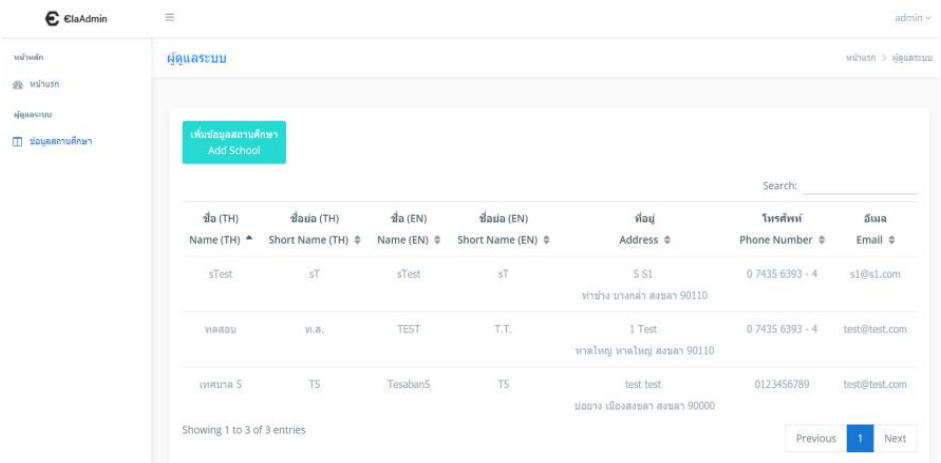
5. ผลการวิจัย

จากการผู้ใช้ทดลองใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูล สำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา พบว่า ความพึงพอใจในใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลสำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3,000 ชุด พบว่า ภาษาที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลฯเป็นทางการตรงประเด็นและสื่อความหมายชัดเจน การเชื่อมต่อของระบบฐานข้อมูลฯ มีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ คือ การจัดการรักษาความปลอดภัยและกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานอยู่ในระดับสูง ($\bar{X}$ = 4.88, S.D = 0.32) และเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งข้อมูลถูกเก็บไว้ในคลังข้อมูล 1 คน 1 ข้อมูล และสามารถใช้ได้ทุกสถาบันการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

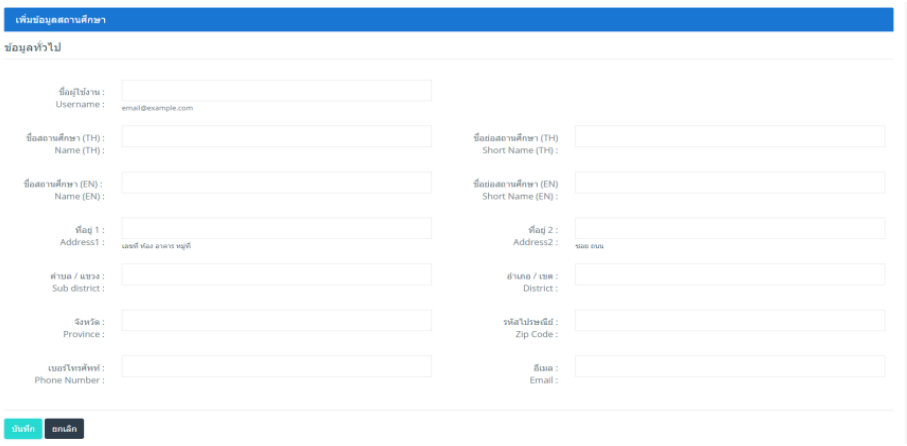
การทดสอบการใช้ระบบ



ภาพที่ 3 หน้า Login ใช้สำหรับเข้าสู่ระบบ โดยจะแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่ม



ภาพที่ 4 ผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 5 การเพิ่มข้อมูลสถานศึกษา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลสำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา

ด้านความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. การจัดการรักษาความปลอดภัยและกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน	4.88	0.32	ระดับสูง
2. ภาษาที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลฯเป็นทางการตรงประเด็นและสื่อความหมายชัดเจน	4.83	0.37	ระดับสูง
3. ระบบฐานข้อมูลฯช่วยทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น	4.72	0.45	ระดับสูง
4. ระบบฐานข้อมูลฯ อำนวยความสะดวกในการจัดทำรายงานผลการดำเนินการด้านต่าง ๆ ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้	4.53	0.65	ระดับสูง
5. ผู้บริหารสามารถใช้ประโยชน์จากระบบฐานข้อมูลฯ ในการกำกับการดำเนินงานต่างๆ ได้อย่างสะดวก	4.50	0.50	ระดับสูง
6. ความง่าย (User Friendly) ของการใช้งานของระบบ	4.40	0.49	ระดับสูง
7. ระบบฐานข้อมูลฯช่วยลดปริมาณการใช้กระดาษ	4.22	0.41	ระดับสูง
8. ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกผลต่างๆ	4.17	0.64	ระดับสูง
9. ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน	4.07	0.60	ระดับสูง
10. ความถูกต้องของการประมวลผลและรายงานต่างๆ	4.03	0.58	ระดับสูง
11. ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกข้อมูลพื้นฐาน (Common data set)	3.95	0.46	ระดับสูง
12. การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	3.92	0.33	ระดับสูง
13. ความเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ	3.77	0.42	ระดับสูง
14. การเผยแพร่ข้อมูลผลการประเมินในเชิงสถิติที่ได้จากระบบ	3.68	0.56	ระดับสูง

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ด้านความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
15. ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	3.25	0.91	ระดับปานกลาง
16. ความรวดเร็วในการให้บริการและแก้ไขปัญหา	3.22	0.95	ระดับปานกลาง
17. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	3.18	0.39	ระดับปานกลาง
18. ความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าระบบ	3.15	0.36	ระดับปานกลาง
19. การเชื่อมต่อของระบบฐานข้อมูลฯ มีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน (การใช้งานระบบหลุดบ่อยหรือไม่ การบันทึกข้อมูล การส่งข้อมูล)	2.95	0.42	ระดับปานกลาง
20. เอกสาร/คู่มือประกอบการใช้งานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	2.92	0.49	ระดับปานกลาง
21. การให้บริการข้อมูลและแก้ไขปัญหาต่างๆ แก่ สกอ. ได้	2.88	0.64	ระดับปานกลาง
22. การให้บริการข้อมูลและแก้ไขปัญหาต่างๆ แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องระดับสถาบันการศึกษาได้	2.80	0.95	ระดับปานกลาง
23. มีช่องทางในการติดต่อ/สอบถามปัญหาอย่างเพียงพอ	2.55	0.72	ระดับปานกลาง

6. อภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบการจัดเก็บข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลของสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา โดยผู้ตอบแบบสอบถาม คือ สถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา โดยสุ่มกลุ่มทดลองใช้ระบบ จำนวน 3,000 ชุด โดยทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จากการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนักเรียน นิสิต นักศึกษา รูปแบบ 1 คน 1 ฐานข้อมูลสำหรับสถาบันการศึกษาในจังหวัดสงขลา จากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ภาษาที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลฯเป็นทางการตรงประเด็นและสื่อความหมายชัดเจน ระบบฐานข้อมูลฯช่วยทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ระบบฐานข้อมูลฯ อำนวยความสะดวกในการจัดทำรายงานผลการดำเนินการด้านต่าง ๆ ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ อยู่ในระดับสูง รองจาก ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ คือ การจัดการรักษาความปลอดภัยและกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน ซึ่งอยู่ในระดับสูงมากที่สุด คือ ($\bar{X} = 4.88$, S.D = 0.32)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ไม่สามารถครอบคลุมนักเรียน นิสิต นักศึกษาได้ทั้งหมด เนื่องจากได้รับงบประมาณไม่เพียงพอต่อการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) นำผลการวิจัยที่ได้รับเพื่อต่อยอดการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลเพื่อช่วยองค์กรภาครัฐและภาคเอกชนคัดเลือกบุคคลอย่างมีประสิทธิภาพในยุคดิจิทัล (Digital) กรณีพื้นที่จังหวัดสงขลา

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ทุนสนับสนุนและผู้ที่ให้ข้อมูลงานวิจัยทุกท่าน

9. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2558. *สถิติการศึกษาประจำปี 2557,* สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2562. จาก http://www.onec.go.th/ index.php/book/BookView/1634.

ทักษิณา สวนานนท์. 2544. *พจนานุกรมศัพท์คอมพิวเตอร์: ฉบับนิสิต นักศึกษา และ บุคคลทั่วไป.* กรุงเทพฯ : ดวงกมลสมัย

พรชุลี มีสีผ่อง. 2550. *การพัฒนาระบบฐานข้อมูลบุคลากรของวิทยาลัยทองสุข.* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (สารสนเทศศาสตร์). นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

รายงานข้อมูลและสารสนเทศด้านการศึกษา จังหวัดสงขลา, 2560. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2562. จาก http://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1634.

สุจิตรา อดุลเกษมและวรัฐา นพพรเจิรญกุล, 2560. *ระบบฐานข้อมูล Database systems*, กรุงเทพฯ : ท้อป.

Kotler, Phillip and Armstrong. 2002. *Principle of Marketing*. USA : Prentice-Hall.

การจำลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าโดยใช้ MATLAB/Simulink สำหรับการสอนรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์

TRANSFORMER SIMULATION USING MATLAB/SIMULINK FOR MACHINERY LABORATORY TEACHING ONLINE COURSES

วิชชากร เฮงศรีธวัช, พศวีร์ ศรีโหมด, เติมพงษ์ ศรีเทศ, มัซลัน ดาลี

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-1111ต่อ 2272

E-mail: vichchakorn.he@spu.ac.th

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 ในช่วงที่ผ่านมา ทำให้สถานศึกษาทุกแห่งต้องงดการเรียนการสอนและปรับรูปแบบเป็นการสอนออนไลน์ เป็นเหตุให้การสอนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าได้รับผลกระทบค่อนข้างมาก เนื่องจากผู้เรียนไม่สามารถทำการทดลองกับเครื่องจักรกลไฟฟ้าจริงทำให้ขาดทักษะและความเข้าใจ ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการใช้โปรแกรม MATLAB / Simulink ช่วยจำลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งเป็นเรื่องหนึ่งของการเรียนในวิชาดังกล่าว เพื่อนำไปศึกษาคุณลักษณะการทำงานของหม้อแปลงภายใต้สภาวะการจ่ายโหลดต่างๆ เช่น การหาประสิทธิภาพและอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดัน สำหรับการสอนในวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะและความเข้าใจมากขึ้น รวมถึงสามารถนำมาใช้เรียนทดแทนการสอนในห้องเรียนจริงได้

คำสำคัญ: แบบจำลองหม้อแปลงไฟฟ้า การทดสอบเปิดวงจร การทดสอบลัดวงจร

ABSTRACT

From the situation of the spread of the COVID-19 virus in the past. Causing all educational institutions to refrain from teaching and changing to the online courses format. The experiential learning in electrical machines laboratory was quite affected. As the students are unable to do experiments with real electrical machines, they lack skills and understanding. Therefore, this article presents the use of MATLAB / Simulink to help simulate the behavior of transformers, which is one of the subjects of the study. To study the performance characteristics of transformers under various load conditions such as determining the efficiency and voltage regulation for online teaching in electrical machinery laboratory. With the aim of giving learners more skills and understanding including being able to be used as a replacement for teaching in the real classroom.

Keywords : Transformer Modeling, Open-Circuit Test, Short-Circuit Test

1. บทนำ (Introduction)

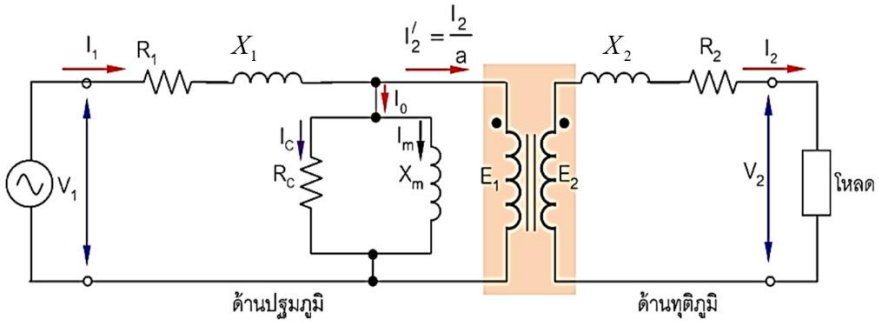
โดยทั่วไป แผนการเรียนวิชาเครื่องจักรกลไฟฟ้าของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ระดับปริญญาตรี จะประกอบด้วยการเรียนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติซึ่งส่วนหนึ่งของการเรียนภาคทฤษฎีจะกล่าวถึงการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะอยู่ตัว โดยใช้แบบจำลองต่อเฟสของหม้อแปลงในการคำนวณหาค่ากำลังสูญเสีย ประสิทธิภาพการทำงาน และอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดัน เป็นต้น สำหรับการเรียนภาคปฏิบัติจะเน้นเรื่องการทดสอบหม้อแปลงทั้งแบบเปิดวงจร (Open-Circuit Test) และลัดวงจร (Short-Circuit Test) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองทางไฟฟ้าของหม้อแปลง รวมถึงการศึกษาคุณลักษณะการทำงานของหม้อแปลงขณะจ่ายโหลดจริงที่สภาวะต่างๆ ด้วย

ทั้งนี้จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 ในช่วงที่ผ่านมา ทำให้สถานศึกษาทุกแห่งจำเป็นต้องงดการเรียนการสอนตามนโยบายมาตรการเพื่อความปลอดภัยของประเทศ เป็นเหตุให้การเรียนการสอนส่วนใหญ่ถูกปรับรูปแบบเป็นการสอนออนไลน์ (Online Teaching) รวมถึงกลุ่มวิชาปฏิบัติการด้วยซึ่งสร้างความกังวลใจให้กับผู้สอนพอสมควร เนื่องจากวัตถุประสงค์ของวิชาปฏิบัติการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีประสบการณ์กับการทดลองกับเครื่องจักรกลไฟฟ้าจริง ได้เรียนรู้พฤติกรรมรวมถึงผลตอบสนองในการทำงานทำให้เกิดทักษะและความเข้าใจ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ค่อนข้างได้รับผลกระทบมาก

อย่างไรก็ตาม ความจำเป็นในการปรับรูปแบบการสอนทำให้เริ่มมีการพิจารณานำโปรแกรมช่วยจำลองการทำงานเครื่องจักรกลไฟฟ้ามาใช้เสริมทักษะในเรื่องต่างๆ อาทิ การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์กระแสสลับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นต้น ซึ่งในบทความนี้ได้นำเสนอการใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ช่วยจำลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าตามเอกสารอ้างอิงลำดับ 2 แต่มีการปรับให้สอดคล้องกับบริบทและขอบเขตเนื้อหาที่สอน โดยเริ่มต้นจากการหาแบบจำลองที่ถูกต้องโดยใช้ผลการทดสอบแบบเปิดวงจรและลัดวงจรที่เคยทำการทดสอบไว้ก่อนในห้องปฏิบัติการ หลังจากนั้นจะนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ศึกษาพฤติกรรมและคุณลักษณะการทำงานที่สภาวะโหลดต่างๆ เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น โดยสามารถทดแทนการเรียนในห้องปฏิบัติการจริงจากสถานการณ์ที่ไม่สามารถทำได้กรณีเกิดเหตุสุดวิสัย

2. การทดสอบหม้อแปลง (Transformer Testing)

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการศึกษาคุณลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของหม้อแปลง โดยทั่วไปจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบคือการทดสอบแบบเปิดวงจรเพื่อหาค่ากำลังสูญเสียที่แกน (Core Losses) หรือกำลังสูญเสียในขณะที่ยังไม่มีโหลด (No-Load Losses) และการทดสอบแบบลัดวงจรเพื่อใช้หาค่ากำลังสูญเสียในขดลวดทั้งหมดของหม้อแปลง (Copper Losses) นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการทดสอบดังกล่าวมาใช้หาค่าอิมพีแดนซ์หรือค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อันเป็นส่วนประกอบในวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของหม้อแปลงตามภาพที่ 1 ได้ด้วย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำแบบจำลองที่ได้ (Transformer Model) ไปใช้วิเคราะห์หาคุณลักษณะและพฤติกรรมการทำงานขณะมีโหลดของหม้อแปลง อาทิ การหาอัตราเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน กระแสในการทำงาน กำลังสูญเสียและประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งในห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าจะใช้หม้อแปลงเฟสเดียวขนาดพิกัดกำลัง 2 kVA, แรงดัน 220V/110V, ความถี่ 50 Hz ในการศึกษา



ภาพที่ 1 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าต่อเฟสของหม้อแปลง

โดยที่ V_1, V_2 คือแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

I_1, I_2 คือกระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ

$R_1 + jX_1$ คืออิมพีแดนซ์ของขดลวดด้านปฐมภูมิ

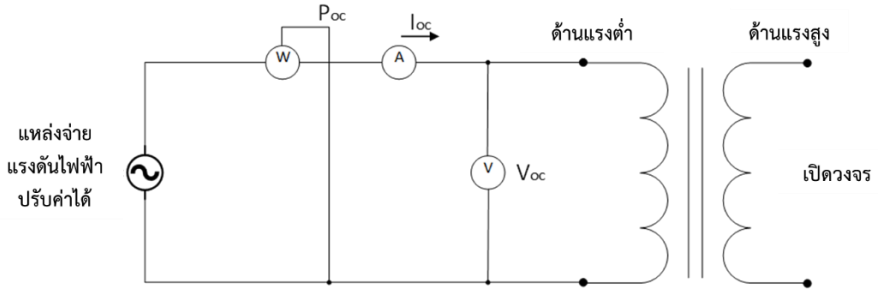
$R_2 + jX_2$ คืออิมพีแดนซ์ของขดลวดด้านทุติยภูมิ

R_C คือความต้านทานของแกนหม้อแปลง

X_m คือรีแอคแตนซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลง

2.1 การทดสอบแบบเปิดวงจร (Open-Circuit Test)

การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจรก็คือ การที่ให้หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในลักษณะที่ไม่มีโหลด โดยทั่วไปจะให้ขดลวดทางด้านแรงต่ำต่อกับแหล่งจ่ายเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามพิกัด (Rated Voltage) ของหม้อแปลงไฟฟ้า ส่วนขดลวดทางด้านแรงสูงให้เปิดวงจรไว้ โดยมีเครื่องวัดทางไฟฟ้าที่สำคัญต่ออยู่ด้วยประกอบด้วย วัตต์มิเตอร์ แอมป์มิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะเปิดวงจร

จากภาพที่ 1 วิธีการทดสอบจะเริ่มจากการค่อยๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำให้ได้ตามค่าพิกัดแรงดันของหม้อแปลง หลังจากนั้นบันทึกค่าที่ได้จากวัตต์มิเตอร์ซึ่งจะหมายถึงค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก (P_{OC}) ส่วนค่าที่ได้จากโวลต์มิเตอร์จะหมายถึงแรงดันไฟฟ้าพิกัดด้านแรงต่ำ (V_{OC}) และค่าที่ได้จากแอมป์มิเตอร์ที่จะหมายถึงกระแสไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด (I_{OC}) ซึ่งจากข้อมูลการทดสอบแบบเปิดวงจรทำให้สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของแกนหม้อแปลงในวงจรสมมูลแบบประมาณ (R_C , X_m) ได้ตามสมการที่ (1) ถึง (4)

$$|Y_E| = G_C - jB_m = \frac{I_{OC}}{V_{OC}} \tag{1}$$

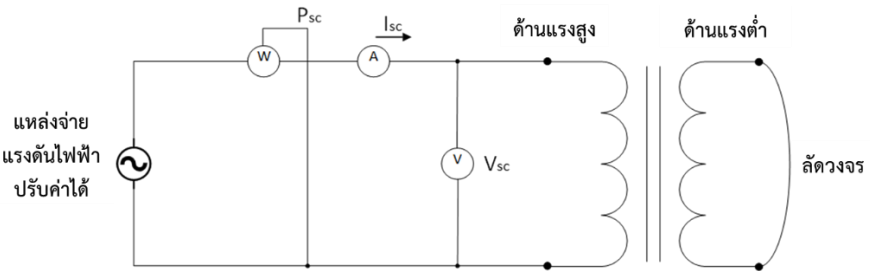
$$PF_{OC} = \cos\theta = \frac{P_{OC}}{V_{OC} I_{OC}} \tag{2}$$

$$G_C = |Y_E| \cos\theta \quad \text{โดย} \quad R_C = \frac{1}{G_C} \tag{3}$$

$$B_m = |Y_E| \sin\theta \quad \text{โดย} \quad X_m = \frac{1}{B_m} \tag{4}$$

2.2 การทดสอบแบบลัดวงจร (Short-Circuit Test)

วิธีการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจรก็คือ การให้ขดลวดทางด้านแรงสูงต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแล้วปรับแรงดันให้ได้กระแสเท่ากับค่ากระแสพิกัดด้านแรงสูงของหม้อแปลง โดยขดลวดทางด้านแรงต่ำให้ลัดวงจรไว้ ซึ่งยังคงใช้เครื่องวัดทางไฟฟ้าเหมือนเดิมคือ วัตต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์ ดังภาพที่ 3 ดังนั้นค่ากระแสที่ได้จากแอมป์มิเตอร์จะหมายถึงกระแสลัดวงจร (I_{SC}) ซึ่งมีค่าเท่ากับกระแสพิกัดของหม้อแปลงด้านแรงสูงนั่นเอง ส่วนค่าที่ได้จากวัตต์มิเตอร์จะเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมทั้งหมดในขดลวดทั้งสองด้านของหม้อแปลง (P_{SC}) ส่วนค่าที่ได้จากโวลต์มิเตอร์จะหมายถึงแรงดันไฟฟ้าขณะลัดวงจร (V_{SC}) ซึ่งอาจมีค่าประมาณ 5-12 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันไฟฟ้าพิกัดด้านที่ทำการทดสอบ



ภาพที่ 3 การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในสภาวะลัดวงจร

ในทำนองเดียวกันจากข้อมูลการทดสอบแบบลัดวงจร สามารถคำนวณค่าอิมพีแดนซ์โดยรวมของหม้อแปลงแบบประมาณได้ตามสมการที่ (5) ถึง (7)

$$|Z_{eq}| = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} \tag{5}$$

$$R_{eq} = \frac{P_{SC}}{I_{SC}^2} \tag{6}$$

$$X_{eq} = \sqrt{|Z_{eq}|^2 - R_{eq}^2} \tag{7}$$

โดยที่ R_{eq}, X_{eq} คือความต้านทานและรีแอคแตนซ์รวมของขดลวด

Z_{eq} คืออิมพีแดนซ์รวมของขดลวด

2.3 ผลการทดสอบหม้อแปลงในห้องปฏิบัติการ (Transformer Testing Results)

ผลการทดสอบหม้อแปลงขนาด 2 kVA, 220V/110V ทั้งแบบเปิดวงจรและลัดวงจรรวมถึงผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเปิดวงจรและลัดวงจร

ค่าที่วัด	การทดสอบ		ผลคำนวณค่าพารามิเตอร์	
	เปิดวงจรด้าน 110V	ลัดวงจรด้าน 110V	R_C	2.85 kΩ
V (V)	220	9.32	X_m	0.86 kΩ
I (A)	0.27	9.09	R_{eq}	0.965 Ω
P (W)	17	79.8	X_{eq}	0.345 Ω

ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากผลการทดสอบนี้ จะพิจารณาจากวงจรสมมูลโดยประมาณซึ่งโดยทั่วไปก็เป็นค่าที่ยอมรับได้ในการนำไปคำนวณวิเคราะห์การทำงานของหม้อแปลงได้ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่เห็นคือเราไม่สามารถแยกค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์ของขดลวดด้านแรงสูงและแรงต่ำออกจากกันได้ ทำให้การสร้างแบบจำลองของหม้อแปลงอาจมีความคลาดเคลื่อนบ้าง ซึ่งโดยทั่วไปที่ยอมรับกันสำหรับการสร้างแบบจำลองอาจประมาณให้ค่าอิมพีแดนซ์ของขดลวดทั้งสองด้านมีค่าเท่าๆ กันได้ทั้งค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์ เนื่องจากการทำเช่นนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการนำแบบจำลองไปศึกษาในเรื่องต่างๆ มากนัก ดังนั้นหากพิจารณาจากรูปวงจรสมมูลตามภาพที่ 1 ค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์โดยรวมแบบประมาณจะมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ (8) และจะได้ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในแบบจำลองตามตารางที่ 2

$$R_{eq} = R_1 + a^2 R_2 \ , \ \ X_{eq} = X_1 + a^2 X_2 \tag{8}$$

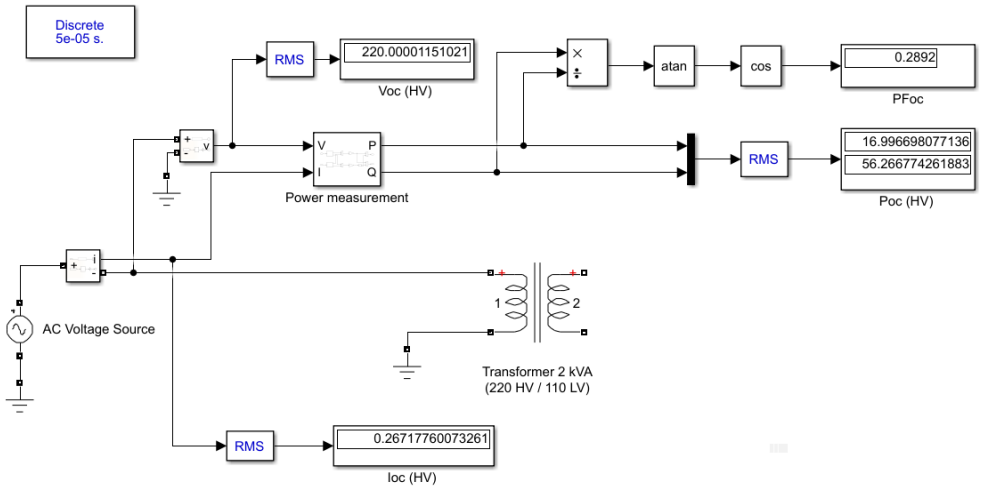
โดยที่ $a = \dfrac{V_1}{V_2}$ คืออัตราส่วนแรงดันของหม้อแปลง

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้า

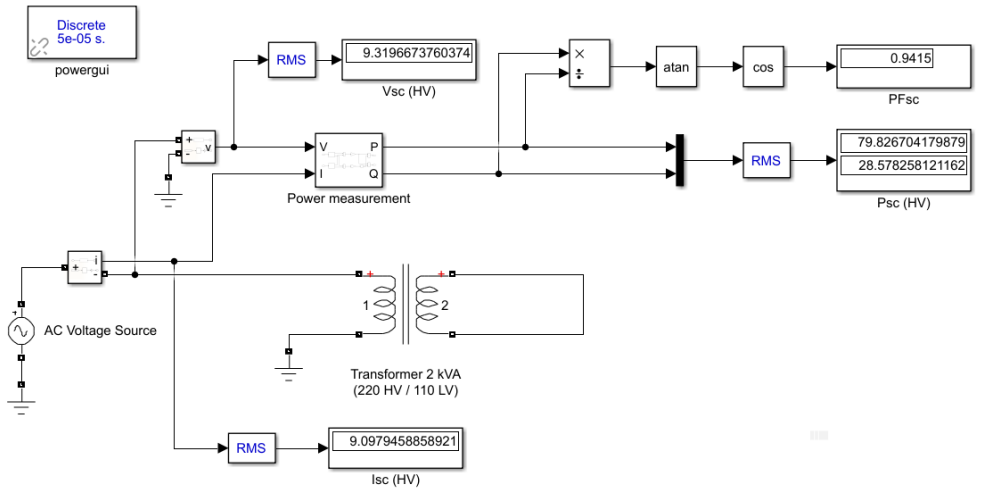
R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	X_1 (Ω)	X_2 (Ω)	R_C (Ω)	X_m (Ω)
0.3217	0.1608	0.1150	0.0575	2857.1429	862.0690

3. การสร้างแบบจำลองหม้อแปลงด้วย MATLAB/Simulink

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ที่ได้ตามตารางที่ 2 จึงทำการเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่สร้างจาก MATLAB/Simulink ด้วยวิธีจำลองการทดสอบแบบเปิดวงจรตามภาพที่ 4 และการจำลองแบบลัดวงจรตามภาพที่ 5 ซึ่งผลการจำลองทั้งค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า แสดงไว้ในตารางที่ 3 รวมถึงค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากการจำลองโดยเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริงแสดงไว้ในตารางที่ 4 ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการจำลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากจึงสามารถนำค่าพารามิเตอร์นี้ใช้เป็นแบบจำลองของหม้อแปลงได้



ภาพที่ 4 แบบจำลองการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเปิดวงจร



ภาพที่ 5 แบบจำลองการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบลัดวงจร

ตารางที่ 3 ผลจำลองการทดสอบของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย MATLAB/Simulink

การจำลอง	$V\ (V)$	$I\ (A)$	$P\ (W)$	$P.F.$
เปิดวงจร	220	0.2672	16.9967	0.2892
ลัดวงจร	9.32	9.0979	79.8267	0.9415

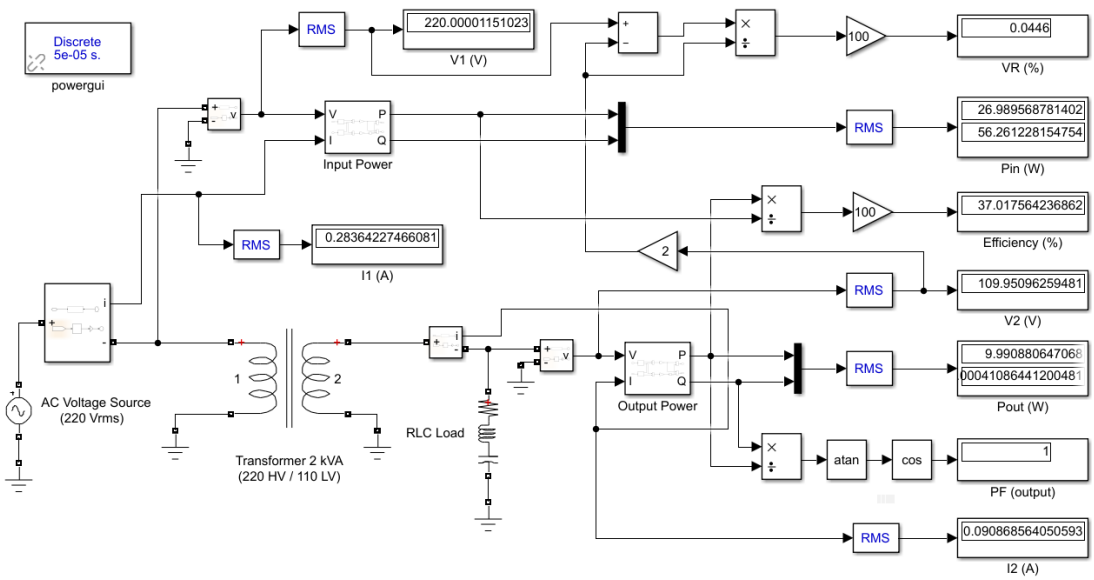
ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากการจำลองด้วย MATLAB/Simulink

พารามิเตอร์	$R_1\ (\Omega)$	$R_2\ (\Omega)$	$X_1\ (\Omega)$	$X_2\ (\Omega)$	$R_C\ (\Omega)$	$X_m\ (\Omega)$
ผลจากการทดสอบ	0.3217	0.1608	0.1150	0.0575	2857.1429	862.0690
ผลจากการจำลอง	0.3215	0.1607	0.1151	0.0576	2847.6116	860.0902
ความคลาดเคลื่อน (%)	0.062	0.062	0.087	0.174	0.334	0.230

4. การจำลองการทำงานของหม้อแปลงด้วย MATLAB/Simulink

ตามขอบเขตเนื้อหาการทดลองการทำงานของหม้อแปลงในห้องปฏิบัติการ จะให้หม้อแปลงจ่ายโหลดทางไฟฟ้า 3 ประเภท คือโหลดความต้านทาน (R) โหลดความเหนี่ยวนำ (L) และโหลดตัวเก็บประจุ (C) ที่ค่าแตกต่างกันเพื่อวัดผลการใช้กระแส แรงดัน ค่าตัวประกอบกำลัง รวมถึงกำลังงานด้านเข้า (Pin) ด้านออก (Pout) และประสิทธิภาพในการทำงาน ดังนั้นเพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิผลของแบบจำลองหม้อแปลงที่ประมวลด้วย Simulink จึงได้เปรียบเทียบผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Lab) และการจำลอง (Sim) ในส่วนของกำลังงานและประสิทธิภาพดังตารางที่ 5 ถึงตารางที่ 7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 5%

อย่างไรก็ตาม การจำลองด้วย Simulink จำเป็นต้องปรับแบบจำลองกรณีที่หม้อแปลงจ่ายโหลด L และโหลด C เนื่องจากตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่ใช้ในห้องปฏิบัติการนั้นไม่เป็นแบบอุดมคติ (Non-Ideal) ซึ่งต่างจากการใช้ใน Simulink ทำให้การจำลองกรณีโหลดดังกล่าวต้องเพิ่มโหลดความต้านทานเพื่อให้มีการใช้กำลังงานด้านออกที่ค่าเท่ากันกับที่วัดได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงจะทำให้ได้ผลการจำลองที่มีความใกล้เคียงกับที่ค่าที่วัดจริงมากขึ้น



ภาพที่ 6 การทำงานของหม้อแปลงซึ่งจำลองด้วย MATLAB/Simulink

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการจ่ายโหลด R จากห้องปฏิบัติการและการจำลองด้วย Simulink

โหลด-R	กำลังงานด้านเข้า (Pin,W)			กำลังงานด้านออก (Pout,W)			ประสิทธิภาพ (%)		
(Ω)	Lab	Sim	%Error	Lab	Sim	%Error	Lab	Sim	%Error
220	74.9	71.9	4.0	56.8	54.9	3.3	75.8	76.3	0.7
480	44.0	42.2	4.1	26.3	25.2	4.2	59.8	59.7	0.2
880	31.6	30.7	2.8	14.2	13.7	3.5	44.9	44.7	0.4

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลการจ่ายโหลด L จากห้องปฏิบัติการและการจำลองด้วย Simulink

โหลด-L	กำลังงานด้านเข้า (Pin,W)			กำลังงานด้านออก (Pout,W)			ประสิทธิภาพ (%)		
(H)	Lab	Sim	%Error	Lab	Sim	%Error	Lab	Sim	%Error
0.4	28.6	28.3	1.0	11.1	11.1	0.0	38.8	39.1	0.8
0.8	23.6	23.3	1.3	6.2	6.2	0.0	26.3	26.6	1.1
1.6	20.4	20.3	0.5	3.3	3.3	0.0	16.2	16.2	0.0

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลการจ่ายโหลด C จากห้องปฏิบัติการและการจำลองด้วย Simulink

โหลด-C	กำลังงานด้านเข้า (Pin,W)			กำลังงานด้านออก (Pout,W)			ประสิทธิภาพ (%)		
(μF)	Lab	Sim	%Error	Lab	Sim	%Error	Lab	Sim	%Error
0.9	16.9	17.1	1.2	0.1	0.1	0.0	0.58	0.58	0.0
1.8	17.2	17.1	0.6	0.1	0.1	0.0	0.58	0.58	0.0
3.6	17.7	17.7	0.0	0.7	0.7	0.0	3.95	3.96	0.3

การจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าประสิทธิภาพ (Efficiency:Eff) และค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดัน (Voltage Regulation:VR) ในขณะหม้อแปลงทำการจ่ายโหลดแบบ RLที่ระดับกำลังงานต่างๆ (เทียบกับค่าพิกัดหม้อแปลง 2 kVA) แสดงไว้ในตารางที่ 8 ซึ่งจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการทำงานของหม้อแปลงจะมีค่าสูงขึ้นตามกำลังงานของโหลดที่จ่าย โดยจะมีค่าสูงสุดที่ระดับโหลดหนึ่งๆ ตามภาพที่ 7 รวมถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันก็มีค่าสูงขึ้นด้วยเนื่องจากแรงดันด้านโหลดจะลดลงตามการจ่ายโหลดดังสมการที่ (9) และตามภาพที่ 8

ตารางที่ 8 ผลประสิทธิภาพและการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากการจ่ายโหลดจำลองด้วย Simulink

กำลังงานโหลด เทียบพิกัดหม้อแปลง		ค่าทางไฟฟ้าที่ได้จาก การจำลอง	
S (VA)	% Load	Eff (%)	VR (%)
No-load	0	0	0.0247
100	5	80.33	0.2161
200	10	88.69	0.4076
300	15	91.72	0.5992
400	20	93.20	0.7909
500	25	94.00	0.9827
600	30	94.46	1.175
700	35	94.72	1.366
800	40	94.86	1.558
900	45	94.90	1.751
1000	50	94.89	1.943

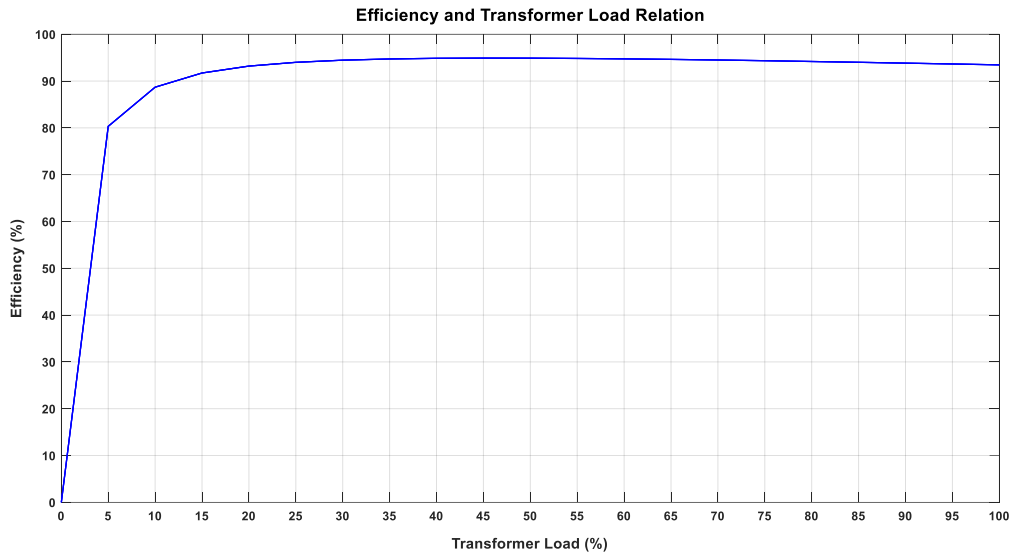
กำลังงานโหลด เทียบพิกัดหม้อแปลง		ค่าทางไฟฟ้าที่ได้จาก การจำลอง	
S (VA)	% Load	Eff (%)	VR (%)
1100	55	94.83	2.135
1200	60	94.74	2.327
1300	65	94.63	2.520
1400	70	94.50	2.712
1500	75	94.35	2.905
1600	80	94.18	3.097
1700	85	94.01	3.290
1800	90	93.83	3.483
1900	95	93.65	3.676
2000	100	93.46	3.869

$$\%VR = \frac{(V_1 - V_2)}{V_2} \times 100 \tag{9}$$

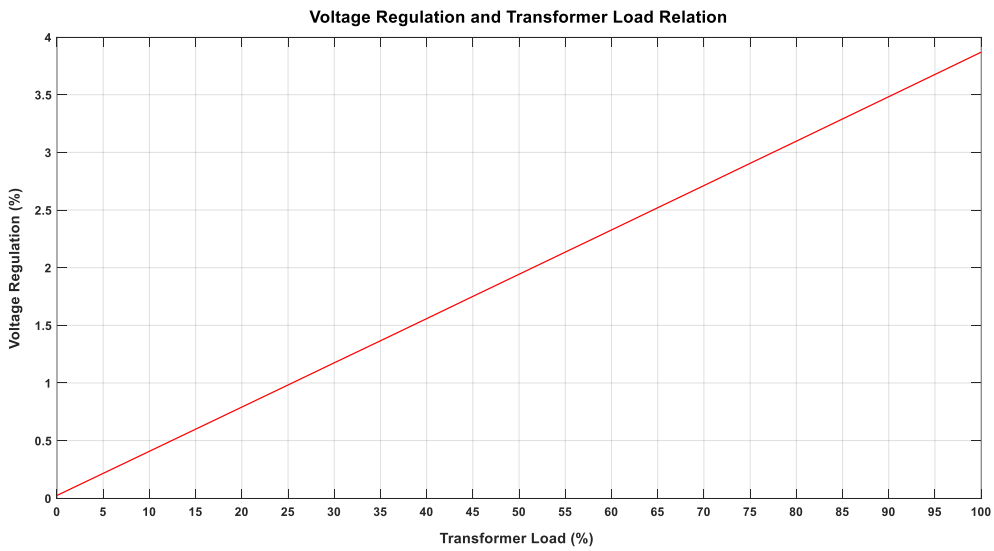
โดยที่ VR คืออัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันของหม้อแปลง

V_1 คือแรงดันด้านเข้าของหม้อแปลง (220 Vrms)

V_2 คือแรงดันด้านโหลดของหม้อแปลง



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพและการจ่ายโหลดของหม้อแปลง



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันและการจ่ายโหลดของหม้อแปลง

5. สรุปและอภิปรายผล

จากผลจำลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย MATLAB/Simulink แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของโปรแกรมโดยเริ่มจากการหาแบบจำลองของหม้อแปลงซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลการทดสอบแบบเปิดวงจรและลัดวงจรในห้องปฏิบัติการ หลังจากนั้นทำการปรับปรุงและตรวจสอบค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรมจำลองซึ่งจะเห็นว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนต่ำมาก เช่นเดียวกับการนำแบบจำลองหม้อแปลงไปใช้ศึกษา

คุณสมบัติกรณีการจ่ายโหลดชนิดต่างๆ โดยการเปรียบเทียบผลของกำลังงานและประสิทธิภาพในการทำงานของหม้อแปลงที่ทดสอบได้ในห้องปฏิบัติการและที่ได้จากการจำลอง นอกจากนี้ ผลการจำลองยังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพรวมถึงค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่มีต่อการจ่ายโหลดของหม้อแปลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทำงานของหม้อแปลงในเชิงทฤษฎีด้วย ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าเราสามารถนำโปรแกรม MATLAB/Simulink เข้ามาช่วยจำลองการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อใช้สอนในวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าในสภาวะการณ์ที่ไม่สามารถสอนในห้องปฏิบัติการได้ โดยเฉพาะเมื่อจำเป็นต้องมีการปรับรูปแบบเป็นการสอนออนไลน์ ซึ่งถึงแม้ผู้เรียนจะไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริงแต่ก็ยังคงมีทักษะในการใช้โปรแกรมช่วยจำลองรวมถึงมีความเข้าใจคุณลักษณะสมบัติในการทำงานของหม้อแปลงในเรื่องต่างๆ ได้ดี

6. เอกสารอ้างอิง

ชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์. 2558. *เอกสารประกอบการสอน วิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า.* ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม. 2558.

Saffet Ayasun and Chika O. Nwankpa. 2005. Transformer Tests Using MATLAB/Simulink and Their Integration into Undergraduate Electric Machinery Courses. *Computer Applications in Engineering Education Journal.* 14(2), p.142-150, 2005.

SIMULINK, Model-Based and System-Based Design, Using Simulink, MathWorks Inc., 2000.

การควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด3 แกน ด้วยตัวควบคุมแบบ พี ไอ ดี

A THREE-AXIS CNC MILLING MACHINE CONTROL BY PID CONTROLLER

วิทยา พันธุ์เจริญศิลป์* อดุลย์ พัฒนภักดี และ เผชิญ จันทร์สา

สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์และวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail:vitthaya.ph@spu.ac.th, adual.pa@spu.ac.th, pachern.ja@spu.ac.th,

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างและออกแบบระบบควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกน ซึ่งใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาและทดลองการออกแบบตัวควบคุมสำหรับการควบคุมแบบลูปปิด โดยการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แนวแกน ถูกขับเคลื่อนด้วยดีซีเซอร์โวมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร ขนาด 300 วัตต์ และมอเตอร์สำหรับกัดชิ้นงาน ขนาด 400 วัตต์ โดยมีชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ในแต่ละแกนแบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน ภายใต้การควบคุมการเคลื่อนที่เป็นแบบลูปปิด โดยมีคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมแบบพีไอดี(PID) ซึ่งคอนโทรลเลอร์ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ คำสั่งตำแหน่งการเคลื่อนที่และความเร็วถูกสร้างจากโปรไฟล์การเคลื่อนที่ 2 รูปแบบ โดยแบบแรก ความเร่งคงที่-ความหน่วงคงที่ และแบบที่สอง ความเร่งคงที่-ความเร็วคงที่-ความหน่วงคงที่ ซึ่งค่าของความเร็วและความเร่งในการควบคุมสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ จากผลการทดลองพบว่าในการควบคุมการเคลื่อนที่ภายใต้โปรไฟล์คำสั่งแบบแรก สำหรับแกนX ค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่ +/- 1.3 mm/s^2 แกนY เท่ากับ +/- 1.5 mm/s^2 และแกน Z เท่ากับ +/-1 mm/s^2 ผลการควบคุมภายใต้โปรไฟล์คำสั่งแบบที่สองสำหรับแกนX ค่าที่ดีที่สุดมีค่าความเร็วคงที่เท่ากับ 4 mm/s และความเร่งความหน่วงคงที่เป็น +/- 1.5 mm/s^2 แกน Yค่าที่ดีที่สุดคือที่ความเร็วคงที่เท่ากับ 4 mm/s และความเร่งความหน่วงคงที่เท่ากับ +/- 3 mm/s^2 และแกน Z ความเร็วคงที่เท่ากับ 2 mm/s และความเร่งความหน่วงคงที่เท่ากับ +/-2 m/s^2 โดยค่าความเร็วและความเร่งที่ถูกจำกัดนี้เกิดจากความไม่เป็นเชิงเส้นของความเฉื่อยที่ไม่ได้จำลองรูปทางคณิตศาสตร์ไว้และความเสียดทานของโครงสร้างแต่ละแนวแกนที่ไม่แน่นอนรวมถึงความไวในการตอบสนองของมอเตอร์

คำหลัก: เครื่องกัดซีเอ็นซี การควบคุม ตัวควบคุมแบบ พีไอดี

ABSTRACT

This research is about creating and designing the control system of 3 axis CNC machines, which will be used as the prototype for studies and experiment of closed-loop controller designing. The movement in 3 axis was driven by 300-watts permanent magnet DC Servo motor and 400-watts spindle motor. Each axis contains motor control set that use pulse width modulation. Under the closed-loop position control with PID controllers, which were made from computer program. The order for the position of movement was created from 2 types of movement profiles. The first one is constant acceleration-constant retardation. The second is constant acceleration-constant velocity-constant retardation. In which the value of velocity and acceleration that are under

the control can be changed. From the experiment, the control of movement by the first type of profile, for X axis the best value is equal to +/-1.3mm/s^2 and as for Y axis, the best value is +/-1.5 mm/s^2 and for Z axis, the best value is +/-1mm/s^2.The best results of the control under the second type of profile order for X axis occur when constant velocity is equal to 4 mm/s and constant acceleration is equal to +/- 1.5 mm/s^2. And for Y axis,the best value is when velocity is equal to 4mm/s and acceleration is equal to +/-3mm/s^2. And for Z axis, the best value is when velocity is equal to 2mm/s and acceleration is equal to +/-2 mm/s^2. The velocity and acceleration were limited because the nonlinearity of inertia that has not been simulated in the mathematics model, the uncertain of friction in each axis's structures and the speed of motor response.

Keywords: CNC Milling machine, control, PID controller

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการแข่งขันทางธุรกิจค่อนข้างสูงโดยเฉพาะอะไหล่หรือชิ้นส่วนทางด้านวิศวกรรมยานยนต์และเครื่องจักรกลต่างๆซึ่งใช้ยุทธวิธีการลดต้นทุนการนำเข้าแบบถาวรเป็นการผลิตขึ้นเอง โดยทคโนโลยีการผลิตนี้เองที่ต้องอาศัยเครื่องจักรที่มีความรวดเร็ว, ความถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นงานที่มีความซับซ้อนในเชิงผลผลิตมวลรวมแล้วจะใช้เครื่องจักรดังกล่าวในการผลิตแม่พิมพ์เพื่อการฉีดหรือหล่อ ด้วยเหตุดังกล่าวทำให้ประเทศต้องนำเข้าเครื่องจักรและอะไหล่ดังกล่าวคิดเป็นเงินตราที่ไหลออกนอกประเทศมากมายและเป็นไปแบบถาวร ตราบใดที่ประเทศยังไม่สามารถผลิตเครื่องดังกล่าวได้เอง จากเหตุผลดังกล่าวนี้เองผู้วิจัยเห็นว่าควรจะได้มีการวิจัยในเรื่องนี้เพื่อพัฒนาไปสู่การผลิตเครื่องดังกล่าวนี้

โดยจากข้อมูลที่ได้ค้นหาจากเว็บไซต์ของหอสมุดแห่งชาติ,ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทยและเว็บไซต์สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผลการค้นหาพบว่าการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซี ดังกล่าวเพื่อนำไปใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมได้จริงและมีประสิทธิภาพยังไม่มี จึงได้ทำการวิจัยนี้โดยเบื้องต้นเป็นการสร้างต้นแบบเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด3แกน เพื่อการศึกษาตัวควบคุมที่เหมาะสม โดยอ้างอิงค่าความถูกต้องสูงสุดที่ได้กับความรวดเร็วในการทำงานที่เหมาะสมกับเครื่องจักรต้นแบบเป็นหลักโดยพิจารณาจากทฤษฎีการควบคุมแบบต่างๆ โดยผลที่ได้จะสามารถนำไปพัฒนาต่อในการสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบ 4 แกน ถึง 6 แกน เพื่อสามารถทำงานที่ซับซ้อนในเชิงอุตสาหกรรมได้รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมในการสร้างคำสั่งเพื่อการควบคุมให้อยู่ในรูปแบบการใช้งานที่ง่าย

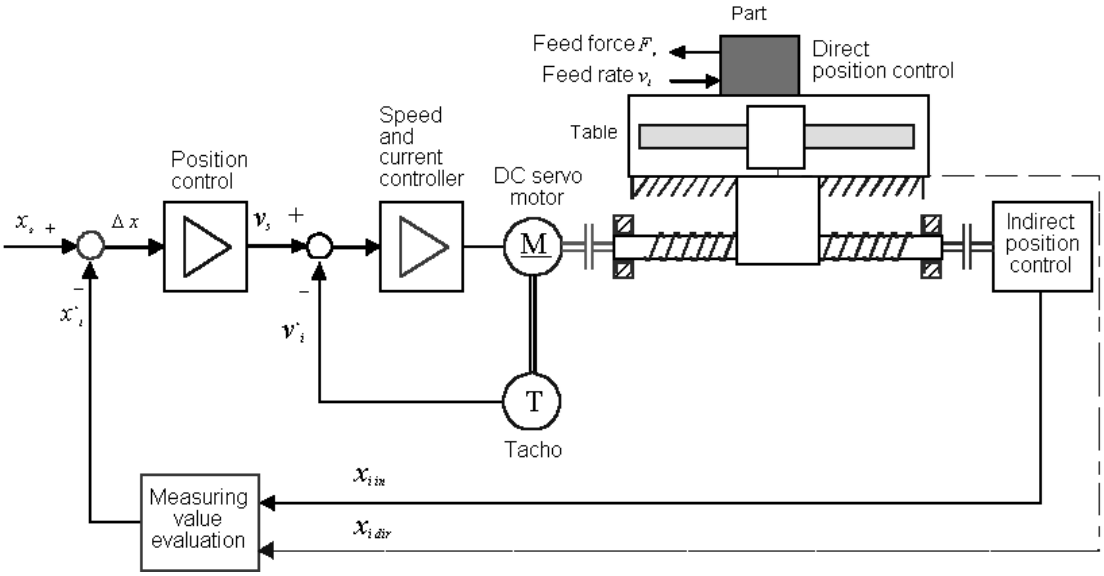
ทั้งนี้ทีมผู้วิจัยเห็นว่าเครื่องจักรดังกล่าวนี้เป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมหลายด้าน อาทิเช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ แม่พิมพ์ต่างๆ จึงได้ทำวิจัยโดยเลือกทำกรณีศึกษาจากเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน ที่เป็นต้นแบบจากที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปปรับใช้กับเครื่องที่สร้างใหม่หรือเครื่องเก่าที่ระบบควบคุมเดิมใช้การไม่ได้

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

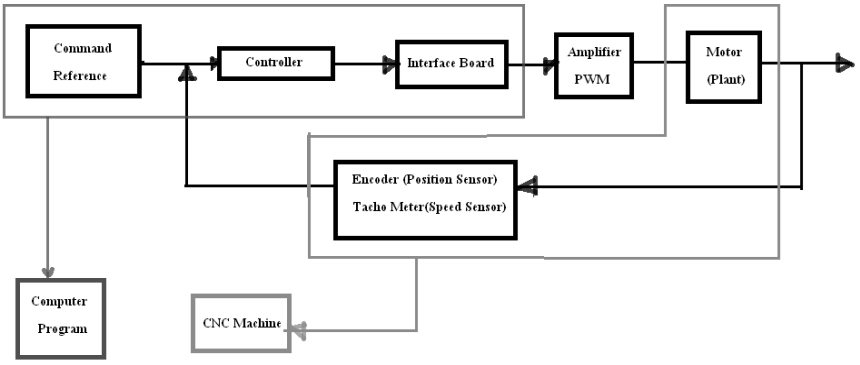
การเคลื่อนที่ในแต่ละแกนของเครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกน นี้มีการเคลื่อนที่และการกัดชิ้นงานโดยอาศัยกำลังขับเคลื่อนหรือการกัดชิ้นงานจากดีซีเซอร์โวมอเตอร์ ภายใต้การควบคุมแบบป้อนกลับโดยมีเซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง, ความเร็ว และลิมิตสวิทช์ในการกำหนดจุดอ้างอิงของแต่ละแกน

2.1 การควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน

การควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกนนี้ ใช้ระบบการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) ในการควบคุมการทำงาน โดยระบบควบคุมการทำงานนี้จะมีส่วนในการทำการปรียบเทียบสัญญาณที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดโดยอ้อมจากเอนโค๊ดเดอร์วัดตำแหน่งและทาโคมิเตอร์วัดความเร็วที่ตัวมอเตอร์ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรที่ต้องการ เพื่อพิจารณาค่าผิดพลาด ซึ่งค่าผิดพลาดจะถูกนำไปใช้ในการสร้างสัญญาณการควบคุมเพื่อลดค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นให้มีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าน้อยที่สุด การควบคุมแบบป้อนกลับดังกล่าวนี้สามารถแสดงเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกน ตามรูปที่ 1

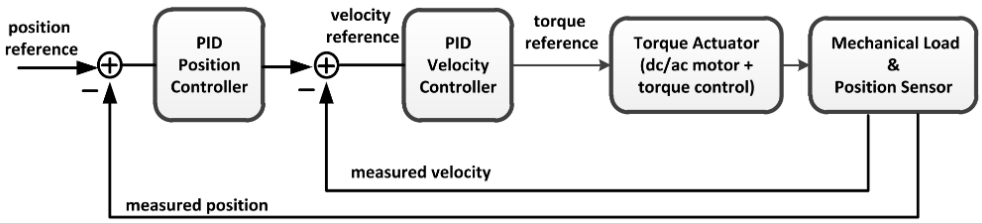


รูปที่ 1 ระบบควบคุมมอเตอร์ในเครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกน



รูปที่ 2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี

2.2 ตัวควบคุมที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ในเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน



รูปที่ 3 การใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีในเครื่องกัดซีเอ็นซี

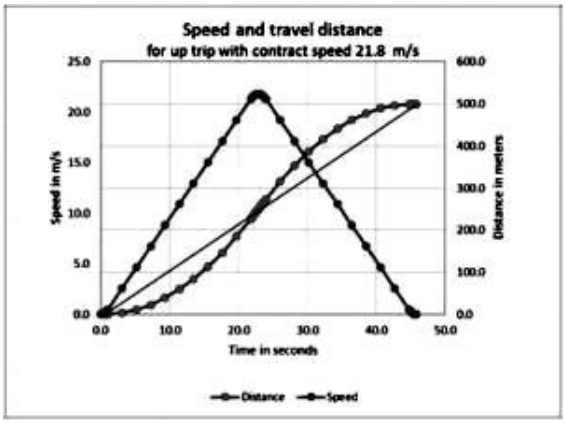
เครื่องกัดอัตโนมัติแบบ 3 แกน นี้ต้องการความถูกต้องในแต่ละแกนสูง จึงได้เลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PID มาใช้ในการควบคุม ซึ่งในการควบคุมจะใช้รูปแบบตัวควบคุมในลักษณะของเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Time) ดังนี้

$$u(k) = u(k-1) + K_p e(k) + K_I T_e(k) + \frac{K_D}{T}\left[e(k) - e(k-1)\right] \qquad (1)$$

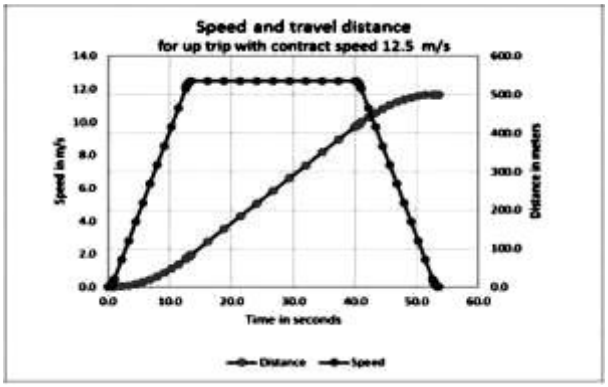
โดยสมการที่ 1 นี้ คือสมการของตัวควบคุมการทำงานที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในเครื่องกัดซีเอ็นซี โดยค่า K_p ,K_I และ K_D คือค่าอัตราขยายของตัวควบคุมเชิงสัดส่วน ตัวควบคุมอินทิกรัลและ ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ ตามลำดับ ซึ่งการใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซีในแต่ละเครื่องที่มีลักษณะของโครงสร้างที่แตกต่างกัน ในเรื่องของขนาดหรือโมเมนต์ความเฉื่อยมวลของระบบ ความเสียดทานและขนาดมอเตอร์จะต้องทำการปรับค่าอัตราขยายเหล่านี้ เพื่อทำให้ตัวควบคุมทำงานได้อย่างแม่นยำ ในขณะที่ T คือ ช่วงเวลาในการสุ่มข้อมูล โดยในการควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกนนี้จะใช้ความถี่ในการสุ่มข้อมูลเป็น 100 Hz หรือ 0.01 วินาที

2.3 ลักษณะของค่าสัญญาณอ้างอิงที่ส่งไปขับเคลื่อนมอเตอร์

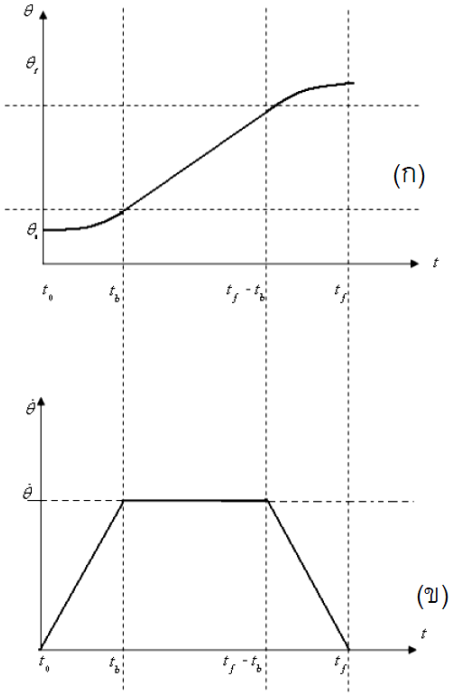
การเคลื่อนที่ในแต่ละแกนของเครื่องกัดซีเอ็นซี เป็นการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ซึ่งนอกจากการคำนึงถึงตำแหน่งการเคลื่อนที่แล้วยังมีการควบคุมเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดปลายอีกด้วย ซึ่งในเครื่องจักรซีเอ็นซีเรียกว่าอัตราการป้อน(Feed Rate) โดยการเคลื่อนที่เป็นการรับสัญญาณอ้างอิงที่ถูกส่งจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านอินเตอร์เฟซบอร์ดไปยังวงจรขับเคลื่อนแบบพัลส์วิดโมดูเลชัน เพื่อขับมอเตอร์ซึ่งสัญญาณอ้างอิงมีลักษณะสัญญาณแบบพาราโบลา(Parabolic blend)และเชิงเส้น ผสมกับพาราโบลา (Linear function with parabolic blend) โดยลักษณะสัญญาณอ้างอิงแสดงได้ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ โดยการเคลื่อนที่ในแบบพาราโบลา ในขณะเริ่มต้นเริ่มเคลื่อนจากความเร็วเป็นศูนย์แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นในลักษณะอัตราเร่งคงที่จนถึงตำแหน่งระหว่างกลางของตำแหน่งอ้างอิงจะค่อยๆลดความเร็วกระทั่งความเร็วเป็นศูนย์ และสำหรับแบบเชิงเส้นผสมกับพาราโบลาในขณะเริ่มต้นความเร็วจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในแบบอัตราเร่งคงที่และที่ระหว่างกลางของค่าตำแหน่งอ้างอิงความเร็วจะคงที่และเมื่อใกล้ตำแหน่งอ้างอิงความเร็วจะค่อยๆลดลงแบบอัตราหน่วงคงที่จนกระทั่งความเร็วเป็นศูนย์ มีผลทำให้การเคลื่อนที่ทั้งสองรูปแบบมีความราบเรียบและนิ่มนวล



รูปที่ 4 สัญญาณแบบพาราโบลา



รูปที่ 5 สัญญาณแบบเชิงเส้นผสมกับพาราโบลา



รูปที่ 6 แบบตัวอย่างความสัมพันธ์ของตำแหน่งการเคลื่อนที่และความเร็วเชิงมุมเทียบกับเวลา

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าการสร้างสัญญาณอ้างอิงการเคลื่อนที่จำเป็นต้องรู้ค่าต่างๆ ดังนี้

θ_o ตำแหน่งเริ่มต้นที่เริ่มจะเคลื่อนที่

θ_f ตำแหน่งเป้าหมายของการเคลื่อนที่

t_f ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ทั้งหมด

ค่าทั้งสามนี้ เป็นค่าที่ต้องกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้สั่งการเคลื่อนที่ โดยค่าเหล่านี้จะนำไปใช้หาค่าอื่นๆ เพื่อการสร้างสัญญาณส่งออก ดังนี้

หาค่าความเร่งเชิงมุมจาก $$\ddot{\theta} = \frac{4(\theta_f - \theta_o)}{t^2} + 1 \quad (2)$$

หาค่า t_b จาก $$t_b = \frac{t}{2} - \frac{\sqrt{\ddot{\theta}^2 t^2 - 4\ddot{\theta}(\theta_f - \theta_o)}}{2\ddot{\theta}} \quad (3)$$

หาค่า $\dot{\theta}$ จาก $$\dot{\theta} = \ddot{\theta}\, t_b \quad (4)$$

สมการที่ใช้สร้างสัญญาณตำแหน่งเพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่คือ

ช่วงที่ 1 (t_0 -> t_b)

หาสัญญาณตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้จากสมการ

$$\theta = \theta_o + 0.5\ddot{\theta}\, t^2 \quad (5)$$

ช่วงที่ 2 (t_b-> t_f-t_b)

หาสัญญาณตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้จากสมการ

$$\theta = \theta_o + \dot{\theta}(t - 0.5t_b) \quad (6)$$

ช่วงที่ 3 (t_f -t_b-> t_f)

หาสัญญาณตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้จากสมการ

$$\theta = \theta_o - 0.5\ddot{\theta}\left(t^2 - \left(t_f - t_b\right)^2\right) + \dot{\theta}\left(t - 0.5t_b\right) + \ddot{\theta}\, t\left(t_f - t_b\right) \quad (7)$$

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

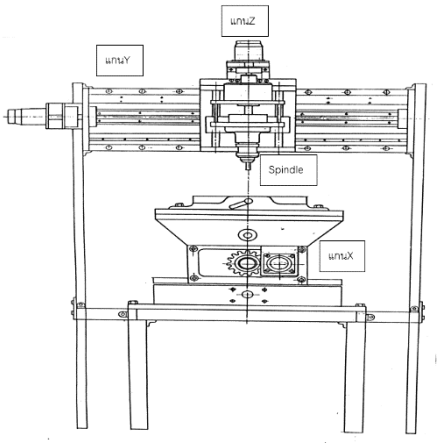
3.1 ออกแบบและสร้างโครงสร้างเครื่องกัดแบบ 3 แกน

3.2 การออกแบบและสร้างระบบควบคุม

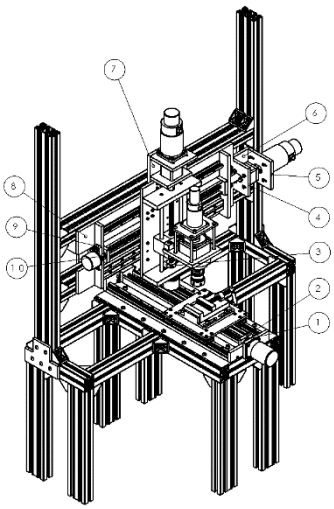
3.3 ทดสอบผลการควบคุมภายใต้คอนโทรลเลอร์แบบต่างๆ

4. วิธีการดำเนินวิจัย

4.1 การออกแบบและสร้างเครื่องกัด ซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน



รูปที่ 7 แบบด้านหน้าของเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน



รายการที่	ชื่อชิ้นงาน
1	มอเตอร์แกนX
2	กล่องเกียร์สำหรับมอเตอร์แกนX
3	มอเตอร์หัวกัดชิ้นกัน
4	กล่องเกียร์มอเตอร์แกนY
5	มอเตอร์แกนY
6	โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซี
7	มอเตอร์และกล่องเกียร์แกนZ
8	ลักษณะโครงสร้างระบบขับเคลื่อนแต่ละแกน
9	ลิเนียร์ไกด์และบอลสกรู
10	เอ็นโค้ดเดอร์

รูปที่ 8 แบบภาพรวมของเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน

รูปที่ 9 ภาพรวมของเครื่องกัดซีเอ็นซี ชนิด 3 แกน

ขนาดมิติการกัดชิ้นงาน ของแกน x-y-z คือ 400 mm x400 mm x300 mm ลิเนียร์สกรูแต่ละแกนมีระยะลีด 2 mm โครงสร้างทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ โดยมอเตอร์ขับเคลื่อนแต่ละแกนเป็นดีซีเซอร์โวที่มีขนาดกำลัง 400 watt อัตราเร็วรอบสูงสุด 3000 RPM แรงบิดสูงสุด 8 N m มอเตอร์สำหรับหัวกัดชิ้นงานขนาดกำลัง 500 watt อัตราเร็วรอบสูงสุด 4000 RPM แรงบิดสูงสุด 11.8 N m เอนโค้ดเดอร์ 1024 ppr

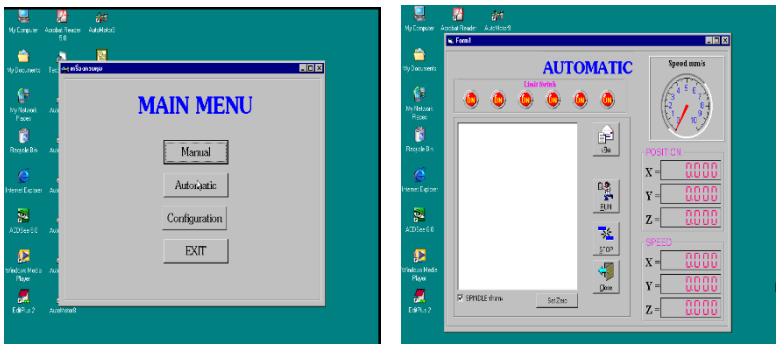
4.2 อุปกรณ์และการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกัดซีเอ็นซีชนิด 3 แกน
2. คอมพิวเตอร์พีซี
3. โปรแกรมสร้างทางเดินและการควบคุม
4. ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ทั้ง4 ตัวแบบ PWM
5. อินเตอร์เฟซบอร์ด D/A,A/D/,Digital I/O 12 บิท
6. ปากกาจับชิ้นงาน
7. ชิ้นงานทดสอบ
8. เวอร์เนียร์

วิธีการทดสอบ

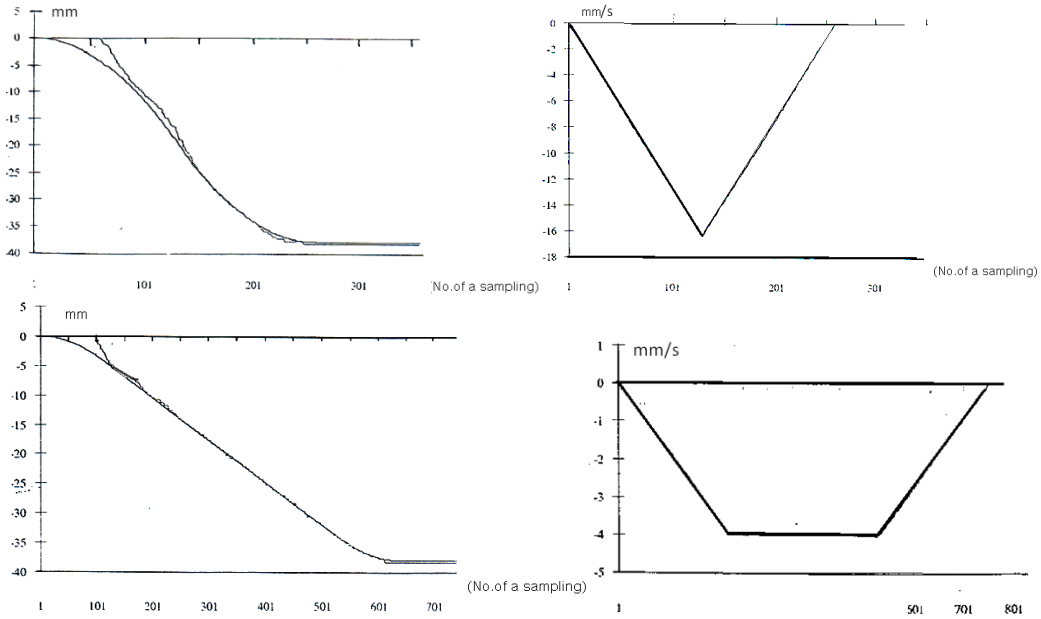
1. ทำการเปิดสวิต POWER ON ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และคอมพิวเตอร์
2. ทำการเปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่งกัด
3. เลือกโหมด Manual เพื่อทำการเซ็ทศูนย์ของแกนทั้งสาม
4. ไปที่โปรแกรมกำหนดค่าตัวควบคุมพีไอดี และค่าโปรไฟล์ในการสร้างตำแหน่งอ้างอิงการเคลื่อนที่โดยอ้างอิงกับค่าทางเดินในการกัดชิ้นงานในรูปแบบข้อมูลเอ็นซี แบบเอ็มโค้ดและจีโค้ดตามมาตรฐานสากล
5. ทำการเลือกโหมด Automatic Run ตามคำสั่งทางเดินที่กำหนด เพื่อกัดชิ้นงาน
6. ทำการวัดขนาดของส่วนต่างๆ ที่ได้และบันทึกผลในตาราง



รูปที่ 10 ภาพรวมของขั้นตอนการทดลอง

รูปที่ 10 ภาพรวมของขั้นตอนการทดลอง(ต่อ)

4.3 ผลการทดลอง

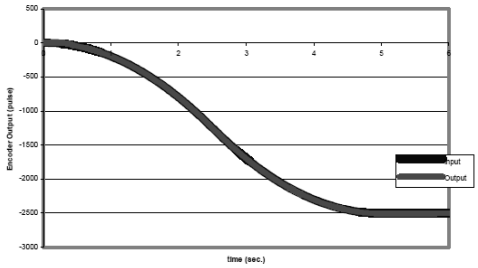


รูปที่ 11 ตัวอย่างผลการทดลองที่คำสั่งการควบคุมเป็นแบบ ความเร่ง-ความหน่วงคงที่ และแบบ ความเร่งคงที่-ความเร็วคงที่-ความหน่วงคงที่

5. ผลการวิเคราะห์

พบว่าที่อัตราขยายของตัวควบคุมของแต่ละแกนในการเคลื่อนที่กัดชิ้นงาน ที่ให้ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ๆ ดีและความคลาดเคลื่อนทุกขณะเข้าใกล้ค่าศูนย์ ค่าของแต่ละแกนมีดังนี้ สำหรับแกน X ที่ Kp =0.02, Ki = 0.1 และ Kd = 0.002, แกน Y ที่ Kp =0.002, Ki = 0.05 และ Kd = 0.001 และแกน Z ที่ Kp =0.1,

Ki = 0.4 และ Kd = 0.001 จะได้ลักษณะของการตอบสนองเทียบกับสัญญาณขาเข้า ดังรูปที่ 12 โดยการเคลื่อนที่จะเป็นไปอย่างราบเรียบตามแนวสัญญาณอ้างอิง ตลอดการเคลื่อนที่



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบของสัญญาณขาเข้าและสัญญาณตอบสนอง

6. อภิปรายผล

6.1จากผลการทดสอบควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบ2 แกนครึ่ง ในการกัดชิ้นงานซึ่งมีลักษณะโปรไฟล์แบบความเร่ง-ความหน่วงคงที่ให้ผลการควบคุมดีที่สุดที่ค่า+/- 1.3 mm/s^2 ให้ผลของความผิดพลาดที่ค่าสุดท้ายเป็นศูนย์ และในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ซึ่งมีลักษณะโปรไฟล์เป็นแบบ ความเร่ง-ความเร็ว-ความหน่วงคงที่ของแกนX พบว่าผลการเคลื่อนที่ๆค่าความเร่งความหน่วงคงที่เป็น +/- 1.5 mm/s^2 และความเร็วคงที่เป็น 4 mm/s ให้ผลการควบคุมดีที่สุดที่ค่าความผิดพลาดของค่าเป้าหมายเป็นศูนย์

6.2 การทดสอบการควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่ๆ เหมาะสมพบว่าอัตราขยายของตัวควบคุมที่ ให้ผลการควบคุมที่ดีในการใช้งานสำหรับแกน X ที่ Kp =0.02 , Ki = 0.1 และ Kd = 0.002 แกนY ที่ Kp =0.002, Ki = 0.05 และ Kd = 0.001 และแกน Z ที่ Kp =0.1, Ki = 0.4 และ Kd = 0.001

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองควบคุมตำแหน่งและความเร็วที่ภายใต้เงื่อนไขโปรไฟล์ของความเร็วแบบต่างๆ บนทางเดินแบบ 2 มิติพบว่าที่ภายใต้ความเร็วและความเร่งสูงๆให้ผลควบคุมที่ไม่ดีเนื่องจาก มีค่าความผิดพลาดที่ปลายทางหรือที่ตำแหน่งเป้าหมายค่อนข้างสูงอันเป็นผลเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของความเสียดทาน ผลกระทบจากแรงเฉื่อยและขีดจำกัดของความเร็วในการตอบสนองของระบบทางกลของมอเตอร์

เราสามารถลดความผิดพลาดลงได้ด้วยการเลือกเกียร์ทดแบบฮาร์โมนิคไดรฟ์ที่มีความเสียดทานต่ำและมวลต่ำจะทำให้ลดค่าความผิดพลาดจากความเสียดทานและแรงเฉื่อยลงได้

8. รายงานอ้างอิง

[1] Ha, C.-W.Rew, K.-H. Kim, K.-S. Robust Zero Placement for Motion Control of Lightly Damped Systems. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2013, 60, 3857–3864.

[2] Hong-Jun Heo , Yungdeug Son , Jang-Mok Kim. A Trapezoidal Velocity Profile Generator for Position Control Using a Feedback Strategy. In *Proceeding of Energies.* 2019,12,1222.

[3] ทศพิธ วิสมิตนันท์, พิเชฐ ตระการชัยศิริ, เกรียงไกร ไวยกาญจน์.การสร้างเครื่องกัด CNC ขนาดเล็กสำหรับการผลิตแบบหล่อโฟมหายแบบแยกชิ้น. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*. 2555.

[4] วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. *การควบคุมระบบพลศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .2538.

[5] John G.Bollinger, Neil A.Duffie. *Computer Control of Machines and Processes*. Addison-Wesley ,1988.

การวัดค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์สำหรับเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่อง กรณีศึกษา: รถยนต์ฮอนดา

A VIBRATION MEASUREMENT FOR AN ENGINE MOUNTS REPLACEMENT A CASE STUDY: HONDA CAR

อดุลย์ พัฒนภักดี
สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: adual.pa@spu.ac.th

ธนประเสริฐ เพชรล้อมทอง
สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: hewhonda1234@gmail.com

เผชิญ จันทร์สา
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: pachernl.ja@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาขนาดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพื่อที่จะหาค่าขนาดสูงสุดของการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์สำหรับใช้เป็นค่าอ้างอิงในการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องของรถยนต์ แทนที่จะใช้ระยะทางหนึ่งแสนกิโลเมตรสำหรับการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องรถยนต์ในปัจจุบัน โดยทำการทดลองเก็บข้อมูลที่ศูนย์บริการยานยนต์แห่งหนึ่งในช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน 2562 โดยทำการทดสอบเก็บข้อมูลรถยนต์ที่มียางรองแท่นเครื่องเหมือนกัน จำนวนทั้งหมด 39 คัน โดยแบ่งเป็นรถยนต์รุ่นHonda Civic จำนวน 15 คัน Honda City จำนวน 14 คันและHonda Jazz จำนวน10คัน จากการทดลองพบว่าสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 1800cc (Honda Civic) ถ้าเครื่องยนต์มีค่าขนาดการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีคมากกว่า0.6mm ควรมีการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่อง เช่นเดียวกันสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 1500cc (Honda City และ Honda Jazz) ถ้าเครื่องยนต์มีค่าขนาดการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีคมากกว่า0.4mm ควรมีการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องของรถยนต์

คำสำคัญ: การสั่นสะเทือน ยางรองแท่นเครื่อง เครื่องยนต์สันดาปภายใน ระยะพีคทูพีค

ABSTRACT

In this article, the maximum Peak to Peak displacement of a vibration for an internal combustion engine is investigated. The maximum Peak to Peak displacement of an engine vibration can be used as reference value

for a replacement of an engine mouth instead of a distance 100,000 km**.** The amount of 39 testing cars which have a same engine mouth, Honda Civic 15 data, Honda City 14 data and Honda Jazz 10 data, had been collected from the Honda car service center during August 2019 -November 2019. The result showed that, for the 1800cc engine (Honda Civic), the maximum Peak to Peak displacement for a replacement of an engine mouth is 0.6mm. And also, for 1500cc engine (Honda City &Honda Jazz), the maximum Peak to Peak displacement for a replacement of an engine mouth is 0.4mm.

Keywords: Vibration, Engine Mouth, Internal Combustion Engine, Peak to Peak Displacement

1. บทนำ

การจุดระเบิดของเครื่องยนต์สันดาปภายในจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ และจะถูกถ่ายทอดผ่านมายังโครงเครื่องยนต์แล้วผ่านไปยังแท่นเครื่องส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนกับตัวถังของรถยนต์ทำให้อายุการใช้งานของรถยนต์ลดลง ดังนั้นตัวเครื่องยนต์ที่ถูกติดตั้งในห้องเครื่องจะต้องถูกยึดอย่างมั่นคงโดยมียางรองแท่นเครื่องเป็นตัวยึดเข้ากับตัวถังหรือซับเฟรม ซึ่งยางรองแท่นเครื่องจะทำหน้าที่ช่วยลดแรงการสั่นสะเทือนขณะที่เครื่องยนต์หมุน (Borna Kovarik., 2016) ยางรองแท่นเครื่องส่วนใหญ่ผลิตจากยางสังเคราะห์โดยต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมคือมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อรองรับน้ำหนักของเครื่องยนต์และก็ต้องมีความยืดหยุ่นเพียงพอเพื่อช่วยลดการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อใช้รถยนต์เป็นระยะเวลานานๆ ก็จะเกิดการเสื่อมสภาพหรือการฉีกขาดของยางรองแท่นเครื่องซึ่งทำให้รถยนต์มีการสั่นสะเทือนมากขึ้นและส่งผลต่อการชำรุดของเครื่องยนต์และตัวรถยนต์

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของยางรองแท่นเครื่องและการเสื่อมสภาพของยางรองแท่นเครื่องรถยนต์

ยางรองแท่นเครื่องเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่ช่วยลดการสั่นสะเทือนจากเครื่องยนต์ ซึ่งในปัจจุบันศูนย์บริการรถยนต์ส่วนใหญ่จะทำการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องที่ระยะทาง 100,000 กิโลเมตร โดยมีการตรวจสอบยางรองแท่นเครื่องด้วยการสังเกต ใช้การฟังเสียงโดยอาศัยความชำนาญของช่างยนต์ประจำศูนย์บริการนั้นๆ เป็นหลัก ผู้ใช้รถยนต์ส่วนใหญ่ก็จะทำการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องที่ระยะทางตามที่ศูนย์บริการกำหนด แต่ก็มีผู้ใช้รถยนต์จำนวนมากที่ไม่ยอมเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องโดยรอจนพบการสั่นสะเทือนที่มีขนาดมากขึ้นหรือรอจนยางรองแท่นเครื่องฉีกขาดส่งผลให้เครื่องยนต์เกิดความเสียหาย ซึ่งการเสื่อมสภาพของยางรอง

แท่นเครื่องจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนจนเกิดผลกระทบโดยตรงกับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์และอายุการใช้งานของรถยนต์

การศึกษาในครั้งนี้จึงนำเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนรุ่น ST-140D ซึ่งวัดความถี่ได้ตั้งแต่ 10Hz-1KHz มาใช้ในการตรวจวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์โดยตรงเพื่อหาขนาดการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ใช้สำหรับระบุการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่อง และพิจารณาหาความสัมพันธ์ของขนาดการสั่นสะเทือนกับระยะทางการใช้งานของรถยนต์ โดยทำการทดสอบเก็บข้อมูลรถยนต์ฮอนดาจำนวนสามรุ่น (Honda Civic, Honda City, Honda Jazz) ซึ่งเป็นรถยนต์ที่มีขนาดและจำนวนยางรองแท่นเครื่องเท่ากัน ตำแหน่งติดตั้งยางรองแท่นเครื่องเหมือนกันและใช้วัสดุชนิดเดียวกัน

2. วัตถุประสงค์

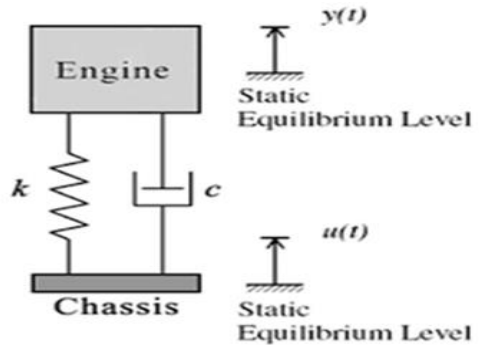
(1) เพื่อศึกษาและหาค่าสูงสุดของการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์สำหรับเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่อง

(2) เพื่อประมาณค่าความสัมพันธ์ของขนาดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์กับระยะทางการใช้งาน

3. วิธีการศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายของเครื่องยนต์และยางรองแท่นเครื่องสามารถแทนได้ด้วยระบบมวลสปริง ดังรูปที่ **2**



รูปที่ 2 แสดงแบบจำลองอย่างง่ายของเครื่องยนต์และยางรองแท่นเครื่อง

จากแบบแบบจำลองอย่างง่ายของเครื่องยนต์และยางรองแท่นเครื่องตามรูปที่ 2. ถ้าเครื่องยนต์มีมวล (m) ค่าคงที่ของสปริงของยางรองแท่นเครื่อง (k) และค่าคงที่ของการหน่วง (c) สมการการเคลื่อนที่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$m\frac{d^2y(t)}{dt^2} + c\frac{dy(t)}{dt} + ky(t) = u(t) \qquad \ldots (1)$$

เมื่อ u(t) แทนสัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้าระบบอันเนื่องมาจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ จากสมการที่ (1) เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ได้เป็น

$$T(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{ms^2 + cs + k} \qquad \ldots (2)$$

จากสมการที่ (1&2) เมื่อสัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้าระบบอันเนื่องมาจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนเป็นสัญญาณในรูปแบบของฟังก์ชันไซน์ $u(t) = A\sin\omega t$ ค่าของผลตอบสนองความถี่ (Frequency Response) ของระบบ(Dorf, & Bishop ,2017) จะมีค่าเป็น

$$y_{ss} = A\left|T(s = j\omega)\right|\sin(\omega t + \phi) \qquad \ldots (3)$$

จากสมการที่ (3) แสดงให้เห็นว่าค่าขนาดของการสั่นสะเทือนจะขึ้นอยู่กับค่าขนาดของสัญญาณอินพุท (A) และค่าขนาดของฟังก์ชันถ่ายโอน ($\left|T(s = j\omega)\right|$) โดยที่ความถี่ของการสั่นสะเทือนจะยังคงมีค่าเช่นเดียวกับสัญญาณอินพุท

3.2 การประมาณค่าความสัมพันธ์แบบ Least Square Regression

การประมาณค่าความสัมพันธ์แบบ Least Square Regression เป็นรูปแบบการหาความสัมพันธ์ที่นิยมใช้วิธีหนึ่งเป็นการประมาณค่าสมการที่ไม่จำเป็นต้องผ่านข้อมูลทุกจุด เพียงแต่กำลังสองของค่าความผิดพลาด (error) ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ประมาณขึ้นต้องมีผลรวมน้อยที่สุด โดยการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม (Figliola & Beasley, 2015) ถ้ากำหนดให้ y แทนค่าของข้อมูลแท้จริง และ y_c แทนค่าของข้อมูลจากการประมาณค่า และ D แทนค่าของกำลังสองของค่าความผิดพลาด

$$y_c = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m \qquad \ldots (4)$$

$$D = \sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m\right)^2 \qquad \ldots (5)$$

การประมาณค่าโดยวิธี Least Square Regression ต้องทำให้ D มีค่าน้อยที่สุดนั่นคือ

$$dD = \frac{\partial D}{\partial a_0} da_0 + \frac{\partial D}{\partial a_1} da_1 + \frac{\partial D}{\partial a_3} da_3 + \ldots + \frac{\partial D}{\partial a_m} da_m = 0 \qquad \ldots (6)$$

สำหรับการประมาณค่าเป็นสมการเส้นตรง $y_c = a_0 + a_1 x$ จากสมการที่ (6) เราได้

$$\frac{\partial D}{\partial a_0} = \frac{\partial}{\partial a_0}\left(\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i\right)^2\right) = -2\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i\right) = 0 \qquad \ldots (7)$$

$$\frac{\partial D}{\partial a_1} = \frac{\partial}{\partial a_1}\left(\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i\right)^2\right) = -2\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i)\right)x_i = 0 \qquad \ldots (8)$$

จากสมการที่ (7)และ (8) สามารถหาระบบสมการ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ได้จากความสัมพันธ์

$$a_0 N + a_1 \sum x_i = \sum y_i \qquad \ldots (9)$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 = \sum x_i y_i \qquad \ldots (10)$$

3.3 วิธีการทดสอบ

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลที่ศูนย์บริการยานยนต์ฮอนดาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน 2562 โดยมีรายละเอียดในการทดลองเก็บข้อมูลดังนี้

1. นำรถยนต์ที่จะทำการทดสอบเก็บข้อมูลมาตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์ด้วยอุปกรณ์ OBDII (On Board Diagnosis II) เพื่อตรวจสอบสถานะของเครื่องยนต์ ในขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องยนต์ถ้าไม่พบรหัสข้อผิดพลาด (error code) จึงจะทำการเก็บข้อมูลการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์

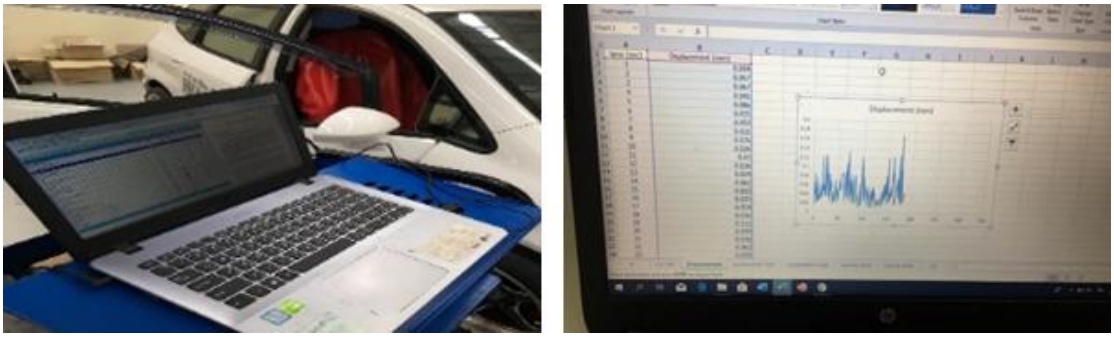
2. ประกอบเซ็นเซอร์หัววัดการสั่นสะเทือนของเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน ST-140D แล้วนำไปยึดติดกับเครื่องยนต์ที่ตำแหน่งวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์

รูปที่ 3 แสดงเครื่องมือวัดและตำแหน่งการวัด

3. ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์เพื่อตรวจสอบการสั่นสะเทือนที่รอบเดินเบา ทำการบันทึกข้อมูลการสั่นสะเทือนเป็นเวลา 5 นาที

รูปที่ 4 แสดงผลการอ่านข้อมูลขณะทาการทดสอบ

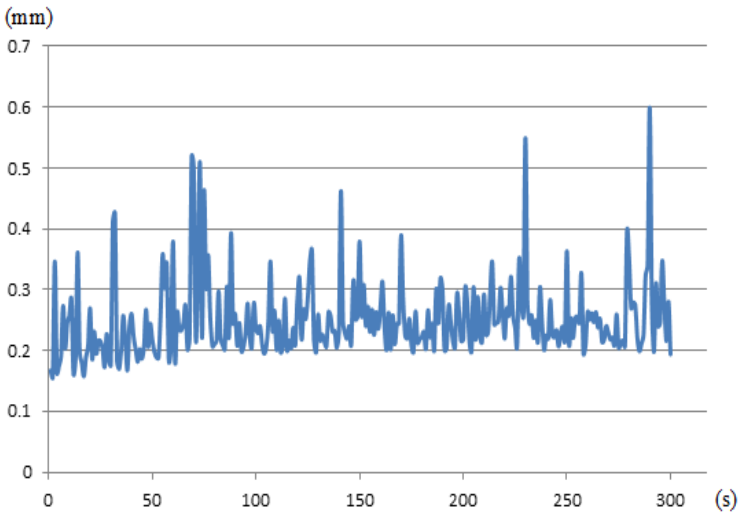
4. ถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน ST-140D ลงสู่คอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 5 แสดงการถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

4. ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

จากการเก็บข้อมูลการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ของศูนย์บริการรถยนต์ฮอนดาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน 2562 โดยทำการทดสอบเก็บข้อมูลรถยนต์ที่มีการติดตั้งตำแหน่งยางรองแท่นเครื่องเหมือนกัน จำนวนทั้งหมด 39 คัน โดยแบ่งเป็นรถยนต์รุ่น Honda Civic จำนวน15คัน Honda City จำนวน14คันและ Honda Jazz จำนวน10คัน โดยมีตัวอย่างผลการเก็บข้อมูลดิบดังรูปที่ 6 และค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (Peak to Peak: เป็นการวัดขนาดของระยะการสั่นสะเทือนระหว่างจุดต่ำสุดและสูงสุดของคลื่นความถี่ของการสั่นสะเทือนโดยไม่คำนึงถึงค่าบวกลบของคลื่นสัญญาณการสั่นสะเทือน) ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 1-3



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างข้อมูลดิบที่ได้จากเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

ตารางที่1 แสดงค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีครถยนต์ Honda Civic ขนาดเครื่องยนต์ 1800cc ที่รอบเดินเบา

คันที่	อายุรถยนต์ (month)	ระยะทางการใช้งานรถยนต์ (km)	ค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (mm)
1	6	6,596.00	0.2851
2*	9	20,472.00	0.5876
3	17	44,890.00	0.4929
4**	24	32,246.00	1.0344
5	25	112,014.00	0.2854
6	30	41,299.00	0.4505
7	32	34,126.00	0.4661
8	35	81,128.00	0.3704
9	37	125,989.00	1.2423
10	38	54,190.00	0.4678
11	42	117,012.00	0.5438
12	57	69,532.00	0.2895
13	66	327,575.00	0.4636
14	67	60,990.00	0.3120
15	79	51,524.00	0.1406

พิจารณาจากตารางที่1 สำหรับรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานน้อยกว่า 100,000กิโลเมตร รถยนต์คันที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีคสูงสุดเท่ากับ 0.5876 (ไม่พิจารณารถยนต์คันที่ 4 เนื่องจากมีประวัติการชน) สำหรับรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานมากกว่า 100,000 กิโลเมตร เราพบว่ารถยนต์คันที่ 5 (112,014 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.2854 mm รถยนต์คันที่ 9 (125,989 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 1.2423 mm รถยนต์คันที่ 11 (117,012 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.5438 mm รถยนต์คันที่ 13 (327,575 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.4636 mm ***จะเห็นได้ว่ารถยนต์คันที่5 มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนที่ต่ำถึงแม้ว่าระยะทางใช้งานจะมีค่ามากกว่า 100,000 กิโลเมตร*** และเมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (y) กับระยะการใช้งานรถยนต์ (x) ของรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานน้อยกว่า 100,000 กิโลเมตร สำหรับรถยนต์ Honda Civic โดยใช้สมการที่ 9 และ 10 จะได้ความสัมพันธ์เป็น $y = 0.5975 - 3.36' 10^{-6} x$

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค รถยนต์ Honda City ขนาดเครื่องยนต์ 1500cc ที่รอบเดินเบา

คันที่	อายุรถยนต์ (month)	ระยะทางการใช้งานรถยนต์ (km)	ค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (mm)
1	3	10,539.00	0.2583
2	5	10,652.00	0.2853
3	8	6,178.00	0.1708
4	10	10,147.00	0.3085
5*	44	99,198.00	0.3418
6	52	79,792.00	0.2684
7	67	122,734.00	0.2152
8	69	149,064.00	0.6507
9	70	159,999.00	0.8167
10	71	63,183.00	0.3147
11	80	78,669.00	0.2624
12	80	256,112.00	0.2297
13	83	110,951.00	0.3873
14	113	92,689.00	0.2701

พิจารณาจากตารางที่ 2 สำหรับรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานน้อยกว่า 100,000 กิโลเมตร รถยนต์คันที่ 5 จะมีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีคสูงสุดเท่ากับ 0.3418 สำหรับรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานมากกว่า 100,000 กิโลเมตร เมื่อพิจารณาเป็นรายคันพบว่ารถยนต์คันที่ 7 (122,734 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.2152 mm รถยนต์คันที่ 8 (149,064 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.6507 mm รถยนต์คันที่ 9 (159,999 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.8167 mm รถยนต์คันที่ 12 (256,112 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.2297 mm (รถคันนี้มีประวัติการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องก่อนเข้ารับบริการ) และรถยนต์คันที่ 13 (110,951 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.3873 mm ***จะเห็นได้ว่ารถยนต์คันที่ 7 และรถยนต์คันที่ 13 มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนที่ต่ำถึงแม้ว่าระยะทางใช้งานจะมีค่ามากกว่า 100,000 กิโลเมตร*** และเมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะ

$$y = 0.2499 + 5.1223' 10^{-7} x$$

การสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (y) กับระยะการใช้งานรถยนต์ (x) ของรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานน้อยกว่า 100,000 กิโลเมตร สำหรับรถยนต์ Honda City โดยใช้สมการที่ 9 และ 10 จะได้ความสัมพันธ์เป็น

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค รถยนต์ Honda Jazz ขนาดเครื่องยนต์ 1500cc ที่รอบเดินเบา

คันที่	อายุรถยนต์ (month)	ระยะทางการใช้งานรถยนต์ (km)	ค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (mm)
1	4	20,562.00	0.1880
2	12	12,153.00	0.3175
3	15	31,678.00	0.2086
4	22	17,401.00	0.2993
5	28	32,758.00	0.2324
6*	29	40,776.00	0.3580
7	39	31,780.00	0.2440
8	60	113,070.00	0.4919
9	64	201,541.00	0.2961
10	74	82,641.00	0.2711

พิจารณาจากตารางที่ 3 สำหรับรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานน้อยกว่า 100,000 กิโลเมตร รถยนต์คันที่ 6 จะมีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีคสูงสุดเท่ากับ 0.3580 สำหรับรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานมากกว่า 100,000 กิโลเมตรเมื่อพิจารณาเป็นรายคันพบว่ารถยนต์คันที่ 8 (113,070 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.4919 mm รถยนต์คันที่ 9 (201,541 km) มีค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน 0.2961 mm (รถคันนี้มีประวัติการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องก่อนเข้ารับบริการ) และเมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (y) กับระยะการใช้งานรถยนต์ (x) ของรถยนต์ที่มีระยะการใช้งานน้อยกว่า 100,000 กิโลเมตร สำหรับรถยนต์ Honda Jazz โดยใช้สมการที่ 9 และ 10 จะได้ความสัมพันธ์เป็น

$$y = 0.2602 + 1.3762' \ 10^{-7} x$$

5. สรุป

จากการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์สำหรับรถยนต์ฮอนดา โดยใช้เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน ST-140D และทำการประมาณค่าแบบ least square regression เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสั่นสะเทือนแบบพีคทูพีค (y) กับระยะการใช้งานรถยนต์ (x) สำหรับรถยนต์ที่มีระยะทางการใช้งานน้อยกว่า100,000 กิโลเมตรเราพบว่า

สำหรับรถยนต์ Honda Civic จะได้ความสัมพันธ์เป็น $y = 0.5975 - 3.36' \ 10^{-6} x$

สำหรับรถยนต์ Honda City จะได้ความสัมพันธ์เป็น $y = 0.2499 + 5.1223' \ 10^{-7} x$

สำหรับรถยนต์ Honda Jazz จะได้ความสัมพันธ์เป็น $y = 0.2602 + 1.3762' \ 10^{-7} x$

เมื่อพิจารณาเชิงลึกสำหรับรถยนต์ Honda Civic ขนาดเครื่องยนต์ 1800cc (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าการใช้เกณฑ์เปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องที่ 100,000 กิโลเมตร โดยไม่คำนึงถึงขนาดการสั่นสะเทือนนั้นอาจไม่

เหมาะสมกับรถยนต์คันที่ 5, 11, และ 13 ซึ่งมีขนาดการสั่นสะเทือนไม่มาก ในแนวทางกลับกันสำหรับรถยนต์คันที่ 2 ถึงแม้ว่าจะมีระยะทางการใช้งานเพียง 20,472 กิโลเมตร แต่มีขนาดการสั่นสะเทือนสูงถึง 0.5876 mm ก็ควรมีการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุที่มีขนาดการสั่นสะเทือนมากเพื่อทำการแก้ไขและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับรถยนต์ ในทำนองเดียวกันสำหรับรถยนต์ Honda City ขนาดเครื่องยนต์ 1500cc (ตารางที่ 2) การใช้เกณฑ์เปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องที่ 100,000 กิโลเมตร โดยไม่คำนึงถึงขนาดการสั่นสะเทือนนั้นอาจไม่เหมาะสมกับรถยนต์คันที่7 และ 13

การใช้เกณฑ์ขนาดการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องโดยวิเคราะห์แนวโน้ม (วินัย เวชวิทยาขลัง, 2552) อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งสำหรับศูนย์บริการยานยนต์ที่จะเลือกใช้ข้อมูลเชิงสถิติที่ได้จากการวัดเป็นแนวทางสำหรับการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่อง สำหรับข้อมูลจากการทดสอบในครั้งนี้สำหรับเครื่องยนต์ขนาด 1800cc ถ้าขนาดการสั่นสะเทือนที่รอบเดินเบา มากกว่า 0.5876 mm (0.6mm โดยประมาณ) ควรมีการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่อง เช่นเดียวกันสำหรับเครื่องยนต์ขนาด 1500cc ถ้าขนาดการสั่นสะเทือนที่รอบเดินเบา มากกว่า 0.3580 mm (0.4mmโดยประมาณ) ควรมีการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องของรถยนต์

6. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาในครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลรถยนต์เพียงสามรุ่นเท่านั้น (Honda Civic, Honda City, Honda Jazz) ซึ่งเป็นรถยนต์ที่มีเครื่องยนต์แบบเดียวกัน รูปแบบและตำแหน่งการติดตั้งยางรองแท่นเหมือนกัน และทำการเก็บข้อมูลได้เพียง 39 คัน อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของลูกค้าและเวลาในการเก็บข้อมูล หากมีการเก็บข้อมูลที่มากขึ้น และขยายผลไปยังรถยนต์รุ่นอื่นๆ หรือหลากหลายค่ายรถยนต์ ก็จะได้ค่าแนวโน้มของขนาดการสั่นสะเทือนสูงสุดสำหรับใช้ในการอ้างอิงสำหรับการเปลี่ยนยางรองแท่นเครื่องรถยนต์

7. เอกสารอ้างอิง

วินัย เวชวิทยาขลัง. (2552). *เทคนิคการวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนเพื่องานบำรุงรักษา*. กรุงเทพฯ: เอ็มแอนด์อี.

Borna Kovarik. (2016), *Modeling of the Nonlinear Frequency Dependent Engine Mount Dynamic Stiffness*, M.S. Thesis,University of Zagreb.

Richard C. Dorf, & Robert H. Bishop (2017), *Modern Control Systems*, (13th ed.). Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall.

Richard S. Figliola & Donald E. Beasley. (2015). *Theory and Design for Mechanical Measurement*, (6th ed.) John Wiley and Sons.

การวิเคราะห์ผลการออกรางวัลที่หนึ่งของสลากกินแบ่งรัฐบาล

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF THE FIRST PRIZE RESULTS OF THE LOTTERY

อำนาจ วังจีน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: amnart.va@spu.ac.th

บงกช ธนวงศ์วิสูตร

อาจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: Bongkote.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ความถี่ในการเกิดขึ้นของเลขในหลักที่ 1 – 6 นับจากหลักหน่วย 2) การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวเลขในหลักที่ 1 – 6 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขในหลักที่ 1 – 6 ใช้ข้อมูลผลการออกฉลากกินแบ่งรัฐบาลรางวัลที่ 1 ย้อนหลัง 20 ปี จำนวน 478 งวด สถิติที่ใช้ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน สถิติทดสอบ t สถิติทดสอบ chi-square และ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการศึกษา พบว่า 1) ความถี่ในการออกเลขในหลักที่ 1 - 6 ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยหลักที่หกเลขที่ออกบ่อยที่สุดได้แก่ 1, 5 และ 9 หลักที่ห้าตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 1 หลักที่สี่ตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 6 หลักที่สามตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 3 และ 4 หลักที่สองตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 5 และ หลักที่หนึ่งตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 7 และเป็นหลักที่มีร้อยละของตัวเลขที่เกิดบ่อยที่สุดคือ 7 และเกิดน้อยที่สุดแตกต่างกันสูงที่สุด 2) การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวเลขทั้ง 6 หลักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อทดสอบการแจกแจงด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์ พบว่าตัวเลขในหลักที่ 2 – 6 มีการแจงแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม ส่วนตัวเลขในหลักที่ 1 (หลักหน่วย) มีการแจกแจงแตกต่างไปจากการแจงแจงแบบยูนิฟอร์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 3) ตัวเลขทั้ง 6 หลักไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ

สรุปได้ว่าผลการออกรางวัลที่หนึ่ง ตั้งแต่หลัก 2 – 6 (นับจากทางซ้าย) เป็นไปอย่างสุ่มด้วยการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ส่วนเลขหลักที่ 1 หรือตัวสุดท้ายของรางวัลที่ 1 มีการแจกแจงไม่เป็นแบบยูนิฟอร์มจะเด่นที่เลข 7 และด้อยที่เลข 9

คำสำคัญ: การแจกแจงความน่าจะเป็น , ล๊อตเตอรี่ , การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

ABSTRACT

The objective of this research is to study 1) the frequency of number occurrence in the 1st - 6th digits 2) the probability distribution of numbers in the 1st - 6th digits 3) the relationship between numbers in the 1st - 6th digits. The data of Thailand lottery is collected from the past 20 years ago until September 1, 2020. The statistics

used include number, percentage, mean, variance, t-test, chi-square and Pearson Correlation. The results of the study shown that the frequency of the numbers occurrence in the 1st - 6th digits 1) number 1, 5 and 9 always shown on 6th digit, number 1 always shown on 5th digit, number 6 always shown on 4th digit, number 3, 4 always shown on 3th digit, number 5 always shown on 2nd digit and number 7 always shown on 1st digit. 2) The probability distribution mean of the 6 digits was equal to the mean of the uniform distribution at the significance level 0.05 when testing the distribution with chi-square. It was found that the numbers in 2nd and 6th digit were uniform distribution. The numbers in the 1st digit (unit digits) was a statistically significant difference in uniform at the level of 0.05. 3) The 6 digits were not statistically related. The conclusions show that the first prize results from digits 2 - 6 (from the left) were random with a uniform distribution. The first digit or last digit of the 1st prize is a non-uniform distribution and number 7 always shown on the first digit, in the other hand number 9 rarely shown.

Keywords: Probability distribution, Lottery, Uniform Distribution

1. ความสำคัญของปัญหา

ล๊อตเตอรี่หรือหวยเป็นความฝันและความหวังที่ทำให้รวยและมีความเป็นอยู่ที่ดี ปัจจุบันมีคนไทยประมาณ 20 ล้านคนซื้อลอตเตอรี่และเล่นหวย รวมรวมแล้วเป็นมูลค่ากว่า 2.5 แสนล้านบาทต่อปี ร้อยละ 44.00 มีความหวังที่จะถูกล๊อตเตอรี่รางวัลที่หนึ่ง (ไทยพลับบิกา, 2562) แม้ความหวังจะมีแค่หนึ่งในล้านก็ตาม เมื่อหวยคือ ความหวังของคนกลุ่มใหญ่ ความบริสุทธิ์ยุติธรรมของการออกรางวัลจึงมีผลต่อความรู้สึกของคนกลุ่มนี้ ผลการออกเลขล๊อตเตอรี่หรือหวยรัฐบาลวันที่ 1 กันยายน 2563 ได้ปลุกกระแสความสงสัยให้แก่สังคมอีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่ในอดีตเลยสร้างภาพลักษณ์ที่ไม่พึงประสงค์หลายครั้งแล้ว เช่น งวดวันที่ 1 กันยายน 2530 มีการยุติการออกรางวัลและมีการตรวจสอบพบว่า มีการใช้รีโมทคอลโทรลกำหนดตัวเลขให้ออกได้ (โพสทูเด, 2557) งวดวันที่ 1 มิถุนายน 2544 นายณรงค์ อุ่นแพทย์ (กลม บางกรวย) และพักพวกได้ล็อคหวย จนเกิดการฟ้องร้องกันและศาลได้ตัดสินลงโทษจำคุกมาแล้วหวยที่ล็อคคือรางวัลที่ 1 เลขที่ออกคือ 113311 (คมชัดลึก, 2560) ถึงแม้เหตุการณ์จะผ่านมานานและมีการดำเนินการแก้ไขและลงโทษผู้กระทำความผิดแล้ว ความเคลือบแคลงสงสัยของสังคมถึงความบริสุทธิ์ยุติธรรมของการออกรางวัลโดยเฉพาะเลขท้าย 2 ตัว และเลขท้ายสองตัวของรางวัลที่ 1 มีบ่อยครั้งที่หวยมาออกเลขที่สอดคล้องกับวันสำคัญต่างๆ หรือตัวเลขประเภททะเบียนรถยนต์คนสำคัญ เช่น งวดวันที่ 1 ก.พ. 2556 มีผลของรางวัลที่ 1 คือ 565566 และรางวัลเลขท้าย 2 ตัว 66 ซึ่งตรงกับหมายเลขสองตัวท้ายของทะเบียนรถคันหนึ่งที่นายกรัฐมนตรี ยิ่งลักษณ์ ชินวัตร ใช้เป็นต้น แต่ตัวเลขที่มีการวิพากษ์วิจารณ์กันมากที่สุดเท่าที่ผ่านมาคือ ผลการออกรางวัลที่ 1 งวดวันที่ 1 กันยายน 2563 เลขที่ออกคือ 999997 สังคมตั้งข้อสงสัย สังคมต้องการคำตอบ สังคมต้องการอธิบาย การออกมาวิพากษ์วิจารณ์ของคนบางกลุ่มอาจจะทำให้เข้าใจผิด และอาจเกิดปัญหาทางสังคม

ล๊อตเตอรี่หรือหวยรัฐบาล ในเชิงทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบคลาสสิค ล๊อตเตอรี่หรือหวยรัฐบาลประกอบด้วยเลข 6 หลัก แต่ละหลักมีเลขที่เป็นไปได้ 10 ตัวได้แก่ 0 – 9 เรียงสับเปลี่ยนได้ 1 ล้านหมายเลขคือ 000000 – 999999 ทุกๆ หมายเลขมีโอกาสทุกรางวัลได้เท่ากัน ซึ่งรางวัลทั้งหมดที่มีโอกาสถูกตั้งแต่รางวัลที่หนึ่งจนถึงเลขท้ายสองตัวรวมทั้งหมด 14,168 รางวัล โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะถูกรางวัลต่างๆ ก็จะแตกต่างกันตามจำนวนหลักหรือตัวและจำนวนรางวัลนั้นๆ เช่น รางวัลที่ 1 มี 1 รางวัลจะต้องถูกถึง 6 หลักหรือ 6 ตัว แต่ละหมายเลข มีโอกาส

ถูกเท่ากันหมดคือ 1 ใน 1,000,000 หรือ 0.000001 รวมถึง 999997 ก็มีโอกาสถูกเท่ากับ 0.000001 เท่ากับหมายเลขอื่นๆ โอกาสที่ตัวเลขจะออกซ้ำกันทั้ง 6 ตัว เช่น 000000, 111111, 222222 มีค่าเท่ากับ 10 ใน 1,000,000 หรือ 0.00001 โอกาสที่จะซ้ำกัน 5 ตัวเรียงติดกัน เช่น 222221, 999997 มีค่าเท่ากับ (10 x 9 x 2)/ 1000000 = 0.00018 และโอกาสที่จะกรณีออกหมายเลข 9 ซ้ำกัน 5 ตัวเรียงติดกันมีค่าเท่ากับ (1 x 9 x 2)/ 1000000 = 0.000018

การแจกแจงของความน่าจะเป็นของตัวเลขแต่ละหลัก ในการวางแผนหรือการตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลและสถิตินั้นการทราบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือธรรมชาติของข้อมูลจะช่วยให้การตัดสินใจมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การแจกแจงที่รู้จักกันทั่วๆ ไปได้แก่ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบที การแจกแจงแบบปัวร์ซอง เป็นต้น จากนิยามการแจกแจงความน่าจะเป็นของผลการออกล๊อตเตอรี่รางวัลที่ 1 ของตัวเลขในแต่ละหลักนั้น ตัวเลขในแต่ละหลักสามารถออกได้ทุกๆ ตัวตั้งแต่ 0 – 9 เป็นไปอย่างสุ่มด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากันสอดคล้องกับนิยามการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) (อำนาจ วังจีน:2553)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว เป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถจะไปพัฒนาต่อไปเป็นสมการทำนายหรือพยากรณ์จากตัวแปรหนึ่งไปอีกตัวหนึ่งได้ ดังนั้นตัวเลขทั้ง 6 หลักของรางวัลที่หนึ่งไม่ควรมีความสัมพันธ์กัน ทั้งทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงข้ามกัน ถ้าเกิดความสัมพันธ์จะทำให้ความน่าเชื่อถือของหวยรัฐบาลหรือล๊อตเตอรี่ลดลง

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงนำข้อมูลผลการออกรางวัลที่ 1 ย้อนหลัง 20 ปี จำนวน 478 งวด มาศึกษาความถี่ การแจกแจงความน่าจะเป็นของความถี่ ศึกษาแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางและการกระจาย ใช้สถิติทดสอบไค-สแควร์ ทดสอบการแจกแจงของสัดส่วนของเลขที่ออกทั้ง 6 หลัก และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเลขที่ออกระหว่างเลขทั้ง 6 หลัก เพื่อยืนยันว่าเลขที่ออกเกิดขึ้นอย่างสุ่มหรือไม่ตามลำดับดังนี้

2.วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความถี่ในการเกิดขึ้นของเลขในหลักที่ 1 – 6 นับจากหลักหน่วย
2. เพื่อศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวเลขในหลักที่ 1 – 6
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขในหลักที่ 1 – 6

3.ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตด้านเนื้อหาการวิจัยในครั้งนี้คือ การศึกษาการแจกแจงความถี่ การแจกแจงความน่าจะเป็น และทดสอบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มของผลการออกรางวัลที่1 ด้วยสถิติทดสอบไค-แควร์

2. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาคือข้อมูลผลการออกฉลากกินแบ่งรัฐบาลย้อนหลัง 20 ปี จำนวน 478 งวด (ตั้งแต่งวดวันที่ 1 กันยายน 2563 เป็นต้นไป)

3. ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย ตัวเลขทั้ง 6 หลัก ของรางวัลที่จำนวน 6 ตัว

4.ประโยชน์ของการวิจัย

ทำให้ทราบการแจกแจง การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวเลขแต่ละหลัก และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำหรับตอบความสงสัยให้อาวุธทางปัญญาแก่ของสังคม

5.วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบแบบแผนวิธีวิจัยวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษา คือ ผลการออกฉลากกินแบ่งรัฐบาล หวย หรือ ล๊อตเตอรี่ รางวัลที่หนึ่ง 6 หลักในอดีตที่เคยออกทั้งหมด สุ่มเป็นตัวอย่างย้อนหลัง 20 ปี จำนวน 478 งวด หรือ 478 ตัวอย่าง

แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลการวิจัยในส่วนนี้ คือ เว็บไซต์ของ สำนักงานฉลากกินแบ่งรัฐบาล

6.การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ สำนักนักงานฉลากกินแบ่งรัฐบาลหรือเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้การจำแนกความถี่ (Frequency) การหาค่าร้อยละ (Percentage) ในการแจงนับจำนวนและหาค่าร้อยละอธิบายจำนวนเลขที่ออก
2. ใช้หาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการอธิบายตัวเลขที่ออก
3. ใช้สถิติทดสอบ ทีแบบประชากรกลุ่มเดียว (One –Sample t - test) ทดสอบค่าเฉลี่ยของเลขที่ออกแต่ละหลักกับค่าเฉลี่ยตามนิยามของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม
4. ใช้สถิติทดสอบ Chi – Square ทดสอบการแจกแจงของเลขที่ออกแต่ละหลักกับการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม
5. การใช้สถิติเชิงอนุมานทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7. ผลการวิจัย

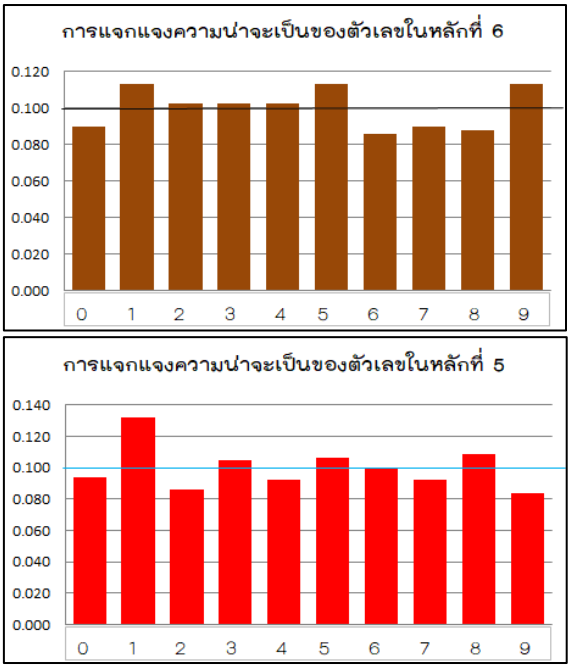
1) ความถี่ของตัวเลขที่ออกตั้งแต่เลขหลักที่ 1 ถึง 6 จากข้อมูลผลการออกล๊อตเตอรี่รางวัลที่ 1 ย้อนหลัง 20 ปีพบว่า หลักที่หกเลขที่ออกบ่อยที่สุดได้แก่ 1 5 และ 9 หลักที่ห้าตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 1 หลักที่สี่ตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 6 หลักที่สามตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 3 และ 4 หลักที่สองตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 5 และหลักที่หนึ่งตัวเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 7 และจะเห็นว่าความถี่ในตัวเลขที่ออกของแต่ละหลักไม่แตกต่างกันมาก ยกเว้นหลักที่หนึ่งเลขที่ออกบ่อยที่สุดคือ 7 และ เลขที่ออกน้อยที่สุดคือ 9 มีค่าร้อยละ เท่ากับ 14.0 และ 5.4 ตามลำดับดังตารางที่ 1

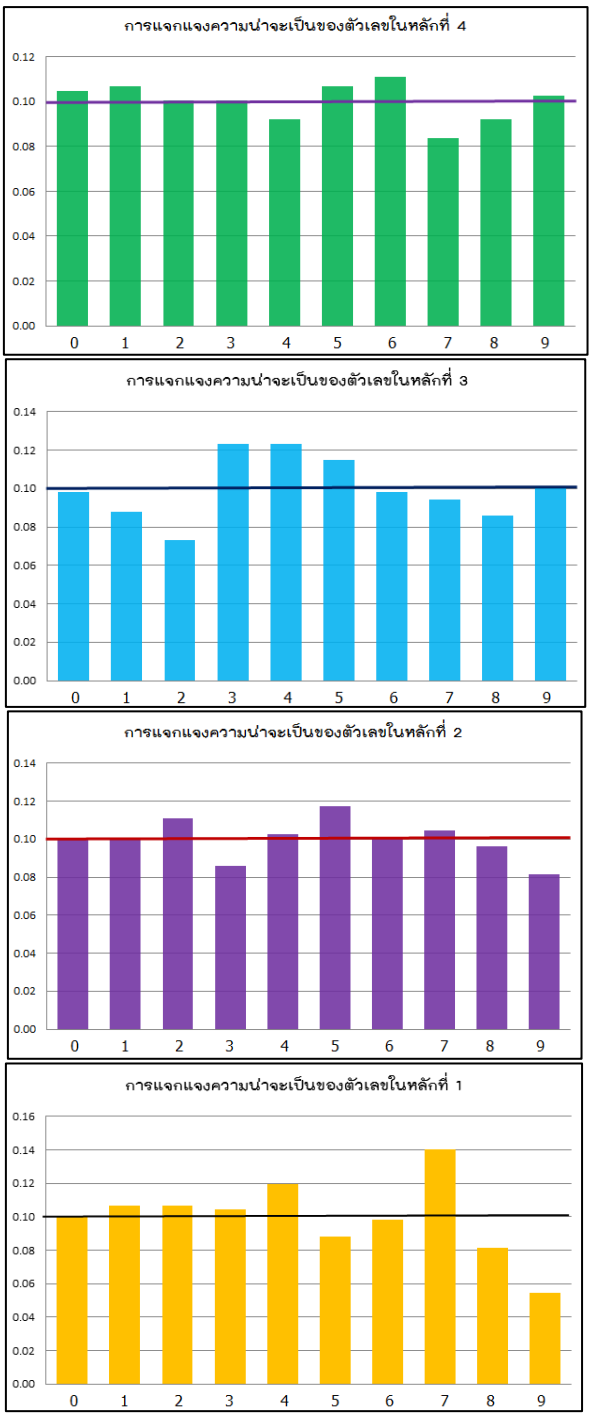
ตารางที่ 1 : การวิเคราะห์ความถี่ของตัวเลขที่ออกตั้งแต่เลขหลักที่ 1 ถึง 6

เลข	หลักที่ :จำนวน (ร้อยละ)					
	6	5	4	3	2	1
0	43(9.0)	45(9.4)	50(10.5)	47(9.8)	48(10.0)	48(10.0)
1	54(11.3)**	63(13.2)**	51(10.7)	42(8.8)	48(10.0)	51(10.7)
2	49(10.3)	41(8.6)	48(10.0)	35(7.3)*	53(11.1)	51(10.7)
3	49(10.3)	50(10.5)	48(10.0)	59(12.3)**	41(8.6)	50(10.5)
4	49(10.3)	44(9.2)	44(9.2)	59(12.3)**	49(10.3)	57(11.9)
5	54(11.3)**	51(10.7)	51(10.7)	55(11.5)	56(11.70)**	42(8.8)
6	41(8.6)*	48(10.0)	53(11.1)	47(9.8)	48(10.0)	47(9.8)
7	43(9.0)	44(9.20	40(8.40)*	45(9.4)	50(10.5)	67(14.0)**
8	42(8.8)	52(10.9)	44 (9.2)	41(8.6)	46(9.6)	39(8.2)
9	54(11.3)**	40(8.4)*	49(10.3)	48(10.0)	39(8.2)*	26(5.4)*
รวม	478(100.0)	478(100.0)	478(100.0)	478(100.0)	478(100.0)	478(100.0)

* เลขที่ออกบ่อยที่สุด ** เลขที่ออกน้อยที่สุด

2) การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวเลขที่ออกตั้งแต่เลขหลักที่ 1 ถึง 6 ตามทฤษฎีความน่าจะเป็นการออกเลขในแต่ละหลักของล๊อตเตอรี่รางวัลที่ 1 ต้องมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ตัวเลขทุกตัวจะมีความน่าจะเป็นในการออกเท่าๆกัน คือ 0.10 ผลการวิเคราะห์ออกเลขของล๊อตเตอรี่รางวัลที่ 1 จากการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 20 ปี และเขียนกราฟการแจกแจงความน่าจะเป็นของการออกเลข 0 – 9 ของเลขทั้ง 6 หลักได้ดังรูปที่ 1





รูปที่ 1 แสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของเลขหลักที่ 1 – 6

จากรูปที่ 1 พบว่าการแจกแจงความน่าจะเป็นของเลขแต่ละหลักที่ออกใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (ถ้าแท่งกราฟทุกเส้นเข้าสู่ 0.10 แล้วจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม) โดยการแจกแจงความน่าจะเป็นของเลขในหลักที่ 6 4 และ 2 มีการแจกแจงค่อนข้างเป็นยูนิฟอร์ม(แบบสม่ำเสมอ)มากกว่าหลักที่ 5 3 และ 1 มีลักษณะแตกต่างจากไปจากยูนิฟอร์ม และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวเลขที่ขึ้น มีค่าเฉลี่ยและ ความแปรปรวนสอดคล้องกับการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มทุกหลักจะต้องมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 และ ความแปรปรวนเท่ากับ 8.25 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และการทดสอบค่าเฉลี่ยตามนิยาม

ค่าสถิติ	หลักที่						
	6	5	4	3	2	1	ค่าตามนิยาม
ค่าเฉลี่ย	4.46	4.39	4.42	4.51	4.41	4.26	4.50
ความแปรปรวน	8.27	8.18	8.32	7.77	7.92	7.45	8.25
สถิติทดสอบ t	-0.270	-0.848	-0.603	0.098	-0.666	-1.893	-
P-value	0.787	0.397	0.547	0.922	0.506	0.059	-

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของแต่ละหลักมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยตามนิยามโดยค่าที่แตกต่างกับค่าเฉลี่ยตามนิยามมากที่สุดได้แก่ หลักที่ 1 ส่วนค่าความแปรปรวนที่มีค่าใกล้เคียงกับความแปรปรวนตามนิยามได้แก่หลักที่ 4 – 6 ส่วนหลักที่ 1 – 3 ค่อนข้างแตกต่างจากค่าความแปรปรวนตามนิยาม เมื่อใช้สถิติทดสอบ t ทดสอบการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของตัวเลขทั้ง 6 หลัก เท่ากับค่าเฉลี่ยตามนิยามของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม พบว่า ทุกหลักมีค่า P – value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ทั้ง 6 หลัก มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยตามนิยาม และเพื่อยืนยันว่าการออกตัวเลขในแต่ละหลักว่ามีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มจริงหรือไม่จึงทดสอบสมมติฐานทางสถิติโดยใช้สถิติทดสอบไค-สแควร์โดยตั้งสมมติฐานว่า “ตัวเลขที่ออกทุกตัวมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม” ได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจกแจงของตัวเลขที่ออกในหลักที่ 6 กับการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

หมายเลข	P_i	O_i	E_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$	χ^2	P-value
0	0.10	43	47.8	0.48	5.14	0.822
1	0.10	54	47.8	0.80		
2	0.10	49	47.8	0.03		
3	0.10	49	47.8	0.03		
4	0.10	49	47.8	0.03		
5	0.10	54	47.8	0.80		
6	0.10	41	47.8	0.97		
7	0.10	43	47.8	0.48		
8	0.10	42	47.8	0.70		
9	0.10	54	47.8	0.80		
รวม	1.00	478	478	5.14		

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดสอบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มของตัวเลขที่ออกในหลักที่ 1 – 6 กับการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

หลักที่	χ^2	P-value	ผลการทดสอบ
6	5.14	0.822	ยอมรับสมมติฐาน
5	8.53	0.482	ยอมรับสมมติฐาน
4	3.00	0.964	ยอมรับสมมติฐาน
3	11.62	0.235	ยอมรับสมมติฐาน
2	4.76	0.855	ยอมรับสมมติฐาน
1	22.29	0.008	ปฏิเสธสมมติฐาน

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ และ P – Value พบว่าตัวเลขที่อยู่ในหลักที่ 2 – 6 มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (P-Value > 0.05) ส่วนตัวเลขที่ 1 มีการแจกแจงแตกต่างไปจากยูนิฟอร์ม (P-Value < 0.05)

3) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขทั้ง 6 หลัก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวเลขที่ออกสมมติฐาน คือ ตัวเลขที่ออกของทุกหลักเป็นอิสระต่อกัน จากผลการทดสอบพบว่าตัวเลขทั้ง 6 หลักไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01

	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation Coefficient :r)				
	หลักที่ 6	หลักที่ 5	หลักที่ 4	หลักที่ 3	หลักที่ 2
หลักที่ 5	.071				
หลักที่ 4	.023	.014			
หลักที่ 3	-.014	-.075	.069		
หลักที่ 2	-.025	.064	-.018	.007	
หลักที่ 1	.006	-.027	-.017	-.019	.041

8. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาผลการออกรางวัลหวยหรือล๊อตเตอรี่รางวัลที่หนึ่งย้อนหลัง 20 ปี จำนวน 478 งวด พบว่าความถี่ในการออกเลขในหลักต่างๆ แตกต่างกันแต่ไม่มากนักยกเว้นหลักที่หนึ่ง เลขที่ออกบ่อยที่สุดและน้อยที่สุดมีความแตกต่างกันมาก แต่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มตามทฤษฎี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05 และเมื่อใช้สถิติทดสอบไค-สแควร์ พบว่าหลักที่ 2 – 6 มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ส่วนหลักที่ 1 มีการแจกแจงแตกต่างจากยูนิฟอร์ม จึงอาจจะสรุปได้ว่าผลการออกล๊อตเตอรี่หลักที่ 1 ไม่เป็นไปแบบสุ่ม ไม่เป็นไปตามธรรมชาติที่มีสัดส่วนหรือความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.10 ทุกหมายเลข มีความถี่ของตัวเลขที่ออกสูงที่สุดและต่ำที่สุดมีความแตกต่างกันมาก ถึงแม้ว่าการออกของเลขทั้งหกหลักไม่มีความสัมพันธ์กันก็ตาม ซึ่งอาจจะเกิดจากจำนวนข้อมูลที่เก็บรวมรวมมายังมีจำนวนน้อยเกินไปหรืออาจจะเกิดจากมีการกระทำบางสิ่งบางอย่างอันมีผลทำให้การแจกแจงไม่เป็นไปตามนิยามการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม การศึกษานี้สอดคล้องกับงานเขียนของกองบรรณาธิการโพสทูเดย์ (2557) ซึ่งได้สอบถามความคิดเห็นของนักวิชาการหลายท่านได้ข้อสรุปว่าการออก

รางวัลของหวยหรือล๊อตเตอรี่สามารถล็อคได้และเคยเกิดขึ้นแล้ว ดังนั้นควรจะมีการจัดทำ อุปกรณ์ เครื่องมือในการออกหวยมีการทดสอบ และ ออกแบบกระบวนการใหม่ๆ ใช้เทคโนโลยีใหม่ เพื่อความโปรงใสสร้างความเชื่อมั่นแก่สังคมต่อไป

9.ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการทบทวนอุปกรณ์ในการออกรางวัล ล๊อตเตอรี่รางวัลที่หนึ่งหรือทุกรางวัลใหม่รวมถึงขั้นตอนและกระบวนการออก

2) ควรมีการศึกษาการแจกแจงความน่าจะเป็นโดยใช้ข้อมูลย้อนหลังมากกว่า 20 ปี

10. เอกสารอ้างอิง

คมชัดลึก. (2544). *ทุจริตออกรางวัลสลากกินแบ่งฯ*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2563, จาก: https://www.komchadluek.net/news/today-in-history/280158.

โพสต์ทูเดย์. (2561). *ความต้องการที่อยู่อาศัยของคนกรุงเทพฯแรงซื้อยังคงมีอย่างต่อเนื่อง*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2563, จาก: https://forecast-condo.com/2017/11/17/update_newgen40/.

อำนาจ วังจีน. (2553). *ความน่าจะเป็นและสถิติ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ThaiPublica. (2562). *เจาะลึกพฤติกรรมคนเสพหวย – "หวย" คือความฝันที่แลกด้วยเงินล้านของคนไทย*. [ออนไลน์] ค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2563, จาก: https://thaipublica.org/2019/01/tmb-lottary- research/.

พฤติกรรมต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารพาณิชย์ 3 ชั้นเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก

SEISMIC BEHAVIOR OF 3-STOREY COMMERCIAL BUILDING STRUCTURE STRENGTHENED WITH FERROCEMENT AND EXPANDED METAL

โอริสสา ดิถีเพ็ญ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: orissa_24@hotmail.com

ไพบูลย์ ปัญญาคะโป

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: phaiboon.pa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก อาคารที่ใช้ศึกษาเป็นอาคารพาณิชย์สูง 3 ชั้น แบบแถวจำนวน 4 คูหา ตามแบบมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง โครงสร้างอาคารเป็นระบบเสา-คานและพื้นคอนกรีตสำเร็จ โดยศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างอาคารเดิมและอาคารเสริมกำลังสำหรับพื้นที่ความรุนแรงแผ่นดินไหว 3 ระดับ ได้แก่ระดับรุนแรงมาก ระดับรุนแรงปานกลางค่อนข้างสูง และระดับรุนแรงปานกลาง โดยการวิเคราะห์วิธีการผลักแบบสถิตไม่เชิงเส้น ใช้แบบจำลองพฤติกรรมการรับแรงของคานและเสาแบบไม่เชิงเส้น และใช้แบบจำลองค้ำยันเทียบเท่าสำหรับผนังก่ออิฐ ผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างอาคารเดิมมีการวิบัติแบบชั้นอ่อนเนื่องจากความชะลูดของเสาชั้นล่าง ทำให้เกิดค่าระดับความเสียหายสูงมากที่ปลายเสาบริเวณจุดต่อข้อหมุนพลาสติกโดยเฉพาะบริเวณชั้นล่าง ภายหลังจากการเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ โครงสร้างอาคารเสริมกำลังมีค่าสติฟเนสและกำลังต้านทานแรงเฉือนสูงขึ้นจากเดิม 3.0-4.2 เท่า และไม่พบการเกิดข้อหมุนพลาสติกที่ปลายเสาชั้นล่าง นอกจากนี้ค่าดัชนีความเสียหายโครงสร้างเสริมกำลัง อยู่ในระดับต่ำที่สามารถยอมรับได้

คำสำคัญ: การเสริมกำลัง เฟอร์โรซีเมนต์ ตะแกรงเหล็กฉีก การวิเคราะห์วิธีแรงสถิตไม่เชิงเส้น

ABSTRACT

This paper presents the seismic behavior of building structures reinforced with ferrocement and expanded metal. The structure is a 3-storey commercial building according to the standards of the Department of Public Works and Urban Planning. The reinforced concrete frame is a beam-column system and with precast

concrete floor. The seismic behaviors of the existing structure and the retrofit buildings were investigated for three seismic intensity areas: extreme severe, moderate high severe and moderate severe. The non-linear static analysis (pushover method) was conducted for the modeled structure with nonlinear behavior of beam and column and equivalent strut model for infill panel. The results showed that the existing structure was severely damaged due to the soft story in the lower column with the plastic hinge formation at the end of the columns. After strengthening with ferrocement and expanded metal, the retrofit structures enhanced the stiffness and strength up to 3.0-4.2 times without plastic hinge formation at the lower end of the column. In addition, the damage level of the retrofit structures was low, and that it can be acceptable.

Keywords: Strengthening, Ferrocement, Expanded Metal, Nonlinear Static Analysis

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวล่าสุดที่เกิดขึ้นในประเทศไทยขนาด 5.9 และ 6.4 ริกเตอร์ ศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศลาว วันที่ 2 พฤศจิกายน 2562 จุดศูนย์กลาง บริเวณสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยผลกระทบจากคลื่นแผ่นดินไหวสามารถรับรู้ได้ใน 10 จังหวัดภาคเหนือ รวมทั้งกรุงเทพมหานคร ในประเทศไทยมีอาคารจำนวนมากก่อสร้างโดยไม่ได้ออกแบบให้รองรับแผ่นดินไหว จึงอาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายหรือพังทลายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารขนาดเล็กที่ตั้งในเขตจังหวัดภาคเหนือและภาคตะวันตกอยู่ในพื้นที่เสี่ยงจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดแพร่, จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดกำแพงเพชร เป็นต้น สำหรับอาคารพาณิชย์ โดยทั่วไป มีลักษณะพฤติกรรมการวิบัติแบบชั้นอ่อนในชั้นล่าง เนื่องจากด้านหน้าอาคารชั้นล่างมีลักษณะเปิดโล่ง แต่ชั้นบนของอาคารมีผนังก่ออิฐ ทำให้เสาชั้นล่างมีค่าสติฟเนสอ่อนกว่าชั้นบน จึงเป็นเหตุให้เสาชั้นล่างอาจเกิดการวิบัติได้ ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงทำการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างอาคารต้านแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่เสี่ยงภาคเหนือและตะวันตกดังกล่าว โดยมุ่งเน้นอาคารประเภทพาณิชย์แบบห้องแถว โดยเลือกเทคนิคการเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก เนื่องจากเป็นเทคนิคการเสริมกำลังที่ไม่ซับซ้อนและค่าก่อสร้างไม่สูง เหมาะสำหรับอาคารในพื้นที่เหล่านี้

จากผลงานวิจัยของโครงสร้างเสริมกำลังที่ผ่านมา ไพบูลย์ ปัญญาคะโป และทนงศักดิ์ พรหมบุญแก้ว (2557) ศึกษาการเสริมกำลังต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารพาณิชย์ 3 ชั้นโดยแผ่นเหล็กประกอบรอบเสา ในพื้นที่แผ่นดินไหวระดับรุนแรงมาก จ. แพร่ ผลการวิเคราะห์โดยวิธีการผลักอาคารพบว่า การเสริมกำลังเสารอบนอกอาคาร และชั้นลอยจำนวน 26 ต้น ทำให้โครงสร้างอาคารไม่เกิดการวิบัติแบบชั้นอ่อน และค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นและ Demand-Capacity Ratio ไม่เกินข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบ ระดับสมรรถนะของอาคาร อยู่ในระดับที่ 1 เข้าใช้อาคารได้ทันที S. Longthong และคณะ (2020) ศึกษาการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและผนังก่ออิฐด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก พบว่า ค่าความต้านทานความเหนียวของโครงข้อแข็งเสริมกำลัง (BF-SR) และแบบที่เสริมแผงก่ออิฐ (IF-SR) สูงขึ้น 64% และ 87% ของโครงสร้างเดิมตามลำดับ ค่าการเคลื่อนตัวด้านข้าง โครงสร้างเสริมกำลัง (BF-SR) และแบบที่เสริมแผงก่ออิฐ(IF-SR) สูงขึ้นถึง 77% และ 66% ตามลำดับ ผนังก่ออิฐมีส่วนช่วยให้กำลังสูงเพิ่มขึ้นคือ 4.56 เท่าและ 5.53 เท่าของโครงข้อแข็งเดิม (BF) และโครงข้อแข็งเสริมกำลัง (BF-SR) ปฏิชน มณีกาญจน์ และ ไพบูลย์ ปัญญาคะโป (2563) ศึกษาพฤติกรรมต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารผนังก่ออิฐที่เสริมกำลังด้วยกรงเหล็กและตะแกรงเหล็กฉีก

พบว่า โครงสร้างเสริมกำลังให้ค่ากำลังต้านทานสูงกว่าโครงสร้างเดิม 1.53-3 เท่า และไม่พบการเกิดข้อหมุนพลาสติกที่ปลายเสา โครงสร้างเดิมเกิดข้อหมุนพลาสติกที่ปลายเสาและมีค่าระดับความเสียหายสูงมาก โดยเฉพาะเสาชั้นล่างและผนังก่ออิฐแบบไม่เต็มแผง และคานชั้นที่ 2 Kazemi และคณะ (2005) ศึกษากำลังรับแรงเฉือนของเสาคอนกรีตเสริมกำลังด้วยตะแกรงเหล็กฉีกและเฟอร์โรซีเมนต์ โดยทำการทดสอบภายใต้แรงแบบวัฏจักร พบว่า เสาโครงสร้างมีค่าความเหนียวและกำลังรับแรงเฉือนเพิ่มขึ้นถึง 5.5 เท่า Dung และ Plumier (2010) ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของแผงตะแกรงเหล็กฉีกภายใต้แรงวัฏจักร พบว่า แผงตะแกรงเหล็กฉีกต้านทานแรงเฉือนต่อการเสียรูปได้อย่างดี และมีค่าความเหนียวอยู่ในระดับที่สูงมาก S. Panyamul และคณะ (2019) ศึกษาการเสริมกำลังโครงสร้างเสาสั้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีกเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว จากผลการทดสอบ พบว่า เสาตัวอย่างมีความเหนียว กำลังต้านทานแรงเฉือนและการเคลื่อนตัวด้านข้างที่สูงขึ้นมากเปรียบเทียบกับเสาต้นแบบเดิม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารพาณิชย์คอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น ที่ตั้งอยู่บริเวณเขตพื้นที่เสี่ยงในภาคเหนือและตะวันตกของประเทศไทย

(2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมโครงสร้างต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารพาณิชย์คอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้นที่เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก

3. การเสริมกำลังโครงสร้างด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก

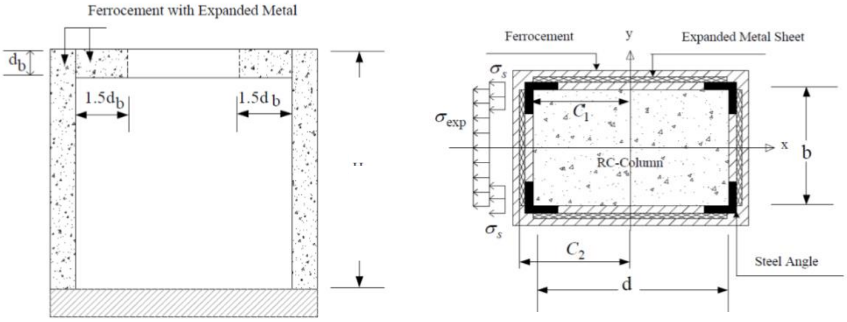
การเสริมกำลังโครงสร้างอาคารที่มีผนังก่ออิฐ ประกอบด้วยการเสริมกำลังเสา คาน ผนังก่ออิฐ ด้วยเทคนิคเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก การคำนวณออกแบบโครงสร้างเสริมกำลัง ใช้แบบจำลองโครงข้อแข็งเปล่าและผนังก่ออิฐตามวิธีการที่เสนอโดย Longthong และคณะ(2020) โดยการใช้เฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีกตลอดความสูงของเสา และเสริมคานช่วงความยาว 1.5 เท่าของความลึกคาน เท่ากับช่วงความยาวเทียบเท่ากับข้อหมุนพลาสติกที่เกิดขึ้นบริเวณปลายคานตามรูปภาพที่1a หน้าตัดเสาเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก ตามรูปภาพที่ 1b การเสริมกำลังคานและเสาประกอบด้วยเหล็กฉาก (Steel angle) ขนาด 40x40x6 mm ยึดที่มุมเหลี่ยมเสาและคานทั้ง 4 มุม และวางตะแกรงเหล็กฉีกตลอดความยาว การคำนวณกำลังต้านทานโมเมนต์ของหน้าตัดเสาเสริมกำลัง แสดงในภาพที่ 2 คำนวณได้จาก

$$P_u e = 0.85 f_c^{'} ab\left(d_i - d_i^{''} - \frac{a}{2} \right) + \sum_{i=1}^{n} T_{si} d_i^{''} + M_{exc} \tag{1}$$

$$V_n = \frac{2M_n}{h} \tag{2}$$

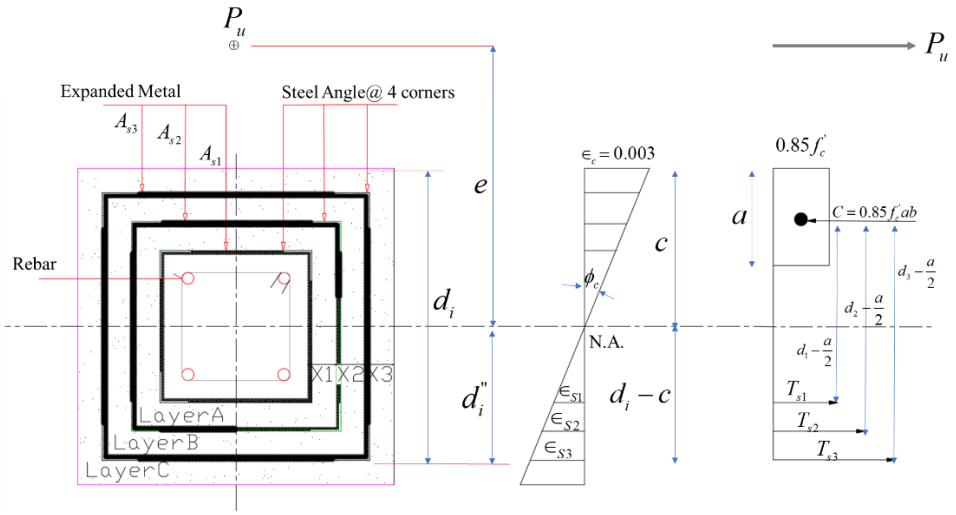
เมื่อ P_u คือ แรงสูงสุดที่กระทำต่อเสาเสริมกำลัง, e คือระยะเยื้องศูนย์ของแรงกระทำ, $P_u e$ คือ กำลังต้านทานโมเมนต์ของหน้าตัดเสาเสริมกำลัง, M_{exc} คือ กำลังต้านทานโมเมนต์ของหน้าตัดเสาเดิม, $f_c^{'}$ คือ กำลังอัดคอนกรีต ksc, T_{si} คือกำลังต้านทานหน่วยแรงดึงของหน้าตัดเสริมกำลังชั้นที่ i, ,V_n คือ กำลังต้านทานแรงเฉือนของหน้าตัดเสาเสริมกำลัง, d_i คือ ความลึกของหน้าตัดเสาเสริมกำลัง,h คือ ความสูงของเสา, a คือ ความกว้างของการกระจายความเค้น (Stress Box) และ b คือ ความกว้างของหน้าตัดเสา

โดยขนาดหน้าตัดเสา-คานที่มีการเสริมกำลัง จำนวนชั้นตะแกรงและเบอร์เหล็กฉีก กำหนดได้โดยการออกแบบ ขนาดหน้าตัดเสาที่เหมาะสม โดยการคำนวณหากำลังต้านทานโมเมนต์ M_n และกำลังต้านทานแรงเฉือน V_n ของโครงสร้างเสา คานเสริมกำลัง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแรงเฉือนจากแผ่นดินไหวที่มากระทำโครงสร้างอาคารที่ตั้งอยู่ในแต่ละพื้นที่



รูปภาพที่ 1a โครงข้อแข็งเปล่า รูปภาพที่ 1b หน้าตัดเสาโครงสร้าง

ภาพที่ 1 โครงข้อแข็งเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ (Longthong และคณะ 2020)



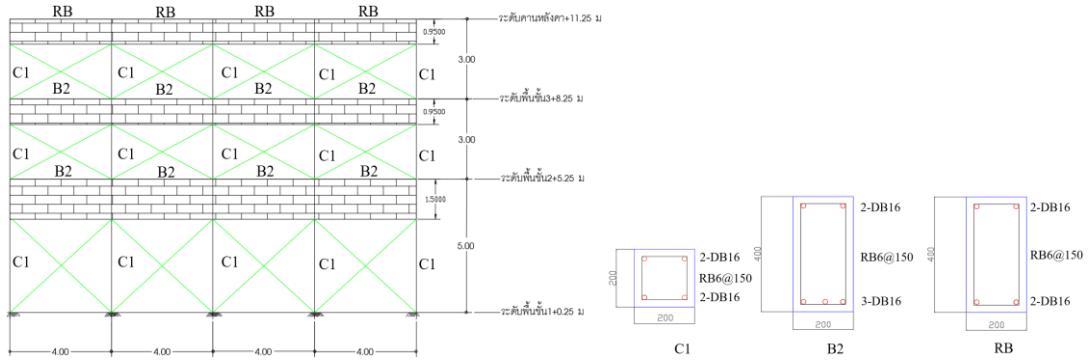
2a) หน้าตัดเสาเสริมกำลัง 2b) การกระจายความเครียดสอดคล้อง 2c) การกระจายของหน่วยแรง

ภาพที่ 2 แสดงรูปหน้าตัดเสาและคานเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก

4. วิธีดำเนินการวิจัย

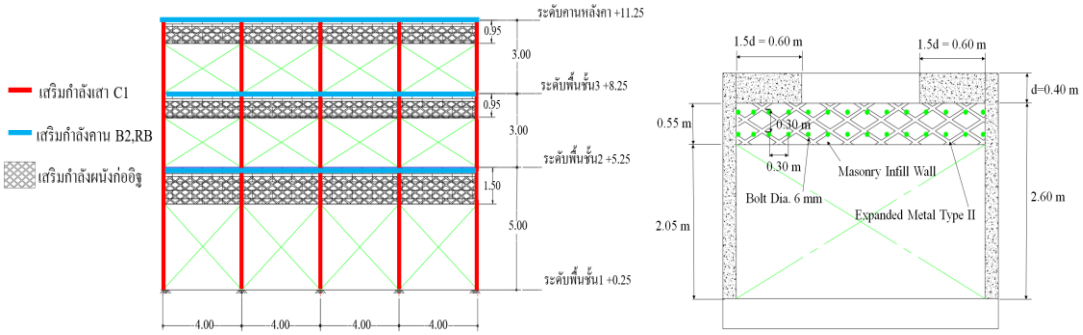
4.1 อาคารต้นแบบ

อาคารต้นแบบกำหนดให้เป็นอาคารพาณิชย์ สูง 3 ชั้น ดังที่แสดงในภาพที่ 3 ทั้งนี้สมมติว่าอาคารต้นแบบจำลองให้ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่สามจังหวัดในเขตภาคเหนือและตะวันตก ดังนี้ Site 1: อ. วังชิ้น จังหวัดแพร่ Site 2: อ. เมือง จังหวัดกาญจนบุรี Site 3: อ. เมือง จังหวัดกำแพงเพชร

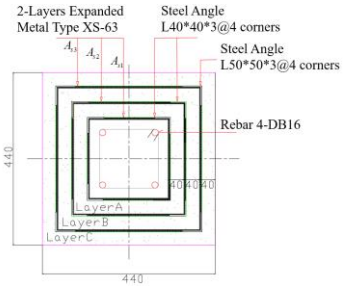


ภาพที่ 3 โครงข้อแข็ง และรายละเอียดเสา-คานโครงสร้างอาคารต้นแบบ

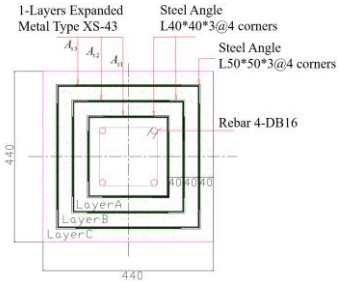
การออกแบบเสริมกำลังแสดงในรูปภาพที่ 4, 5 ดังนี้ การเสริมกำลังโครงข้อแข็ง โดยติดตั้งตะแกรงเหล็กฉีกขนาด XS-43,63 เชื่อมยึดติดกับเหล็กฉากยึดกับเสาตลอดความสูงเสา สำหรับการเสริมกำลังคานใช้ตะแกรงเหล็กฉีกขนาด XS-43,63 เชื่อมยึดติดกับเหล็กฉากในช่วงความยาว 1.5 เท่าของความลึกคาน ที่ปลายคานซึ่งเป็นช่วงที่ข้อหมุนพลาสติกอาจเกิดขึ้นได้บริเวณนี้ โครงต้นแบบที่มีผนังช่องเปิด ผนังช่วงบนสูง 0.95-1.5 เมตร การเสริมกำลังผนังอิฐ ใช้เฟอร์โรซีเมนต์เสริมด้วยตะแกรงเหล็กฉีกขนาด เบอร์ 22 ทั้งสองด้าน แผ่นตะแกรงเหล็กฉีกมีการยึดด้วยสลักเกลียวขนาด 6 มม ฝังพุกเข้าไปในผนังก่ออิฐ ระยะห่าง 30 เซนติเมตร และทำการฉาบปูนบนแผ่นผนัง



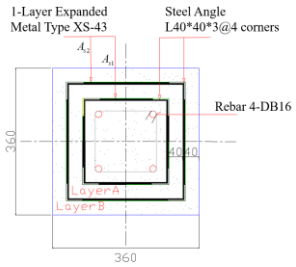
ภาพที่ 4 โครงข้อแข็งเสา-คาน ของอาคารที่เสริมกำลัง Site 1,2,3



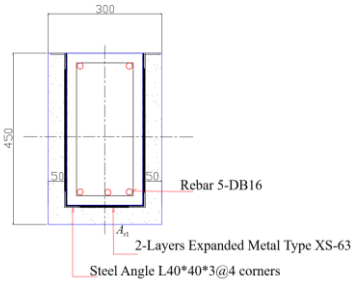
5a) หน้าตัดเสริมกำลังเสา Site 1



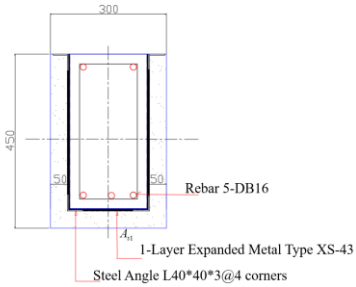
5b) หน้าตัดเสริมกำลังเสา Site 2



5c) หน้าตัดเสริมกำลังเสา Site 3



5d) หน้าตัดเสริมกำลังคาน Site1



5e) หน้าตัดเสริมกำลังคาน Site2 และ 3

ภาพที่ 5 การเสริมกำลังเสา-คาน Site 1,2,3

4.2 กำหนดเป้าหมายการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารต้นแบบ

การกำหนดเป้าหมายการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารและการประเมินระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวจะขึ้นอยู่กับลักษณะอาคารและพื้นที่ตั้งของอาคาร สำหรับกรณีศึกษาอาคารต้นแบบ นี้ได้ กำหนดให้เป็นอาคารที่มีระดับความสำคัญสูงมาก เนื่องจากกำหนดให้ใช้เป็น อาคารพานิชย์ ดังนั้นการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของ อาคารตัวอย่างนี้จึงต้องกำหนดเป้าหมายให้อยู่ในระดับการเสริมสมรรถนะที่ดีกว่าระดับเป้าหมายเพื่อความปลอดภัยขั้นพื้นฐาน (Enhanced Rehabilitation Objective) โดยอาคารต้องมีระดับสมรรถนะในระดับเข้าใช้ งานได้ทันที (IO) ภายใต้แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวในระดับ BSE

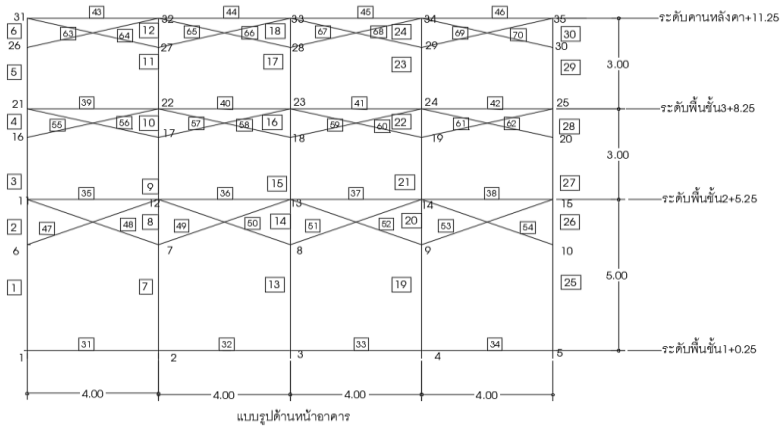
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์นี้ใช้วิธีสถิตไม่เชิงเส้น (Nonlinear Static Analysis) หรือ วิธี Pushover Analysis ขั้นตอนการวิเคราะห์มีดังนี้

1) สร้างโมเดลโครงสร้างอาคารต้นแบบ และโครงสร้างอาคารที่เสริมกำลัง โดยกำหนด ลำดับชิ้นส่วนเสา-คาน-ผนัง จุดต่อ Node และคุณสมบัติวัสดุต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปภาพที่ 7 มีหลักการดังนี้

1.1) แบบจำลองพฤติกรรมการรับแรงเสาและคาน (Hysteretic Model) สำหรับอาคารเดิมและอาคารเสริมกำลังใช้แบบจำลองของ SINA Degrading Tri-Linear Hysteresis (Saiidi 1979) ซึ่งมีการเสื่อมถอยของสติฟเนสและกำลังต้านทานตามข้อเสนอแนะมาตรฐาน มยผ.1303-57

1.2) แบบจำลองพฤติกรรมการรับแรงของผนังก่ออิฐ ใช้แบบจำลองของ Wayne Steward Degrading Hysteresis (Stewart 1984) การจำลองผนังก่ออิฐในโครงข้อแข็งโดยวิธีแรงค้ำยันแนวทแยงเทียบเท่าป้อนข้อมูลใส่โปรแกรม RUAUMOKO 2D เพื่อการวิเคราะห์พฤติกรรมการตอบสนองโครงสร้าง



ภาพที่ 6 ลำดับชิ้นส่วนเสา-คาน-ผนัง จุดต่อ Node

2) กำหนดรูปแบบการกระจายแรงกระทำเป็นสัดส่วนกับแรงเฉื่อยและเป็นสัดส่วนกับรูปร่างโหมดพื้นฐานของอาคาร

3) คำนวณหาค่าระยะการเคลื่อนที่ระดับยอดอาคารเป้าหมาย (Target Displacement) ของโครงสร้างอาคาร

4) คำนวณหาค่าแรงเฉือนที่ฐาน ค่าระยะการเคลื่อนที่ของอาคาร และนำมาพล็อตกราฟแสดงค่าความชันหรือค่าสติฟเนสของโครงสร้างอาคาร คำนวณหาค่าดัชนีความเสียหายรวม

5) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โครงสร้างเดิมและโครงสร้างหลังเสริมกำลัง

6) ประเมินสมรรถนะของโครงสร้างเดิมและโครงสร้างเสริมกำลังในแต่ละพื้นที่เขตแผ่นดินไหว

เกณฑ์การวัดระดับความเสียหายของโครงสร้างกำหนดจากค่าดัชนีความเสียหายรวม (Damage Index, DI) แบบจำลองพัฒนาโดย Park and Ang (1985) เมื่อชิ้นส่วนโครงสร้างเกิดข้อหมุนพลาสติก (Plastic Hinge) เป็นผลรวมของความเสียหายจากการเคลื่อนที่ของโครงสร้างที่ตอบสนองต่อแรงแผ่นดินไหว มีดังนี้ ดัชนีความเสียหาย DI มีค่า ไม่เกิน 0.6 พิจารณาเป็นระดับความเสียหายที่ซ่อมแซมได้ ดัชนีความเสียหาย DI มีค่ามากกว่า 0.6 แต่ไม่เกิน 1.0 พิจารณาเป็นระดับความเสียหายรุนแรงเกินกว่าที่จะซ่อมแซมได้ ดัชนีความเสียหาย DI มีค่า มากกว่า 1.0 พิจารณาเป็นระดับการพังทลายของโครงสร้าง

การคำนวณหาค่าระยะการเคลื่อนที่ระดับยอดอาคารเป้าหมาย (Target Displacement) ของโครงสร้างอาคารตามมาตราฐาน มยผ. 1303-57 สามารถคำนวณได้ ตามสมการที่ 3

$$\delta_t = \frac{C_o C_1 C_2 S_a T_e^2 g}{4\pi^2} \tag{3}$$

โดยที่ C_o เท่ากับ 1.30 , C_1 เท่ากับ 1.0 , C_2 เท่ากับ 1.0, S_a คือ ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นพื้นฐานประสิทธิผลในแต่ละพื้นที่, T_e คือ คาบการสั่นพื้นฐานประสิทธิผล และ $g = 9.81$ m/s^2

การเคลื่อนที่ระดับยอดอาคารเป้าหมาย (Target displacement) อาคารที่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่, อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังที่มีการเสริมกำลังโครงสร้างด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก ดังแสดงตามตารางที่ 1 ทั้งนี้ค่าคาบการสั่น

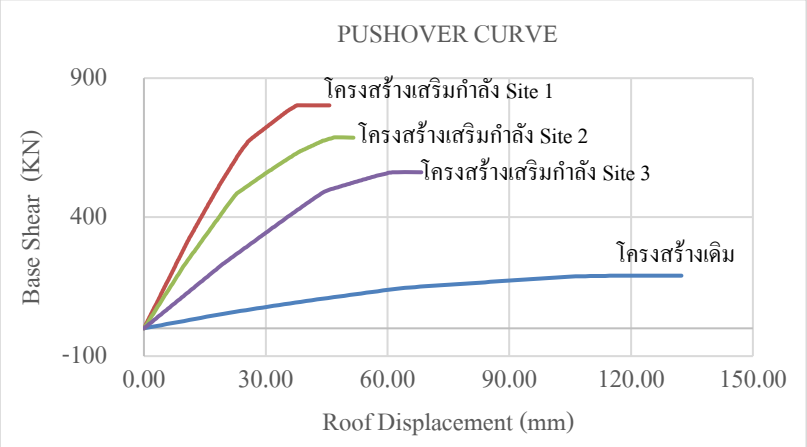
ของโครงสร้างเสริมกำลังมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามลำดับสำหรับอาคาร Site 1 (0.36 s), Site 2 (0.41 s), Site 3 (0.61 s) เนื่องจาก การเสริมตะแกรงเหล็กฉีกในเสามีขนาดและจำนวนชั้นลดลงตามลำดับจาก Site 1, Site 2, Site 3 จึงทำให้ค่าสติฟเนสของโครงสร้างมีค่าลดลงตามลำดับ จึงทำให้คาบการสั่นมีค่าเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงการเคลื่อนที่ระดับยอดอาคารเป้าหมาย (Target Displacement)

Location	Structure	Period (s) T_e (s)	Target Displacement	
			δ_t (mm)	3 δ_t (mm)
Site 1: อ. วังชิ้น จ. แพร่	โครงสร้างอาคารเดิม	1.04	114.10	342.29
S_s =1.086, S_1 =0.275	โครงสร้างอาคารเสริมกำลังเสา -คาน	0.36	39.89	119.69
Site 2: อ. เมือง จ. กาญจนบุรี	โครงสร้างอาคารเดิม	1.04	100	300
S_s =0.642, S_1 =0.241	โครงสร้างอาคารเสริมกำลังเสา-คาน	0.41	39.38	118.14
Site 3: อ. เมือง จ. กำแพงเพชร	โครงสร้างอาคารเดิม	1.04	50.62	151.85
S_s =0.434, S_1 =0.122	โครงสร้างอาคารเสริมกำลังเสา	0.61	25.04	75.13

5. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์การผลักแรงสถิตไม่เชิงเส้น (Pushover Curve) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนที่ฐานและการเคลื่อนที่ระดับยอดอาคาร บริเวณพื้นที่เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงมากถึงน้อยที่สุดตามลำดับ ได้แก่ อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่, อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังการเสริมกำลังโครงสร้างด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก ดังแสดงตามรูปภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การผลักแรงสถิตไม่เชิงเส้นโครงสร้างอาคารเดิมและเสริมกำลัง

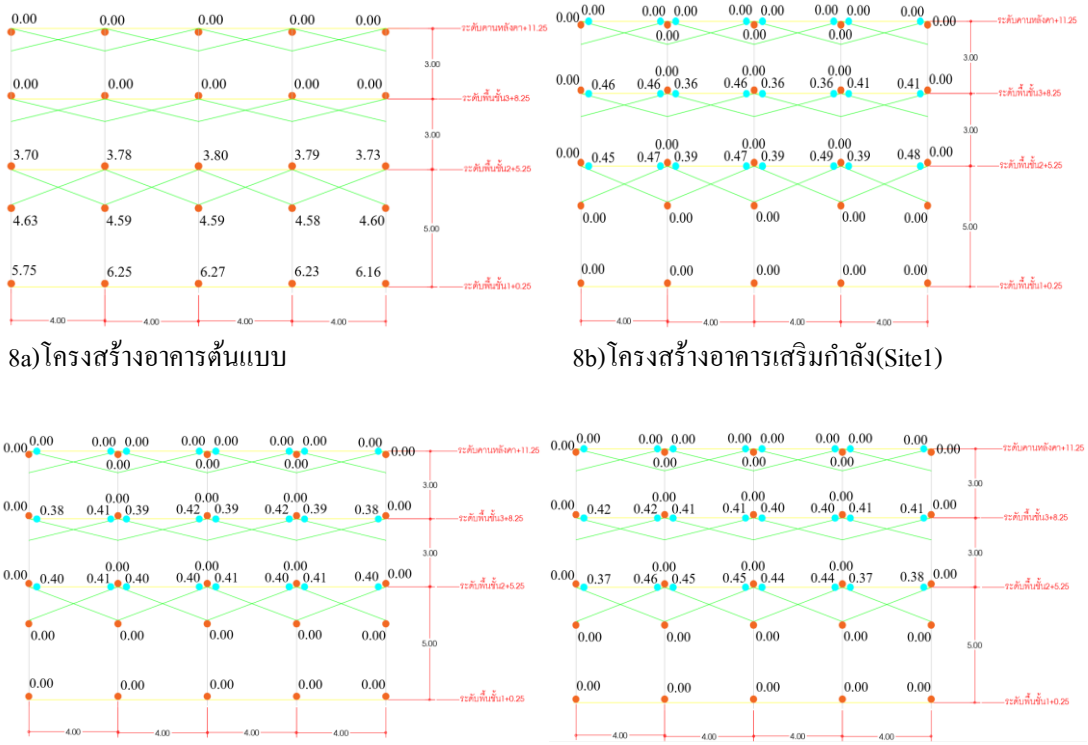
ผลการวิเคราะห์การผลักอาคารภายหลังจากการเสริมกำลังให้กับโครงสร้างอาคารเดิมด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก ไม่พบการเกิดข้อหมุนพลาสติกที่ปลายเสาชั้นล่าง โครงสร้างอาคารเสริมกำลังมีกำลังต้านทานแรงเฉือนสูงขึ้นจากเดิม 4.24 เท่า 3.63 เท่า และ 2.97 เท่า สำหรับ Site 1,2 และ 3 ตามลำดับ ตามที่แสดงในตารางที่ 2 จะสังเกตได้ว่าโครงสร้างเสริมกำลังมีค่าสติฟเนสลดลงตามลำดับจาก Site 1, Site 2, Site 3 เนื่องจาก

การเสริมตะแกรงเหล็กฉีกในเสามีขนาดและจำนวนชั้นลดลงตามลำดับจาก Site 1, Site 2, Site 3 จึงทำให้ค่าสติฟเนสของโครงสร้างมีค่าลดลงตามลำดับด้วย

ตารางที่ 2 แสดงค่า Stiffness, Maximum Base Shear and Maximum displacement ของอาคาร

Location	Structure	Stiffness (KN/mm)	Max Shear (KN)	Max Displacement (mm)
Site 1:	โครงสร้างอาคารเดิม	1.56	189.40	132.40
พื้นที่ อ. วังชิ้น จ. แพร่	โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง	21.48	802.40	45.69
Site 2:	โครงสร้างอาคารเดิม	1.56	189.40	132.40
พื้นที่ อ. เมือง จ. กาญจนบุรี	โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง	14.36	687.20	51.88
Site 3:	โครงสร้างอาคารเดิม	1.56	189.40	132.40
พื้นที่ อ. เมือง จ. กำแพงเพชร	โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง	9.39	562.10	68.33

ส่วนค่าระดับความเสียหาย (Damage Index) ของโครงสร้างอาคารต้นแบบก่อนเสริมกำลัง แสดงในรูปที่ 8a โดยมีค่าระดับความเสียหายเสา โดยค่าเฉลี่ย DI= 2.89 >1.0 เสาเสียหายพังทลายทั้งหมด ไม่สามารถซ่อมแซมได้ ในรูปที่ 8b, 8c, 8d แสดงค่าระดับความเสียหายลดลงภายหลังจากมีการเสริมกำลังโครงสร้างอาคารด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก โดยมีค่าเฉลี่ย DI = 0.14, 0.13 และ 0.13 สำหรับ Site 1, Site 2 และ Site3 ตามลำดับ



8a) โครงสร้างอาคารต้นแบบ

8b) โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง(Site1)

8c) โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง (Site 2)

8d) โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง (Site 3)

ภาพที่ 8 ค่าระดับความเสียหายของโครงสร้าง

ตารางที่ 3 สรุปผลการวัดระดับความเสียหายของโครงสร้างอาคารที่มีการเสริมกำลังในแต่ละพื้นที่

พื้นที่ตั้ง	ดัชนีความเสียหาย	ระดับความเสียหาย	สถานะความเสียหาย	การใช้งาน	สภาพอาคาร
Site 1: อำเภอวังชิ้น จ.แพร่	0.14	ส่วนน้อย	เสียหายเล็กน้อย	ใช้งานได้	แตกร้าวเล็กน้อย
Site 2: อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี	0.13	ส่วนน้อย	เสียหายเล็กน้อย	ใช้งานได้	แตกร้าวเล็กน้อย
Site 3: อำเภอเมือง จ.กำแพงเพชร	0.13	ส่วนน้อย	เสียหายเล็กน้อย	ใช้งานได้	แตกร้าวเล็กน้อย

6. อภิปรายผล

1) จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารต้นแบบ พบว่า มีค่าความแข็งแรงสติฟเนส แรงเฉือนที่ฐานและการเคลื่อนตัวด้านข้างสูงสุด เท่ากับ 1.56 KN/mm, 189.4 KN และ 132.40 mm ตามลำดับ

2) จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารเสริมกำลัง พบว่า มีค่าสติฟเนส และแรงเฉือนที่ฐานสูงขึ้นเปรียบเทียบกับโครงสร้างต้นแบบตามลำดับ ได้แก่ อำเภอวังชิ้น จ.แพร่ เท่ากับ 21.48 KN/mm, 802.40 KN อำเภอเมือง จ.กาญจนบุรี เท่ากับ 14.36 KN/mm, 687.2 KN, อำเภอเมือง จ.กำแพงเพชร เท่ากับ 9.39 KN/mm, 562.10 KN โครงสร้างที่มีการเสริมกำลังให้ค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนด้านข้างที่สูงกว่าโครงสร้างต้นแบบถึง 3-4.2 เท่า

3) จากผลการวัดระดับความเสียหายของโครงสร้างเดิมและอาคารเสริมกำลังในแต่ละพื้นที่ พบว่า โครงสร้างอาคารต้นแบบ มีระดับการพังทลายของโครงสร้างเสา มีค่าดัชนีความเสียหาย DI มากกว่า 1.0 ในทุกพื้นที่ ภายหลังจากมีการเสริมกำลังโครงสร้าง ค่าดัชนีความเสียหายรวม (DI) โครงสร้างลดลง มีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.6 ซึ่งพิจารณาเป็นระดับความเสียหายที่ซ่อมแซมได้ สมรรถนะของอาคารอยู่ในระดับเข้าใช้งานได้ทันที (Immediate Occupancy Level-IO)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประยุกต์ใช้ในการออกแบบเสริมกำลังโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีรูปแบบลักษณะคล้ายกันและตั้งอยู่บริเวณเขตพื้นที่ภาคเหนือและตะวันตกของประเทศไทยได้

(2) นำผลที่ได้จากการวิจัยใช้เพื่อเป็นแนวทางการประเมินค่าก่อสร้างในการเสริมกำลังโครงสร้างอาคารเดิมเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว และพัฒนาการเลือกใช้วัสดุเพื่อให้เกิดความประหยัดในการก่อสร้าง

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ศึกษาพฤติกรรมโครงสร้างที่เสริมกำลังด้วยวิธีการเสริมกำลังเฉพาะที่โดยการพอกด้วยคอนกรีต (Concrete Jacketing) การเสริมกำลังเฉพาะที่โดยการหุ้มด้วยวัสดุเชิงประกอบ เป็นต้น

(2) ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารพาณิชย์คอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้รูปด้านอื่นของอาคารต้นแบบที่มีจำนวนชั้นหรือคูหาเพิ่มขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ปัญญาคะโป ที่สละเวลาและให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัย เพื่อให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และการสนับสนุนจากทุนวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2557). *มาตรฐานการประเมินและการเสริมความมั่นคงแข็งแรงโครงสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ.1303-57.* กระทรวงมหาดไทย.

ปฏิชน มณีกาญจน์ และไพบูลย์ ปัญญาคะโป. (2563). พฤติกรรมต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารผนังก่ออิฐที่เสริมกำลังด้วยกรงเหล็กและตะแกรงเหล็กฉีก. *หนังสือประมวบบทความการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ IAMBEST ครั้งที่ 5.* วันที่ 26 พฤษภาคม 2563, 361-369.

ไพบูลย์ ปัญญาคะโป และทนงศักดิ์ พรหมบุญแก้ว. (2557). การเสริมกำลังต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารพาณิชย์โดยเหล็กประกอบ. *หนังสือประมวบบทความการประชุมวิชาการระดับชาติ นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 10*. พิษณุโลก.

Dung, P.N., Plumier, A. (2010). Behavior of expanded metal panels under shear loading. *In: Proceedings of SDSS RIO 2010 Stability and Ductility of Steel Structures, Rio de Janeiro*. pp.1101-1108.

Kazemi et al. (2005). Seismic shear strengthening of R/C columns with ferrocement jacket. *Cement & Concrete Composites*. 27, 834-842.

Longthong, S., Panyakapo, P. and Ruangrassamee, A., (2020). Seismic Strengthening of RC Frame and Brick Infill Panel using Ferrocement and Expanded Metal, *Engineering Journal, vol. 24, no. 3, pp. 56-57.*

Panyamul, S., Panyakapo, P. and Ruangrassamee, A.,(2019) Seismic Shear Strengthening of Reinforced Concrete Short Columns Using Ferrocement with Expanded Metal, *Engineering Journal,* 23(6), pp. 176-189.

Park, Y. J. and Ang, A. H. (1985). Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete. *Journal of Structural Engineering. ASCE*. 111(4): 722-739.

Saiidi M, Sozen M A. (1979). Simple and complex models for nonlinear seismic response of reinforced Concrete structures. *Report UILU – ENG-79-2031*, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana,I LLINOIS.

Steawart W., Dean J A and Carr A J. (1984). The seismic performance of plywood sheathed shear walls., *Proc. Pacific Timber Eng. Conf*., Auckland, Vol II, pp 486-495.

กลุ่มย่อยที่ 2

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

การศึกษาประสิทธิผลของครีมสารสกัดนมผึ้งในการรักษาสิว

THE EFFICACY OF ROYAL JELLY EXTRACT CREAM FOR TREATMENT OF ACNE VULGARIS

จิตรวี จอมวรวงศ์[1], ไพศาล รัมณีย์ธร[2], วิทูร จุลรัตนาภรณ์[3]

[1,2,3]สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง กรุงเทพฯ

E-mail: [1]mui.jomworawong@gmail.com, [2]paisalrr@yahoo.com

บทคัดย่อ

10-Hydroxy-trans-2-decenoic acid เป็นองค์ประกอบไขมันหลักของนมผึ้ง มีคุณสมบัติหลายอย่างที่สำคัญโดยเฉพาะการต้านเชื้อจุลชีพ จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาประสิทธิผลของครีมสารสกัดนมผึ้ง 3% ในการรักษาสิว โดยใช้รูปแบบการศึกษาเป็นการทดลองทางคลินิกแบบone group only design มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 32 คน โดยมีการประเมินผลก่อนและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ผลการศึกษาจากผู้เข้าร่วมวิจัย 27 คน พบว่าสิวอุดตันหัวเปิดและสิวอักเสบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.004 และ P=0.023 ตามลำดับ) ส่วนสิวชนิดอื่น ได้แก่ สิวอุดตันหัวปิด สิวหนอง และสิวหัวช้างไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดัชนีความรุนแรงของสิวพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001) ระดับความมันบนใบหน้าบริเวณหน้าผาก แก้มซ้าย แก้มขวา คาง และค่าเฉลี่ยของใบหน้าพบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001, P=0.024, P=0.012 P=0.010 และ P=0.001 ตามลำดับ) ผลวิเคราะห์สภาพผิวด้วยเครื่องวีเซีย® พบว่าคะแนนสัมบูรณ์ของความเรียบเนียนบริเวณใบหน้าเฉลี่ยของก่อนการรักษาและหลังการรักษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.032) คะแนนสัมบูรณ์ของรอยดำจากรังสียูวีของใบหน้าด้านซ้ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.027) ส่วนคะแนนสัมบูรณ์ของสภาพผิวด้านอื่นๆไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลข้างเคียงพบว่ามีอาการแสบ คัน แดง ลอกเล็กน้อยซึ่งสามารถหายได้เอง หลังสิ้นสุดการรักษาผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนใหญ่รู้สึกพึงพอใจปานกลางถึงมาก ดังนั้นการใช้ครีมสารสกัดนมผึ้ง 3% มีประสิทธิภาพในการรักษาสิวระดับความรุนแรงน้อยถึงปานกลาง ช่วยลดความมันบนใบหน้า ช่วยให้ผิวดูเรียบเนียนขึ้น และอาจช่วยลดรอยดำจากรังสียูวีได้

คำสำคัญ : สารสกัดนมผึ้ง, สิว, ความมันบนใบหน้า

ABSTRACT

Royal jelly contains 10-Hydroxy-trans-2-decenoic acid as a unique fatty acid only in royal jelly harboring various pharmacological properties, especially antimicrobial effect. The objective is to test the efficacy of 3%royal jelly extract cream for tropical treatment of mild to moderate acne vulgaris. Experimental study was conducted in 32 subjects. During experiment, they were evaluated at baseline and followed up at 2nd, 4th, 6th and 8th week. All 27 subjects are completely followed up for 8 weeks, with 5 subjects cannot participate in the follow-up evaluations. From baseline and follow up at 2nd, 4th, 6th and 8th week, total lesion counts of open comedones

and inflammatory (papule) acnes were statistically significantly difference (P=0.004 and P=0.023 respectively). In contrast, the total lesion counts of other acne types such as closed comedones, pustules and nodules show no statistically significantly difference.In addition, acne severity index was statistically significantly difference (P<0.001). Similarly, sebum level determined by using Sebumeter® at four areas on the face (forehead, right cheek, left cheek and chin) and mean sebum level of face were statistically significantly difference (P<0.001, P=0.024, P=0.012 P=0.010 and P=0.001 respectively). The skin analysis from VISIA® revealed that absolute score of mean face texture and absolute score of left face of UV spot were statistically significantly (P=0.032 and P=0.027 respectively). On the other hand, the other absolute scores including spot, wrinkle, pore, redness, brown spot and porphyrin were not statistically significantly difference. Only mild adverse effects were observed including irritation, itchiness, redness and scale which were spontaneously resolved. As a result, the 3% royal jelly extract cream showed efficacy in the treatment of mild to moderate acne vulgaris, reduced sebum level and improved skin texture. Moreover, it may have effect on reducing UV spot.

Keywords: Royal jelly extract, Acne vulgaris, sebum level

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

สิวเป็นโรคทางผิวหนังที่พบบ่อยที่สุดในเวชปฏิบัติ สามารถพบได้ทุกเพศ ทุกวัย โดยเฉพาะในช่วงวัยรุ่น สิวเกิดจาก 4 กลไก (Collier et al., 2008) ดังนี้ 1) ความผิดปกติในการสร้างเซลล์ผิวชั้นเคราตินทำให้เกิดการอุดตันรูขุมขน 2) ต่อมไขมันผลิตซีบัมมากเกินความจำเป็น 3) เกิดการอักเสบของต่อมไขมันในรูขุมขนบนผิวหนัง และ 4) การสะสมของเชื้อ *Propionibacterium acnes* (*P. acnes*) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น เช่น พันธุกรรม ภาวะเครียด อาหาร เครื่องสำอาง เป็นต้น การรักษาสิวมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีต่างก็มุ่งเน้นไปที่การแก้ไขที่สาเหตุของการเกิดสิว ไม่ว่าจะเป็นการใช้ยาทาหรือยารับประทาน ซึ่งการรักษาจะแตกต่างกันไปแบ่งตามระดับความรุนแรงของสิว ปัจจุบันมีการใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาสิวเป็นจำนวนมากทำให้เกิดภาวะเชื้อแบคทีเรียดื้อยามากขึ้น (Goh et al, 2015) ผู้วิจัยจึงศึกษาค้นคว้าหาทาเลือกอื่นในการรักษาสิวเพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะ

นมผึ้งเป็นสารสีขาวขุ่นมีลักษณะคล้ายครีม ผลิตจากต่อมไฮโปฟาริงค์ (hypopharyngeal gland) และต่อมน้ำลายที่อยู่บริเวณส่วนหัวของผึ้งงาน นมผึ้งเป็นที่รู้จักในเรื่องของสุดยอดอาหารที่อุดมคุณค่า (superfood) เป็นอาหารพิเศษสำหรับตัวอ่อนช่วงอายุ 2-3 วันแรกของการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในนมผึ้งประกอบด้วยน้ำ, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน, แร่ธาตุ และวิตามิน ร่วมกับสารประกอบทางชีวภาพ ได้แก่ 10-hydroxyl-2-decenoic acid(10H2DA), กรดไขมัน และเปปไทด์ 10H2DAเป็นองค์ประกอบไขมันหลักของนมผึ้ง มีคุณสมบัติ ต้านเชื้อจุลชีพ ต้านมะเร็ง บำรุงสมอง ต้านการแพ้ ต้านการอักเสบ ชะลอวัย และเสริมระบบภูมิคุ้มกัน (Ahmad et al, 2020) นอกจากนี้ยังช่วยในการหายของแผล เช่น แผลเบาหวานที่เท้า (Siavash et al, 2011) มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเม็ดสี (Peng et al, 2017) และให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว (Kurek-Górecka et al, 2020) จากคุณสมบัติของนมผึ้งดังกล่าว จึงจัดทำงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของครีมสารสกัดนมผึ้งในสิวระดับความรุนแรงเล็กน้อยถึงปานกลาง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาประสิทธิผลของครีมสารสกัดนมผึ้งในการรักษาสิวระดับรุนแรงน้อยถึงปานกลาง และวัตถุประสงค์รองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของครีมสารสกัดนมผึ้งในการลดรอยดำจากสิว การลดความมันบนใบหน้า ความพึงพอใจ และผลข้างเคียงของครีมสารสกัดนมผึ้ง

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

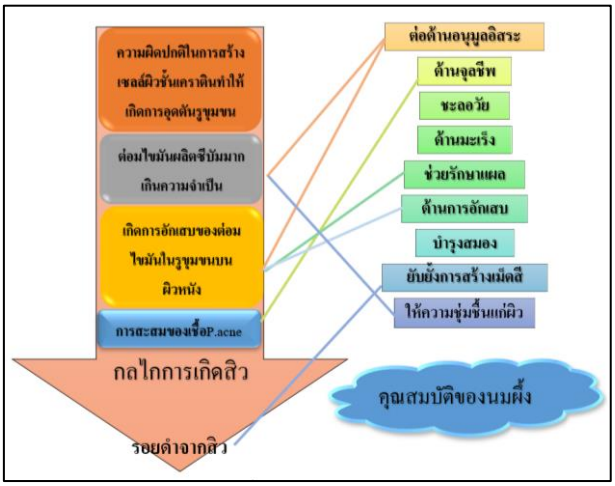
3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) กีรติญา เอี่ยมถาวรม, 2555ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและการต้านอนุมูลอิสระโดยโพรพอลิส นมผึ้ง และฟ้าทะลายโจร พบว่านมผึ้งสามารถยับยั้งเชื้อทุกตัว โดยสามารถยับยั้ง *Shi. flexneri, K. pneumonia* และ *Ent.aerogenes* ได้ดีที่สุด โดยฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียจะมาจากสาร 2 ชนิดที่พบในนมผึ้งได้แก่ 10-H2DA ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิด เช่น *E. coli, Micrococcus pyogenes Strept. pyogenes, Staph. aureus, B. subtilis, P. vulgalis, Ps. aeroginosa* และสารรอยัลไลซีนซึ่งที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียบางชนิด ได้แก่ *Bifidobacterium, Lactobacillus, Staphylococcus, Leuconostoc cremoris, Clostridium* และ *Corynebacterium*

2) Siavash et al, 2011 ได้ศึกษาประสิทธิผลของนมผึ้งชนิดทาในการรักษาแผลเบาหวานที่เท้า โดยศึกษาจากผู้ป่วยเบาหวานที่มีแผลเรื้อรังที่เท้า ผลการทดลองพบว่า 7 ใน 8 คน แผลหายสนิท ใช้เวลาเฉลี่ย 41 วัน อัตราการหายของแผลโดยเฉลี่ยตามความยาว0.35ม.ม./วัน ความกว้าง0.28ม.ม./วัน และความสูง 0.11ม.ม./วัน

3) Ahmad et al, 2020 ได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของนมผึ้งทางด้านชีวภาพและทางด้ายเภสัชกรรม พบว่านมผึ้งมีองค์ประกอบของโปรตีน เปปไทด์ กรดไขมัน สารประกอบฟีโนลิก ที่มีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพ การรักษาบาดแผล เสริมภูมิคุ้มกัน ชะลอวัย ต้านมะเร็ง ต้านการอักเสบ ลดความดันโลหิต และลดไขมันในเส้นเลือด นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการปกป้องตับ และไต และช่วยให้ระบบสืบพันธุ์ทำงานได้ดีขึ้น ช่วยลดระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน และมีเอนไซม์ชะลอวัยบางชนิดที่อาจช่วยป้องกันโรคในระบบทางเดินอาหารได้

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

1) การใช้ครีมนมผึ้งสามารถลดการอักเสบของสิวที่มีความรุนแรงน้อยถึงปานกลางบนใบหน้าได้

2) ครีมนมผึ้งมีประสิทธิภาพในการลดรอยดำจากสิวและลดความมันบนใบหน้าได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองทางคลินิก (Experimental Study) แบบ one group only design

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

4.2.1 กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ประชากรชายและหญิงอายุ 18-50 ปี จำนวน 32 คน ที่มีสิวระดับความรุนแรงเล็กน้อยถึงปานกลางบนใบหน้าตามเกณฑ์สมาคมแพทย์ผิวหนังแห่งประเทศไทย(นภดล นพคุณ และคณะ, 2553) ดังนี้ สิวรุนแรงน้อย คือ มีหัวสิวไม่อักเสบเป็นส่วนใหญ่ หรือมีสิวอักเสบไม่เกิน 10 จุด และ สิวรุนแรงปานกลาง คือ มีสิวตุ่มนูนแดงและสิวหนองขนาดเล็กจำนวนมากกว่า 10 จุด และหรือมีสิวหัวช้างน้อยกว่า 5 จุด

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย 1) อาสาสมัครทุกเพศอายุ 18-50 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นสิวที่มีระดับความรุนแรงน้อยถึงปานกลางบนใบหน้า 2) สุขภาพโดยทั่วไปแข็งแรง 3) หยุดการใช้ยาทารักษาสิว ทำทรีตเมนต์ และเลเซอร์อย่างน้อย 2 สัปดาห์ หยุดรับประทานยารักษาสิวอย่างน้อย 1 เดือนก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย 4) ผู้ที่เข้าร่วมวิจัยโดยสมัครใจและสามารถมาตามนัดได้

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครออกจากโครงการวิจัย 1) มีโรคประจำตัวที่มีความผิดปกติของฮอร์โมน หรือได้รับยาฮอร์โมนเสริม 2) กำลังตั้งครรภ์หรืออยู่ในภาวะให้นมบุตร 3) มีโรคประจำตัวที่ต้องรับประทานยาในกลุ่มอนุพันธ์วิตามินเอ 4) มีโรคผิวหนังอื่นๆ ร่วมบริเวณใบหน้า 5) ได้รับการวินิจฉัยว่ามีความผิดปกติทางจิต 6) มีประวัติแพ้ผึ้ง และผลิตภัณฑ์จากผึ้ง

4.2.2 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากเป็นการทดลองเทียบก่อนหลัง และไม่พบการศึกษาประสิทธิผลของการรักษาสิวด้วยครีมสารสกัดนมผึ้ง จึงใช้การประมาณจำนวนตัวอย่างจากงานวิจัยโดยอ้างอิงจาก งานวิจัย ของจุฬาภรณ์ ลิมวัฒนานนท์ และคณะ (2551) การคำนวณหาขนาดตังอย่างจึงใช้สูตร

$$n = \frac{(Z_\alpha+Z_\beta)^2\sigma^2}{d^2} = \frac{(1.645+0.842)^2 11.7^2)}{5.6^2} = 27;\ \alpha = 0.05$$

ค่า drop out 20% ดังนั้นจึงใช้ตัวอย่างทั้งสิ้น 32 คน

4.3 เครื่องมือวิจัย

ประกอบด้วย 1) เอกสารกรอกข้อมูลประวัติส่วนตัวและข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย 2) เอกสารชี้แจงข้อมูลและขั้นตอนในการร่วมงานวิจัย 3) ใบยินยอมการรักษาและการเข้าร่วมโครงการวิจัย 4) สบู่ล้างหน้าสูตรอ่อนโยน 5) ครีมสารสกัดนมผึ้ง 3% ผลิตโดยบริษัท เอสบียูคอร์ปอเรชั่น จำกัด โดยใช้สารสกัดนมผึ้งจากประเทศสเปน มีชื่อการค้าว่าโรยัลลามิน 83100 ผลิตโดยบริษัทโปรไวทัลกรุ๊ป จำกัด เป็นสารแขวนลอยของนมผึ้งในกลีเซอรีน โดยสัดส่วนของกลีเซอรีนอยู่ที่60-75% และนมผึ้ง 25-40% 6) แบบบันทึกผลการศึกษา จำนวนสิว ดัชนีความรุนแรงของสิว ผลการวิเคราะห์สภาพผิว และระดับความมันบนใบหน้า 7) แบบประเมินผลข้างเคียงจาก

การรักษา และความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อการรักษา 8) เครื่องวิเคราะห์สภาพผิววีเซีย (VISIA)® 9) เครื่องวัดความมันบนใบหน้าซีบูมิเตอร์ (Sebumeter)® SM 815

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว จะถูกชี้แจงวัตถุประสงค์ ลงนามแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมงานวิจัยและกรอกประวัติข้อมูลส่วนตัว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับผลิตภัณฑ์สบู่ล้างหน้าสูตรอ่อนโยน และครีมสารสกัดนมผึ้ง 3% ชี้แจงวิธีใช้โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทาครีมสารสกัดนมผึ้ง 3%ทั่วใบหน้า วันละ 2 ครั้ง เช้าและกลางคืนก่อนนอนหลังล้างหน้าด้วยสบู่สูตรอ่อนโยน ใช้ครีมติดต่อกันทุกวันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยตลอดงานวิจัยผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถใช้ผลิตภัณฑ์อื่นในการรักษาสิวได้ จากนั้นตรวจร่างกายผู้เข้าร่วมงานวิจัยโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านผิวหนัง นับจำนวนสิว จัดระดับความรุนแรงของสิว คำนวนดัชนีความรุนแรงของสิว ถ่ายใบหน้าหน้าตรง ด้านซ้าย และด้านขวา บันทึกภาพด้วยเครื่องวีเซีย® วัดความมันบนใบหน้าด้วยเครื่องซีบูมิเตอร์® และบันทึกข้อมูลก่อนการรักษาและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6และ8 ประเมินผลข้างเคียงระหว่างการรักษาและประเมินความพึงพอใจเมื่อสิ้นสุดงานวิจัยในสัปดาห์ที่ 8

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

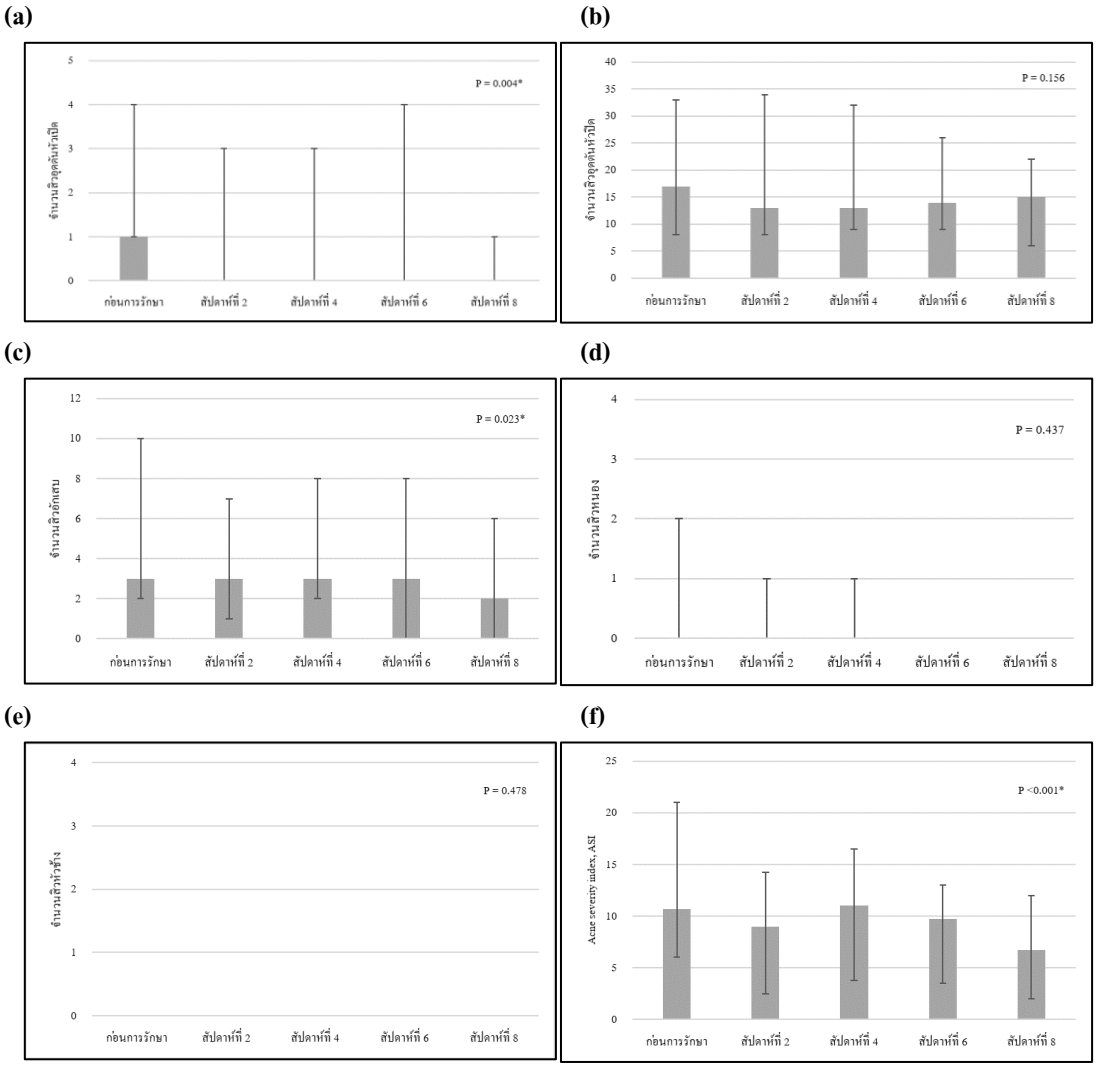
ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปจะใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่ามัธยฐาน สถิติในการประเมินการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังรักษาที่สัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ8 ของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนสิวชนิดต่างๆ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความมันบนใบหน้า และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนสัมบูรณ์จากการวิเคราะห์สภาพผิวด้วยภาพถ่ายวีเซีย®ใช้สถิติเดียวกัน คือ repeated measure ANOVA ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ หรือสถิติ Friedman test ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95%สถิติประเมินผลข้างเคียงและความพึงพอใจจากการรักษาใช้สถิติเชิงพรรณนาโดยคิดเป็นร้อยละ

5. ผลการวิจัย

หลังสิ้นสุดการวิจัยสัปดาห์ที่ 8 มีผู้ถูกคัดออกจำนวน 5 คนเนื่องจากไม่สามารถมาติดตามนัดได้ เหลือผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 27 คน ซึ่งมีข้อมูลทั่วไปดังตารางที่ 1

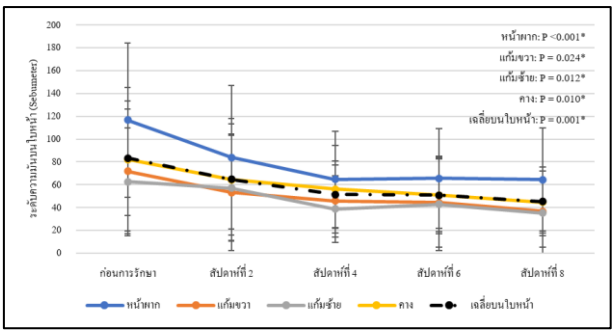
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

	จำนวน
เพศ	
ชาย	7
หญิง	20
อายุ (ปี), Mean±SD	29.70±6.45
สถานภาพ	
โสด	25
สมรส	2
อาชีพ	
พนักงานบริษัท	12
นักศึกษา	10
พนักงานหน่วยงานรัฐ	3
ธุรกิจส่วนตัว	2
ระดับความรุนแรงของสิว	
น้อย	16
ปานกลาง	11
ระยะเวลาที่เป็นสิว (ปี), Mean±SD	10.40±8.80
อายุที่เริ่มเป็นสิว (ปี), Mean±SD	17.11±5.10



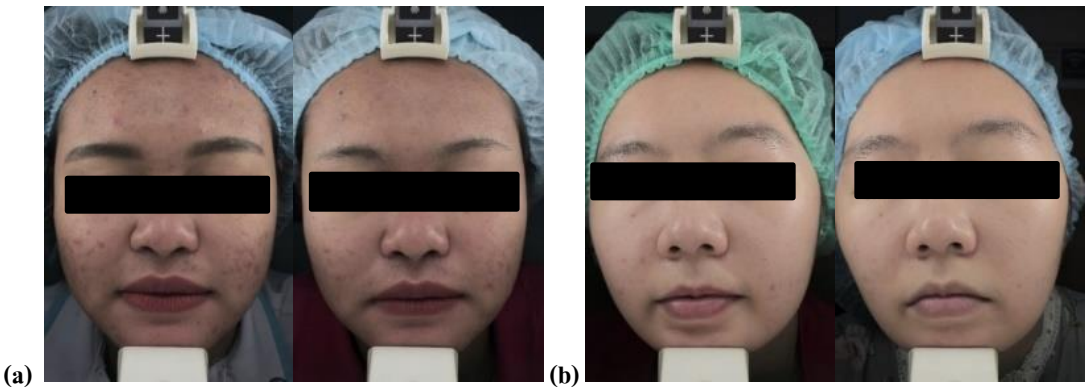
ภาพที่ 2 ผลการศึกษาการใช้ครีมสารสกัดนมผึ้ง3% ก่อนและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ8 ดังนี้ (a) สิวอุดตันหัวเปิด (b) สิวอุดตันหัวปิด (c)สิวอักเสบ (d) สิวหนอง (e) สิวหัวช้าง และ (f) ดัชนีความรุนแรงของสิว

จากภาพที่ 2 แสดงจำนวนสิวทั้งหมดและดัชนีความรุนแรงของสิวก่อนการรักษาและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ8 ผลการศึกษาพบว่า จำนวนสิวอุดตันหัวเปิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.004) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า จำนวนสิวอุดตันหัวเปิดก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 4 และ 8, สัปดาห์ที่ 2 กับ 4 และสัปดาห์ที่ 6 กับ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนสิวอักเสบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.023) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า จำนวนสิวอักเสบก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 6 และ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนสิวอุดตันหัวปิด สิวหนอง และสิวหัวช้าง ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดัชนีความรุนแรงของสิวของ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001) เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า ดัชนีความรุนแรงของสิวก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดัชนีความรุนแรงของสิวหลังการรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001)

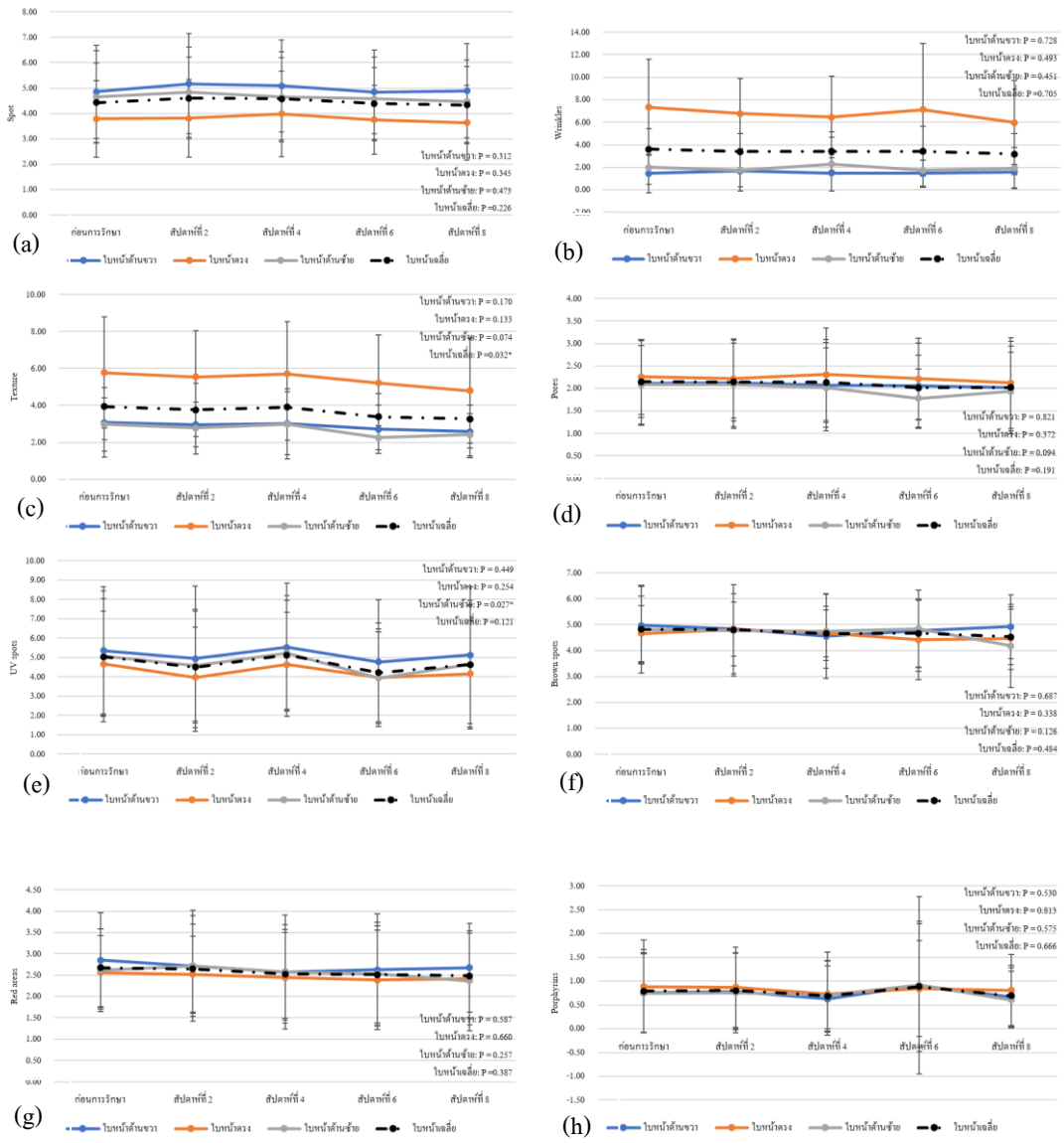


ภาพที่ 3 ระดับความมันบนใบหน้าก่อนและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8

จากภาพที่ 3 แสดงระดับความมันบนใบหน้าก่อนการรักษาและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ผลการศึกษาพบว่า ระดับความมันบริเวณหน้าผาก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า ระดับความมันบริเวณหน้าผากก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 52.04, 51.11 และ 52.11 ตามลำดับ ระดับความมันบริเวณแก้มขวา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.024) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า ระดับความมันบริเวณแก้มขวาก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 35.11 ระดับความมันบริเวณแก้มซ้าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.012) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า ระดับความมันบริเวณแก้มซ้ายก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 27.48 ระดับความมันบริเวณคาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.010) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า ระดับความมันบริเวณคางก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 37.49 และระดับความมันเฉลี่ยบนใบหน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.001) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า ระดับความมันเฉลี่ยบนใบหน้าก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 32.04, 32.39 และ 38.05 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายใบหน้าตรงจากเครื่องวิเซีย® เปรียบเทียบก่อน(ภาพซ้าย)และหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 8 (ภาพขวา) ด้วยครีมสารสกัดนมผึ้ง3% ของอาสาสมัครที่มีความรุนแรงสิวดังนี้ (a) ความรุนแรงสิวปานกลาง (b) ความรุนแรงสิวน้อย



ภาพที่ 5 คะแนนสัมบูรณ์จากการวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของเครื่องวีเซีย® ก่อนและหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ดังนี้ (a) รอยดำ (b) ริ้วรอย (c) ความเรียบเนียน (d) รูขุมขน (e) รอยดำจากรังสียูวี (f) รอยน้ำตาล (g) รอยแดง (h) พอร์ไฟริน

จากภาพที่ 5(a) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของรอยดำบริเวณใบหน้าด้านขวา หน้าตรง ด้านซ้าย และใบหน้าเฉลี่ย ก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ภาพที่ 5(b) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของริ้วรอยบริเวณใบหน้าด้านขวา หน้าตรง ด้านซ้าย และใบหน้าเฉลี่ย ก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ภาพที่ 5(c) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของความเรียบเนียนบริเวณใบหน้าใบหน้าด้านขวา หน้าตรง และด้านซ้ายของก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่คะแนนสัมบูรณ์ของความเรียบเนียนบริเวณใบหน้าเฉลี่ยของก่อนและหลังการรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.032) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า คะแนนสัมบูรณ์ของความเรียบเนียนบริเวณใบหน้าเฉลี่ยก่อนการรักษากับหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 0.675 ภาพที่ 5(d) คะแนนสัมบูรณ์ของรูขุมขนบริเวณ ใบหน้าด้านขวา หน้าตรง ด้านซ้าย และใบหน้าเฉลี่ย ก่อนการรักษาและหลังการรักษา

ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ภาพที่ 5(e) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของรอยดำจากรังสียูวีบริเวณใบหน้าใบหน้าด้านขวา หน้าตรง และใบหน้าเฉลี่ยของก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่คะแนนสัมบูรณ์ของรอยดำจากรังสียูวีบริเวณใบหน้าด้านซ้ายของก่อนการรักษาและหลังการรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.027) จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยพบว่า คะแนนสัมบูรณ์ของรอยดำจากรังสียูวีบริเวณใบหน้าด้านซ้ายหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 4 กับ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 1.289 ภาพที่ 5(f) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของรอยน้ำตาลบริเวณใบหน้าใบหน้าด้านขวา หน้าตรง ด้านซ้าย และใบหน้าเฉลี่ยของก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทาง จากภาพที่ 5(g) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของรอยแดงบริเวณใบหน้าใบหน้าด้านขวา หน้าตรง ด้านซ้าย และใบหน้าเฉลี่ยของก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ภาพที่ 5(h) แสดงคะแนนสัมบูรณ์ของพอร์ไฟรินบริเวณใบหน้าใบหน้าด้านขวา หน้าตรง ด้านซ้าย และใบหน้าเฉลี่ยของก่อนการรักษาและหลังการรักษา ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ระหว่างการรักษาด้วยครีมสารสกัดนมผึ้ง 3% มีผลข้างเคียงเกิดขึ้นดังตารางที่ 2 และความพึงพอใจหลังสิ้นสุดการรักษาในสัปดาห์ที่ 8 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลข้างเคียงหลังการรักษาสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ด้วยครีมสารสกัดนมผึ้ง3%

	จำนวน(คน)
สัปดาห์ที่ 2	
แสบร้อน	1
คัน	3
สัปดาห์ที่ 4	
แสบร้อน	1
คัน	1
หน้าแดง	1
สัปดาห์ที่ 6	
แสบร้อน	1
หน้าแดง	1
สัปดาห์ที่ 8	
แสบร้อน	1
ผิวลอก	1

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมวิจัยหลังสิ้นสุดการรักษาสัปดาห์ที่ 8

	จำนวน(คน)
ไม่พึงพอใจในผลการรักษามาก (-3)	0
ไม่พึงพอใจในผลการรักษาปานกลาง (-2)	0
ไม่พึงพอใจในผลการรักษาเล็กน้อย (-1)	0
รู้สึกเฉย ๆ กับผลการรักษา (0)	0
พึงพอใจในผลการรักษาเล็กน้อย (+1)	1
พึงพอใจในผลการรักษาปานกลาง (+2)	15
พึงพอใจในผลการรักษามาก (+3)	11

6. อภิปรายและสรุปผล

จากการศึกษาประสิทธิผลของครีมสารสกัดนมผึ้ง3%ในการรักษาสิวที่มีระดับความรุนแรงน้อยถึงปานกลาง พบว่า จำนวนสิวอุดตันหัวเปิดและจำนวนสิวอักเสบก่อนการรักษาและหลังการรักษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนสิวอุดตันหัวปิดของก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

เนื่องจากนมผึ้งไม่มีฤทธิ์สลายเคราตินทำให้การรักษาสิวชนิดนี้ได้ไม่ค่อยได้ผล จำนวนสิวหนองและสิวหัวช้างของก่อนการรักษาและหลังการรักษาไม่แตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากขนาดตัวอย่างที่ทำการศึกษามีจำนวนน้อย แต่เมื่อคำนวนดัชนีความรุนแรงของสิวของก่อนการรักษาและหลังการรักษาพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความมันบนใบหน้าก่อนและหลังการรักษาที่วัดด้วยเครื่องซีบูมิเตอร์®บริเวณหน้าผาก แก้มซ้าย แก้มขวา คาง และและค่าเฉลี่ยทั่วใบหน้า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนสัมบูรณ์จากวิเคราะห์สภาพผิวทั้ง8ด้านของภาพถ่ายจากเครื่องวีเซีย® พบว่าในด้านความเรียบเนียนมีคะแนนสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยของความเรียบเนียนทั้งใบหน้าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และคะแนนสัมบูรณ์ของรอยดำจากรังสียูวีของใบหน้าด้านซ้ายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านอื่นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความปลอดภัย พบว่ามีผลข้างเคียงหลังการรักษาอาการแสบร้อน อาการคัน หน้าแดง ผิวลอก ในระดับความรุนแรงน้อยและสามารถหายได้เองหลังให้ใช้ครีมนมผึ้งต่อเนื่องไปอีก 2 สัปดาห์ เนื่องจากช่วงทำการวิจัยมีโรคระบาดโควิด 19 ทำให้ผู้วิจัยต้องใส่ผ้าปิดจมูกตลอด ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองได้ ด้านความพึงพอใจหลังการรักษาส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลาง 15 คน รองลงมาคือ พอใจมาก 11 คน

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าครีมสารสกัดนมผึ้ง 3% มีประสิทธิภาพในการสิวระดับความรุนแรงเล็กน้อยถึงปานกลาง ซึ่งใช้ได้ผลดีกับสิวอุดตันหัวเปิดและสิวอักเสบ จึงเหมาะสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งในการรักษาสิวร่วมกับการใช้ยาหลักโดยเฉพาะในกลุ่มยาที่มีคุณสมบัติสลายเคราติน นอกจากนี้ยังช่วยลดความมันบนใบหน้าซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดสิว อีกทั้งยังช่วยให้ผิวดูเรียบเนียนขึ้นจากสิวที่ลดลง และอาจมีส่วนช่วยลดรอยดำจากรังสียูวี

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) ควรศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดนมผึ้งที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงความเข้มข้นที่เกิดประสิทธิผลสูงสุดและมีความปลอดภัยในการนำมารักษาสิว

(2) ควรศึกษาด้วยการแบ่งครึ่งหน้า หรือมีกลุ่มควบคุม เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการศึกษาให้เห็นชัดและเพิ่มความน่าเชื่อถือ

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการศึกษาและเพิ่มความน่าเชื่อถือ

(2) ควรเพิ่มระยะเวลาการรักษาให้ยาวนานขึ้น เพื่อให้ทราบถึงผลลัพธ์ในระยะยาว

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์นายแพทย์ไพศาล รัมณีย์ธร ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ดร. ธัมม์ทิวัตถ์ นรารัตน์วันชัย และรองศาสตราจารย์ ดร.วงเดือน ปั้นดี ให้คำแนะนำและแนวทางอภิปรายเพื่อปรับปรุงงานวิจัยให้ดียิ่งขึ้น ขอขอบคุณเพื่อนๆ สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ สาขาวิชาตจวิทยาที่คอยให้คำปรึกษา และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

9. เอกสารอ้างอิง

กีรติญา เอี่ยมถาวร. (2555). *การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารและการต้านอนุมูลอิสระโดยโพรพอลิส นมผึ้ง และฟ้าทะลายโจร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฬาภรณ์ ลิมวัฒนานนท์, ธนนรรจ์ รัตนโชติ พานิช, อารีวรรณ เชี่ยวชาญวัฒนา, อรอนงค์ วลีขจรเลิศ, รัตนศิริ จิวานนท์, เจริญ ชุณหกาญจน์, บังอร ศรีพานิชกุลชัย, สุมนต์ สกลไชย. (2551). ประสิทธิผลทางคลินิกของเจลไพลที่ทำจากน้ำมันไพลปริมาณ 1% ในการรักษาสิวชนิดเล็กน้อยถึงปานกลาง. *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน*. 4(2), 121-33.

นภดล นพคุณ, เพ็ญวดี ทิมพัฒนพงษ์, วัณณศรี สินธุภัค และคณะ. (2553). *แนวทางการดูแลรักษาโรคสิว Clinical practice guideline ของสมาคมโรคผิวหนังแห่งประเทศไทย*. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 25 กันยายน 2562, จาก: http://www.dst.or.th/files_news/Acne_2010.pdf

Ahmad, Saboor & Campos, Maria & Fratini, Filippo & Altaye, Solomon & Li, Jianke. (2020). New Insights into the Biological and Pharmaceutical Properties of Royal Jelly. *International Journal of Molecular Sciences*. 21. 1-28.

Collier, C., Harper, J., Cafardi, J., Cantrell, W., Wang, W., Foster, K., & Elewski, B. (2008). The prevalence of acne in adults 20 years and older. *Journal of the American Academy of Dermatology, 58*, 56-59.

Goh, C., Abad-Casintahan, F., Aw, D., Baba, R., Chan, L., Hung, N., Wong, s. n. (2015). South-East Asia study alliance guidelines on the management of acne vulgaris in South-East Asian patients. *The Journal of dermatology*, 42.

Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Rzepecka-Stojko, A., & Balwierz, R., & Stojko, J. (2020). Bee Products in Dermatology and Skin Care. *Molecules.* 25, 556.

Peng, C.-C., Sun, H.-T., Lin, I. P., Kuo, P.-C., & Li, J.-C. (2017). The functional property of royal jelly 10-hydroxy-2-decenoic acid as a melanogenesis inhibitor. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 17*.

Siavash Dastjerdi, M., Shokri, S., Haghighi, S., Mohammadi, M., Shahtalebi, M., & Farajzadehgan, Z. (2011). The efficacy of topical Royal Jelly on diabetic foot ulcers healing: A case series. *Journal of research in medical science: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences, 16*, 904-909.

เครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่

AUTOMATIC ANGLE ADJUSTMENT CONTROL OF SOLAR CELL PANELS BY DUAL AXIS TRACKING

ธเนศ ตั้งจิตเจริญเลิศ, บุญญฤทธิ์ เนื่องพลี, ชัชวาล อ้อทอง
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
E-mail: Thanet@pnru.ac.th

สุนันทา ศรีม่วง
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่เป็นการศึกษาแนวทางการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เพื่อ1) ออกแบบและสร้างต้นแบบของเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่ที่สามารถปรับมุมเอียงและมุมเงย และ 2) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของต้นแบบเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่กับเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนเดียว โดยทำการทดลองการติดตั้งเซลแสงอาทิตย์ขนาด 645x555x35 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผง กำลังไฟฟ้า 123 W แรงดันไฟฟ้า 18 VDC กระแสไฟฟ้า 5.2 A สามารถปรับตำแหน่งของทิศทางการเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ คือมุมเงย 105-260 องศาและมุมเอียง 135-190 องศาเก็บผลข้อมูลการทดสอบตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 ของวันที่ 20-23 เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม โดยการใช้สถิติของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยพบว่า ต้นแบบของเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และประสิทธิภาพของแรงดันที่ได้มีค่ามากกว่า

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์, ระบบแกนคู่, ความเข้มของแสงอาทิตย์

ABSTRACT

The research on an automatic angle adjustment control of solar cell panels by dual axis tracking was the study of increasing of electrical energy from solar cells. The objectives of this research were to (1) design and build a prototype of the automatic angle adjustment system of solar cells according to the intensity of the sunlight that can adjust the angle of inclination and elevation angle and (2) compare the efficiency of the automatic angle adjustment control of solar cell panels by dual axis tracking with an automatic angle adjustment control of solar

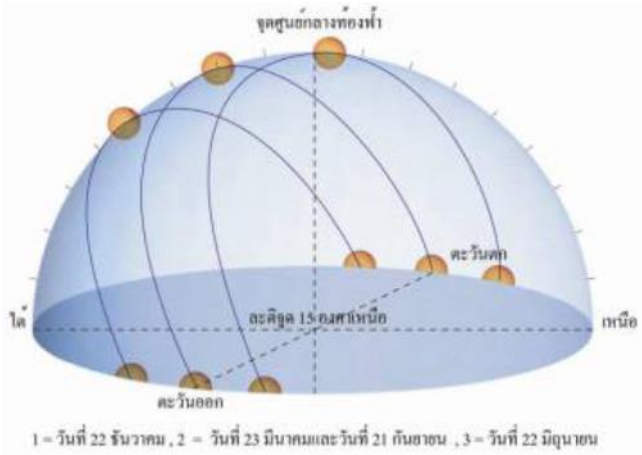
cell panels by single axis tracking by experimenting with the installation of two solar cells. The characteristics of solar cells used in this research are 645x555x35 mm. in size with 123Wpower, 18 VDC voltage and 5.2 A of electrical current. The movement position of solar panels can be adjusted in 2 directions, which are 105-260 degrees elevation angle and 135-190 degree tilt angle. Experimental data was collected from June 20 – 23, September and December during daytime (08.00-16.00 hours) and later analyzed using the statistics of mean and standard deviation of the voltage generated. The conclusions of this research are as follows : The prototype of an automatic angle adjustment control of solar cell panels by dual axis tracking can work exactly as intended. The efficiency of the pressure obtained is greater than the pressure obtained from the solar cells that adjust the position according to the unidirectional sun.

Keywords: Solar Cells, Dual Axis System, Intensity of The Sunlight

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีปริมาณมากที่สุดและมีอยู่ทั่วไปแต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่เนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวันตลอดจนมีความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ไม่แน่นอนเพราะขึ้นอยู่ปัจจัยของสภาพอากาศและฤดูกาลแสงอาทิตย์ จะมีค่าปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ดังนั้นถ้าต้องการให้ได้ปริมาณพื้นที่ได้รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวันจะต้องปรับพื้นที่รับแสงอาทิตย์ตามการเคลื่อนที่ แต่เนื่องจากแกนของโลกมีความเอียงทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อนและเอียงซีกโลกใต้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาวดังนั้นจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสงนั้นๆในแนวเหนือใต้ตามมุมเอียงและมุมเงยให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วยเพื่อให้พื้นที่นั้นๆ รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี

ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกไม่ได้ซ้ำรอยเดิมทุกวันโดยบางวันก็ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตกทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือบางวันขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เนื่องจากตำแหน่งโดยเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ที่ละติจูด 15 องศาเหนือดวงอาทิตย์จึงขึ้นเอียงทำมุมกับขอบฟ้า 75 องศาและเคลื่อนที่ไปรอบๆดาวเหนือในแต่ละวันดวงอาทิตย์จะไม่ขึ้นและตกที่เดิมเสมอไปเนื่องจากแกนหมุนของโลกเอียง 23.5 องศากับระนาบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์จึงทำให้ตำแหน่งดวงอาทิตย์ขึ้นไม่อยู่ตรงทิศตะวันออกและตำแหน่งดวงอาทิตย์ตกไม่อยู่ตรงทิศตะวันตกทุกวันเมื่อโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในหนึ่งปีแบ่งเป็น 4 ช่วงเวลาด้วยกันคือ วันที่ 21-22 มีนาคม (Vernal Equinox) ดวงอาทิตย์ขึ้น-ตกตรงกับทิศพอดีวันที่ 21-22 มิถุนายน (Summer Solstice) ดวงอาทิตย์ขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุดวันที่ 22-23 กันยายน (Autumnal Equinox) ดวงอาทิตย์ขึ้น-ตกตรงกับทิศพอดี วันที่ 21-22 ธันวาคม (Winter Solstice) ดวงอาทิตย์ขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้มากที่สุดโดยขึ้นห่างจากทิศตะวันออกไปทางใต้ ประมาณ 27.88 องศาดังนั้นจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งการขึ้น-ตกของดวงอาทิตย์ทุกๆ วันรวมแล้วประมาณ 55.8 องศาในระยะเวลา 1 ปีจะเห็นว่าดวงอาทิตย์เคลื่อนที่กลับไปกลับมาดังแสดงในภาพที่ 1 (สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ, ออนไลน์)



ภาพที่ 1 การขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ภายใน 1 ปี

ที่มา : http://www.narit.or.th

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-10 องศาเหนือจะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วันซึ่ง ถ้าต้องปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตามแสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้วจะทำให้สามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่าในติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเมืองไทยนิยมที่จะติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้และเอียงทำมุมประมาณ10-18 องศากับพื้นโลก

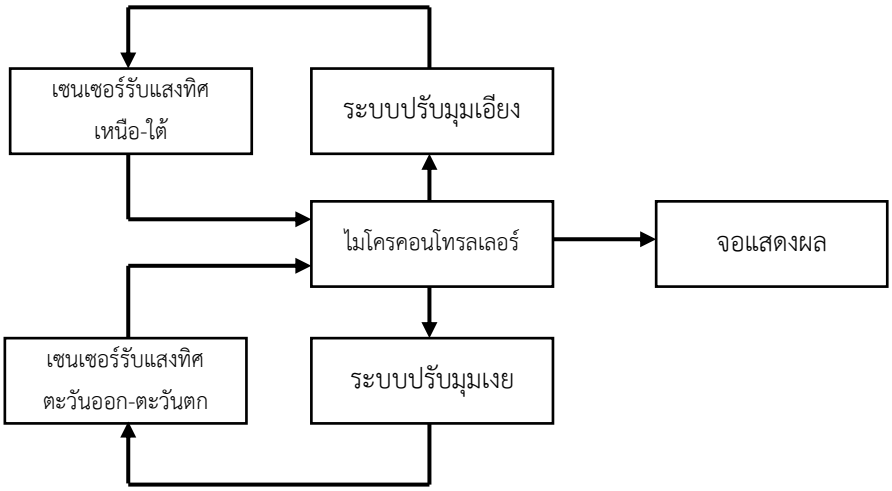
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อออกแบบและสร้างต้นแบบของเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่ที่สามารถปรับมุมเอียงและมุมเงย

(2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของต้นแบบเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่กับระบบการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติทั่วไป

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

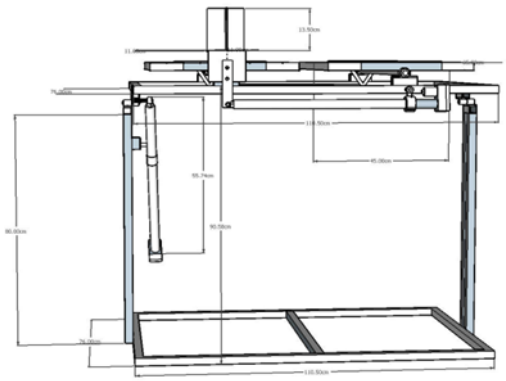
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied Research) โดยการออกแบบและสร้างต้นแบบของเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่ที่สามารถปรับมุมของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทั้งมุมเอียงและมุมเงย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการรับแสงอาทิตย์การปรับตำแหน่งอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์ตามความเข้มของแสงอาทิตย์ของระบบกับระบบปกติทั่วไป โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบการปรับตำแหน่งอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 2 เซนเซอร์รับแสงทิศเหนือ-ใต้และทิศตะวันออก-ตะวันตกจะส่งสัญญาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในทิศทั้งสองไปประมวลผลเปรียบเทียบระดับความเข้มของแสง ถ้าความเข้มแสงมีค่าน้อยในทิศใด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้ระบบปรับมุมเพื่อรับแสงที่มีความเข้มขึ้นและจะส่งสัญญาณไปจอแสดงสถานะของความเข้มของแสง

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบการปรับตำแหน่งอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถนำมาออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่ โดยประกอบไปด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 645x555x35 มิลลิเมตร. แรงดันไฟฟ้า 18 VDC กระแสไฟฟ้า 2.6 A จำนวน 2 แผง เซนเซอร์รับแสง(LDR) จำนวน 4 ตัว มอเตอร์ DC 12 Vจำนวน 2 ตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Arduino Nano v3 และจอแสดงผล (LCD) แสดงโครงสร้างที่ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่

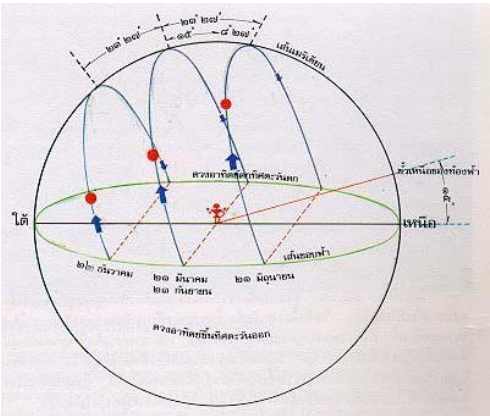
ภาพที่ 4 เครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่และเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนเดี่ยวพร้อมกัน โดยทดลองเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดือนมิถุนายน เดือนกันยายน เดือน ธันวาคม 2562 เนื่องเป็นช่วงเวลาที่แนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ห่างจากเส้นศูนย์สูตรสูงสุดมีความแตกต่างกันสูงสุด วันที่ 21 มิถุนายนเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์อยู่ไกล้โลกไปตามทิศเหนือมากที่สุด วันที่ 23 กันยายนเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร และวันที่ 22 ธันวาคมเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์อยู่ไกล้โลกไปตามทิศใต้มากที่สุด

2. ผู้วิจัยทำบันทึกข้อมูลตำแหน่งของเซลล์แสงอาทิตย์และแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลา 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น.



ภาพที่ 5 แนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ตลอดปี

ที่มา http://saranukromthai.or.th

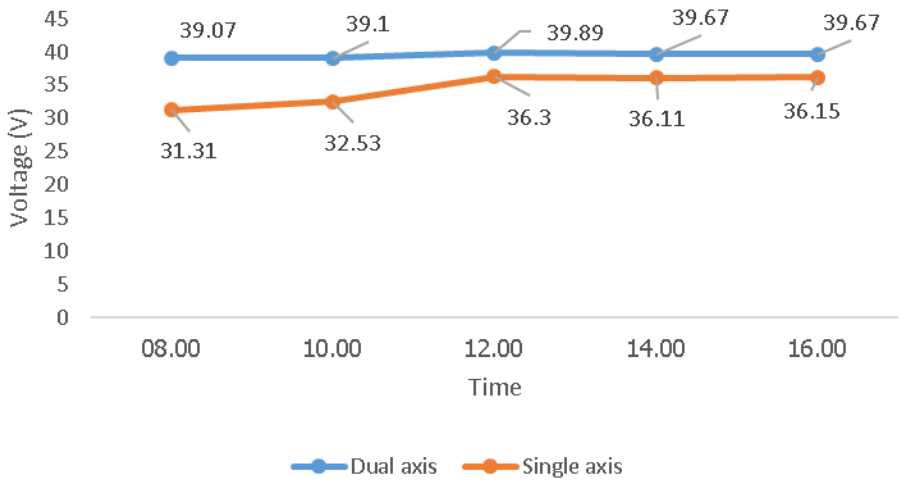
5. ผลการวิจัย

การทดสอบระบบติดตามดวงอาทิตย์ในเบื้องต้นเป็นการทดสอบในสภาพจำลองความเข้มของแสงอาทิตย์โดยการใช้กระดาษสีดำบังแสงอาทิตย์ที่ตัวรับแสงของเซนเซอร์ ระบบจะปรับไปทิศทางที่แสงมีความเข้มกว่า และเมื่อนำกระดาษบังแสงอาทิตย์ออก ระบบก็ปรับกับมาทิศทางเดิม แสดงให้เห็นว่าระบบติดตาม

ดวงอาทิตย์สามารถทำงานตอบสนองต่อแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนเซลล์แสงได้เป็นอย่างดี สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบกับระบบติดทางแบบแกนเดียว ช่วงเวลาที่ดำเนินการทดลองเก็บข้อมูลในวันที่ 20-23 มิถุนายน 2562 ระบบสามารถปรับมุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงผลในตารางที่ 1 และแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงผลในภาพที่ 6

ตารางที่ 1 มุมรับแสงอาทิตย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 20-23 มิถุนายน 2562

เวลา	มุมเงย(องศา)					มุมเอียง(องศา)				
	20	21	22	23	ค่าเฉลี่ย	20	21	22	23	ค่าเฉลี่ย
8.00	114	116	116	110	114.00	176	174	176	173	174.75
10.00	130	133	132	135	132.50	170	172	171	171	171.00
12.00	154	161	163	164	160.50	155	154	156	150	153.75
14.00	210	212	212	212	211.50	142	146	144	144	144.00
16.00	220	222	222	223	221.75	140	142	142	141	141.25

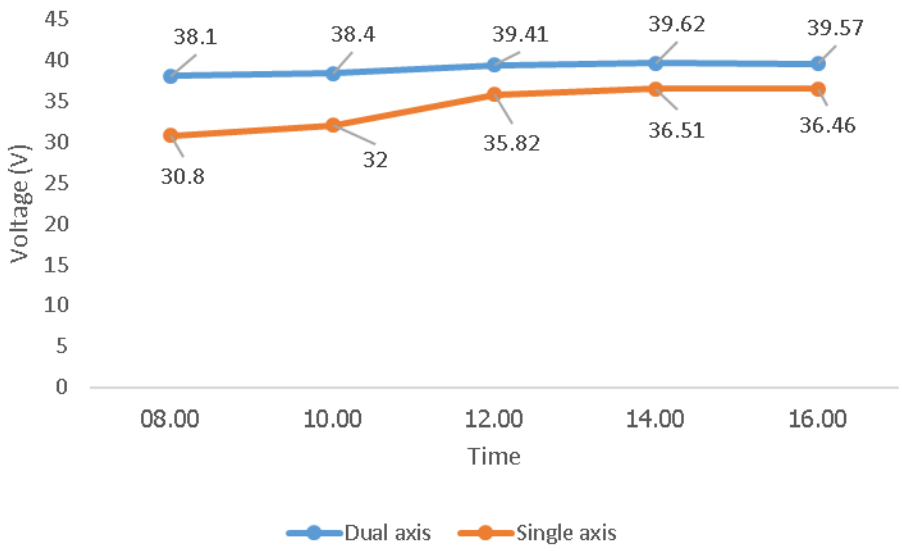


ภาพที่ 6 แรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 20-23 มิถุนายน 2562

การทดลองเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่ในช่วงเวลาที่ดำเนินการทดลองเก็บข้อมูลในวันที่ 20-23 กันยายน 2562 ระบบสามารถปรับมุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงผลในตารางที่ 2 และแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงผลในภาพที่ 7

ตารางที่ 2 มุมรับแสงอาทิตย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 20-23 กันยายน 2562

เวลา	มุมเงย(องศา)					มุมเอียง(องศา)				
	20	21	22	23	ค่าเฉลี่ย	20	21	22	23	ค่าเฉลี่ย
8.00	114	110	110	110	111.00	162	159	162	160	160.75
10.00	120	113	110	112	113.75	157	157	156	158	157.00
12.00	154	169	163	163	162.25	141	136	141	140	139.50
14.00	202	204	202	203	202.75	128	130	127	132	129.25
16.00	220	220	220	224	221.00	126	127	125	128	126.50

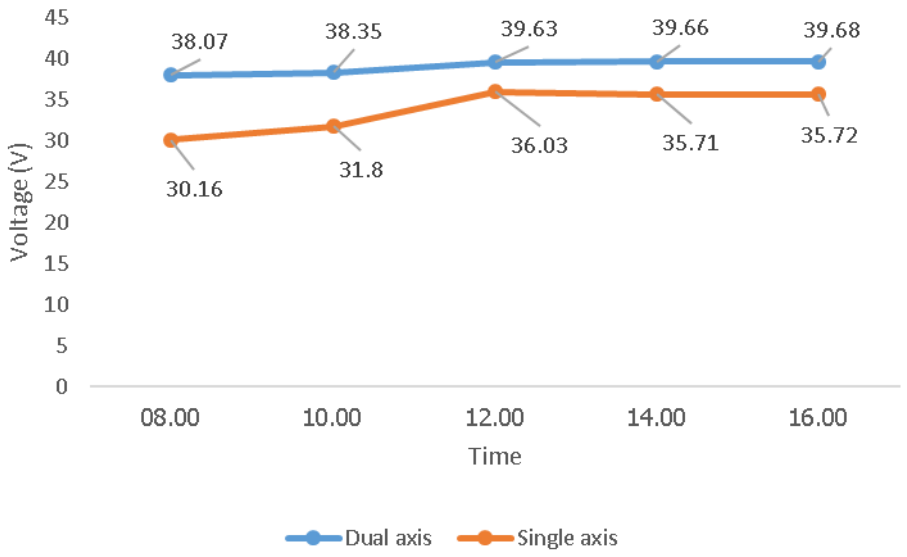


ภาพที่ 7 แรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 20-23 กันยายน 2562

การทดลองเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่ ในช่วงเวลาที่ดำเนินการทดลองเก็บข้อมูลในวันที่ 20 ธันวาคม 2562 ระบบสามารถปรับมุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงผลในตารางที่ 3 และแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงในภาพที่ 8

ตารางที่ 3 มุมรับแสงอาทิตย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในในวันที่ 20-23 ธันวาคม 2562

เวลา	มุมเงย(องศา)					มุมเอียง(องศา)				
	20	21	22	23	ค่าเฉลี่ย	20	21	22	23	ค่าเฉลี่ย
8.00	117	110	110	110	111.75	157	158	158	158	157.75
10.00	125	123	122	122	123.00	150	156	147	150	150.75
12.00	164	169	163	163	164.75	128	138	137	137	135.00
14.00	212	204	202	203	205.25	124	128	128	126	126.50
16.00	220	220	220	224	221.00	123	124	125	124	124.00



ภาพที่ 8 แรงดันไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 20-23 ธันวาคม 2562

6. อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเครื่องควบคุมการปรับมุมแบบอัตโนมัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีติดตามแบบแกนคู่เป็นการนำเสนอผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปกติที่ใช้งานอยู่ทั่วไปที่ได้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้ในช่วงของวงโคจรของดวงอาทิตย์ในหนึ่งปี ในช่วงวันที่ 20-23 มิถุนายน ดวงอาทิตย์โคจรทำมุมเอียงไปทางทิศเหนือเส้นศูนย์สูตรประมาณ 28 องศาเหนือจากผลการวิจัยค่าของระบบที่ปรับมุมตามการเอียงของดวงอาทิตย์จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยของแรงดันเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 9.73-24.79 ช่วงวันที่ 20-23 กันยายน ดวงอาทิตย์โคจรทำมุมเส้นศูนย์สูตร ค่าของระบบที่ปรับมุมตามการเอียงของดวงอาทิตย์จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ามีมีค่าเฉลี่ยของแรงดันเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 8.52-23.70 และช่วงวันที่ 20-23 ธันวาคม ดวงอาทิตย์โคจรทำมุมเอียงไปทางทิศใต้เส้นศูนย์สูตรประมาณ 27.8 องศา ค่าของระบบที่ปรับมุมตามการเอียงของดวงอาทิตย์จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยของแรงดันเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 11.09-26.22 โดยช่วงที่มีร้อยละความแตกต่างสูงสุดเป็นช่วงเช้าและค่าความแตกต่างน้อยสุดอยู่ที่ช่วงเที่ยงวันเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองระบบอยู่ระนาบที่ใกล้เคียงกัน ค่าความแตกจะมีค่ามากในช่วงเดือนเดือนธันวาคม เพราะเนื่องจากดวงอาทิตย์ทำมุมเอียงจากเส้นศูนย์สูตร 27.8 องศา และประเทศตั้งอยู่เหนือกว่าเส้นศูนย์สูตรประมาณ 10 องศา ซึ่งทำให้มุมรับแสงอาทิตย์ในเวลาดังกล่าวมีมุมสูงกว่า 38.8 องศา ไปตามทิศใต้ จะมีผลให้ประเทศไทยมีปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์น้อยถ้าไม่ปรับมุมของเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้ เมื่อมีการปรับมุมเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำมุมเอียงไปทิศใต้จะได้ผลของแรงดันไฟฟ้าที่มากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดถึงร้อยละ 26.22 ส่วนในเดือนกันยายนเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรแนวเส้นศูนย์สูตรทำให้ค่าความแตกของแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่าช่วง แต่เนื่องประเทศไทยอยู่เหนือว่าเส้นศูนย์สูตรประมาณ 10 องศา ทำให้ค่าแตกต่างที่ได้มีค่าน้อยกว่าช่วงอื่น

จากการวิจัยพบการปรับมุมของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแกนพร้อมกันทำให้สามารถได้รับพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นกว่าการปรับแกนเพียงแกนเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ตามช่วงเดือน แนวทางในการพัฒนางานวิจัยควรเป็นการออกแบบโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบของทรงกลมหรือทรงกระบอกจะทำให้การควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

วิจัยการปรับมุมของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแกนพร้อมกันควรเพิ่มเซนเซอร์รับแสงเพื่อให้เกิดความละเอียดของมุมที่ถูกปรับ

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ.โอกาสนี้จากการสนับสนุนให้งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดีของบุคลากรจากบริษัท EA SOLAR LOPBURY และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

9. เอกสารอ้างอิง

ธนิท เรืองรุ่งชัยกุล และ วัชระวิชญ์ เจียรวรรณ์. (2558). ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนราคาถูกสำหรับบ้านพลังงานแสงอาทิตย์. *หนังสือประมวลบทความการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8*, 4-6 พฤศจิกายน 2558, 156-159.

วิศิษฏ์ มหานิล. (2554). *ระบบเฝ้าตรวจวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่*. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ. (2561). *ดาราศาสตร์กับสถาปัตยกรรม*.[ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562, จาก: http://www.narit.or.th.

สมภพ ผดุงพันธ์. (2558). เครื่องขับเคลื่อนแผงโซล่าเซลล์ตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 7(1), 81-91.

สิทธิชัย จีนะวงษ์ น่านนที กัลยา และ เสาวลักษณ์ ชัยยืน. (2556). ระบบติดตามแสงอาทิตย์แบบสองแกนด้วยการปรับสมดุลระดับน้ำ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 9(3),* 151-165.

อิทธิพล เหลาพรมและวิษณุ บัวเทศ. (2559). การออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่หมุนตามดวงอาทิตย์. *หนังสือประมวบบทความการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรครั้งที่ 3*, 22 ธันวาคม 2559, 293-299.

J. Wang and C. Lu. (2013). Design and implementation of a sun tracker with a dual-axis single motor for an optical sensor based photovoltaic system. *Sensors*, 13 , 3157-3168.

N. Barsoum. (2011). Fabrication of dual-axis solar tracking controller project. *Intelligent Control and Automation*, 2, 57-68.

R. R. Rao et al. (2015). Comparison of performance of solar photo voltaic on dual axis tracker with fixed axis at 13ºN latitude. *Current Science*, 108(11), 2087-2094.

S. Das et al. (2014). Single axis automatic solar tracking system using microcontroller. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 12(12), 8028-8032.

การพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบผสม PEGELS-ARIMA

FORECASTING CLAIMS OF MOTOR INSURANCE IN THAILAND USING PEGELS-ARIMA HYBRID MODEL

นิฉา แก้วหาวงษ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: nicha@mathstat.sci.tu.ac.th

ชยุดา อู่ศรีวงศ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: chayudausriwong@gmail.com

พิชญ์สินี วัฒนธรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: pitsinee22@gmail.com

อภิสรา บุญวิเศษ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: aphisara.boonwiset20@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบ คือ 1) ตัวแบบ Pegels 2) ตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ในการศึกษาใช้ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ.2545 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2562 โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยคือตัวแบบผสม Pegels-ARIMA โดยตัวแบบที่ได้มีค่า MAPE ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.4108% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.8000% ค่าพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 มีจำนวน 86,390,480.8879 พันบาท และ 93,097,641.4708 พันบาท ตามลำดับ โดยข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2563 มีการเติบโตคิดเป็น 8.12% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2562 และปี พ.ศ. 2564 ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยมีการเติบโตคิดเป็น 16.52% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2562

คำสำคัญ: ค่าสินไหมทดแทนของประกันภัยรถยนต์ ตัวแบบ Pegels ตัวแบบ ARIMA ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

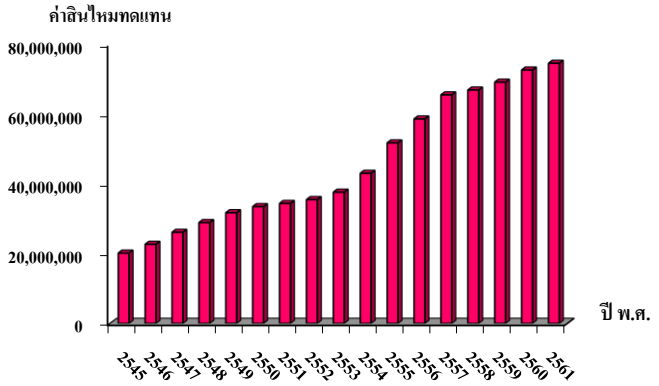
ABSTRACT

The objectives of this research were to study and compare three models of forecasting time series, namely 1) Pegels model 2) ARIMA model and 3) Pegels-ARIMA hybrid model. In this study, we used quarterly time series data of claims of motor insurance in Thailand. The data was the quarterly time series data from the first quarter of 2002 to the fourth quarter of 2019. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and R-Squared were used as the comparative criteria. The results showed that the Pegels-ARIMA hybrid model was the most suitable model for forecasting the quarterly time series data of claims of motor insurance in Thailand. The Pegels-ARIMA hybrid model had the lowest MAPE of 1.4108% with the highest R-Squared of 99.8000%. The predicted claims of motor insurance in Thailand in 2020 and 2021 were 86,390,480.8879 thousand baht and 93,097,641.4708 thousand baht, respectively. The claims of motor insurance in Thailand in 2020 was predicted to increase 8.12% from 2019 and in 2021 the claims of motor insurance in Thailand was predicted to increase 16.52% from 2019.

Keywords: Claims of motor insurance**,** Pegels model**,** ARIMA model**,** Pegels-ARIMA hybrid model

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันธุรกิจการประกันภัยรถยนต์มีบทบาทในระบบเศรษฐกิจและสังคมในประเทศไทยมากขึ้นโดยมีส่วนแบ่งการตลาดของการประกันภัยรถยนต์มากที่สุดในธุรกิจประกันวินาศภัยถึงร้อยละ 59 (สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ., 2563) ทำให้เห็นได้ว่าการประกันภัยรถยนต์เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน เพราะจำนวนการใช้รถยนต์เพื่อเป็นยานพาหนะในการดำเนินธุรกิจและการดำเนินชีวิตมีมากขึ้น เมื่อรถยนต์เพิ่มจำนวนมากขึ้นก็ส่งผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เพิ่มมากขึ้นไปด้วย การเกิดอุบัติเหตุครั้งหนึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน ตัวรถ หรือแก่บุคคลอื่นๆ ดังนั้นการทำประกันภัยรถยนต์สามารถบรรเทาความสูญเสียให้ได้ โดยบริษัทประกันวินาศภัยจะรับความเสี่ยงภัยแทนเจ้าของรถ และจ่ายเงินจำนวนหนึ่ง เรียกว่า ค่าสินไหมทดแทนแก่เจ้าของรถ โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีบริษัทประกันวินาศภัยมากถึง 62 บริษัท และมีจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2562 มากถึง 50,297,154 คัน (กรมการขนส่งทางบก, 2563) เมื่อมีจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นก็ย่อมมีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากเช่นกันโดยในปี พ.ศ. 2562 มีจำนวนอุบัติเหตุทางรถยนต์เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยคิดเป็น 30,434 ครั้งต่อเดือน



ภาพที่ 1 ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 ถึง พ.ศ 2561

จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 17 ปีที่ผ่านมานับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2561 ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งปี พ.ศ. 2561 ค่าสินไหมทดแทนมีมากถึง 74,588,295 พันบาท ซึ่งเพิ่มมากขึ้นจากปี พ.ศ. 2545 ซึ่งมีค่าสินไหมทดแทนเพียง 20,166,201 พันบาท โดยค่าสินไหมทดแทนมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 15.87 ต่อปี (คปภ., 2563) โดยส่วนใหญ่แล้วธุรกิจประกันภัยจะทำการประมาณค่าสินไหมทดแทนโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ประกันภัยซึ่งทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยประสบกับมหาอุทกภัยน้ำท่วมใหญ่ จึงทำให้ค่าสินไหมทดแทนที่ต้องจ่ายให้กับผู้เอาประกันภัยรถยนต์มีเป็นจำนวนมาก และมากกว่าค่าที่ประมาณการไว้ตามวิธีทางคณิตศาสตร์ประกันภัย ทำให้ธุรกิจประกันวินาศภัยขาดทุนเป็นจำนวนเงินมากถึง 111,884,421,000 บาท หรือขาดทุนคิดเป็น 5,562.93% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 (คปภ., 2563) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจนำเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลามาใช้ในการพยากรณ์ค่าสินไหมทดทดแทน เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูงและใช้เป็นแนวทางในการตั้งเงินสำรองให้เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายจริงที่เกิดจากค่าสินไหมทดแทนในอนาคต เนื่องจากค่าสินไหมทดแทนถือเป็นค่าใช้จ่ายของบริษัทเพื่อเป็นแนวทางให้บริษัทประกันวินาศภัยสามารถกำหนดเบี้ยประกันภัยซึ่งเป็นรายรับให้เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น โดยบริษัทสามารถนำเบี้ยประกันภัยส่วนที่เหลือจากการสำรองค่าใช้จ่ายหรือค่าสินไหมทดแทนไปลงทุนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

การคาดการณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ของบริษัทประกันวินาศภัยรายไตรมาสในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องสำคัญ หากนำเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลามาช่วยพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของประเทศไทยได้ก็จะทำให้ทราบค่าแนวโน้มในอนาคต และทราบว่าช่วงเวลาใดมีการจ่ายค่าสินไหมทดแทนมากหรือน้อย โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนโดยใช้วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา เช่น งานวิจัยของ Berridge (1998) ได้ศึกษาการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนในการรับประกันภัยรถยนต์ในประเทศนิวซีแลนด์โดยใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method) และตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นมีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าเนื่องจากให้ค่า MSE ต่ำที่สุด ส่วนงานวิจัยของ Bassiouni และ Habashi (1991) ได้ศึกษาการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับในประเทศคูเวียตโดยใช้ตัวแบบ ARIMA ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมที่สุด คือ ARIMA(0,0,0)(0,1,1) เนื่องจากให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำที่สุด ต่อมา Zhang (2003) ได้นำเสนอตัวแบบผสม (Hybrid Model) โดยเปรียบเทียบกับตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ Artificial Neural Network ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบผสมเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่า MSE และ MAD ต่ำที่สุด และ Yunos และคณะ (2019) ได้ศึกษาการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศมาเลเซียโดยใช้ตัวแบบผสม (Hybrid Model) และตัวแบบ Back Propagation Neural Network (BPNN) ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบผสมให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำกว่า เนื่องจากมีค่า MAPE ต่ำที่สุด

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจและต้องการที่จะเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ Pegels ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบผสม Pegels-ARIMA การที่คณะผู้วิจัยสนใจวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาทั้ง 3 ตัวแบบมาเปรียบเทียบกันเนื่องจาก 1) ตัวแบบ Pegels ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเลขชี้กำลัง และมีฤดูกาลเชิงคูณ 2) ตัวแบบ ARIMA ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้ม, มีฤดูกาล, มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย และตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเลขชี้กำลัง มีฤดูกาลเชิงคูณ และความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย โดยในงานวิจัยนี้จะทำ

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการพยากรณ์และจะคัดเลือกตัวแบบที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงสุด และใช้ตัวแบบดังกล่าวพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทย ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาใช้เป็นแนวทางให้บริษัทที่ทำธุรกิจประกันภัยรถยนต์เตรียมพร้อมรับมือกับการสำรองค่าสินไหมทดแทนซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในอนาคตได้ และใช้ค่าพยากรณ์ที่ได้เป็นแนวทางให้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่งเสริมและสนับสนุนให้บริษัทประกันวินาศภัยวางแผนรองรับการจ่ายค่าสินไหมทดแทนที่จะมีจำนวนมากยิ่งขึ้นในอนาคตโดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการการจ่ายค่าสินไหมทดแทนให้มีความรวดเร็วมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทย โดยใช้ 3 ตัวแบบคือ 1) ตัวแบบ Pegels 2) ตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

(2) เพื่อนำตัวแบบที่เหมาะสมและมีความแม่นยำมากที่สุดมาใช้พยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิของค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์โดยรวมทั้งภาคบังคับและภาคสมัครใจรายไตรมาสในประเทศไทย (พันบาท) ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ.2545 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ.2562

3.2 วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ตัวแบบ Pegels

ในปี ค.ศ.1969 Pegels ได้นำเสนอวิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลังที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Trend) และมีฤดูกาลแบบเชิงคูณ (Multiplicative Seasonal) สำหรับตัวแบบของ Pegels มีสมการตัวแบบดังนี้

$$Y_t = \beta_{0,t}(\beta_{1,t})^t S_t + \varepsilon_t \tag{1}$$

สมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+\ell} = \hat{\beta}_{0,t}(\hat{\beta}_{1,t})^{\ell}\hat{S}_{t+\ell-S} \tag{2}$$

โดยที่

$$\hat{\beta}_{0,t} = \alpha\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-S}}\right) + (1-\alpha)(\hat{\beta}_{0,t-1}\hat{\beta}_{1,t-1}) \tag{3}$$

$$\hat{\beta}_{1,t} = \gamma\left(\frac{\hat{\beta}_{0,t}}{\hat{\beta}_{0,t-1}}\right) + (1-\gamma)\hat{\beta}_{1,t-1} \tag{4}$$

$$\hat{S}_t = \delta\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right) + (1-\delta)\hat{S}_{t-S} \tag{5}$$

Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t

$\hat{\beta}_{0,t}$ คือ ค่าประมาณในแนวระดับ ณ เวลาที่ t

$\hat{\beta}_{1,t}$ คือ ค่าประมาณอัตราการเพิ่มขึ้นของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

$\hat{S}_t$ คือ ค่าประมาณของดัชนีฤดูกาลเชิงคูณ ณ เวลาที่ t

3.2.2 ตัวแบบ ARIMA

ในปี ค.ศ.1976 Box และ Jenkins ได้นำเสนอตัวแบบ ARIMA มีชื่อเต็ม คือ Autoregressive Integrated Moving Average เป็นวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่กำหนดตัวแบบโดยพิจารณาจากลักษณะของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) ซึ่งตัวแบบ ARIMA(p,d,q)(P,D,Q) มีสมการดังนี้

$$(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\ldots-\phi_p B^p)(1-\Phi_1 B^S-\Phi_2 B^{2S}-\ldots-\Phi_P B^{PS})(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t$$

$$=(1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\ldots-\theta_q B^q)(1-\Theta_1 B^S-\Theta_2 B^{2S}-\ldots-\Theta_Q B^{QS})\varepsilon_t \qquad (6)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t

$\phi_1,\phi_2,\ldots,\phi_p$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล

$\theta_1,\theta_2,\ldots,\theta_q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล

$\Phi_1,\Phi_2,\ldots,\Phi_P$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล

$\Theta_1,\Theta_2,\ldots,\Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล

3.2.3 ตัวแบบผสม (Hybrid Model)

ตัวแบบผสม (Hybrid Model) เป็นตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่นำเสนอโดย Zhang ในปี ค.ศ.2003 โดยมีข้อสมมติว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดหนึ่งจะมีทั้งส่วนประกอบที่เป็นเชิงเส้น แทนด้วย L_t และส่วนประกอบที่ไม่เป็นเชิงเส้น แทนด้วย N_t โดยมีสมการตัวแบบดังนี้

$$Y_t = N_t + L_t + \varepsilon_t \qquad (7)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

N_t คือ ส่วนประกอบที่ไม่เป็นเชิงเส้น ณ เวลาที่ t

L_t คือ ส่วนประกอบที่เป็นเชิงเส้น ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t

คณะผู้วิจัยได้นำตัวแบบ Pegels และตัวแบบ ARIMA มาผสมกันเป็นตัวแบบผสม Pegels-ARIMA กล่าวคือในขั้นตอนแรกจะพยากรณ์อนุกรมเวลาในส่วนที่ไม่เป็นเชิงเส้นก่อน โดยใช้ตัวแบบ Pegels ซึ่งเป็นตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการปรับค่าในแนวระดับ แนวโน้ม และค่าดัชนีฤดูกาลทุกช่วงเวลาที่ t ส่วนขั้นตอนที่สอง จะนำข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Pegels ไปหาตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นการพยากรณ์อนุกรมเวลาในส่วนที่เป็นเชิงเส้น และขั้นตอนที่สาม จะนำส่วนประกอบที่พยากรณ์โดยใช้ตัวแบบ Pegels และตัวแบบ ARIMA มารวมกันเป็นค่าพยากรณ์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

3.2.4 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error)

เป็นค่าที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์จะต้องมีค่า MAPE ต่ำที่สุด โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{MAPE}(\%) = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| \times 100 \qquad (8)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t, n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของสมการพยากรณ์โดยค่า R-Squared มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 และไม่มีหน่วย นิยมวัดในรูปเปอร์เซ็นต์ ถ้า R-Squared มีค่าใกล้ 100 % แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูง ถ้า R-Squared มีค่าใกล้ 0 % แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{R-Squared}(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \overline{Y})^2}\right) \times 100 \qquad (9)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\overline{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณค่าพยากรณ์ทั้ง 3 ตัวแบบ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 : ใช้ข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ.2545 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ.2561 จำนวน 68 ไตรมาส เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละตัวแบบพยากรณ์

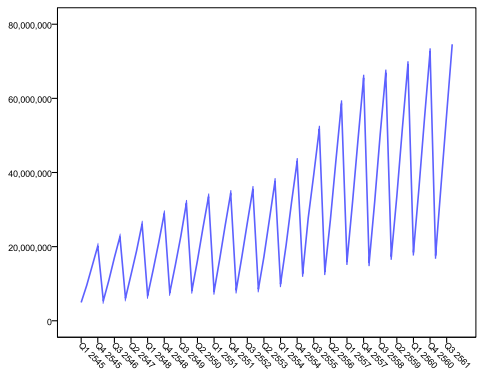
ส่วนที่ 2 : ใช้ข้อมูลตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ.2562 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ.2562 จำนวน 4 ไตรมาส เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ได้ในแต่ละตัวแบบพยากรณ์และเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows ได้ผลการวิจัยดังนี้

4.1 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels

ในเบื้องต้นได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2545 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2561 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2545 ถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2561

จากภาพที่ 2 พบว่า ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทย มีแนวโน้มแบบเลขชี้กำลังและมีฤดูกาลเชิงคูณ ดังนั้นจึงได้ทำการประมวลผลด้วยตัวแบบ Pegels และหาค่าคงที่ในการทำให้เรียบด้วยวิธี Grid Search พบว่าค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวระดับ (α) เท่ากับ 0.89, ค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวโน้ม (γ) เท่ากับ 0.04 และค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวฤดูกาล (δ) เท่ากับ 0.81 โดยมีผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุด เท่ากับ 54,146,227,560,058.98400 โดยค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ ($\hat{\beta}_{0,t=0}$) เท่ากับ 1,163,5617.86877 ส่วนค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณแนวโน้ม ($\hat{\beta}_{1,t=0}$) เท่ากับ 1.03135 และค่าดัชนีฤดูกาลเชิงคูณเริ่มต้นของไตรมาสที่ 1 ถึง ไตรมาสที่ 4 แทนด้วย $\hat{S}_{-3}$, $\hat{S}_{-2}$, $\hat{S}_{-1}$ และ $\hat{S}_0$ ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 40%, 80%, 120% และ 160% ตามลำดับ

ตัวแบบ Pegels มีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลา t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+\ell} = \hat{\beta}_{0,t}(\hat{\beta}_{1,t})^{\ell}\hat{S}_{t+\ell-4} \tag{10}$$

โดยที่

$$\hat{\beta}_{0,t} = 0.89\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-4}}\right) + 0.11(\hat{\beta}_{0,t-1}\hat{\beta}_{1,t-1}) \tag{11}$$

$$\hat{\beta}_{1,t} = 0.04\left(\frac{\hat{\beta}_{0,t}}{\hat{\beta}_{0,t-1}}\right) + 0.96\hat{\beta}_{1,t-1} \tag{12}$$

$$\hat{S}_t = 0.81\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right) + 0.19\hat{S}_{t-4} \tag{13}$$

สมการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels มีค่า R-Squared เท่ากับ 99.7545% และมีค่า MAPE เท่ากับ 2.7574% โดยความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 1 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

4.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบ ARIMA อนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมีคุณสมบัติ Stationary กล่าวคืออนุกรมเวลาต้องมีค่าเฉลี่ยคงที่และความแปรปรวนคงที่ ซึ่งจะวิเคราะห์ความเป็น Stationary ด้วยกราฟ

แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยไม่ Stationary โดยมีแนวโน้มและมีฤดูกาลเชิงคูณเข้ามาเกี่ยวข้องโดยอนุกรมเวลามีความแปรปรวนไม่คงที่ ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลด้วย Natural Logarithms (แทนด้วย ln Y) เพื่อทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่และหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Nonseasonal (d=1) และหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Seasonal (D=1) เพื่อทำให้อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยคงที่อยู่ในระดับเดียวกัน และนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยเพื่อใช้ในการกำหนดอันดับที่ p, P, q และ Q ในตัวแบบ พบว่า อนุกรมเวลา ln Y ที่มีการหาผลต่าง d=1 และ D=1 มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 4 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 4 และ 16 ตามลำดับ โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ ARIMA(0,1,0)((1,4),1,0) มีสมการตัวแบบคือ

$$(1-\Phi_1 B^4-\Phi_4 B^{16})(1-B)(1-B^4)Y_t'=\varepsilon_t \tag{14}$$

$$Y_t'=Y_{t-1}'+Y_{t-4}'-Y_{t-5}'+\Phi_1 Y_{t-4}'-\Phi_1 Y_{t-5}'-\Phi_1 Y_{t-8}'+\Phi_1 Y_{t-9}'+\Phi_4 Y_{t-16}'-\Phi_4 Y_{t-17}'-\Phi_4 Y_{t-20}'$$
$$+\Phi_4 Y_{t-21}'+\varepsilon_t \tag{15}$$

$$\hat{Y}_t'=Y_{t-1}'+Y_{t-4}'-Y_{t-5}'+\hat{\Phi}_1 Y_{t-4}'-\hat{\Phi}_1 Y_{t-5}'-\hat{\Phi}_1 Y_{t-8}'+\hat{\Phi}_1 Y_{t-9}'+\hat{\Phi}_4 Y_{t-16}'-\hat{\Phi}_4 Y_{t-17}'-\hat{\Phi}_4 Y_{t-20}'+\hat{\Phi}_4 Y_{t-21}' \tag{16}$$

โดยที่ $\hat{Y}_t' = \ln \hat{Y}_t$ และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่าดังนี้

$\hat{\Phi}_1$ = -0.44112 (t = -3.836, p-value = 0.00031)

$\hat{\Phi}_4$ = -0.27024 (t = -2.063, p-value = 0.04283)

สมการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA(0,1,0)((1,4),1,0) มีค่า R-Squared เท่ากับ 99.6309% และมีค่า MAPE เท่ากับ 3.0290% เมื่อวิเคราะห์ส่วนเหลือที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA(0,1,0)((1,4),1,0) พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อตกลงทุกข้อ

4.3 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA เป็นวิธีผสมระหว่างตัวแบบ Pegels กับตัวแบบ ARIMA ของความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงนำความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels ในข้อ 4.1 มาพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA เมื่อพิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels พบว่ามีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 1 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมให้กับความคลาดเคลื่อนได้เป็นตัวแบบ ARIMA(0,1,1) และนำเอาค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนจากตัวแบบ ARIMA ที่ได้ไปบวกกับสมการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels ในข้อ 4.1 จะได้ตัวแบบผสมที่มีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลา t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+\ell}=\left(0.89\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t+\ell-4}}\right)+0.11\left(\hat{\beta}_{0,t-1}\hat{\beta}_{1,t-1}\right)\right)\left(0.04\left(\frac{\hat{\beta}_{0,t}}{\hat{\beta}_{0,t-1}}\right)+0.96\hat{\beta}_{1,t-1}\right)^{\ell}\left(0.81\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right)+0.19\hat{S}_{t+\ell-4}\right)$$
$$+e_{t+\ell-1}-0.98525a_{t+\ell-1} \tag{17}$$

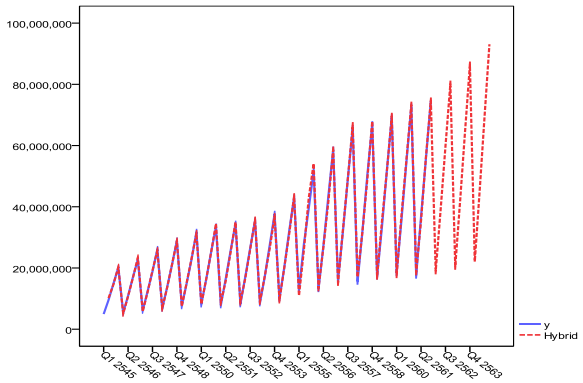
สมการพยากรณ์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA มีค่า R-Squared เท่ากับ 99.8000% และมีค่า MAPE เท่ากับ 2.7154% เมื่อวิเคราะห์ส่วนเหลือที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อตกลงทุกข้อ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า MAPE และค่า R-Squared ของตัวแบบพยากรณ์ทั้ง 3 ตัวแบบ

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ตัวแบบ Pegels	ตัวแบบ ARIMA	ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA
1. MAPE (%) (คิดจากข้อมูลในอดีต 68 ไตรมาส)	2.7574	3.0290	2.7154*
2. MAPE (%) (คิดจากข้อมูลล่วงหน้า 4 ไตรมาส)	1.9712	2.3256	1.4108*
3. R-Squared (%)	99.7545	99.6309	99.8000**

หมายเหตุ * หมายถึง ตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด และ ** หมายถึง ตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่า R-Squared มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่าตัวแบบการพยากรณ์ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยที่เหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.4108% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.8000% และกราฟเปรียบเทียบค่าที่แท้จริงกับค่าพยากรณ์แสดงดังภาพที่ 3 และคำนวณค่าพยากรณ์ข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2562 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2564 แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 3 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของประกันภัยรถยนต์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

ตารางที่ 2 ค่าพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนสะสมของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2562 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2564 ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

ไตรมาส	ค่าที่แท้จริง พ.ศ. 2562	ค่าพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ (พันบาท)		
		พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2564
1	18,895,245	18,977,748.6990	20,463,588.6578	22,064,511.4291
2	38,410,713	38,885,496.2050	41,913,251.6040	45,175,515.8443
3	57,656,752	59,754,181.9793	64,398,280.4028	69,402,078.3385
4	79,899,677	80,165,466.5507	86,390,480.8879	93,097,641.4708

5. อภิปรายผล

จากภาพที่ 3 พบว่าค่าที่แท้จริงตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2545 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2561 ของข้อมูลค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทย (เส้นสีน้ำเงิน) กับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบผสม Pegels-ARIMA (เส้นปะสีแดง) มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูล

ในอดีตจำนวน 68 ไตรมาส และการพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 4 ไตรมาส มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 2.7154% และ 1.4108% ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1 การที่ตัวแบบผสมเป็นวิธีพยากรณ์ที่ให้ความแม่นยำมากกว่าวิธีพยากรณ์เดี่ยว เนื่องจากตัวแบบผสมมีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแยกเป็น 2 ส่วน คือ การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ต้องการศึกษาก่อนด้วยตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น และนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ไปหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เป็นเชิงเส้นที่เหมาะสม และรวมค่าพยากรณ์ที่ได้จากทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งตัวแบบผสมดังกล่าวจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าการใช้ตัวแบบการพยากรณ์เพียงตัวแบบเดียวโดยผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Zhang (2003) ที่ว่าการใช้ตัวแบบผสมมาพยากรณ์อนุกรมเวลาจะทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ตัวแบบแต่ละตัวแบบแยกกัน และผลที่ได้ของงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Yunos และคณะ (2019) ที่ว่าการใช้ตัวแบบผสมให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าในการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศมาเลเซีย ดังนั้นจึงทำการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 พ.ศ. 2562 ถึงไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2564 แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทยมีแนวโน้มเติบโตขึ้นเรื่อยๆ โดยค่าพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนสะสมของการประกันภัยรถยนต์ ณ สิ้นไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 มีจำนวนประมาณ 86,390,480.8879 พันบาท และ 93,097,641.4708 พันบาท ตามลำดับหรือกล่าวได้ว่าปี พ.ศ. 2563 และปี พ.ศ. 2564 ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ในประเทศไทยมีการเติบโตคิดเป็น 8.12% และ 16.52% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2562 โดยสามารถคาดการณ์ได้ว่าในปี พ.ศ.2564 จะมีค่าสินไหมทดแทนมากกว่า 93,097,641.4708 พันบาท

6. สรุปผลการวิจัย

การพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์รายไตรมาสในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบ คือ 1) ตัวแบบ Pegels 2) ตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA โดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้าจำนวน 4 ไตรมาส สรุปได้ว่าตัวแบบผสม Pegels-ARIMA เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนในประเทศไทย เพราะให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.4108% และมีค่า R-Squared สูงที่สุดเท่ากับ 99.8000%

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถนำค่าพยากรณ์ของค่าสินไหมทดแทนของการประกันภัยรถยนต์ที่ได้จากตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ไปใช้ในการวางแผนและกำหนดจำนวนเบี้ยประกันภัยของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆได้

(2) สามารถนำค่าพยากรณ์ค่าสินไหมทดแทนที่มีแนวโน้มเติบโตเพิ่มมากขึ้นมาใช้เป็นแนวทางให้รัฐบาลสนับสนุนให้บริษัทประกันวินาศภัยนำเทคโนโลยีมาใช้ในกระบวนการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทน เช่น การใช้แอพพลิเคชั่นในการแจ้งอุบัติเหตุและทำรายงานอุบัติเหตุส่งถึงบริษัทได้ด้วยตนเอง รวมถึงค้นหาโรงพยาบาลและอู่ซ่อมรถในบริเวณใกล้เคียง เป็นต้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจนำตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ไปเปรียบเทียบกับตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาอื่นๆ ซึ่งอาจให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากกว่า เช่น ตัวแบบ Holt-Winters และตัวแบบ SARIMAX (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables Model) เป็นต้น

(2) ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจศึกษาตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการนำปัจจัยภายนอกมาคิดร่วมด้วย เช่น จำนวนเงินเอาประกันภัยรถยนต์ จำนวนเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันภัยรถยนต์ จำนวนกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ จำนวนรถยนต์จดทะเบียน และจำนวนอุบัติเหตุ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้สมการพยากรณ์ที่ได้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

กรมการขนส่งทางบก. (2563). *กลุ่มสถิติการขนส่ง*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 31 มกราคม 2563, จาก: https://web.dlt.go.th/statistics/.

สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.). (2563). *สถิติประกันวินาศภัย*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 31 มกราคม 2563, จาก: http://www.oic.or.th/th/industry/statistic/data/39/2.

ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน (ThaiRSC). (2563). *ข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุระดับจังหวัด*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: http://rvpreport.rvpeservice.com.

Berridge, S. (1998). *Forecasting Claims in Motor Vehicle Insurance.* Wellington: Victoria University of Wellington Press.

Box, G. E. P. & Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* San Francisco: Holden Day.

El-Bassiouni, M. Y. & El-Habashi, M. H. (1991). Forecasting Compulsory Motor Insurance Claims in Kuwait. *Insurance: Mathematics and Economics*, *10*(2), 85-92.

Pegels, C. C. (1969). Exponential Forecasting: Some New Variations. *Management Science*, *15*(5), 311-315.

Yunos, Z. M., Shamsuddin, S. M., Sallehuddin, R. & Alwee, R. (2019). Hybrid Predictive Modelling for Motor Insurance Claim. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *551*(1), 1-5.

Zhang, G. P. (2003). Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model. *Neurocomputing*, *50*(1), 159-175.

การศึกษาผลกระทบของตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง และ ของไหล-ของไหล ของแบบจำลองเชิงโมเลกุลต่อการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน MIL-100 (Cr)

EFFECTS OF SCALING FACTOR AND SURFACE MEDIATION ON CARBON DIOXIDE ADSORPTION IN MIL-100 (CR): A COMPUTATIONAL STUDY

ปองพล ธีระชวาลวงศ์, ผศ.ดร. นิคม กลมเกลี้ยง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
E-mail: teerachawanwong.pp@gmail.com, nikom.klo@sut.ac.th

ดร. สมศักดิ์ สุภสิทธิ์มงคล
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
E-mail: somsaks@mtec.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงแบบจำลองเชิงโมเลกุลของวัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์ ชนิด MIL-100 (Cr) ศึกษาการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการปรับปรุงค่าตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง (Scaling factor , ksfq) และตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล (surface mediation, F) เพื่อให้สอดคล้องกับผลการทดลอง พบว่า ค่าที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้คือ 0.015 และ 0.80 ตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษากลไกการดูดซับในระดับโมเลกุลในช่วงความดันต่างๆ พบว่า ในช่วงเฮนรี (Henry's law region) โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับภายในซูเปอร์เททราฮีดรา (Supertetrahedra) หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มความดันโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์จะเริ่มถูกดูดซับผนังโครงสร้างของซูเปอร์เททราฮีดราภายในรูพรุนขนาดเล็กและขนาดใหญ่ การดูดซับดำเนินไปทั้งสองบริเวณและโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดซับจนเต็มภายในโครงสร้าง MIL-100 (Cr) ที่ความดัน 60 บาร์

คำสำคัญ: วัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์, การดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, แบบจำลองเชิงโมเลกุล

ABSTRACT

Molecular model of Metal Organic Framework (MOF) type MIL-100 (Cr) was modified to study CO_2 adsorption at 25°C by adjusting the parameter of interactions between fluid-solid (scaling factor, ksfq) and between fluid-fluid (surface mediation, F) to get a good agreement results with experimental data. The optimum ksfq and F for this work is 0.015 and 0.80, respectively. Moreover, adsorption phenomenon of CO_2 adsorption in

microscopic scale with varied pressures was also investigated. At henry law region, CO_2 molecules prefer to adsorb inside the supertetrahedra structure. When the pressure is increased, CO_2 molecules begin to adsorb around supertetrahedra wall structure in small and large pore. The adsorption phenomena occurs on both sites together, until the adsorbent is fulfilled with CO_2 molecules at 60bar.

Keywords: Metal Organic Frameworks, CO_2 adsorption, Molecular simulation

1. บทนำ

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศล้วนเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงและอุตสาหกรรม ซึ่งการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศก่อให้เกิดผลกระทบต่าง ๆตามมามากมาย เช่น ฝนกรด ภาวะโลกร้อน มลพิษต่อมนุษย์ เป็นต้น ในประเทศไทยมีอัตราการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุก ๆ ปี การลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ควรเร่งแก้ไขและให้ความสนใจศึกษา เป็นที่รู้กันดีว่าการดูดซับเป็นเทคนิคสำคัญอย่างยิ่งในการลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ในปัจจุบันมีการพัฒนาตัวดูดซับมากมาย เช่น ซีโอไลท์ (Zeolite) วัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์ (Metal-organic frameworks, MOFs) ซิลิกา (Silica) และวัสดุคาร์บอน (Carbonaceous materials) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์ (MOFs) เนื่องด้วยวัสดุชนิดนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะและความเป็นรูพรุนสูง (J. P. Marco-Lozar และคณะ, 2555), (Alberto Castro-Muñiz และคณะ, 2556)

วัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์ (Metal-organic frameworks, MOFs) เป็นวัสดุที่เกิดจากการสร้างพันธะระหว่างไอออนของโลหะและสารประกอบอินทรีย์ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างผลึก (Crystalline structure) ที่มีรูพรุนและพื้นที่ผิวสูง วัสดุ MOFs ชนิด NU-109E และ NU-110E มีพื้นที่ผิวสูงถึง 7000 m^2/g (Jiamei Yu และคณะ, 2560), (Omar K. Farha และคณะ, 2555) ซึ่งมีค่าสูงมากกว่าสองเท่าของวัสดุแบบดั้งเดิม เช่น ถ่านกัมมันต์ และซีโอไลท์ เป็นต้น (Hiroyasu Furukawa และคณะ, 2556) เนื่องด้วยคุณสมบัติพื้นที่ผิวและความเป็นรูพรุนสูง ทำให้ในปัจจุบัน MOFs เป็นวัสดุที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย เช่น การดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดภาวะโลกร้อน การกักเก็บแก๊สเชื้อเพลิง เช่น แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สมีเทน นอกจากนี้ยังสามารถถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ขนส่งยาเข้าสู่ร่างกาย (Drug delivery) เป็นต้น (Xukun Qian และคณะ, 2556), (Kenji Sumida และคณะ, 2555), (Peipei Long และคณะ, 2554) อีกทั้ง MOFs โดยส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่ไม่เสถียรภายใต้สภาวะที่มีความชื้น สิ่งนี้จึงเป็นข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้งานแต่จากงานวิจัยบางส่วนชี้ให้เห็นถึงความเสถียรภายใต้สภาวะที่มีความชื้นของวัสดุ MOFs บางชนิด เช่น ZIF-8, MOF-74, MIL-100 (Cr, Fe), MIL-101 (Cr, Fe, Al) และ MIL 53 (Cr, Al) เป็นต้น (Jian Liu และคณะ, 2555)

Materials of Institute Lavoisier (MILs) เป็นวัสดุ MOFs อีกชนิดหนึ่งที่ถูกอ้างถึงมากที่สุดชนิดหนึ่ง เนื่องจากการให้ปริมาณจากการสังเคราะห์ (Yield) ที่สูงได้ถึง 90% และพื้นที่ผิวที่สูง (4230 m^2/g) (Le Han และคณะ, 2560) รวมทั้งมีโครงสร้างที่ยืดหยุ่น และมีความเสถียรมากกว่า MOFs ชนิดอื่น ภายใต้สภาวะที่มีความชื้น ทั้งนี้ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเทียบกับสภาวะที่ไม่มีความชื้นในระบบ (Xukun Qian และคณะ, 2556), (Xiao Lian และ Bing Yan, 2559) ดังนั้น MILs จึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจในการศึกษาการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และเพื่อเข้าใจกลไกการดูดซับในระดับ

โมเลกุลจำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองเชิงโมเลกุล Grand Canonical Monte Carlo (GCMC) ในแบบจำลองเชิงโมเลกุลจำเป็นต้องปรับค่าตัวแปรให้สอดคล้องกับการทดลองจริง เนื่องด้วยการสังเคราะห์ตัวดูดซับในการทดลองจริงไม่สามารถสังเคราะห์ได้สมบูรณ์แบบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน วัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์ชนิด MIL-100 (Cr) โดยใช้แบบจำลองเชิงโมเลกุล Grand Canonical Monte Carlo (GCMC) เพื่อศึกษากลไกการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน MILs โดยพฤติกรรมในระดับจุลภาคที่ได้จากแบบจำลองเชิงโมเลกุล GCMC เพื่อช่วยอธิบายผลการทดลองได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อปรับปรุงตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง และ ของไหล-ของไหล แบบจำลองเชิงโมเลกุลให้สอดคล้องกับผลการทดลอง

(2) เพื่ออธิบายกลไกการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับโมเลกุล

3. วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

3.1 ศึกษาการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกซ์โดยใช้แบบจำลองเชิงโมเลกุล

การวิเคราะห์แบบจำลองเชิงโมเลกุลอาศัยเทคนิค Grand canonical Monte Carlo (GCMC) ในการทำนายไอโซเทอมของการดูดซับ โดยการคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ยของระบบในสภาวะสมดุล (Equilibrium) อาศัยหลักการความน่าจะเป็น ทั้งนี้จำนวนรอบการคำนวณ (Cycle) ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุล จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแม่นยำของผลการทดสอบที่ได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบจำนวน สมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังต่อไปนี้

3.1.1สมการคำนวณค่าพลังงานระหว่างของไหล-ของไหล และของไหล-ของแข็ง

แรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง และ ของไหล-ของไหล (สมการ 1 และ 2) คำนวณจากสมการ Lennard Jones (LJ) 12-6 และสมการ Coulombic electrostatic

$$\varphi_{i,j}(r) = 4\sum_{a=1}^{K}\sum_{b=1}^{L}\varepsilon^{a,b}\left[\left(\frac{\sigma^{a,b}}{r_{i.j}^{a,b}}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma^{a,b}}{r_{i.j}^{a,b}}\right)^{6}\right] + (1\text{-}ksfq)\left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{c=1}^{M}\sum_{d=1}^{N}\frac{q_i^c q_j^d}{r_{i,j}^{c,d}}\right] \quad (1)$$

$$\varphi_{i,j}(r) = F\left[4\sum_{a=1}^{K}\sum_{b=1}^{L}\varepsilon^{a,b}\left[\left(\frac{\sigma^{a,b}}{r_{i.j}^{a,b}}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma^{a,b}}{r_{i.j}^{a,b}}\right)^{6}\right]\right] + F\left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{c=1}^{M}\sum_{d=1}^{N}\frac{q_i^c q_j^d}{r_{i,j}^{c,d}}\right] \quad (2)$$

โดย $\varphi_{i,j}$ คือ ค่าความต่างศักย์ระหว่างโมเลกุล *i* และ *j*

$r_{i.j}^{a,b}$ และ $r_{i,j}^{c,d}$ คือ ระยะห่างระหว่างโมเลกุล *i* และ j ของอะตอม a-b และ c-d

($\varepsilon^{a,b}$) คือ ค่าเฉลี่ย energy well-depth ระหว่างอะตอม a และ b

($\sigma^{a,b}$) คือ ค่าเฉลี่ย collision diameter ระหว่างอะตอม a และ b

ε_0 คือ permittivity of free space ($\varepsilon_0 = 10^7/(4\pi c^2) = 8.8543 \times 10^{-12} C^2 J^{-1} m^{-1}$)

q_i^c และ q_j^d คือ ประจุของโมเลกุล *i* และ *j* ของ site

F คือ ตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล

ksfq คือ ตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง

K, L, M และ N เป็นจำนวนอะตอมหรือ site ภายในโมเลกุล i หรือ j

3.1.2 แบบจำลองของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Mahshid Rahimi และคณะ, 2556)

งานวิจัยนี้อาศัยแบบจำลองโมเลกุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของ TraPPE-UA (Jeffrey J. Potoff และ J. Ilja Siepmann, 2545) ใช้แบบจำลองโมเลกุลของ Lennard–Jones (LJ) (E. R. Zhdanov และ I. A. Fakhretdinov, 2548) และใช้ประจุจากสมการของ Mulliken (Yaxiong Sun และคณะ, 2535) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์สำหรับการสร้างแบบจำลองเชิงโมเลกุล

ของไหล / ตัวดูดซับ	ε/k_B(K)	σ (nm)	q (e)
คาร์บอนไดออกไซด์			
O	79.0	0.305	-0.35
C	27.0	0.280	+0.70
MIL-100 (Cr)			
C1	3.47299	4.78562	0.8480
C2	3.47299	4.78562	-0.2740
C3	3.47299	4.78562	0.1100
Cr1	7.54829	0.269319	1.859
Cr2	7.54829	0.269319	1.620
O1	48.1581	0.303315	-1.280
O2	48.1581	0.303315	-0.7310
O3	48.1581	0.303315	-0.587
H1	2.84642	0.764893	0.1000

โดย ε คือ energy well-depth

σ คือ collision diameter

q คือ ประจุของอะตอม

k_B คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann (1.3806×10^{-23} J K^{-1})

3.1.3 การคำนวณความน่าจะเป็น

โดยหลักการพื้นฐานเมื่อโมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่ พลังงานรวมในระบบมีค่าเปลี่ยนแปลงไป แบบจำลองเชิงโมเลกุลสามารถทำการคำนวณค่าพลังงานรวมของระบบ ร่วมกับการคำนวณค่าความน่าจะเป็น เพื่อตัดสินใจว่าโมเลกุลที่เข้ามาควรอยู่ในระบบหรือไม่ ซึ่งระบบที่ทำการออกแบบให้โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้ 4 แบบ ได้แก่ การเคลื่อนที่เข้า (Insertion) การเคลื่อนที่ออก (Deletion) การเคลื่อนที่ไปมา (Displacement) และการเคลื่อนที่แบบหมุน แสดงตามสมการที่ (3) – (5) ตามลำดับ

$$P = min\{1,\ \frac{V}{\Lambda^3(N+1)} \exp\left[\frac{\mu - U(N+1) + U(N)}{k_B T}\right]\} \quad (3)$$

$$P = \min\{\,1,\ \frac{\Lambda^3 N}{V}\exp\left[-\frac{\mu+U(N-1)-U(N)}{k_B T}\right]\} \quad (4)$$

$$P = \min\{\,1, \exp\left(-\frac{U_{new} - U_{old}}{k_B T}\right) \quad (5)$$

เมื่อ P คือ ความน่าจะเป็นของแต่ละการเคลื่อนที่ของโมเลกุล

V คือ ปริมาตรรวมของระบบ

k_B คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann (1.3806×10^{-23} J K^{-1})

N คือ จำนวนโมเลกุล

U คือ พลังงานภายในระบบ (Internal Energy)

U(N+1), U(N-1) คือ พลังงานภายในระบบเมื่อโมเลกุลเคลื่อนที่เข้าและออกจากระบบ

U(N) คือ พลังงานภายในระบบเมื่อโมเลกุลเคลื่อนที่อยู่ภายในระบบ

$U_{old,}$ คือ พลังงานภายในระบบก่อนการเคลื่อนที่ของโมเลกุล

U_{New} คือ พลังงานภายในระบบหลังการเคลื่อนที่ของโมเลกุล

μ คือ ศักย์ทางเคมี (Chemical potential)

T คือ อุณหภูมิภายในระบบ

Λ คือ ค่าความยาวคลื่นของ de Broglie คำนวณได้จาก

$$\Lambda = \sqrt{\frac{h^2}{2\pi M_W k_B T}} \quad (5)$$

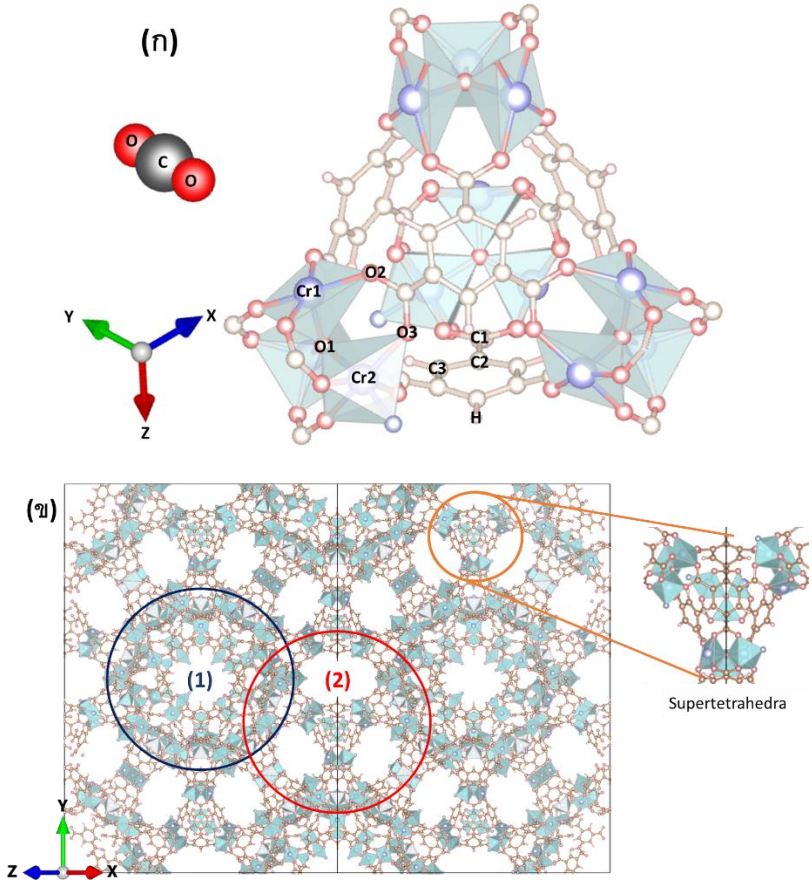
เมื่อ h คือ ค่าคงที่ของ Planck (6.626×10^{-34} m^2 kg s^{-1})

M_w คือ มวลโมเลกุล

แบบจำลองเชิงโมเลกุล ได้กำหนดเงื่อนไข เมื่อระบบเกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแบบต่างๆ ระบบจะคำนวณพลังงานและคำนวณความน่าจะเป็น เมื่อผลต่างของพลังงานก่อนและหลังการเคลื่อนที่ของโมเลกุลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ระบบยอมรับการเคลื่อนที่ของโมเลกุล นอกเหนือจากนั้น ระบบจำเป็นต้องมีการสุ่มตัวเลขค่าหนึ่ง ซึ่งหากตัวเลขที่ถูกสุ่มมา อยู่ในช่วงที่กำหนด (มีค่าน้อยกว่าความน่าจะเป็นรวม) ระบบยอมรับการเคลื่อนที่นั้น หากไม่เข้าเงื่อนไขดังกล่าว การเคลื่อนที่ของโมเลกุลถูกปฏิเสธ

3.2 แบบจำลองโมเลกุลของวัสดุโครงข่ายโลหะอินทรีย์ชนิด MIL-100 (Cr)

โครงสร้างทางโมเลกุลของ MIL-100 (Cr) เกิดจากการรวมตัวกันของซูเปอร์เททราฮีดรา (Supertetrahedra) ต่อรวมกันเป็นโครงผลึกรูปตาข่ายดังแสดงในรูปที่ 1 โดยประกอบด้วยรูพรุนขนาดเล็ก และรูพรุนขนาดใหญ่ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 และ 2.9 nm ตามลำดับ

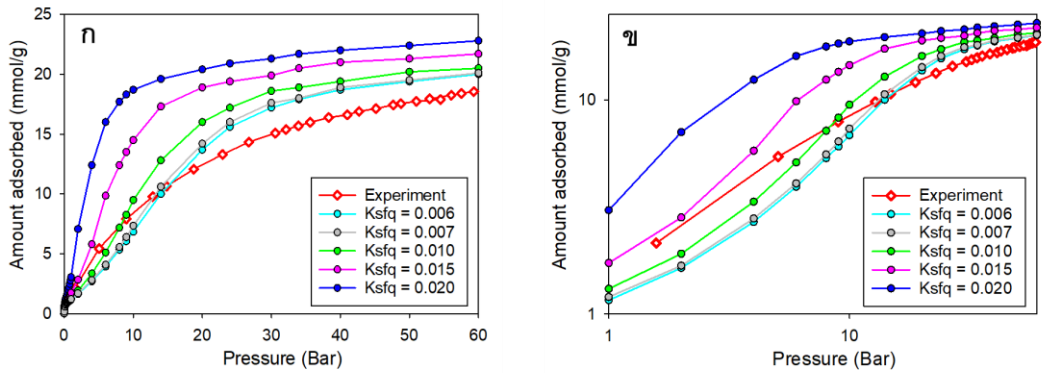


รูปที่ 1 (ก) อะตอมองประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์และซูเปอร์เททราฮีดรา (ข) แบบจำลองโมเลกุลของ MIL-100 (Cr) ประกอบด้วยรูพรุนขนาดเล็ก (1) และรูพรุนขนาดใหญ่ (2)

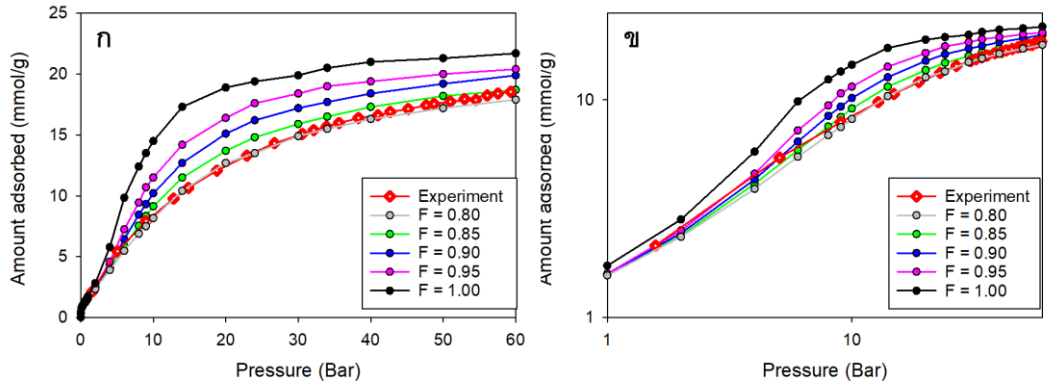
4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ศึกษาการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน MIL-100 (Cr) โดยใช้แบบจำลองเชิงโมเลกุล Grand canonical Monte Carlo (GCMC) ที่อุณหภูมิ 25°C โดยใช้สมการ LJ-12 และ Coulombic (สมการ 1 และ 2) ค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ แสดงดังตารางที่ 1 และใช้จำนวนรอบการคำนวณ 5000 รอบ โดยในแต่ละรอบมีการสุ่มการเคลื่อนที่ของโมเลกุล 4 รูปแบบ อันได้แก่ เคลื่อนที่เข้า (insertion) เคลื่อนที่ออก (deletion) เคลื่อนที่อยู่ภายใน (displacement) และเคลื่อนที่แบบหมุน (rotation) ภายในโครงสร้างวัสดุดูดซับ จำนวน 1000 ครั้ง ถึงแม้ว่าแบบจำลองที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ ได้ผ่านการปรับปรุงให้มีลักษณะเหมาะสมและมีความแม่นยำต่อการใช้งานสำหรับวัสดุดูดซับชนิด MIL-100 (Cr) แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดลองจริง สภาวะการทดลองและปัจจัยต่างๆอันมีผลให้คุณสมบัติของวัสดุที่เตรียมได้ มีความแตกต่างกันไปไม่มากก็น้อย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้แบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์การดูดซับในระดับโมเลกุลได้ดียิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง (scaling factor, ksfq) และ ตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล (surface mediation, F) เพื่อเปรียบเทียบผลการดูดซับกับงานวิจัย (Philip L. Llewellyn และคณะ, 2551) จากรูปที่ 2 ไอโซเทอมการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้แบบจำลองเชิงโมเลกุล Grand canonical Monte Carlo (GCMC) ในตัวดูดซับ MIL-100 (Cr) ที่อุณหภูมิ 25°C และเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากงานวิจัยอื่น เนื่องจาก

แบบจำลองเชิงโมเลกุลเป็นแบบจำลองในอุดมคติซึ่งแตกต่างจากตัวดูดซับ MIL-100 (Cr) โดยใช้ตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล เท่ากับ 1.00 และปรับค่าตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง (scaling factor, ksfq) ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพประจุของอะตอมตัวดูดซับ MIL-100 (Cr) ส่งผลต่อการคำนวณพลังงานภายในระบบ (สมการที่ 1) ในงานวิจัยนี้ปรับค่า ksfq ในช่วง 0.006-0.020 พบว่าในช่วงความดันต่ำประมาณ 5 บาร์ ไอโซเทอมการดูดซับของแบบจำลองเชิงโมเลกุลใกล้เคียงกับการทดลอง แต่เมื่อความดันเพิ่มสูงขึ้นไอโซเทอมการดูดซับของแบบจำลองเชิงโมเลกุลสูงกว่าการทดลอง เนื่องจากเมื่อความดันสูงขึ้นโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับมากขึ้นส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหลมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงตัวแปรปรับค่าดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล (surface mediation, F) ส่งผลต่อการคำนวณพลังงานภายในระบบ (สมการที่ 2) ดังรูป 3 ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 0.080-1.00 พบว่าค่า ksfq และ F ที่เหมาะสม เท่ากับ 0.015 และ 0.80 ตามลำดับ



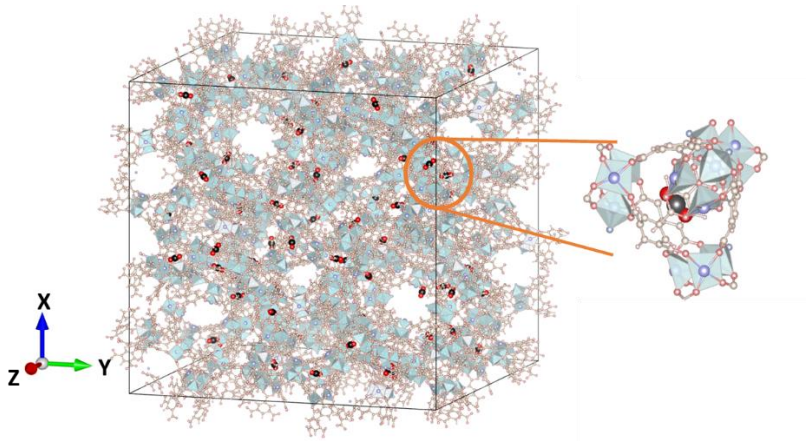
รูปที่ 2 เปรียบเทียบไอโซเทอมการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 25°C ของ MIL-100 (Cr) จากการทดลอง (Philip L. Llewellyn และคณะ, 2551) และแบบจำลองเชิงโมเลกุลโดยการปรับปรุงตัวแปรปรับค่าระหว่างของไหล-ของแข็ง (scaling factor, ksfq) โดยใช้ตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล (surface mediation, F) เท่ากับ 1.00 (ก) กราฟเส้นตรง (ข) กราฟ log-log



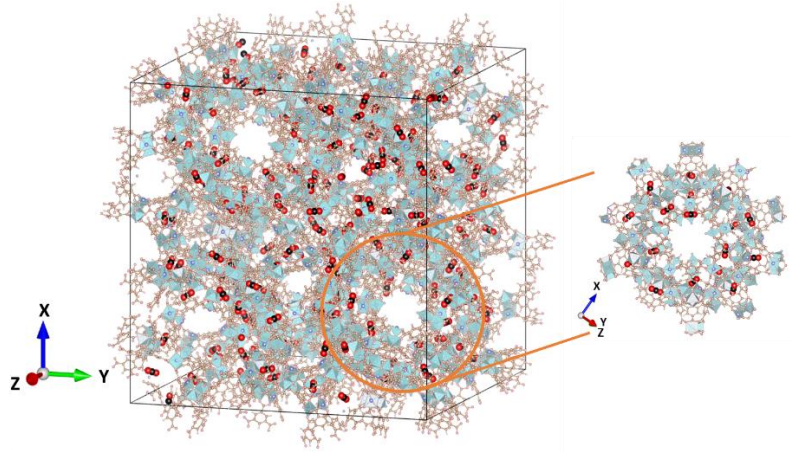
รูปที่ 3 เปรียบเทียบไอโซเทอมการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 25°C ของ MIL-100 (Cr) จากการทดลอง (Philip L. Llewellyn และคณะ, 2551) และแบบจำลองเชิงโมเลกุลโดยปรับปรุงตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของไหล (surface mediation, F) และใช้ตัวแปรปรับค่าแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็ง (scaling factor, ksfq) เท่ากับ 0.015

เพื่อเข้าใจกลไกการดูดซับในระดับโมเลกุล งานวิจัยนี้แสดงกลไกการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับโมเลกุลเป็นภาพถ่าย 3 มิติ แสดงดังรูปที่ 4 5 และ 6 พบว่าที่ความดัน 0.01 บาร์ (รูปที่ 4) เนื่องด้วยภายในโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดราประกอบไปด้วยอะตอมชนิดต่างๆหลายชนิด ได้แก่ คาร์บอน (สีเทา) ออกซิเจน (สีชมพู) ไฮโดรเจน (สีขาว) โครเมียม (สีเขียว) จึงมีแรงดึงดูดสูงต่อโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้มีแรงดึงดูดต่อโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าบริเวณอื่น ในช่วงเฮนรี (Henry's law region) โมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงถูกดูดซับในโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดรา (Supertetrahedra) (รูปที่1 ขวา) เป็นบริเวณแรก โดยแต่ละโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดราสามารถดูดซับโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพียง 1 โมเลกุล เพื่อเป็นการรักษาสมดุลพลังงานระหว่างแรงดึงดูดระหว่างของไหล-ของแข็งและของไหล-ของไหล

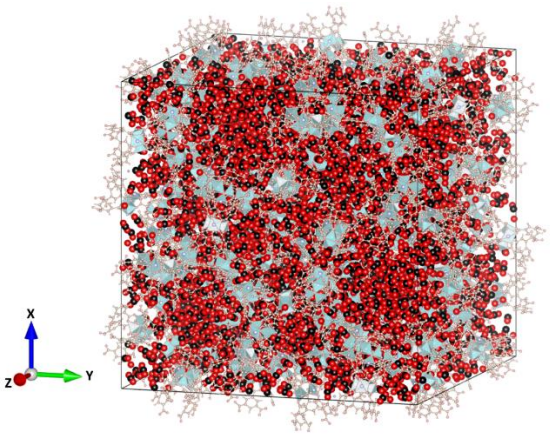
เนื่องจากโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดราส่วนใหญ่ถูกเติมเต็มด้วยโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับในช่วงเฮนรี จึงมีพื้นที่ไม่เพียงพอให้โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับเพิ่ม ส่งผลให้ หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มความดันจนถึง 0.3 บาร์ โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์จึงเริ่มถูกดูดซับบริเวณอื่น ได้แก่ ภายนอกโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดราในรูพรุนขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ดังรูปที่5 อีกทั้งเมื่อโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้อิทธิพลแรงดึงดูดระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์-คาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าแรงดึงดูดระหว่างตัวดูดซับ-คาร์บอนไดออกไซด์ และเมื่อความดันสูงถึง 60 บาร์ โมเลกุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับจนเต็มภายในรูพรุนทุกขนาดของตัวดูดซับ MIL-100 (Cr) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 ภาพถ่าย 3 มิติ ของการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดัน 0.01 บาร์



รูปที่ 5 ภาพถ่าย 3 มิติ ของการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดัน 0.3 บาร์



รูปที่ 6 ภาพถ่าย 3 มิติ ของการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความดัน 60 บาร์

5. สรุป

งานวิจัยนี้ทำแบบจำลองเชิงโมเลกุล Grand Canonical Monte Carlo (GCMC) เพื่ออธิบายกลไกการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.ใน MIL-100 (Cr) ที่อุณหภูมิ 25°C ได้ทำการปรับปรุงค่าตัวแปรปรับค่า (scaling factor, Ksfq) และตัวแปรปรับพื้นผิว (surface mediation, f) เพื่อให้แบบจำลองตัวดูดซับ MIL-100 (Cr) สอดคล้องกับการทดลอง ผลที่ได้พบว่าในงานวิจัยนี้ค่า Ksfq และ f เท่ากับ 0.015 และ 0.80 ตามลำดับ และอธิบายกลไกการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับโมเลกุลโดยในช่วงเฮนรี (Henry's law region) โมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับเข้าสู่ภายในโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดรา (Supertetrahedra) และเมื่อเพิ่มความดันสูงขึ้นเลยช่วงเฮนรี โมเลกุลแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนถูกดูดซับภายนอกโครงสร้างซูเปอร์เททราฮีดรา และเมื่อความดันสูงขึ้นจนถึง 60 บาร์ โมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดูดซับจนเต็มภายในตัวดูดซับ MIL-100 (Cr)

6. ข้อเสนอแนะ

1) ทำการศึกษาการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิอื่น เช่น 0 °C และ 30°C เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

Alberto Castro-Muñiz, et al. (2556). *Energy Storage on Ultrahigh Surface Area Activated Carbon Fibers Derived from PMIA,* 6(8), 1406-1413.

E. R. Zhdanov และ I. A. Fakhretdinov. (2548). Molecular dynamics simulation of the liquid–vapor interface of binary mixtures. Journal of Molecular Liquids - J MOL LIQ, 120, 51-53.

Hiroyasu Furukawa, et al. (2556). The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks. *Science,* 341(6149).

Jeffrey J. Potoff & J. Ilja Siepmann. (2545). Vapor–Liquid Equilibria of Mixtures Containing Alkanes, Carbon Dioxide, and Nitrogen. AIChE Journal, 47, 1676-1682.

Jiamei Yu, et al. (2560). CO_2 Capture and Separations Using MOFs: Computational and Experimental Studies. *Chemical Reviews,* 117(14), 9674-9754.

Jian Liu, et al. (2555). Progress in adsorption-based CO2 capture by metal–organic frameworks. *Chemical Society Reviews,* 41(6), 2308-2322.

J. P. Marco-Lozar, et al. (2555). Activated carbon monoliths for gas storage at room temperature. *Energy & Environmental Science,* 5(12), 9833-9842.

Kenji Sumida, et al. (2555). Carbon Dioxide Capture in Metal–Organic Frameworks. *Chemical Reviews,* 112(2), 724-781.

Le Han, et al. (2560). A facile and green synthesis of MIL-100(Fe) with high-yield and its catalytic performance. *New Journal of Chemistry,* 41(22), 13504-13509.

Mahshid Rahimi, et al. (2556). Understanding Carbon Dioxide Adsorption in Carbon Nanotube Arrays: Molecular Simulation and Adsorption Measurements. *The Journal of Physical Chemistry C,* 117(26), 13492-13501.

Omar K. Farha, et al. (2555). Metal–Organic Framework Materials with Ultrahigh Surface Areas: Is the Sky the Limit?. *Journal of the American Chemical Society,* 134(36), 15016-15021.

Peipei Long, et al. (2554). Solvent effect on the synthesis of MIL-96(Cr) and MIL-100(Cr). *Microporous and Mesoporous Materials,* 142(2), 489-493.

Philip L. Llewellyn, et al. (2551). High Uptakes of CO2 and CH4 in Mesoporous Metal—Organic Frameworks MIL-100 and MIL-101. *Langmuir, 2008.* 24(14): p. 7245-7250.

Xiao Lian & Bing Yan. (2559). A Postsynthetic Modified MOF Hybrid as Heterogeneous Photocatalyst for α-Phenethyl Alcohol and Reusable Fluorescence Sensor. *Inorganic Chemistry,* 55(22), 11831-11838.

Xukun Qian, et al. (2556). Structure stability of metal-organic framework MIL-53 (Al) in aqueous solutions. *International Journal of Hydrogen Energy,* 38(36), 16710-16715.

Yaxiong Sun, et al. (2535). Simulation of the solvation free energies for methane, ethane, and propane and corresponding amino acid dipeptides: a critical test of the bond-PMF correction, a new set of hydrocarbon parameters, and the gas phase-water hydrophobicity scale. *Journal of the American Chemical Society,* 114(17), 6798-6801.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราช

DEVELOPMENT OF KORAT RICE NOODLES

ปัทมา สุภาผล
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
E-mail:Supaphon.pa@hotmail.com

วริญณ์ชญา พวงพิมาย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
E-mail: warinchaya.po@rmuti.ac.th

น้ำฝน ไทยวงษ์*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
***Corresponding author E-mail:nthaiwong@hotmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวหอมมะลิ และข้าวไรซ์เบอร์รี่ เส้นหมี่โคราชที่ผลิตจากข้าวหอมมะลิมีส่วนผสมของข้าวหอมมะลิร้อยละ 48.54 แป้งมันร้อยละ 7.70 และน้ำร้อยละ 43.76 ในขณะที่เส้นหมี่โคราชจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ มี ส่วนผสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 35.00 ข้าวเหลืองปะทิวร้อยละ 15.00 แป้งมันร้อยละ 5.00 และ น้ำ 45.00 เส้นหมี่โคราชจากข้าวหอมมะลิและเส้นหมี่โคราชจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ถูกนำมาวัดค่าสี (L^*, a^*, b^*) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดลองพบว่า ค่าสีของเส้นหมี่โคราชทั้งสามตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05) ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบหลักในอาหาร เส้นหมี่โคราชจากข้าวหอมมะลิมีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05) ส่วนเส้นหมี่โคราชจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณความชื้น และปริมาณเยื่อใยใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอร์รี่, เส้นหมี่โคราช, ข้าวหอมมะลิ, ข้าวเหลืองปะทิว

ABSTRACT

The aims of this research was developed the instant Korat rice noodles product from Jasmine rice and Riceberry rice. The composition of instant Korat rice noodles from jasmine rice was contained Jasmine rice 48.54%, tapioca flour 7.70% and water 43.76% while the instant Korat rice noodles of which Riceberry rice consisted of Riceberry rice 35.00%, Leuang Pratew rice 15.00%, tapioca flour 5% and water 45.00%. The result showed that the color (L^*, a^*, b^*) of instant Korat rice noodles from Jasmine rice and Riceberry rice was measured and compared with control that all samples that were statistically different (P <0.05). Proximate analysis of instant Korat rice noodles from Jasmine rice and Riceberry rice shown as fat content and carbohydrate content were difference from control (P <0.05). Moisture content and fiber content of instant Korat rice noodles from Jasmine rice were similar to control (P <0.05).

Keywords: Jasmine rice, Korat rice noodle, Leuang Pratew rice, Riceberry rice

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

"หมี่โคราช" เป็นอาหารพื้นบ้านซึ่งมีประวัติศาสตร์มายาวนาน และยังถือเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของจังหวัดนครราชสีมา หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของ "เมืองโคราช" ซึ่งจะเห็นได้จากคำขวัญประจำจังหวัด "เมืองหญิงกล้า ผ้าไหมดี หมี่โคราช ปราสาทหิน ดินด่านเกวียน" (รัฐศิรินทร์, 2556; จังหวัดนครราชสีมา, 2560; ประภาพร และคณะ, 2562) หมี่โคราชเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของบรรพบุรุษที่ได้สืบทอดต่อกันมา โดยการแปรรูปข้าวเจ้าเป็นเส้นหมี่แล้วนำไปตากแห้งสามารถเก็บไว้ได้เวลานาน นับเป็นการถนอมอาหารอีกรูปแบบหนึ่ง ส่วนใหญ่นิยมนำมาผัดหรือภาษาโคราชเรียกว่า "คั่วหมี่"หรือ "ผัดหมี่" เป็นอาหารในงานเลี้ยงหรือเป็นอาหารสำหรับต้อนรับแขกเมื่อมีงานเทศกาล งานมงคล และงานบุญต่าง ๆ และยังเป็นอาหารที่นิยมรับประทานในชีวิตประจำวันของคนโคราช (รติวัลย์, 2553; รัฐศิรินทร์, 2556) นอกจากนี้ยังถือได้ว่าเป็นสินค้าพื้นเมืองที่เป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของเมืองโคราชที่สำคัญ (ประภาพร ชุลีลัง และคณะ, 2562) สำหรับการผลิตเส้นหมี่จะผลิตในหมู่บ้านทั่วๆไปแต่แหล่งผลิตสำคัญที่ทำเป็นอาชีพส่งขายทั่วไป ได้แก่ เส้นหมี่พิมายอำเภอ พิมาย เส้นหมี่กระโทกอำเภอ โชคชัย เส้นหมี่ตะคุอำเภอ ปักธงชัย เส้นหมี่กุดจิกอำเภอ สูงเนิน เส้นหมี่จักราช อำเภอจักราช (กรมการแพทย์, 2540; วัฒนา, 2555; ไพรัชต์ และคณะ, 2556; ประภาพร และคณะ, 2562) สำหรับภาชนะและอุปกรณ์ในการทำเส้นหมี่ ได้แก่ เตากระทะปากหม้อทำจากสังกะสีแผ่นขดให้เป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับความยาวของเส้นหมี่ในอดีตปากหม้อจะใช้หม้อดินขนาดใหญ่ตัดเอาก้นออกแล้ววางบนกระทะ ขนาดของเตากระทะและปากหม้อจะต้องพอดีกัน ขึงผ้าขาวที่ปากหม้อ มักใช้ผ้าขาวบาง ขันอลูมิเนียม โม่ ไม้แซะแผ่นหมี่ แผงไม้ไผ่สาน มีดซอยหมี่หรือมีดตัดหมี่ ฟืนสำหรับเป็นเชื้อเพลิง (ศรีสมร, 2548)

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับเรื่องปัญหาสุขภาพมากขึ้น สังเกตได้จากแนวโน้มของการเพิ่มสูงขึ้นของการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ จึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้ดี มีใยอาหารสูง และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจที่จะนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากผัดหมี่โคราชดั้งเดิมให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูป เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มความสะดวกให้กับผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสุขภาพ

เพิ่มความหลากหลายของสินค้าให้กับกลุ่มผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้ออาหาร และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเส้นหมี่โคราชกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวไรซ์เบอรี่

2.2 เพื่อศึกษาสมบัติเชิงเคมี และกายภาพบางประการของเส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูป

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ข้าวหอมมะลิ

ข้าวหอมมะลิ เป็นสายพันธุ์ข้าว ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย เป็นพันธุ์ข้าวซึ่งปลูกในประเทศไทย มีคุณภาพที่ดี เป็นข้าวนาปี ปลูกได้ปีละครั้ง ผลผลิตมีจำกัด แม้จะมีการทดลองปลูกในหลายพื้นที่ของโลก แต่ก็ไม่มีคุณภาพเท่ากับปลูกในประเทศไทย ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหาร มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ เมื่อหุงสวยแล้ว เมล็ดข้าวจะสวยอ่อนนุ่มและอุดมที่ด้วยแร่ธาตุ ประกอบด้วยใยอาหารสูง และมีวิตามิน บี 1 และ บี 2 แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไม่มีกลูเทน จึงไม่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ในหมู่บริโภค (นวพรรษ, 2552)

3.2 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวกล้องเพื่อสุขภาพ ได้มาจากการผสมข้าวข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวจ้าวหอมนิลกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลักษณะเป็นข้าวจ้าว มีสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ข้าวกล้องมีความนุ่มนวลมาก ปลูกได้ตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตต่อไร่ปานกลาง ต้านทานโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานโรคหลาว จากการพัฒนาพันธุ์ข้าวพิเศษ เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่ดีมีคุณภาพดี และให้ประโยชน์สูงสุด คุณสมบัติทางด้านโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือมีสารต้านอนุมูลอิสระนอกจากจะใช้รับประทานเพื่อเสริมสร้างสุขภาพที่ดี ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง ทางการแพทย์ยังนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารโภชนบำบัดอีกด้วย และยังมีสารอาหารที่จำเป็นต่อโครงสร้างและการทำงานของสมอง ตับและระบบประสาท ลดระดับคอเลสเตอรอล ช่วยสังเคราะห์โปรตีนสร้างคอลลาเจน รักษาสิว ป้องกันผมร่วง กระตุ้นรากผม ลดอัตราเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดสมองและหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง สมองเสื่อมนอกจากนี้ เส้นใยอาหารมีอยู่ปริมาณมากในข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ ช่วยควบคุมน้ำหนัก ช่วยระดับขับถ่าย (ธัญพิชชา, 2559)

3.3 ข้าวเหลืองปะทิว

ข้าวเหลืองประทิวเป็นข้าวหนักปลูกในฤดูนาปี เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนธันวาคม มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมาก ปลูกในพื้นที่ที่เป็นดินเปรี้ยวได้ดี และทนทานต่อโรคและแมลงมีลักษณะเป็นเมล็ดข้าวที่มีสีเหลือง เลื่อมมัน เมล็ดยาว มีน้ำหนักเมล็ดดี ข้าวหุงสุกจะขึ้นหม้อคนในภาคใต้นิยมกินที่เป็นข้าวแข็งและร่วน ปลายข้าวสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เส้นได้ดี เช่น เส้นหมี่ เส้นขนมจีน นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ มีปริมาณไนอะซีนสูง ช่วยในการเผาผลาญไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนควบคุมการทำงานของสมองและระบบประสาท (Rice Family Thailand, 2562)

3.4 ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูป

หมี่เป็นอาหารพื้นบ้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานบุญที่สามารถทำได้ง่าย คือ ผัดหมี่ การทำเส้นหมี่ได้สืบทอดกันมาเป็นภูมิปัญญาในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังเป็น

การถนอมอาหารอีกรูปหนึ่ง จากการนำเส้นหมี่ไปตากแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูป ก็ยังเป็นที่นิยมรับประทานกันอยู่อย่างแพร่หลาย (เพ็ญนภา, 2542)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การผลิตเส้นหมี่โคราช

การผลิตเส้นหมี่โคราชที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 4 สูตรดังแสดงดังตารางที่ 1 โดยกรรมวิธีการผลิตเส้นหมี่โคราชมีขั้นตอนดังนี้ (1) ล้างข้าวด้วยน้ำสะอาดแช่ทิ้งไว้ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (2) จากนั้นพักให้สะเด็ดน้ำ นำมาปั่นให้ละเอียด เป็นน้ำแป้ง (3) ละเลงน้ำแป้ง ลงบนผ้าที่ตึงปากหม้อขณะที่น้ำเดือด ปิดฝาทิ้งไว้สักครู่ เปิดฝาออกใช้ไม้แซะแผ่นหมี่จากผ้าที่ตึงปากหม้อแล้วยกแผ่นหมี่ออกแล้วนำไปตากไว้ที่แผงตากหมี่ (4) ตากแผ่นหมี่พอหมาด แล้วนำแผ่นหมี่มาทาน้ำมันหมูเพื่อไม่ให้แผ่นหมี่ติดกัน พักทิ้งไว้หนึ่งชั่วโมง (5) จากนั้นนำมาตัดเป็นเส้น นำเส้นหมี่มาวางเป็นแผง แล้วตากแดดให้แห้งสนิท เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมี และกายภาพต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในกรรมวิธีการผลิตเส้นหมี่โคราช

วัตถุดิบ	เส้นหมี่โคราช จากข้าวหอมมะลิ		เส้นหมี่โคราช จากข้าวไรซ์เบอรี่	
	สูตร 1 (ร้อยละ)	สูตร 2 (ร้อยละ)	สูตร 3 (ร้อยละ)	สูตร 4 (ร้อยละ)
ข้าวหอมมะลิ	48.54	25	0	0
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0	0	15	9.7
ข้าวเหลืองประทิว	0	25	35	38.83
น้ำ	7.7	5	5	7.7
แป้งมัน	43.76	45	45	43.77

4.2 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของเส้นหมี่โคราช

สมบัติเชิงกายภาพแสดงด้วยภาพถ่ายของผลิตภัณฑ์ที่ได้ และการวัดค่าสีวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) โดยวัดค่าวัดสีของเส้นหมี่โคราชกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 4 สูตร ตามวิธีของ CIE (CIE, 1986) โดยค่าสีที่ได้แสดงในค่าของ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*)

4.3 การวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมีของเส้นหมี่โคราช

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพื้นฐาน (proximate analysis) ด้วย AOAC Official Method (AOAC, 2000) ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเยื่อใย

4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P <0.05) โดยใช้โปรแกรม Statistics Package for the Social Sciences Version 23 (SPSS 23)

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของเส้นหมี่โคราช

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชหลังจากผ่านกรรมมาวิธีการแปรรูปด้วยขั้นตอนต่างๆ และไปตากแห้งแสดงดังรูปที่ 1 โดยพบว่าชนิด และอัตราส่วนของข้าวที่แตกต่างกันส่งผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชที่ได้ สูตรที่ 1 เส้นหมี่ที่ได้มีลักษณะบาง และแข็ง เส้นมีความเงาวาว ผิวหน้าของเส้นหมี่เรียบเนียน สีมีความสม่ำเสมอ เส้นหมี่โคราชสูตรที่ 2 ลักษณะปรากฏของเส้นหมี่ที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับสูตรที่ 1 คือเส้นหมี่ที่ได้ลักษณะแข็ง และบาง แต่สูตรที่ 2 เส้นหมี่จะมีความเงาวาวน้อยกว่าเล็กน้อย และผิวหน้าของเส้นหมี่ค่อนข้างขรุขระไม่เรียบเนียนเหมือนสูตรที่ 1 ส่วนเส้นหมี่โคราชสูตรที่ 3 และ4 เป็นสูตรที่มีการผสมข้าวไรซ์เบอรี่ลงไป โดยพบว่า ทั้ง 2 สูตรมีที่เข้มกว่าสูตรที่ 1 และ2 เนื่องมาจากสีของข้าวไรซ์เบอรี่ เส้นหมี่โคราชสูตรที่ 3 ลักษณะปรากฏของเส้นหมี่ที่ได้เส้นหมี่มีความบาง และแข็ง ที่ผิวหน้าของเส้นหมี่ เรียบเนียน มีความเงาวาวเล็กน้อย เส้นหมี่ทีได้มีสีดำอมม่วง ส่วนในเส้นหมี่โคราชสูตรที่ 4 เส้นหมี่ที่ได้เส้นหมี่มีความบาง และแข็ง ที่ผิวหน้าของเส้นหมี่ เรียบเนียน มีความเงาวาวเล็กน้อย สีของเส้นหมี่มีลักษณะโทนเดียวกันกับในสูตรที่ 3 แต่จะมีความเข้มมากกว่า

จากลักษณะปรากฏที่ได้ของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชที่ได้ทั้ง 4 สูตร พบว่าสูตรจะเลือกนำมาวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไปคือ สูตรที่ 1 (เส้นหมี่โคราชจากข้าวหอมมะลิ) และสูตรที่ 3 (เส้นหมี่โคราชจากข้าวไรซ์เบอรี่) เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันกับเส้นหมี่โคราชในสูตรควบคุม จะมีแนวโน้มที่เป็นทางเลือกของผู้บริโภคสูงกว่าในสูตรอื่นๆ

สูตรที่ 1 **สูตรที่ 2**

สูตรที่ 3 **สูตรที่ 4**

รูปที่ 1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชหลังจากกระบวนการทำแห้ง

จากการศึกษาชนิดของข้าวในผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราช ทั้งสามตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างควบคุม (ตามท้องตลาด) ตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวหอมมะลิ และตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ต่อค่าสี (L^*, a^*, b^*) พบว่า ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราช ที่มีอัตราส่วนของชนิดข้าวที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า

ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05) ดังแสดงดัง ตารางที่ 2 โดยค่าความสว่าง (L*) ของเส้นหมี่มีค่าอยู่ระหว่าง 24.60-81.39 สูตรควบคุมมีค่าความสว่างสูงสุดเท่ากับ 81.39 หมายถึงสีของเส้นหมี่มีความสว่างมากที่สุด ค่าความสว่างของตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าน้อยสุด เท่ากับ 24.60 ส่วนค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง) ของตัวอย่างทั้ง 3 ชนิดมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งค่าความเป็นสีแดงมีค่าสูงสุด เท่ากับ 9.80 ของตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้งนี้เนื่องมาจากองค์ประกอบของข้าวไรซ์เบอรี่ ซึ่งมีรงควัตถุที่ชื่อว่า แอนโทไซยานิน ที่ให้สีม่วงแดง (ศศิประภา และ ศิรประภา, 2561; Arjinajarn et al., 2017) ส่งผลให้ค่าความสว่างของตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าต่ำสุด และความความเป็นสีแดงมีค่าสูงสุด

ค่า b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของผลิตภัณฑ์ทีได้จากข้าวต่างขนิดกันให้ค่าสีดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq$0.05) อีกด้วย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -0.72-11.43 ตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวหอมมะลิให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงสุด เท่ากับ 11.43 และตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้ค่าต่ำสุด เท่ากับ -0.72

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชกึ่งสำเร็จรูป

พารามิเตอร์	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวหอมมะลิ	ตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอร์รี่
L*	81.39 ± 0.03[a]	80.02 ± 0.03[b]	24.60 ± 0.06[c]
a*	5.40 ± 0.02[c]	5.65 ± 0.02[b]	9.80 ± 0.03[a]
b*	9.04 ± 0.03[b]	11.43 ± 0.01[a]	-0.72 ± 0.03[c]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยในข้อมูลคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษ [abc] มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05)

5.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมีของเส้นหมี่โคราช

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน เยื่อใย เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ของเส้นหมี่โคราชจากตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวหอมมะลิสูตร และตัวอย่างเส้นหมี่ข้าวไรซ์เบอรี่ เปรียบเทียบกับเส้นควบคุม(ตามท้องตลาด) แสดงในตารางที่ 3 โดยพบว่าชนิดของข้าวที่ใช้ในกระบวนการเตรียมผลิตผลิตภัณฑ์บะหมี่โคราชที่ต่างกันทั้ง 3 ชนิด ส่งผลต่อค่า โปรตีน เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น และเยื่อใย (P >0.05) ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่มีค่าโปรตีนอยู่ระหว่าง 6.55-7.52 เส้นหมี่ที่ได้จากจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้ค่าโปรตีนสูงสุด เท่ากับ 7.52 เนื่องมากจากข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวที่มีสี การจากรายงานของ Food and Agriculture Organization of the United Nations (2004) พบว่าข้าวที่มีการขัดสี (ข้าวขาวขัดสี) จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.8 ส่วนข้าวสีม่วงจะมีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 8.3 นอกจากนี้ กรมการข้าว (2559) รายงานว่า ข้าวที่มีโปรตีนสูงอาจจะมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ และการที่มีโปรตีนสูงจะทำให้ความเหนียวของข้าวลดลงด้วย

ปริมาณเถ้าของข้าวสามารถใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพของข้าวได้เนื่องจากปริมาณเถ้าคือสารประกอบอนินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากที่เผาให้สารประกอบอินทรีย์สลายไปหมดแล้ว ซึ่งอาจจะบ่งชี้ได้ว่ามีแร่ธาตุในข้าวมากน้อยเท่าใด (Oko and Ugwu, 2011) โดยจากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่มีค่าเถ้าอยู่ระหว่าง 0.50-0.93 เส้นหมี่จากข้าวไรซ์เบอรี่มีค่าเถ้าสูงสุด เท่ากับ 0.93 เส้นหมี่ที่ได้จากข้าวหอมมะลิ และตัวอย่างควบคุมมีค่า

เท่ากับ 0.64 และ 0.5 ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าข้าวที่มีผ่านกระบวนการขัดสีจะให้ค่าเถ้าที่น้อยเมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการขัดสี เนื่องมากจากกระบวนการขัดสีข้าวทำให้ข้าวเกิดการสูญเสียวิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ (ประสิทธิ์, 2553) ส่งผลให้ค่าเถ้าของเส้นหมี่ที่ได้จากข้าวหอมมะลิ และตัวอย่างควบคุมมีค่าเถ้าที่น้อยเมื่อเทียบกับเส้นหมี่ที่ได้จากข้าวไรซ์เบอรี่

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราช

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ตัวอย่างควบคุม	ตัวอย่างเส้นหมี่จากข้าวหอมมะลิ	ตัวอย่างเส้นหมี่ข้าวไรซ์เบอรี่
ความชื้น	1.04 ± 0.04 [a]	1.06 ± 0.01 [a]	1.05 ± 0.02 [a]
โปรตีน	6.58 ± 0.16[b]	6.55 ± 0.12 [b]	7.52 ± 0.05 [a]
เยื่อใย	2.42 ± 0.01 [a]	2.53 ± 0.23 [a]	2.32 ± 0.01 [a]
เถ้า	0.50 ± 0.00 [b]	0.64 ± 0.04 [b]	0.93 ± 0.08 [a]
ไขมัน	0.07 ± 0.00 [b]	3.09 ± 0.10 [a]	2.85 ± 0.14 [a]
คาร์โบไฮเดรต	89.39±0.03[a]	86.14±0.06 [b]	85.35±0.02[c]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าเฉลี่ยในข้อมูลคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษ[abc] มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05)

6. อภิปรายผล

การผลการทดลองพบว่า ชนิดและอัตราส่วนของแป้งที่ให้ในกรรมาวิธีในการผลิต ผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชที่ต่างกัน ส่งผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราช และสมบัติเชิงเคมี และกายภาพที่ได้ พบว่าลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราชในแต่ละสูตรมีลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันออกไป ค่าสี (L^*, a^*, b^*) ของเส้นหมี่ทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง อยู่ระหว่าง 24.60-81.39 5.40-9.80 และ -0.72-11.42 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ในแต่ละสูตร พบว่าชนิดของข้าวที่ใช้ ส่งผลต่อค่า โปรตีน เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P <0.05) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น และเยื่อใย (P <0.05) โดยกระบวนการขัดสีของข้าวส่งผลต่อค่าโปรตีน และเถ้าที่ได้ทำให้มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการขัดสี

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การศึกษาอายุการเก็บของเส้นหมี่โคราชที่ได้

7.2 การศึกษาต้นทุนของเส้นหมี่โคราชต้นตับรำกับเส้นหมี่โคราชที่พัฒนาขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนงบประมาณทุนวิจัยสำหรับโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นหมี่โคราช”

9. เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. (2559). *องค์ความรู้เรื่องข้าว.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 กันยายน 2563, จาก http://www.ricethailand.go.th/.

กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2540). *อาหารพื้นบ้าน 4 ภาค.* กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ ทหารผ่านศึกษา.

จังหวัดนครราชสีมา. (2560). *แผนพัฒนาจังหวัดนครราชสีมา ระยะ 4 ปี (พ.ศ.2561-2564) ทบทวนปี พ.ศ. 2560.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2562, จาก www.nakhonratchasima.go.th/korat2528/.

ธัญพิชชา เพิ่มเครือ. 2559. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างแบรนด์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ตราละอองอุ่น ในเขตอำเภอบางปอ จังหวัดสมุทรปราการ. สาขาวิชาบริหารธุรกิจ สำหรับ ผู้บริหารวิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

นวพรรษ การะเกตุ. (2552). *การศึกษาภาพอนาคตของสื่อมวลชนในบทบาทการสร้างเสริมคุณค่าให้กับข้าวหอมมะลิไทย.* คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ประสิทธิ์ วังภคพัฒนวงศ์. (2553).โภชนาการของข้าวและนวัตกรรมการใช้ประโยชน์. *วารสารคลินิกอาหารและโภชนาการ (วคอภ).* 4(1): 33-40.

ประภาพร ชุลีลัง ปัญญา หมั่นเก็บ และสุณีพร สุวรรณมณีพงศ์. (2562). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อหมี่โคราชตราดอกจิกของผู้บริโภคในตลาดท้องถิ่น จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 37(3): 538-551.

เพ็ญนภา ทรัพเจริญ. (2542). *อาหารไทยกับความหลากหลายทางชีวภาพ.* รวมบทความการสัมมนาวิชาการเรื่องผักพื้นบ้านและอาหารพื้นเมือง. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 85-90.

ไพรัชต์ ดิฐคณารักษ์กุล ภราดร หนูทอง และปรีชา ขันติโกมล. (2556). *การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งชั้นบางสำหรับอบแห้งเส้นหมี่โคราชโดยใช้อินฟราเรดและลมร้อน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

รัฐศิรินทร์ ตมิศานนท์. (2556). *ปัญหาการให้ความคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ศึกษากรณีผลิตภัณฑ์อาหารไทยพื้นบ้าน (ผัดหมี่โคราช).* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

รติวัลย์ วัฒนสิน. (2253). *สัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม :ผลิตภัณฑ์อาหารไทยในตลาดสหรัฐอเมริกา.* รายงานการวิจัยเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ระดับชั้นปริญญาเอกเรื่องสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม : ผลิตภัณฑ์อาหารไทยใน ตลาดสหรัฐอเมริกา พ.ศ. 2553.

วัฒนา นีสันเทียะ. (2555). *โครงการออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์ เพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์ การทำเส้นหมี่โคราชดั้งเดิม.* วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ศิลปนิพนธ์โปรแกรมวิชาออกแบบนิเทศศิลป์ หลักสูตรปริญญาศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ศรีสมร คงพันธุ์. (2548). *สิบยอดอาหารไทยในต่างแดน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด.

ศศิประภา ฤทธิ์เต็ม และ ศิรประภา มีรอด. (2561). *การหาปริมาณแอนโทไซยานินและศึกษาสภาวะของ pH ต่อความเสถียรในข้าวไรซ์เบอร์รี่.* รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลับราชภัฏกำแพงเพชร. 518-525.

AOAC (2000). *Official methods of analysis of AOAC International,* (17th ed.), Gaithersburg, *MD, USA: AOAC.*

Arjinajarn, P., Chueakula, N., Pongchaidecha, A., Jaikumkao, K., Chatsudthipong, V., Mahatheeranont, S., … Lungkaphin, A. (2017). Anthocyanin-rich Riceberry bran extract attenuates gentamicin-induced hepatotoxicity by reducing oxidative stress, inflammation and apoptosis in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 92: 412-420.

CIE. (1986). *Colorimetry*. CIE Pub. No. 15.2, Vienna.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2004) *International Year of Rice 2004. Rome, Italy.* [ออนไลน์] ค้นเมื่อ 10 กันยายน 2563, จาก http://www.rice2004. org

Oko, A. O. and Ugwu, S. I. (2011). The proximate and mineral compositions of five major rice varieties in Abakaliki, South-Eastern Nigeria. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 3(2): 25-27.

Rice Family Thailand. (2017). *ข้าวเหลืองปะทิว พันธุ์ข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2562, จาก www.thairicedb.com.

ภาวะโลกร้อน: สาเหตุ ผลกระทบ และแนวทางการแก้ปัญหา

GLOBAL WARMING: CAUSES, IMPACTS AND SOLUTIONS

มนนภา เทพสุด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: Monnapa.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ต้องการศึกษาปัญหาภาวะโลกร้อน ทั้งในด้านสาเหตุ ผลกระทบที่เกิดขึ้น และแนวทางการแก้ไขปัญหา ผลการวิเคราะห์พบว่า (1) สาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน เกิดขึ้นจากภายในชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมพื้นผิวโลก มีก๊าซเรือนกระจกนานาชนิดโดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกมาจากผลการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ แพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่น จนกระบวนการทางธรรมชาติไม่สามารถระบายออกได้ทัน (2) ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้น ทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยพิบัติต่างๆ รวมถึงการละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลก ต่างทวีความรุนแรงและปรากฏขึ้นอย่างบ่อยครั้งขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็น "ความปกติใหม่" ที่สร้างความเสียหายให้กับธรรมชาติสิ่งแวดล้อมและการดำรงอยู่ของมนุษย์ และ (3) การแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน สามารถทำได้โดยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ บนสามแนวทางหลัก คือ (1) ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ (2) กำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ และ (3) กำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งผลิต

คำสำคัญ: ภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความปกติใหม่

ABSTRACT

This study aimed to examine global warming problem. The study focused on the causes of global warming, its impacts and problems, the way to solve the problems. The results showed that the major cause of global warming came from the level of greenhouse gases, particularly carbon dioxide released from human activities, accumulated in the atmosphere was higher than those removed by natural processes.This phenomenon has increased a severity of climate change, disasters, sea ice melt, became "the new normal", which directly impact on environment and human livelihood.Therefore, the solutions to global warming could be achieved by reducing the emission of carbon dioxide in to the atmosphere, and removing carbon dioxide from the atmosphere and from the generating sources emission.

Keywords: Global warming, Greenhouse gas, Carbon dioxide, New normal

1. บทนำ

ต้องยอมรับว่า ในขณะที่สังคมโลกกำลังมีความล้ำหน้าทางด้านเทคโนโลยีมากขึ้นเรื่อยๆ เหนือทุกยุคทุกสมัยที่ผ่านมา หากแต่ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมทั้งดิน น้ำ และอากาศ ในทั่วทุกภูมิภาคส่วนของโลก กลับปรากฏสภาพเสื่อมทรุดลงอย่างหนัก ทั้งจากวิกฤติสภาพภูมิอากาศ การละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลก ตลอดรวมถึงภัยพิบัติต่างๆ ทั้ง ภัยแล้ง ไฟป่า และพายุ ที่ล้วนทวีความรุนแรง และส่งผลกระทบเชื่อมโยงมาสู่ปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาความมั่นคงทางอาหาร การลี้ภัยเนื่องจากสิ่งแวดล้อม การขาดแคลนน้ำจืด และการแพร่ระบาดของเชื้อโรค ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นภัยคุกคามต่อมวลมนุษยชาติทั้งสิ้น

สภาพการณ์เลวร้ายต่างๆ ดังกล่าวซึ่งเกิดขึ้นไม่บ่อยนักในประวัติศาสตร์ กำลังกลับกลายเป็นเหตุการณ์ที่กำลังเกิดเพิ่มมากขึ้น จนเหมือนเป็น “ความปกติใหม่” ที่คุ้นเคยไปแล้วนั้น ล้วนเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากผลของภาวะโลกร้อน มหันตภัยร้ายระดับโลกที่กำลังดำเนินไปด้วยอัตราเร่ง จนก้าวมาถึงครึ่งทางของขีดอันตรายที่บรรดานักวิทยาศาสตร์เคยเตือนไว้แล้วว่า จะเป็นจุดพลิกผันที่จะทำให้ระบบนิเวศของโลกถึงคราวล่มสลายได้ ทั้งที่ความพยายามลดขนาดความรุนแรงของภาวะโลกร้อนนั้น ได้มีการดำเนินกันมาตั้งแต่พิธีสารเกียวโตจนมาถึงข้อตกลงปารีสแล้วก็ตาม

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อเผยแพร่สาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนในยุคปัจจุบัน

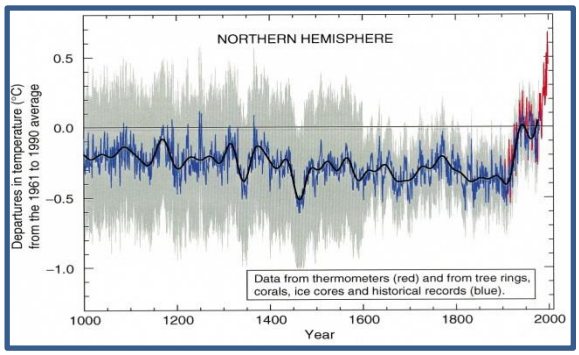
(2) เพื่อเผยแพร่ถึงผลกระทบที่ตามมาจากภาวะโลกร้อน

(3) เพื่อเผยแพร่แนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน

3. สาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนในยุคปัจจุบัน

3.1 ผลการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ : ชนวนเหตุสำคัญแห่งปัญหาภาวะโลกร้อน

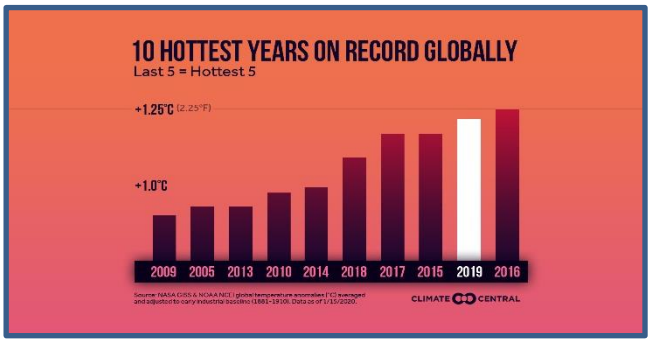
ผลการบันทึกสถิติค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกในช่วงปี พ.ศ. 1543-2543 (ค.ศ. 1000-2000) (รูปที่ 1) (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.nzgeo.com/stories/tracking-temperatures-in-earths-past/) คือหนึ่งในหลักฐานสำคัญที่ยืนยันว่า สภาวการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วเกินกว่าค่าเฉลี่ยในเกณฑ์ปกติ เริ่มมีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2404 โดยเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 เป็นต้นมา (สมชาย สุพฤฒิพานิชย์, 2545) และเพิ่มสูงมากสุดสิบปีในช่วงปี พ.ศ. 2553-2562



รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกช่วงปี ค.ศ. 1000-2000

(ที่มา: https://www.nzgeo.com/stories/tracking-temperatures-in-earths-past/)

โดยเมื่อในรอบปีที่ผ่านมา อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกร้อนขึ้นจากยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมถึง 1.1 องศาเซลเซียสแล้ว ซึ่งนับว่าเป็นปีที่ร้อนสูงสุดเป็นอันดับสองรองจากปี พ.ศ. 2559 ที่ร้อนสูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง (รูปที่ 2) (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.climatecentral.org/gallery/graphics/top-10-warmest-years-on-record)



รูปที่ 2 กราฟแสดงสิบอันดับปีที่อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกร้อนมากสุด
(ที่มา: https://www.climatecentral.org/gallery/graphics/top-10-warmest-years-on-record)

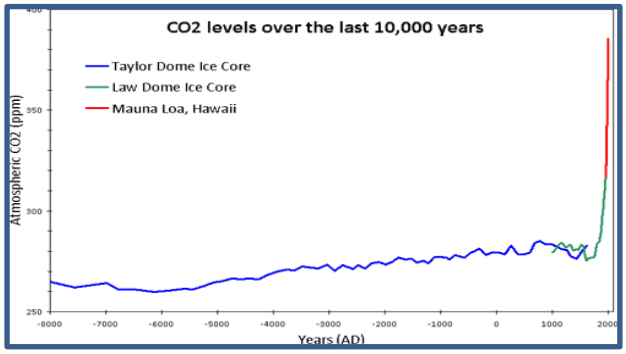
สำหรับสาเหตุสำคัญ ที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วแบบผิดปกติ จนเกิดเป็นภาวะโลกร้อน (Global Warming) ในยุคปัจจุบันนั้น ได้รับการยืนยันจากนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่แล้วว่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากภายในชั้นบรรยากาศเหนือโลก มีก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ แพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่น จนผืนดิน ผืนป่า และมหาสมุทร ไม่สามารถดูดซับออกไปจากบรรยากาศได้ทัน ก๊าซเรือนกระจกส่วนที่มากเกินจึงดูดซับรังสีความร้อนที่พื้นผิวโลกแผ่ออกมา แล้วปลดปล่อยกลับเข้าสู่บรรยากาศและพื้นผิวโลกได้มากขึ้น รังสีความร้อนจึงผ่านออกสู่อวกาศได้น้อยลงจากระดับที่เคยดำเนินมาตามปกติ ปรากฏการณ์เรือนกระจกซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกควบคุมอุณหภูมิโลกจึงเกิดความแปรปรวนและทวีความรุนแรงจนถึงขั้นทำให้โลกร้อนขึ้นดังเช่นที่เป็นอยู่ในทุกวันนี้

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลสนับสนุนด้วยว่า หากภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นนี้เป็นไปตามวิถีทางแห่งธรรมชาติ อันเนื่องมาจากผลการเปลี่ยนแปลงวงโคจรของโลก (Variations in The Earth’s Orbital Characteristics) โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเป็นปัจจัยร่วมสำคัญแล้ว โลกซึ่งเคยเปลี่ยนผ่านช่วงยุคน้ำแข็งสลับกับยุคโลกร้อนมาแล้ว 7-8 ครั้งในรอบหนึ่งล้านปีที่ผ่านมา (รูปที่ 3) โดยผ่านยุคโลกร้อนครั้งล่าสุดเมื่อประมาณ 6,000 ปีที่แล้ว จะต้องอยู่ในช่วงเวลาของการปรับสมดุลให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดต่ำลงเพื่อเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุคน้ำแข็งอีกครั้งตามวัฏจักร ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานานราวแสนปี (สุวัฒน์ อัศวไชยชาญ, 2551) แต่สิ่งที่ปรากฏกลับกลายเป็นว่าโลกกำลังเข้าสู่ภาวะโลกร้อนด้วยช่วงเวลาเพียง 200 ปีเท่านั้น

3.2 คาร์บอนไดออกไซด์กับปัญหาภาวะโลกร้อน

เนื่องด้วยอุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลก มีความสัมพันธ์อย่างสอดคล้องกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ดังนั้นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ จึงมีอิทธิพลสำคัญต่อการกำหนดระดับอุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลก ซึ่งตลอดช่วง 10,000 ปีที่ผ่านมา (รูปที่ 3) ความสมดุลระหว่างการปลดปล่อยและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งดำเนินไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ได้ส่งผลสะท้อนให้มีปริมาณการสะสมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ในระดับค่อนข้างคงตัวที่ระดับความเข้มข้นประมาณ 280 ส่วนในล้านส่วน

(ppm) มาโดยตลอด (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide)



รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบ 10,000 ปีที่ผ่านมา (ที่มา: https://www.skepticalscience.com/co2-measurements-uncertainty.htm)

หากแต่เมื่อสังคมโลกก้าวเข้าสู่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศก็มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมาโดยตลอด โดยเพิ่มมาอยู่ที่ระดับ 351 ppm ในปี พ.ศ. 2531 ซึ่งนับว่าสูงเกินกว่าระดับความปลอดภัยเป็นครั้งแรก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดไว้ที่ 350 ppm (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.downtoearth.org.in/news/environment/world-breached-safe-atmospheric-co2-levels-33-years-ago-64546) และถึงที่ระดับ 409.8 ppm แล้วในปีที่ผ่านมา อีกทั้งยังนับเป็นค่าความเข้มข้นที่สูงมากสุดยิ่งกว่าช่วงเวลาใดๆ ที่ชั้นบรรยากาศเหนือโลกเคยมีมาในรอบ 800,000 ปีด้วย เนื่องจากตลอด 800,000 ปีที่ผ่านมาภายในชั้นบรรยากาศ เหนือโลก ไม่เคยปรากฏมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินกว่าที่ระดับ 300 ppm (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide) และนับว่าเพิ่มสูงจากยุคอุตสาหกรรมถึงร้อยละ 46.36 เลยทีเดียว

ที่เป็นเช่นนี้เพราะ การขับเคลื่อนเศรษฐกิจในโลกยุคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นยุคแห่งการผลิต ได้ส่งเสริมให้ก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ ถูกผลิตแล้วปล่อยออกมาสะสมตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศได้อย่างไม่หยุดนิ่ง เนื่องจากนานาประเทศทั่วโลกต่างมุ่งระดมเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานกระแสหลักกันอย่างมหาศาล เพื่อผลิตพลังงานมาใช้ทั้งในภาคส่วนอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคม และการผลิตไฟฟ้า ประสานกับมีการเผาทำลายผืนป่า เพื่อขยายพื้นที่อุตสาหกรรม การเกษตร และสร้างชุมชนที่อยู่อาศัย รองรับจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปีอีกด้วย

4. ผลกระทบที่ตามมาจากภาวะโลกร้อน

เป็นที่ชัดเจนว่า ภาวะโลกร้อนที่มวลมนุษย์ได้ร่วมกันก่อขึ้นมามากว่า 200 ปี จวบจนปัจจุบัน กำลังขยายขนาดความรุนแรง จนทำให้เกิดวิกฤติสภาพภูมิอากาศ และการละลายตัวอย่างรวดเร็วของน้ำแข็งขั้วโลก ที่ส่งผลกระทบเป็นวงกว้างให้ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมทั่วโลก ต้องปรากฏสภาพเสื่อมถอยลงในหลายๆ ด้าน

4.1 วิกฤติสภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากภาวะโลกร้อน กำลังส่งผลร้ายให้สภาพภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เลวร้ายลงทุกขณะ ภาวะอากาศร้อนรุนแรงที่แพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของโลก นอกจากจะ

ส่งผลโดยตรงให้จำนวนวันที่มีอุณหภูมิสูง(อากาศร้อน) มากขึ้น และจำนวนวันที่มีอุณหภูมิต่ำ(อากาศเย็น) น้อยลง จนฤดูกาลแปรปรวนแล้ว ความวิปริตแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ยังส่งผลให้บางประเทศต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่ขัดแย้งในช่วงเวลาเดียวกัน ดังเช่น ที่ประเทศออสเตรเลียต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่ร้อนจัด ในขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกากลับต้องเผชิญกับสภาพอากาศที่หนาวจัด เมื่อในช่วงต้นปี พ.ศ. 2560

นอกจากนี้แล้ว การระเหยของน้ำจากแผ่นดินและผืนน้ำที่เพิ่มมากขึ้นและเร็วขึ้น ก็ส่งผลให้พื้นที่เขตร้อน เขตกึ่งร้อน และบางส่วนของเอเชียใต้ ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปในทวีป ประสบปัญหาภัยแล้งรุนแรงและไฟป่าลุกลามได้บ่อยครั้ง ส่วนพื้นที่ซึ่งถูกมวลเมฆเคลื่อนตัวเข้ามาแล้วกลั่นตัวเป็นฝน ก็ประสบกับฝนที่ตกลงมาอย่างหนักและรุนแรงจนเกิดปัญหาน้ำท่วมใหญ่ ส่วนมหาสมุทรที่ร้อนขึ้น ก็เป็นเหตุปัจจัยที่กระตุ้นให้ให้ลมพายุก่อตัวเพิ่มระดับความรุนแรงมากขึ้น และพายุเหล่านี้ก็ทำให้เกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surge) ตามมามากขึ้นด้วย

4.2 การละลายตัวอย่างรวดเร็วของน้ำแข็งขั้วโลก

โลกที่กำลังร้อนขึ้น ส่งผลกระทบอย่างมากต่อการละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลก ให้ดำเนินไปด้วยอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น โดยทีมนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์ข้อมูลน้ำแข็งและหิมะแห่งชาติ (National Snow and Ice Data Center-NSIDC) ได้เปิดเผยผลการสำรวจขั้วโลกเหนือด้วยดาวเทียมให้ทราบว่า แผ่นน้ำแข็งที่ปกคลุมผืนโลกบริเวณมหาสมุทรอาร์กติก ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อภาวะโลกร้อนนั้น เคยมีขนาดพื้นที่กว้างใหญ่เฉลี่ยถึง 7.7 ล้านตารางกิโลเมตรเมื่อในช่วงฤดูร้อนของปี พ.ศ.2522–2543 (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://nsidc.org/ arcticseaicenews/ 2007/10/) ได้เกิดการละลาย จนมีขนาดพื้นที่ลดลงเหลือเพียง 4.15 ล้านตารางกิโลเมตรในช่วงฤดูร้อนของปี พ.ศ. 2562 ซึ่งนับว่าละลายเร็วกว่าปกติและละลายมากเป็นอันดับสองรองจากปี พ.ศ. 2555 ที่เคยละลายมากสุดจนมีขนาดพื้นที่หดเล็กเหลือเพียง 3.39 ล้านตารางกิโลเมตร (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://nsidc.org/ arcticseaicenews/2019/09/arctic-sea-ice-reaches-second-lowest-minimum-in-satellite-record/)

ยิ่งกว่านั้นแล้ว น้ำแข็งที่อาร์กติกซึ่งปกติจะละลายตัวในช่วงฤดูร้อน แล้วก่อตัวกลับมาเป็นน้ำแข็งอีกครั้งในช่วงฤดูหนาว กลับไม่สามารถแข็งตัวขยายขอบเขตขึ้นมาได้ในเดือนตุลาคมที่ผ่านมาซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว ทั้งนี้เป็นเพราะในช่วง 6 เดือนแรกของปีนี้ คลื่นความร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าเฉลี่ย 5-10 องศาเซลเซียสจากไซบีเรียได้แผ่อิทธิพลเข้ามาทำให้ผืนน้ำแข็งแห่งนี้มีอัตราการละลายของน้ำแข็งเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนอัตราการแข็งตัวของน้ำแข็งลดต่ำลง อีกทั้งยังมีการประเมินจากคณะสำรวจอาร์กติกของบริเตน (BAS) ด้วยว่ามหาสมุทรอาร์กติกจะปราศจากน้ำแข็งภายในปี พ.ศ. 2578 (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.m2fnews.com/ news/worldnews/65071)

สำหรับในปีนี้ ภาวะโลกร้อนได้เข้าคุกคามธารน้ำแข็งทั่วโลก ให้เกิดการละลายตัวเร็วขึ้นจนเกิดแตกหักแล้วหลายแห่ง ไม่เว้นแม้แต่ธารน้ำแข็งที่ใหญ่และเก่าแก่ที่กรีนแลนด์ ซึ่งได้แตกหักลงเมื่อเดือนสิงหาคมที่ผ่านมา ส่วนธารน้ำแข็ง “ไพน์ ไอส์แลนด์” (Pine Island) กับธารน้ำแข็ง “ธเวตส์” (Thwaites) ที่ทวีปแอนตาร์กติกา ก็กำลังอยู่ในสภาวการณ์ที่แตกตัวมากขึ้นอย่างน่าเป็นห่วง

ที่สำคัญอีกประการคือ การละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลกละลายและการขยายตัวของน้ำทะเลที่อุ่นขึ้นยังส่งผลกระทบเชื่อมโยงให้ระดับน้ำทะเลทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นตามมาอีกด้วย โดยปัจจุบันระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงกว่าค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2423 ประมาณ 21-24 เซนติเมตรแล้ว (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level) โดยระดับน้ำทะเลจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ ในระยะแรก แต่เมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นถึง 1 เมตร ก็จะเพิ่มขึ้นต่อไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งหากเมื่อใดที่น้ำแข็งบน

เกาะกรีนแลนด์ถูกละลายจนหมด ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มสูง 7 เมตร และหากผืนน้ำแข็งในทวีปแอนตาร์กติกละลายจนหมด ระดับน้ำทะเลจะมีโอกาสเพิ่มสูงได้ถึง 57 เมตร

แน่นอนว่า การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ย่อมนำพาปัญหาอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย ทั้งปัญหาพื้นที่ชายฝั่งถูกกัดเซาะจนต้องสูญเสียผืนแผ่นดินไปบางส่วน ปัญหาการลดลงของพืชผลทางการเกษตร เนื่องจากการบุกรุกของน้ำเค็มที่ทำให้ดินเสื่อมสภาพจนไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ อีกทั้งยังมีการคาดการณ์ด้วยว่าประเทศที่เป็นเกาะขนาดเล็กต่างๆ ดังเช่น มัลดีฟส์ และเมืองขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ต่ำหลายแห่ง เช่น นิวยอร์ก เซี่ยงไฮ้ และสามเหลี่ยมปากแม่น้ำที่มีการทำการเกษตรในพื้นที่เขตร้อนอย่างสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง จะถูกน้ำทะเลเข้าท่วมจนได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงภายในสิ้นศตวรรษนี้ (ค้นเมื่อ 30 ตค. 2563, จาก https://www.bbc.com/thai/international-49813699)

นอกจากนี้ การสูญเสียผืนน้ำแข็งยังนำมาซึ่งความเสี่ยงต่อชีวิตของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในขั้วโลกเหนือ ทั้งแมวน้ำ หมีขั้วโลก แพลงตอน และสาหร่ายทะเล ซึ่งการลดลงของแพลงตอนและสาหร่ายทะเล ยังส่งผลให้ความสามารถในการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศลดต่ำลงด้วย

4.3 กระบวนการป้อนกลับ: ผลกระทบที่เป็นปัจจัยเร่งโลกร้อน

ผลกระทบที่เกิดจากภาวะโลกร้อน ทั้งไฟป่า น้ำแข็งขั้วโลกละลาย และการละลายตัวของชั้นดินเยือกแข็ง (Permafrost) คงตัว ถือเป็นปัจจัยป้อนกลับที่ซ้ำเติมให้โลกร้อนยิ่งขึ้นได้ เหตุเพราะเมื่อไฟป่าลุกไหม้ จะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตออกมาสู่ชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น ส่วนการละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลก ก็จะส่งผลให้ผืนน้ำแข็งสีขาวที่เหลือมีศักยภาพสะท้อนความร้อนสู่อวกาศได้น้อยลง แต่ปริมาณน้ำซึ่งมีศักยภาพดูดซับความร้อนไว้ได้ดีกลับเพิ่มมากขึ้น โลกจึงร้อนยิ่งขึ้นได้อย่างเป็นวงจรไม่มีที่สิ้นสุด

ที่สำคัญคือ หากเมื่อใดที่โลกร้อนเหนือกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรม 2 องศาเซลเซียส ชั้นดินเยือกแข็งคงตัว ซึ่งปกติจะเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนปริมาณมหาศาลเอาไว้ ก็จะถูกรบกวนแล้วเกิดการละลายตัว แล้วปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสองชนิดนี้ออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนหลายพันล้านตัน ซึ่งนับเป็นการเร่งให้ภาวะโลกร้อนเคลื่อนตัวเข้าสู่ระดับที่อันตรายมากยิ่งขึ้น

ล่าสุดนี้ ผืนน้ำแข็งตามไหล่ทวีปด้านตะวันออกของไซบีเรีย ในเขตขั้วโลกเหนือ ได้เกิดการละลายตัวจนส่งผลให้ก๊าซมีเทน (มีศักยภาพต่อการเกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 21 เท่า) ซึ่งถูกเก็บสะสมไว้อย่างมหาศาล กำลังถูกปลดปล่อยออกมาสู่มหาสมุทรและบรรยากาศแล้ว

5. แนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน

ด้วยมีความเสี่ยงว่าอุณหภูมิบนผิวโลกจะเพิ่มสูงขึ้นต่อไปได้ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ อาทิ (1) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตและปล่อยออกมาอย่างมหาศาลในทุกๆ ปี (2) แหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งผืนป่าและมหาสมุทรมีประสิทธิภาพการดูดซับลดน้อยลง (3) กระบวนการป้อนกลับเร่งโลกร้อน และ (4) สหรัฐอเมริกาประเทศมหาอำนาจซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากสุดเป็นอันดับสองของโลก ปฏิเสธการร่วมข้อตกลงปารีส

ดังนั้นหากยังไม่มีการเร่งแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนกันอย่างจริงจัง โอกาสที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ชั้นบรรยากาศจะเพิ่มสูงต่อไป จนถึงขีดอันตรายที่ระดับ 450 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกสูงเกินกว่า 2 องศาเซลเซียส (จากระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม) ก็จะมีความเป็นไปได้สูง ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นโลกก็จะ

ก้าวเข้าสู่จุดพลิกผัน อันนำมาซึ่งการพังทลายของระบบภูมิอากาศ และความล่มสลายในส่วนต่างๆ ของระบบสิ่งแวดล้อมโลก (ธารา บัวคำศรี, 2550)

สำหรับการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน สามารถปฏิบัติได้บน 3 แนวทางหลักดังนี้

1. การลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยใหญ่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนที่ปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์

2. การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ โดยร่วมกันเพิ่มพื้นที่ป่า ซึ่งเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ

3. การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งผลิต โดยการเปลี่ยนรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปสารประกอบอื่น ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เช่นการใช้จุลสาหร่าย (กษิดิศ หนูทอง และประเสริฐ ภวสันต์, 2551) และ/หรือด้วยกระบวนการทางเคมี เช่น การเปลี่ยนรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารของแข็งคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตซึ่งมีความคงทนมากกว่า

อย่างไรก็ดี ต้องยอมรับว่าช่วงที่ผ่านมา แม้นานาประเทศจะได้ออกมาแสดงความตระหนัก และให้ความร่วมมือต่อการพยายามรักษาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ บนพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ซึ่งมีผลบังคับใช้เรื่อยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 จนมาถึงข้อตกลงปารีส เมื่อในปี พ.ศ. 2558 ที่เพิ่มความเข้มงวดด้วยการให้ทุกประเทศที่ลงนามในข้อตกลงฯ ต้องมีส่วนร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไม่ให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนผิวโลกสูงเกินกว่า 1.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม หากแต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเพิ่มอุณหภูมิบนผิวโลกได้

ทว่า แรงกดดันจากสภาพภูมิอากาศที่วิปริต การก่อตัวที่ลดต่ำลงของผืนน้ำแข็งที่อาร์กติกในช่วงฤดูหนาว และการละลายตัวของชั้นดินเยือกแข็งคงตัวที่กำลังเกิดขึ้นในครั้งนี้ คงจะเป็นสัญญาณจากธรรมชาติที่ทำให้นานาประเทศได้หันกลับมาให้ความใส่ใจ และร่วมมือกันลดภาวะโลกร้อนอย่างจริงจังอีกครั้ง แม้ว่าจะต้องใช้ความเพียรพยายามมากขึ้นก็ตาม

6. สรุป

ปัจจุบันภาวะโลกร้อนได้ขยายขนาดความรุนแรง และส่งผลกระทบสร้างความเสียหายต่อการกำรงอยู่ของมวลมนุษย์ จนเหมือนเป็น “ความปกติใหม่” ให้ได้เผชิญกันทุกปี อีกทั้งยังมีความเสี่ยงที่จะยกระดับความเสียหายจาก “วิกฤต” เป็น “วิบัติ “ ดังนั้นหากว่าสังคมโลกยังคงเสพติดพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลกันต่อไป หายนภัยจากภาวะโลกร้อนก็จะเคลื่อนตัวเข้ามาได้ใกล้มากขึ้น ในทางตรงข้ามการหันมาลด ละ เลิกใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จะเป็นทางออกสำคัญที่จะช่วยให้ภาวะโลกร้อนลดขนาดความรุนแรงได้ในท้ายสุด

7. ข้อเสนอแนะ

การเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน ทั้งทางด้านสาเหตุ ผลกระทบ และแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงข้อมูลของสถานการณ์ภัยคุกคามที่เกิดขึ้น ให้สาธารณชนได้รับรู้อย่างกว้างขวางและต่อเนื่อง จะช่วยให้ประชาชนได้รับความรู้ความเข้าใจถึงความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน แล้วมีความพร้อมที่จะให้ความร่วมมือต่อการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน อันจะนำไปสู่การลดระดับความรุนแรงของปัญหาภาวะโลกร้อนที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

กษิดิศ หนูทอง และประเสริฐ ภวสันต์. (2551). ทางเลือกในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งผลิตเพื่อบรรเทาภาวะโลกร้อน. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 12(1), 22-36.

กองบรรณาธิการ M2F. (2563). *แบบจำลองสภาพภูมิอากาศล่าสุดคาดการณ์อาร์ติกอาจปราศจากน้ำแข็งทะเลภายในปี พ.ศ 2578* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2563, จาก https://www.m2fnews.com/news/worldnews/65071.

ธารา บัวคำศรี. (2550). *โลกร้อน 5 °C*. กรุงเทพมหานคร: ดินสามน้ำหนึ่ง.

แมตต์ แม็กกราธ. (2562). *การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลก: นักวิทยาศาสตร์เตรียมรายงาน "เหตุฉุกเฉิน" ในมหาสมุทรที่เกิดจากโลกร้อน* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2563, จาก: https://www.bbc.com/thai/international-49813699.

สมชาย สุพฤฒิพานิชย์. (2545). ภาวะโลกร้อนกับความพยายามแก้ไขของประชาคมโลก. *วารสารกฟผ.*, 11(1), 36-47.

สุวัฒน์ อัศวไชยชาญ. (2551). *50 เรื่องต้องรู้อยู่กับโลกร้อน*. กรุงเทพฯ: สารคดี.

Brenstrum, E. (2001). *Tracking Temperatures in Earth's Past*. [Online]. Retrieved October 30, 2020, from: https://www.nzgeo.com/stories/tracking-temperatures-in-earths-past/.

Climate Central. (2020). *Top 10 Warmest Years on Record*. [Online]. Retrieved October 30, 2020, From: https://www.climatecentral.org/gallery/graphics/top-10-warmest-years-on-record.

Cook, J. (2010). *How reliable are CO_2 measurements?*. [Online]. Retrieved October 30, 2020, from: https://www.skepticalscience.com/co2-measurements-uncertainty.htm.

Lindsey, R. (2020). *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide.* [Online]. Retrieved October 30, 2020, from: https://www.climate.gov/news- features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide.

_____. (2020). *Climate Change: Global Sea Level*. [Online]. Retrieved October 30, 2020, from: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level.

National Snow& Ice Data Center. (2007). *Arctic sea ice News Fall 2007.* [Online]. Retrieved October 30, 2020, from: https://nsidc.org/arcticseaicenews/2007/10/.

National Snow& Ice Data Center. (2019). *Arctic sea ice reaches second lowest minimum in satellite record*. [Online]. Retrieved October 30, 2020, from: https://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/arctic-sea-ice-reaches-second-lowest-minimum-in-satellite-record/.

Sengupta, R. and Pandey, K. (2019). W*orld Breached Safe Aatmospheric CO2 Levels-33-Years Ago*. [Online]. Retrieved October 30, 2020, from https://www.downtoearth.org.in/news/environment/world-breached-safe-atmospheric-co2-levels-33-years-ago-64546.

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มจังหวัดในประเทศไทยที่เกิดอุบัติเหตุจราจรทางบก

CLUSTER ANALYSIS FOR CASES OF PROVINCES IN THAILAND WITH ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

ดร.วรรณพร จันโทภาส

E-mail: wannju@kku.ac.th

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นางสาวรัตนาภรณ์ โคตรคำภา

E-mail: nongtoie03062558@gmail.com

นักศึกษา สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นางสาวศิรดา ธรรมวัฒน์เรืองโรจน์

E-mail: sirada_h@kkumail.com

นักศึกษา สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มจังหวัดในประเทศไทยที่เกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกในปี พ.ศ. 2561 โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (CITC) และสำนักงานสถิติแห่งชาติ (NSO) ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุ ตามตัวแปรเกี่ยวกับปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล ปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย และปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์กลุ่มแบบเป็นขั้นตอน (Hierachical Cluster Analysis) โดยใช้วิธีการรวมกลุ่มของวอร์ด (Ward 's Method) วิธีการวัดระยะห่างแบบยูคลิดกำลังสอง (Square Euclidean Distance) และประเมินประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มโดยใช้การวิเคราะห์จำแนกประเภท (Discriminant Analysis)

ผลการวิจัยพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มจังหวัดได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 1 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีจำนวนอุบัติเหตุสูงในปัจจัยด้านยานพาหนะ และปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย และมีจำนวนประชากรชาย จำนวนประชากรหญิง และจำนวนประชากรวัยทำงานค่อนข้างมาก กลุ่ม 2 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีจำนวนอุบัติเหตุน้อย และประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนสูง กลุ่ม 3 เป็นกลุ่มจังหวัดที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนน้อย และกลุ่ม 4 เป็นจังหวัดขนาดใหญ่ และมีจำนวนอุบัติเหตุสูงในทุกปัจจัย โดยการวิเคราะห์นี้มีสามารถจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 98.7

คำสำคัญ: การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม การวิเคราะห์กลุ่มแบบเป็นขั้นตอน อุบัติเหตุจราจรทางบก

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the grouping of provinces of Thailand by using the data of road traffic accident in 2018, from the website of the division of Information Technology and Communication – Royal Thai Police (CTTC) and National Statistical Office (NSO). The variables of the study consisted of number of road traffic accidents from factor of vehicle, factor of level of impact on person, and factor of property damage value, including demographic factor. The hierarchical cluster analysis was used for grouping the provinces of Thailand. Ward's method and Square Euclidean distance were used as a criteria of calculated the similarity between two clusters. Finally, the efficiency of the provincial grouping assessment was measured by using discriminant analysis.

The result of the research revealed that the provinces were separated into 4 groups : group 1 referred to provinces that had high of number of accidents from vehicle factors and property damage value factors, and, there were large number of male and female populations, group 2 referred to provinces that had small of number of the accidents, and the highest average income among 4 clusters, group 3 referred to provinces that had the lowest average income and group 4 referred to a large province with a large number of accidents of each factor. The performance of group correctly was 98.7%.

Keywords: Cluster analysis, Hierachical cluster analysis, Road traffic accidents

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การพัฒนาประเทศไทยตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560 - 2564 ทำให้เศรษฐกิจไทยมีขนาดใหญ่ขึ้น รวมถึงการพัฒนาทางด้านคมนาคมขนส่งที่พัฒนาอย่างรวดเร็วและมีความจำเป็นต่อประชาชนอย่างยิ่งโดยเฉพาะการขนส่งทางบก ทำให้ในปัจจุบันมีผู้ใช้รถใช้ถนนเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นการใช้ยานพาหนะเพื่อขนส่งสินค้าและบริการ รวมถึงการเดินทางเพื่อการทำงาน การเรียน การท่องเที่ยว ซึ่งการใช้ยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจส่งผลเสียในด้านต่าง ๆ ทั้งปัญหาด้านการจราจร ซึ่งอาจทำให้เพิ่มการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน อันเป็นภัยอันตรายจากการขาดความสำนึกของความปลอดภัยที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้เจตนากระทำ ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินซึ่งเป็นปัญหาของทั่วโลก สถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางท้องถนนในประเทศไทย จากข้อมูล 3 หน่วยงาน คือ กระทรวงสาธารณสุข สำนักงานตำรวจแห่งชาติ และบริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ จำกัด พบว่าประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนปีละมากกว่า 2 หมื่นราย หรือเสียชีวิตมากกว่า 58 คนต่อวัน สถิติอุบัติเหตุทางถนนของประเทศไทย พ.ศ. 2559 จำนวน 84,552 ครั้ง เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2558 ร้อยละ 21.88 (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559) และจากการเปิดเผยของเว็บไซต์เวิลด์แอตลาส พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยได้ขยับขึ้นมาเป็นอันดับ 1 ของโลก มีอัตราผู้เสียชีวิต 36.2 รายต่อแสนประชากร แม้ว่าใน ปี พ.ศ. 2562 พบว่า จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยมีจำนวนลดลงเล็กน้อยจากปีที่ผ่านมา แต่อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังคงเป็นประเทศที่มีผู้เสียชีวิตสูงที่สุดอันดับหนึ่ง ในเอเชียและในภูมิภาคอาเซียน (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2562)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าอุบัติเหตุทางท้องถนนเป็นปัญหาสำคัญภายในประเทศไทยที่ไม่ควรมองข้าม ทางหน่วยงานตำรวจภูธรในแต่ละจังหวัดได้มีการบันทึกข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุทางถนนจากสาเหตุปัจจัยต่างๆ โดยสถิติจำนวนอุบัติเหตุดังกล่าวจะถูกนำมาพิจารณาเป็นแนวทางในการใช้มาตรการควบคุมและเฝ้าระวังการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละจังหวัด โดยการบันทึกข้อมูลที่ผ่านมา พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 สำนักงานตำรวจแห่งชาติได้จัดเก็บจำนวนอุบัติเหตุตามสาเหตุปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านบุคคล ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านอุปกรณ์ที่ใช้ขับขี่ เป็นต้น แต่หลังจากนั้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 จนถึงปัจจุบัน ได้จัดเก็บข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุจำแนกตามภาคหน่วยงานที่สังกัด โดยข้อมูลที่จำแนกตามจังหวัดจะมีเพียงของจำนวนอุบัติเหตุจากตัวแปรตามปัจจัยสาเหตุ 3 แบบ ดังนี้ ปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล และปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย ดังนั้น ผู้วิจัยต้องการนำเสนอข้อมูลที่จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อหาแนวทางในการลดปัญหาอุบัติเหตุ โดยต้องการจัดกลุ่มจังหวัดในประเทศไทยซึ่งได้อาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากเว็บไซต์สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (CITC) ปี พ.ศ. 2561 และปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ จากเว็บไซต์สำนักงานสถิติแห่งชาติ (NSO) ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวสามารถบอกปัจจัยสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุและปัจจัยทางประชากรศาสตร์ที่มีลักษณะเด่นของแต่ละกลุ่มจังหวัด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าระวังและเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจสำหรับการจัดกลุ่มตามหน่วยงานระดับจังหวัดเพื่อหาแนวทางการลดปัญหาของการเกิดอุบัติเหตุได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มจังหวัดในประเทศไทยที่เกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบก ในปี พ.ศ. 2561

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

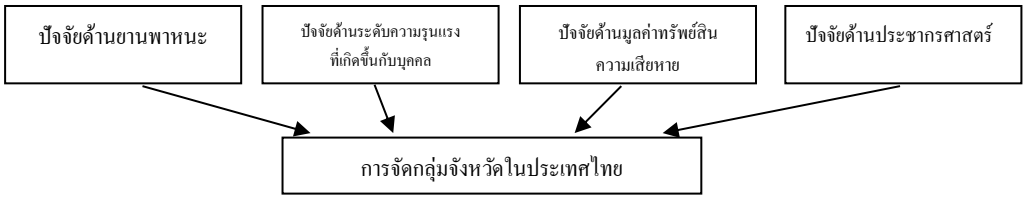
3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุบัติเหตุจราจรทางบก เป็นเหตุการณ์อันตรายที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจ หรือไม่ได้คาดคิดมาก่อน เป็นเหตุอันให้ก่อความเสียหายแก่ทรัพย์สิน บุคคล ได้รับอันตรายทั้งร่างกายและจิตใจ รวมทั้งอาจบาดเจ็บ พิการ หรือรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่มาจากปัจจัยหลัก 4 ประการ คือ ผู้ขับขี่ ยานพาหนะ ถนนและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2557) ในงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ภัฐชญา สิทธิสร และคณะ (2560) ทำการศึกษาแบ่งกลุ่มจังหวัดการเกิดอุบัติเหตุทางถนนจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มของจังหวัดที่มีจำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุทางถนนมาก (จันทบุรี ชลบุรี และระยอง) ปานกลาง (ฉะเชิงเทรา ตราด และปราจีนบุรี) และน้อย (สระแก้ว) Wiwik Budiawan และคณะ (2018) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเพื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดอุบัติเหตุจราจรในเมืองเซมารัง ผลการวิจัยพบว่า แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด ในวันจันทร์ วันพฤหัสบดี วันศุกร์ และวันอาทิตย์ ช่วงเวลาเย็นและกลางคืน มีระยะทางเฉลี่ย 19.75 กิโลเมตร โดยยานพาหนะขนาดเล็กและขนาดใหญ่จะเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด กลุ่มที่ 2 มีแนวโน้มเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด ในวันอังคาร วันพุธ และวันเสาร์ ช่วงเวลาเช้าและบ่าย มีระยะทางเฉลี่ยที่ 34,027 กิโลเมตร และยานพาหนะขนาดกลางจะเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่มแบบเป็นขั้นตอน ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มโดยไม่ทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน ในที่นี้จำนวนหน่วยที่นำมาแบ่งกลุ่ม คือ จังหวัดในประเทศไทย 76 จังหวัด และจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการแบ่ง มีจำนวน 22 ตัวแปร ดังนั้น จึงใช้วิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มแบบเป็นขั้นตอน ซึ่งเหมาะสมกับกรณีจำนวนตัวแปรไม่มากและมีจำนวนหน่วยไม่เกิน 200 หน่วย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548)

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุตามตัวแปรปัจจัยสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ และปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ รวมทั้งหมด 22 ตัวแปร เพื่อนำมาวิเคราะห์การจัดกลุ่มจังหวัดในประเทศไทย แสดงกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ศึกษาทั้งประชากร คือจังหวัดทั้งหมดในประเทศไทย จำนวน 76 จังหวัด หน่วยสังเกต คือ จังหวัดต่าง ๆ ข้อมูลทุติยภูมิที่นำมาใช้วิเคราะห์การจัดกลุ่ม ประกอบด้วย จำนวนอุบัติเหตุจำแนกตามจังหวัดในประเทศไทย จากฐานข้อมูลเว็บไซต์สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (CITC) ในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 76 จังหวัด และข้อมูลปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ จากฐานข้อมูลเว็บไซต์สานักงานสถิติแห่งชาติ (NSO)

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

การศึกษาจำแนกตามปัจจัยสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุใช้ตัวแปร 4 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านยานพาหนะ จำนวน 13 ตัวแปร 2) ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล จำนวน 3 ตัวแปร 3) ปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย จำนวน 1 ตัวแปร และ 4) ข้อมูลปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ จำนวน 5 ตัวแปร แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชื่อตัวแปรในการศึกษาจำแนกตามปัจจัยสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ

ปัจจัย	ชื่อตัวแปร
ด้านยานพาหนะ	รถจักรยาน รถสามล้อ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง รถยนต์นั่ง รถโดยสารเล็ก (รถตู้) รถบรรทุกเล็ก (รถปิกอัพ) รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ รถอีแต๋น รถแท็กซี่ และรถอื่นๆ (หน่วย : ครั้ง)
ด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล	การเสียชีวิต บาดเจ็บสาหัส และบาดเจ็บเล็กน้อย (หน่วย : ครั้ง)
ด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย	มูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย (หน่วย : บาท)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัย	ชื่อตัวแปร
ด้านประชากรศาสตร์	จำนวนรถจดทะเบียน (หน่วย : คัน) จำนวนประชากรชาย (หน่วย : คน) จำนวนประชากรหญิง (หน่วย : คน) จำนวนประชากรวัยทำงาน (หน่วย : คน) และรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือน (หน่วย : บาท) (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร 2560 , สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560, กลุ่มสถิติการขนส่งกองแผนงานกรมการขนส่งทางบก, 2561 สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

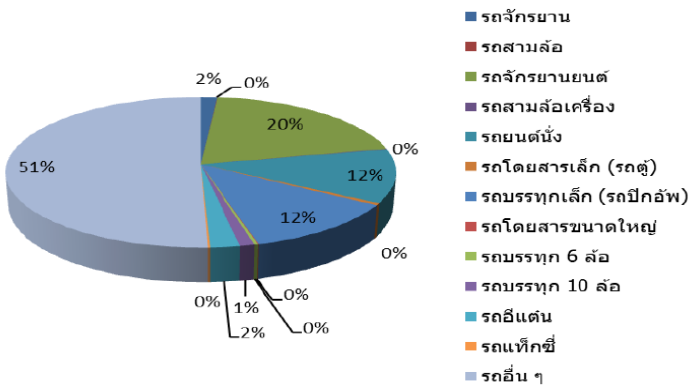
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) นำเสนอด้วย จำนวน ร้อยละค่าเฉลี่ย กราฟแท่ง และกราฟวงกลม เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุตามสาเหตุของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละจังหวัด

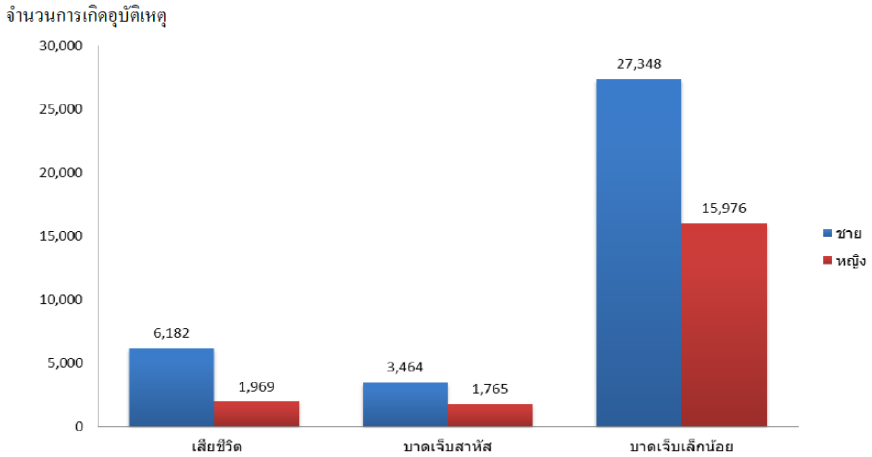
การวิเคราะห์การจัดกลุ่มแบบขั้นตอน เพื่อจัดกลุ่มจังหวัดในประเทศไทยจากข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบก ในปี 2561 ตามกลุ่มตัวแปรจากปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านความเสียหายที่เกิดขึ้นกับบุคคล ปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย และปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ โดยเลือกวิธีการรวมกลุ่มของวอร์ด (Ward 's Method) และใช้วิธีการวัดระยะห่างแบบยูคลิดกำลังสอง (Square Euclidean Distance) การพิจารณาเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมจะพิจารณาจากกราฟ Scree Plot และแผนภาพ Dendrogram ทั้งนี้จะทำการ Standardize ข้อมูล เพื่อปรับหน่วยของข้อมูลที่มีสเกลต่างกันก่อนทำการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม จากนั้น เมื่อได้จำนวนกลุ่มจังหวัดแล้วทำการประเมินประสิทธิภาพในการจัดกลุ่ม โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์จำแนกประเภท (Discriminant Analysis) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ใช้จำแนกหน่วยวิเคราะห์ออกเป็นกลุ่ม ๆ กรณีที่ทราบกลุ่มมาก่อนแล้วว่าหน่วยใดอยู่ในกลุ่มใด แต่ต้องการใช้ข้อมูลที่ได้มาบ่งชี้ถึงความสามารถในการจำแนกกลุ่ม โดยเลือกวิธีการแบบวิธีตรง (Direct Method หรือ Enter) จากนั้นประมาณค่า Discriminant coefficients แล้วนำมาสร้างเป็นสมการจำแนกกลุ่ม (Discriminant function) ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มจะพิจารณาจากร้อยละของการทำนายกลุ่ม จากตาราง Classification Results โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เวอร์ชั่น 19 ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5. ผลการวิจัย

สถิติอุบัติเหตุในภาพรวมทั้งประเทศของ ปี พ.ศ. 2561 พบว่า มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 202,940 ครั้ง แบ่งเป็น การเกิดอุบัติเหตุจากปัจจัยด้านยานพาหนะ จำนวน 146,236 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72.06 การเกิดจากปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล จำนวน 56,704 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 27.94 และปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย มีมูลค่าความเสียหายรวมทั้งสิ้น 35,726,439 บาท โดยประเภทยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ รถอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 50.51 รองลงมาคือ รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 20.10 และรถบรรทุกเล็ก (รถปิกอัพ) คิดเป็นร้อยละ 12.00 จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุแบ่งตามระดับความรุนแรง พบว่าส่วนใหญ่บาดเจ็บในระดับเล็กน้อย เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 63.12 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 36.88 รองลงมาคือเสียชีวิต แบ่งเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 75.84 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 24.16 และบาดเจ็บสาหัส แบ่งเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 66.25 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 33.75 แสดงดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 จำนวนการเกิดอุบัติเหตุจำแนกตามปัจจัยประเภทยานพาหนะ



ภาพที่ 3 จำนวนการเกิดอุบัติเหตุจำแนกตามเพศ และปัจจัยระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล

ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มจังหวัด โดยพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยกราฟ Scree plot และแผนภาพ Dendrogram ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5 สามารถแบ่งกลุ่มจังหวัดได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม และสามารถจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 98.7 แต่ละกลุ่มมีลักษณะเด่น ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 มี 6 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สุรินทร์ และอุบลราชธานี โดยเป็นกลุ่มจังหวัดที่มีจำนวนอุบัติเหตุจากปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหายในระดับสูง และประชากรชาย ประชากรหญิง และประชากรวัยทำงานมีจำนวนค่อนข้างมาก

- กลุ่มที่ 2 มี 55 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดลพบุรี ปทุมธานี สิงห์บุรี นนทบุรี อ่างทอง ชัยนาท สระบุรี สมุทรปราการ ระยอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก ตราด สระแก้ว ยโสธร อำนาจเจริญ เลย นครพนม หนองคาย มุกดาหาร หนองบัวลำภู บึงกาฬ น่าน พะเยา ลำปาง ลำพูน แพร่ แม่ฮ่องสอน กำแพงเพชร ตาก พิจิตร สุโขทัย อุตรดิตถ์ อุทัยธานี นครปฐม สมุทรสาคร ประจวบคีรีขันธ์ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสงคราม เพชรบุรี ราชบุรี สุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง ภูเก็ต พังงา กระบี่ ตรัง พัทลุง ยะลา ปัตตานี สตูล และนราธิวาส โดยเป็นกลุ่มจังหวัดที่มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นน้อย ในทั้ง 3 ปัจจัยสาเหตุ คือ ปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล และปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย จำนวนรถจดทะเบียน จำนวนประชากรชาย จำนวนประชากรหญิง และจำนวนประชากรวัยทำงานมีค่าน้อย แต่มีรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนสูง

- กลุ่มที่ 3 มี 14 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดชลบุรี มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ขอนแก่น อุดรธานี สกลนคร เชียงราย เชียงใหม่ นครสวรรค์ พิษณุโลก เพชรบูรณ์ นครศรีธรรมราช และสงขลา โดยเป็นกลุ่มจังหวัดที่มีรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนต่ำ และมีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุตามสาเหตุ 3 ปัจจัยสาเหตุ ได้แก่ ปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล และปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย ในระดับปานกลาง และมีจำนวนรถจดทะเบียน จำนวนประชากรชาย จำนวนประชากรหญิง และจำนวนประชากรวัยทำงานอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ

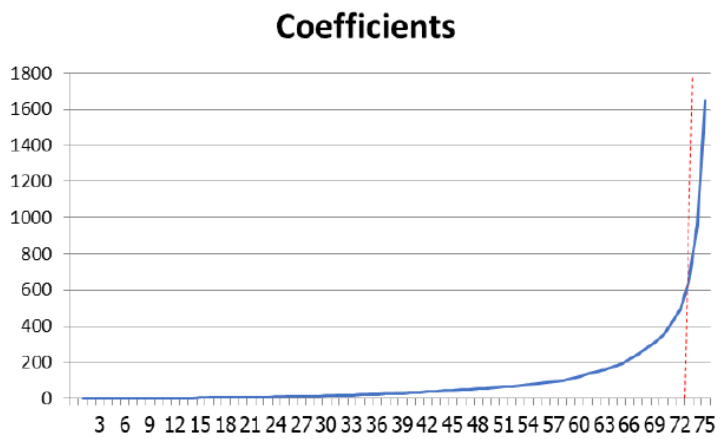
- กลุ่มที่ 4 มี 1 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดนครราชสีมา โดยจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่ มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นมากที่สุดในทั้ง 3 ปัจจัยสาเหตุ ได้แก่ ปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล และปัจจัยด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย และมีจำนวนรถจดทะเบียน จำนวนประชากรชาย จำนวนประชากรหญิง และจำนวนประชากรวัยทำงานมากที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ

แสดงรายละเอียดค่าเฉลี่ยของข้อมูลจำแนกตามกลุ่ม และปัจจัย/ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ดังตารางที่ 2

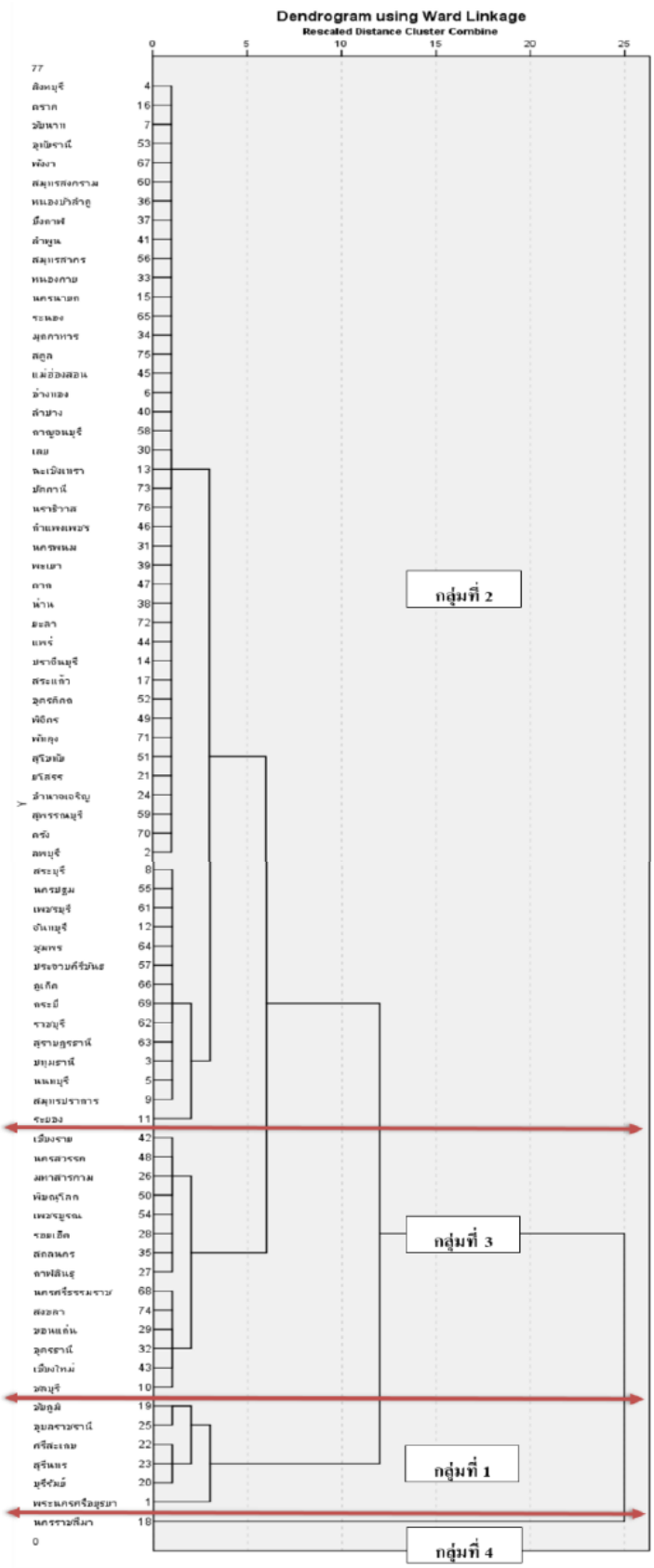
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจำแนกตามกลุ่มและปัจจัย/ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม

ปัจจัย/ตัวแปร	กลุ่ม (Cluster)			
	1	2	3	4
ปัจจัยยานพาหนะ	7,943.33	983.76*	1,380.64	25,140.00**
ปัจจัยระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล	495.50	403.13*	569.00	8,728.00**
ปัจจัยมูลค่าทรัพย์สินความเสียหาย	1,066,086.33	313,633.33*	321,518.93	7,578,823.00**
จำนวนรถ	39,294.67	18,847.20*	54,573.86	83,686.00**
ประชากรชาย	685,303.00	275,745.24*	631,552.93	1,300,167.00**
ประชากรหญิง	693,965.67	286,848.55*	652,322.71	1,338,520.00**
ประชากรวัยทำงาน	909,835.83	368,564.20*	847,760.64	1,742,076.00**
รายได้	21,626.08	24,543.05**	20,421.57*	24,428.92

**ค่าเฉลี่ยสูงสุด, *ค่าเฉลี่ยต่ำสุด



ภาพที่ 4 กราฟ Scree Plot แสดงค่า Coefficients ของแต่ละ Stage



ภาพที่ 5 แผนภาพ Dendrogram

6. อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคลแสดงให้เห็นว่า การเกิดอุบัติเหตุในเพศชายสูงกว่าเพศหญิง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พวงเพ็ญ อ่อนสีบุตร (2551) พบว่า ผู้ที่เกิดอุบัติเหตุจราจรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย โดยมีแนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุจราจรเพิ่มขึ้น และในเพศชายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเพศหญิง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ulleberg และ Rundmo (2003) ที่พบว่า บุคลิกภาพของผู้ขับขี่มักมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งพบว่าผู้ที่มีบุคลิกภาพแต่ลักษณะ จะมีพฤติกรรมการขับขี่ที่เสี่ยงต่ออุบัติเหตุที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะในการขับขี่ยานพาหนะ เพศหญิงจะมีการตัดสินใจที่ช้ากว่าเพศชาย และเมื่อพิจารณาผลการจัดกลุ่มจังหวัดตามข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในปี พ.ศ. 2561 พบว่า กลุ่มที่ 1 ส่วนใหญ่จะเป็นจังหวัดในการดูแลของตำรวจภูธรภาค 3 ยกเว้นจังหวัดนครราชสีมาที่มีจำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุจากด้านยานพาหนะ และด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหายค่อนข้างสูง ดังนั้น หน่วยงานตำรวจภูธรควรให้ความสำคัญกับการรณรงค์ด้านพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ เช่น เมาแล้วขับ ขับรถเร็วเกินกำหนด หรือการขับรถหลับใน เป็นต้น เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดจากสาเหตุดังกล่าว ส่วนกลุ่มที่ 4 พบว่า เป็นจังหวัดนครราชสีมาที่อยู่ในความดูแลของตำรวจภูธรภาค 3 ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีลักษณะโดดเด่นจากจังหวัดอื่น ๆ เนื่องจากมีอุบัติเหตุจากสาเหตุไม่ว่าจะเป็นด้านยานพาหนะ ด้านระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับบุคคล และด้านมูลค่าทรัพย์สินความเสียหายมากที่สุดในประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสถิติการเสียชีวิตที่เป็นจังหวัดที่พบมากที่สุด (ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ, 2561) หน่วยงานตำรวจที่เกี่ยวข้องควรต้องเฝ้าระวังและดูแลมาตรการที่เกี่ยวข้องเป็นพิเศษในทุก ๆ ด้าน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

งานวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อให้หน่วยงานตำรวจส่วนกลางและตำรวจภูธรในแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ สามารถนำข้อมูลไปประกอบการพิจารณาแนวทางในการลดปัญหาอุบัติเหตุและวางแผนการเฝ้าระวังปัญหาอุบัติเหตุตามกลุ่มระดับจังหวัด

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

สามารถนำแนวคิดขั้นตอนการวิเคราะห์การจัดกลุ่มไปใช้ประยุกต์ใช้กับข้อมูลในระดับอำเภอหรือเขตพื้นที่ เพื่อเพิ่มการจัดการเกี่ยวกับอุบัติเหตุภายในจังหวัดนั้น ๆ ได้ ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการนำข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นปัจจัยสาเหตุหลักตามฐานข้อมูลของสำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (CITC) โดยผู้วิจัยได้นำปัจจัยทางประชากรศาสตร์จากฐานข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (NSO) มาร่วมในการวิเคราะห์ด้วย ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการศึกษาคุณลักษณะอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ช่วงเวลาของการเกิดอุบัติเหตุและบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (CITC) และสำนักงานสถิติแห่งชาติ (NSO) ในการให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลอุบัติเหตุ และขอขอบคุณสาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2548). *การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ธรรมสาร.

กลุ่มสถิติการขนส่งกองแผนงานกรมการขนส่งทางบก. (2561). *จำนวนรถจดทะเบียน.* ค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: https://web.dlt.go.th/statistics/index.php#

พวงเพ็ญ อ่อนสีบุตร. (2551). *อุบัติการณ์และปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจราจรของประชากรในอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน.* การค้นคว้าแบบอิสระ ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภัฐชญา สิทธิสร และจตุภัทร เมฆพายัพ. (2560). การกำหนดลักษณะและช่วงเวลาของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในภาคตะวันออก ของประเทศไทย ด้วยการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่ม. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,* 22(1), 319-328.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2557). *รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2557.* ค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2562, จาก: http://www.otp.go.th/uploads/files/1471501633-dgyrs-3z11i.pdf

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2559). *รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2559.* ค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2562, จาก: http://www.otp.go.th/uploads/tiny_uploads/PDF/2560-10/25601018-Safty2559.pdf

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2560). *รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2560.* ค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2562, จาก: http://www.otp.go.th/uploads/tiny_uploads/PDF/2561-07/25610726-analyze.pdf

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สำนักแผนความปลอดภัย. (2562). *รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนน ของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2562.* ค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: http://www.otp.go.th/uploads/tiny_uploads/PDF/2563-06/25630601 RoadAccidentAna2562_Final.pdf

สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข. (2561). *จำนวนประชากรกลางปีจำแนกตาม เพศและจังหวัด.* ค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: https://ops.moph.go.th/public/index.php/hdcservice

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). *สถิติรายได้และรายจ่ายของครัวเรือน.* ค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก: http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/08.aspx

ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ. (2561). *จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน.* ค้นเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2562, จาก: http://www.thairsc.com/

Ulleberg, P., & Rundmo, T. (2003). Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Safety Science,* 41(5), 427–443.

Wiwik Budiawan, Bambang Purwanggono. (2018). Clustering Analysis of Traffic Accident in Semarang City. *Web of Conferences,* 73(1), 1-4.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนไร้น้ำตาลด้วยการใช้สารให้ความหวานทดแทน

DEVELOPMENT OF SUGAR-FREE DURIAN JAM PRODUCT BY REPLACEMENT WITH SWEETENERS

วริศชนม์ นิลนนท์, กุลพร พุทธมี, สุพร สังข์สุวรรณ

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

E-mail: waritchon_n@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนไร้น้ำตาลด้วยการใช้สารให้ความหวานทดแทน (ซูคราโลส มอลทิทอล และสตีเวีย) โดยศึกษาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตแยมทุเรียน ผลการวิจัย พบว่าปริมาณเนื้อทุเรียนร้อยละ 40 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแยมที่เรียบเนียนและมีความสามารถในการแผ่กระจายตัวที่ดี โดยชนิดของสารให้ความหวานทดแทนที่เหมาะสมที่สุด คือ ซูคราโลส ปริมาณร้อยละ 0.08 ซึ่งให้ความหนืดสูงที่สุด เท่ากับ 8.20±0.03 cm/90s และให้ค่าพลังงานต่ำสุด เท่ากับ 2.92±0.01 kcal/g รองลงมาคือ สตีเวียร้อยละ 0.16 และมอลทิทอลร้อยละ 60 โดยมีค่าความหนืดเท่ากับ 8.36±0.02 และ 9.63±0.03 cm/90s และมีค่าพลังงาน เท่ากับ 3.01±0.01 และ 3.28±0.02 kcal/g ตามลำดับ

คำสำคัญ: ทุเรียน, แยม, แยมทุเรียน, สารให้ความหวาน, ไร้น้ำตาล

ABSTRACT

The main objective of this study was to develop sugar-free durian jam by replacing total sugar with sweeteners (sucralose maltitol and stevia). The studying the suitable types and quantities of durian jam production were investigated. The results showed that 40% of textures generated the appearance of a smooth jam texture and good spreadability. According to the study, the most suitable substitute sweetener was 0.08% sucralose with the highest viscosity (8.20±0.03 cm/90s) and lowest energy (2.92±0.01 kcal/g). The second most suitable sweetener were 0.16% stevia and 60% maltitol showing the viscosity of 8.36±0.02 and 9.63±0.03 cm/90s, and the energy values of 3.01±0.01 and 3.28±0.02 kcal/g, respectively.

Keywords : Durian, Jam, Durian jam, Sweetener, Sugar free

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีผลผลิตมากที่สุดอยู่ในเขตภาคตะวันออกโดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรี ทุเรียนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น แป้ง น้ำตาล เส้นใยอาหาร และสารที่มีคุณสมบัติเป็นกัม วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ

ด้วยศักยภาพและความเป็นไปได้ในองค์ประกอบของทุเรียนดังกล่าว การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากทุเรียนในรูปแบบอื่นที่หลากหลายจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ประกอบกับมูลค่าของทุเรียนในปัจจุบันมีมูลค่าสูง ความต้องการผลิตภัณฑ์จากทุเรียนจึงมีมาก โดยเฉพาะการพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าส่งออก การพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทแยมทุเรียนจึงเป็นรูปแบบหนึ่งที่ผู้บริโภคต่างชาติให้ความสนใจ แยมเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลไม้ผสมกับน้ำตาล มีลักษณะเป็นเจล ลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีการใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูงเพื่อลดค่า a_w (water activity) และมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ จัดเป็นอาหารกลุ่มที่มีความชื้นปานกลาง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแยมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลจำนวนมาก ในขณะที่ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความใส่ใจในอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นรูปแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ซึ่งมีรายงานวิจัยที่ได้ศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในแยมชนิดต่างๆ เช่น ปาริชาติ ตียปรีชญา (2553) พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกล้วยผสมมะละกอลดน้ำตาล จุฑามาศ นิวัฒน์และคณะ (2558) พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมจากเสาวรสผสมเคพกูสเบอรีโดยใช้มอลทิทอลไซรัป มนัญญา คำวชิระพิทักษ์ และคณะ (2559) พัฒนาแยมผลไม้ไทยด้วยฟรุกโตสไซรัปและซูคราโลส รัชนี ไสยประจงและคณะ (2561) พัฒนาแยมเคพกูสเบอรีพลังงานต่ำด้วยสารสกัดหญ้าหวาน เป็นต้น ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวได้รับการยอมรับและให้ค่าพลังงานต่ำจากแยมปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมจากทุเรียนในรูปแบบของแยมไร้น้ำตาล เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพใหม่สำหรับผู้บริโภค นอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบแล้ว ยังช่วยเพิ่มความหลากหลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์จากทุเรียนที่เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ เป็นช่องทางเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ชุมชน และยังสามารถพัฒนางานวิจัยนี้ไปสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้อีกต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานที่เหมาะสมเพื่อทดแทนน้ำตาลในแยมทุเรียน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทุเรียน จัดเป็นไม้ผลเมืองร้อนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus Murray* และเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว เนื่องจากมีส่วนผสมของสารประกอบกำมะถันรวมอยู่ด้วยในรูปเอทิล ไฮโดรไดซัลไฟด์ (Ethyl hydrodisulfide) และไดอัลไคล์ โพลีซัลไฟด์ (Dialkyl polysulfides) หลายชนิด สารเหล่านี้เป็นสารสำคัญที่ทำให้เนื้อของผลทุเรียนสุกมีกลิ่นเฉพาะ ซึ่งสารเหล่านี้จะไม่พบในเปลือกและเมล็ด ส่วนสารที่มีกลิ่นอื่นๆ เช่น เอทิลอะซีเตต (Ethyl acetate) ซึ่งให้กลิ่นผลไม้ (Fruity odor) ไทยเป็นผู้ผลิตและ ผู้ส่งออกทุเรียนรายใหญ่ของโลก โดยตลาดหลักของไทยได้แก่สาธารณรัฐประชาชนจีน ฮ่องกง และเวียดนาม การส่งออกส่วนใหญ่จะส่งออกในรูปทุเรียนสดประมาณร้อยละ 90 นอกนั้นเป็นทุเรียนแช่แข็ง ทุเรียนกวนและทุเรียนอบแห้ง

แยม เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากจากผลไม้ซึ่งอาจเป็นผลไม้ทั้งผล ผลไม้เป็นชิ้น เนื้อผลไม้ หรือผลไม้ปั่นผสมกับน้ำตาลหรือสารให้ความหวานชนิดอื่น จะผสมน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้นด้วยก็ได้ มีลักษณะเป็นเจล แยมมีลักษณะกึ่งเหลวมีความข้นเหนียวพอเหมาะ สามารถปาดหรือทาบนขนมปังได้ การแปรรูปแยมเป็นการถนอมอาหารโดยการใช้น้ำตาลความเข้มข้นสูง เพื่อลดค่า a_w และมีความเป็นกรด-ด่างต่ำ เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความชื้นปานกลาง (Intermediate moisture food) การเกิดเจลของแยมเกิดจากกรด น้ำตาล และเพกตินผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม (ทัศนา ศิริโชติ, 2558)

สารให้ความหวานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามคุณค่าทางโภชนาการ คือ สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส มีรสหวานที่ผู้บริโภคทั่วไปคุ้นชินและยอมรับ แต่หากบริโภคมากเกินไป อาจทำให้เกิดโรคฟันผุ โรคอ้วน โรคแทรกซ้อนอื่นๆ ตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น สำหรับน้ำตาลแอลกอฮอล์ให้พลังงานแก่ร่างกายไม่ทำให้เกิดฟันผุ จำเป็นต้องใช้อินซูลินในการย่อย แต่ไม่ควรบริโภคเกิน 20-40 กรัมต่อวัน เนื่องจากอาจมีผลทำให้เกิดการระบายท้อง ตัวอย่างได้แก่ซอร์บิทอล แมนนิทอล ไซลิทอล ไอโซมอลต์ มาลิทอล แลคติทอล และ ทากาโลส เป็นต้น ส่วนสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ แอสพาร์แทม แซคคาริน อะซีซัลเฟมโพแทสเซียม ซูคราโลส นีโอแทม และสตีเวีย เป็นต้น สารให้ความหวานกลุ่มนี้ให้ความหวานมากไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก หรือผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น (พิชญานิน เพชรล้อมทอง และปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์, 2557)

รายงานวิจัยที่ได้ศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในแยม มีดังนี้ ปาริชาติ ตียปรีชญา (2553) พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกล้วยผสมมะละกอลดน้ำตาล พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบเฉลี่ยด้านสี กลิ่นของแยม ความแข็งของเจล การแผ่กระจายของแยม รสหวาน รสเปรี้ยว และคะแนนความชอบรวมอยู่ระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก และให้พลังงาน 2.12 kcal/g และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 18.34 g/100 g เทียบกับแยมสูตรปกติที่ให้พลังงาน 2.82 kcal/g และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 69.54 g/100 g จุฑามาศ นิวัฒน์และคณะ (2558) พัฒนาผลิตภัณฑ์แยมจากเสาวรสผสมเคพกูสเบอรี โดยใช้มอลทิทอลไซรัปทดแทนน้ำตาล พบว่ามีค่าพลังงานน้อยกว่าแยมสูตรปกติร้อยละ 30 และมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 เดือน ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบกับผู้บริโภคอยู่ในระดับชอบปานกลาง สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์ (2554) พัฒนาแยมมังคุดแคลอรีต่ำโดยใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมดและเติมเปลือกมังคุดปริมาณร้อยละ 12 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับให้ค่าพลังงาน 2.09 kcal/g ซึ่งมีค่าลดลงต่ำกว่าแยมมังคุดสูตรน้ำตาล (2.63 kcal/g) มนัญญา คำวชิระพิทักษ์ และคณะ (2559) พัฒนาแยมผลไม้ไทยด้วยฟรุกโตสไซรัปและซูคราโลสทดแทนซูโครส พบว่าการใช้ซูคราโลสทดแทนซูโครสร่วมกับฟรุกโตสไซรัป มีการยอมรับมากกว่าการใช้ซูโครสเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถทดแทนซูโครสได้ถึงร้อยละ 50 รัชนี ไสยประจงและคณะ (2561) พัฒนาแยมเคพกูสเบอรีพลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน โดยใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล พบว่าแยมเคพกูสเบอรีสามารถลดปริมาณน้ำตาลลงได้ร้อยละ 75 โดยใช้สารสกัดหญ้าหวานที่ 250 ppm ซึ่งได้คะแนนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่น ๆ Vilela et al. (2015) พัฒนาแยมสตอเบอรี่ ราสเบอรี่และเชอรี่ โดยใช้ฟรุกโตส ซอร์บิทอลและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo - oligosaccharides, FOS) โดยแยมที่ใช้ซอร์บิทอลและ FOS สามารถลดค่าพลังงานและค่า glycermic index ได้ และในกรณีของ FOS ยังช่วยเพิ่มเส้นใยอาหารด้วย นอกจากนี้การใช้สารให้ความหวานร่วมกันระหว่างฟรุคโตสและ FOS หรือซอร์บิทอลและ FOS ยังสามารถลดค่าพลังงานในแยมได้ร้อยละ 51 และ 68 ตามลำดับ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาปริมาณเนื้อและน้ำทุเรียนที่เหมาะสมในการผลิตแยม

การเตรียมส่วนของน้ำทุเรียน โดยนำเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทอง อายุการเก็บเกี่ยว 120 วันผสมน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:1 ผ่านการบดละเอียดและการกรองโดยใช้เครื่องสกัดแยกน้ำผลไม้ น้ำทุเรียนที่สกัด

แยกได้นำมาผสมกับส่วนของเนื้อทุเรียน โดยศึกษาปริมาณเนื้อทุเรียนที่ระดับร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 นำส่วนของเนื้อและน้ำทุเรียนเทลงผสมในกระทะทองเหลือง ให้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส กวนตลอดเวลา และปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างด้วยกรดซิตริกให้อยู่ในช่วง 2.8-3.5 รอให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที ผสมเพคตินร้อยละ 1 ให้ความร้อนต่อจนส่วนผสมมีอุณหภูมิสูงถึง 104-105 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิลงที่ 90 องศาเซลเซียส บรรจุแยมในขวดแก้วที่ผ่านการต้ม ฆ่าเชื้อแล้ว ปิดฝาให้สนิท ทำให้เย็น และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

4.2 ศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสมในการผลิตแยม

นำสัดส่วนปริมาณเนื้อและน้ำทุเรียนที่เหมาะสมจากข้อ 4.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวาน 3 ชนิด คือ ซูคราโลสร้อยละ 0.06 0.08 และ1.00 มอลทิทอลร้อยละ 50 60 และ70 และสตีเวียร้อยละ 0.14 0.16 และ0.18 โดยเทียบค่า relative sweetness กับปริมาณซูโครสที่เหมาะสมร้อยละ 30 40 และ50 แยมที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้น ในด้านลักษณะปรากฏและการกระจายตัว ด้วยการปาดแยมลงบนแผ่นขนมปัง สังเกตลักษณะความหนืด การกระจายตัวของเจล ความขุ่นและสีที่ปรากฏ จากนั้นเลือกชนิดและปริมาณสารให้ความหวานที่ให้ลักษณะคุณภาพที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละชนิดมาผลิตและวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์-รา (AOAC, 2000) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ โดย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี

วัดค่าความหนืดด้วย Bostwick consistometer ค่าสีด้วยแผ่นเทียบสี (Color chart) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) ด้วย Hand refractometer วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter วิเคราะห์ความชื้นตามวิธี AOAC (2000) และวัดค่า a_w ด้วย Water activity meter วิเคราะห์ค่าพลังงาน ด้วย Bomb colorimeter และปริมาณกรดทั้งหมด ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000)

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาปริมาณเนื้อและน้ำทุเรียนที่เหมาะสมในแยมทุเรียน

ผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มสัดส่วนของปริมาณเนื้อทุเรียนสูงขึ้นมีผลต่อ TSS เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยที่ระดับเนื้อทุเรียนร้อยละ 10 และ20 ไม่มีความแตกต่างกัน ขณะที่ปริมาณเนื้อทุเรียนที่ร้อยละ 30 40 และ 50 มีปริมาณ TSS ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณกรดลดลงและค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่าง โดยเนื้อแยมมีความหนืดมากขึ้นตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากลักษณะปรากฏ พบว่าลักษณะของแยมที่มีปริมาณเนื้อทุเรียนร้อยละ 40 และ50 แยมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน เมื่อทดสอบการกระจายตัวบนขนมปัง พบว่ามีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ โดยไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกแยมที่มีปริมาณเนื้อทุเรียนร้อยละ 40 เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.2 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสมในแยมทุเรียน

ผลการศึกษาสารให้ความหวาน 3 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับซูโครส ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยใช้เนื้อทุเรียนร้อยละ 40 พบว่าแยมทุเรียนที่ใช้ซูโครส (ตารางที่ 2) ปริมาณร้อยละ 50 มีปริมาณ TSS สูงที่สุด (65 ºBrix) ซึ่งตรงตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข 2543 กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์แยม ต้องมีปริมาณ

TSS ไม่น้อยกว่า 65 ºBrix อีกทั้งยังมีลักษณะปรากฏที่ดี และมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงเลือกปริมาณซูโครสที่ร้อยละ 50 เพื่อทำการศึกษาต่อไป ในขณะเดียวกันผลการวิเคราะห์ปริมาณสารให้ความหวาน ซูคราโลส มอลทิทอล และสตีเวีย (ตารางที่ 3 -5) มีลักษณะปรากฏ และการกระจายตัวที่ไม่ต่างกัน ยกเว้นมอลทิทอลที่มีปริมาณ TSS มากขึ้นเมื่อปริมาณสารให้ความหวานเพิ่มขึ้น จึงนำมาคำนวณค่า relative sweetness เทียบเท่ากับแยมทุเรียนที่ใช้ซูโครสร้อยละ 50 และหาปริมาณที่ใกล้เคียงที่สุด โดยปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสมของซูคราโลส มอลทิทอล และสตีเวียที่ใช้ คือร้อยละ 0.08 ร้อยละ 60 และร้อยละ 0.16 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของแยมทุเรียนที่ระดับปริมาณเนื้อทุเรียนที่แตกต่างกัน

Durian(%)	TSS (°Brix)	Acidity^{ns}(%)	pH^{ns}	Viscosity (cm)
10	65.34±0.10^{d}	2.11±0.02	4.10±0.01	3.34±0.29^{a}
20	65.89±0.18^{d}	2.10±0.05	4.10±0.02	2.50±0.01^{b}
30	66.45±0.09^{c}	2.05±0.04	4.11±0.03	1.93±0.07^{c}
40	67.79±0.15^{b}	2.04±0.08	4.11±0.03	1.41±0.25^{d}
50	68.54±0.12^{a}	2.01±0.05	4.13±0.01	1.22±0.08^{e}

หมายเหตุ : ^{abcde} ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแยมทุเรียน

จากผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานที่เหมาะสมเบื้องต้น ได้เลือกปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสมที่สุดจากสารให้ความหวานในแต่ละชนิดมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือซูคราโลสร้อยละ 0.08 มอลทิทอลร้อยละ 60 และสตีเวียร้อยละ 0.16 โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณซูโครสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนโดยใช้เนื้อทุเรียนร้อยละ 40

คุณลักษณะ	ซูโครสร้อยละ 30	ซูโครสร้อยละ 40	ซูโครสร้อยละ 50
TSS (ºBrix)	53	59	65
ลักษณะปรากฏ	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีความขุ่นเล็กน้อย	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีที่อ่อนลง/มีความใส	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีที่เข้มขึ้น/มีความใสเพิ่มขึ้น
การกระจายตัว	กระจายตัวได้ดี มีความหนืดเล็กน้อย ไม่มีเศษขนมปังติด	มีกระจายตัวได้ดี ไม่มีเศษขนมปังติด	กระจายตัวได้ดี มีความสม่ำเสมอ ไม่มีเศษขนมปังติด

ตารางที่ 3 ปริมาณซูคราโลสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนโดยใช้เนื้อทุเรียนร้อยละ 40

คุณลักษณะ	ซูคราโลสร้อยละ 0.06	ซูคราโลสร้อยละ 0.08	ซูคราโลสร้อยละ 0.10
TSS (ºBrix)	29	29	29
ลักษณะปรากฏ	มีลักษณะข้นเหลว ไม่ตกผลึก มีสีเหลือง ไม่ใส มีความขุ่น เนื้อแยมมีความละเอียด รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน		
การกระจายตัว	กระจายตัวได้ดี มีความสม่ำเสมอ เมื่อปาดลงบนขนมปังไม่มีเศษขนมปังติด		

ตารางที่ 4 ปริมาณมอลทิทอลที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนโดยใช้เนื้อทุเรียนร้อยละ 40

คุณลักษณะ	มอลทิทอลร้อยละ 50	มอลทิทอลร้อยละ 60	มอลทิทอลร้อยละ70
TSS (ºBrix)	62	66	70
ลักษณะปรากฏ	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีเหลืองที่เข้มเล็กน้อย และมีความใสน้อยที่สุด	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีเหลืองเล็กน้อย และมีความใสเพิ่มขึ้น	เนื้อกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีสีเหลืองอ่อน และมีความใสมากที่สุด
การกระจายตัว	กระจายตัวได้ดี มีความสม่ำเสมอ ไม่มีเศษขนมปังติด	กระจายตัวได้ดี สม่ำเสมอ ไม่มีเศษขนมปังติด	กระจายตัวได้ดี มีความสม่ำเสมอ ไม่มีเศษขนมปังติด

ตารางที่ 5 ปริมาณสตีเวียที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนโดยใช้เนื้อทุเรียนร้อยละ 40

คุณลักษณะ	สตีเวียร้อยละ 0.14	สตีเวียร้อยละ 0.16	สตีเวียร้อยละ 0.18
TSS (ºBrix)	29	29	29
ลักษณะปรากฏ	มีลักษณะข้นเหลว ไม่ตกผลึก มีสีเหลืองขุ่น เนื้อแยมมีความละเอียดรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน		
การกระจายตัว	กระจายตัวได้ดี มีความสม่ำเสมอเมื่อปาดลงบนขนมปัง ไม่มีเศษขนมปังติด		

(1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของแยมทุเรียน (ตารางที่ 6)

(1.1) ค่าสี เมื่อเทียบสีแยมทุเรียนน้ำตาลซูโครส ซูคราโลส มอลทิทอล และสตีเวีย พบว่าได้ค่าสีดังนี้ GREYED -ORANGE GROUP 164A, GREYED -YELLOW GROUP 162A, GREYED – YELLOW GROUP 163A และ GREYED – YELLOW GROUP 161A ตามลำดับ

(1.2) ความหนืด พบว่าซูคราโลสให้ความหนืดสูงที่สุด (8.20±0.03 cm/90s) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับแยมทุเรียนที่ใช้สตีเวีย (8.36±0.02 cm/90s) แต่ในขณะเดียวกันแยมทุเรียนที่ใช้ซูคราโลสและสตีเวีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) กับแยมทุเรียนซูโครส (10.14±0.08 cm/90s) และมอลทิทอล (9.63±0.03 cm/90s)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพในแยมทุเรียนที่ใช้สารให้ความหวานชนิดต่างๆ

องค์ประกอบ	ซูโครส	ซูคราโลส	มอลทิทอล	สตีเวีย
สี	GREYED - ORANGE GROUP 164A	GREYED - YELLOW GROUP 162A	GREYED – YELLOW GROUP 163A	GREYED – YELLOW GROUP 161A
ความหนืด (cm/90s)	10.14±0.08[a]	8.20±0.03[b]	9.63±0.03[a]	8.36±0.02[b]

หมายเหตุ : [ab] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและค่าพลังงานของแยมทุเรียน (ตารางที่ 7)

(2.1) ปริมาณ TSS พบว่าแยมทุเรียนจากมอลทิทอล มีปริมาณ TSS มากที่สุด (66.67±0.58 ºBrix) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับแยมทุเรียนจากซูโครส (65.67±0.58 ºBrix) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแยมทุเรียนจากซูคราโลส และสตีเวีย ในขณะที่แยมทุเรียนจากซูคราโลสและสตีเวียไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

(2.2) ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าแยมทุเรียนจากซูคราโลส (4.38±0.01) กับสตีเวีย (4.38±0.02) มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันกับแยมทุเรียนจากซูโครส (4.41±0.01) และมอลทิทอล (4.43±0.02) โดยแยมทุเรียนจากซูโครสและมอลทิทอลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

(2.3) ความชื้น พบว่าแยมทุเรียนจากสตีเวียมีปริมาณความชื้นสูงที่สุด (ร้อยละ 68.62±1.68) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับแยมทุเรียนซูคราโลส (ร้อยละ 67.03±0.87) แต่มีความแตกต่างกันอย่างกับแยมทุเรียนจากซูโครส (ร้อยละ 19.60±4.82) และมอลทิทอล (ร้อยละ 21.47±0.92) โดยแยมทุเรียนจากซูโครสและมอลทิทอลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

(2.4) ค่า a_w พบว่าแยมทุเรียนจากซูคราโลส มีค่า a_w สูงที่สุด (ร้อยละ 0.91±0.02) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) กับแยมทุเรียนจากสตีเวีย (ร้อยละ 0.90±0.01) แต่มีความแตกต่างกันกับแยมทุเรียนจากซูโครส (ร้อยละ 0.82±0.01) และมอลทิทอล (ร้อยละ 0.81±0.01) โดยที่แยมทุเรียนจากซูโครสและมอลทิทอลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

(2.5) ค่าพลังงาน พบว่าแยมทุเรียนจากซูคราโลสให้ค่าพลังงานน้อยที่สุด (2.92±0.01kcal/g) โดยมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับแยมทุเรียนจากซูโครส (4.25±0.02kcal/g) มอลทิทอล (3.28±0.02kcal/g) และสตีเวีย (3.01±0.01kcal/g)

(3) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าแยมที่มีอายุการเก็บรักษา 14 วันแยมทุเรียนจากสตีเวียมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 8.07×10^4 CFU/g แยมทุเรียนจากซูคราโลสมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.00×10^3 CFU/g ในขณะที่แยมทุเรียนจากซูโครสและมอลทิทอล ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ส่วนปริมาณยีสต์-ราในแยมทุเรียนจากซูโครส ซูคราโลสและมอลทิทอล ไม่พบปริมาณยีสต์-รา ในช่วงอายุการเก็บรักษา 14 วัน ในขณะที่แยมทุเรียนจากสตีเวียพบการเจริญของยีสต์-รา จำนวนเท่ากับ 1.20×10^5 CFU/ml

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและค่าพลังงานในแยมทุเรียนที่ใช้สารให้ความหวานชนิดต่างๆ

องค์ประกอบ	ซูโครส	ซูคราโลส	มอลทิทอล	สตีเวีย
TSS (ºBrix)	65.67±0.58[a]	29.33±0.58[b]	66.67±0.58[a]	29.33±0.58[b]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.41±0.01[a]	4.38±0.01[b]	4.43±0.02[a]	4.38±0.02[b]
ความชื้น (%)	19.60±4.82[a]	67.03±0.87[b]	21.47±0.92[a]	68.62±1.68[b]
Water activity (a_w)	0.82±0.01[b]	0.91±0.02[a]	0.81±0.01[b]	0.90±0.01[a]
ค่าพลังงาน (kcal/g)	4.25±0.02[a]	2.92±0.01[d]	3.28±0.02[b]	3.01±0.01[c]

หมายเหตุ : [abcd] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

6.อภิปรายผล

จากผลการวิจัยชนิดและปริมาณสารให้ความหวานที่ระดับต่างๆ พบว่าปริมาณสารให้ความหวานที่ดีที่สุดของแต่ละชนิด คือ ซูโครสที่ร้อยละ 50 ซูคราโลสร้อยละ 0.08 มอลทิทอลร้อยละ 60 และสตีเวียร้อยละ 0.16 เนื่องจากให้ลักษณะปรากฏ การกระจายตัวดีที่สุด และมีปริมาณ TSS 65 ºBrix ตรงตามที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2543) กำหนดไว้ว่าผลิตภัณฑ์แยมต้องมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 65 ºBrix โดยสารให้ความหวานทั้ง 3 ชนิด แต่ละระดับไม่มีความแตกต่างกันในลักษณะปรากฏ การกระจายตัว และปริมาณ TSS แต่มีความแตกต่างกันที่รสชาติ (ความหวาน) จึงได้เลือกปริมาณสารให้ความหวานที่ระดับดังกล่าว จากทำการเปรียบเทียบค่า relative sweetness ของสารให้ความหวานแต่ละชนิดกับค่า relative sweetness ของซูโครส พบว่า ซูคราโลสมีค่า relative sweetness เท่ากับ 600 มอลทิทอลมีค่า relative sweetness เท่ากับ 80 สตีเวียมีค่า relative sweetness เท่ากับ 300 (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล, 2555) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าแยมทุเรียนจากซูคราโลสมีความหนืดสูงที่สุดเท่ากับ 8.20±0.03 cm/90s ในขณะที่แยมน้ำตาลซูโครสให้ความหนืดน้อยที่สุด 10.14±0.08 cm/90s เนื่องจากการเกิดเจลของเพคตินที่ใช้เป็นชนิด High methoxyt pectin จึงสามารถเกิดระบบเจลได้เมื่อรวมกับกรดและน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูง (สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์, 2554) ซึ่งการใช้เพคตินไม่ได้มีผลต่อความหนืดเพียงอย่างเดียว แต่มีผลต่อลักษณะปรากฏด้านสีของผลิตภัณฑ์ด้วยจึงทำให้มีสีที่แตกต่างกัน และสีของผลิตภัณฑ์แยมทุเรียนอยู่ในกลุ่ม GREYED - ORANGE GROUP164A ถึงGREYED -YELLOW GROUP161A-163A มีลักษณะเป็นเฉดสีส้มเทาจนถึงสีเหลืองเทา ซึ่งเป็นเฉดสีที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับในระดับปานกลาง

สารให้ความหวานมีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณกรด และอายุการเก็บรักษา โดยแยมทุเรียนจากซูโครสและมอลทิทอลมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าแยมทุเรียนจากซูคราโลสและสตีเวีย มอลทิทอลเป็นสารกลุ่มพอลิออล มีคุณสมบัติเป็นสารดูดความชื้นน้อย (Low hygroscopic) และสารคงความชื้น (Humectants) (Nabor, 2001) จึงสามารถกักเก็บความชื้นไว้ในระบบเจล ซึ่งเป็นระบบที่ซับซ้อนทำให้น้ำระเหยออกไปได้น้อยทำให้ค่าความชื้นลดลง อีกทั้งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถดึงดูดความเป็นขั้วของน้ำได้และเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำจึงส่งผลให้ค่า a_w ลดต่ำลงด้วย (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล, 2555) โดยค่า a_w ของแยมทุเรียนพบว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.81-0.91 ค่า a_w ดังกล่าว มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในแยมทุเรียน โดยปกติค่า a_w ที่เหมาะสมของแยมอยู่ที่ร้อยละ 0.75 (สุพจน์ ตุงคเศรวงศ์, 2556) ดังนั้นแยมทุเรียนจากซูคราโลสและสตีเวียนั้นจึงมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าแยมจากซูโครสและมอลทิทอล โดยเฉพาะแยมจากสตีเวียนั้นพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน โดยผลที่วิเคราะห์ได้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงด้วย ส่วนค่าพลังงานพบว่าแยมทุเรียนจากซูคราโลสให้ค่าพลังงานน้อยที่สุด รองลงมาคือ สตีเวียและมอลทิทอล เนื่องจากซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานชนิดไม่ให้พลังงานแก่ร่างกายและใช้ในปริมาณที่น้อย

(ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล, 2555) ดังนั้นผลการศึกษาปริมาณและชนิดสารให้ความหวานในแยมทุเรียนในแง่ของการลดค่าพลังงานเพื่อทดแทนการใช้ซูโครส การเลือกใช้ซูคราโลสสามารถใช้แทนซูโครสได้โดยให้ค่าพลังงานที่น้อยที่สุด

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคเพื่อสุขภาพ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการค้า

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ศึกษาการสารให้ความหวานชนิดอื่น เช่น มอลทิทอล หรือใช้สารให้ความหวานร่วมกันมากกว่า 1 ชนิด เช่นน้ำตาลซูโครสร่วมกับซูคราโลส หรือซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอล เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2562

9. เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ นิวัฒน์, ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, และณัฐวุฒิ ดอนลาว. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมผลไม้เพื่อสุขภาพของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านห้วยน้ำกลืน อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต,* 3(2), 151-159.

ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล. (2555). *การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมอาลัวและฝอยทองโดยการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล.* ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทัศนา ศิริโชติ. (2558). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมจำปาดะ.* สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ปาริชาติ ตียปรีชญา. (2553). *รายงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกล้วยผสมมะละกอลดน้ำตาล.* คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2562, จาก http://science.payap.ac.th /research/wp-content/uploads/2015/10/0989y53p001.pdf.

พิชญานิน เพชรล้อมทอง และปุณฑริกา รัตนตรัยวงศ์. (2559). น้ำตาลและสารให้ความหวานกับแนวทางการบริโภคในยุคปัจจุบัน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า,* 32(1), 77-86.

มนัญญา คำวชิระพิทักษ์, พะยอม รอดเล็ก, มรกต กิจเจา, สุวิชญา สิงห์ทอง,เบญจางค์ อัจฉริยะโพธ, จุฑารัตน์ พงษ์โนรี, กนกวรรณ ปุณณะตระกูล, ทรงพลธนฤทธ์ มฤครัฐอินแปลง และเบญจพรรณ บุรวัฒน์. (2559). ผลของสารให้ความหวานฟรุกโตสไซรัป และซูคราโลสที่มีต่อคุณลักษณะบางประการของแยมผลไม้ผสม. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 11(2), 15-23.

รัชนี ไสยประจง, สุรพงษ์ พินิจกลาง, และวิจิตรา บำรุงนอก. (2561). การพัฒนาแยมเคพกูสเบอรี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(2), 65-68.

สุพจน์ ตุงคเศรวงศ์. (2556). ความสำคัญของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอุตสาหกรรมอาหาร. *Technology Production*, 40(229), 85-88.

สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์. (2554). การพัฒนาแยมมังคุดแคลอรีต่ำผสมเปลือกมังคุด. *วารสารวิจัย มข,* 16(7), 825-834.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Maryland : The Association of Official Analytical Chemists.

Nabors,B.O.L. & Gelardi, C.R. (1991). *Alternative Sweeteners*: Second Edition. New York : Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc.

Vilela, A., Matos, S., Abraão, A.S., Lemos, A.M, & Nunes, F.M. (2015). Sucrose Replacement by Sweeteners in Strawberry, Raspberry,and Cherry Jams: Effect on the Textural Characteristics and Sensorial Profile-A Chemometric Approach. *J. of Food Processing*, 2015, 1-14.

คุณภาพน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

WATER AND SEDIMENT QUALITY IN RED TILAPIA POND CHONG KHUM SUB-DISTRICT WATTHANA NAKHON DISTRICT SAKAEO PROVINCE

สาลินี ศรีวงษ์ชัย[1*] ธัญชนก ขำขุน[1] ภานุพรรณ์ ไชยประเทศ[1] จักรพันธ์ นาน่วม[1]
รุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์[2] และรุ่งโรจน์ แสนสุขุมาล[3]
[1]สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
[2]ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[3]บริษัท เนเจอร์ อโกรเทค จำกัด ตำบลบางน้ำจืด อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร
E-mail: salinee@buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีบางประการของดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ระยะเวลา 90 วัน โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงทุก 2 สัปดาห์ ดังนี้ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความขุ่น ความโปร่งแสง ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำจืด ยกเว้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีค่าความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก อินทรียวัตถุ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสระหว่าง 6.05-7.02, 6.55-8.54 me/soil 100 g, ร้อยละ 0.82-1.17, 9.20-23.13 มิลลิกรัมต่อลิตร, 3.73-9.92 มิลลิกรัมต่อลิตร, 7.83-19.92 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3.42-6.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันและเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการเลี้ยงปลานิลแดงให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไปได้

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ, ดินตะกอน, ปลานิลแดง

ABSTRACT

This research aimed to monitor the water quality and the change of some chemical characteristics of sediment in red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) pond located in Chong Khum sub-district, Watthana nakhon district, Sakaeo province for 90 days. The water quality was determined the water pH, temperature, EC, TDS, turbidity, transparency, DO, BOD, NH_3-N, NO_2-N, NO_3-N and PO_4-P every 2 weeks. The results revealed that most of each parameter was ranged in the limit of criteria of water quality for aquaculture and the criteria of water quality that was suitable for aquatic animals, except the NH_3-N and PO_4-P. The ranges of pH, CEC, OM, NH_3-N, NO_3-N, NO_2-N and PO_4-P in sediment were 6.05-7.02, 6.55-8.54 me/soil 100 g, 0.82-1.17%, 9.20-23.13 mg/L, 3.73-9.92 mg/L, 7.83-19.92 mg/L and 3.42-6.11 mg/L, respectively. The water quality and some chemical characteristics of sediment in red tilapia pond changed in the same trend and increased according to cultivation period. The obtained information of this study could be used as a base for effective and sustainable aquaculture development.

Keywords: Water quality, Sediment, Red tilapia

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การเลี้ยงปลาในบ่อดิน นอกจากจะเป็นการพัฒนาที่ดินอย่างที่ลุ่มหรือที่ดินที่ไม่เหมาะแก่การเพาะปลูกมาดัดแปลงเพื่อให้เกิดผลผลิตแล้ว เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงยังสามารถทำเป็นอาชีพหลักหรือทำเป็นอาชีพเสริมที่สามารถสร้างรายได้ให้กับครอบครัวได้ ซึ่งการเลี้ยงปลาในบ่อดินสามารถควบคุมการขยายพันธุ์ ขนาดและอัตราการปล่อย การให้อาหารและการเจริญเติบโตของปลาได้ ตลอดจนสามารถควบคุมผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการจับปลาตามแหล่งน้ำธรรมชาติ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2561) ด้วยเหตุนี้เองทำให้เกษตรกรหันมานิยมเลี้ยงปลาในบ่อดินกันเป็นจำนวนมากและเกิดการขยายพื้นที่เพื่อการเพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งผลจากการขยายตัวดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อมได้ หากมีการจัดการการเพาะเลี้ยงที่ไม่ดี เนื่องจากการเลี้ยงปลาในบ่อดินจะมีของเหลือและของเสียได้แก่ เศษอาหารที่เหลือจากการให้ มูลปลา ซากแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่รวมกันอยู่บริเวณพื้นบ่อมีลักษณะเป็นโคลนเหลว สีดำเข้มและมีกลิ่นเหม็น เรียกว่า “ดินตะกอน” (sediment) ซึ่งปริมาณดินตะกอนที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนปลาที่ปล่อยลงในบ่อและปริมาณอาหารที่ให้ ดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลาเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อ เช่น น้ำเกิดการเน่าเสียจนทำให้ปลาหยุดการแพร่พันธุ์เป็นโรคและอาจตายได้ และเมื่อน้ำเสียและดินตะกอนจากการทำความสะอาดบ่อและพื้นบ่อถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงในปริมาณมากจนเกินขีดความสามารถในการรองรับของเสียและการบำบัดตามธรรมชาติของแหล่งน้ำแล้ว อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเกิดความเสื่อมโทรม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ รวมถึงส่งผลกระทบต่อการนำน้ำจากแหล่งน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์อีกด้วย (พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก และเดชา นาวานุเคราะห์, 2555)

“จังหวัดสระแก้ว” อยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด 5,451 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 753,480 กิโลกรัมต่อปี และมีแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์น้ำจืด 41,761 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 620,650 กิโลกรัมต่อปี “อำเภอวัฒนานาคร” เป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดสระแก้วมีพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

683 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 102,450 กิโลกรัมต่อปี และมีแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์น้ำจืดที่สำคัญ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำพระปรง อ่างเก็บน้ำห้วยชันและอ่างเก็บน้ำท่าประดู่ ซึ่งมีพื้นที่รวม 14,536 ไร่ และให้ผลผลิตรวม 340,000 กิโลกรัมต่อปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ่างเก็บน้ำพระปรงมีพื้นที่ 11,336 ไร่ ให้ผลผลิตสัตว์น้ำจืดจากธรรมชาติได้สูงสุดของจังหวัดถึง 275,000 กิโลกรัมต่อปี (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสระแก้ว, 2562) "ตำบลช่องกุ่ม" เป็นตำบลที่ตั้งอยู่ในอำเภอวัฒนานครและมีพื้นที่ติดกับอ่างเก็บน้ำพระปรง จึงได้รับการจ่ายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำโดยตรงทำให้มีน้ำเพียงพอต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในตำบลช่องกลุ่มส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงปลาในบ่อดินรอบบริเวณอ่างเก็บน้ำ (คณะกรรมการประมงประจำจังหวัดสระแก้ว, 2559) ซึ่งการเลี้ยงปลาในบ่อดินอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางน้ำ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานอกจากจะนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อบ่งชี้ถึงปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงนิลแดง และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังปัญหาหรือป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับคุณภาพน้ำและระบบนิเวศของแหล่งน้ำธรรมชาติได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อติดตามและตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง ณ บ้านตาแปด ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษาและการเก็บตัวอย่าง

ศึกษาคุณภาพน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) แบบบ่อดิน ขนาด 1.5 ไร่ ณ บ้านตาแปด ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว (13.8985205°N, 102.454947°E) ซึ่งได้รับน้ำโดยตรงจากอ่างเก็บน้ำพระปรง จังหวัดสระแก้ว ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนทุก 2 สัปดาห์ ระยะเวลา 90 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณคลองส่งน้ำซึ่งเป็นทางน้ำเข้าบ่อเลี้ยงปลานิลแดง 1 จุด และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทั่วทั้งบ่อเลี้ยงปลานิลแดงแบบรวบรวม (composite sampling) ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร สำหรับการเก็บตัวอย่างดินตะกอนทำได้โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินตะกอนทั่วทั้งบ่อเลี้ยงปลานิลแดงแบบจ้วงตัก (grab sampling) ที่ระดับผิวหน้าความลึกระหว่าง 0-10 เซนติเมตร นำมาผสมกันและแบ่งตัวอย่างดินตะกอนออกเป็นสองส่วน (subsampling) และเลือกหนึ่งส่วนไปวิเคราะห์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ตัวอย่างน้ำและดินตะกอนจะถูกเก็บรักษาคุณภาพที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดินตะกอน

ตัวอย่างน้ำจากคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงจะนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ดังนี้ อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความขุ่นและออกซิเจนละลายน้ำด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำ HORIBA U-52G ความสกปรกของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจนตามวิธีของ APHA (1989) ความโปร่งแสง ไนไตรต์-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสตามวิธีของ Boyd (1979) ส่วนตัวอย่างดินตะกอนจะนำมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) ความเป็นกรดด่างและอินทรียวัตถุตามวิธีของศิริพรรณ สารินทร์ (2550) และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกตามวิธีของพัชรี ธีรจินดาขจร (2554) นำดินตะกอนไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน คัดเลือกเอา

เปลือกหอยออก นำตัวอย่างดินไปบดและกรองผ่านตะแกรงร่อน (sieve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร จากนั้นชั่งตัวอย่างดินที่ผ่านการกรองแล้ว 25 กรัม แช่ลงในสารละลาย 2N KCl ปริมาตร 400 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็น 1 คืน นำมากรองเอาตะกอนดินออก แล้วนำน้ำตัวอย่างที่กรองได้ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจนตามวิธีของ APHA (1989)ไนไตรต์-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสตามวิธีของ Boyd (1979) และนำมาคำนวณปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำอยู่ในดินตะกอน โดยเปรียบเทียบจากน้ำหนักดินตะกอนที่สกัดและปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างน้ำที่สกัด (ธีรวัฒน์ จริตงาม และจุฑารัตน์ กิตติวานิช, 2553) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ตลอดการทดลองและนำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4. ผลการวิจัย

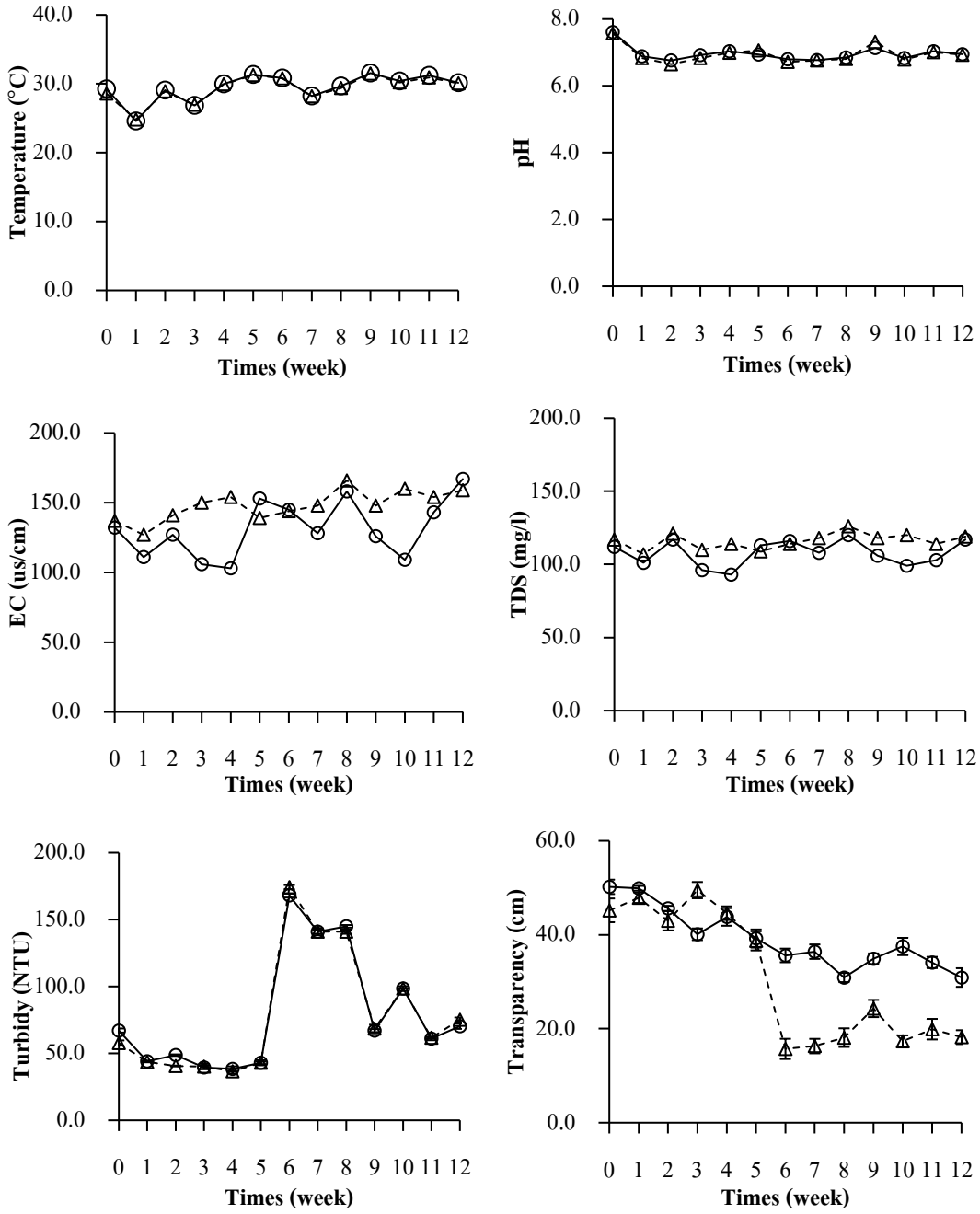
4.1 คุณภาพน้ำในคลองส่งน้ำ

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองส่งน้ำบริเวณทางเข้าบ่อเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าอุณหภูมิของน้ำมีค่าระหว่าง 24.58-31.55 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.46±0.11 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่างมีค่าระหว่าง 6.76-7.61 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.96±0.05 ความนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 109.26-167.11 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 131.38±0.05 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าระหว่าง 93.15-120.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 107.77±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นมีค่าระหว่าง 38.40-168.00 NTU ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.35±1.32 NTU ความโปร่งแสงมีค่าระหว่าง 30.90-49.90 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.61±1.37 เซนติเมตร ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าระหว่าง 6.00-7.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.81±0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสกปรกของน้ำมีค่าระหว่าง 2.50-3.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28±0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.19-0.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ0.29±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรต์-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.11-0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.19-0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 0.12-0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25±0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 1)

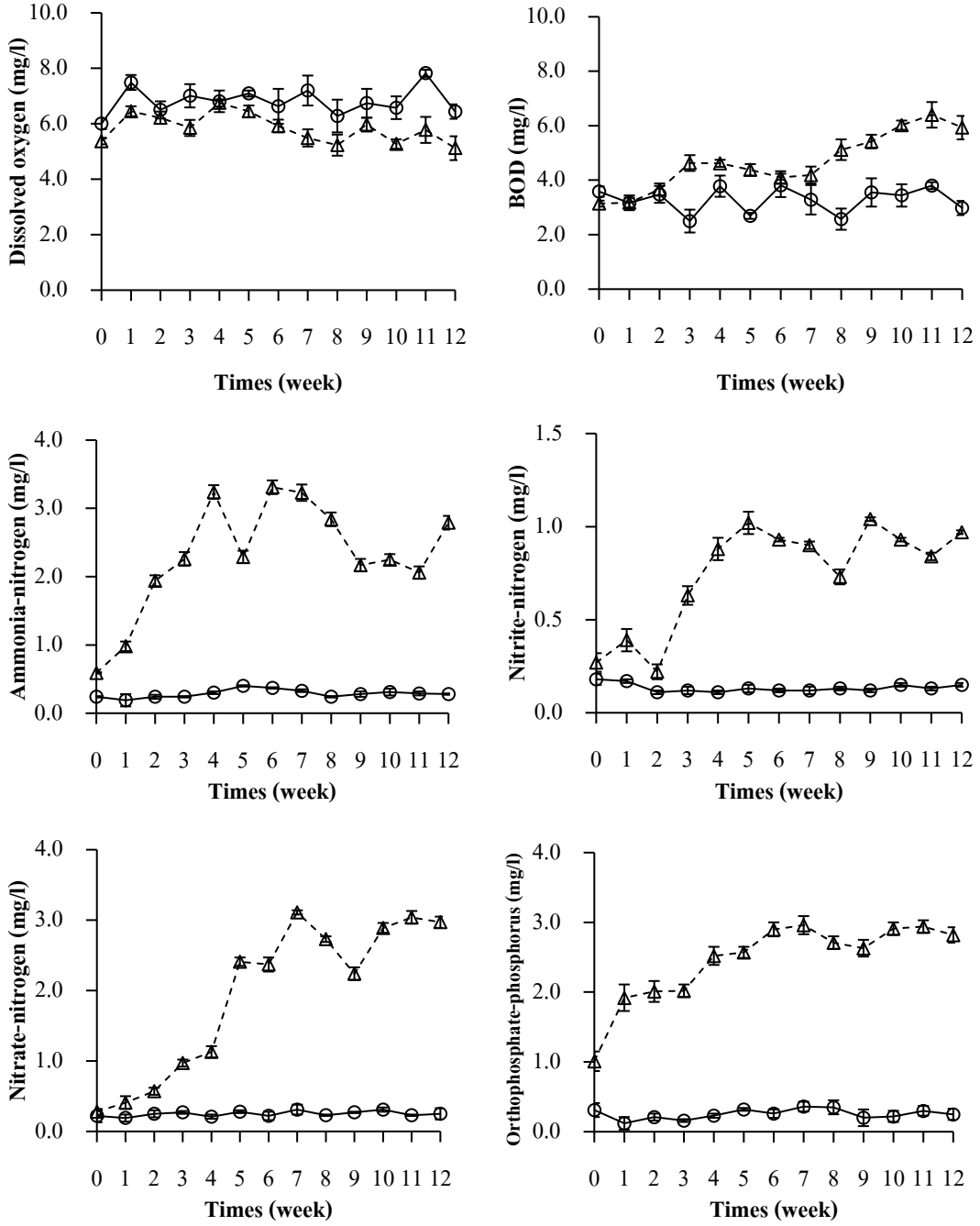
4.2 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าอุณหภูมิของน้ำมีค่าระหว่าง 24.80-31.45 องศาเซลเซียสค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.33±0.11 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่างมีค่าระหว่าง 6.65-7.57 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.94±0.04 ความนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 127.31-160.14 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148.23±0.04 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าระหว่าง 107.02-126.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 115.92±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นมีค่าระหว่าง 36.57-174.33 NTU ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.61±1.42 NTU ความโปร่งแสงมีค่าระหว่าง 15.70-49.50 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.67±1.80 เซนติเมตร ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าระหว่าง 5.12-6.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.84±0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ความสกปรกของน้ำมีค่าระหว่าง 3.14-6.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68±0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.59-3.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30±0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรต์-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.22-1.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.28-3.11

มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.93±0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 1.01-2.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.46±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความขุ่น ความโปร่งแสง ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง; ⊖ คลองส่งน้ำ และ △ บ่อเลี้ยงปลานิลแดง

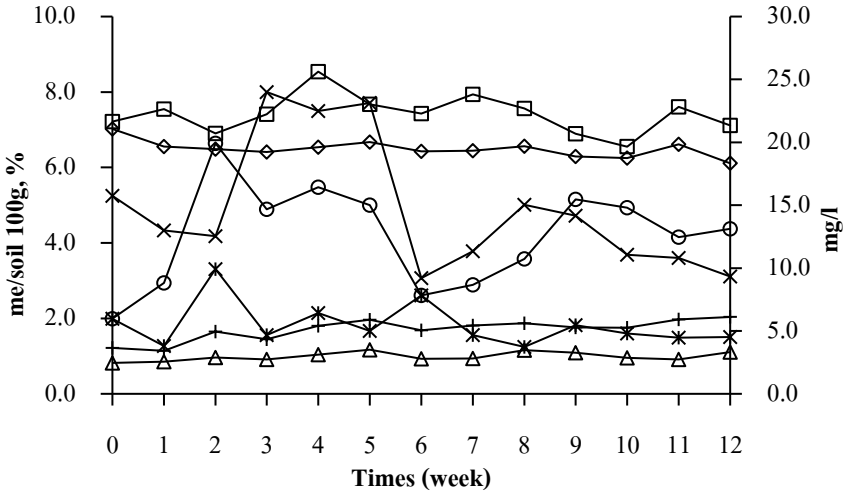


รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความขุ่น ความโปร่งแสง ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง; ⊖ คลองส่งน้ำ และ △ บ่อเลี้ยงปลานิลแดง (ต่อ)

4.3 คุณภาพดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีบางประการของดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ความเป็นกรดด่างมีค่าระหว่าง 6.05-7.02 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.49±0.22 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าระหว่าง 6.55-8.54 me/soil 100 g ค่าเฉลี่ยเท่ากับ

7.11±0.41 me/soil 100 g อินทรียวัตถุมีค่าระหว่างร้อยละ 0.82-1.17 ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.99±0.04 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 9.20-23.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.75±1.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรต์-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 3.73-9.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.48±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 7.83-19.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.60±1.มิลลิกรัมต่อลิตร และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 3.42-6.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.10±0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดด่าง (◇) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (⊟) อินทรียวัตถุ (△) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (×) ไนไตรต์-ไนโตรเจน (∗) ไนเตรต-ไนโตรเจน (⊖) และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (+) ในดินตะกอนบ่อเลี้ยงปลานิลแดง

5. อภิปรายผล

การติดตามและตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ความนำไฟฟ้า ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความโปร่งแสง ออกซิเจนละลายน้ำ ความสกปรกของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าอุณหภูมิของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดการศึกษา โดยอุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ (บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และคณะ, 2555) อุณหภูมิของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงที่ตรวจวัดได้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมีค่าระหว่าง 23-32 องศาเซลเซียส (ไมตรี ดวงสวัสดิ์, 2530) ความเป็นกรดด่างของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำซึ่งอยู่ในช่วง 6.5-9.0 (ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น, 2533) ความนำไฟฟ้าและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่พบในแหล่งน้ำจืดตามธรรมชาติซึ่งมีค่าระหว่าง 150-300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และ 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในช่วงดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) ความขุ่นและความโปร่งแสงของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงที่ตรวจวัดได้มีทิศทางตรงข้ามกัน โดยค่าความขุ่นของแหล่งน้ำสูงจะทำให้ค่าความโปร่งแสงของแหล่งน้ำต่ำ ซึ่งน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงนับว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เนื่องจากค่าความโปร่งแสงที่ตรวจวัดได้มีค่าระหว่าง 30-60 เซนติเมตร หากมีค่าต่ำกว่า 30 เซนติเมตร

หรือมากกว่า 60 เซนติเมตร แสดงถึงความขุ่นของน้ำมีค่ามากหรือน้อยเกินไป และยังแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำอีกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและการเพาะเลี้ยงปลา ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้ตลอดการศึกษามากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ส่วนค่าความสกปรกของน้ำในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงที่วิเคราะห์ได้มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด ซึ่งค่าความสกปรกของน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ ค่าความสกปรกของน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดซึ่งค่าความสกปรกของน้ำไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (นฤมล อัศวเกศมณี, 2544) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในคลองส่งน้ำบางสัปดาห์ที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ ซึ่งปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544) จากผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีค่ามากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดการศึกษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและการเปลี่ยนรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไปเป็นไนไตรต์-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจน ตามลำดับ กระบวนการที่เกิดขึ้นเรียกว่า “ไนตริฟิเคชั่น” (nitrification) ซึ่งเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจน (ศิริพรรณ สารินทร์, 2550) จากการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงจะส่งผลให้ปริมาณของไนไตรต์-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและลดลงได้เช่นกัน ปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจนในคลองส่งน้ำและในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าไม่มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำ (Lin *et al.,* 1995) ยนต์ มุสิก (2530) รายงานว่าปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจนจะพบค่อนข้างต่ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะไนไตรต์-ไนโตรเจนส่วนมากจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจนโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยออกซิเจนซึ่งมีมากในธรรมชาติ จึงทำให้ไนไตรต์-ไนโตรเจนไม่คงตัวและเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจนได้อย่างรวดเร็ว สำหรับปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนในคลองส่งน้ำและบ่อเลี้ยงปลานิลแดงที่ตรวจวัดได้มีความปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสของคลองส่งน้ำมีค่าไม่เกินเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี ดวงสวัสดิ์, 2530) ในขณะที่น้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีค่ามากกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำอาจส่งผลให้มีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว (Eutrophication) (นรุตตม์ สหนาวิน และจิราวรรณ ตอฤทธิ, 2555) และอาจส่งผลให้น้ำเน่าเสียได้

การติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีบางประการของดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง พบว่าความเป็นกรดด่างของดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงเหมาะสมต่อการเจริญของสัตว์น้ำ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและอินทรียวัตถุในดินมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายประกอบไปด้วยทรายร้อยละ 50 ดินเหนียวร้อยละ 30 และดินร่วนร้อยละ 20 ตามลำดับ ดินที่มีอินทรียวัตถุในดินและสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวสูงมีผลทำ ให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูงตามไปด้วย (Akkajit, 2015) ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดการศึกษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอาจเนื่องมาจากการให้อาหารปลาและการขับถ่ายของเสียจากตัวปลาที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงทำให้เกิดการสะสมในดินตะกอน ซึ่งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ที่ผิวหน้าดินตะกอนย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จากนั้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรต์-ไนโตรเจน

ทำให้ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลง ในขณะที่ปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจนอย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดการสะสมของไนเตรต-ไนโตรเจน และการสะสมของไนเตรต-ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงนั้น อาจเนื่องมาจากเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) ต่ำหรืออาจมีจุลินทรีย์ที่ใช้ไนเตรตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ตัวสุดท้ายปริมาณน้อย สำหรับปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้นอาจเนื่องมาจากการสะสมของเศษอาหารและมูลปลาหรืออาจเกิดจากการชะล้างฟอสเฟตที่มีอยู่ในดินและหน้าดินลงสู่บ่อเลี้ยงปลา ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในดินตะกอนบ่อเลี้ยงปลานิลแดงสามารถส่งผลต่อปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำได้

6. สรุปผล

จากผลการติดตามและตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดง ณ บ้านตาแปด ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว พบว่าคุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลแดง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำที่ปล่อยจากบ่อเลี้ยงปลาน้ำจืด ยกเว้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ดินตะกอนในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงมีการสะสมแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลแดงได้ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการเลี้ยงปลานิลแดงให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืน และใช้เป็นแนวทางในการจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตกับแหล่งน้ำผิวดินรอบบริเวณอ่างเก็บน้ำพระปรง ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มระยะเวลาในการติดตามและตรวจวัดคุณภาพน้ำและดินตะกอนให้ครอบคลุมระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อให้ได้ข้อมูลของคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่แท้จริงซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). *มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.* [Online]. ค้นเมื่อ 25 กรกรกฎาคม 2563, จาก: http://www.pcd.go.th.

กรมควบคุมมลพิษ. (2557). *คู่มือการเก็บตัวอย่างตะกอนดินชายฝั่งทะเล.* กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.

คณะกรรมการประมงประจำจังหวัดสระแก้ว. (2559). *ระเบียบวาระการประชุมคณะกรรมการประมงจังหวัดสระแก้ว ครั้งที่ 1/2559.* วันศุกร์ที่ 8 กรกฎาคม 2559.

ชาญยุทธ คงภิรมย์ชื่น. (2533). *คู่มือปฏิบัติการคุณภาพน้ำทางการประมง.* ชลบุรี: คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลภาคตะวันออก.

ธีรวัฒน์ จริตงาม และจุฑารัตน์ กิตติวานิช. (2553). ดุลไนโตรเจน ฟอสฟอรัส การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและตะกอนดินบริเวณพื้นที่เลี้ยงปลาช่อนทะเล (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) ในกระชังขนาดใหญ่. *วารสารการประมง*, 63, 18-26.

นฤมล อัศวเกศมณี. (2544). *คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาน้ำจืด*. [Online] ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563 จาก: http://oservice.skru.ac.th/ebookft/354/chapter4.pdf.

นรุตตม์ สหนาวิน และจิราวรรณ ตอฤทธิ. (2555). ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น. *วารสารคณะพละศึกษา,* 15(ฉบับพิเศษ), 154-159.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ พิมพร มนเทียรอาสน์ และขจรเกียรติ ศรีนวลสม. (2555). ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อคุณภาพน้ำทางเคมี กายภาพ และการเจริญเติบโตปลานิลในบ่อเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ตำบลแม่เก็ด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง,* 8, 115-127.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. (2534). *คุณภาพน้ำทางการประมง*. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

พัชรี ธีรจินดาขจร. (2554). *คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก และเดชา นาวานุเคราะห์. (2555). คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่เลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำน่าน จังหวัดพิษณุโลก. *วารสารแก่นเกษตร,* 41, 445-456.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. (2530). *เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด*. กรุงเทพฯ:สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ.

ยนต์ มุสิก. (2530). *กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อเลี้ยงปลา 2*. เอกสารประกอบการสอนวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิรัช จิ๋วแหยม. (2544). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพรรณ สารินทร์. (2550). *จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม* .พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. (2561). *การเลี้ยงปลาในบ่อ*. [Online]. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563, จาก: http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=7&chap=6&page=t7-6-infodetail01.html.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสระแก้ว. (2562). เตรียมความพร้อมด้านอาหาร (จังหวัดสระแก้ว). [Online]. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563, จาก: https://www.opsmoac.go.th/sakaeo-dwl-files-411191791812.

Akkajit, P. (2015). Review of the current situation of Cd contamination in agricultural field in the Mae Sot District, Tak Province, Northwestern Thailand. *Applied Environmental Research*, 37(1), 71-82.

APHA. (1989). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.

Boyd, C. E. (1979). *Water quality in warm water fish ponds*. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station Auburn University.

Lin, S. H. and Wu, C. L. (1995). Electrochemical removal of nitrite and ammonia for aquaculture. *Water Research*, 30, 715-721.

การออกแบบและพัฒนารูปแบบเฟอร์นิเจอร์จากเศษไม้สัก

FURNITURE DESIGN AND DEVELOPMENT FROM TEAK WOOD SCRAP

สิงหา ปรารมภ์

หลักสูตรเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

E-mail: Singha@uru.ac.th

บทคัดย่อ

กลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้จังหวัดแพร่ ประกอบธุรกิจทางด้านเฟอร์นิเจอร์จากไม้สัก ด้วยปัจจุบันไม้ที่นำมาสร้างเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ลดน้อยลงไป แต่ยังคงมีเศษไม้ที่ทางกลุ่มเก็บไว้เพื่อรอการนำมาสร้างเฟอร์นิเจอร์อยู่เป็นจำนวนมาก โดยงานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากไม้สักเหลือใช้ 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนารูปแบบ กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยคือ ผู้ผลิตและผู้บริโภค 169 คน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ เพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การสุ่มตัวอย่างโดยบังเอิญของผู้บริโภคที่เข้ามาใช้บริการ หรือเยี่ยมชม กลุ่มวิสาหกิจฯ ในรอบ 2 เดือน ผลการวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ 1 ผลของการพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากไม้สักเหลือใช้ พบว่า แนวคิดของการนำรูปลักษณ์ของแหย่งช้างเป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือทิ้งร่วมกับ ผ้าทอพื้นเมืองของชุมชน ให้เกิดอัตลักษณ์มากที่สุด ส่วนที่ 2 ผลของการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนารูปแบบ พบว่า รายการความปลอดภัยเฟอร์นิเจอร์อยู่ระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 3.75, S.D = 0.71) และรายการบ่งบอกถึงอัตลักษณ์ของกลุ่มฯ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.50, S.D = 0.73) ตามลำดับ

คำสำคัญ: เฟอร์นิเจอร์, เศษไม้สัก, กลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้ จังหวัดแพร่

ABSTRACT

Phrae Tree Root and Stump Furniture Product Enterprise Group has operated teak furniture. Currently, the quantity of teak wood is increased but Phrae Tree Root and Stump Furniture Product Enterprise Group still has a large quantity of teak wood scraps for building furniture. The objectives of this research are as follows: 1) to develop furniture from teak wood waste; 2) to asses satisfaction of consumers after developing model. The sample group consisted of 169 manufacturers and consumers. Data were analyzed in the form of qualitative and quantitative research in order to find percentage, mean, and Standard Deviation. The samples were obtained by using accidental sampling from consumers who used services or visited Phrae Tree Root and Stump Furniture Product Enterprise Group during past 2 months. The results were divided into 2 parts. For Part 1, the results of furniture development from teak wood waste revealed that the image of howdah was applied as the design concept of furniture developed from wood scraps and community's local woven fabric to gain identity as much as possible. For Part 2, the results of assessment on satisfaction of consumers after developing model revealed that furniture

safety was in the highest level ($\bar{X}$ = 3.75, S.D = 0.71) and identification on identity of Phrae Tree Root and Stump Furniture Product Enterprise Group was in high level ($\bar{X}$ = 3.50, S.D = 0.73), respectively.

Keywords: furniture, teak wood scraps, Phrae Tree Root and Stump Furniture Product Enterprise Group

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การสัมปทานในประเทศไทยมีหลากหลากรูปแบบ โดยการสัมปทานป่าไม้บกในอดีตมีส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก พื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากเป็นป่าไม้สักที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด การสัมปทานป่าเป็นไปตามมติของคณะรัฐมนตรี (องค์การบริหารส่วนตำบลสรอย จังหวัดแพร่. ออนไลน์) ส่งผลทำให้ไม้สักที่อยู่ในป่าลดน้อยลงไปเป็นอย่างมาก ปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนวิธีการตัดไม้โดยเป็นแบบเลือกตัดไม้ที่โตเต็มที่ อีกบางส่วนสงวนไว้ให้เจริญเติบโตครบอายุก่อน จากนั้นค่อยๆ เลือกตัดที่ละแปลง รวมถึงได้มีการปลูกต้นสักทดแทนส่วนที่ตัดไปอีกด้วย

ตำบลสรอย อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. ออนไลน์) เป็นหนึ่งในพื้นที่มีการสัมปทานป่าสักมากเป็นอันดับต้นของจังหวัดแพร่ โดยมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาล้อมรอบพื้นที่ ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้เบญจพรรณ โดยกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้จังหวัดแพร่ ในอดีตเป็นหนึ่งในผู้ที่ร่วมกันสัมปทานป่าบก ในปัจจุบันได้มีการปรับเปลี่ยนแนวทางของการดำเนินธุรกิจจากการร่วมสัมปทานป่า มาเป็นการสร้างเฟอร์นิเจอร์จากรากไม้ ตอไม้ เนื่องจากเป็นส่วนที่เหลือจากการตัดไม้ และปัจจุบันการทำไม้มีจำนวนน้อยลง ส่งผลทำให้ทางกลุ่มฯ ปรับเปลี่ยนมาสร้างเฟอร์นิเจอร์จากไม้ที่รอการใช้งานของทางกลุ่มเก็บรวบรวม และซื้อไม้แปรรูปจากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตแพร่ นำมาสร้างเป็นเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งไม้ที่ทางกลุ่มเก็บไว้เพื่อรอการใช้งานนั้นเป็นไม้ที่มีตำหนิ และมีขนาดเล็ก โดยมีจุดเด่นคือ เป็นไม้ที่แห้ง ผ่านวิธีการผึ่งไม้ด้วยวิธีธรรมชาติ ใช้อุณหภูมิของสภาพดินฟ้าอากาศที่ร้อนในการผึ่งให้แห้ง ทำให้การยืด หรือหดตัวของไม้น้อย อีกทั้งรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์ของกลุ่มฯ ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นงานในลักษณะเกิดจากไม้ขนาดใหญ่ และไม้ที่ไม่มีตำหนิ จึงจะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

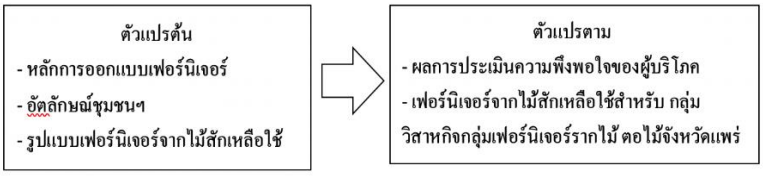
ผู้วิจัยนำหลักการออกแบบของเฟอร์นิเจอร์ และเทคนิคของการใช้เรซิ่นแข็ง ในการใช้เป็นแนวทางของการสร้างเฟอร์นิเจอร์จากไม้ที่มีอยู่ให้คุ้มค่ามากที่สุด โดยส่วนใหญ่คำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก และการนำอัตลักษณ์ของกลุ่มฯ เป็นแนวทางในการออกแบบ รวมถึงนำลวดลายของผ้าทอที่เกิดจากการถักทอของคนในชุมชน ประยุกต์ใช้ร่วมกับเฟอร์นิเจอร์จากเศษไม้ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภคได้ตัดสินใจเลือกซื้อเฟอร์นิเจอร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากไม้สักเหลือใช้

(2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนารูปแบบ

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้ร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจฯ โดยการบูรณาการกับการเรียนการสอนของนักศึกษาของหลักสูตรเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ มีขอบเขตของงานวิจัย คือ

(1) ขอบเขตของประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ

(1.1) ประชากร คือ

- กลุ่มวิสาหกิกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้จังหวัดแพร่ จำนวน 15 คน
- ผู้บริโภคที่มาซื้อ หรือเยี่ยมชมกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้ฯ จำนวน 300 คน ในรอบ 2 เดือน

(1.2) กลุ่มตัวอย่าง คือ

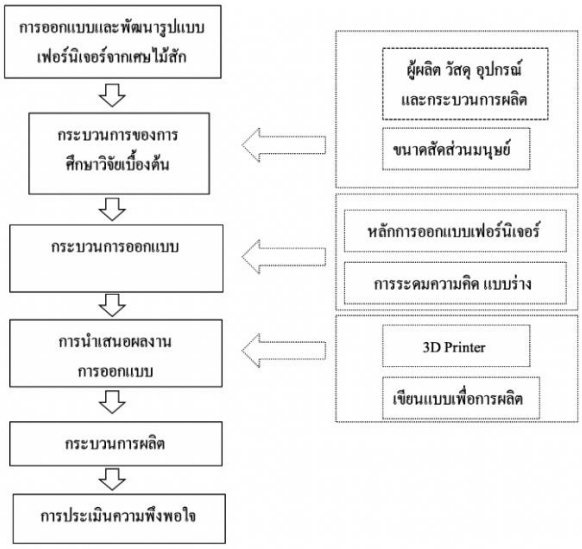
- กลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้ จังหวัดแพร่ จำนวน 15 คน
- ผู้บริโภคที่เข้ามาซื้อ หรือเยี่ยมชมกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้ฯ จำนวน 169 คน ในรอบ2เดือน โดยเทียบตารางของ Krejcic และ Morgon โดยมีขนาดความคลาดเคลื่อน 5%

(2) ขอบเขตด้านตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

(2.1) ตัวแปรต้น คือ รูปแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้สักเหลือใช้

(2.2) ตัวแปรตาม คือ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค

(3) ขอบเขตของการออกแบบ ได้นำกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (ชลธิศ ดาราวงษ์. 2554) เพื่อให้ผลงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนของการออกแบบเฟอร์นิเจอร์

การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนารูปแบบ เป็นการทดสอบจากกลุ่มผู้บริโภคเพื่อเป็นกลุ่มอย่างของงานวิจัย โดยมีข้อคำถามตามหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ เพื่อลดปัญหาของการซ้ำซ้อนของข้อคำถาม ทั้งเรื่องของความปลอดภัย ความแข็งแรง ความเหมาะสมของวัสดุ ความสะดวกสบาย ความสวยงาม และการสื่อสารของรูปแบบเฟอร์นิเจอร์ ใช้วิธีการวิเคราะห์ (นิรัช สุดสังข์. 2548) ข้อมูล ทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ เพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างโดยบังเอิญของผู้บริโภคที่เข้ามาใช้บริการ หรือเยี่ยมชม กลุ่มวิสาหกิจฯ ในรอบ 2 เดือน โดยนำผลที่ได้จากแบบสอบถามนำไปเทียบกับเกณฑ์คะแนนที่ตั้งไว้ เพื่อพิจารณาระดับ

5. ผลการวิจัย

ผลของการดำเนินงานวิจัย ได้ดำเนินตามขั้นตอนเพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

5.1 กระบวนการของการศึกษาวิจัยเบื้องต้นโดยกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้จังหวัดแพร่ ตั้งอยู่ภายในหมู่บ้านปางงุ้น หมู่ที่ 6 ตำบลสรอยอำเภอวังชิ้นจังหวัดแพร่ ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขารอมรอบ คล้ายแอ่งกระทะทางทิศตะวันออกติดกับป่าสงวนแห่งชาติทิศตะวันตกติดกับเขตอุทยานแห่งชาติเวียงโกศัย ส่วนด้านทิศใต้ติดอำเภอเถินจังหวัดลำปาง ส่วนใหญ่ทางชุมชนประกอบอาชีพการเกษตร ทั้งทำนา และทำสวน โดยหลังฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรแล้ว จะออกจากหมู่บ้านไปรับจ้าง รวมถึงการรวมกลุ่มผลิตเฟอร์นิเจอร์

ภาพที่ 3 ภาพกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้

เดิมหมู่บ้านปางงุ้นเป็นปางช้าง (สินชัย พุกจินดา. สัมภาษณ์) หมายถึงที่พักช้าง โดยในช่วงเวลานั้นได้มีการสัมปทานป่าไม้ เกิดการใช้แรงงานของช้างในการลากจูงไม้ขึ้น ส่วนคำว่า งุ้น หมายถึง ต้นงุ้น ที่ขึ้นอยู่เป็นจำนวนมากในบริเวณพื้นที่ภายในหมู่บ้าน ซึ่งสมัยโบราณทางกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ฯ เป็นหนึ่งในการประกอบธุรกิจทางด้านสัมปทานป่าไม้ แต่ด้วยกาลเวลาผ่านมา จึงต้องปรับเปลี่ยนธุรกิจ โดยการนำรากไม้ส่วนที่เหลือใช้การการตัดต้นไม้มาสร้างเป็นเฟอร์นิเจอร์เพื่อให้เข้ากับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน โดยในปี พ.ศ. 2545 ได้นำไม้สัก รากไม้ ตอไม้ และเศษไม้นำมาสร้างเป็นเฟอร์นิเจอร์ และได้รับคัดสรร OTOP ระดับ 4 ดาว ในปี 2551 และได้พัฒนารูปแบบต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับผู้บริโภคมากขึ้น ในปัจจุบันไม้สัก และรากไม้ ลดจำนวนลงเป็นอย่างมากทำให้การผลิตเฟอร์นิเจอร์ลดน้อยลงไป แต่ทางกลุ่มวิสาหกิจฯ จะรับซื้อไม้จากสวนในชุมชน ไม่ว่าจะเป็น กิ่งไม้ ตอไม้ หรือไม้ที่เป็นส่วนที่เหลือใช้ ต่าง ๆ รวมถึงไม้ที่ไม่สวยงาม ไม้ที่มีตำหนิ เป็นต้น เพื่อที่จะนำกลับมาสร้างเป็นเฟอร์นิเจอร์

5.2 กระบวนการออกแบบ ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการพัฒนาแนวความคิดของการออกแบบ หลังจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แล้วนำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และทำการคัดกรองข้อมูลจากนั้น เรียบเรียงลำดับความต้องการของกลุ่มผู้ผลิต และกลุ่มผู้บริโภค โดยจากสถานการณ์ Covid-19 ทำให้พฤติกรรมของผู้บริโภค

หันมาเลือกซื้อสินค้าออน-ไลน์ มากขึ้น (สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (องค์การมหาชน). 2563) ส่วนใหญ่ผู้บริโภคที่มีกำลังซื้ออยู่ใน GEN X จากการสำรวจอยู่ที่ร้อยละ 42 ส่วนใหญ่มีอายุช่วงระหว่าง 45-54 ปี โดยช่วงวัยนี้จะเป็นผู้เลือกซื้อสินค้าจำพวกของใช้ในบ้านและเครื่องครัวมาก ทำให้การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ที่เน้นความปลอดภัยเป็นหลักยังคำนึงถึงการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น ประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง สะท้อนอัตลักษณ์ของชุมชนมากขึ้น โดยขนาดสัดส่วนของเฟอร์นิเจอร์ได้ยึดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เครื่องเรือนไม้สำหรับที่พักอาศัย ประเภทเก้าอี้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558) โดยที่นั่ง 1 ที่ มีขนาด 550 x 530 x 380 มิลลิเมตร โดยที่ความสูงของเท้าแขนอยู่ที่ 180 มิลลิเมตร จากนั้นทำการระดมแนวความคิดร่วมกันระหว่างกลุ่มผู้นำของผลิต ผู้วิจัย และนักศึกษา เกิดการบูรณาการร่วมกัน ผลคือทางกลุ่มต้องการนำอัตลักษณ์ของสถานที่ท่องเที่ยว หรือจุดเด่นของทางกลุ่มฯ ได้แก่ อ่างน้ำแม่อาง ถ้ำแม่อาง และช้าง เป็นแนวทางในการออกแบบ จากนั้นได้นำแนวคิดการบูรณากับการเรียนการสอน การทบทวนแบบร่าง ผู้วิจัยได้ระดมแนวความคิดต่อจากแบบร่างสรุปได้ 3 แนวคิด คือ

(1) แนวคิด อ่างเก็บน้ำแม่อาง ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวของชุมชน ด้านหลังจะเป็นยอดดอย จะมีตุงสีขาวปักอยู่ เป็นสถานที่ยึดเหนี่ยวทางจิตใจของชาวบ้านมาช้านาน และเลี้ยงปากท้องคนในชุมชน ทั้งการนำน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และการจับสัตว์น้ำ

ภาพที่ 4 ภาพร่างแนวความคิดที่ 1

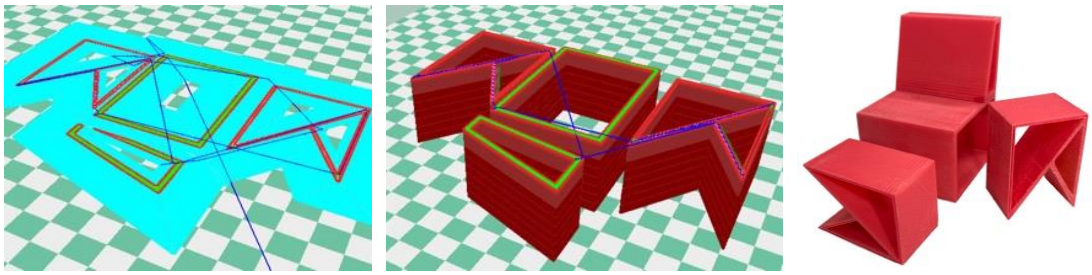
(2) แนวคิด แหย่งช้าง โดยที่ในสมัยก่อนทางกลุ่มฯ ได้เดินทางมาจากต่างจังหวัดโดยการนั่งช้าง รวมถึงมีการนำช้างลากจูงไม้ ขนย้ายสิ่งของ รวมถึงใช้ในการเดินทาง ที่นอกเหนือจากการสัมปทานป่าไม้

ภาพที่ 5 ภาพร่างแนวความคิดที่ 2

(3) แนวคิด ถ้ำอ่างเก็บน้ำแม่อาง ซึ่งจากการค้นพบของชุมชนนั้นภายในถ้ำมีการขุดบ่อ และมีการทำกิจกรรมโบราณ โดยปัจจุบันได้เปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าเยี่ยมชมบริเวณปากถ้ำเท่านั้น

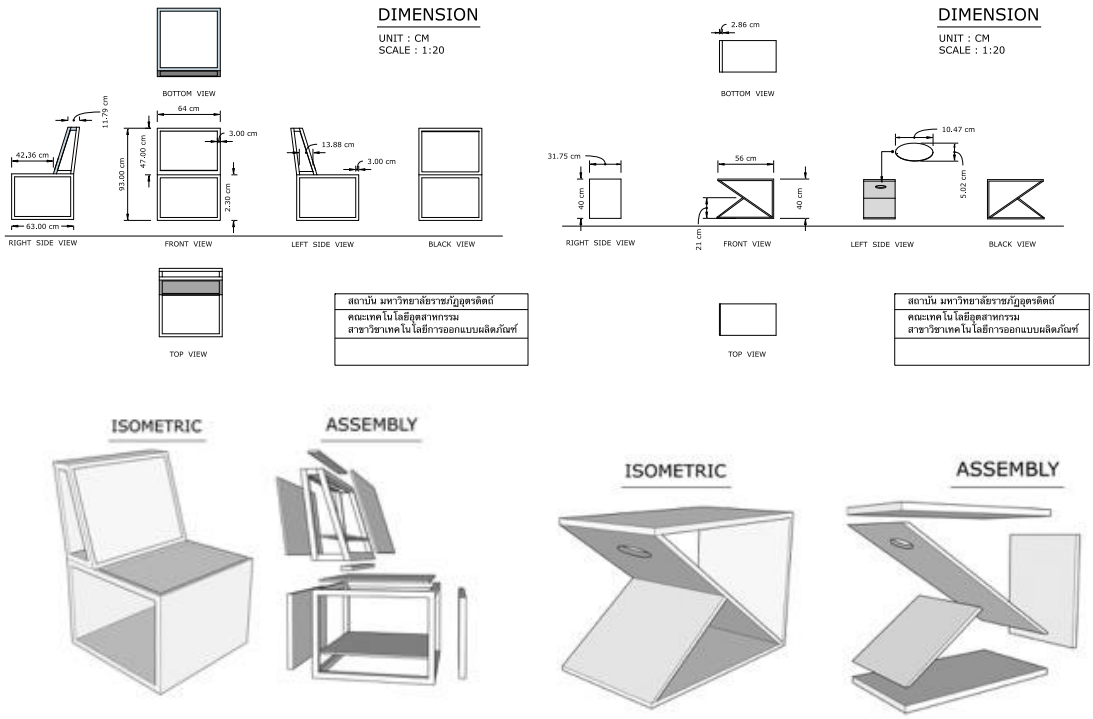
ภาพที่ 6 ภาพร่างแนวความคิดที่ 3

5.3 การนำเสนอผลงานการออกแบบ โดยการคัดเลือกแนวคิดเข้าสู่กระบวนการสร้างต้นแบบเฟอร์นิเจอร์ โดยระดมความคิดของกลุ่มวิสาหกิจ ฯ ร่วมกัน เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต โดยแนวคิดของแหย่งช้าง มีความสอดคล้องกับกระบวนการผลิตมากกว่าแนวคิดอื่น



ภาพที่ 7 การจำลองโดยใช้ 3Printer

การจำลองต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี 3Printer ขึ้นรูปโดยใช้ Polylactic Acid (PLA) filament Ø 3 mm ตั้งอุณหภูมิ อยู่ที่ 210 C° โดยใช้ความละเอียดต่อชั้นอยู่ที่ 0.2 mm ผนังของพื้นผิวอยู่ที่ 1.6 mm ขนาดของฝาบนและฝาล่างมีความหนาที่ 2 mm ส่วนโครงสร้างใช้ 8 % ใช้ความเร็วเฉลี่ยที่ 50 mm/s ส่วนฐานความร้อนใช้ 50 C° เพื่อศึกษาขนาดรูปลักษณ์ รวมถึงวิเคราะห์หาข้อบกพร่องเพื่อเติมเต็มให้เฟอร์นิเจอร์สามารถใช้งานได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในการลดความสูญเสียในกระบวนการของสร้างต้นแบบน้อยที่สุด



ภาพที่ 8 การนำเสนอผลงานการออกแบบ

5.4 กระบวนการผลิตหลังจากการออกแบบได้ระดมความคิดร่วมกัน พร้อมปรับแก้รูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตมากที่สุด จากนั้นทำการคัดเลือกเศษไม้นำมาตัดแต่งให้ได้ขนาดตามแบบ เข้าสู่กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ของกลุ่มวิสาหกิจฯ

ภาพที่ 9 การผลิตต้นแบบเฟอร์นิเจอร์

การนำเรซิ่นแข็ง เริ่มการคัดเลือกเศษไม้ ทำการตัดแต่งให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ จากนั้น นำไม้ทำเป็นบล็อกสี่เหลี่ยมตามขนาด พร้อมทั้งใช้พลาสติกรองพื้นเพื่อให้ง่ายต่อการแกะแบบไม้ การผสมน้ำยาในอัตราส่วน (อุสุมาพันไพศาล, สิงหา ปรารมภ์และนิรัช สุดสังข์. 2562) ใช้น้ำยา Epoxy(A) 2 ส่วนผสมกับน้ำยา Hardener (B) 1 ส่วน ผสมให้เข้ากัน และ เทความหนาเท่าๆ กัน จำนวน 4 ครั้ง คำนวนจากขนาดของความหนาของชิ้นงาน โดยในแต่ละครั้งที่เทลงชิ้นงานจะทิ้งให้ตากแดดไว้ครั้งละ 2 ชั่วโมง เป็นอย่างน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศ เนื่องจากถ้ามีความชื้นมากจะทำให้ข้างในของเรซิ่นไม่แข็งตัวถึงแม้จะเทในปริมาณน้อย เมื่อเทเต็มแล้วปล่อยให้ตากแดดทิ้งไว้อีก 2 ชั่วโมง แล้วค่อยแกะแบบออก จากนั้นปล่อยให้แห้งในอุณหภูมิห้องอีก 4 ชั่วโมง จากนั้นตัดแต่งด้วยเครื่องมืองานไม้ เพื่อให้ชิ้นงานมีความสวยงามตรงตามรูปแบบที่ต้องการ

รูปที่ 10 ต้นแบบเฟอร์นิเจอร์หลังการพัฒนา

5.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนารูปแบบ การศึกษากลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย แบ่งออกไว้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ผลิต และกลุ่มผู้บริโภค โดยกลุ่มผู้ผลิต เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นการระดมความคิดเห็นภายในกลุ่มในประเด็นต่าง ๆ กลุ่มผู้บริโภคที่กำหนดไว้จำนวน 169 คน เป็นการศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มผู้บริโภคที่เข้ามาเยี่ยมชม หรือซื้อสินค้าของกลุ่มสหกิจ ในรอบ 2 เดือน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 99 คน หญิง 70 คน ส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 41 ปี 90 คน และอายุน้อยกว่า 20 ปี ไม่มีคนตอบ โดยส่วนใหญ่การศึกษาอยู่ ในระดับปริญญาตรี 97 คน ถัดมาเป็นพนักงานบริษัท 34 คน และรับจ้าง 17 คน ส่วน นักเรียนหรือนักศึกษา ไม่มีผู้ตอบ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของกลุ่มผู้บริโภค

ข้อที่	รายการข้อคำถาม	$\bar{X}$	S.D	แปลความหมาย
1	การใช้งานเหมาะสมกับสรีระร่างกาย	3.67	0.76	ระดับมาก
2	ความปลอดภัยของเฟอร์นิเจอร์	3.75	0.71	ระดับมาก
3	กระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน	3.57	0.67	ระดับมาก
4	เฟอร์นิเจอร์มีความทนทาน	3.56	0.67	ระดับมาก
5	การสะดวกสบายในการใช้งาน	3.56	0.65	ระดับมาก
6	โครงสร้างมีความแข็งแรง	3.57	0.65	ระดับมาก
7	บ่งบอกถึงอัตลักษณ์กลุ่มฯ	3.50	0.73	ระดับมาก
8	ความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์	3.55	0.62	ระดับมาก
รวม		**3.59**	**0.21**	**ระดับมาก**

จากตาราง ที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของกลุ่มผู้บริโภคที่มีต่อรูปแบบ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.59, S.D = 0.21) โดยพิจารณาตามรายการพบว่า รายการความปลอดภัยของเฟอร์นิเจอร์อยู่ระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 3.75, S.D = 0.71) รองลงมาคือการใช้งานเหมาะสมกับสรีระร่างกายอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.67, S.D = 0.76) ถัดมาคือ กระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน และโครงสร้างมีความแข็งแรง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.59, S.D = 0.67) ต่อมารายการเฟอร์นิเจอร์มีความทนทาน และการสะดวกสบายในการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.56, S.D = 0.65) ถัดมารายการความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.55, S.D = 0.62) และการบ่งบอกถึงอัตลักษณ์กลุ่มฯ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.50, S.D = 0.73) ตามลำดับ

6. อภิปรายผล

การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากเศษไม้สัก กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้ จังหวัดแพร่ ผู้วิจัยได้รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ และปฐมภูมิ พบว่าแนวทางการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ควรมาจากแหล่งท่องเที่ยวภายในพื้นที่ ทั้งน้ำตก ถ้ำ อ่างเก็บน้ำ รวมถึงช้าง ที่เป็นส่วนสำคัญในการดำรงชีพในสมัยก่อน โดยเดิมทีทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชุน ได้ร่วมกันในการสัมปทานป่าไม้ ต่อมาได้ปรับเปลี่ยนแนวทางมาสร้างเฟอร์นิเจอร์จากไม้สัก เนื่องจากป่าไม้ลดจำนวนลงเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันได้นำไม้ที่รอการนำมาใช้งาน และรับซื้อไม้จากป่าปลูกของชุมชนเป็นหลัก หลังจากทราบถึงบริบท เป็นการใช้ทรัพยากรในชุมชนให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนมากที่สุด สอดคล้องกับบทความวิจัยของศรุต ลูกบัว และทรงวุฒิ เอกวุฒิศา (2560. บทคัดย่อ) ที่ส่งเสริมใช้ทรัพยากรในชุมชนท้องถิ่นปลูกป่า และมีส่วนร่วมในการใช้ประโยชน์ดังกล่าว และแนวทางในการออกแบบได้ใช้กระบวนการออกแบบ รวมถึงการบูรณาการกับการเรียนการสอนเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์

6.1 การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากไม้สักเหลือใช้ เริ่มจากการระดมความคิดในการร่างแบบจากแนวความคิดร่วมกันจากนั้นทำการสรุปแบบร่างแนวคิดทั้ง 3 รูปแบบ ทั้งแนวคิดอ่างเก็บน้ำ แหย่งช้าง และถ้ำของอ่างเก็บน้ำ หลังจากร่างแบบแล้วได้จำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาขนาด รูปทรง รวมถึงพิจารณาความเป็นไปได้ในการผลิต จากนั้นปรับปรุงรูปแบบเพื่อเล็กน้อยตามข้อเสนอแนะของทางกลุ่มวิสาหกิจฯ จากนั้นทำการนำเสนอผลการออกแบบในรูปแบบของภาพฉาย และการเขียนแบบเพื่อการผลิต ในโปรแกรมสำเร็จรูป จากนั้นทำการผลิตต้นแบบเฟอร์นิเจอร์ พร้อมทั้งปรับแบบเล็กน้อยให้เข้ากับ เทคนิคและกระบวนการผลิตของทางกลุ่มวิสาหกิจมากที่สุด ใช้เทคนิคประยุกต์ระหว่างภูมิปัญญาพื้นบ้าน กับเทคโนโลยีปัจจุบันเกิดความเหมาะสมมากที่สุด สอดคล้องกับบทความของ ณัฐกานต์ พวงไพบูลย์ และแม้นวาด รชนีกรไกรลาศ (2562, บทคัดย่อ) พบว่า การนำเทคโนโลยีในปัจจุบันนำมาช่วยในการผลิต จะทำให้สามารถลดต้นทุน ลดการสูญเสียของวัตถุดิบตั้งต้นได้เป็นอย่างดี โดยกระบวนการสร้างต้นแบบเริ่มจากคัดเลือกเศษไม้ ปรับแต่งไม้ และการประกอบไม้ รวมถึงใช้เรซินแข็งร่วมกับเศษไม้ให้เป็นแผ่น จากนั้นตัดแต่งให้ได้ขนาดตามแบบที่ต้องการ จากนั้นประกอบตามแบบการผลิตของเฟอร์นิเจอร์ ทำการตกแต่งผิวให้สวยงาม จากนั้นนำผ้าทอเย็บเป็นเบาะสำหรับรองนั่งเพื่อให้เกิดความนุ่ม ขณะนั่ง

6.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลังการพัฒนารูปแบบ ได้ใช้หลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ร่วมกับแนวคิดต่าง ๆ เป็นแนวทางในการออกแบบฯ 8 ข้อดังนี้ 1) การใช้งานเหมาะสมกับสรีระร่างกาย 2) ความปลอดภัยของเฟอร์นิเจอร์ 3) กระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน 4) เฟอร์นิเจอร์มีความทนทาน 5) การสะดวกสบายในการใช้งาน 6) โครงสร้างมีความแข็งแรง 7) บ่งบอกถึงอัตลักษณ์กลุ่มฯ 8) ความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์ หลังจากการสอบถามผู้บริโภคที่เข้ามาเยี่ยมชม หรือเลือกซื้อสินค้าของกลุ่มสหกิจฯ จำนวน 169 คน โดยเทียบกับเกณฑ์ประเมินความพึงพอใจพบว่า รายการความปลอดภัยของเฟอร์นิเจอร์อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดย สอดคล้องกับหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก โดยรองลงมาคือ รายการ ของการใช้งานที่เหมาะสมกับสรีระร่างกาย เนื่องจากกลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้ทดลองการใช้งานขณะนั่ง และการวางสิ่งของแล้วเกิด ความเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของร่างกาย เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้ว อยู่ในระดับมาก

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถนำไปพัฒนาให้กับสินค้า หรือผลิตภัณฑ์ในลักษณะใกล้เคียง เพื่อให้เกิดความหลากหลาย

(2) ควรมีห้องสำหรับกระบวนการของเรซิ่นในการควบคุมอุณหภูมิ และป้องกันละอองหรือเศษไม้ต่าง ๆ ตงลงบนชิ้นงาน

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

หากนำไม้ที่เป็นแผ่นที่เกิดจากเศษไม้ และเรซิ่น นำมาใช้งานโดยไม่มีโครงสร้าง ควรนำไปทดสอบเพื่อหาการรับแรง ความเค้น และความเครียดของชิ้นงาน

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และขอขอบคุณ กลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้ จังหวัดแพร่,นางสาวศิริพร ทองกระสัน นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

ชลธิศ ดาราวงษ์. 2558. *การจัดการผลิตภัณฑ์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่.* กรุงเทพฯ : บ.ธนาเพรส จำกัด.

ณัฐกานต์ พวงไพบูลย์ และแม้นวาด รชนีกรไกรลาศ. 2562. เทคโนโลยีการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทย. *วารสารวิชาการเทพสตรี I – TECH.* กรกฎาคม - ธันวาคม 2562. 4(2). 70-76.

นิรัช สุดสังข์. 2548. *การวิจัยออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม,* กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, *สัมปทานป่าไม้ บทเรียนจากสายน้ำเลือด.* [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.seub.or.th/seub/บทความ/สัมปทานป่าไม้-บทเรียน [4 มีนาคม 2563]

ศรุต ลูกบัว และทรงวุฒิ เอกวุฒิศา. 2560. การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเถาวัลย์ในพื้นที่ป่าชุมชนเพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุมชน. *วารสารวิชาการ AJNU ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร.* 8(2). 90-105.

สินชัย พุกจินดา. *ประธานกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มเฟอร์นิเจอร์รากไม้ ตอไม้จังหวัดแพร่.* 2561. สัมภาษณ์. 9 มกราคม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เครื่องเรือนไม้สำหรับที่พักอาศัย: เก้าอี้.* [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0951_58(เครื่องเรือนไม้สำหรับที่พักอาศัย-เก้าอี้).pdf [6 มีนาคม 2563]

สำนักส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์(องค์การมหาชน). 2563. *เจาะเทรนด์โลก 2021 โดย TCDC.* [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://web.tcdc.or.th/media/publication_lang_file/229/TREND-2021-28-10-63-double-page.pdf [10 มีนาคม 2563]

องค์การบริหารส่วนตำบลสรอย จังหวัดแพร่. *ข้อมูล สภาพทั่วไป.* [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://www.saroi.go.th/condition.php [6 มีนาคม 2563]

อุสุมาพันไพศาล, สิงหา ปรารมภ์และนิรัช สุดสังข์. 2562. การพัฒนารูปแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้สักที่เหลือจากกระบวนการผลิตสำหรับกลุ่มวิสาหกิจผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์จากรากไม้ตอไม้ จังหวัดแพร่. *การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 5.* ราชบุรี. ธันวาคม 2562. 157-161.

การเปรียบเทียบความรู้ทางโภชนาการเจตคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

THE COMPARISONS OF NUTRITIONKNOWLEDGE, ATTITUDE AND FOOD CONSUMPTION BEHAVIOR ON RISK OF NON-COMMUNICABLE DISEASES BETWEEN THE ELDERLY IN BANGKOK METROPOLIS AND NONTHABURI PROVINCE

สุภาสินี ศิลป์สาคร (Supasinee Silpsakorn)[1] สุนันท์ สีสังข์ (Sunan Seesang)[2]
ภารดี เต็มเจริญ (Paradee Temcharoen)[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี 2) เปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี 3) เปรียบเทียบเจตคติต่อการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี 4)เปรียบเทียบพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey research) ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 137 ราย จากประชากร 180 ราย ที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุศูนย์บริการสาธารณสุข 4 ดินแดง กรุงเทพมหานคร และสมาชิกชมรมผู้สูงอายุศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ จังหวัดนนทบุรี กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ ที่ระดับความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ดำเนินการเก็บข้อมูลในวันที่มีการจัดประชุมสมาชิกชมรมผู้สูงอายุประจำเดือนโดยใช้แบบสอบถามเพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปความรู้ เจตคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ระหว่างเดือนตุลาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบไคสแควร์ และการทดสอบค่าที

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต แขนงวิชาวิทยาการอาหารและโภชนาการ วิชาเอกการจัดการระบบอาหารเพื่อโภชนาการมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e – mail address : wongthitiii@gmail.com

[2] รองศาสตราจารย์ ดร. แขนงวิชาส่งเสริมการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e – mail address : sseesang@hotmail.com

[3] รองศาสตราจารย์ ดร. แขนงวิชาวิทยาการอาหารและโภชนาการ วิชาเอกการจัดการระบบอาหารเพื่อโภชนาการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e – mail address : parade_temcharoen@yahoo.com

ผลการศึกษาพบว่า 1) ผู้สูงอายุทั้งในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรีส่วนใหญ่มีคุณลักษณะทั่วไปคล้ายคลึงกัน มีเพียงสามประเด็นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติคือ โรคประจำตัว ระดับการศึกษา และรายได้ 2) ระดับความรู้อยู่ในระดับปานกลางทั้ง 2 กลุ่ม 3) เจตคติของทั้งสองกลุ่ม อยู่ในระดับเห็นด้วยปานกลาง 4) และพฤติกรรมการบริโภคอาหารของทั้ง 2 กลุ่มอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบความรู้ทางโภชนาการเจตคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหาร การบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี

ABSTRACT

This research aimed to study 1) Comparison of the general characteristics of the elderly in Bangkok and Nonthaburi Province; 2) Comparison of knowledge about food consumption at risk of chronic diseases of the elderly in Bangkok and Nonthaburi Province 3) Comparison of attitudes towards food consumption at risk of chronic NCDs among elderly in Bangkok and Nonthaburi Province 4) Comparison of food consumption behavior at risk of chronic NCDs among the elderly in Bangkok and Nonthaburi Province.

This research is a cross-sectional survey research, 137 samples were collected from 180 people who are members of the Elderly Club, Public Health Center 4, Din Daeng, Bangkok and members of the Elderly Club, Elderly Quality of Life Development Center Nonthaburi Province The sample size was determined using the Taro Yamane formula at a tolerance level of 0.05.Data were collected on the day of the monthly elderly club members' meeting using questionnaires to compare general characteristics, knowledge, attitudes and dietary behavior. Between October and November 2017, the data were analyzed using statistics, frequency, percentage, mean, standard deviation. Chi-square test And t – test.

The results of the study showed that 1) Most of the elderly in both Bangkok and Nonthaburi had similar characteristics. There are three issues that that are statistically different:disease, education , and income. 2) The knowledge level was moderate in both groups. 3) Attitudes of both groups. 4) the dietary behavior of both groups was at a moderate level.

Keywords: The Comparisons of NutritionKnowledge, Attitude and Food Consumption ,Food Consumption on Risk of Non-Communicable Diseases , Bangkok Metropolis and Nonthaburi Province

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในรอบครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา ประชากรโลกเพิ่มขึ้นมากกว่า 4 พันล้านคน โดยประชากรสูงอายุหรืออายุตั้งแต่ 60 ปี ขึ้นไป เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยอัตราสูงมากถึง ร้อยละ 3.1 ต่อปี ในขณะที่ประชากรรวมทุกกลุ่มอายุเพิ่มช้าลงด้วยอัตราเพิ่มเพียงร้อยละ 1.1 ต่อปี และกลายเป็นสังคมสูงอายุ (aging society) ใน พ.ศ. 2549 เมื่อมีสัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึงร้อยละ 10 ปัจจุบันประเทศที่พัฒนาแล้วได้กลายเป็นสังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ (aged society) แล้วทุกประเทศ สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน ส่งผลให้หลายประเทศได้กลายเป็นสังคมสูงอายุ สำหรับในประเทศไทยประชากรรวมของประเทศเพิ่มจำนวนน้อย

แต่ประชากรสูงอายุกลับเพิ่มด้วยอัตราเร่ง จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยเข้าสู่สังคมสูงอายุเป็นปีแรกเมื่อมีสัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึงร้อยละ 10 ของประชากร 63 ล้านคน โดยในปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนประชากร 65.9 ล้านคน มีสัดส่วนของประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 16.5 ของประชากรทั้งหมด คาดประมาณว่าในปี 2568 ประเทศไทยจะเข้าสู่ สังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ เมื่อประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด ในปี พ.ศ. 2574 ประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมสูงอายุระดับสุดยอด (super aged) เมื่อประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 28 ของประชากรทั้งหมด (สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย , 2559)

การสูงวัยเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่มีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรทั่วโลกอยู่ในปัจจุบันและในอนาคต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในทางที่เสื่อมลงของอวัยวะและระบบต่างๆ ของร่างกาย ส่งผลให้เกิด ปัญหาสุขภาพหลายประการรวมถึงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCD) จากรายงานขององค์การอนามัยโลกในปี พ.ศ. 2555 มีจำนวนผู้เสียชีวิต 56 ล้านทั่วโลก ในจำนวนนี้มีผู้เสียชีวิต 38 ล้านคนเกิดจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยเฉพาะโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็ง โรคทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง และโรคเบาหวานตามลำดับ สำหรับในประเทศไทยจากรายงานผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557 พบว่า ความชุกของโรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วน และโรคเบาหวาน มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 พ.ศ. 2552 (วิชัย เอกพลากร, 2557) สอดคล้องกับรายงานประจำปี 2559 สำนักโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข พบว่า การเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง มีอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นจากปี 2555-2558 โดยโรคที่เสียชีวิตมากที่สุด คือ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง (กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักโรคไม่ติดต่อ, 2559) สาเหตุหลักของกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังนี้ส่วนใหญ่เป็นผลจากวิถีการดำเนินชีวิตที่เกิดจากการสูบบุหรี่ พฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีพลังงาน ไขมัน น้ำตาล และเกลือโซเดียมสูง การไม่ออกกำลังกายหรือมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง และการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ (World Economic Forum , 2011) และนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพแล้ว ยังก่อให้เกิดภาระทางเศรษฐกิจไม่เพียงแต่สัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการรักษาเท่านั้น แต่รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียแรงงาน ความพิการ และการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร สำหรับในประเทศไทยค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเหล่านี้สูญเสียค่ารักษาพยาบาลเป็นจำนวนเงิน 25,225 ล้านบาทต่อปี ภายใต้หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า ประกันสังคมและสวัสดิการรักษาพยาบาลข้าราชการและครอบครัว (สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2557) ในปีงบประมาณ 2556 มีผู้ป่วยทั่วไปที่เข้ามารับการรักษาในสถานพยาบาลสังกัดกรมการแพทย์ จำนวน 165,848 คน ด้วยสาเหตุจากโรคไม่ติดต่อเรื้องรัง เช่น โรคหัวใจขาดเลือด จำนวน 4,227 ราย คิดเป็นร้อยละ 32.03 จำนวนวันในการนอนรักษาตัวโรงพยาบาลเฉลี่ย 6.39 วัน (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมการแพทย์ , 2556)

เพื่อการป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ประเทศไทยให้ความสำคัญโดยการจัดทำแผนงานเพื่อส่งเสริมและป้องกันโรคต่างๆ โดยมีเป้าหมายในการควบคุมโรค เช่น แผนยุทธศาสตร์สุขภาพดีวิถีชีวิตไทย พ.ศ. 2554-2563 มีเป้าหมายให้ประชาชน ชุมชน สังคม และประเทศ มีภูมิคุ้มกันและศักยภาพในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เพื่อให้คลอบคลุมการดูแลสุขภาพแบบองค์รวมทั้งหมด และแผนพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุกรุงเทพมหานคร ระยะที่ 2 (พ.ศ.2561-2564) มีเป้าหมายให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีคุณค่า และมีความสุข โดยสนับสนุนการพัฒนาเครือข่ายในการดูแลผู้สูงอายุอย่างบูรณาการและก่อตั้งเป็นชมรมผู้สูงอายุมีเพื่อให้

ผู้สูงอายุในสังคมได้มีส่วนร่วมทำประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น และยังเป็นการมุ่งแก้ไขปัญหาในเรื่องการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ โดยในปัจจุบันมีชมรมผู้สูงอายุ ที่เกิดมาจากการรวมกลุ่มของผู้สูงอายุกันอย่างจำนวนมาก ครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ในประเทศ ทุกหมู่บ้าน ทุกชุมชน มีวัตถุประสงค์กระตุ้นการการเสริมสร้างความรู้ในระดับปัจเจกบุคคลและระดับชุมชนเพื่อให้การป้องกันและควบคุมโรคมีประสิทธิภาพ คุณภาพชีวิตยืนยาว ลดอัตราเสียชีวิตก่อนวัยอันควร การลดค่าใช้จ่ายในการรักษาโรค โดยเน้นกระบวนการให้ความรู้ที่ตัวบุคคลเป็นสิ่งสำคัญเพื่อสร้างบริโภคนิสัยที่ดี เน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารให้เหมาะสมกับพยาธิสภาพของโรค ช่วยชะลอสาเหตุและความรุนแรงของการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานอาหาร การดำเนินงานของแต่ละชมรมอาจมีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ 2 แห่ง ที่มีความเป็นสังคมเมืองในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงการดำเนินกิจกรรมเพื่อการป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในผู้สูงอายุที่มีบริบทใกล้เคียงกันต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

(2) เปรียบเทียบความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

(3) เปรียบเทียบเจตคติต่อการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

(4) เปรียบเทียบพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

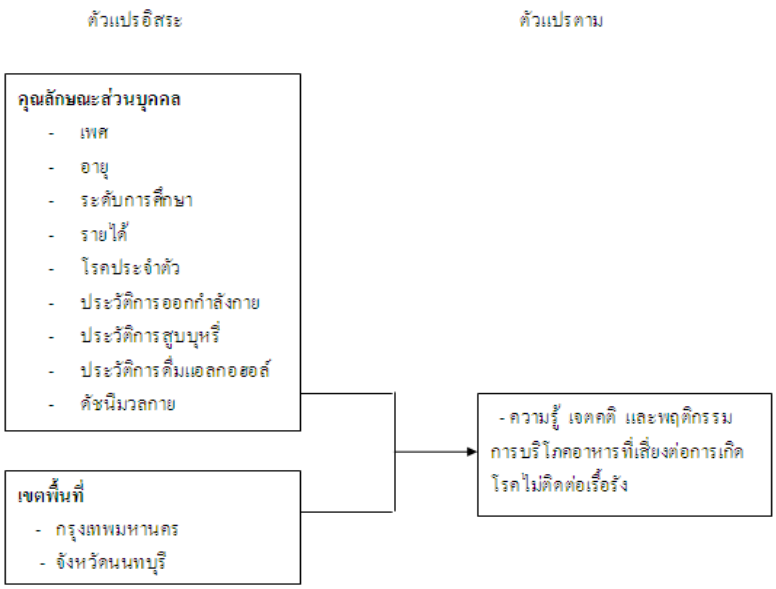
3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัยทำงานตอนท้าย หรือวัยกลางคนเป็นช่วงอายุที่เริ่มมีความเสื่อมถอยของร่างกายเกือบทุกระบบ รวมทั้งเป็นวัยที่วางรากฐานความมั่นคงของชีวิตเพื่อเข้าสู่วัยสูงอายุจึงให้ความสำคัญกับการประกอบอาชีพ ส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในที่ทำงาน มีชีวิต ที่เร่งรีบ การเตรียมพร้อมให้คนวัยกลางคนเป็นผู้สูงอายุที่มีคุณภาพในอนาคต จำเป็นต้องลดปัจจัยเสี่ยงของโรคเรื้อรัง โดยให้คนวัยกลางคนมีพฤติกรรมการป้องกันโรคที่เหมาะสม สอดคล้องกับปัจจัยทำนายพฤติกรรมการป้องกันโรคเรื้อรังของคนวัยกลางคนในเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร ผลงานวิจัยของ นัสรา เกตจินดา(2561) พบว่ากลุ่มวัยกลางคนดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยพฤติกรรมการป้องกันโรคเรื้อรังอยู่ในระดับปานกลาง ($M = 3.49$, $SD = 0.43$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการบริโภคอาหาร และการออกกำลังกายอยู่ในระดับปานกลาง รวมถึงการรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรมการป้องกันโรคเรื้อรัง มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.18$, $SD = 0.76$) หากเริ่มปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตั้งแต่วัยทำงานก็อาจจะมีอิทธิพลต่อภาวะโภชนาการของวัยสูงอายุได้ สอดคล้องกับการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ผลงานวิจัยของนวนิตย์ จันทร์ชุ่ม (2556) พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ (ร้อยละ 98.7) มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารในระดับดี พฤติกรรมที่ปฏิบัติเป็นประจำในประเด็นที่มากที่สุด คือ ดื่มน้ำสะอาดอย่างน้อยวันละ 6 – 8 แก้ว เลือกรับประทานอาหารที่ปรุงสุกใหม่ ๆ และฝาปิดมิดชิด รับประทาน

เนื้อปลา และเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ที่ย่อยง่าย และไม่ติดมัน รับประทานอาหารวันละ 3 มื้อ และครบ 5 หมู่ ในแต่ละวันหรือทุกวัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้สูงอายุมีคนดูแลในเรื่องของการเลือกซื้ออาหาร มีเงินพอที่สามารถเลือกรับประทานอาหารที่ดีและมีประโยชน์ต่อร่างกาย และได้รับคำแนะนำ และได้รับข่าวสารจากการตรวจสุขภาพด้านภาวะโภชนาการ การประเมินภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมีภาวะโภชนาการเกินกว่ามาตรฐาน (ร้อยละ 46.8) อาจเป็นเพราะว่าผู้สูงอายุมีการบริโภคอาหารแบบเดิม จนเกิดความเคยชินจนเป็นบริโภคนิสัยที่ไม่เหมาะสม เช่น การไม่ออกกำลังกาย หรือออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ ซึ่งการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ผลงานวิจัยของ เบญจพร สว่างศรี และเสริมศิริ แต่งงาม (2556) พบว่าระดับการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุทั้ง3ด้านโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง พิจารณาเป็นรายด้าน ดังนี้ การดูแลสุขภาพตนเองด้านการป้องกันโรคอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.37) การดูแลสุขภาพตนเองด้านการส่งเสริมสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.97) และการดูแลสุขภาพตนเองด้านการฟื้นฟูสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.77) โดยผู้สูงอายุที่มีอายุ 60-65 ปี การศึกษาระดับมัธยมศึกษา ประกอบอาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัวมีระดับการดูแลสุขภาพตนเองสูงสุด ผู้สูงอายุที่เป็นเพศหญิงมีระดับการดูแลสุขภาพตนเองสูงกว่าเพศชาย

แม้ว่าพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุจะอยู่ในระดับที่ดี การดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง แต่ความเชื่อยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงกับการบริโภคอาหาร เช่น การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานคร ผลงานวิจัยของ ทวีศิลป์ ศรีอักษร(2551) พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกกรมการบริโภคอาหารประกอบไปด้วยปัจจัยนำ และปัจจัยเสริม โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ปัจจัยนำด้านความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหาร (r = 0.176) ด้านความเชื่อเกี่ยวกับการบริโภคอาหาร (r = 0.180) ปัจจัยเสริมด้านครอบครัว (r = 0.480) และด้านเพื่อน (r = 0.040) ซึ่งการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาคุณลักษณะอาหารสำหรับผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร ผลงานวิจัยของ พีรพัศ อึ้งประเสริฐ และประพิณวดี ศิริศุภลักษณ์ (2561) พบว่า ผู้สูงอายุชอบทานอาหารง่ายๆ ไม่ยุ่งยาก พึงพอใจกับอาหารที่มีความนุ่มปกติ (0.862) ทานอาหารรสชาติปานกลาง (0.120)ไม่ค่อยรับประทานอาหารนอกบ้าน นิยมปรุงอาหารทานเองภายในครอบครัว มักจะหลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันสูง และอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อสินค้าคือการแนะนำจากเพื่อนและครอบครัว

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

คุณลักษณะส่วนบุคคล ระดับ ความรู้ เจตคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรีมีความแตกต่างกัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey research)

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

สมาชิกชมรมผู้สูงอายุศูนย์บริการสาธารณสุข 4 ดินแดง กรุงเทพมหานครและชมรมผู้สูงอายุศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุจังหวัดนนทบุรี ทั้งชายและหญิงที่เข้าร่วมกิจกรรมในช่วงที่ศึกษา ระหว่างเดือน ตุลาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 จำนวน 137 คน

4.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง แบ่งเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เป็นข้อคำถามแบบมีตัวเลือกให้ตอบและเติมข้อความในช่องว่าง ตอนที่ 2 ความรู้ความเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง มีข้อคำถามทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ตอนที่ 3 เจตคติต่อการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง มีจำนวน 15 ข้อ ประกอบด้วยข้อความเชิงบวกและเชิงลบตอนที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง มีจำนวน 20 ข้อประกอบด้วยข้อความเชิงบวกและเชิงลบ ตรวจสอบเครื่องมือการวิจัยโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกชมรมผู้สูงอายุของชมรมผู้สูงอายุศูนย์บริการสาธารณสุข 4 ดินแดง กรุงเทพมหานคร และชมรมผู้สูงอายุศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ จังหวัดนนทบุรี ช่วงเดือน ตุลาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 โดยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากสาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ในการเข้าไปเก็บข้อมูล ดำเนินการในวันที่มีการจัดประชุมสมาชิกชมรมผู้สูงอายุประจำเดือน เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างแล้ว ผู้วิจัยชี้แจงให้ทราบถึงสิทธิในการตอบรับหรือปฏิเสธในการเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้ สามารถยุติการเข้าร่วมวิจัยในช่วงใดก็ได้ และมีสิทธิที่จะไม่ตอบคำถามบางคำถามที่เป็นเรื่องส่วนตัวหรือเรื่องที่ไม่ต้องการเปิดเผย รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้นำเสนอโดยภาพรวม ไม่ระบุชื่อของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

(1) สถิติเชิงพรรณา (Descriptive statistics) ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และ ค่าสูงสุด เพื่ออธิบายลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป ความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

(2) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้สถิติ Pearson Chi – Square Test , Fisher' s Exact Test และ Idependent t- test เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยตามตัวแปรอิสระ ได้แก่ 1) คุณลักษณะส่วนบุคคล 2) เขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และ นนทบุรีที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. ผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้สูงอายุระหว่าง 2 กลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สามประเด็น คือ โรคประจำตัว ระดับการศึกษา และรายได้ โดยกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่มีโรคประจำตัวในขณะที่จังหวัดนนทบุรี มีโรคประจำตัวน้อยกว่า ระดับการศึกษาของผู้สูงอายุ โดยกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา ในขณะที่จังหวัดนนทบุรีส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาขึ้นไป และรายได้ของผู้สูงอายุกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่มีรายได้น้อยกว่าจังหวัดนนทบุรี เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงอายุผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรีพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความรู้อยู่ที่คะแนนปานกลาง 9-11 คะแนน เมื่อจำแนกตามระดับเจตคติต่อการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง พบว่า เจตคติอยู่ในระดับปานกลาง(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.61-3.40คะแนน) และพฤติกรรมการบริโภคอาหารอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.01 – 3.00คะแนน)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะทั่วไปของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี

ตัวแปร	กรุงเทพมหานคร		จังหวัดนนทบุรี		χ^2	t	p-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ			
เพศ	n =66		n =66		1.164		0.281
ชาย	11	16.7	16	24.2			
หญิง	55	83.3	50	75.8			
อายุ	n =63		n =64			1.260	0.121
น้อยกว่า 60 ปี	3	4.8	6	9.4			
60 – 69 ปี	32	50.8	33	51.6			
70 – 79 ปี	23	36.5	24	37.5			
80 ปี หรือ มากกว่า	5	7.9	1	1.6			
ค่าเฉลี่ย (Mean)	69.48		68.13				
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd)	6.32		5.62				
ค่าต่ำสุด (Min)	58		55				
ค่าสูงสุด (Max)	86		82				
ระดับการศึกษา	n =59		n =67		5.600		0.000*
ต่ำกว่า - ประถมศึกษา	35	59.3	13	19.4			
มัธยมศึกษา	19	32.2	28	41.8			
อุดมศึกษาขึ้นไป	5	8.5	26	38.8			
รายได้	n =56		n =56			-2.927	0.004*
น้อยกว่า 10,000 บาท	52	92.9	39	69.6			
10,000 – 20,000 บาท	2	3.6	8	14.3			
20,001 บาท หรือมากกว่า	2	3.6	9	16.1			
ค่าเฉลี่ย (Mean)	3326.79		8861.61				
โรคประจำตัว	n =62		n =64		5.619		0.018*
ไม่มีโรคประจำตัว	2	3.2	10	15.6			
มีโรคประจำตัว	60	96.8	54	84.4			
โรคไขมันในเลือดสูง	33	53.2	26	40.6			
โรคเบาหวาน	15	24.2	14	21.9			
โรคความดันโลหิตสูง	31	50.0	30	46.9			
โรคข้อเข่าเสื่อม	17	27.4	15	23.4			
โรคหัวใจ	7	11.3	2	3.1			
ประวัติการดื่มแอลกอฮอล์	n =61		n =67		4.813		0.09
ไม่เคยดื่ม	54	88.5	49	73.1			
เคยดื่มแต่เลิกแล้ว	5	8.2	13	19.4			
ปัจจุบันยังดื่มอยู่	2	3.3	5	7.5			

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปร	กรุงเทพมหานคร		จังหวัดนนทบุรี		χ^2	t	p-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ			
ประวัติการสูบบุหรี่	n =65		n =66		4.685		0.096
ไม่เคยสูบ	61	93.8	54	81.8			
เคยสูบแต่เลิกแล้ว	4	6.2	11	16.7			
ปัจจุบันยังสูบอยู่	0	0.0	1	1.5			
ประวัติการออกกำลังกาย	n =63		n =64		2.202		0.164
ไม่ออกกำลังกาย	6	9.5	2	3.1			
ออกกำลังกาย	57	90.5	62	96.9			

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

ข้อความ	กรุงเทพมหานคร (n=69)		จังหวัดนนทบุรี (n=68)		t	p-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
ระดับคะแนนความรู้					0.137	0.891
คะแนน ต่ำ 0-8 คะแนน	30	43.5	25	36.8		
คะแนนปานกลาง 9-11 คะแนน	32	46.4	41	60.3		
คะแนนสูง 12-15 คะแนน	7	10.1	2	2.9		
คะแนนเฉลี่ย (Mean)	8.681		8.617			
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd)	2.659		2.753			
คะแนนต่ำสุด (Min)	1		1			
คะแนนสูงสุด (Max)	14		13			

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับเจตคติต่อการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

เจตคติต่อการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง	กรุงเทพมหานคร (n = 69)		จังหวัดนนทบุรี (n=68)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ระดับดีมาก(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.21-5.00 คะแนน)	5	7.2	5	7.4
ระดับดี(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.41-4.20 คะแนน)	13	18.8	22	32.4
ระดับปานกลาง(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.61-3.4คะแนน)	39	56.5	36	52.9
ระดับน้อย(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.81-2.60คะแนน)	9	13.0	5	7.4
ระดับน้อยมาก(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.80 คะแนน)	2	2.9	0	0.0

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับพฤติกรรมการการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

พฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง	กรุงเทพมหานคร (n = 69)		จังหวัดนนทบุรี (n=68)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ระดับดี(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.01 - 4.00 คะแนน)	3	4.3	0	0.0
ระดับปานกลาง(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.01 – 3.00คะแนน)	49	71.0	58	85.3
ระดับน้อย(คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 2.00 คะแนน)	17	24.6	10	14.7

6. อภิปรายผล

ทั้งสองกลุ่มตัวอย่างมีข้อมูลใกล้เคียงกัน ทั้งเพศ อายุเฉลี่ย และโรคประจำตัว มีข้อมูลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ระดับการศึกษา รวมถึงระดับความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังก็มีความคล้ายคลึงกัน สอดคล้องตามเสาวรส ฉันทธรรมสกุลและคณะ (2556) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ที่อาศัยอยู่ในเขตชุมชนเมืองกับชุมชนชนบท พบว่า คะแนนเฉลี่ยคุณภาพชีวิตโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของสุพรรณี เตรียมวิศิษฏ์ และคณะ (2540) โดยพบว่าภาวะสุขภาพและความว้าเหว่ของผู้สูงอายุในเขตเมืองและเขตชนบทไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาขัดแย้งจากสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่คาดว่า คุณลักษณะส่วนบุคคล ระดับความรู้ เจตคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุในจังหวัดกรุงเทพมหานครและนนทบุรีมีความแตกต่างกัน และกล่าวได้ว่าระดับการศึกษาที่แตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความรู้ของผู้สูงอายุ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เป็นสังคมเมืองเหมือนกัน และกลุ่มตัวอย่างในกรุงเทพมหานครถึงแม้ว่าระดับการศึกษาจะต่ำกว่า แต่เป็นกลุ่มที่จัดกิจกรรมการให้ความรู้สม่ำเสมอจากชมรมผู้สูงอายุ จึงทำให้ความรู้ เจตคติและพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาเป็นแนวทางในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง รวมถึงการพัฒนาชมรมผู้สูงอายุอื่น

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1)ควรทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการให้ครบทั้ง3 ด้าน ได้แก่ ด้านอารมณ์ อาหาร และการออกกำลังกายโดยให้ครอบคลุมทุกพฤติกรรมเสี่ยงของสุขภาพผู้สูงอายุ

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีสังข์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักโครงการวิจัย และรองศาสตราจารย์ ดร.ภารดี เต็มเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการวางแผนการวิจัย ดำเนินการวิจัยตลอดจนให้คำปรึกษาการจัดทำรูปเล่มงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.วศินา จันทรศิริ รองศาสตราจารย์ ดร.สำอาง สืบสมาน ที่สละเวลาให้คำแนะนำ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่สละเวลาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพิมลนรี นักกิจกรรม หัวหน้าผู้ดูแลชมรมผู้สูงอายุศูนย์บริการสาธารณสุข 4 ดินแดง กรุงเทพมหานคร และหัวหน้าศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ จังหวัดนนทบุรี ที่อนุญาตให้เข้าไปใช้สถานที่และเก็บข้อมูล และสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ ในชมรมผู้สูงอายุ ศูนย์บริการสาธารณสุข 4 ดินแดง กรุงเทพมหานคร และสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ ศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ จังหวัดนนทบุรี ที่ให้ความร่วมมือ และเอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการทำวิจัย สุดท้ายขอขอบพระคุณประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิดา ปโชติการ ที่สละเวลาและให้คำแนะนำในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักโรคไม่ติดต่อ. (บรรณาธิการ). (2559). *รายงานประจำปี 2559.* กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.

คณะทำงานร่วมระหว่างหน่วยงานสหประชาชาติว่าด้วยการป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อ ณ ประเทศไทย. (2561). *รายงานการปฏิบัติภารกิจของคณะทำงานร่วมระหว่างหน่วยงานสหประชาชาติ ว่าด้วยเรื่องการป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อ.*

ทวีศิลป์ ศรีอักษร. (2551) *ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุในเขตกรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวนิตย์ จันทร์ชุ่ม.(2556). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

เนติมา คูนีย์. (บรรณาธิการ). (2557). *การทบทวนวรรณกรรม สถานการณ์ปัจจุบันและรูปแบบการบริการด้านโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง.* นนทบุรี: สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

เบญจพร สว่างศรี และเสริมศิริ แต่งงาม. (2556). การดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิชาการมทร.สุวรรณภูมิ* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ กรุงเทพฯ 2556; 1(2), 129-137.

ปราโมทย์ ประสาทกุล. (บรรณาธิการ). (2559). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ.2559.* กรุงเทพฯ:สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย.

วิชัย เอกพลากร. (บรรณาธิการ). (2557). *รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557.* นนทบุรี: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

สุรศักดิ์ ก้องเกียรติกุล. (บรรณาธิการ). (2556). *รายงานสถิติการให้บริการทางการแพทย์ กรมการแพทย์ 2556 (Statistical Report DMS on Medical Services 2013)*. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมการแพทย์.

World Health Organization. (1994). *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis*. No. 843 of technical reports series.

แบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มที่ถูกปรับปรุงสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน

AN IMPROVED INTEGER PROGRAMMING MODEL FOR SOLVING A SCHOOL BUS ROUTING PROBLEM

อัญธิกา เล็กบูรพา
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปทุมธานี 12120
E-mail: anthika.lekburapa@gmail.com

เอื้ออารี บุญเพิ่ม
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปทุมธานี 12120
E-mail: aua-aree@mathstat.sci.tu.ac.th

วุฒิพล สินธุนาวารัตน์
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปทุมธานี 12120
E-mail: wutiphol@mathstat.sci.tu.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน โดยเงื่อนไขระยะทางในแบบจำลองที่นำเสนอได้ถูกปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองเดิมและแบบจำลองที่ถูกปรับปรุงกับข้อมูลตัวอย่างที่ถูกสร้างขึ้นแบบสุ่ม พบว่าแบบจำลองที่นำเสนอใช้จำนวนรถโรงเรียนน้อยกว่าและมีระยะทางรวมที่น้อยกว่าแบบจำลองเดิม

คำสำคัญ: กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน ปัญหาการหาค่าที่เหมาะที่สุด

ABSTRACT

The aim of this paper is to present an integer programming model for solving a school bus routing problem. The distance conditions in the proposed model is improved to be more efficient. The comparison of

obtained results from the original model and the modified model with the random generated data shows that the proposed model uses less school buses and less total distances than the original model.

Keywords: Integer linear programing, School bus routing problem, Optimization problem

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP) เป็นปัญหาในการจัดการด้านโลจิสติกส์อย่างหนึ่งซึ่งต้องการจัดเส้นทางเดินรถ โดยรถที่ใช้ขนส่งสินค้าจะต้องมารับสินค้าที่คลังสินค้าหรือจุดกระจายสินค้าและออกเดินทางไปส่งสินค้าในตำแหน่งต่าง ๆ หลังจากการขนส่งสินค้ารถคันดังกล่าวจะต้องเดินทางกลับมายังคลังสินค้าแห่งเดิม เช่น การส่งวัตถุดิบในการผลิตสินค้าไปยังโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้า หรือ การขนส่งสินค้าไปยังคลังสินค้าหรือลูกค้า เป็นต้น โดยที่การจัดเส้นทางในการขนส่งสินค้าจะต้องมีการวางแผนอย่างรอบคอบ เนื่องจากการขนส่งสินค้าแต่ละครั้งจะมีค่าใช้จ่ายของพาหนะ พนักงานที่จัดส่ง และค่าน้ำมัน ดังนั้นการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการขนส่งสินค้าได้ ในอดีตปัญหานี้เป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อโรงงานอุตสาหกรรมในการขนส่งวัตถุดิบหรือกระจายสินค้า แต่ในปัจจุบันปัญหานี้มีความแพร่หลายมากยิ่งขึ้นในการขนส่งสินค้าและบริการ เนื่องจากการบริการผ่านระบบออนไลน์มีความนิยมมากขึ้น ซึ่งการบริการออนไลน์อาจรวมถึงการสั่งสินค้าออนไลน์ ดังนั้นผู้ขายจึงต้องใช้บริการการขนส่งสาธารณะในการส่งสินค้าให้ถึงมือของลูกค้า เช่น การขนส่งพัสดุทางไปรษณีย์ การขนส่งสินค้าอุปโภคบริโภค เป็นต้น

ต่อมามีการนำปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมาปรับเปลี่ยนเงื่อนไขเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานให้มากขึ้นนั่นคือ จากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถเดิม รถทุกคันที่ใช้ในการขนส่งสินค้าหลังจากส่งสินค้าแล้วต้องเดินทางกลับมายังคลังสินค้า แต่การจัดเส้นทางการเดินรถแบบใหม่รถทุกคันหลังมารับสินค้าที่คลังสินค้าและกระจายสินค้าไปยังลูกค้าในตำแหน่งต่าง ๆ แล้วไม่จำเป็นต้องกลับมายังคลังสินค้าหลังจากขนส่งสินค้าเรียบร้อยแล้ว ปัญหาใหม่นี้จะมีชื่อว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem, OVRP)

ปัญหาประเภทหนึ่งของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด คือ ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถของรถโรงเรียน (School Bus Routing Problem, SBRP) ซึ่งเป็นปัญหาที่เปลี่ยนการขนส่งสินค้าเป็นการรับ-ส่งนักเรียน โดยในปัญหานี้สามารถพิจารณาได้สองมุมมองนั่นคือการรับนักเรียนจากตำแหน่งต่าง ๆ มาส่งที่โรงเรียนหรือการรับนักเรียนจากโรงเรียนไปส่งยังตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งการรับ-ส่งในแต่ละครั้งจะต้องคำนึงถึงเวลาในการเดินทางเป็นสำคัญเพื่อที่นักเรียนจะได้มาถึงโรงเรียนก่อนเวลาเข้าเรียนในช่วงเช้าและไม่ใช้เวลาในการเดินทางมากเกินไปในช่วงเย็น ปัญหานี้ถูกศึกษาเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2512 (Newton และ Thomas, 1969)ในการศึกษาครั้งนั้นเป็นการแก้ปัญหาโดยใช้การคำนวณเส้นทางด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ภายใต้เงื่อนไขที่จำกัดความจุของพาหนะและเงื่อนไขที่จำกัดเวลาในการเดินทางสูงสุด หลังจากนั้นได้มีนักวิจัยศึกษาปัญหานี้มากมายโดยนักวิจัยได้นำเสนอเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนคือการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (integer linear programming model) โดยแบบจำลองที่นำเสนอมีวัตถุประสงค์และเงื่อนไขของแบบจำลองที่แตกต่างกันเช่น Bektas และคณะ (2007) ได้นำเสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนเพื่อหาเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดพร้อมทั้งสามารถลดจำนวนรถโรงเรียนได้ภายใต้สถานการณ์ที่ทราบจำนวน

นักเรียนในแต่ละตำแหน่งซึ่งถูกกำหนดเป็นจุดรับ-ส่งนักเรียนโดยในแบบจำลองนี้ได้พิจารณาร่วมกับเงื่อนไขด้านความจุและระยะทาง (capacity and distance constraints) ต่อมาในปี พ.ศ. 2556 Song และ Kim (2013) ได้สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มเพื่อจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนในศูนย์รับเลี้ยงเด็กในประเทศเกาหลีใต้ภายใต้การคำนึงถึงความสำคัญของผู้ปกครองและนักเรียนเป็นหลัก และในปีเดียวกัน Jorge Riera-Ledesma และคณะ (2013) ได้แก้ปัญหาแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียน โดยใช้วิธี Branch and Price and Cut โดยในงานของพวกเขาได้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถโรงเรียนจากการเลือกจุดจอดรับ-ส่งนักเรียนจากจุดที่เป็นไปได้ทั้งหมด หลังจากนั้นทำการจัดสรรนักเรียนไปจุดที่ถูกเลือกไว้ก่อนหน้านี้และทำการหาเส้นทางที่เหมาะที่สุดในการรับ-ส่งนักเรียนเป็นลำดับสุดท้าย โดยที่ค่าใช้จ่ายในการรับ-ส่งนักเรียนของพวกเขาจะต้องมีค่าที่น้อยที่สุดซึ่งพิจารณาภายใต้ 4 เงื่อนไขประกอบด้วย เงื่อนไขความจุของพาหนะ เงื่อนไขการจำกัดระยะทางสูงสุดของแต่ละเส้นทาง เงื่อนไขการจำกัดจำนวนจุดจอดของเส้นทางนั้นและเงื่อนไขการจำกัดระยะทางสูงสุดที่นักเรียนสามารถเดินมายังจุดจอดรถได้และในกรณีที่ปัญหามีขนาดใหญ่เทคนิคที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหารถโรงเรียนคือวิธี เมต้าฮิวริสติก (Metaheuristic) เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม (genetic algorithm) การหาค่าที่เหมาะที่สุดด้วยอาณานิคมมด (ant colony optimization) และการหาค่าที่เหมาะที่สุดด้วยอาณานิคมผึ้ง (bee colony Optimization) อาณานิคมมดประดิษฐ์ (artificial ant colony) ซึ่งสามารถดูตัวอย่างได้จากบทความวิจัยของ Jalel และคณะ (2011) Lima และคณะ (2013) และ Schittekat และคณะ (2013) เป็นต้น นอกจากนี้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนยังมีอีกมากมาย ซึ่ง Junhyuk Park และ Byung-In Kim (2010) และ William A. Ellegood และคณะ (2020) ได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ในบทความของพวกเขา

แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนอยู่มากมาย แต่การนำเสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม โดยมีมุมมองที่แตกต่างกันหรือการปรับปรุงแบบจำลองให้ครอบคลุมในหลาย ๆ กรณียังเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ ดังนั้นในบทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนโดยการปรับปรุงเงื่อนไขของแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มของปัญหาการจัดเส้นทางรถโรงเรียนที่ถูกนำเสนอโดย Bektas และคณะ (2007) เนื่องจากในแบบจำลองดังกล่าวมีข้อผิดพลาดบางประการทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ใช่ผลเฉลยที่เหมาะที่สุด หลังจากการปรับปรุงเงื่อนไขให้ครอบคลุมและแม่นยำมากยิ่งขึ้นเราจะทำการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ทดสอบกับกรณีตัวอย่างสมมติที่ได้จากการใช้เงื่อนไขเดิมและเงื่อนไขที่ถูกปรับปรุง

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนที่ทราบจำนวนนักเรียนที่มารอขึ้นรถโรงเรียนในแต่ละป้าย โดยที่รถแต่ละคันจะสามารถจุนักเรียนได้ไม่เกินความจุของรถและเดินทางได้ไม่เกินระยะทางสูงสุดที่กำหนดไว้ ซึ่งรถแต่ละคันสามารถใช้เส้นทางได้เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้นและป้ายรถสำหรับการรับนักเรียนจะมีรถมาจอดรับนักเรียนได้เพียงคันเดียวเท่านั้น สำหรับการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนจะมีเซต ดัชนี พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจ ดังนี้

เซตและดัชนี

I คือ เซตของป้ายรถรับนักเรียน

V คือ เซตของป้ายรถรับนักเรียน โรงเรียนและโหนดดัมมี่

นั่นคือ $V = I \cup \{0\} \cup \{d\}$ เมื่อ 0 คือ โรงเรียน และ d คือโหนดดัมมี่

i, j คือ ดัชนีของป้ายรับนักเรียน โรงเรียนและโหนดดัมมี่

พารามิเตอร์

d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างโหนด i และโหนด j สำหรับทุก $i, j \in I$

$d_{dj} = 0$ สำหรับทุก $j \in I$

$d_{d0} = M$ เมื่อ M คือ ค่าคงที่ที่มีค่ามาก

q_i คือ จำนวนนักเรียนที่รอขึ้นรถโรงเรียนที่ป้าย i

k คือ จำนวนของรถโรงเรียน

Q คือ ความจุของรถโรงเรียน

T คือ ระยะทางสูงสุดของแต่ละเส้นทางที่ถูกกำหนด

ตัวแปรตัดสินใจ

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ถ้าเส้นทางจาก } i \text{ ไป } j \text{ ถูกเลือก} \\ 0, & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases}$$

u_i คือจำนวนนักเรียนสะสมทั้งหมดของรถโรงเรียนหลังจากเดินทางมายังป้าย i

v_i คือระยะทางสะสมทั้งหมดของรถโรงเรียนหลังจากเดินทางมายังป้าย i

จากงานวิจัยของ Bektas และคณะ (2007) พิจารณาเงื่อนไขระยะทาง (distance constraint) ดังต่อไปนี้

$$v_i - v_j + (T - d_{di} - d_{j0} + d_{ij})x_{ij} + (T - d_{di} - d_{j0} - d_{ij})x_{ji} \le T - d_{di} - d_{j0} \qquad \forall i, j \in I \text{ โดยที่ } i \ne j$$

$$v_i - d_{i0}x_{i0} \ge 0 \qquad \forall i \in I$$

$$v_i - d_{i0}x_{i0} + Tx_{i0} \le T \qquad \forall i \in I,$$

เมื่อ $v_j = v_i + d_{ij}$ หลังจากนำเงื่อนไขข้างต้นมาทดลองกับกลุ่มตัวอย่างและพบว่าเกิดข้อขัดแย้งในบางกรณี เราจึงทำการปรับปรุงเงื่อนไขให้สามารถใช้ได้กับทุกกรณีและเงื่อนไขที่ถูกปรับปรุงแล้วแสดงดังต่อไปนี้

$$v_i - v_j + (T - d_{di} - d_{j0} + d_{ij})x_{ij} + (T - d_{di} - d_{j0} - d_{ij})x_{ji}$$

$$\le T - d_{di} - d_{j0}(x_{ij} + x_{ji}) \qquad \forall i \ne j \in I \text{ โดยที่ } i \ne j$$

$$v_i - d_{i0}x_{i0} \ge 0 \qquad \forall i \in I$$

$$v_i - d_{i0}x_{i0} + Tx_{i0} \le T \qquad \forall i \in I$$

จากการปรับปรุงเงื่อนไขข้างต้น แบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนเพื่อหาระยะทางรวมที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินรถโรงเรียนแสดงดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i \in I} \sum_{i \in I} d_{ij} x_{ij} \tag{1}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in I} x_{i0} \le k \tag{2}$$

$$\sum_{i \in I} x_{di} \le k \tag{3}$$

$$\sum_{j \in I \cup \{d\}} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in I \tag{4}$$

$$\sum_{i \in I \cup \{0\}} x_{ij} = 1 \qquad \forall j \in I \tag{5}$$

$$u_i - u_j + Qx_{ij} + \left(Q - q_i - q_j\right)x_{ji} \le Q - q_j \qquad \forall i, j \in I \text{ โดยที่ } i \ne j \tag{6}$$

$$u_i \geq q_i \qquad \forall i \in I \qquad (7)$$

$$u_i - q_i x_{i0} + Q x_{i0} \leq Q \qquad \forall i \in I \qquad (8)$$

$$v_i - v_j + (T - d_{di} - d_{j0} + d_{ij})x_{ij} + (T - d_{di} - d_{j0} - d_{ij})x_{ji}$$

$$\leq T - d_{di} - d_{j0}(x_{ij} + x_{ji}) \qquad \forall i, j \in I \text{ โดยที่ } i \neq j \qquad (9)$$

$$v_i - d_{i0} x_{i0} \geq 0 \qquad \forall i \in I \qquad (10)$$

$$v_i - d_{i0} x_{i0} + T x_{i0} \leq T \qquad \forall i \in I \qquad (11)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j \in V \qquad (12)$$

$$u_i, v_i \geq 0 \qquad \forall i \in I \qquad (13)$$

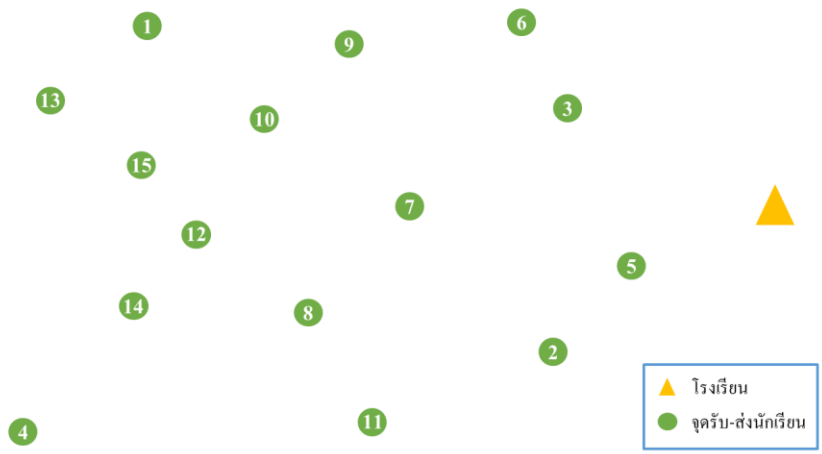
จากแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ฟังก์ชันจุดประสงค์ (1) หาค่าที่น้อยที่สุดของผลรวมระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง เงื่อนไขที่ (2) และ (3) เป็นเงื่อนไขเพื่อกำหนดให้การใช้รถได้ไม่เกินจำนวนรถที่กำหนดให้ เงื่อนไขที่ (4) และ (5) ตรวจสอบว่ารถนักเรียนสามารถเข้าและออกป้ายรถรับนักเรียนที่ i เมื่อ $i \in I$ ได้เพียงคันเดียว เงื่อนไขที่ (6)-(8) เป็นเงื่อนไขที่ป้องกันการเกิดทัวร์ย่อยและควบคุมไม่ให้จำนวนนักเรียนเกินความจุของรถโรงเรียน เงื่อนไขที่ (9)-(11) เป็นเงื่อนไขควบคุมไม่ให้ระยะทางการเดินรถในแต่ละเส้นทางเกินระยะทางสูงสุดที่กำหนด

3. กรณีศึกษา

ในบทความวิจัยนี้เราได้นำเสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนโดยการปรับปรุงเงื่อนไขระยะทางให้ใช้ได้กับทุกกรณี เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่นำเสนอและแบบจำลองเดิม เราจะนำแบบจำลองทั้งคู่มาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งเป็นข้อมูลตัวอย่างที่ถูกสร้างขึ้นแบบสุ่มโดยมีป้ายรถรับนักเรียนจำนวน 15 ป้าย และในแต่ละป้ายจะทราบจำนวนนักเรียนที่แน่นอน ซึ่งจำนวนนักเรียนในแต่ละป้ายแสดงดังตารางที่ 1 และกำหนดให้ปัญหานี้สามารถใช้รถได้สูงสุดไม่เกิน 12 คัน ในแต่ละคันสามารถจุนักเรียนได้สูงสุด 30 คน ซึ่งรถแต่ละคันสามารถวิ่งได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร ป้ายรถรับส่งนักเรียนซึ่งเป็นจุดรับ-ส่งนักเรียนแสดงดังแผนภาพที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนนักเรียนในจุดรับ-ส่งนักเรียนในแต่ละป้าย

จุดรับ-ส่งนักเรียน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	รวม
จำนวนนักเรียน (คน)	17	20	14	7	8	18	6	18	10	5	19	12	9	24	13	200

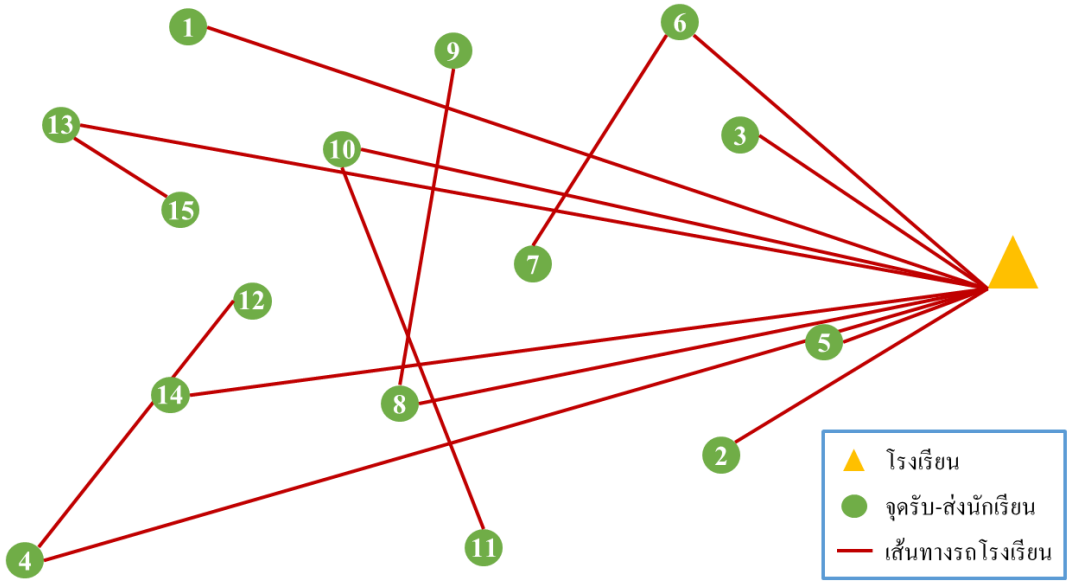


แผนภาพที่ 1 ตัวอย่างตำแหน่งของโรงเรียนและจุดรับ-ส่งนักเรียน

เมื่อนำแบบจำลองที่พิจารณาร่วมกับเงื่อนไขเดิมและแบบจำลองที่พิจารณาร่วมกับเงื่อนไขที่ถูกปรับปรุงแล้วมาหาผลเฉลยโดยใช้โปรแกรม CPLEX พบว่าผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมจะแสดงการเดินทางของรถซึ่งเริ่มจากโหนดดัมมี่จากนั้นจึงเดินทางไปรับนักเรียนที่ป้ายรถและไปส่งยังโรงเรียน โดยผลเฉลยจากการใช้เงื่อนไขเดิมและเงื่อนไขใหม่แสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละตารางแสดงหมายเลขของลำดับการเดินรถ จำนวนนักเรียนในแต่ละเส้นทาง และระยะทางรวมของแต่ละเส้นทาง สำหรับผลลัพธ์ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 สามารถแสดงได้ดังแผนภาพที่ 2 และแผนภาพที่ 3 ตามลำดับ โดยแผนภาพทั้งสองจะแสดงลำดับการเดินรถของผลเฉลย

ตารางที่ 2 ผลเฉลยของเงื่อนไขเดิม

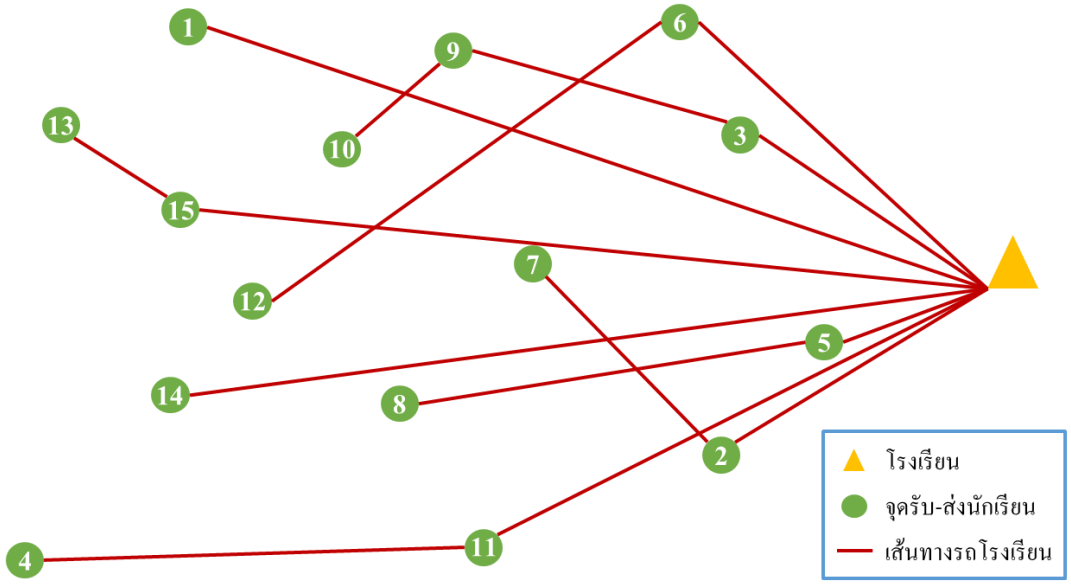
รถคันที่	ลำดับการเดินรถ	จำนวนนักเรียน (คน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	1-0	17	14
2	2-0	20	7.29
3	3-0	14	6.49
4	5-0	8	6.1
5	7-6-0	24	11.05
6	9-8-0	28	12.25
7	11-10-0	24	13.74
8	12-4-0	19	17.3
9	14-0	24	13.5
10	15-13-0	22	16.8
		รวม	118.52



แผนภาพที่ 2 เส้นทางการเดินรถของผลเฉลยจากแบบจำลองที่ใช้เงื่อนไขระยะทางแบบเดิม

ตารางที่ 3 ผลเฉลยของเงื่อนไขที่ถูกปรับปรุง

รถคันที่	ลำดับการเดินรถ	จำนวนนักเรียน(คน)	ระยะทาง(กิโลเมตร)
1	1-0	17	14
2	4-11-0	26	16.5
3	7-2-0	26	9.58
4	8-5-0	26	11.3
5	10-9-3-0	29	10.29
6	12-6-0	26	13
7	13-15-0	22	14.31
8	14-0	24	13.5
		รวม	102.48



แผนภาพที่ 3 เส้นทางการเดินรถของผลเฉลยจากแบบจำลองที่ใช้เงื่อนไขระยะทางที่ถูกปรับปรุง

จากผลลัพธ์ในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าผลเฉลยของแบบจำลองที่ถูกนำเสนอใช้รถทั้งหมดเพียง 8 คัน ซึ่งมีระยะทางรวม 102.48 กิโลเมตร แต่ผลเฉลยของแบบจำลองเดิมใช้รถ 10 คันและมีระยะทางรวม 118.52 กิโลเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองที่นำเสนอสามารถลดจำนวนรถโรงเรียนได้ร้อยละ 20 และลดระยะทางรวมได้ร้อยละ 13.53

4. สรุปและอภิปรายผล

ในบทความวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนโดยการปรับปรุงเงื่อนไขระยะทางให้สามารถพิจารณาปัญหาได้ครอบคลุมและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อนำแบบจำลองที่ได้มาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนกับกรณีศึกษาและเปรียบเทียบผลลัพธ์ พบว่าจำนวนรถและระยะทางรวมจากแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองเดิม เนื่องจากเงื่อนไขเดิมเกิดข้อผิดผลาดในบางกรณีที่มีการพิจารณาระยะทางระหว่างป้ายรถรับนักเรียนที่อยู่คนละเส้นทางทำให้ต้องเปลี่ยนเส้นทางในการเดินทางเพื่อให้ระยะทางสะสมมากพอที่จะทำให้เงื่อนไขไม่เกิดข้อขัดแย้ง แต่ในเงื่อนไขที่ถูกปรับปรุงแล้วสามารถพิจารณาระยะทางระหว่างป้ายที่ไม่ได้อยู่ในเส้นทางเดียวกันโดยไม่ส่งผลกระทบต่อเส้นหลัก จึงได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งที่ 2 ในแผนภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่ารถเริ่มรับนักเรียนในตำแหน่งที่ 2 แล้วเดินทางไปยังโรงเรียน ส่วนแผนภาพที่ 3 รถเริ่มรับนักเรียนในตำแหน่งที่ 7 ต่อด้วยตำแหน่งที่ 2 แล้วเดินทางไปยังโรงเรียน เพราะในเงื่อนไขเดิมจะเกิดข้อขัดแย้งทำให้ต้องมีการเปลี่ยนลำดับการเดินรถ โดยการลดและเปลี่ยนตำแหน่งในการรับนักเรียนในแต่ละเส้นทาง ทำให้จำนวนรถที่ใช้เพิ่มมากขึ้นและระยะทางรวมที่ได้ก็เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นระยะทางที่ได้จึงไม่ใช่ระยะทางที่สั้นที่สุดและยังมีการใช้รถมากเกินความจำเป็น

สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโรงเรียนด้วยแบบจำลองนี้ ข้อมูลที่สำคัญ คือ จำนวนนักเรียนในแต่ละป้าย ซึ่งในสถานการณ์จริงการทราบจำนวนนักเรียนในแต่ละป้ายเป็นไปได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตเราจะพัฒนาแบบจำลองโดยพิจารณาวัตถุประสงค์อื่นร่วมด้วย เช่น การจัดสรรนักเรียนไปยังป้ายรถ เนื่องจากรถที่ใช้ในการรับ-ส่งนักเรียนมีความจุที่จำกัด ดังนั้นจำนวนนักเรียนที่มารอรถที่ป้ายจึงไม่ควรเกินความจุของรถ

หากเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นเราจะทำการพิจารณาถึงความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อป้ายรถแต่ละป้ายและจัดสรรนักเรียนไปยังป้ายรถ เพื่อให้ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อป้ายรถมีค่าสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

5. เอกสารอ้างอิง

Bektas, T., Elmastas, S. (2007). Solving school bus routing problems through integer programming. *Journal of the Operational Research Society,* 58(12), 1599-1604.

Ellegood W.A., Solomon S., North J., Campbell J.F. (2020). *School bus routing problem: Contemporary trends and research directions.* Omega 95, 102056.

Jalel E., Rafaa M. (2011). *The urban bus routing problem in the Tunisian case by the hybrid artificial ant colony algorithm*. Swarm and Evolutionary Computation 2 (2012), 15–24.

Lima FM, Pereira DS, da Conceição SV, de Camargo RS. (2017). A multi-objective capacitated rural school bus routing problem with heterogeneous fleet and mixed loads. *4OR - A Quart Journal of Operational Research 2017.*

Newton R.M., Thomas W.H. (1969). Design of school bus routes by computer. *Socio-Economic Planning Sciences*, 3 (1), 75–85.

Park J., Kim B.I. (2010). The school bus routing problem: a review, *European Journal of Operational Research* 202 (2010), 311–319.

Riera-Ledesma J, Salazar-González JJ. (2013). A column generation approach for a school bus routing problem with resource constraints. *Computers & Operationals Research 2013,* 40(2), 566–83.

Schittekat P, Kinable J, Sörensen K, Sevaux M, Spieksma F, Springael J. (2013). A metaheuristic for the school bus routing problem with bus stop selection. *European Journal of Operational Research 2013,* 229(2), 518–528.

Song SM, Kim T. (2013). Customer-oriented school bus operations for childcare centers in Korea. *Computers & Industrial Engineering 2013,* 66(1), 116–24.