

กลุ่มที่ 4

ผลงานวิจัยวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

**การเปรียบเทียบผลของการออกแบบอาคารรับแรงแผ่นดินไหวที่มีความไม่สม่ำเสมอใน
แนวราบและแนวดิ่งระหว่างวิธีแรงสถิตเทียบเท่ากับ
วิธีสเปกตรัมการตอบสนองและวิธีประวัติเวลา**

**A COMPARISON OF HORIZONTAL AND VERTICAL IRREGULAR
BUILDING EARTHQUAKE RESISTANCE DESIGN BETWEEN
EQUIVALENT STATIC METHOD, RESPONSE SPECTRUM
METHOD AND TIME HISTORY ANALYSES METHOD**

ฉัตร สุจินดา

อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chatr999@yahoo.com

สุภชาติ จีแสงสถิตย์พร

นักศึกษาปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: supachat_ch@hotmail.com

พัศพงษ์ วิจิตรพงษ์

นักศึกษาปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: passapongsev@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหว ในโครงสร้างอาคารอาจทำได้หลายวิธีเรียงลำดับจากง่ายไปยากดังนี้คือ (1) แรงสถิตเทียบเท่า (2) สเปกตรัมการตอบสนอง และ (3) ประวัติเวลา ซึ่งสามวิธีดังกล่าวใช้ความรู้ความเข้าใจเตรียมข้อมูล และเวลาวิเคราะห์คำนวณที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามสำหรับโครงสร้างอาคารที่มีความซับซ้อนทางเรขาคณิตมากขึ้นจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีที่ยากขึ้น บทความนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของผลการวิเคราะห์โครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวทั้งสามวิธี สำหรับโครงสร้างอาคารที่มีความไม่สม่ำเสมอสองแบบคือ ในแนวราบและแนวดิ่ง ในอัตราส่วนของความไม่สม่ำเสมอ 0%-90% เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวต่อไป จากการศึกษาพบว่าผลการวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวโครงสร้างตัวอย่างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวราบไม่เกิน 20% จะได้ในแต่และวิธีมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10% แต่กรณีโครงสร้างตัวอย่างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง จะมีความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่มากกว่า 10% ทุกกรณี

คำสำคัญ: วิเคราะห์แรงแผ่นดินไหว ความไม่สม่ำเสมอ แนวราบ แนวดิ่ง

ABSTRACT

There are a few methods of earthquake analyses for building structures listing from easiest to hardest are (1) equivalent static (2) response spectrum and (3) time history. Those methods requires different levels of knowledge and understanding, time for data preparation and runtime. However, the more geometrically complex the more difficult method is required. This paper presents of analysis results from these three different methods for horizontally and vertically irregular building structures with irregularity ratio of 0%-90% for guidance of selecting the appropriate analysis method. From this study, for horizontally irregular structures, the results from these three methods are different not more than 10% when the irregularity ratio of the structures is not more than 20%, but for vertically irregular structures, the results are mostly different more than 10% for all cases.

KEYWORDS: Earthquake analyses, buildings of irregularity, horizontal, vertical

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

วิธีวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวทั้งสามวิธี อาจให้ผลที่แตกต่างกันในปริมาณที่มากขึ้น ในกรณีที่รูปทรงของโครงสร้างอาคารมีความซับซ้อนมากขึ้น อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์แบบประวัติเวลา ซึ่งถือได้ว่ามีความละเอียดสูงสุด จำเป็นต้องใช้วิศวกรที่มีความรู้ความสามารถสูง อีกทั้งยังต้องใช้เวลาประมวลผลยาวนาน (ตารางที่ 1) หากมีการศึกษาถึงความแตกต่างของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสามวิธี ก็จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะวิเคราะห์อาคารรับแรงแผ่นดินไหวต่อไป

ตารางที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการรัน โปรแกรม ETAB2015 เพื่อวิเคราะห์หาผลการตอบสนองของโครงสร้าง ตัวอย่าง (Processor i7-6700)

วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแรงแผ่นดินไหว	ระยะเวลาประมวลผล (นาที่:วินาที)
แรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent Static)	1:13
แรงสถิตเทียบเท่า*+ สเปกตรัมการตอบสนอง (Response Spectrum)	1:22
แรงสถิตเทียบเท่า*+ วิธีประวัติเวลา (Time History)	13:35

* ทั้งวิธี สเปกตรัมการตอบสนอง และ วิธีประวัติเวลา จำเป็นจะต้องใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าควบคู่ไปด้วย เพื่อใช้ปรับค่า scale factor

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการในการวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวทั้งสามวิธีซึ่งมีพื้นฐานที่ต่างกัน
- (2) เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างที่เพิ่มขึ้นของผลการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีความไม่สม่ำเสมอในทางราบและทางตั้ง จากวิธีวิเคราะห์ทั้งสามวิธี

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวสามวิธีคือ

(1) **วิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent Static)** เป็นวิธีพิจารณาโครงสร้างโดยการคำนวณแรงเฉือนที่ฐานของอาคาร แล้วกระจายแรงไปยังชั้นต่างๆของอาคารตามสัดส่วนของมวลในแต่ละชั้นเป็นการตอบสนองสูงสุด (peak response) ซึ่งผลการวิเคราะห์ของอาคารที่ได้จากวิธีนี้ จะพิจารณาเฉพาะการตอบสนองในโหมดพื้นฐาน (fundamental mode) วิธีวิเคราะห์นี้จึงเหมาะกับโครงสร้างที่มีความซับซ้อนต่ำ อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีอย่างง่าย และใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยที่สุด

(2) **วิธีสเปกตรัมการตอบสนอง (Response Spectrum)** เป็นวิธีที่คล้ายกับวิธี แรงสถิตเทียบเท่า แต่อาศัยพิจารณาโครงสร้างในโหมดหลายๆโหมด แยกกันทีละโหมด โดยการใช้รูปร่างโหมด (mode shape) มาเป็นตัวกำหนดการตอบสนองสูงสุดของโครงสร้างในแต่ละส่วน จากนั้นจึงได้รวมผลของการตอบสนองเข้าด้วยกัน โดยอาศัยหลักการที่ว่า การตอบสนองสูงสุดของทุกโหมดจะมีโอกาสน้อยที่จะเกิดขึ้น ณ เวลาเดียวกัน จึงนิยมนรวมผลด้วยวิธี Complete Quadratic Combination (CQC) หรือ Square Root of Sum Squares (SQSS) มากกว่าวิธีอื่น

(3) **วิธีประวัติเวลา (Time History)** เป็นวิธีพิจารณาผลการตอบสนองของโครงสร้างโดยใช้เคลื่อนของแผ่นดินไหวในรูปแบบฟังก์ชันของเวลา วิธีนี้ใช้เวลาในการเตรียมข้อมูลมาก เนื่องจากอาคารที่กำลังวิเคราะห์มักจะตั้งอยู่ในสถานที่ที่ไม่เคยหรือไม่มีการบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว จึงต้องปรับคลื่นที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับตำแหน่งและชั้นดินของอาคารนั้นๆ อย่างเช่น มยผ.1302 กำหนดให้ต้องมีการวิเคราะห์หาผลการตอบสนองสูงสุดอาคารอย่างน้อย 7 คลื่นขึ้นไป วิธีนี้จึงไม่เป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามยังมีวิธีการสร้างคลื่นสังเคราะห์จากคลื่นแผ่นดินไหวสำคัญที่มีการบันทึกไว้ เช่น El Centro ให้มีกราฟการตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 1 ให้คล้ายกับกราฟสเปกตรัมการตอบสนองที่กำหนดไว้ในมาตรฐานออกแบบ โดยวิธีดังกล่าวมีอยู่ในโปรแกรม ETAB เฉพาะรุ่น 2015 หรือสูงกว่าเท่านั้น อย่างไรก็ตาม สำหรับวิธีใช้คลื่นแผ่นดินไหวที่สังเคราะห์จากกราฟสเปกตรัมการตอบสนองนี้ ไม่มีความจำเป็นต้องหาคลื่นถึง 7 คลื่น เนื่องจากกราฟสเปกตรัมการตอบสนองที่ให้ไว้ในมาตรฐานออกแบบนั้น จะสร้างมาจากคลื่นแผ่นดินไหวหลายๆคลื่นอยู่แล้ว (ดูภาพที่ 2)

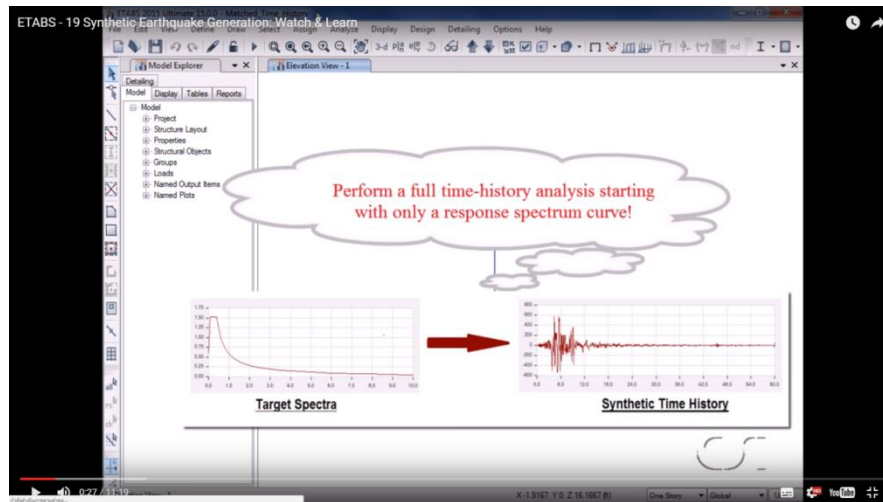
4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

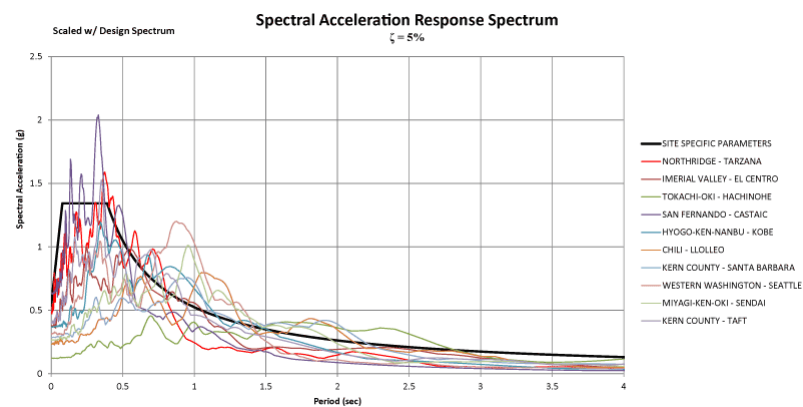
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการทดลองวิเคราะห์โครงสร้างแรงแผ่นดินไหว ด้วยวิธีที่แตกต่างกันทั้งสามวิธีนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกัน

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

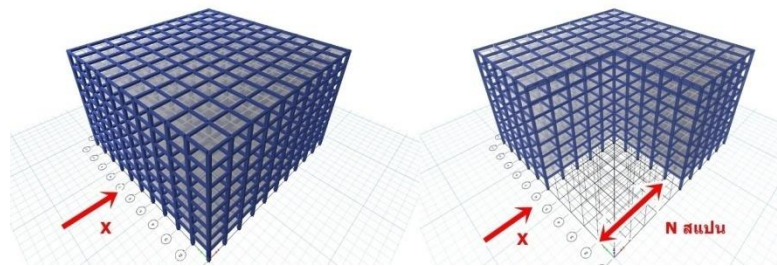
โครงสร้างแบบโครงข้อแข็งสามมิติ คาน-เสา คอนกรีตสามมิติสูง 8 ชั้นความสูงชั้น 2.8 เมตร ความยาวช่วงเสา 3.5 เมตร เท่ากันทั้งหมด รูปแปลนสี่เหลี่ยมจัตุรัส มี 10 ช่วงเสา ทั้ง 2 ทิศทาง (HOR0/VER0) และรูปแปลนรูปตัว L ที่มีส่วนตัด 1-9 ช่วงเสาทำให้มีความไม่สมมาตรในแนวราบ (HOR1-HOR9) ดังภาพที่ 3 ก



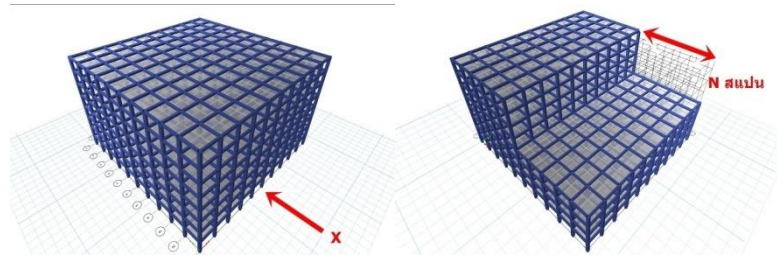
ภาพที่ 1 วิธีประวัติเวลาสังเคราะห์ (synthetic time history) ใน ETAB2015



ภาพที่ 2 ที่มาของกราฟสเปกตรัมการตอบสนองในมาตรฐาน ถูกสร้างมาโดยใช้เส้นกรอบของคลื่นแผ่นดินไหวหลายๆคลื่น (Kyle D. Harris, 2013)



(ก) โครงสร้างตัวอย่างกรณีควบคุม HOR0 และ โครงสร้างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวราบ HOR1 ถึง HOR9



(ข) โครงสร้างตัวอย่างกรณีควบคุม VER0 และ โครงสร้างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง VER1 ถึง VER9

ภาพที่ 3 โครงสร้างอาคารตัวอย่างที่ศึกษา

และที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง (VER1-VER9) ดังภาพที่ 3 ข คานทั้งหมดมีขนาดกว้าง 20 ซม. ลึก 40 ซม. เสาทั้งหมดมีขนาด 40 ซม. x 40 ซม. พื้นคอนกรีตหนา 10 ซม. คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยทรงกระบอก 240 กก/ซม²

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

- (1) พิจารณาความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงอาคารสองกรณีคือ ในแนวราบ HOR และ ในแนวดิ่ง VER
- (2) จำนวนช่วงเสาที่เว้นเข้าไปในส่วนตัด ตั้งแต่ 0 ถึง 9 ช่วงเสา คิดเป็น 0% ถึง 90% ของความกว้างและลึกของตัวอาคารทั้งหมด
- (3) ใช้วิธีวิเคราะห์เพื่อหาการตอบสนองสามวิธีคือ แรงสถิตย์เทียบเท่า (EQ) สเปกตรัมการตอบสนอง (SPEC) และ ประวัติเวลา (HIST)

ตัวแปรตาม

การตอบสนองสูงสุด (peak response) ของโครงสร้างอันได้แก่

- (1) ระยะการเคลื่อนตัวในแนวเดียวกับที่แรงแผ่นดินไหวกระทำ (แกน x)
- (2) โมเมนต์รอบแกนหลักในเสาทุกชั้น (เฉพาะเสาต้นที่เลือก)
- (3) โมเมนต์รอบแกนหลักในคานทุกชั้น (เฉพาะคานใน grid ตัวที่เลือก)

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

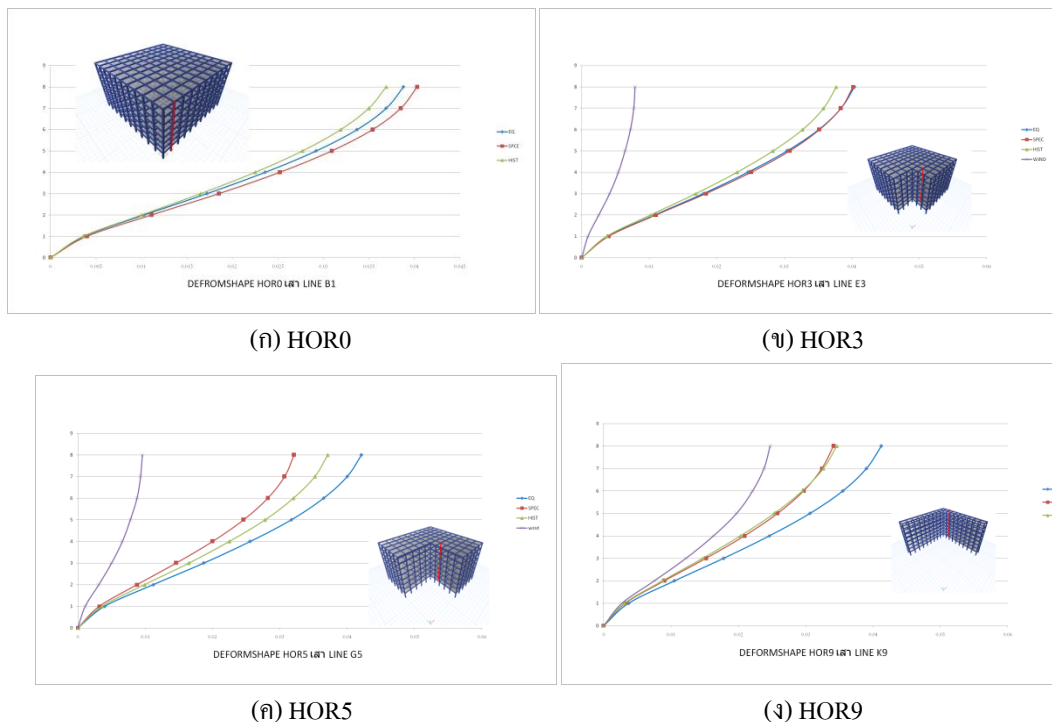
โปรแกรม CSI ETAB2015 ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์การตอบสนองสูงสุดของโครงสร้างอาคารที่มีต่อแรงแผ่นดินไหว ตามมาตรฐาน ACSE7 ได้ทั้งสามวิธี ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงวิธีใช้บางอย่างเพื่อให้สามารถวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐาน มยผ 1302 ซึ่งคล้ายคลึงกับมาตรฐาน ACSE7 ดังกล่าว

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมผลการตอบสนองที่วิเคราะห์ได้จากโปรแกรม ETAB2015 ที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อ 4.3

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำมาเขียนกราฟ แกนนอนเป็นจำนวนช่วงเสาที่ตัด ส่วนแกนตั้งเป็นความชันของอาคาร เช่น ได้ดังในภาพที่ 4 หนึ่ง เนื่องจากจำนวนหน้าในบทความได้ถูกจำกัดไว้ ซึ่งจากกราฟจะสังเกตได้ว่า ยิ่งสัดส่วนของความไม่สม่ำเสมอในแนวราบเพิ่มมากขึ้น ระยะการเปลี่ยนรูป Displacement-X จะมีความแตกต่างในแต่ละวิธีเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 4 Displacement-X ของโครงสร้าง HOR0, HOR3, HOR5, HOR9

5. สรุปผลการวิจัย

จากการผลการวิเคราะห์ displacement-X ที่ได้จากวิธีวิเคราะห์ทั้งสามวิธีโดยเปรียบเทียบที่แต่ละคู่ ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ร้อยละความแตกต่างของ displacement-X ของโครงสร้าง HOR0-HOR9

โครงสร้าง	แนวตั้งจากส่วนที่ตัด			แนวนิมอาคาร		
	EQ-SPEC	EQ-HIST	SPEC-HIST	EQ-SPEC	EQ-HIST	SPEC-HIST
HOR 0	8.10	5.34	10.81	8.10	5.34	10.81
HOR 1	8.73	5.05	10.81	8.10	5.34	10.81
HOR 2	5.23	4.36	7.10	10.80	1.38	9.75
HOR 3	2.56	6.90	8.36	16.60	2.70	12.23
HOR 4	6.05	10.60	7.60	14.37	1.76	13.61
HOR 5	23.25	12.30	15.57	4.00	39.80	38.70
HOR 6	12.17	14.63	5.40	22.80	1.21	18.60
HOR 7	15.31	14.63	1.91	25.60	2.40	20.45
HOR 8	16.31	13.70	4.17	35.29	5.88	22.13
HOR 9	17.23	17.41	3.33	32.35	2.90	24.25

ตารางที่ 3 ร้อยละความแตกต่างของ displacement-x ของโครงสร้าง VER0-VER9

โครงสร้าง	แนวตั้งจากส่วนที่ตัด			แนวนิมอาคาร		
	EQ-SPEC	EQ-HIST	SPEC-HIST	EQ-SPEC	EQ-HIST	SPEC-HIST
VER0	14.28	15.07	2.57	8.10	5.13	10.80
VER1	14.52	16.33	4.34	8.57	6.74	13.15
VER2	22.44	28.57	8.69	7.79	11.76	16.66
VER3	11.64	22.83	14.38	10.67	15.60	22.80
VER4	12.29	32.10	23.21	9.82	19.51	24.87
VER5	11.39	23.25	13.90	12.92	24.11	29.89
VER6	16.80	23.25	13.90	16.50	14.65	21.42
VER7	11.39	20.88	10.71	21.10	11.97	19.26
VER8	10.56	31.90	29.52	32.13	20.21	38.61
VER9	12.90	36.64	30.45	16.50	14.65	21.42

6.อภิปรายผล

จากการศึกษานี้พบว่าผลการวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวโครงสร้างตัวอย่างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวนอนไม่เกิน 20% จะได้ในแต่และวิธีมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10% แต่กรณีโครงสร้างตัวอย่างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง จะมีความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่มากกว่า 10% หมดทุกกรณี

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สำหรับโครงสร้างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวราบ โดยที่อัตราส่วนของความไม่สม่ำเสมอไม่เกิน 20% อาจวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าได้ แต่ถ้าเกินกว่า 20% จากนั้นควรพิจารณาหันไปใช้วิธีพลศาสตร์อย่าง วิธีสเปกตรัมการตอบสนอง หรือ วิธีประวัติเวลาเท่านั้น

(2) สำหรับโครงสร้างที่มีความไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง ไม่ว่าอัตราส่วนของความไม่สม่ำเสมอไม่เกิน จะมากหรือน้อยก็ตาม ควรพิจารณาหันไปใช้วิธีพลศาสตร์อย่าง วิธีสเปกตรัมการตอบสนอง หรือ วิธีประวัติเวลาเท่านั้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) การวิเคราะห์การศึกษานี้ ได้พิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ของวัสดุแบบเชิงเส้นตรงเท่านั้น แต่ถ้านอนาคตสามารถพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ของวัสดุแบบเชิงเส้นไม่ตรง จะทำให้ทำนายพฤติกรรมของโครงสร้างได้ดียิ่งขึ้นกว่านี้

(2) การศึกษาครั้งนี้ ได้พิจารณาเฉพาะความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของโครงสร้างอาคารควรพิจารณาลักษณะของความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างอาคารในลักษณะรูปตัวแอล (L) ซึ่งอาจมีลักษณะทางเรขาคณิตอื่นๆ ที่น่าสนใจซึ่งสามารถศึกษาต่อไปในอนาคต

8. เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2550. มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยพ. 1311-50.
กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2552. มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยพ. 1302-52.

ASCE Committee. 2005. Minimum Design Load for Buildings and Other Structures (SEI/ASCE 7-05).

Kyle D. Harris, P.E., Nicholas D. Robinson, P.E. and Eric L. Sammarco, P.E., M. 2013. ASCE In Articles, Practical Solutions

การเปรียบเทียบข้อกำหนดในมาตรฐานออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

ACI318 และ BS8110 และผลการออกแบบ สำหรับรับแรงดัด

A COMPARISON OF RECOMMENDATION IN ACI318 AND BS8110 STANDARDS AND THE DESIGN RESULTS FOR FLEXURAL RESISTANCE

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตร สุจินดา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chatr999@yahoo.com

บทคัดย่อ

เป็นที่รู้กันดีว่ามาตรฐาน ACI318 ของประเทศสหรัฐอเมริกา และ BS8110 ของประเทศอังกฤษ มีอิทธิพลต่อการกำหนดการออกแบบมาตรฐานในกลุ่มประเทศ AEC มากที่สุด และเนื่องจากอาชีพวิศวกรเป็น 1 ใน 8 อาชีพเสรีอาเซียนซึ่งสามารถไปทำงานในประเทศในกลุ่มสมาชิก AEC ได้ ดังนั้นวิศวกร AEC จะต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานของประเทศเหล่านี้ บทความนี้ได้หยิบยกประเด็นสำคัญๆที่เป็นหลักการโดยพื้นฐานและข้อกำหนดต่างๆ ทั้งในมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 มากล่าวถึง และได้เปรียบเทียบผลของการออกแบบหน้าตัดรับโมเมนต์ที่ได้จากมาตรฐานทั้งสอง พบว่ามาตรฐาน ACI318 ให้เหล็กเสริมในปริมาณที่น้อยกว่ามาตรฐาน BS8110 อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบ มาตรฐานออกแบบอาคารคอนกรีต ประเทศอาเซียน

ABSTRACT

It is generally known that ACI318 from USA and BS8110 from England are mostly influencing all of the reinforced concrete design standards in AEC group. Engineers is one of eight independent careers that allow to roam working among AEC. Therefore, AEC engineers must have knowledge and understanding of any details of these countries' standards. This paper emphasizes on important points in fundamental concepts and recommendations of both ACI318 and BS8110 standards. The comparison of the design results found that the reinforcing amount for moment resistant sections from ACI318 are significantly lower than that from BS8110

KEYWORDS: Comparison, Reinforced concrete standards, Asian countries

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เป็นที่รู้กันดีว่า อาชีพวิศวกร เป็นหนึ่งในแปดอาชีพอิสระที่สามารถไปทำงานในกลุ่มประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้อย่างไร้ที่ติตาม วิศวกรจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในมาตรฐานการออกแบบของประเทศนั้นๆ และจะต้องปฏิบัติตามกฎหมายควบคุมของประเทศดังกล่าว ซึ่งใน 8 ประเทศสมาชิกอันได้แก่ พม่า มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ และ ไทย ล้วนมีมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบอาคารที่แตกต่างกันไป เพื่อให้เข้ากับสภาพการณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ อย่างไรก็ตามมาตรฐานเหล่านี้ทั้งหมดได้รับอิทธิพลมาจากฝั่งตะวันตก อันได้แก่มาตรฐานออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสองมาตรฐานคือ ACI318 (2014) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และ BS8110 (1997) ของประเทศอังกฤษ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างของทฤษฎีและข้อสมมุติฐานสำหรับรับแรงคด ระหว่างมาตรฐานออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ACI318 ของประเทศสหรัฐอเมริกา และ BS8110 ของประเทศอังกฤษ

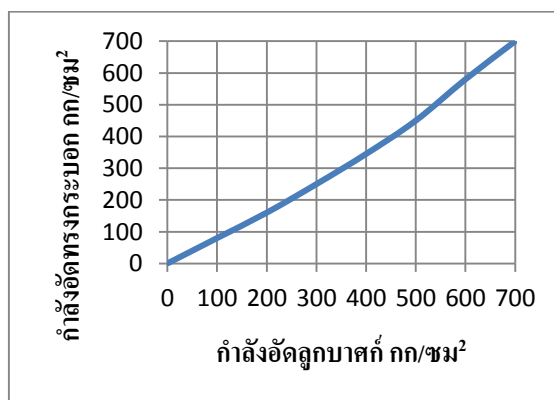
2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกแบบสำหรับรับแรงคดคือ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด ที่ได้จากการออกแบบโดยใช้มาตรฐาน ACI318 และ BS8110 เพื่อจะได้เข้าใจในข้อแตกต่างระหว่างมาตรฐานทั้งสองได้ดียิ่งขึ้น

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.1 ข้อกำหนดและข้อสมมุติฐาน

3.1.1 กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

มาตรฐาน ACI318 ใช้กำลังอัดประลัยของตัวอย่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 12 นิ้ว ตามมาตรฐาน ASTM C39 ใช้สัญลักษณ์ f'_c ในขณะที่มาตรฐาน BS8110 ใช้กำลังอัดประลัยของตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 15 ซม ตามมาตรฐาน BS8118 ใช้สัญลักษณ์ f_{cu} ซึ่งในมาตรฐาน วสท. 1007-34 ได้เปรียบเทียบผลของกำลังอัดประลัยทั้งสองไว้ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กำลังอัดประลัยระหว่าง ตัวอย่างทรงกระบอก และลูกบาศก์ ในหน่วย $\frac{kgf}{cm^2}$

3.1.2 ความเค้นประลัย ของคอนกรีต

มาตรฐาน ACI318 ใช้ความเค้นประลัย ของคอนกรีตที่ 0.003 ในขณะที่ มาตรฐาน BS8110 ใช้ความเค้นประลัย ของคอนกรีตที่ 0.0035 ซึ่งแตกต่างกันเล็กน้อย

3.1.3 ส่วนเผื่อของการออกแบบ

ส่วนเผื่อของการออกแบบในมาตรฐานออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ (1) ส่วนเผื่อเนื่องจากความไม่แน่นอนของน้ำหนักบรรทุก และ (2) ส่วนเผื่อเนื่องจากความไม่แน่นอนจาก วัสดุที่ใช้/คุณภาพการก่อสร้าง/สูตรคำนวณในการออกแบบ ซึ่งทั้งสองมาตรฐานมีข้อแตกต่างกันดังนี้

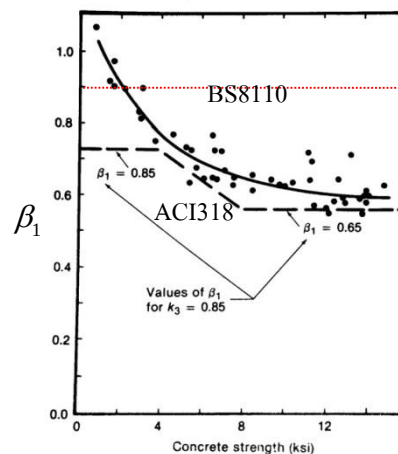
(1) ส่วนเผื่อเนื่องจากความไม่แน่นอนของน้ำหนักบรรทุก ใช้เป็นตัวคูณน้ำหนักบรรทุก มาตรฐาน ACI318-99 ใช้ ตัวคูณน้ำหนักบรรทุก 1.4 (น้ำหนักบรรทุก DL) และ 1.7 (น้ำหนักบรรทุก LL) ในขณะที่ มาตรฐาน BS8110 ใช้ ตัวคูณน้ำหนักบรรทุก 1.4 (น้ำหนักบรรทุก DL) และ 1.6 (น้ำหนักบรรทุก LL) ซึ่งแตกต่างกันเล็กน้อย

(2) ส่วนเผื่อเนื่องจากความไม่แน่นอนจาก วัสดุที่ใช้/คุณภาพการก่อสร้าง/สูตรคำนวณในการออกแบบ มาตรฐาน ACI318-99 ใช้ ตัวคูณลดกำลัง (strength reduction factor) หรือ $\phi = 0.90$ ซึ่งขั้นตอนในการออกแบบจะนำไปหารค่าแรงภายในที่วิเคราะห์ได้ เพื่อให้ค่าจะออกแบบมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าค่าแรงภายในที่วิเคราะห์ได้ ในขณะที่ มาตรฐาน BS8110 มีแนวคิดที่ต่างออกไปโดยใช้ตัวคูณวัสดุ (material factor) แทน ซึ่งขั้นตอนในการออกแบบจะนำไปค่าตัวคูณวัสดุนี้ไป หารค่ากำลังของวัสดุซึ่งใช้ 1.5 สำหรับคอนกรีตรับอัดในหน้าตัดรับโมเมนต์ และ 1.05 สำหรับเหล็กเสริม

3.2 ทฤษฎีและสมการในการออกแบบ

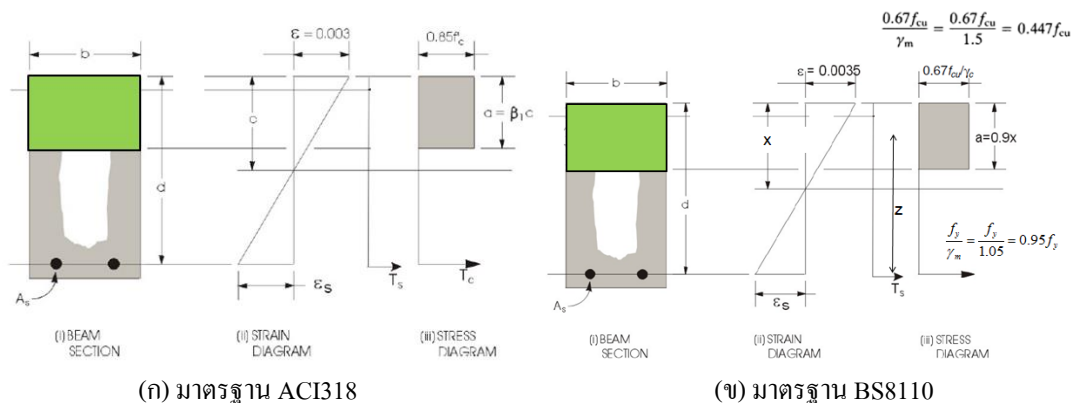
3.2.1 ทั้งมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 ใช้ทฤษฎีที่ว่า หน้าตัดทั้งก่อนและหลังการตัด ยังคงเป็นระนาบอยู่ และกำหนดให้แรงดึงในเหล็กเสริมที่จุดศูนย์กลางของกลุ่มเหล็กเหมือนกัน แต่มีวิธีการประมาณค่าของแรงอัดและจุดศูนย์กลางของแรงในส่วนของคอนกรีต (ซึ่งมีผลต่อแกนของโมเมนต์ภายใน) ที่แตกต่างกัน ดังนี้

(1) ให้ประมาณแรงอัดที่เกิดขึ้นในหน้าตัดรับแรงดัดเป็น block รูปสี่เหลี่ยมได้ โดยมีความกว้างเท่ากับความกว้างของหน้าตัด b สำหรับมาตรฐาน ACI318 โดยให้มีความยาว $0.85 f'_c$ และมีความสูง $a = \beta_1 c$ เมื่อ c คือความสูงของโซนรับแรงอัด ส่วนค่า β_1 กำหนดเป็นความสัมพันธ์กับค่ากำลังอัดประลัย f'_c ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนมาตรฐาน BS8110 ให้ประมาณแรงอัดที่เกิดขึ้นในหน้าตัดรับแรงดัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมได้เช่นกัน แต่ให้มีความยาว $\frac{0.67}{1.5} f_{cu} \approx 0.51 f'_c$ และมีความสูงเป็น $0.9x$ เมื่อ x คือความสูงของโซนรับแรงอัด โดยไม่ขึ้นอยู่กับค่ากำลังอัดประลัย f_{cu}



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบความสูงของแรงอัดในส่วนคอนกรีตสมมุติรูปสี่เหลี่ยม

(2) มาตรฐาน ACI318 ใช้วิธีการคำนวณแกนของโมเมนต์ภายใน ระหว่างของแรงอัดในคอนกรีตและแรงดึงในเหล็กเสริมด้วยวิธีทางเรขาคณิตโดยตรง คือจุดศูนย์กลางของสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของความสูงของแรงอัดในคอนกรีต a ดังนั้น จะสามารถคำนวณแกนของโมเมนต์ได้เท่ากับ $d - \frac{a}{2}$ ส่วนมาตรฐาน BS8110 ใช้วิธีการคำนวณแกนของโมเมนต์ที่คล้ายกันคือ ความสูงของแรงอัดในคอนกรีต $0.9x$ ดังนั้น จะสามารถคำนวณแกนของโมเมนต์ได้เท่ากับ $d - \frac{0.9x}{2}$ และจะจำกัดค่าไว้ไม่เกิน $0.95d$ เมื่อ d คือความลึกประสิทธิภาพเป็นระยะในแนวตั้งจากผิวแรงอัดด้านนอกของจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึง ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบ หน้าตัด แผนผังความเค้นและความเครียด

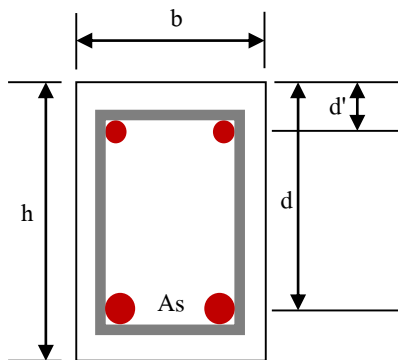
4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1แบบแผนการวิจัย

คำนวณระยะความลึกประสิทธิภาพ effective depth ของเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด (d และ (d') ตามลำดับจากความลึกของหน้าตัด height (h) และระยะหุ้มคอนกรีต

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

เนื่องจากการเปรียบเทียบผลของการออกแบบ จึงเลือกที่จะใช้ระยะหุ้มคอนกรีตเท่ากันคือที่ 4 ซม. ตามมาตรฐาน วสท 1008 (2534) เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลของการออกแบบระหว่างมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 จึงได้กำหนดหน้าตัดรับโมเมนต์ ขนาดกว้าง $b=30$ ซม. ลึก $h=50$ ซม. ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รายละเอียดหน้าตัดรับโมเมนต์ที่ใช้เปรียบเทียบ

และจากข้อสมมุติฐานของ ACI318 และ BS8110 จะได้ขั้นตอนการออกแบบหน้าตัดรับโมเมนต์ ดังนี้

4.2.1 ขั้นตอนตามมาตรฐาน ACI318

1. คำนวณอัตราส่วนเหล็กเสริมสูงสุด $\rho_{\max} = 0.75 \times \frac{0.85 f'_c \beta_1}{f_y} \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$
2. คำนวณ $m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$
3. คำนวณ $R_{\max} = \rho_{\max} f_y \left(1 - \frac{\rho_{\max} m}{2} \right)$
4. คำนวณ $M_{u, \max} = \phi R_{\max} b d^2$
5. ตรวจสอบถ้า $M_u \leq M_{u, \max}$ ให้ออกแบบหน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึงอย่างเดียว (singly reinforced section) แต่ถ้า $M_u > M_{u, \max}$ ออกแบบหน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัดอย่างเดียว (doubly reinforced section)

กรณี singly reinforced section

6. คำนวณ $R = \frac{M_u}{\phi b d^2}$

$$7. \text{ คำนวณ } \rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{f_y}} \right]$$

$$8. \text{ คำนวณ } \rho_{\min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{14}{f_y}$$

$$9. \text{ ตรวจสอบ } \rho \geq \rho_{\min} \text{ ถ้า } \rho < \rho_{\min} \text{ ใช้ } \rho = \min(1.33\rho, \rho_{\min})$$

$$10. \text{ คำนวณ } A_s = \rho bd$$

กรณี doubly reinforced section

$$6. \text{ คำนวณ } A_{s2} = \frac{M_n - M_{n1}}{f_y(d - d')}$$

$$7. \text{ คำนวณ } A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$8. \text{ ถ้า } (\rho - \rho') \geq 0.85 \frac{f'_c \beta_1}{f_y} \left(\frac{d'}{d} \right) \frac{6120}{6120 - f_y} \text{ จบขั้นตอนออกแบบ}$$

$$9. \text{ แต่ถ้าไม่ คำนวณ } f'_s = \varepsilon'_s = 0.003 \frac{c - d'}{c} E_s$$

$$10. \text{ คำนวณ } A'_s = \frac{M_n - M_{n1}}{f'_s(d - d')}$$

4.2.2 ขั้นตอนตามมาตรฐาน BS8110

$$1. \text{ ถ้าใช้ moment redistribution ไม่เกิน 10% ใช้ } K' = -0.156$$

$$2. \text{ ถ้าใช้ moment redistribution เกิน 10% ใช้ } K' = 0.402(\beta_b - 0.4) - 0.18(\beta_b - 0.4)^2$$

$$3. \text{ คำนวณ } K = \frac{M}{bd^2 f_{cu}}$$

$$4. \text{ คำนวณ } z = d \left(0.5 + \sqrt{0.25 - \frac{K}{0.9}} \right) \text{ แต่ต้องไม่เกิน } 0.95d$$

$$5. \text{ คำนวณ } x = \frac{d - z}{0.45}$$

$K \leq K'$ กรณี single reinforced section

$$6. \text{ คำนวณ } A_s = \frac{M}{0.95 f_y z}$$

$$7. \text{ ตรวจสอบ } \frac{100A_s}{A_c} \text{ ต้องไม่ต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่ยอมรับ}$$

$K > K'$ กรณี doubly reinforced section

$$6. \text{ คำนวณ } A'_s = (K - K') \frac{f_{cu} bd^2}{0.95 f_y (d - d')}$$

$$7. \text{ คำนวณ } A_s = K' \frac{f_{cu} bd^2}{0.95 f_y z} + A'_s$$

$$8. \text{คำนวณ } \varepsilon'_s = 0.0035 \frac{x-d'}{x}$$

$$9. \text{ถ้า } \varepsilon'_s \geq \varepsilon_y = \frac{0.95 f_y}{E_s} \text{ จบขั้นตอนออกแบบ}$$

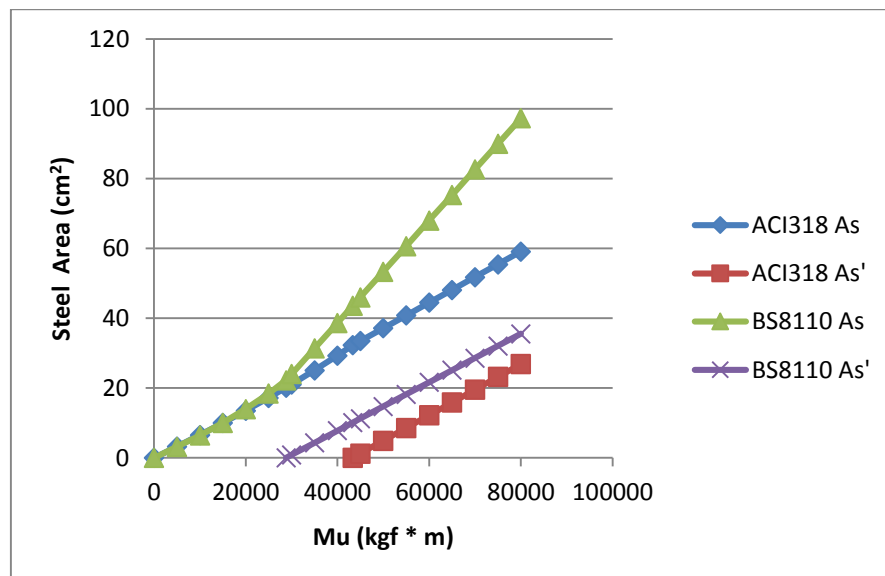
$$10. \text{แต่ถ้าไม่ คำนวณ } f'_s = \varepsilon'_s = 0.0035 \frac{x-d'}{x} E_s$$

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ใช้กำหนดค่า กำลังประลัยกระบอก $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ และจากภาพที่ 1 แปลงเป็นกำลังประลัยลูกบาศก์ $f_{cu} = 320 \text{ kgf/cm}^2$ กำลังที่จุดครากของเหล็กเสริมตามยาว $f_y = 4000 \text{ kgf/cm}^2$ ศึกษาหน้าตัดรับโมเมนต์ตามภาพที่ 4 โดยทดลองแปรเปลี่ยนโมเมนต์ตั้งแต่ 0 ถึง $80,000 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ เพื่อใช้คำนวณทั้งตามขั้นตอน ในหัวข้อ 4.2.1 และ 4.2.2 เพื่อหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง A_s (กรณี singly reinforced section) และทั้งปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง A_s และแรงอัด A'_s ในบทความนี้ได้เลือกใช้ระยะหุ้มคอนกรีตที่เหมือนกัน ทั้งๆที่จริงๆแล้วมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 ระยะหุ้มคอนกรีตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้การเปรียบเทียบผลของการออกแบบครั้งนี้พิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นความแตกต่างเนื่องจากข้อสมมุติฐานและสูตรคำนวณที่ใช้ในการออกแบบเท่านั้น

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้แสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง A_s และแรงอัด A'_s ตามมาตรฐาน ACI318 และ BS8110

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองคำนวณออกแบบหน้าตัดรับโมเมนต์ เพื่อใช้เปรียบเทียบของการออกแบบระหว่างมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 ขนาดกว้าง $b=30$ ซม. ลึก $h=50$ ซม. ระยะหุ้มคอนกรีต=4 ซม. และใช้ขั้นตอนของการออกแบบตามมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในส่วนของหน้าตัดรับโมเมนต์ได้

6.อภิปรายผล

1. ค่าของปริมาณโมเมนต์ตรงจุดเปลี่ยนจากหน้าตัดที่ใส่เหล็กเสริมรับแรงดึงเพียงอย่างเดียว (singly reinforced section) ไปเป็นหน้าตัดที่ใส่ทั้งเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด (double reinforced section) ของมาตรฐาน ACI318 มีค่า $43,333 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ ซึ่งมีค่าสูงกว่า ของมาตรฐาน BS8110 มีค่า $28,769 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ ทั้งนี้เนื่องจาก แรงอัดในคอนกรีตของมาตรฐาน ACI318 ที่ใช้ $0.85 f'_c = 238 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ ซึ่งสูงกว่า ของมาตรฐาน BS8110 ที่ใช้ $0.45 f_{cu} = 143 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ อยู่พอสมควร

2. เส้นกราฟ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง A_s ตามมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 รวมไปถึง ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด A'_s ตามมาตรฐาน ACI318 มีความชันใกล้เคียงกัน ในขณะที่ เส้นกราฟปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด A'_s ตามมาตรฐาน BS8110 มีความชันมากกว่าในช่วงที่เป็น doubly reinforced section

3. สำหรับค่าของโมเมนต์ที่เท่ากัน กรณี singly reinforced section ปริมาณเหล็กแรงดึง A_s ตามมาตรฐานมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อโมเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้น เข้าใกล้ที่จะเปลี่ยนเป็น doubly reinforced section ปริมาณเหล็กแรงดึง A_s ตามมาตรฐานทั้งสองเริ่มมีความแตกต่างกันที่เพิ่มขึ้น ส่วนกรณี double reinforced section นั้นค่าของทั้งปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง A_s แรงอัด A'_s แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน อันเนื่องมาจากค่าความสูงของโซนรับแรงอัดจำลองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ของ ACI318 ใช้ $a = \beta_1 c$ แต่ BS8110 ใช้ $0.9x$ ซึ่งมีผลไปถึงการคำนวณแขนของโมเมนต์ภายใน และค่าของหน่วยแรงประลัยของ ACI318 ใช้ $0.85 f'_c$ แต่ BS8110 ใช้ $0.45 f_{cu} \approx 0.51 f'_c$ ซึ่งส่วนประกอบดังกล่าวมีผลต่อปริมาณเหล็กเสริมโดยตรง

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- (1) หากเลือกได้ระหว่างการใช้อนุมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 ในการออกแบบหน้าตัดรับโมเมนต์ มาตรฐาน ACI318 จะให้ปริมาณเหล็กเสริมทั้งรับแรงดึงและแรงอัด ที่ต่ำกว่า ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้
- (2) ในบทความนี้เป็นเพียงการเปรียบเทียบในเชิงข้อสมมุติฐานและสูตรที่ใช้ในการออกแบบหน้าตัดรับโมเมนต์เท่านั้น แต่ในการพิจารณาเลือกว่ามาตรฐานใดจึงจะเหมาะกับท้องที่ต่างๆ ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับกฎหมายควบคุมอาคารของแต่ละท้องถิ่นในประเทศอาเซียนนั้นๆ อย่างไรก็ตามหากอาคารที่กำลังออกแบบอยู่ในพื้นที่กฎหมายที่ไม่ได้บังคับให้ใช้มาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่ง ผู้ออกแบบสามารถนำผลการเปรียบเทียบจาก

บทความนี้ไปใช้ได้ แต่อาจจะต้องพิจารณาพร้อมกับข้อกำหนดอื่นๆ เช่น ระยะหุ้มคอนกรีต และเลือกกำลังอัด
ประลัยให้เหมาะสมกับสภาวะอากาศและอัตราการป้องกันไฟตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานของอาคารนั้นๆ

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- (1) เปรียบเทียบผลการออกแบบมาตรฐาน ACI318 และ BS8110 สำหรับหน้าตัดรับแรงเฉือน
แรงบิด และแรงตามแนวแกน
- (2) เปรียบเทียบผลการออกแบบของอาคารประเภทต่างๆ กัน เช่น คาน พื้น เสา พื้น ไร้คาน และฐาน
ราก

8. เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี 2534. 2534. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดย
วิธีกำลัง วสท 1007-34. กทม : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

ACI Committee 318. 2014. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-14). Farmington
Hill, MI : American Concrete Institute.

BS8110-1997. 1997. Structural use of concrete. Code of practice for design and construction. British Standard.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตดุสิต กรุงเทพมหานคร
FACTORS CAUSING DELAY IN REPAIR AND RENOVATION OF ROADS
AND LANES IN DUSIT DISTRICT BANGKOK THAILAND

รณภฏ มั่งคั่ง

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

E-mail: rannabhatm@gmail.com

ดร.นคร สุริยานนท์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาควิชาโยธา วิทยาเขตปทุมธานี

E-mail: jamecu555@gmail.com.

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตดุสิต กรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงสถิติ ความถี่ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ และค่าเฉลี่ยดัชนีความรุนแรง (Severity Index: S.I) และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นทำให้เกิดความล่าช้าในงานปรับปรุงเกิดขึ้นกับงานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย สำนักงานเขตดุสิต กรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นแนวทางป้องกันความสูญเสียในเรื่องของบุคลากร เวลา เงินและคุณภาพในโครงการก่อสร้างต่อไป โดยผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูล ในศึกษานี้มีกลุ่มประชากรตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเจ้าของโครงการภาคราชการ (Owner) และกลุ่มผู้รับเหมาภาคเอกชน (Contractor) โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บแบบสอบถามเป็นจำนวน 100 ชุด ผลการวิจัยระบุว่า สามารถเรียงลำดับปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีความรุนแรงจากมากที่สุด 9 ลำดับแรกได้แก่ อันดับที่ 1 การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม อันดับที่ 2 การสื่อสารระหว่างช่างและคนงานผิดพลาด อันดับที่ 3 ติดแนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ หรือแนวสายกล่องวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง อันดับที่ 4 แบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน คลุมเครือไม่ละเอียด อันดับที่ 5 การก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน อันดับที่ 6 รถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้ อันดับที่ 7 ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการล่าช้า อันดับที่ 8 ราคาก่อสร้างต่ำเกินไปไม่ตรงกับความเป็นจริง และอันดับที่ 9 การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ

คำสำคัญ: การก่อสร้าง, งานปรับปรุงถนน, ความล่าช้า, ดัชนีความรุนแรง, เขตดุสิต

ABSTRACT

The objective of this research study is to find factors that can affect and cause delay in repair and renovation of roads and lanes in Dusit district Bangkok Thailand. The study was done by using questionnaire as a tool to collect data. Questionnaires were distributed to 2 groups of people consisting of project owners (government sector) and contractors (private sector). The total number of these 2 groups of people participating in this study was 100. In the analysis of data collected from these people, the average impact level and the average frequency of each affecting factor were determined and the severity index (S.I.) was calculated. As indicated by the severity index values, the top 9 factors causing delay in repair and renovation of roads and lanes were (1) Shortage of construction laborers during agricultural season. (2) Miscommunication between technicians and workers. (3) Hindrance of Public Utility System (plumbing, electricity, telephone and close circuit TV line) to the construction area. (4) Construction drawing being not clear and not detailed. (5) Construction not properly done or some steps of construction being skipped. (6) Inaccessibility of large sized trucks to the construction area. (7) Contractors' delay in construction. (8) Too low or unrealistic construction cost. (9) Use of low quality construction materials.

KEYWORDS: construction, repair and renovation of roads and lanes, delays, severity index, Dusit District

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานถนนเป็นหนึ่งในโครงการสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยให้ยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันและพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าการก่อสร้างและบูรณะถนนภายในกรุงเทพมหานครบรรจุไว้เป็นภารกิจพื้นฐานในการพัฒนากรุงเทพฯระยะยาว (แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ระยะ 20 ปี ระยะที่ 1 (2556-2560)) ซึ่งสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ของกระทรวงคมนาคมที่ระบุว่า โครงข่ายถนนที่ไม่สมบูรณ์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและลดผลผลิต (Productivity) ของประเทศ (แผนยุทธศาสตร์ กระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2554-2558 (ฉบับปรับปรุง)) เนื่องจากว่าระบบสาธารณูปโภค และสภาพแวดล้อมในโครงการเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อและลงทุนของผู้บริโภค (นคร สุริยานนท์ และคณะ, 2559)

โดยแต่ละปีงบประมาณกรุงเทพมหานครได้ใช้งบประมาณในการปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย เป็นจำนวนมาก และมีหลายโครงการที่ดำเนินการไม่แล้วเสร็จตามสัญญาทำให้เกิดความเสียหายต่อกรุงเทพมหานครไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ สำนักงานเขตคูสิดเป็นพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพมหานครที่มีกพบปัญหาในการก่อสร้าง เพราะพื้นที่การก่อสร้างส่วนมากจะมีการจราจรคับคั่งตลอดเวลา สภาพถนนคับแคบ ลักษณะเฉพาะดังกล่าวที่นี้อาจส่งผลให้ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าของโครงการมีความแตกต่างกับโครงการก่อสร้างประเภทอื่น (บุญทรัพย์ ลีลาภิรักษ์ และคณะ, 2558; อธิป ตรียศ และคณะ, 2558) เนื่องจากในโครงการก่อสร้างแต่ละประเภทก็จะมีขั้นตอนในการก่อสร้างและกระบวนการในการก่อสร้างที่แตกต่างกัน (นพคุณ พลเมืองศรี และคณะ, 2559; ศิริพล แพนมี และคณะ, 2558; ทศพร เตียรประเสริฐ และคณะ, 2558) ดังนั้นการศึกษา

ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานครเป็นอีกหนึ่งการสร้างองค์ความรู้ที่จะสามารถนำไปหาแนวทางป้องกันการเกิดความล่าช้างานก่อสร้างซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนากรุงเทพมหานคร และประเทศไทยต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษา รวบรวม จัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ สาเหตุ และปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ไขป้องกันไม่ให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้าง

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสอบถาม เพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ วิศวกร นายช่างผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมา ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย สำนักงานเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร ในปีงบประมาณ 2559 เท่านั้น แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปหา ค่าเฉลี่ยความถี่ของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ค่าเฉลี่ยระดับของผลกระทบของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ค่าเฉลี่ยดัชนีความรุนแรงของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาสรุปจัดอันดับ (Rank) แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวนโครงการก่อสร้างที่ได้เกิดขึ้นในปีงบประมาณ 2559 ในพื้นที่สำนักงานเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะรวบรวมจากการแจกแบบสอบถาม โดยใช้จำนวนโครงการในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 6 โครงการ จำนวนแบบสอบถามทั้งหมด 100 ชุด และได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากร 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเจ้าของโครงการภาคราชการ (Owner) จำนวน 28 ชุด ประกอบด้วย ประธานกรรมการตรวจการจ้าง จำนวน 6 ชุด กรรมการตรวจการจ้าง จำนวน 12 ชุด วิศวกรโยธา จำนวน 1 ชุด ผู้ควบคุมงาน จำนวน 9 ชุด และกลุ่มผู้รับเหมาภาคเอกชน (Contractor) จำนวน 72 ชุด ประกอบด้วย กรรมการบริหาร จำนวน 6 ชุด ผู้จัดการโครงการ จำนวน 6 ชุด วิศวกรโครงการ จำนวน 6 ชุด ผู้ควบคุมงาน จำนวน 54 ชุด

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้คัดเลือกปัจจัยหลักที่มีความสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าต่อการปรับปรุง ถนน ตรอก ซอยทั้งสิ้น 6 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านบุคลากร 2) ปัจจัยด้านการเงิน 3) ปัจจัยด้านเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง 4) ปัจจัยด้านวัสดุ-อุปกรณ์การก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง และ 6) ปัจจัยอื่นๆ

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด (Closed-ended question) และคำถามปลายเปิด (Open-ended question) แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดความล่าช้า

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ คือ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าดัชนีความรุนแรง (Severity Index: S.I) ซึ่งใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2

$$S.I = \frac{(Impact Level) \times (Offering Frequency)}{5 \times 5}$$

โดยที่ S.I คือ ค่าดัชนีความรุนแรง

Impact Level คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความรุนแรง

Offering Frequency คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความถี่

5x5 หมายถึง ช่วงชั้นระดับความถี่ x ช่วงชั้นระดับความรุนแรง

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จำแนกสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าออกเป็น 80 สาเหตุ และได้จัดกลุ่มแบ่งประเภทของสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าออกเป็น 6 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านบุคลากร (20 สาเหตุ) ปัจจัยด้านการเงิน (11 สาเหตุ) ปัจจัยด้านเครื่องจักรกลในการก่อสร้าง (7 สาเหตุ) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง (10 สาเหตุ) ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง (19 สาเหตุ) และปัจจัยด้านอื่นๆในงานก่อสร้าง (13 สาเหตุ)

5.1 ความถี่ของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าตามค่าความถี่จากมากไปน้อยเป็นจำนวน 9 ลำดับแรก (จาก 80 สาเหตุ) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผู้วิจัยพบว่า ทั้ง 9 สาเหตุมาจากปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย โดยปัจจัยหลักที่ติดอันดับมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง (4 อันดับ) รองลงมาคือปัจจัยด้านบุคลากร (2 อันดับ) และปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง ปัจจัยด้านการเงิน และปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง มีจำนวนสาเหตุที่ติดอันดับเท่ากัน (1 อันดับ) ผลการวิจัยที่ระบุว่าปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้างส่งผลให้เกิดความล่าช้าบ่อยที่สุดสอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงไกร, 2557 ที่ระบุว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างมากที่สุดคือในการก่อสร้างต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมในการแก้ปัญหา

ผลการวิจัยระบุว่าใน 9 อันดับแรกของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าไม่มีสาเหตุจากปัจจัยด้านเครื่องจักรกลในการก่อสร้างเลย จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า 9 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้างานปรับปรุงถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร ที่พบบ่อยที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากรถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้ สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้างเนื่องจากฤดูกาลทำการเกษตรกรรม สาเหตุที่เกิดจากแรงงานหยุดงานเนื่องจากช่วงเทศกาล สาเหตุที่เกิดจากการก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอนสาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, กลุมเคลื่อนไม่ละเอียด สาเหตุที่เกิดจากการบันทึกรายงานประจำวัน สาเหตุที่เกิดจากแนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์หรือแนวสายกึ่งวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง สาเหตุที่เกิดจากสัญญาจ้างขัดแย้งกับหลักกฎหมายก่อสร้าง และสาเหตุที่เกิดจากราคาก่อสร้างต่ำเกินไปไม่ตรงกับความเป็นจริง

ตารางที่ 1 ความถี่ของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าล่าช้าในงานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	สาเหตุ	$\bar{X}$	Stdv.	ปัจจัยหลัก
1	รถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้	4.03	0.559	วัสดุ
2	การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม	3.85	0.557	บุคลากร
3	แรงงานหยุดงานเนื่องจากช่วงเทศกาล	3.21	0.856	บุคลากร
4	การก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน	2.85	0.809	วิธีการก่อสร้าง
5	แบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเครือไม่ละเอียด	2.83	0.652	วิธีการก่อสร้าง
6	การบันทึกรายงานประจำวัน	2.80	0.603	วิธีการก่อสร้าง
7	ดินเนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์หรือแนวสาย กล้องวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง	2.76	0.010	อื่นๆ
8	สัญญาจ้างขัดแย้งกับหลักกฎหมายก่อสร้าง	2.65	0.575	วิธีการก่อสร้าง
9	ราคาก่อสร้างต่ำเกินไปไม่ตรงกับความเป็นจริง	2.58	0.831	การเงิน

5.2 ระดับของผลกระทบของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โดยเรียงลำดับตามค่าระดับของผลกระทบจากมากไปน้อย 9 ลำดับแรก (จาก 80 สาเหตุ) ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยผู้วิจัยพบว่าใน 9 ลำดับแรกนั้นมาจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย โดยปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง คิดอันดับมากที่สุด (4 อันดับ) รองลงมาคือปัจจัยด้านบุคลากร (3 อันดับ) และปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง (2 อันดับ) ผลการวิจัยระบุว่าใน 9 อันดับแรกของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าไม่มีสาเหตุจาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านการเงิน ปัจจัยด้านเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง และปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกรียงไกร เรืองโชติเสถียร (2557) ที่ระบุว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างถนนมากที่สุด 3 ลำดับแรกได้แก่ ปัจจัยด้านบุคคล ปัจจัยด้านเอกสาร และปัจจัยด้านอื่นๆ ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า 9 สาเหตุแรกที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานครที่มีระดับของผลกระทบมากที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม สาเหตุที่เกิดจากแรงงานหยุดงานเนื่องจากช่วงเทศกาล สาเหตุที่เกิดจากเนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์ หรือแนวสายกล้องวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง สาเหตุที่เกิดจากผู้รับจ้างเข้าดำเนินการล่าช้า สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเครือไม่ละเอียด สาเหตุที่เกิดจากการก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน สาเหตุที่เกิดจากเกิดปัญหาการร้องเรียนกับผู้ใช้งาน สาเหตุที่เกิดจากสภาพสถานที่ก่อสร้างคับแคบรถขนย้ายเศษวัสดุก่อสร้างยาก และสาเหตุที่เกิดจากสภาพสถานที่ก่อสร้างคับแคบรถขนวัสดุก่อสร้างเข้าพื้นที่ยาก ตามลำดับ ผู้วิจัยพบว่าผลการวิจัยที่ระบุว่าสาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิริยพล เจริญท้าว (2557) ที่ระบุว่าจำนวนคนงานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อภาระการดำเนินโครงการก่อสร้างของเทศบาลตำบลอุบล จ.อุบลราชธานี

ตารางที่ 2 ระดับของผลกระทบของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าล่าช้าในงานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร

Rank	สาเหตุ	$\bar{X}$	Stdv.	ปัจจัยหลัก
1	การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม	3.90	1.18	บุคลากร
2	แรงงานหยุดงานเนื่องจากช่วงเทศกาล	3.29	0.880	บุคลากร
3	แนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์ หรือแนวสาย กล้องวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง	2.91	0.329	อื่นๆ
4	ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการล่าช้า	2.86	0.611	อื่นๆ
5	แบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือไม่ละเอียด	2.81	0.615	วิธีการก่อสร้าง
6	การก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน	2.76	0.780	วิธีการก่อสร้าง
7	เกิดปัญหาการร้องเรียนกับผู้ใช้ทาง	2.57	0.217	บุคลากร
8	สภาพสถานที่ก่อสร้างคับแคบรถขนย้ายวัสดุก่อสร้างยาก	2.55	0.131	อื่นๆ
9	สภาพสถานที่ก่อสร้างคับแคบรถขนวัสดุก่อสร้างเข้าพื้นที่ยาก	2.44	0.311	อื่นๆ

5.3 ดัชนีความรุนแรงของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโดยเรียงลำดับตามค่าดัชนีความรุนแรงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าจากมากไปน้อย 9 ลำดับแรก (จาก 80 สาเหตุหลัก) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยผู้วิจัยพบว่า ใน 9 ลำดับแรกนั้น ปัจจัยด้านบุคลากร ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง และปัจจัยอื่นๆ คิดอันดับมากที่สุดเป็นจำนวนเท่ากัน (2 อันดับ) รองลงมาคือปัจจัยด้านการเงิน (1 อันดับ) ผลการวิจัยระบุว่าใน 9 อันดับแรกไม่มีสาเหตุจากปัจจัยด้านเครื่องจักรกลการก่อสร้าง ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า 9 สาเหตุแรกที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานครที่มีค่าดัชนีความรุนแรงมากที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม สาเหตุที่เกิดจากการสื่อสารระหว่างช่างและคนงานผิดพลาด สาเหตุที่เกิดจากแนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์ หรือแนวสายกล้องวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือไม่ละเอียด สาเหตุที่เกิดจากการก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน สาเหตุที่เกิดจากรถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้ สาเหตุที่เกิดจากผู้รับจ้างเข้าดำเนินการล่าช้า สาเหตุที่เกิดจากราคาก่อสร้างต่ำเกินไปไม่ตรงกับความเป็นจริง และสาเหตุที่เกิดจากการใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ ตามลำดับ โดยทั้ง 9 สาเหตุมาจากปัจจัยหลัก 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านบุคลากร ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้าง ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง และปัจจัยด้านการเงิน รูปที่ 1 แสดงถึงแผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความรุนแรง

ผู้วิจัยพบว่าผลของการวิจัยที่ระบุว่าสาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรมส่งผลให้เกิดความล่าช้ามากที่สุด ในงานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร มีความแตกต่างกับผลการวิจัยความล่าช้าในโครงการก่อสร้างประเภทอื่นๆ เช่นในการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานติดตั้งหินอ่อนและหินแกรนิตของงานก่อสร้างอาคารสูง ระบุว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้ามากที่สุด

ได้แก่ การขาดสภาพคล่องทางการเงินของเจ้าของโครงการ (บุญทรัพย์ สีสากิรักษ์ และคณะ, 2558) และในโครงการศึกษาความล่าช้าในโครงการก่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินที่ระบุว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้ามากที่สุด ได้แก่ การว่าจ้างผู้รับเหมาช่วงที่ไม่มีศักยภาพมาทำงาน (อธิป ตรียศ และคณะ, 2558) สาเหตุที่ผลการวิจัยที่แตกต่างกันนี้ ผู้วิจัยสรุปว่าเป็นเพราะลักษณะของงานและลักษณะของเจ้าของโครงการมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างแต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ดัชนีความรุนแรงของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าล่าช้าในงานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	สาเหตุ	S.I	ปัจจัยหลัก
1	การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม	0.600	บุคลากร
2	การสื่อสารระหว่างช่างและคนงานผิดพลาด	0.422	บุคลากร
3	แนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์ หรือแนวสายกล้องวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง	0.321	อื่นๆ
4	แบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือไม่ละเอียด	0.318	วิธีการก่อสร้าง
5	การก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน	0.314	วิธีการก่อสร้าง
6	รถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้	0.282	วัสดุอุปกรณ์
7	ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการล่าช้า	0.268	อื่นๆ
8	ราคาก่อสร้างต่ำเกินไปไม่ตรงกับความเป็นจริง	0.229	การเงิน
9	การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ	0.208	วัสดุอุปกรณ์

5.4 แนวทางแก้ไขสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

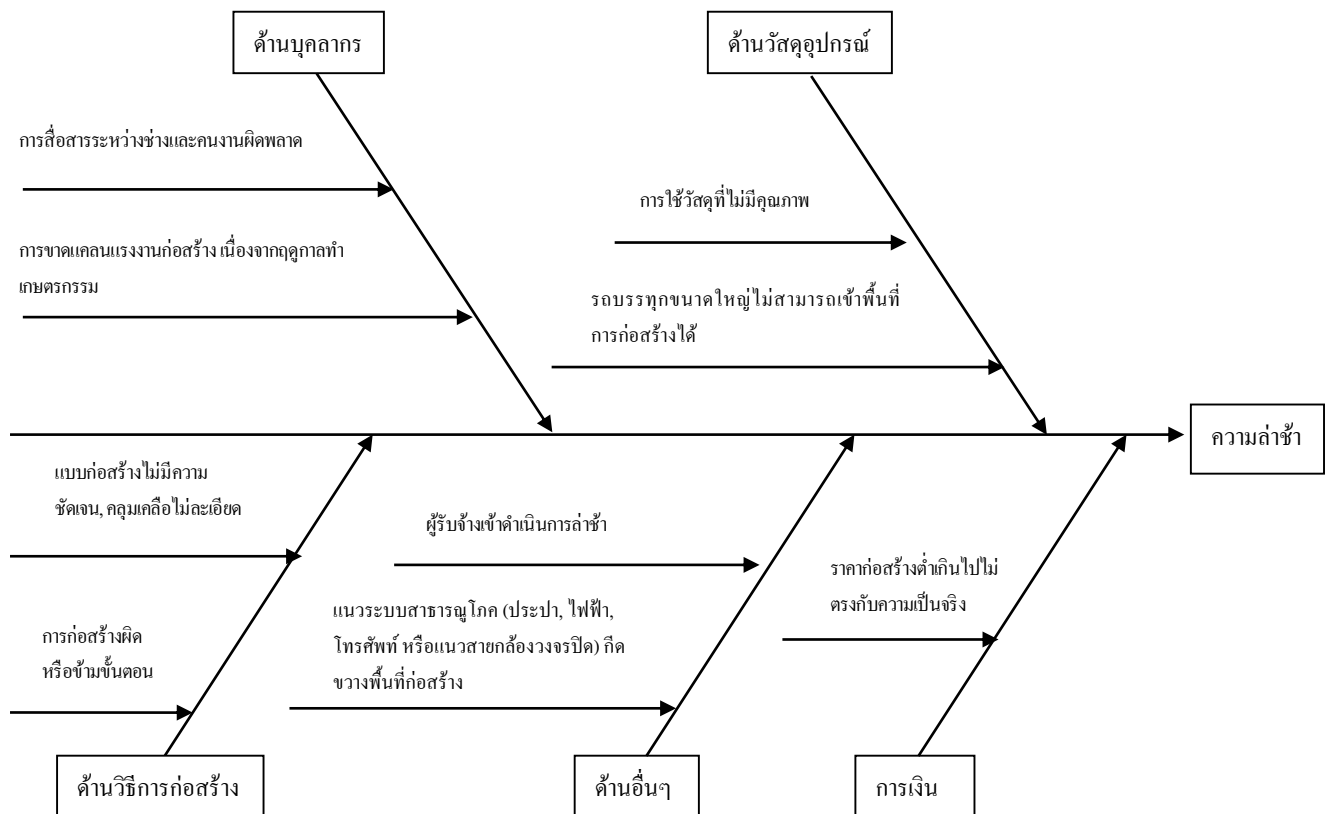
จากการวิเคราะห์ข้อมูล 9 ลำดับแรกของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในงานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร โดยเรียงลำดับตามค่าดัชนีความรุนแรง ผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้าดังนี้

1. เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจาก การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรมผู้รับจ้าง ควรตรวจสอบสัญญาจ้างว่าระยะเวลาเริ่มต้นถึงช่วงเวลาที่สิ้นสุด อยู่ในระหว่างช่วงเกษตรกรรมหรือไม่ เพื่อที่จะได้วางแผนแรงงานก่อสร้างได้
2. ผู้รับจ้าง (ฝ่ายเอกชน) ควรมีผู้ควบคุมงานเพียง 1 คน ที่มีประสบการณ์สามารถประสานกับผู้ควบคุมงานของฝ่ายผู้ว่าจ้าง (ฝ่ายราชการ) เพราะโดยส่วนใหญ่ปัญหาที่พบจากการสื่อสารระหว่างช่างและคนงานผิดพลาดมักเกิดจากผู้รับจ้างมีผู้ควบคุมงานหลายคน
3. เมื่อผู้รับจ้างได้รับมอบพื้นที่จากผู้ว่าจ้างแล้ว ควรตรวจสอบสถานที่ก่อสร้างว่าพบอุปสรรคใดบ้างมีแนวระบบสาธารณูปโภคใดกีดขวางพื้นที่ก่อสร้างบ้าง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวางแผน หาแนวทางแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น เพื่อให้การก่อสร้างแล้วเสร็จตามสัญญาจ้าง

4. ผู้ว่าจ้าง (ฝ่ายราชการ) ควรชี้แจงรูปแบบ รายละเอียด และปริมาณงานตามสัญญาจ้างอย่างชัดเจนแก่ผู้รับจ้าง และกำหนดตัวแทนผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในการให้คำปรึกษา หรือประสานงานแก่ผู้รับจ้างในเรื่องความถูกต้องชัดเจนของแบบก่อสร้าง
5. ผู้ควบคุมงานควรหมั่นเข้าตรวจสอบหน้างานด้วยความเคร่งครัดอยู่เสมอ
6. ผู้รับจ้างควรตรวจสอบสถานที่จริงก่อนเริ่มทำการก่อสร้าง เพื่อวางแผนถึงวิธีการลำเลียงวัสดุก่อสร้างเข้าพื้นที่ทำงานให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่หน้างานมากที่สุด
7. ผู้ว่าจ้างควรติดต่อประสานงานกับผู้รับจ้างอย่างใกล้ชิด เพื่อประสานงานให้การก่อสร้างเป็นไปตามแผน และควรทำการออกหนังสือเร่งรัดผู้รับจ้างในกรณีที่ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการพื้นที่ล่าช้า
8. ผู้ว่าจ้าง (ฝ่ายราชการ) ควรทำการอัปเดตและต้องตรวจสอบข้อมูลราคากลางจากกระทรวงพาณิชย์อย่างเคร่งครัด เสมอ
9. ผู้ว่าจ้าง (ฝ่ายราชการ) และผู้รับจ้าง ต้องให้ความร่วมมือในขั้นตอนกระบวนการอนุมัติวัสดุที่จะนำมาใช้ในโครงการอย่างเคร่งครัด เพื่อควบคุมคุณภาพวัสดุให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของโครงการ

6. สรุปผลการวิจัย

สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร ที่พบบ่อยที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากถนนทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้ สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร ที่มีระดับของผลกระทบมากที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม 9 สาเหตุแรกที่เกิดจากความล่าช้างานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร ที่มีค่าดัชนีความรุนแรงมากที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง เนื่องจากฤดูกาลทำเกษตรกรรม สาเหตุที่เกิดจากการสื่อสารระหว่างช่างและคนงานผิดพลาด สาเหตุที่เกิดจากแนวระบบสาธารณูปโภค (ประปา, ไฟฟ้า, โทรศัพท์ หรือแนวสายกึ่งวงจรปิด) กีดขวางพื้นที่ก่อสร้าง สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือไม่ละเอียด สาเหตุที่เกิดจากการก่อสร้างผิดหรือข้ามขั้นตอน สาเหตุที่เกิดจากถนนทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าพื้นที่การก่อสร้างได้ สาเหตุที่เกิดจากผู้รับจ้างเข้าดำเนินการล่าช้า สาเหตุที่เกิดจากราคาก่อสร้างต่ำเกินไปไม่ตรงกับความเป็นจริง และสาเหตุที่เกิดจากการใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ ตามลำดับ



รูปที่ 1 แผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า งานปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต กรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความรุนแรง

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการปรับปรุง ถนน ตรอก ซอย ในเขตคูสิต และเขตอื่นๆ ทั้งในส่วนภาคการ (Owner) และภาคเอกชน (Contractor) ควรนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ประกอบการวางแผนในโครงการก่อสร้างในอนาคต เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากความล่าช้าจากโครงการก่อสร้าง

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยในอนาคตควรทำการขยายขอบเขตของงานวิจัยให้กว้างขึ้น ให้ครบทุกเขตการปกครองของ กรุงเทพมหานคร เพื่อที่จะได้นำเอาผลการวิจัยทุกเขตการปกครองมาทำการวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากการวิจัยที่ครบถ้วนมากที่สุด เพื่อนำข้อมูลนี้ไปพัฒนากรุงเทพมหานคร และประเทศไทยในอนาคตต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ระยะ 20 ปี ระยะที่ 1 (2556-2560), จาก

<http://www.bangkok.go.th/pipd/page/sub/5043/%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B8%99%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%92%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%9E%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A2%E0%B8%B0-20-%E0%B8%9B%E0%B8%B5-%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A2%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-2556-2560>

แผนยุทธศาสตร์ กระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2554-2558 (ฉบับปรับปรุง), จาก

http://www.mot.go.th/file_upload/2558/Draf_mot_plan2554-2558.pdf

นคร สุริยานนท์ และ นเรศ ศรีสกุลดี 2559. “ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบ้านจัดสรรของลูกจ้างบริษัท Q-House โครงการค่าสวัสดิ์-บางนา เทพารักษ์”. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยพายัพ ประจำปี 2559 : 574-584.

บุญทรัพย์ สิลากิริย์, นคร สุริยานนท์ และ อธิป ตรียศ. 2558. “ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานติดตั้งหินอ่อนและหินแกรนิตของงานก่อสร้างอาคารสูง”. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558 : 1180-1188.

อธิป ตรียศ, นคร สุริยานนท์ และบุญทรัพย์ สิลากิริย์. 2558. “ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าของโครงการก่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดิน”. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558 : 1172-1179.

นพคุณ พลเมืองศรี และ นคร สุริยานนท์. 2559. “การศึกษาก่อนอนุมัติวัสดุโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมกรณีศึกษา: โครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียม ไอเดีย โอ คิว ราชเทวี ในเครือบริษัท อนันดาดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด(มหาชน)”. การประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2559 : 1010-1016.

ศิริพล แพนงมี, นคร สุริยานนท์ และทศพร เตียรประเสริฐ. “การศึกษาก่อนอนุมัติวัสดุโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ากรณีศึกษา: โครงการรถไฟฟ้าชานเมือง(สายสีแดง) ช่วงบางซื่อ-รังสิต”. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558, 1200-1210.

ทศพร เตียรประเสริฐ, นคร สุริยานนท์ และศิริพล แพนงมี. “การศึกษาก่อนอนุมัติวัสดุโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้ากรณีศึกษา: โครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงแบริ่ง-สมุทรปราการ”. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558 : 1189-1199.

เกรียงไกร เรืองโชติเสถียร. 2557. “ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างถนน กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนจังหวัดสุรินทร์”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

นายวิริยพล เจริญท้าว. 2557. “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินโครงการก่อสร้างขององค์กรปกครองท้องถิ่น
กรณีศึกษา โครงการวางท่อระบายน้ำพร้อมเสริมผิวแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ถนนเสรี เทศบาลตำบลอุบล
อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี”. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ
และนานาชาติ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

**ปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม
จังหวัดนครปฐม**

**FACTORS CAUSING DELAY IN ROAD CONSTRUCTION PROJECTS
IN NAKON PHATOM MUNICIPALITY**

ราชนัย ไตรวิชานันท์

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย

E-mail: rachan2519@hotmail.com

ดร.นคร สุริยานนท์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภาควิชาโยธา วิทยาเขตปทุมธานี

E-mail: jamecu555@gmail.com.

บทคัดย่อ

การศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบริหารงานของโครงการก่อสร้างของบริษัทและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัจจัยต่างๆที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างถนน โดยผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มประชากรตัวอย่างไว้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเจ้าของโครงการ (Owner) และกลุ่มผู้รับเหมา (Contractor) ผู้วิจัยได้ทำการเก็บแบบสอบถามเป็นจำนวน 100 ชุด ผลการวิจัยระบุว่า สามารถเรียงลำดับปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีความรุนแรง (Severity Index: S.I) มากที่สุด 9 ลำดับแรกได้แก่ อันดับที่ 1 การวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง อันดับที่ 2 แบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือบไม่ละเอียด อันดับที่ 3 การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง อันดับที่ 4 การวางแผนการดำเนินการประสานงานโครงการไม่เหมาะสม อันดับที่ 5 คนงานนัดหยุดงาน นัดกันละทิ้งงาน อันดับที่ 6 วัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด อันดับที่ 7 วิศวกรหรือช่างเทคนิคขาดประสบการณ์ในการควบคุมงาน อันดับที่ 8 การวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุที่ผิดพลาด และ อันดับที่ 9 การเบิกจ่ายเงินตามงวดงานที่ได้เงินล่าช้า

คำสำคัญ: การก่อสร้างถนน, การบริหารงานก่อสร้าง, ความล่าช้า, ดัชนีความรุนแรง, เทศบาลนครนครปฐม

ABSTRACT

The objective of this research study is to find factors that can affect and cause delay in road construction in Nakhorn Phatom municipality. The study was done by using questionnaire as a tool to collect data. Questionnaires were distributed to 2 groups of people consisting of project owners and contractors. The total number of these 2 groups of people participating in this study was 100. In the analysis of data collected from these people, the average impact level and the average frequency of each affecting factor were determined and the severity index (S.I.) was calculated. As indicated by the severity index values, the top 10 factors causing delay in construction were (1) Working time plan being not appropriate for the actual work at the construction site. (2) Construction drawing being not clear and not detailed. (3) Shortage of construction laborers. (4) Coordination plan being not appropriate. (5) Strikes of workers. (6) Construction materials being out of stock. (7) Lack of experience of the engineers and technicians in overseeing the work. (8) Inappropriate timetable for buying construction materials. (9) Progress payment delay.

KEYWORDS: construction, roads, delays, severity index, Nakhon Phatom Municipality

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เทศบาลนครปทุมเป็นหนึ่งในหน่วยงานที่ประกอบอยู่ในโครงสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นของ จ. นครปทุม มีพื้นที่ความรับผิดชอบ 19.85 ตารางกิโลเมตรหรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 12,406.25 ไร่ (พระราชกฤษฎีกาจัดตั้งเทศบาลนครปทุม จ.นครปทุม, 2542) การพัฒนาระบบบำรุงรักษาดูแล ได้ถูกจัดเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการพัฒนาเมืองของเทศบาลนครปทุม (ยุทธศาสตร์และแนวทางการพัฒนาเทศบาลนครปทุม 2557-2559) เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมและขนส่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของจังหวัด (เมธากุล มีธรรม และคณะ, 2556) และเป็นเส้นทางที่จะนำไปสู่การเจริญเติบโตของเศรษฐกิจระดับภูมิภาคในอนาคตต่อไป

ความล่าช้าในงานก่อสร้างคือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างที่ขยายเพิ่มเติมออกไปจากระยะเวลาก่อสร้างที่ตกลงหรือกำหนดไว้ตามแผนงาน สาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการขาดสภาพคล่องทางการเงินของเจ้าของโครงการ (บุญทรัพย์ สิลาลิรักษ์ และคณะ, 2558) การว่าจ้างผู้รับเหมาช่วงที่ไม่มีศักยภาพมาทำงาน (อริป ตรียศ และคณะ, 2558) การขาดแคลนแรงงานช่วงฤดูทำการเกษตร (สุเทพ บุญตะโก และคณะ, 2556; วิรัชพล, 2557) แบบก่อสร้างและสภาพหน้างานขัดแย้งกัน (สฤณี ธีรเชมกุล, 2557) ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการในพื้นที่ล่าช้า (หัตถ์ นาควิเชียร, 2554) ปัญหาด้านเอกสาร (เกรียงไกร เรืองโชติเสถียร, 2557) ฯลฯ ผลเสียที่ตามมาเมื่อเกิดความล่าช้าขึ้นในโครงการก่อสร้าง ได้แก่ ความเสียหายด้านเวลา ด้านค่าใช้จ่าย และด้านคุณภาพของงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อศึกษา รวบรวม พิจารณา จัดหมวดหมู่ และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครปทุม เพื่อจะสร้างองค์ความรู้ให้เทศบาลนครปทุม หน่วยงานอื่นๆ และประเทศไทย จะได้นำข้อมูล ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา วางแผน และดำเนินการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษา รวบรวม พิจารณา จัดหมวดหมู่ และวิเคราะห์ สาเหตุ และปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมเพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ไขป้องกันไม่ให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้าง

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่าง ซึ่งได้แก่วิศวกร นายช่างผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมา ที่เกี่ยวข้องกับงานโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปหา ค่าเฉลี่ยความถี่ของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ค่าเฉลี่ยระดับของผลกระทบของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า ค่าเฉลี่ยดัชนีความรุนแรงของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาสรุปจัดอันดับ (Rank) แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 ชุด จากพื้นที่ 10 เขต ซึ่งแบ่งตามพื้นที่ความรับผิดชอบของเทศบาลนครปฐม ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเจ้าของโครงการ (Owner) ซึ่งประกอบด้วย ประธานกรรมการ ตรวจสอบการจ้าง กรรมการตรวจสอบการจ้าง วิศวกรโยธา ผู้ควบคุมงาน และกลุ่มผู้รับจ้าง (Contractor) ประกอบด้วย กรรมการบริหาร ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ ผู้ควบคุมงาน

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้คัดเลือกปัจจัยหลักที่มีความสำคัญที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าต่อโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม ทั้งสิ้น 8 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านบุคลากร 2.) ปัจจัยด้านการประสานงาน 3.) ปัจจัยด้านงบประมาณโครงการ 4.) ปัจจัยด้านเครื่องมือ-เครื่องจักรในการก่อสร้าง 5.) ปัจจัยด้านวัสดุ-อุปกรณ์ในการก่อสร้าง 6.) ปัจจัยด้านขั้นตอนการก่อสร้าง 7.) ปัจจัยสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้าง และ 8) ปัจจัยอื่นๆ

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด (Closed-ended question) โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดความล่าช้า

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ คือ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าดัชนีความรุนแรง (Severity Index: S.I) ซึ่งใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2

$$S.I = \frac{(Impact Level) \times (Offering Frequency)}{5 \times 5}$$

โดยที่ S.I คือ ค่าดัชนีความรุนแรง

Impact Level คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความรุนแรง

Offering Frequency คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความถี่

5x5 หมายถึง ช่วงชั้นระดับความถี่ x ช่วงชั้นระดับความรุนแรง

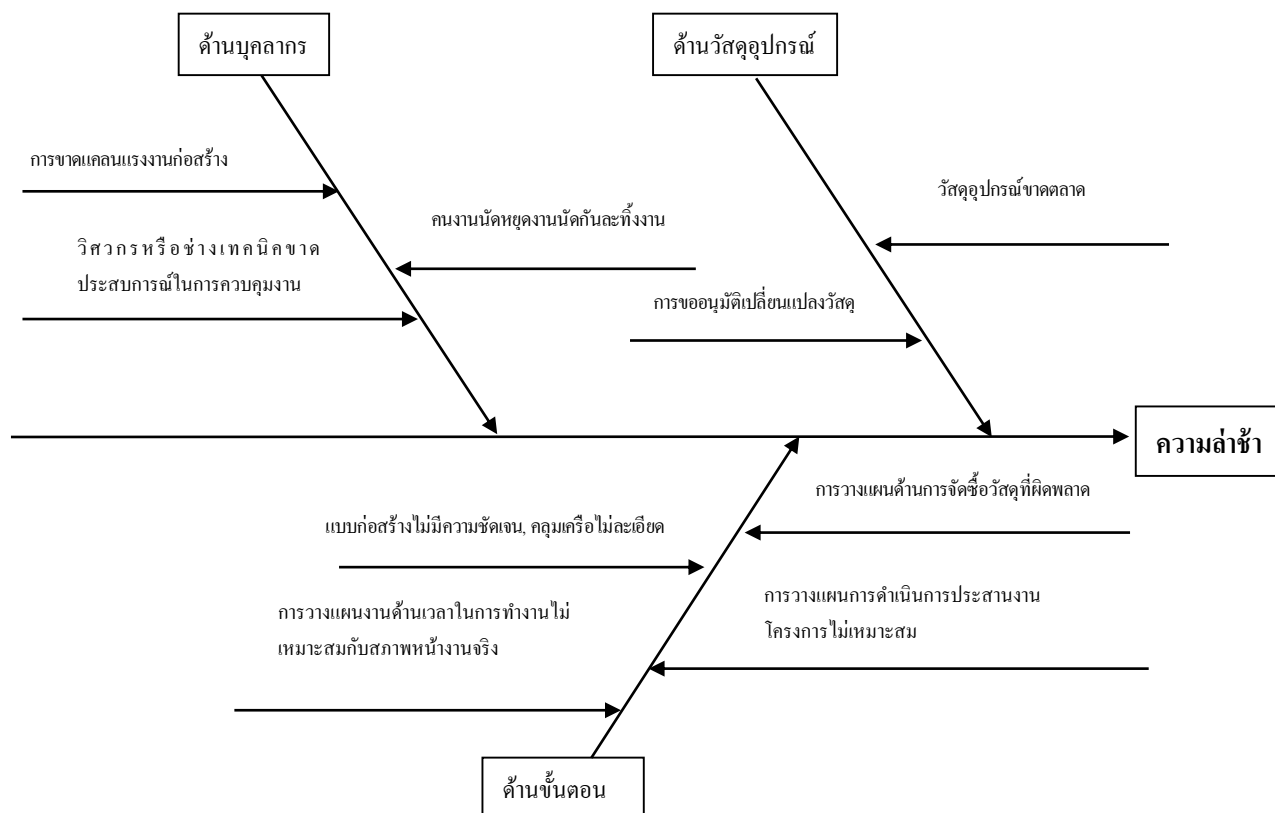
5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จำแนกสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าออกเป็น 74 สาเหตุ และได้จัดกลุ่มแบ่งประเภทของสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าออกเป็น 8 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านบุคลากร (7 สาเหตุ) ปัจจัยด้านงบประมาณโครงการ (11 สาเหตุ) ปัจจัยด้านเครื่องมือเครื่องจักรกล (7 สาเหตุ) ปัจจัยด้านวัสดุ-อุปกรณ์ในการก่อสร้าง (10 สาเหตุ) ปัจจัยด้านขั้นตอนในการก่อสร้าง (19 สาเหตุ) ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้าง (4 สาเหตุ) ปัจจัยด้านการประสานงาน (7 สาเหตุ) และปัจจัยด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง (9 สาเหตุ)

5.1 ความถี่ของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าตามค่าความถี่จากมากไปน้อยเป็นจำนวน 9 ลำดับแรก (จาก 74 สาเหตุ) โดยผู้วิจัยพบว่า ปัจจัยหลักที่ติดอันดับมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยด้านขั้นตอนในการก่อสร้าง (4 อันดับ) รองลงมาคือปัจจัยด้านบุคลากร (3 อันดับ) และปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง (1 อันดับ) รูปที่ 1 แสดงถึงแผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความถี่ ผลการวิจัยระบุว่าใน 9 อันดับแรกของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าไม่มีสาเหตุจากปัจจัยด้านงบประมาณ ปัจจัยด้านเครื่องจักรกลในการก่อสร้าง ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้าง และปัจจัยด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างเลย จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า 9 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมที่พบบ่อยที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง ($\bar{X} = 4.76$) สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเครือไม่ละเอียด ($\bar{X} = 4.03$) สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง ($\bar{X} = 4.01$) สาเหตุที่เกิดจากคนงานนัดหยุดงานนัดกันละทิ้งงาน ($\bar{X} = 3.63$) สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนการดำเนินการประสานงานโครงการไม่เหมาะสม ($\bar{X} = 3.60$) สาเหตุที่เกิดจากวัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด ($\bar{X} = 3.51$) สาเหตุที่เกิดจากวิศวกรหรือช่างเทคนิคขาดประสบการณ์ในการควบคุมงาน ($\bar{X} = 3.41$) สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุที่ผิดพลาด ($\bar{X} = 3.10$) และสาเหตุที่เกิดจากการขออนุมัติ

เปลี่ยนแปลงวัสดุ ($\bar{X} = 3.02$) โดยทั้ง 9 สาเหตุมาจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ได้แก่ ได้แก่ ปัจจัยด้านขั้นตอนในการก่อสร้าง รองลงมาคือปัจจัยด้านบุคลากร และปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง

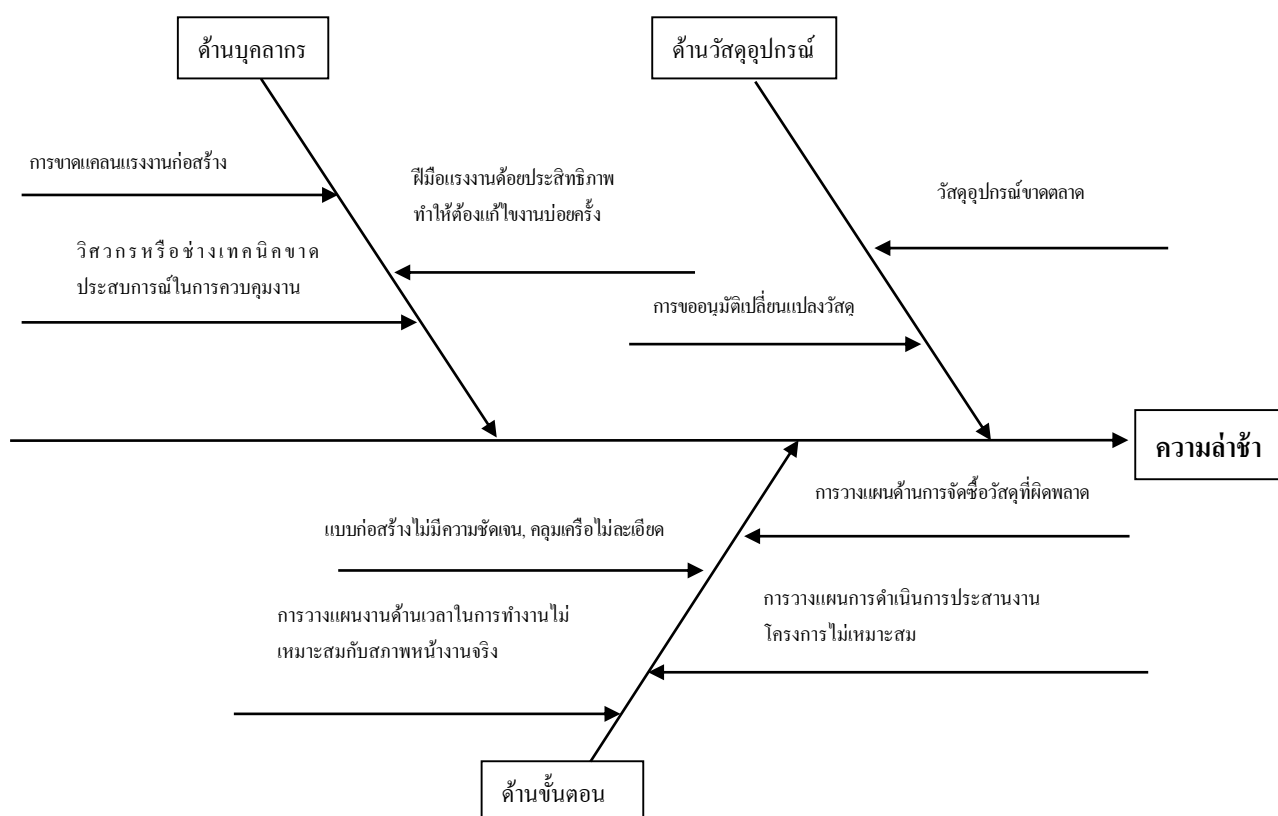


รูปที่ 1 แผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความถี่

5.2 ระดับของผลกระทบของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โดยเรียงลำดับตามค่าระดับของผลกระทบจากมากไปน้อย 9 ลำดับแรก (จาก 74 สาเหตุ) โดยผู้วิจัยพบว่า ปัจจัยหลักที่ติดอันดับมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยด้านขั้นตอนในการก่อสร้าง (4 อันดับ) รองลงมาคือปัจจัยด้านบุคลากร (3 อันดับ) และปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง (1 อันดับ) รูปที่ 2 แสดงถึงแผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยระดับของผลกระทบ ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า 9 สาเหตุแรกที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าที่มีระดับของผลกระทบมากที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง ($\bar{X} = 4.59$) สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเครือไม่ละเอียด ($\bar{X} = 4.23$) สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง ($\bar{X} = 4.19$) สาเหตุที่เกิดจากวัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด ($\bar{X} = 3.75$) สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนการดำเนินการประสานงานโครงการไม่เหมาะสม ($\bar{X} = 3.74$) สาเหตุที่เกิดจากฝีมือแรงงานด้อยประสิทธิภาพทำให้ต้องแก้ไขงานบ่อยครั้ง ($\bar{X} = 3.63$)

สาเหตุที่เกิดจากวิศวกรหรือช่างเทคนิคขาดประสบการณ์ในการควบคุมงาน ($\bar{X} = 3.43$) สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุที่ผิดพลาด ($\bar{X} = 3.29$) และสาเหตุที่เกิดจากการขออนุมัติเปลี่ยนแปลงวัสดุ ($\bar{X} = 3.19$) ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยพบว่าแนวโน้มของลำดับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้ามีทิศทางไปในทางเดียวกับสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความถี่



รูปที่ 2 แผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยระดับของผลกระทบ

5.3 ดัชนีความรุนแรงของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

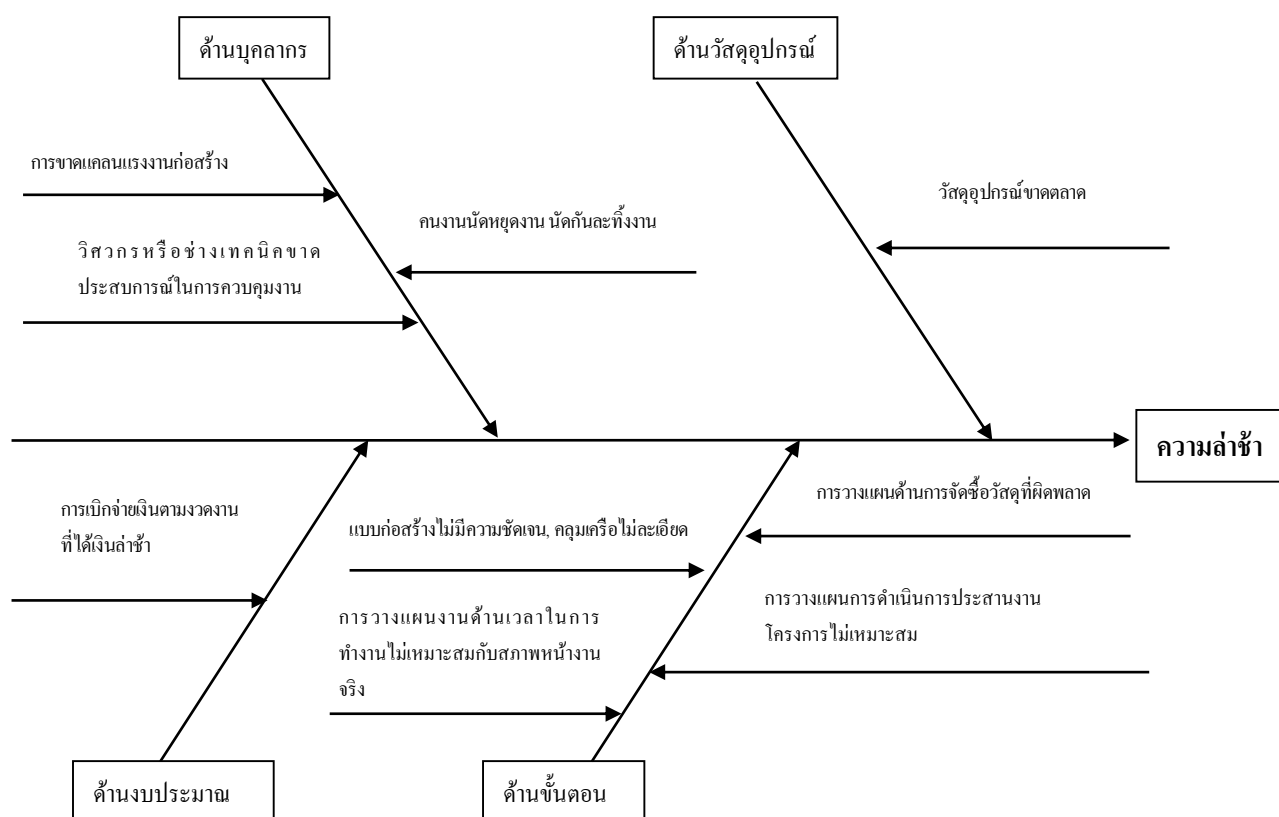
ผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับสาเหตุหลักที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โดยเรียงลำดับตามค่าดัชนีความรุนแรงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าจากมากไปน้อย 9 ลำดับแรก (จาก 74 สาเหตุหลัก) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยผู้วิจัยพบว่าใน 9 ลำดับแรกนั้น ปัจจัยด้านขั้นตอนเป็นปัจจัยที่ติดอันดับมากที่สุด (3 อันดับ) รองลงมาคือปัจจัยด้านบุคลากร (2 อันดับ) ปัจจัยด้านวัสดุ (2 อันดับ) และปัจจัยด้านงบประมาณ (1 อันดับ) ตามลำดับ ผลการวิจัยระบุว่าใน 9 อันดับแรกไม่มีสาเหตุจากปัจจัยด้านเครื่องจักรกลการก่อสร้าง ปัจจัยด้านการประสานงาน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในงานก่อสร้าง และปัจจัยด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยด้านบุคลากร ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ในการก่อสร้าง ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง และปัจจัยด้านการเงิน ตามลำดับ

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า 9 สาเหตุแรกที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมกรุงเทพมหานครที่มีค่าดัชนีความรุนแรงที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือไม่ละเอียด สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนการดำเนินการประสานงานโครงการไม่เหมาะสม สาเหตุที่เกิดจากคนงานนัดหยุดงาน นัดกันละทิ้งงาน สาเหตุที่เกิดจากวัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด สาเหตุที่เกิดจากวิศวกรหรือช่างเทคนิคขาดประสบการณ์ในการควบคุมงาน สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุที่ผิดพลาด และสาเหตุที่เกิดจากการเบิกจ่ายเงินตามงวดงานที่ได้เงินล่าช้าตามลำดับ รูปที่ 1 แสดงถึงแผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความรุนแรง

ผู้วิจัยพบว่าในงานวิจัยนี้ผลของการวิจัยระบุว่าสาเหตุที่เกิดจากการวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริงส่งผลให้เกิดความล่าช้ามากที่สุด ในโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม มีความแตกต่างกับผลการวิจัยความล่าช้าในโครงการก่อสร้างประเภทอื่นๆ เช่นในโครงการศึกษาความล่าช้าในโครงการก่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดินที่ระบุว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าต่อโครงการมากที่สุด ได้แก่ การว่าจ้างผู้รับเหมาช่วงที่ไม่มีศักยภาพมาทำงาน (อธิป ตรียศ และคณะ, 2558) หรือในการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานติดตั้งหินอ่อนและหินแกรนิตของงานก่อสร้างอาคารสูงที่ระบุว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้ามากที่สุดต่อโครงการได้แก่ การขาดสภาพคล่องทางการเงินของเจ้าของโครงการ (บุญทรัพย์ ลีลาภิรักษ์ และ คณะ, 2558) ผู้วิจัยสรุปว่าสาเหตุที่ผลการวิจัยของแต่ละโครงการมีความแตกต่างกันเป็นเพราะลักษณะของงานและลักษณะของเจ้าของโครงการมีความแตกต่างกันดังนั้นความแตกต่างนี้จึงส่งผลให้สาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างแต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ดัชนีความรุนแรงของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าล่าช้าในโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม

ลำดับ	สาเหตุ	S.I	ปัจจัยหลัก
1	การวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง	0.873	ขั้นตอน
2	แบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเคลือไม่ละเอียด	0.681	ขั้นตอน
3	การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง	0.675	บุคลากร
4	การวางแผนการดำเนินการประสานงาน โครงการไม่เหมาะสม	0.538	ขั้นตอน
5	คนงานนัดหยุดงาน นัดกันละทิ้งงาน	0.527	บุคลากร
6	วัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด	0.526	วัสดุ
7	วิศวกรหรือช่างเทคนิคขาดประสบการณ์ในการควบคุมงาน	0.476	บุคลากร
8	การวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุที่ผิดพลาด	0.408	ขั้นตอน
9	การเบิกจ่ายเงินตามงวดงานที่ได้เงินล่าช้า	0.352	งบประมาณ



รูปที่ 3 แสดงถึงแผนผังเหตุและผลของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โครงการก่อสร้าง

ถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความรุนแรง

5.4 แนวทางแก้ไขที่สาเหตุส่งผลให้เกิดความล่าช้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูล 9 ลำดับแรกของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโดยเรียงลำดับตามค่าดัชนีความรุนแรง ผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

1. เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากการวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง ดังนั้นผู้รับจ้างจึงควรตรวจสอบรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน ศึกษาแผนงานการก่อสร้าง ศึกษาจำนวนวันเวลาของสัญญาโครงการควรมีการนัดประชุมเพื่อติดตามความคืบหน้าของโครงการและส่งรายงานความคืบหน้า อุปสรรคของโครงการเพื่อป้องกันปัญหาด้านเวลาที่มักเกิดขึ้นกับโครงการก่อสร้างเสมอ

2. เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาจากแบบก่อสร้างที่ไม่ชัดเจน ผู้รับจ้างควรต้องประสานงานกับเจ้าหน้าที่ฝ่ายเจ้าของโครงการโดยทันทีที่เกิดปัญหา เพื่อทำการสำรวจ วัดระยะหน้างานจริงและสรุปเป็นลายลักษณ์อักษรให้ชัดเจน

3. เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง และปัญหาคงงานนัดกันละทิ้งงาน ผู้รับจ้างจึงควรมีการวางแผนด้านกำลังคน กำลังแรงงาน (Man Power) เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาด้านบุคลากรไว้

ล่วงหน้าและให้งานโครงการดำเนินต่อไปได้ไม่สะดุด เช่น วันหยุดพิเศษต่างๆเปิดให้มีการทำงานนอกเวลา (Over Time) เพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานของพนักงานและแรงงานในสังกัด

4. เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากการวางแผนดำเนินการประสานโครงการไม่เหมาะสม ผู้รับจ้างควรทำการกำหนดแผนผังบุคลากรในองค์กรที่ชัดเจน เพื่อป้องกันปัญหาการทำงานและประสานงานซ้ำซ้อน และ มีการควานหาเทคโนโลยีการสื่อสารสมัยใหม่มาใช้ในการติดต่อสื่อสารในโครงการ

5. ผู้บริหารงานโครงการควรศึกษาแนวโน้มทางเศรษฐกิจในด้านต่างๆเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการสำรอง (Stock) ผลผลิตกันไว้ให้เพียงพอต่อความต้องการโครงการ เพื่อป้องกันปัญหาวัสดุอุปกรณ์ขาดตลาดและการวางแผนการจัดซื้อวัสดุผิดพลาด

6. ผู้รับจ้างควรทำการวางแผนผลิตและการฝึกอบรมควบคุมคุณภาพบุคลากรระยะยาว เพื่อให้มีบริษัทที่มีบุคลากรที่มีคุณภาพเพียงพอต่อปริมาณงานของบริษัทในอนาคต

7. เพื่อป้องกันปัญหาการเบิกจ่ายเงินตามงวดงานล่าช้า ผู้รับจ้างควรที่จะต้องศึกษาหาแนวทางการป้องกัน แก้ไข เช่น การตรวจสอบงานก่อสร้างก่อนการส่งมอบงาน เพื่อให้รายการก่อสร้างตรงตามข้อกำหนดและรายการประกอบแบบเพื่อเป็น การบันทึกข้อมูลเตรียมพร้อมการส่งมอบงานในแต่ละงวดงาน

6. สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมมากที่สุดได้แก่ ได้แก่ ปัจจัยด้านบุคลากร ปัจจัยด้านวิธีการก่อสร้าง ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ในการก่อสร้าง ปัจจัยด้านอื่นๆ ในงานก่อสร้าง และปัจจัยด้านการเงิน ตามลำดับ และ 9 สาเหตุแรกๆที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐมกรุงเทพมหานครที่มีค่าดัชนีความรุนแรงมากที่สุดได้แก่ สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนงานด้านเวลาในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง สาเหตุที่เกิดจากแบบก่อสร้างไม่มีความชัดเจน, คลุมเครือไม่ละเอียด สาเหตุที่เกิดจากการขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนการดำเนินการประสานงานโครงการไม่เหมาะสม สาเหตุที่เกิดจากคนงานนัดหยุดงาน นัดกันละทิ้งงาน สาเหตุที่เกิดจากวัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด สาเหตุที่เกิดจากวิศวกรหรือช่างเทคนิคขาดประสบการณ์ในการควบคุมงาน สาเหตุที่เกิดจากการวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุที่ผิดพลาด และสาเหตุที่เกิดจากการเบิกจ่ายเงินตามงวดงานที่ได้เงินล่าช้า ตามลำดับ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

นายช่างโยธา ผู้รับเหมา ผู้ที่เกี่ยวข้องกับ เจ้าหน้าที่ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างถนน เทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม และหน่วยงานอื่นๆ สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ประกอบการวางแผนในโครงการก่อสร้างในอนาคต เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากความล่าช้าจากโครงการก่อสร้าง

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในงานวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยในอนาคตควรทำการขยายขอบเขตของงานวิจัยให้กว้างขึ้น ให้ครอบคลุมการปกครองของจังหวัดนครปฐม และจังหวัดอื่นๆ เพื่อที่จะได้นำเอาผลการวิจัยทุกเขตการปกครองมาทำการ

วิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปจากการวิจัยที่ครบถ้วนมากที่สุด เพื่อนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาพื้นที่ภาคกลาง และประเทศไทยต่อไปในอนาคต

8. เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร เรืองโชติเสถียร. 2557. “ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมงานก่อสร้างถนน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนจังหวัดสุรินทร์”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง และสาธาณูปโภค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

หัตถ์ นาควิเชียร, จตพล ตั้งปกาศิต และกองกฤษณ์ โตชัยวัฒน์. 2554. “ปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างถนนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตปริมณฑล”. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา แห่งชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญทรัพย์ ลีลาภิรักษ์, นคร สุริยานนท์ และ อธิป ตรียศ. 2558. “ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานติดตั้งหินอ่อน และหินแกรนิตของงานก่อสร้างอาคารสูง”. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558 : 1180-1188.

พระราชกฤษฎีกาจัดตั้งเทศบาลนครปทุม จ.นครปทุม พ.ศ. 2542, จาก

http://www.nakhonpathomcity.go.th/menu_his.asp

เมธากุล มีธรรม และ วรภูมิเบญจโอฬาร. 2556, “การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อันเนื่องมาจากการชะลอโครงการ: กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองจังหวัดนครสวรรค์ ด้านตะวันออก”. วารสารวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มอบ. ปีที่ 6, 1: 9-21.

ยุทธศาสตร์และแนวทางการพัฒนาเทศบาลนครปทุม ช่วงสามปี 2557-2559 จาก

http://www.nakhonpathomcity.go.th/menu_dev.asp

วิรัชพล เจริญท้าว. 2557. “ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินโครงการก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรณีศึกษา โครงการวางท่อระบายน้ำพร้อมเสริมผิวแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ถนนเสรี เทศบาลตำบลอุบล อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี”. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

สฤกษ์ ธีรเชมกุล. 2556. “สาเหตุของการขยายเวลางานก่อสร้างถนน และก่อสร้าง ท่อระบายน้ำของสำนักงานเขตเมืองชั้นใน กรุงเทพมหานคร”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหาร การก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สุเทพ บุญตะโก, วีระศักดิ์ ละอองจันทร์ และกองกฤษณ์ โตชัยวัฒน์. 2556. ความล่าช้าในงานก่อสร้างสะพานของ กรมทางหลวง, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชวมงคลชัยบุรี. ปีที่ 11, 2 : 69-78.

อธิป ตรียศ, นคร สุริยานนท์ และบุญทรัพย์ ลีลาภิรักษ์. 2558. “ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าของโครงการก่อสร้าง ท่อร้อยสายเคเบิลใต้ดิน”. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 10 ประจำปี 2558 : 1172-1179.

**ความสัมพันธ์ระหว่างผลทดสอบ DYNAMIC CONE PENETRATION กับค่า
UNSOAKED CBR ของวัสดุชั้นรองพื้นทางระดับ E ที่บดอัดด้านเปียก
RELATIONSHIP BETWEEN DCP PENETRATION AND UNSOAKED CBR
OF THE WET-SIDE COMPACTED CLASS E SUBBASES**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชวาลย์ พูลลาภพานิช

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chatshawal.po@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP ที่ได้จากการทดสอบ Dynamic Cone Penetration Test (DCPT) กับค่า CBR ของตัวอย่างดินลูกรังบดอัดที่จัดเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างดินที่ใช้ศึกษามีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์วัสดุรองพื้นทางระดับ E ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 205/2532 ถูกบดอัดขณะมีปริมาณความชื้นด้านเปียก ตัวแปรของงานวิจัยคือค่าพลังงานบดอัดดินแตกต่างกัน 5 ระดับคือ พลังงาน $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ และ 1 เท่าของการบดอัดแบบมาตรฐาน พลังงาน $\frac{1}{2}$ และ 1 เท่าของการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน สมการถดถอยของความสัมพันธ์ สามารถประยุกต์ใช้ประเมินและตรวจสอบกำลังของวัสดุดินลูกรังชั้นรองพื้นทางเกณฑ์คุณภาพต่ำ

คำสำคัญ: การทดสอบซีบีอาร์ การทดสอบไดนามิกโคนเพเนทรชัน วัสดุรองพื้นทาง การบดอัดดินด้านเปียก

ABSTRACT

The Case study on correlation between DCP value and CBR of a selected soil sample which corresponding to the class E soil - aggregate subbase of Thai DOH Standards are presented. The laboratory specimens were prepared at wet side of optimum moisture content (1.2 OMC) and were compacted at five different compaction levels: 1/4, 1/2, 1 of Standard Effort and 1/2, 1 of Modified Effort. The regression analysis of experimental data can be used in the field to estimate strength of poor soil-aggregate subbase course.

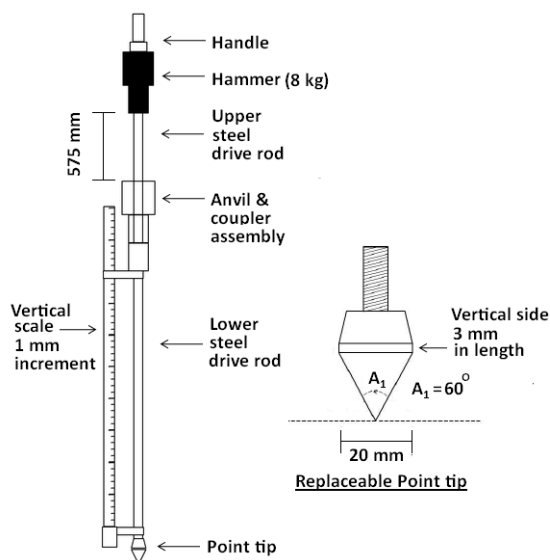
KEYWORDS: CBR Test, DCP Test, Soil - Aggregate Subbase, Wet side of optimum moisture content

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ระเบียบวิธีออกแบบผิวทางของมาตรฐานต่างๆในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เริ่มต้นด้วยการกำหนดคุณสมบัติด้านกำลังและสติฟเนสของวัสดุชั้นทางโดยใช้ความสัมพันธ์ที่อิงกับผลทดสอบค่า CBR ของการทดสอบ California Bearing Ratio Test (CBR TEST) เป็นหลัก การทดสอบนี้ดำเนินการได้สะดวกในห้องปฏิบัติการ แต่ใน

งานก่อสร้างภาคสนามกลับปฏิบัติได้ยากกว่าและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการประเมินค่า CBR โดยอ้อมจากสมการความสัมพันธ์กับค่า DCP ของการทดสอบ Dynamic Cone Penetration Test (DCPT) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากทดสอบได้สะดวก ใช้เวลาน้อยกว่า และมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า

การทดสอบ DCPT เป็นวิธีตอกหยั่งกำลังของชั้นดินวิธีหนึ่งในมาตรฐาน ASTM [1] อุปกรณ์ทดสอบคือ Dynamic Cone Penetrometer ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักคือ ก้านตอก(Drive Rod) ต่อประกอบเข้ากับแป้นรอง (Anvil) และหัวทดสอบ(Point Tip) ทรงกรวยทำมุมแหลม 60° องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร การหยั่งกำลังชั้นดินกระทำโดยปล่อยตุ้มตอก (Hammer) น้ำหนัก 8 กิโลกรัม ที่ควบคุมระยะตกกระทบคงที่ 575 มิลลิเมตรกระแทกแป้นรอง หัวทดสอบที่หยั่งบนชั้นดินจะถูกแรงกระแทกผ่านก้านตอกด้วยพลังงานตกกระทบคงที่ วัดผลทดสอบเป็นค่าระยะจม/การตอก 1 ครั้ง เรียกว่าค่า DCP (mm./blow) ผลศึกษาวิจัยจำนวนมากพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง DCP กับค่าทดสอบ CBR ของตัวอย่างดินบดอัดแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked CBR) มีแนวโน้มสหสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นอย่างดี จึงนิยมนำมาใช้ประเมินค่า CBR ของวัสดุชั้นทางในภาคสนาม



แผนภาพที่ 1 เครื่องมือ Dynamic Cone Penetrometer และการทดสอบตัวอย่างดินบดอัดในห้องปฏิบัติการ

ผลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับ ค่า CBR ของตัวอย่างดินบดอัดแบบไม่แช่น้ำที่ได้เคยมีการวิจัยไว้ในประเทศไทยคือผลงานของ ดร.ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ [2] ซึ่งวิจัยตัวอย่างดินลูกรังที่มีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์วัสดุรองพื้นทางระดับ A B และ C ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 205/2532 [10] ดังแสดงคุณสมบัติไว้ในตารางที่ 1 ดินกลุ่มนี้มีมวลรวมที่มีขนาดเกิน 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 1 ถึง 2 นิ้ว ปริมาณอย่างต่ำ 15% ของน้ำหนักรวมขึ้นไป ดินกลุ่มนี้ปัจจุบันค่อนข้างขาดแคลนจึงหามาใช้ก่อสร้างได้ยาก การเลือกขอบเขตศึกษากลุ่มวัสดุดินลูกรังที่มีคุณภาพต่ำกว่า เช่นระดับ D และ E ที่ยังจัดหาใช้ก่อสร้างได้อย่างสะดวกจึงเหมาะสมนำผลศึกษาไปใช้งานได้มากกว่า

นอกจากนี้งานวิจัยได้กำหนดตัวแปรต้นของงานวิจัยให้บดอัดดินขณะมีค่าความชื้นด้านเปียก เท่ากับ 1.2 OMC (Optimum Moisture Content) ซึ่งกำหนดขึ้นจากค่าความชื้นสูงสุดที่ยอมให้ในขณะควบคุมงาน เพื่อให้ค่า

กำลังของดินลดต่ำสุดอยู่ในช่วงขีดจำกัดล่าง และสามารถเกิดขึ้นได้ในงานก่อสร้างภาคสนาม ทำให้ผลศึกษาได้สมการสหสัมพันธ์ค่าคุณสมบัติของดินที่ประเมินไว้ขั้นต่ำ สามารถประยุกต์ใช้ครอบคลุมถึงการประเมินคุณสมบัติชั้นดินที่ถมไว้เดิมซึ่งถูกบดอัดให้แน่นตัวโดยไม่มีการควบคุม ซึ่งพบมากในงานก่อสร้างขนาดเล็กหรือมีงบประมาณในการก่อสร้างจำกัด

ตารางที่ 1 สรุปคุณสมบัติวัสดุมวลรวมที่ใช้ทำรองพื้นทาง ตามมาตรฐานเลขที่ ทล.-ม. 205

ตารางแสดงขนาดผลของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร (นิ้ว)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละ โดยมวล				
	A	B	C	D	E
50 (2)	100	100	-	-	-
25.0 (1)	-	-	100	100	100
9.5 (3/8)	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	-
2.00 (เบอร์ 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70	40 - 100
0.425 (เบอร์ 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50
0.075 (เบอร์ 200)	2 - 8	5 - 20	5 - 15	5 - 20	6 - 20

- มีค่า Liquid Limit (LL) ไม่เกิน 35 %
- มีค่า Plasticity Index (PI) ไม่เกิน 11 %
- มีค่า CBR ไม่น้อยกว่า 25 % ที่ 95 % ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดสอบการบดอัดสูงกว่ามาตรฐาน
- มีค่าการสึกหรอจากเครื่อง Los Angeles Abrasion ไม่เกิน 60 %

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

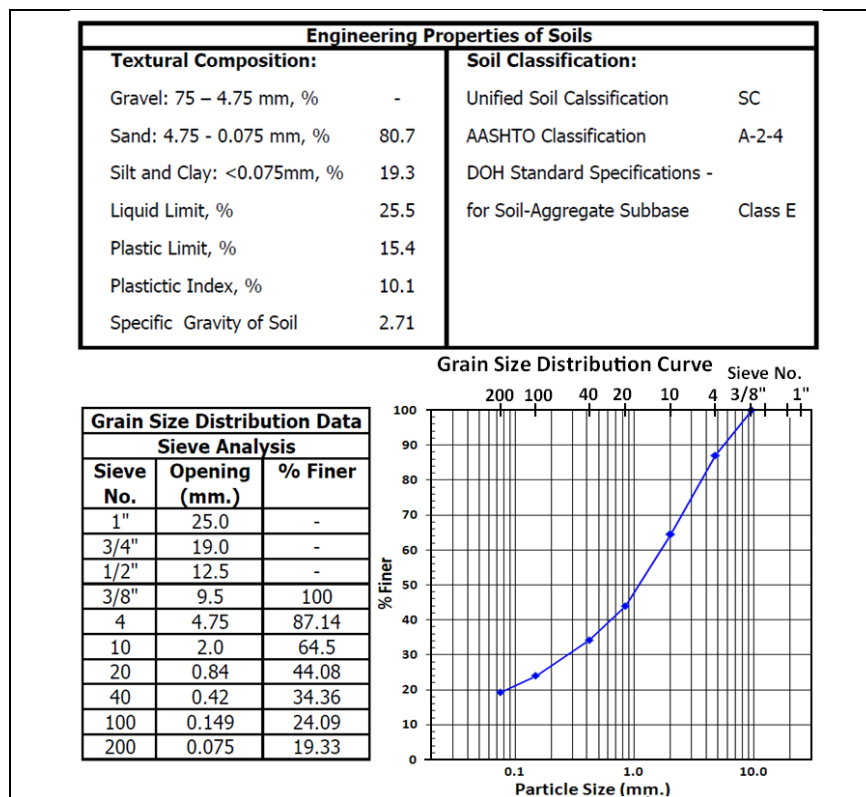
เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับ ค่า Unsoaked CBR ของตัวอย่างดินลูกรังรองพื้นทางระดับ E ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 205/2532 [10] ที่บดอัดด้านเปียก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและตัวอย่าง

ตัวอย่างดินลูกรังที่ใช้ศึกษาได้จากบ่อลูกรัง อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี เป็นวัสดุก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางคู่ขนาน ทล. 338 กม. 32+200 – 33 + 650 ดินลูกรังถูกตากให้แห้งหรือนำเข้าสู่อบ แล้วใช้ค้อนยางทุบให้ดินแยกตัวออกจากกัน แบ่งเก็บใส่ถุงประมาณถุงละ 30 – 40 กิโลกรัม เมื่อนำดินไปใช้ในการทดลองทุกครั้งจะเทดินออกจากกระสอบแล้วใช้วิธีการแบ่งสับบนพื้นสะอาดแห้งเรียบ จนได้ขนาดตัวอย่างดินที่ต้องการ นำตัวอย่างดินไปทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้น ประกอบด้วย การทดสอบหาขนาดเม็ดดินโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง[9] การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน[3] การทดสอบหาค่า Liquid Limit (LL) [4] และค่า Plastic Limit (PL) [5]

จากการทดสอบตัวอย่างดินพบว่า เม็ดดินมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.71 ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบของดินโดยน้ำหนัก จำแนกออกได้เป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) ส่วนดินหยาบ พบว่ามีแต่ขนาดเม็ดดินเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 (0.425 มม.) มีปริมาณ 80.7% โดยน้ำหนัก 2) ส่วนดินละเอียด ที่สามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) มีปริมาณ 19.3% โดยน้ำหนัก ดินละเอียดนี้เป็นดินเหนียวพลาสติกต่ำ (CL) ผลทดสอบขีดจำกัดแอตเตอเบอร์กได้ค่า PL = 15.4% ค่า LL = 25.5% และค่า PI = 10.1% ข้อมูลผลทดสอบต่างๆ และกราฟการกระจายขนาดเม็ดดิน แสดงไว้ในแผนภาพที่ 2 สามารถจัดกลุ่มดินตัวอย่างได้เป็นทรายปนดินเหนียว (SC) ในระบบ Unified Soil Classification และเป็นกลุ่มดิน A-2-4 ในระบบ AASHTO เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณสมบัติวัสดุมวลรวมที่ใช้ทำรองพื้นทางตามมาตรฐานเลขที่ ทล.-ม. 205 ดินตัวอย่างจัดอยู่ในมาตรฐานของวัสดุรองพื้นทาง ระดับ E



แผนภาพที่ 2 คุณสมบัติทางวิศวกรรมพื้นฐานของตัวอย่างดินที่ศึกษา แหล่งบ่อลูกรัง อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี

3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่กำหนดขึ้นในงานวิจัยคือ ค่าพลังงานที่ใช้บดอัดดินตัวอย่างให้มีความแน่นตัวและกำลังที่แตกต่างกัน ซึ่งกำหนดไว้ 5 ระดับ เรียงตามค่าพลังงานบดอัดจากน้อยไปมาก ดังนี้

- การทดสอบบดอัดแบบ ¼ เท่าของการบดอัดมาตรฐาน (E1)
- การทดสอบบดอัดแบบ ½ เท่าของการบดอัดมาตรฐาน (E2)
- การทดสอบบดอัดแบบมาตรฐาน (E3)
- การทดสอบบดอัดแบบ ½ เท่าของการบดอัดสูงกว่ามาตรฐาน (E4)
- การทดสอบบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (E5)

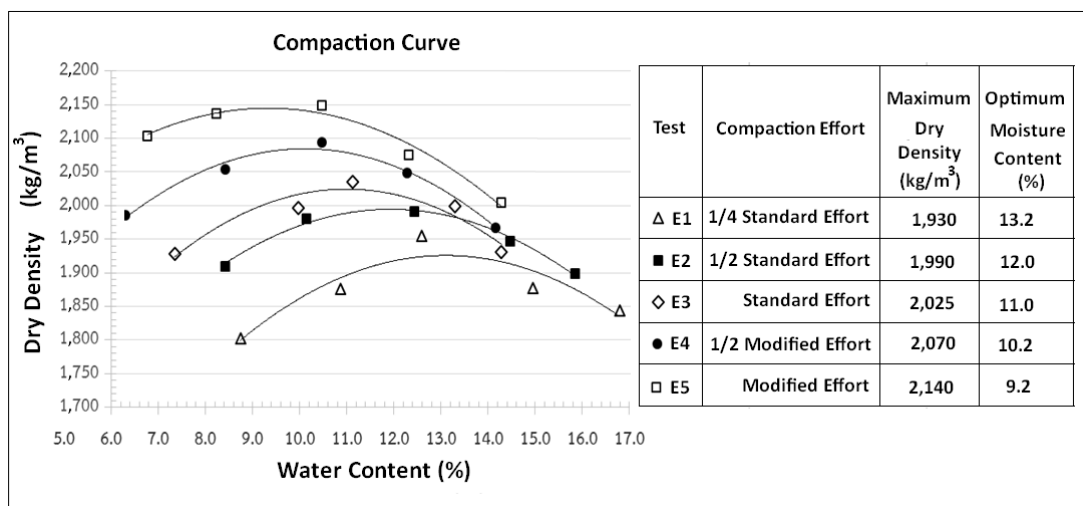
ระดับพลังงาน E3 และ E5 เป็นการทดลองบดอัดดินตามวิธีในมาตรฐานการทดสอบของกรมทางหลวง [6] และ [7] ส่วนการบดอัดดินที่ระดับค่าพลังงาน E1, E2 และ E4 ได้จากการปรับลดค่าพลังงานบดอัดตัวอย่างดินน้อยลงโดยลดทอนจำนวนครั้งของการตอกค้อนน้ำหนัก ให้เหลือครึ่งหนึ่งและหนึ่งในสี่ โดยคงจำนวนชั้นในการบดอัดไว้เท่าเดิม ในตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของวิธีการบดอัดดิน ทั้ง 5 ค่าระดับพลังงานสำหรับเตรียมตัวอย่างดินเพื่อทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test) และการทดสอบ CBR ในแบบขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

ตารางที่ 2 รายละเอียดวิธีการบดอัดดิน 5 ค่าระดับพลังงาน สำหรับเตรียมตัวอย่างดินในแบบมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว

Test	Weight of Hammer (lb)	Number of Layers	Number of Blows/Layer	Height of Drops (ft.)	Compaction Effort (Compactive Energy)
E1	5.5	3	14	1	¼ Standard Effort (3100 ft-lbf/ft ³)
E2	5.5	3	28	1	½ Standard Effort (6200 ft-lbf/ft ³)
E3	5.5	3	56	1	Standard Effort (12400 ft-lbf/ft ³)
E4	10	5	28	1.5	½ Modified Effort (28000 ft-lbf/ft ³)
E5	10	5	56	1.5	Modified Effort (56000 ft-lbf/ft ³)

3.3 การทดลองการบดอัดดิน (Compaction Test)

วัตถุประสงค์ของการทดสอบเพื่อหาค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content OMC) เพื่อนำข้อมูลจากการทดสอบไปใช้กำหนดปริมาณน้ำด้านเปียก (wet side of optimum moisture content) สำหรับใช้ผสมดินตัวอย่างขณะบดอัด ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าความชื้นนี้เท่ากับ 1.2 OMC โดยจะมีค่าแตกต่างกันไปสำหรับการบดอัดดินแต่ละค่าพลังงาน งานวิจัยนี้เตรียมตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบบดอัดดินระดับพลังงานละ 5 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 25 ตัวอย่าง ได้ผลทดสอบในรูปกราฟเส้นโค้งการบดอัด (Compaction Curve) และตารางค่า OMC ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 เส้นโค้งการบดอัดของตัวอย่างดิน พร้อมข้อมูลค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) และความหนาแน่นแห้งสูงสุด (MDD) จากการทดสอบบดอัดดิน

3.4 การทดสอบ CBR (California Bearing Ratio Test)

เตรียมตัวอย่างดินลูกรังบดอัดแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked Sample) โดยผสมน้ำที่ปริมาณความชื้นด้านเปียก (1.2 OMC) ในแบบหล่อมาตรฐานเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว บดอัดดินด้วยพลังงานที่แตกต่างกัน 5 ระดับตาม

รายละเอียดวิธีการที่ได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 2 แล้วดำเนินการทดสอบค่า CBR ตามวิธีการในมาตรฐาน [8] งานวิจัยนี้เตรียมตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบเหมือนกัน 2 ชุด รวมทั้งสิ้น 10 ตัวอย่าง ได้ค่าผลทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ CBR ตัวอย่างดินบดอัดแบบไม่แน่น้ำ ที่มีปริมาณความชื้นด้านเปียก (1.2 OMC) บดอัดด้วยพลังงานที่แตกต่างกัน 5 ระดับ

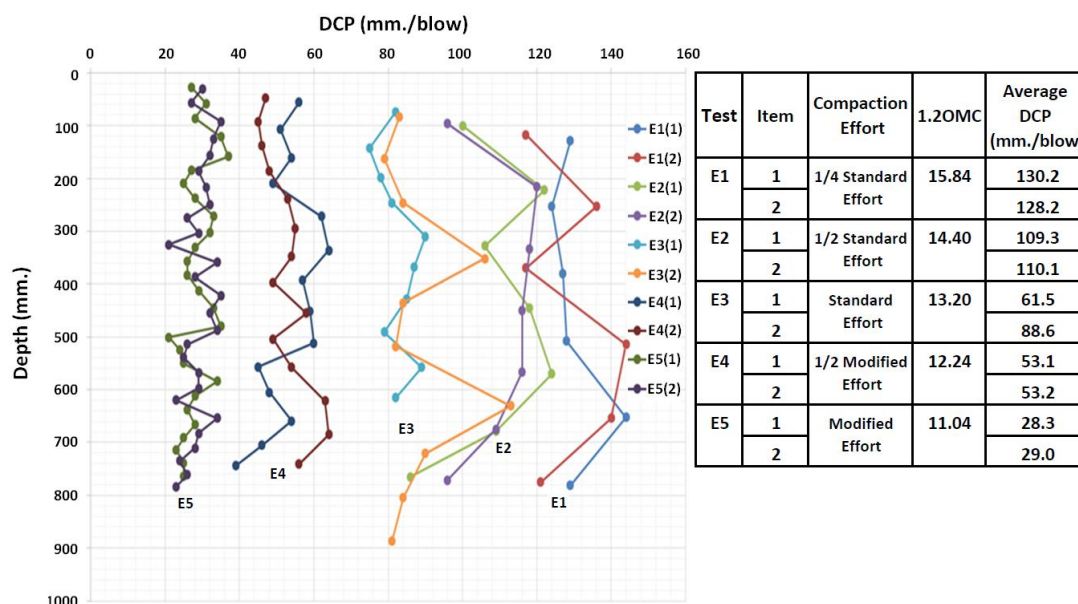
Test	Sample No.	Compaction Effort	1.2OMC	Dry Density (t/m ³)	CBR (%)
E1	1	1/4 Standard Effort	15.84	1.92	7.9
	2			1.93	11.6
E2	1	1/2 Standard Effort	14.40	1.96	18.3
	2			1.95	17.2
E3	1	Standard Effort	13.20	2.00	19.0
	2			2.01	20.4
E4	1	1/2 Modified Effort	12.24	2.06	23.2
	2			2.03	20.7
E5	1	Modified Effort	11.04	2.11	28.7
	2			2.10	31.9

3.5 การทดสอบ DCPT (Dynamic Cone Penetration Test)

ตัวอย่างทดสอบถูกเตรียมในแบบที่จัดทำขึ้น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 307 มิลลิเมตร สูง 800 มิลลิเมตร ปริมาตรแบบ 0.059 ลูกบาศก์เมตร ขนาดของแบบและความสูงที่เพิ่มขึ้นเพื่อลดการบีบรัดจากผนังแบบให้เกิดสภาพหน่วยแรงของตัวอย่างดินทดสอบใกล้เคียงกับสภาพในสนาม รวมทั้งทำให้สามารถเก็บข้อมูลผลทดสอบได้ในระดับลึก นำตัวอย่างดินอบแห้งผสมกับน้ำให้ได้ปริมาณความชื้นด้านเปียก 1.2 OMC ซึ่งเท่ากับปริมาณความชื้นที่ใช้เตรียมตัวอย่างดินของการทดสอบ CBR แล้วบดอัดด้วยพลังงานที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ความแตกต่างของขนาดโมลที่ใช้ในการทดสอบทำให้ต้องปรับจำนวนครั้งของการตอกด้วย Hammer และปรับจำนวนชั้นดินที่แบ่งโดยให้มีค่าพลังงานบดอัดต่อปริมาตรคงเดิม รายละเอียดของวิธีการบดอัดนำเสนอไว้ในตารางที่ 4 กราฟผลการทดสอบพล็อตกับความลึก และค่าเฉลี่ยแสดงไว้ในแผนภาพที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดวิธีการบดอัดดิน 5 ค่าระดับพลังงาน สำหรับเตรียมตัวอย่างดินเพื่อทดสอบ DCPT ในแบบปริมาตร 0.059 ลูกบาศก์เมตร

Test	Weight of Hammer (lb)	Number of Layers	Number of Blows/Layer	Height of Drops (ft.)	Compaction Effort (Compactive Energy)
E1	5.5	8	147	1	¼ Standard Effort (3100 ft-lbf/ft ³)
E2	5.5	10	235	1	½ Standard Effort (6200 ft-lbf/ft ³)
E3	5.5	20	235	1	Standard Effort (12400 ft-lbf/ft ³)
E4	10	20	195	1.5	½ Modified Effort (28000 ft-lbf/ft ³)
E5	10	25	312	1.5	Modified Effort (56000 ft-lbf/ft ³)



แผนภาพที่ 4 ผลทดสอบค่า DCP พล็อตกับความลึก และค่าเฉลี่ย DCP ของแต่ละตัวอย่างทดสอบ

กราฟผลทดสอบในแผนภาพที่ 4 พบว่าตัวอย่างดินลูกรังรองพื้นทางระดับ E ที่บดอัดด้วย 5 ค่าระดับพลังงาน ขณะมีความชื้น 1.2 OMC ให้ค่าเฉลี่ย DCP ระหว่าง 28 ถึง 130 mm/blow ที่ค่าพลังงานบดอัดสูง (E5) ลดหลั่นลงไปค่าพลังงานบดอัดต่ำ (E1) เมื่อพิจารณาผลทดสอบค่า DCP (mm/blow) พล็อตกับความลึก แต่ละตัวอย่างทดสอบให้ค่า DCP ตามระดับความลึกเกาะกลุ่มกับค่าเฉลี่ย ไม่แปรเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความลึกขณะทดสอบ นอกจากนี้ดินที่บดอัดแน่นกว่าจะมีค่า DCP ที่วัดได้ตามระดับความลึกเบี่ยงเบนมาตรฐานออกจากค่าเฉลี่ยของผลทดสอบน้อยกว่า ข้อสังเกตนี้ทำให้อนุมานได้ว่า การนำเครื่องมือ DCP ไปใช้ในงานทดสอบกับดินลูกรังรองพื้นทางระดับ E นั้น ไม่จำเป็นต้องมีการปรับแก้ผลทดสอบเนื่องจากหน่วยแรงกดทับของชั้นดินที่เพิ่มขึ้นตามความลึก อย่างน้อยในช่วงระดับความลึกชั้นดินไม่เกิน 80 ซม.

3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับค่า Unsoaked CBR ของตัวอย่างดินที่ใช้ศึกษา

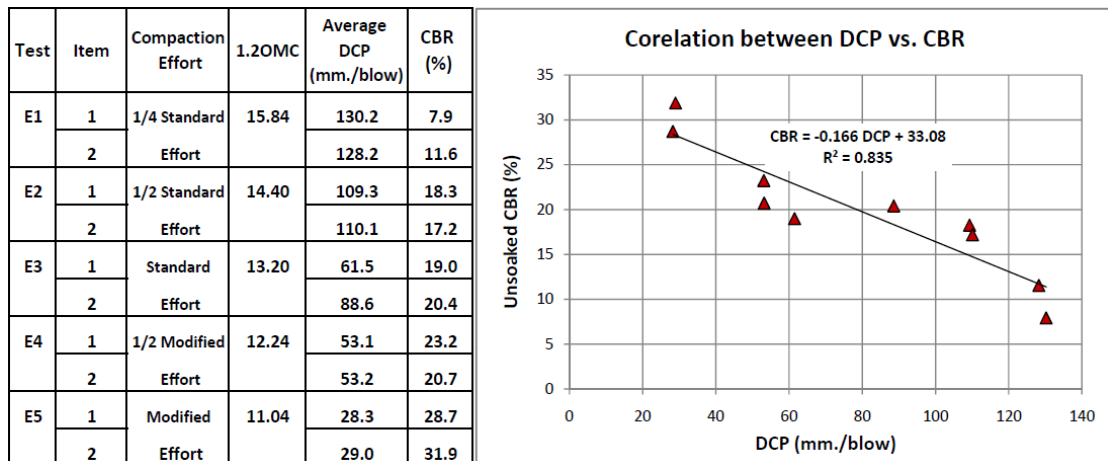
ในแผนภาพที่ 5 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลค่าเฉลี่ย DCP กับข้อมูลค่า CBR ที่ทดสอบได้ของตัวอย่างดินลูกรังรองพื้นทาง ระดับ E ทั้ง 10 ชุด จุดพล็อตของข้อมูลในกราฟสอดคล้องกับแนวโน้มสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นได้เป็นอย่างดี โดยมีสมการถดถอยของความสัมพันธ์ดังนี้

$$CBR = -1.666 (DCP) + 33.08, R^2 = 0.835$$

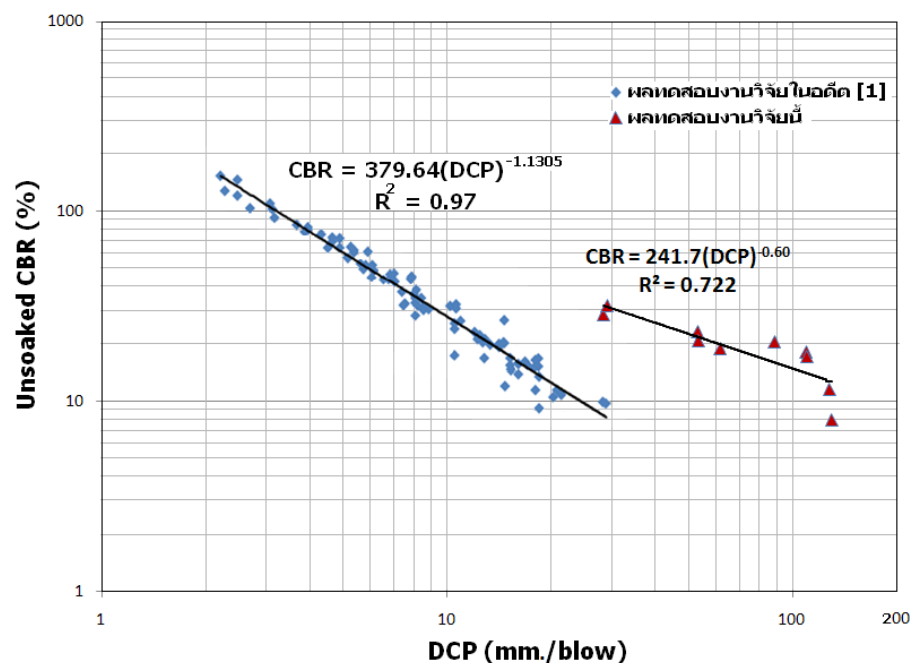
3.7 ผลเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับ Unsoaked CBR กับงานวิจัยในอดีต

เมื่อนำข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับ Unsoaked CBR ของดินรองพื้นทาง ระดับ E ที่บดอัดด้านเปียก ที่ทำการศึกษามาพล็อตเปรียบเทียบกับข้อมูลผลวิจัยในอดีตของดร.ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ [2] ที่ศึกษากับตัวอย่างดินรองพื้นทาง ระดับ A B และ C ที่บดอัดด้วยระดับพลังงานชุดเดียวกัน ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองชุดที่พล็อตแกนตั้งและแกนนอนเป็นสเกลล็อก ดังแสดงในแผนภาพที่ 6 พบว่าตัวอย่างดินรองพื้นทาง ระดับ E ที่ใช้วิจัย ให้ค่าประเมิน CBR จากสมการความสัมพันธ์แตกต่างจากผลทดสอบตัวอย่างดินลูกรังที่

เป็นวัสดุรองพื้นทาง ระดับ A B และ C ที่มีผลศึกษามาแล้วในอดีต [2] อย่างชัดเจน โดยดินรองพื้นทาง ระดับ E ให้ผลทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังของดินที่ต่ำกว่ามาก จากเส้นกราฟพบว่าแม้จะบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน แต่ค่าเฉลี่ย DCP ที่วัดได้เทียบเท่ากับค่าต่ำสุดที่ทดสอบได้จากดินลูกรังรองพื้นทาง Class A B และ C ที่บดอัดด้วยพลังงาน 1/4 ของการบดอัดแบบมาตรฐานซึ่งเป็นค่าพลังงานระดับต่ำสุดในงานวิจัย



แผนภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับค่า Unsoaked CBR ของตัวอย่างดินลูกรังชั้นรองพื้นทางระดับ E



แผนภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างผลทดสอบค่า DCP กับค่า Unsoaked CBR ของตัวอย่างดินลูกรังรองพื้นทาง ระดับ E ที่ศึกษา กับตัวอย่างดินลูกรังรองพื้นทาง ระดับ A B และ C ของงานวิจัยในอดีต [2]

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า DCP กับค่า Unsoaked CBR ของตัวอย่างดินลูกรังแหล่งหนึ่ง ที่มีคุณสมบัติเข้าเกณฑ์วัสดุรวมรองพื้นทาง ระดับ E ตามมาตรฐานเลขที่ ทล.-ม.205/2532 จำนวน 10 ตัวอย่าง บดอัดด้วยพลังงานแตกต่างกัน 5 ระดับตั้งแต่ค่าพลังงาน $\frac{1}{4}$ เท่าของการบดอัดแบบมาตรฐาน จนถึง ค่าพลังงานของการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ขณะดินมีความชื้นด้านเปียกเท่ากับ 1.2 เท่าของค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม ได้ผลทดสอบค่าเฉลี่ย DCP ในช่วงค่าระหว่าง 28 – 130 mm/blow และผลทดสอบค่า Unsoaked CBR ในช่วงค่าระหว่าง 8 - 32 และได้ผลวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์คือ $CBR = -1.666(DCP) + 33.08$ โดยมีค่า $R^2 = 0.835$ เมื่อ DCP มีหน่วยเป็น mm/blow ความสัมพันธ์ข้างบนนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินค่า CBR ในภาคสนามของชั้นทางที่ประกอบด้วยดินและวัสดุรวมรองพื้นที่มีคุณภาพต่ำ และขาดการควบคุมงานที่ดี

5. อภิปรายผล

สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากผลศึกษาเป็นเพียงค่าแนวโน้มเบื้องต้นที่นำไปใช้ประเมินค่า CBR ด้วยผลทดสอบ DCPT ในสนามของดินลูกรังรองพื้นทาง ระดับ E เท่านั้น ยังไม่ใช่สมการข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical Formula) ที่สมบูรณ์พอที่จะประเมินคุณสมบัติกำลังของดินที่ได้โดยตรง เนื่องจากข้อจำกัดของโครงการวิจัย ที่มีศักยภาพด้านทุนทรัพย์ เวลา แรงงาน ที่สามารถเตรียมตัวอย่างและทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างดินเพียงแหล่งเดียว รวมทั้งทดสอบเฉพาะกลุ่มตัวอย่างดินที่บดอัดด้านเปียกซึ่งให้เฉพาะค่ากำลังของดินบดอัดที่ขีดจำกัดล่าง ข้อมูลของสมการสหสัมพันธ์ที่ให้ผลประเมินที่ดี จะต้องครอบคลุมถึงผลทดสอบของตัวอย่างดินที่น่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมดในงานก่อสร้างภาคสนาม ซึ่งมีคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน และมีวิธีการเตรียมสภาพตัวอย่างดินบดอัด เช่น ปริมาณความชื้น ระดับพลังงานในการบดอัด ที่แตกต่างกันออกไป

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มเติมข้อมูลผลทดสอบของตัวอย่างดินลูกรังจากแหล่งอื่น ที่มีคุณสมบัติการกระจายขนาดเม็ดดิน และค่าพลาสติกซิกซ์ของดินส่วนละเอียดที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งเพิ่มเติมข้อมูลผลทดสอบตัวอย่างดินบดอัดที่ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (optimum moisture content) และค่าปริมาณความชื้นบดอัดด้านแห้ง (dry side of optimum moisture content)

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นักศึกษาวิชาโครงการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ภาค 1/2559 ทั้งห้าท่าน ประกอบด้วย นายชวกลุข บัวคำป้อ นายณัฐกรณ์ อ่อนสาร นายปิยะ สุนทรานู นายพิรุฑ คำหงษา และ นายณรงค์ศักดิ์ ศรีทองคำ ที่ดำเนินงานทดสอบและเก็บข้อมูล รวมทั้งขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ บุคลากรของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบ

9. เอกสารอ้างอิง

ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์, “การหาความสัมพันธ์ระหว่าง DCP กับ Unsoaked CBR ของดินวัสดุมวลรวมใน

ห้องปฏิบัติการ” รายงานฉบับที่ วพ.180 ศูนย์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.101/2515 “วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน” สำนักวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.102/2515 “วิธีการทดสอบหาค่า Liquid Limit (LL.) ของดิน” สำนักวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.103/2515 “วิธีการทดสอบหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน”

สำนักวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.107/2517 “วิธีการทดสอบ Compaction Test แบบมาตรฐาน” สำนักวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.108/2517 “วิธีการทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” สำนักวิเคราะห์วิจัย

กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.109/2517 “วิธีการทดสอบเพื่อหาค่า CBR (เทียบเท่า AASHTO T 193” สำนักวิเคราะห์วิจัย

กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ท.205/2517 “วิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” สำนักวิเคราะห์วิจัย

กรมทางหลวง

มาตรฐาน ทล.-ม.205/2532 “มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม” สำนักวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง

ASTM D6951 / D6951M-09(2015), Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in

Shallow Pavement Applications, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015

โปรแกรมจำลองการฝึกปฏิบัติจัดลำดับสถานีย่อยแบบเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางภาพ SUBSTATION SCHEMATIC SIMULATION PROGRAM BASED ON GRAPHIC USER INTERFACE

พศวีร์ ศรีโหมด

เพชร นันทิวัฒนา

วิษกร เสงศรีธวัช

ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี

วินสันต์ ลิลสมบัติ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pasawee.sr@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ โปรแกรมจำลองการฝึกปฏิบัติจัดลำดับสถานีย่อยแบบเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางภาพ วัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความสะดวกสำหรับการศึกษาคุณลักษณะของการจัดลำดับแบบต่างๆ และขั้นตอนลำดับการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีย่อยไฟฟ้าแรงสูง โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะการแสดงผลแบบแผนภาพ และสามารถโต้ตอบกับผู้เรียนผ่านทางคีย์บอร์ดและเมาส์ได้ โดยแบ่งการออกแบบเป็น 4 ลักษณะการจัดระบบบัส คือ การจัดระบบบัสเดี่ยว การจัดระบบบัสประธานและบัสโอน การจัดระบบประธานคู่และบัสโอน และการจัดระบบเบรกเกอร์ครึ่ง โดยขั้นตอนการทดลองจะสอดคล้องกับการทำงานตามขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง ซึ่งอ้างอิงจากหนังสือการปฏิบัติงานศูนย์สั่งการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทั้งนี้ผู้เรียนจะได้ศึกษาถึงขั้นตอนลำดับสวิตช์ของอุปกรณ์ ในสภาวะการทำงานปกติและในสภาวะที่ต้องการซ่อมแซมบำรุงรักษาอุปกรณ์ในสถานีย่อย ประโยชน์ที่ได้รับจากโปรแกรมนี้อาจทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจถึงคุณลักษณะของการจัดลำดับทั้ง 4 แบบ และเพิ่มทักษะการฝึกปฏิบัติควบคุมอุปกรณ์ได้ถูกต้องตามหลักการ เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นเมื่อทำงานจริงได้

คำหลัก: ระบบบัส ,ลำดับการสวิตช์ ,สถานีย่อยไฟฟ้า

ABSTRACT

This paper presents the computer aided instruction program for substation schematic studies based on Graphic User Interface (GUI). The main objective is to make an understanding in substation schematic configuration and switching sequence of high voltage equipment. The developed program is based on GUI which is controlled by using a mouse and keyboard. There are four type of schematic configuration in our studies

i.e., single bus arrangement, single bus with transfer bus, double bus with transfer bus and one and a half breaker. The procedures of experiment comply with the operating handbook of Provincial Electricity Authority (PEA). Therefore, the students can use this program to more easily learn in switching sequence of equipment on normal operation and maintenance conditions. In addition, it provides better understanding in some of substation schematic configuration and to increase practical skills for real working in a substation.

KEYWORDS: Bus Schematic, Switching Diagram, Substation

1. บทนำ

การจัดระบบบัส (Bus Scheme) ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงสามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบ โดยมีข้อพิจารณาเลือกจัดสร้างให้เป็นแบบใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อาทิเช่น ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบความปลอดภัย (Safety) ต้นทุนของอุปกรณ์รวมถึงงบประมาณในการก่อสร้าง (Economics Cost) การจัดเตรียมเพื่อการขยายระบบ (Future System Expansion) เป็นต้น การจัดบัสแต่ละแบบมีการจัดเรียงวงจรและอุปกรณ์ในการทำงานที่แตกต่างกันไป โดยเฉพาะความสัมพันธ์ของลำดับในการทำงานหรือลำดับการสวิตช์ (Switching Sequence) ระหว่างอุปกรณ์สวิตช์ตัดตอน (Disconnection Switch) กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ที่ไม่เหมือนกันในการจัดบัสแต่ละแบบ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาดจนเกิดความเสียหายกับอุปกรณ์และระบบการจ่ายกำลังงานไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาขั้นตอนการทำงานและลำดับการสวิตช์ที่แตกต่างกันในแต่ละแบบ ดังนั้นการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงได้จัดทำคู่มือสำหรับผู้ควบคุมการทำงานของระบบบัสเพื่อเป็นเอกสารอ้างอิงในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง

จากที่กล่าวข้างต้นเห็นได้ว่าการศึกษาลักษณะการจัดระบบบัสและการสั่งควบคุมลำดับการสวิตช์ของอุปกรณ์ในระบบบัสแบบต่างๆ ให้ทำงานตามขั้นตอนอย่างถูกต้องนั้นมีความสำคัญอย่างมาก แต่การเรียนรู้ผ่านทฤษฎีเพียงอย่างเดียวอาจไม่ทำให้เกิดทักษะและความพร้อมในการปฏิบัติงานจริง และการไปฝึกปฏิบัติกับระบบบัสจริงนั้นเป็นไปได้ยาก ทางคณะผู้จัดทำบทความจึงได้พัฒนาชุดทดลองการแสดงผลการจัดลำดับการทำงานของบัสด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและเรียนรู้ผ่านโปรแกรมเสมือนกับได้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบบัสจริง โดยอ้างอิงจากคู่มืออบรมหลักสูตรการปฏิบัติงานศูนย์สั่งการจ่ายไฟ แผนกสั่งการจ่ายไฟกองควบคุมการจ่ายไฟฟ้าฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

สถานีไฟฟ้า เป็นสถานที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าในระบบและอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง มีการเชื่อมโยงระหว่างสายส่งไฟฟ้าจากจุดต่างๆ และเป็นสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบบควบคุมและป้องกัน เพื่อตัดอุปกรณ์หลักออกขณะเกิดการลัดวงจรในสายส่ง หรือในระบบไฟฟ้า

การจัดระบบบัสภายในสถานีไฟฟ้า คือการออกแบบการใช้งานระบบบัสร่วมกับวงจรการจ่ายอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ที่บัสให้มีความเหมาะสมตามเงื่อนไขต่างๆ อุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้ อุปกรณ์ป้องกันระบบได้แก่

เซอร์กิตเบรกเกอร์ ซึ่งจะทำงานร่วมกับรีเลย์ป้องกัน อุปกรณ์ตัดตอนได้แก่สวิตช์ตัดตอนหรือสวิตช์ปลดวงจร อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง และอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น หม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน เป็นต้น

การจัดระบบบัสหรือการออกแบบจัดวางอุปกรณ์หลักๆ นั้นสามารถออกแบบได้หลายลักษณะ โดยแต่ละแบบจะมีคุณลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอการทดลองการจัดบัสทั้งสิ้น 4 แบบ ดังนี้

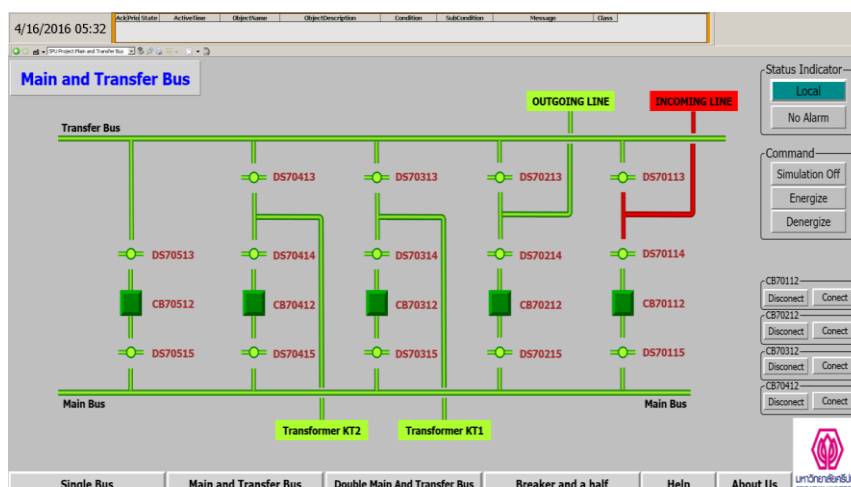
- 1.แบบบัสเดี่ยว (Single Bus Scheme)
- 2.แบบบัสประธานและบัสโอน (Main and Transfer Bus Scheme)
- 3.แบบบัสประธานคู่และบัสโอน (Double Main and Transfer Bus Scheme)
- 4.แบบเบรกเกอร์ครึ่ง (Breaker and a Half Bus Scheme)

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดทำชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ในเรื่องการจัดลำดับการทำงานของบัส
2. เพื่อให้นักศึกษาได้ศึกษาและฝึกทดลองการทำงานตามขั้นตอนและลำดับการสั่งงาน อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบบัสของสถานีไฟฟ้าย่อย อย่างถูกต้องตามหลักการปฏิบัติงาน
3. เพื่อจัดสร้างชุดทดลองด้านระบบไฟฟ้ากำลัง ให้กับห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลังของมหาวิทยาลัยศรีปทุม

4. การออกแบบและจัดทำชุดทดลอง

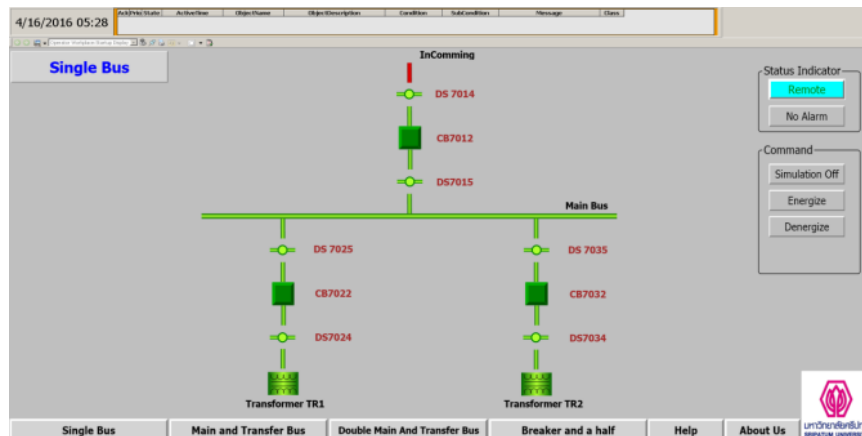
การออกแบบและจัดสร้างชุดทดลองการแสดงผลการจัดลำดับการทำงานของบัสด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมการแสดงผลและควบคุม รุ่นระบบ800 เอ็กซ์เอ(System800XA) ของบริษัท เอบีบี ที่มีใช้ในวงการอุตสาหกรรม และในระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมได้หลายรูปแบบภาษา เช่น แบบฟังก์ชันบล็อกซ์ (Function Box) แบบแลดเดอร์ (Ladder) และในการเขียนกราฟิการแสดงผล ลักษณะของโปรแกรมมีหน้าจอหลักแสดงกราฟิค ภาพการจัดระบบบัสในแบบต่างๆ ดังตัวอย่างภาพประกอบที่ 1 ซึ่งเป็นการจัดแบบบัสประธานและบัสโอน



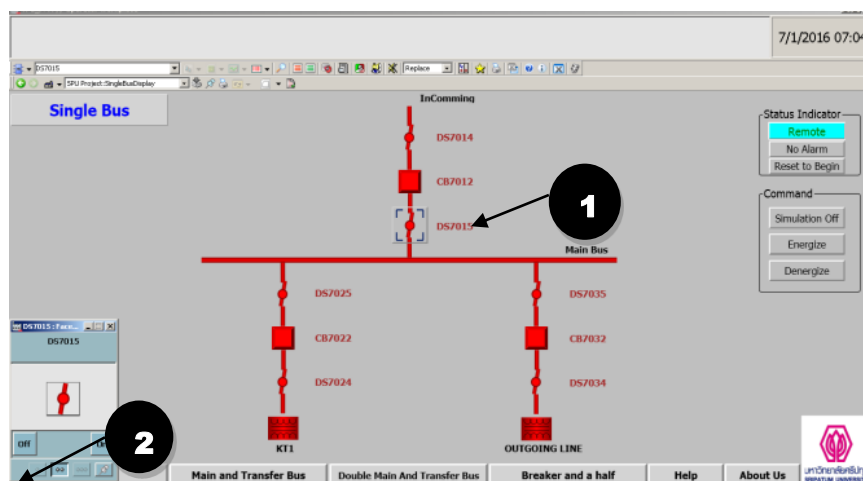
ภาพประกอบที่ 1. หน้าจอหลักชุดทดลองการแสดงผลการจัดลำดับการทำงานของบัสด้วยโปรแกรม

4.1 โหมดการทำงานของโปรแกรมการทดลอง การออกแบบการทดลองจะให้ผู้เรียนสามารถเลือก ศึกษาเรียนรู้การทดลองได้ 2 ลักษณะ คือการทดลองในสภาวะการจ่ายไฟฟ้าปกติ และการทดลองในสภาวะที่มีการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า รายละเอียดดังนี้

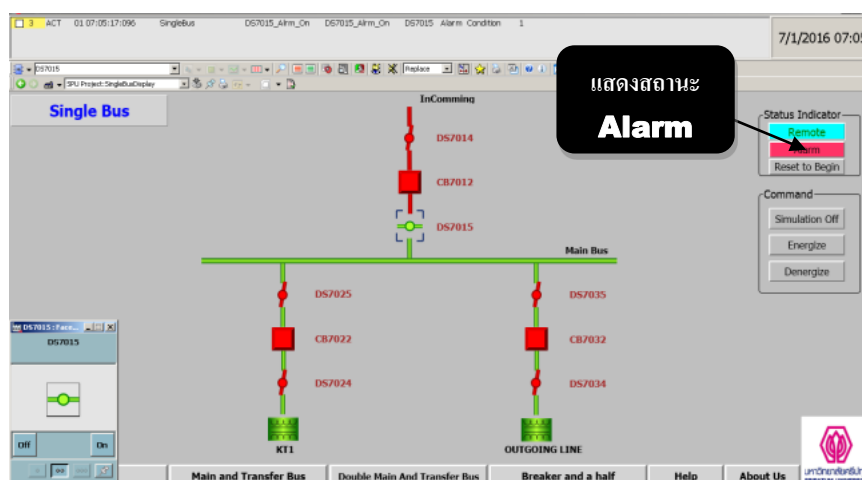
4.1.1 การทดลองในสภาวะการจ่ายไฟฟ้าปกติ (Normal Energize) เมื่อผู้เรียนต้องการศึกษาทดลองควบคุมลำดับการสวิตช์ขณะการจ่ายไฟฟ้าปกติของระบบบัสแบบใด สามารถเลือกได้จากปุ่มคำสั่งด้านล่างของจอภาพตามชื่อการจัดบัสที่ ยกตัวอย่างเช่นเมื่อเลือกปุ่มคำสั่งการทดลองการจัดบัสแบบบัสเดี่ยว (Single Bus) โปรแกรมจะแสดงภาพผังการจัดบัสดังกล่าว(ดังภาพประกอบที่ 2) หลังจากนั้นผู้เรียนสามารถทดลองการสวิตช์อุปกรณ์สวิตช์ตัดตอนหรือเบรกเกอร์ได้ โดยการใช้เมาส์คลิกที่สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ในรูปผังการจัดบัส (ภาพประกอบที่ 3. ตามตำแหน่งที่ 1 ผู้เรียนเลือกที่จะสั่งงานอุปกรณ์ DS7015) โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการสั่งงานอุปกรณ์ Face Plate (ภาพประกอบที่ 3. ตามตำแหน่งที่ 2) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกสั่งให้อุปกรณ์ดังกล่าวทำงาน โดยจะมีภาพกราฟิกแสดงผลการไหลของกระแส(เส้นสีแดง)ในส่วนต่างๆของวงจรตามขั้นตอนการสวิตช์ ดังภาพ 3 แต่ถ้าผู้เรียนทำการสวิตช์ผิดขั้นตอน โปรแกรมจะแสดงกล่องข้อความ “Alarm” ดังภาพประกอบที่ 4 ซึ่งในทางปฏิบัติจะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์และระบบการจ่ายไฟฟ้าได้ ดังนั้นโปรแกรมจะทำให้ผู้เรียนได้ศึกษาและเข้าใจถึงคุณลักษณะ,ลำดับการสวิตช์ของอุปกรณ์และรูปแบบการทำงานของ การจัดบัสในแบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง



ภาพประกอบที่ 2. หน้าจอหลักระบบบัสเดี่ยว (Single Bus System)

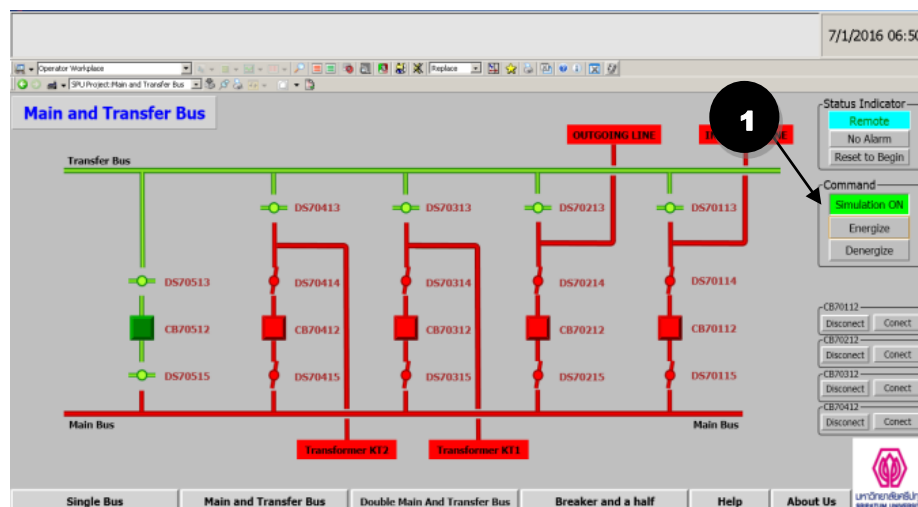


ภาพประกอบที่ 3. แสดงการทำงานของโปรแกรมเมื่อผู้เรียนทำการสั่งงานอุปกรณ์ และภาพกราฟิกแสดงผลการไหลของกระแส



ภาพประกอบที่ 4 การแสดงเตือนสถานะ Alarm เมื่อผู้เรียนทำการสวิตซ์ผิดขั้นตอน

การออกแบบโปรแกรมการทดลอง ในส่วนของสภาวะการจ่ายไฟฟ้าปกติ ผู้เรียนยังสามารถเลือกทำการศึกษาลำดับขั้นตอนในการสวิตช์ได้ด้วยตนเอง จากการจำลองการทำงานลำดับสวิตช์อย่างอัตโนมัติ โดยการเลือกปุ่มคำสั่งในส่วน Command และคลิกเลือกฟังก์ชัน Simulation On (ดังภาพประกอบที่ 5) ต่อจากนั้นเลือกคำสั่งในการสั่งจ่ายไฟฟ้า (Energize) โปรแกรมการทดลองจะแสดงกราฟิกลำดับการสวิตช์ของอุปกรณ์ในบัสที่ขั้นตอนอย่างอัตโนมัติ หรือสามารถสั่งหยุดการจำลองโดยเลือกคำสั่ง (D-energize) ดังนั้นจะทำให้ผู้เรียนได้สามารถทบทวนศึกษาลำดับการสวิตช์ที่ถูกต้อง ตั้งแต่การเริ่มจ่ายไฟฟ้าและการหยุดการจ่ายไฟฟ้าของระบบบัสแบบต่างๆ ได้ที่ละขั้นตอนอย่างอัตโนมัติ

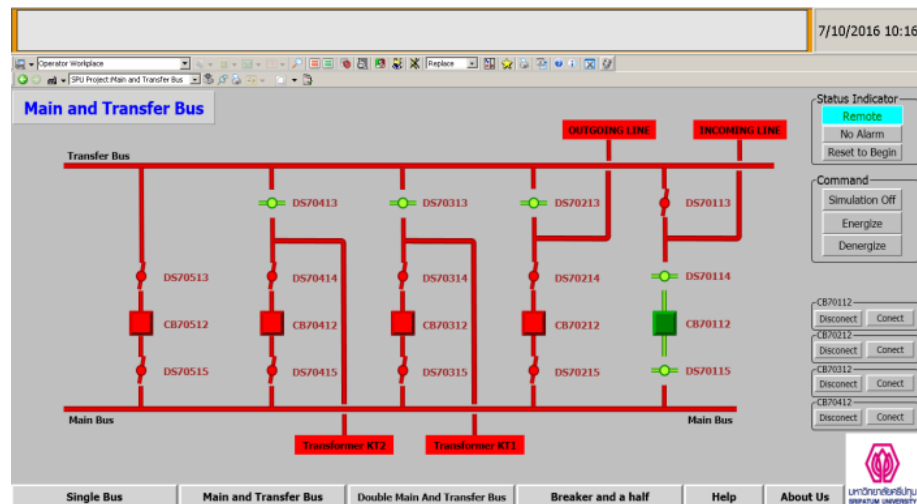


ภาพประกอบที่ 5 การจำลองการทำงานอย่างอัตโนมัติ (Simulation On) ในการทดลองลำดับการจ่ายไฟฟ้าปกติ ของ Main and Transfer Bus Scheme

4.1.2 การทดลองในสภาวะที่มีการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า (Maintenance Equipment)

ผู้เรียนสามารถศึกษาขั้นตอนในการทำงานและลำดับการสวิตช์ กรณีที่มีการซ่อมบำรุงอุปกรณ์หลักๆ ในสถานีไฟฟ้า โดยผู้เรียนเลือกระบบบัสตามที่ต้องการทดลองและทำการศึกษาลำดับในการสวิตช์สำหรับกรณีการซ่อมอุปกรณ์จากใบงานการทดลอง และทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้แนะนำไว้ที่ละขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนการสวิตช์ผู้เรียนจะได้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการทำงานและความสัมพันธ์กันของอุปกรณ์แต่ละตัวในสถานีไฟฟ้า รวมถึงการไหลของกระแสไฟฟ้าในบัสต่างๆ จากภาพกราฟิกของโปรแกรม ทำให้เกิดความเข้าใจถึงความสำคัญ of ลำดับในการสวิตช์อุปกรณ์แต่ละขั้นตอนว่ามีผลอย่างไรกับการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้า และคุณลักษณะของการจัดบัสแต่ละแบบที่มีความแตกต่างกันไป ดังตัวอย่างกรณีที่ต้องการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เบรกเกอร์ CB70112 ในการจัดบัสแบบ Main and Transfer Bus Scheme ผู้เรียนต้องทำการเลือกให้มีการจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติจากการจัดบัสแบบ Main and Transfer Bus Scheme (ดังภาพประกอบที่ 5) และทำการทดลองสวิตช์ตามขั้นตอนการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในแต่ละลำดับการสวิตช์ โดยภาพประกอบที่ 6 แสดงภาพกราฟิกของโปรแกรมการทดลองในกรณีซ่อมบำรุงอุปกรณ์เบรกเกอร์ CB70112 เมื่อทำการลำดับการสวิตช์แล้วเสร็จตามขั้นตอน จะทำให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจจากภาพกราฟิกของ

โปรแกรมว่า เมื่อมีการซ่อมบำรุงเบรกเกอร์ CB70112 การจัดบัสแบบ Main and Transfer Bus Scheme สถานีไฟฟ้าก็ยังสามารถจ่ายไฟฟ้าไปยังภายนอกได้ โดยเบรกเกอร์ที่นำมาใช้ในการป้องกันระบบแทน CB70112 ที่ต้องหยุดการทำงานก็คือ เบรกเกอร์ CB70512 โดยการจ่ายไฟฟ้าผ่านทาง Transfer Bus



ภาพประกอบที่ 6 การทดลองลำดับการสวิตช์ ของ Main and Transfer Bus Scheme
ในกรณีซ่อมบำรุงอุปกรณ์เบรกเกอร์ CB70112

4.2 การออกแบบใบงานการทดลอง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้วิธีการควบคุมลำดับการสวิตช์อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า โดยดำเนินการทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งอ้างอิงจากคู่มืออบรมหลักสูตรการปฏิบัติงานศูนย์สั่งการจ่ายไฟ แผนกส่งการจ่ายไฟฟ้า กองควบคุมการ จ่ายไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อให้ผู้เรียนได้รับทราบและฝึกปฏิบัติเหมือนขั้นตอนการทำงานจริง ของผู้ควบคุมสถานีไฟฟ้า ทั้งในสภาวะการจ่ายไฟฟ้าปกติ และสภาวะที่มีการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า โดยใบงานการทดลองจะประกอบด้วยขั้นตอนลำดับการสวิตช์ และการบันทึกผลการทดลองตาม สถานะของอุปกรณ์ต่างๆของระบบบัสทั้ง 4 แบบ ดังภาพประกอบที่ 7 แสดงตัวอย่างใบงานการทดลองลำดับขั้นตอนในการสวิตช์กรณีบำรุงรักษาเบรกเกอร์ CB70212 สำหรับการจัดบัสแบบ Main and Transfer Bus Scheme รวมถึงในใบงานยังให้ผู้เรียนได้ทำการสรุปผลและตอบคำถามท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้

ขั้นตอนที่	ขั้นตอนที่จะบำรุงรักษา (Maintenance)	ขั้นตอนที่จะบำรุงรักษา (Maintenance)			
		ลำดับที่	อุปกรณ์	ON	OFF
1	On Switch DS70513,DS70515	1	ในขั้นตอนที่ 3	- สถานะ CB70512	
2	On Switch DS70213			- สถานะ Main Bus	
3	On Switch CB70512 บันทึกผลในลำดับที่ 1 ตารางที่ 4.12			- สถานะ Transfer Bus	
4	Off Switch CB70212			- สถานะ Out Going Line	
5	Off Switch DS70214,DS70215 บันทึกผลในลำดับที่ 2 ตารางที่ 4.12			- สถานะ KT1	
6	แขวนป้าย "Maintenance"			- สถานะ KT2	
		2	ในขั้นตอนที่ 5	- สถานะ CB70212	
				- สถานะ Main Bus	
				- สถานะ Transfer Bus	
				- สถานะ Out Going Line	
				- สถานะ KT1	
				- สถานะ KT2	

ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างตารางการทดลองขั้นตอนและบันทึกผลการทดลองลำดับการสวิตซ์กรณีบำรุงรักษา
เบรกเกอร์ CB70212 สำหรับการจัดบัสแบบ Main and Transfer Bus Scheme

5. สรุปผลการวิจัย

สถานีไฟฟ้าเป็นจุดเชื่อมต่อและควบคุมการไหลของพลังงานในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า และยังเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความต่อเนื่องในการจ่ายพลังงานไฟฟ้า รวมถึงระบบการจัดบัสในสถานีไฟฟ้ายังมีหลากหลายรูปแบบ แต่ละแบบก็จะมีคุณลักษณะและขั้นตอนในการทำงานของอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้เรียนด้านวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ควรมีความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานในการควบคุมอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าอย่างถูกต้อง ทางคณะผู้จัดทำบทความจึงได้พัฒนาชุดทดลองการแสดงผลการจัดลำดับการทำงานของบัสด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและจำลองการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านโปรแกรมได้อย่างสะดวกและง่ายต่อการทำความเข้าใจ ด้วยการแสดงภาพแบบกราฟิกและมีการโต้ตอบกับผู้เรียนผ่านโปรแกรมการทดลอง ซึ่งในโปรแกรมนี้นำเสนอการทดลองการจัดบัสทั้งสิ้น 4 แบบ คือ แบบบัสเดี่ยว (Single Bus Scheme), แบบบัสประธานและบัสโอน (Main and Transfer Bus Scheme), แบบบัสประธานคู่และบัสโอน (Double Main and Transfer Bus Scheme) และแบบเบรกเกอร์ครึ่ง (Breaker and a Half Bus Scheme) โดยผู้เรียนจะได้ทำการฝึกปฏิบัติลำดับในการสวิตซ์อุปกรณ์ทั้งในสภาวะการจ่ายไฟฟ้าปกติ และสภาวะที่มีการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ ในสถานีไฟฟ้า ตามขั้นตอนการทดลองในใบงานที่ได้ออกแบบไว้ โดยอ้างอิงจากคู่มืออบรมหลักสูตรการปฏิบัติงานศูนย์สั่งการจ่ายไฟ แผนกสั่งการจ่ายไฟฟ้า กองควบคุมการจ่ายไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อให้ผู้เรียนได้รับทราบและฝึกปฏิบัติเหมือนขั้นตอนการทำงานจริง รวมถึงมีการสรุปและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในการประเมินผลความรู้ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำจะได้นำโปรแกรมการทดลองบรรจุไว้ในการเรียนรู้แบบฝึกหัดการระบบวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง เพื่อให้นักศึกษาได้ศึกษาและทดลองปฏิบัติ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจถึงคุณลักษณะของการจัดบัสทั้ง 4 แบบและฝึกปฏิบัติควบคุมอุปกรณ์ได้ถูกต้องตามหลักการ เพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดเมื่อต้องปฏิบัติงานจริงได้

6. รายการอ้างอิง

- กองควบคุมการจ่ายไฟ. 2555. “คู่มืออบรมหลักสูตรการปฏิบัติงานศูนย์ส่งการจ่ายไฟ”. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- พรชัย องค์กรศักดิ์กุล. 2554. “วิศวกรรมสถานไฟฟ้าแรงสูง”. กรุงเทพฯ: เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระบบไฟฟ้ากำลังและอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังต่างๆ.(ออนไลน์).2015.แหล่งที่มา <http://nongcom-electrical.blogspot.com>, (10 พฤศจิกายน 2558)
- วิชาการ เสงศรีวิช และคณาจารย์ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง . 2559. “เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า(กำลัง)”. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- วินสันต์ สิลสมบัติ และ รวิศักดิ์ ทองปลื้ม. 2558. “ชุดทดลองการแสดงผลการจัดลำดับการทำงานของบัสด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์” ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

การลดเวลาความสูญเสียจากการประยุกต์การหาเวลามาตรฐานการเตรียมการทำงาน
เครื่องปรับผิวลูกรีดระบบตัวนำไฟฟ้า

REDUCED WEASR TIME BY APPLIED STANDARD TIME PERPARING OF
ELECTRICAL DISCHARGE TEXTURING MACHINE

พัฒน์พงศ์ อริยสิทธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

pattanapong.ar@spu.ac.th

อิสระ ชมภูวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาเวลามาตรฐานการเตรียมการทำงานเครื่องปรับผิวลูกรีดระบบตัวนำไฟฟ้า โรงงานมีแนวทางในการปรับปรุงด้วยการจับเวลาการทำงานโดยตรงเพื่อหาเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการ ได้เสนอทฤษฎีการศึกษาเวลาของขั้นตอนการทำงาน จากการศึกษาพบว่าส่วนที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้คือ ขั้นตอนการจัดเตรียมลูกรีด และขั้นตอนการจัดเก็บลูกรีด จากนั้นเสนอวิธีการปรับปรุงแก้ไขด้วยการวางผังโรงงานและอุปกรณ์ เพื่อลดเวลามาตรฐานของขั้นตอนการทำงาน ผลจากการปรับปรุงสามารถลดเวลามาตรฐานของการเตรียมการทำงานเครื่องปรับผิวลูกรีดด้วยตัวนำไฟฟ้า

คำสำคัญ: การศึกษาเวลา, เวลามาตรฐาน, การหาเวลาปกติ, การวิเคราะห์กระบวนการ

ABSTRACT

This research is a study for a standard working arrangements or the ball rolling with a conductive surface. There are ways to improve factory working directly with a stopwatch to determine the time of each process. He proposed the theory of the study process. The study found that the improvement could be a step to prepare the ball rolling. And steps to keep the ball rolling. Then offer ways to improve the layout of the plant and equipment. To reduce the time of standard operating procedure. The resulting improvements reduce the time of preparation work surface and roll with conductors.

KEYWORDS: Study time, Standard time, Normal time to find, Analyze process.

1. บทนำ

กระบวนการผลิตม้วนเหล็กแผ่นรีดเย็นโดยลูกรีดในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถใช้วางแผนในการทำงานได้ ปัจจุบันขั้นตอนการปรับผิวลูกรีดด้วยตัวนำไฟฟ้าแผนกปรับผิวลูกรีดยังไม่มีเวลามาตรฐาน ทำให้ไม่ทราบเวลาที่แน่นอนของขั้นตอนการผลิตในกระบวนการ และยังสามารถทราบเวลารวมเพื่อกำหนดเวลาการจัดส่งงาน (Due date) หรือเวลาการผลิต (Processing Time) ทำให้สามารถสร้างความเข้าใจในการจัดกระบวนการผลิตและการติดต่อกับบริษัทคู่ค้าเพื่อจัดส่งสินค้าที่แน่นอน อีกทั้งการทราบเวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการร่วมกับการกระจายขั้นตอนการทำงานสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการโดยเทคนิคการปรับปรุงวิธีการทำงานในกระบวนการต่างๆตามหลักการ 4 ข้อ คือ R;Rearrangement S;Simplify E;Eliminate C;Combination เทคนิคการศึกษาเวลา จะทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องการวิเคราะห์วิธีการทำงานเป็น การศึกษาเพื่อลดขั้นตอนวิธีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกันดังนั้นจึงนำทฤษฎีการศึกษาเวลาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดเวลาสูญเสียเพื่อให้สามารถควบคุมและวางแผนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

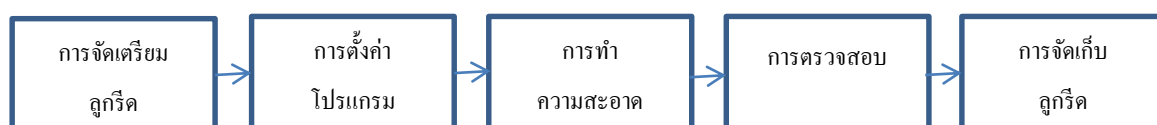
อริยา ดวงสี 2545 ศึกษาการกำหนดเวลามาตรฐานการทำงานในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มประยุกต์ระบบ MTM-2 หาเวลามาตรฐานโดยการใช้นาฬิกาจับเวลา ในการผลิตกางเกงขาสั้นที่มี 28 ขั้นตอนการผลิต บันทึกการเคลื่อนไหวของพนักงาน เปรียบเทียบกับการทดสอบความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ให้ผลใกล้เคียงกัน

อุบลรัตน์ หวังรักษาศิสุกุลและคณะ 2551 ปรับปรุงกระบวนการผลิตฝากรอบ โหลดเบรคสวิทช์ในโรงงานงานหม้อแปลงโดยการจัดทำเวลามาตรฐาน โดยในกระบวนการผลิตมี 3 ขั้นตอน ขึ้นรูป ประกอบ ทำสี จัดทำเวลามาตรฐานในสถานีการเชื่อมในกระบวนการประกอบ การขัดในกระบวนการการทำสี งานเจาะแผนก ขึ้นรูป ใช้เวลาการผลิตมาก ทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มเครื่องเชื่อม คนงาน สร้างเครื่องจับยึด ทำให้เวลาลดลง 21%

รศ.วันชัย แหลมหลักสกุล 2551 ศึกษาข้อมูลเวลามาตรฐานการทำงานสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยประยุกต์ใช้ระบบการวัดเวลา MTM-2 เป็นการสร้างข้อมูลเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์โดยวิธี MTM-2 เปรียบเทียบกับวิธีการจับเวลา และบันทึกภาพการผลิตเก้าอี้เด็กนักเรียนเป็นกรณีศึกษา ผลมีความใกล้เคียงกันกับเวลาจริง

2. วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานแบ่งขั้นตอนการทำงานของเครื่องปรับผิวด้วยตัวนำแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลัก การหาเวลามาตรฐานในการทำงานในแผนกปรับผิวลูกรีด ที่เครื่องปรับผิวโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า และเพื่อนำมาหาเวลามาตรฐาน ปรับปรุงวิธีการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับผิวลูกรีด



ภาพที่ 1 กระบวนการ 5 ขั้นตอน ของการปรับผิวลูกรีด

การกระจายขั้นตอนการทำงานใน 5 ขั้นตอนการทำงานหลัก แบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ในแต่ละกระบวนการเพื่อทำการหาเวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนและการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดเตรียมลูกกรีด	19	ขั้นตอนย่อย
การตั้งค่าโปรแกรม	2	ขั้นตอนย่อย
การทำความสะอาด	6	ขั้นตอนย่อย
การตรวจสอบ	7	ขั้นตอนย่อย
การจัดเก็บ	13	ขั้นตอนย่อย

การแสดงขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการโดยใช้ Flow Process Chart ซึ่งจะแบ่งงานออกเป็นประเภทต่างๆ 5 งาน เพื่อการวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทำงานและวัดการจับเวลาทั้งกระบวนการ

แผนภูมิกระบวนการทำงาน (Flow Process Chart)								
ชื่อกระบวนการ ขั้นตอนการทำงานและวัดการจับเวลา ผลิตภัณฑ์ ลูกกรีด				สัญลักษณ์				
					การปฏิบัติงาน			
					การตรวจสอบคุณภาพ			
 กระบวนการก่อนการปรับปรุง  กระบวนการหลังการปรับปรุง					การเคลื่อนย้าย			
					ความล่าช้า			
					การเก็บชิ้นงานอย่างถาวร			
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	จำนวน (ครั้ง)	ระยะทาง	เวลา	ลักษณะงาน				
		(เมตร)	(นาที)					
การจัดเตรียมลูกกรีด		96.5	5.36					
การตั้งค่าโปรแกรม		3	1.35					
การทำความสะอาด		12	5.25					
การตรวจสอบ		22	5.16					
การจัดเก็บ		82.5	4.54					
รวม		216	22.46					

การบันทึกเวลาที่กล่าวมาเป็นกระบวนการเก็บตัวอย่างทางสถิติ (Sampling Process) ยิ่งจำนวนครั้งที่จับเวลามากเท่าไรยิ่งมีความเชื่อถือได้ของข้อมูลมากยิ่งขึ้นถ้าเวลาของงานย่อยใดต้องมีความผันแปร (Variance) มากยิ่งต้องจับเวลาหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ โดยอ้างอิงจากระดับความเชื่อถือหรือความแม่นยำที่ต้องการควรจะจับเวลาทั้งหมดกี่ครั้ง

การทำงานแต่ละงานย่อยของพนักงานจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ในการจับเวลาทำงานหลายครั้ง จะถือว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ในการกำหนดวิเคราะห์ข้อมูลของเวลาของการทำงาน จากการจับเวลา N' ครั้ง แต่ละครั้งได้เวลา X_i มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ μ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็น σ นำข้อมูลมากำหนดจำนวนครั้งในการจับเวลา

ขั้นตอนการคำนวณหาจำนวนครั้งที่ต้องจับเวลาในแต่ละขั้นตอน

การประมาณค่าจำนวนครั้งในการจับเวลาโดยใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุด (พิสัย Range)

1. จับเวลาเบื้องต้น 5 ครั้งสำหรับงานที่มากกว่า 2 นาที 10 ครั้งสำหรับงานที่น้อยกว่า 2 นาที

2. หาพิสัยของเวลาจับได้ พิสัย = ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด

$$R = H - L$$

3. หาค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ของเวลาที่จับได้

4. หาค่าของ พิสัยหารค่าเฉลี่ย $\frac{R}{\bar{X}}$

5. นำค่าพิสัยหารค่าเฉลี่ย เปิดตารางหาจำนวนครั้งจับเวลา

ตารางที่ 2 จำนวนครั้งในการศึกษาเวลา สำหรับหาค่าวิธพิสัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 10\%$

$\frac{R}{\bar{X}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{X}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{X}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
.10	3	2	.42	52	30	.74	162	93
.12	4	2	.44	57	33	.76	171	98
.14	6	3	.46	63	36	.78	180	103
.16	8	4	.48	68	39	.80	190	108
.18	10	6	.50	74	42	.82	199	113
.20	12	7	.52	80	46	.84	209	119
.22	14	8	.54	86	49	.86	218	125
.24	17	10	.56	93	53	.88	229	131
.26	20	11	.58	100	57	.90	239	138
.28	23	13	.60	107	61	.92	250	143
.30	27	15	.62	114	65	.94	261	149
.32	30	17	.64	121	69	.96	273	156
.34	34	20	.66	127	74	.98	284	162
.36	38	22	.68	137	78	1.00	296	169
.38	43	24	.70	145	83			
.40	47	27	.72	153	88			

การกำหนดเวลาเพื่อต่างๆ (Allowances Time)

เวลาเผื่อคือเวลาเพื่อการทำงาน เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในการทำงานที่ไม่ได้มีการทำงานเพียงอย่างเดียวแต่ยังมีกิจกรรมอื่นซึ่งอาจเกิดความล่าช้า จึงต้องมีการกำหนดเวลาเผื่อในการทำงานที่เหมาะสมในการกำหนดเวลามาตรฐานแบ่งได้เป็น

1. เวลาเผื่อคงที่คือเวลาเผื่อที่แน่นอนหรือทราบไว้ก่อนล่วงหน้า จะอยู่ระหว่าง 4.5% - 6.5% แต่ในอุตสาหกรรมทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ 5% ของเวลาทำงานทั้งหมด อาจแปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม
2. เวลาเผื่อผันแปรคือเวลาเผื่อที่อาจเกิดขึ้นไม่คงที่ในระหว่างการทำงานซึ่งการเกิดจากสภาพแวดล้อม ทำให้ต้องมีการคำนวณตามความเป็นจริงที่ผันแปรได้เช่นการล้า (Fatigue)
3. เวลาเผื่อพิเศษเป็นการประกันความล่าช้าที่เกิดจากความไม่สมดุลของการรองานหรือการแทรกแซงในกรณีที่เป็นการทำงานกลุ่มหรืองานของคนและเครื่องจักรทั้งที่หลีกเลี่ยงได้และหลีกเลี่ยงไม่ได้

คำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

หลังจากทราบค่าเวลาปกติ (Normal Time) และเวลาเผื่อแล้วสามารถคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงานได้โดย

$$\text{Std} = \text{NT} + \text{A}(\text{NT})$$

หรือ

$$\text{Std} = \text{NT}(1 + \text{A})$$

เมื่อ

$$\text{Std} = \text{เวลามาตรฐาน (Standard Time)}$$

$$\text{NT} = \text{เวลาปกติ (Normal Time)}$$

$$\text{A} = \text{เวลาเผื่อ (Allowances Time) มักอยู่ในรูปแบบ \% ของเวลา}$$

2.8 การวิเคราะห์กระบวนการ

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเป็นขั้นตอนการพัฒนาคุณภาพการผลิตเพราะผลจากการวิเคราะห์เพื่อทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่มีผลจริงๆต่อคุณภาพของสินค้า เพราะการสรุปสาเหตุที่ซ่อนเร้นและไม่ใช้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแล้วทำการแก้ไขไปทันทีอาจได้ผลเพียงระยะสั้นแต่ในที่สุดก็จะเกิดปัญหามันขึ้นอีกซึ่งอาจมีผลรุนแรงขึ้นกว่าเดิมก็ได้การค้นหาคำหรือวิเคราะห์เพื่อหาจุดบกพร่องของสินค้าที่ผลิต เช่น ความรู้สึกจิตสำนึกของผู้เชี่ยวชาญ การทดลองโดยการตั้งสมมติฐานหรือโดยการใช้ข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกวิธีและมีปริมาณข้อมูลที่เพียงพอ

วัตถุประสงค์การวิเคราะห์กระบวนการ

1. เพื่อแสดงกระบวนการของงานที่จะทำการผลิตให้เป็นแผนผัง/แผนภูมิของกระบวนการผลิตเพื่อหากระบวนการผลิต ปัจจัยการผลิตให้เป็นผลผลิตที่มีประสิทธิภาพใช้เวลาน้อยที่สุดและประหยัดที่สุด
2. เพื่อค้นหาสาเหตุที่ระบุได้ของความผันแปรด้านคุณภาพของกระบวนการผลิตซึ่งเมื่อค้นพบแล้วจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขอย่างต่อเนื่องต่อไป

3. หาข้อมูลเพื่อคาดคะเนผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงวัสดุหรือผลิตภัณฑ์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาวัสดุหรือผลิตภัณฑ์

4. หาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตเพื่อจัดทำแผนการผลิตที่เหมาะสมการวิเคราะห์กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์การวิเคราะห์กระบวนการของผลิตภัณฑ์นั้นจะแบ่งกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เป็นวัตถุดิบไปจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ การปฏิบัติงาน การขนย้าย การรอคอย และการตรวจสอบ

การวิเคราะห์กระบวนการโดยการใช้เครื่องมือแผนภูมิกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการผลิตนี้ใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัวซึ่งกำหนดโดย

The American Society of Mechanical Engineers (ASME) ในสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 3 สัญลักษณ์ Flow Process Chart (ASME)

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความโดยย่อ
	Operation	- การเปลี่ยนคุณสมบัติของวัตถุ
	Inspection	- การตรวจสอบคุณลักษณะของวัตถุ
	Transportation	- การเคลื่อนที่วัตถุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง
	Delay	- การเก็บวัสดุชั่วคราวระหว่างการปฏิบัติงาน
	Storage	- การเก็บวัสดุ

ตารางที่ 4 ขั้นตอนการทำงานและวัดการจับเวลากระบวนการจัดเตรียมลูกรีด

แผนภูมิกระบวนการทำงาน (Flow Process Chart)								
ชื่อกระบวนการ ขั้นตอนการจัดเตรียมลูกรีด ผลิตภัณฑ์ ลูกรีด				สัญลักษณ์				
					การปฏิบัติงาน			
					การตรวจสอบคุณภาพ			
 กระบวนการก่อนการปรับปรุง  กระบวนการหลังการปรับปรุง					การเคลื่อนย้าย			
					ความล่าช้า			
					การเก็บชิ้นงานอย่างถาวร			
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	จำนวน (ครั้ง)	ระยะทาง	เวลา	ลักษณะงาน				
		(เมตร)	(นาทึ่)					
		4	0.09					
			0.10					
		41.7	1.27					
			0.16					
		3	0.07					
			0.15					
		2	0.06					
			0.16					
		6	0.13					
			0.22					
		5	0.14					
		7	0.13					
		4	0.08					
			0.16					
		4	0.08					

ตารางที่ 5 สรุปผลการก่อน-หลังปรับปรุง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาท)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาท)
การจัดเตรียมลูกกริด	96.5	5.36	84.7	5.08
การตั้งค่าโปรแกรม	3	1.35	3	1.35
การทำความสะอาด	12	5.25	12	5.25
การตรวจสอบ	22	5.16	22	5.16
การจัดเก็บ	82.5	4.54	70.7	4.30
รวม	216	22.46	192.4	21.54

3. ผลการคำนวณและอภิปราย

จากการศึกษาเพื่อหาเวลามาตรฐานการทำงานของพนักงานขั้นตอนการปรับผิวลูกกริดที่เครื่องปรับผิวด้วยตัวนำไฟฟ้า เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน จะเห็นได้ว่า ความสามารถ ความพยายาม ความกระตือรือร้นในการทำงาน มีค่าใกล้เคียงกัน ดังข้อมูลต่อไปนี้

- | | | |
|------------------------|--|--------------|
| 1. การจัดเตรียมลูกกริด | เวลาปกติ 6.5524 นาที่ เวลามาตรฐานที่คำนวณได้ | 6.7799 นาที่ |
| 2. การตั้งค่าโปรแกรม | เวลาปกติ 2.1254 นาที่ เวลามาตรฐานที่คำนวณได้ | 2.2117 นาที่ |
| 3. การทำความสะอาด | เวลาปกติ 7.0685 นาที่ เวลามาตรฐานที่คำนวณได้ | 7.3620 นาที่ |
| 4. การตรวจสอบ | เวลาปกติ 6.3033 นาที่ เวลามาตรฐานที่คำนวณได้ | 6.5985 นาที่ |
| 5. การจัดเก็บลูกกริด | เวลาปกติ 6.0748 นาที่ เวลามาตรฐานที่คำนวณได้ | 6.2786 นาที่ |

4. สรุปผลการวิจัย

การที่โรงงานยังไม่มีเวลามาตรฐานในกระบวนการปรับผิวลูกกริดด้วยเครื่องตัวนำไฟฟ้า ทำให้ไม่สามารถวางแผนการทำงานและกำลังการผลิตที่เป็นมาตรฐานของแต่ละวันได้ จึงต้องการให้แต่ละกระบวนการมีเวลามาตรฐานเพื่อจะได้ทราบกำลังการปรับผิวลูกกริดในแต่ละวันและระดับความสามารถของพนักงานแต่ละคน เพื่อจัดรูปแบบการทำงานของพนักงานให้เข้ากระบวนการได้อย่างเหมาะสม และวางแผนการปรับผิวลูกกริดให้มีประสิทธิภาพที่สุด

ผลการทำโครงการหาเวลามาตรฐานในการปรับผิวลูกกริดด้วยเครื่องตัวนำไฟฟ้า ได้ทำการแบ่งงานออกเป็นแต่ละงานย่อยเพื่อให้ง่ายต่อการจับเวลาและทำการสังเกตการทำงานของพนักงานเพื่อใช้ในการหาเวลามาตรฐาน

เวลามาตรฐานของการปรับผิวลูกกริดด้วยตัวนำไฟฟ้าต่อหนึ่งลูกกริด

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1. ขั้นตอนการจัดเตรียมลูกกริด | ใช้เวลาทั้งหมด 5.36 นาที่ |
| 2. ขั้นตอนการตั้งค่าโปรแกรม | ใช้เวลาทั้งหมด 1.35 นาที่ |
| 3. ขั้นตอนการทำความสะอาด | ใช้เวลาทั้งหมด 5.25 นาที่ |

4. ขั้นตอนการตรวจสอบ ใช้เวลาทั้งหมด 5.16 นาที
5. ขั้นตอนการจัดเก็บลูกรีด ใช้เวลาทั้งหมด 4.54 นาที

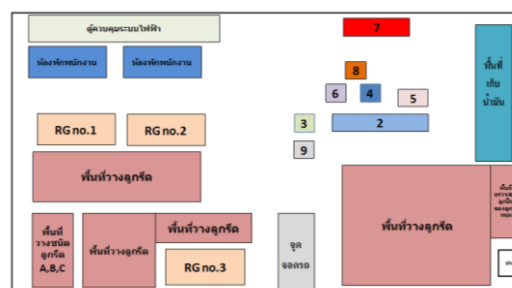
5. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลการทำงานขั้นตอนการปรับผิวลูกรีดด้วยเครื่องปรับผิวลูกรีดด้วยตัวนำไฟฟ้า พบว่าลักษณะการทำงานเป็นแบบต่อเนื่องด้วยพนักงานเพียงคนเดียว โดยไม่มีพื้นที่เข้าซ้อนกันจนเกิดการรบกวนกัน ซึ่งสามารถสรุปพื้นที่แต่ละจุดของขั้นตอนการปรับผิวลูกรีดด้วยตัวนำไฟฟ้า ดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงพื้นที่แต่ละกิจกรรม

หมายเลข	พื้นที่
1.	พื้นที่จัดเก็บลูกรีด
2.	เครื่อง EDT
3.	พื้นที่จัดเก็บกระดาษ
4.	พื้นที่ทำความสะอาด (Electrode)
5.	หัวอิเล็กทรอนิกส์
6.	ตู้ควบคุม
7.	ห้องควบคุม
8.	จุดเครื่องมือวัดคุณภาพ
9.	จุดวาง Remote Crane

จากการเปลี่ยนแปลงผังการวางชนิดลูกรีด C จะสามารถลดระยะทางในการเคลื่อนย้ายลูกรีดไปยังเครื่อง EDT ซึ่งการลดเวลาดังกล่าวจะต้องทำการหาเวลามาตรฐานของขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายลูกรีดใหม่



ภาพที่ 2 แผนภาพ Flow Diagram ของพื้นที่ปรับผิวลูกรีด (ก่อนปรับปรุง)

5. รายการอ้างอิง

กษิติ นินนาทนนท์. (2557). การหาเวลามาตรฐานในการผลิตอาหารสัตว์. กรณีศึกษา: บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์.

เขมสิณี รุกขจินดา. (2548). การศึกษาผลกระทบการเรียนรู้งานในการกำหนดเวลามาตรฐานในขั้นตอนการเย็บ [ออนไลน์]. ได้จาก:

http://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=90&RecId=5250&obj_id=5266&showmenu=no

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร : บริษัทสำนักพิมพ์ท็อป.

รัชภูมิ พลตรี. (2556). การกำหนดเวลามาตรฐานในการผลิตและประกอบถังแรงดัน [ออนไลน์]. ได้จาก

[http://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=26432&obj_id=191152&showmenu=no
&userid=0](http://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=26432&obj_id=191152&showmenu=no&userid=0)

รุ่งนภา แสงเพ็ง. (2550). การออกแบบระบบการกำหนดเวลามาตรฐานของขั้นตอนการปูผ้าและการตัดในอุตสาหกรรมกรรมเครื่องนุ่งห่ม [ออนไลน์]. ได้จาก:

http://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=90&RecId=9983&obj_id=19645&showmenu=no

สมชาย โอวาท (2555). การกำหนดเวลามาตรฐานการผลิตเครื่องจ่ายเครื่องดื่ม [ออนไลน์]. ได้จาก:

[http://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=25366&obj_id=189303&
showmenu=no](http://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=25366&obj_id=189303&showmenu=no)

การศึกษาการลดกระแสฮาร์มอนิกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า
THE STUDY OF HARMONIC CURRENT REDUCTION
ON ELECTRIC WELDING MACHINE

สุเทพ สัตย์ใจ

นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม

นิमित บุญภิรมย์

อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.bo@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาการลดกระแสฮาร์มอนิกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า โดยวัตถุประสงค์เป็นการปรับปรุงวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้คอนเวอร์เตอร์ความถี่สูง ด้วยการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อลดขนาดของกระแสฮาร์มอนิกของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการปรับค่ารีปเปิ้ลของกระแสอินพุตที่เกิดจากการประจุและการคายประจุของคาปาซิเตอร์ ซึ่งการปรับแต่งค่าเหนี่ยวนำที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นวิธีที่ง่าย ราคาถูกและใช้ได้ดีในภาคปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรม ผลจากการปรับปรุงมีผลให้ค่าอัตราความเพี้ยนรวมลดลง และขนาดกระแสฮาร์มอนิกลดลง

คำสำคัญ: เครื่องเชื่อมไฟฟ้า กระแสฮาร์มอนิก อัตราความเพี้ยนรวม

ABSTRACT

The paper presents the study of harmonic current reduction of electric welding. The main purpose is to improve the electric welding circuit that is applied from high frequency switching converter by installing the dc-bus inductor. As the result, the ripple of input three phase line current is efficiency reduced due to capacitor charging and discharging. Consequently, the dc- bus inductor method is a practical method, low cost and suitable to apply for industrial system. As the experimental results, the reduction of current total harmonic distortion and the spectrum of harmonic current are also confirmed.

KEYWORDS: Electric Welding, Harmonic Current, Total Harmonic Distortion

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบัน วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายเพื่อประโยชน์ในการประหยัดพลังงานและลดขนาดของอุปกรณ์ให้กระทัดรัด ปัญหาหลักของอิเล็กทรอนิกส์กำลัง คือ การเกิดแรงดันกระแสฮาร์มอนิกไหลเข้าสู่ระบบ-ไฟฟ้ากำลังหลัก เกิดผลเสียหายมากมายกับระบบไฟฟ้า (David Chapman, 2001, Hooman E.M and Wilson X., 2009) ในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความสำคัญ และได้ถูกปรับเปลี่ยนมาใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังเช่นกัน เพื่อลดฮาร์มอนิกด้วยวิธีต่าง ๆ เช่นการออกแบบเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในมีกำลังไฟฟ้าคงที่ (J. Shklovski1, K. Janson1, 2012) หรือการพัฒนาคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ระดับเพื่อลดปัญหาฮาร์มอนิกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์การเกิดฮาร์มอนิกของกระแสและแรงดันจากหม้อแปลงที่ใช้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า (Nitin kumar, Gurmeet Singh. 2015) ในบทความนี้ได้นำเสนอการลดกระแสฮาร์มอนิกจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ด้วยวิธีง่าย ๆ และ ราคาถูก โดยการปรับปรุง การเกิดกระแสฮาร์มอนิกจากผลของตัวกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในวงจรเรียงกระแส แบบ 3 เฟส ซึ่งสามารถลดค่าความเพี้ยนรวมของกระแสฮาร์มอนิกได้เป็นจำนวนมาก เกิดประโยชน์ในการลดความเสี่ยงของปัญหาฮาร์มอนิกที่กระทบกับระบบไฟฟ้ากรณีที่มีเครื่องเชื่อมจำนวนมาก อีกทั้งยังสามารถลดขนาดของตัวกรองฮาร์มอนิกของระบบได้

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลการเกิดฮาร์มอนิกจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้คอนเวอร์เตอร์ความถี่สูง เป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้ใน โรงงานอุตสาหกรรม ออกแบบตัวเหนี่ยวนำเพื่อติดตั้งในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเรียงกระแส 3 เฟส ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนแรกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขั้นตอนการศึกษา ตรวจสอบหารูปแบบของแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิก วัดค่าความเพี้ยนรวม (Total Harmonic Distortion: THD) ของตัวอย่างเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ออกแบบและปรับปรุงในภาควงจรเรียงกระแส 3 เฟส โดยออกแบบติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ เพื่อปรับค่ารูปคลื่นของกระแสอินพุท ทดสอบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง

3. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

1. ตรวจสอบวัดแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิกของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 200 แอมป์
2. วิเคราะห์ลำดับรูปแบบของแรงดันฮาร์มอนิกและกระแสฮาร์มอนิกของเครื่องเชื่อม ขณะทดสอบใช้งาน
3. ออกแบบและติดตั้งตัวเหนี่ยวนำที่บัสไฟฟ้ากระแสตรงของวงจรเรียงกระแส 3 เฟส เพื่อปรับปรุงรูปคลื่นของกระแสอินพุท
4. บันทึกรูปคลื่นกระแสอินพุทที่สายของระบบไฟฟ้า 3 เฟสที่จ่ายเข้า วัดสเปคตรัมของกระแสฮาร์มอนิก และวัดค่า THD ก่อนและหลังการปรับปรุง

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 หลักการเบื้องต้นของฮาร์โมนิก

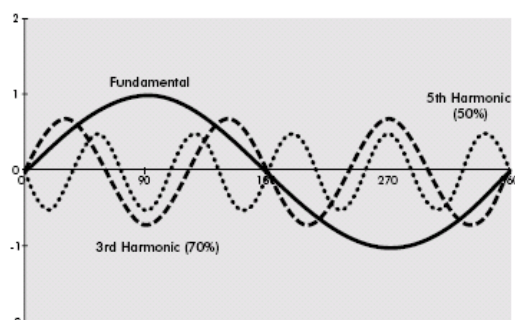
จากพื้นฐานของความไม่เป็นเชิงเส้นของกระแสและแรงดัน ของแรงดันและกระแสที่ได้จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือ แหล่งจ่ายฮาร์โมนิกประเภทอื่นๆ สามารถนำเสนอได้ดังสมการที่ (1) แสดงให้เห็นถึงการเกิดรูปคลื่นไซน์หลายความถี่ ดังภาพประกอบที่ 1 สามารถหาค่ากระแส RMS ได้ดังสมการที่ (2) และ ค่า THD ได้ดังสมการที่ (3) โดยกำหนดให้

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \quad (1)$$

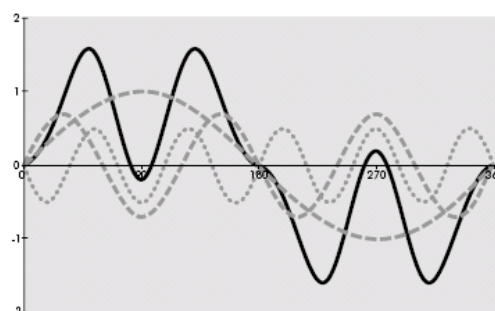
$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^N I_n^2} \quad (2)$$

$$THD_1 = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N I_n^2}}{I_1} \quad (3)$$

ฮาร์โมนิก (Harmonic) คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency ในระบบไฟฟ้าเรามีค่าเท่ากับ 50 Hz เช่น ฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150 Hz และฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250 Hz แสดงดังภาพประกอบที่ 1 ก. และผลของฮาร์โมนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลด้วยทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle) ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ดังภาพประกอบที่ 1 ข.



ก. คลื่นสัญญาณที่มีฮาร์โมนิกลำดับ 3

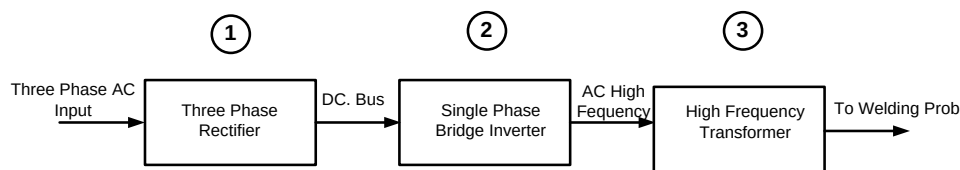


ข. คลื่นสัญญาณผลรวมของฮาร์โมนิก

ภาพประกอบที่ 1 องค์ประกอบของสัญญาณฮาร์โมนิกที่ลำดับต่างๆ

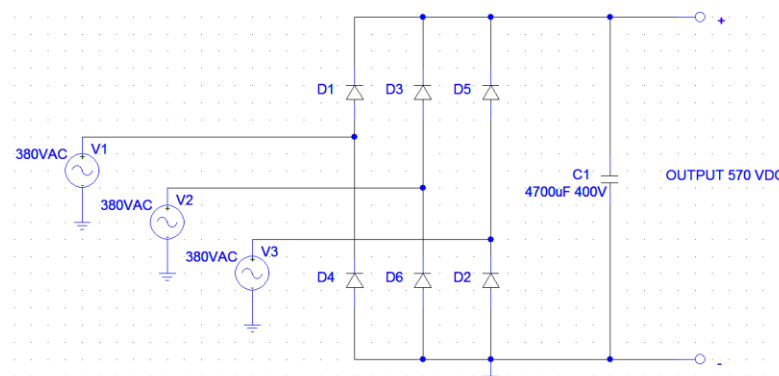
4.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

จากภาพประกอบที่ 2 ได้แสดงโครงสร้างขั้นพื้นฐานของวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลังเป็นตัวขับเคลื่อน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1. วงจรเรียงกระแส 3 เฟส ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนที่ 2. เป็นส่วนของวงจรผกผันหรือวงจรอินเวอร์เตอร์ แบบบริดจ์ ซึ่งในที่นี้เป็นแบบฟูลบริดจ์ ดังได้นำเสนอในภาพประกอบที่ 3 และ ภาพประกอบที่ 4 ตามลำดับ



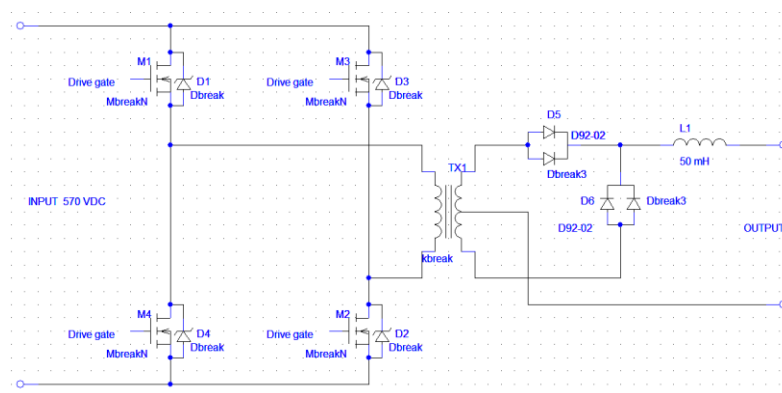
ภาพประกอบที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ขับเคลื่อนเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

จากภาพประกอบที่ 3 เป็นวงจรกระแส 3 เฟส (Three phase rectifier) ซึ่งประกอบด้วยไดโอด 6 ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟสเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะมีจำนวน 6 พัลส์ เมื่อติดตั้งตัวกรองด้วยตัวประจุ จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 6 พัลส์กลายเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความเรียบ แต่จะมีช่วงเวลาการประจุและคายประจุ ทำให้เกิดริบเบิลที่กระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่แหล่งจ่าย 2 พัลส์ ต่อ 180 องศา เป็นสาเหตุของการเกิดกระแสฮาร์มอนิกที่แหล่งจ่าย ดังแสดงในภาพประกอบที่ 7 ก.



ภาพประกอบที่ 3 วงจรเรียงกระแส 3 เฟส (Three-Phase Rectifier)

เมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะส่งกำลังไฟฟ้าไปยังอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวิธี PWM และขยายขนาดแรงดันไฟฟ้าด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง ของเครื่องเชื่อม



ภาพประกอบที่ 4 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ และหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง

5. วิธีดำเนินการวิจัย

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยจะทำการวัดเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่มีโครงสร้างเช่นเดียวกับที่แสดงในภาพประกอบที่ 3 และภาพประกอบที่ 4 ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำเพื่อลดค่ากระแสฮาร์มอนิก ดังนี้

5.1 การวัดค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิก

การวัดค่าแรงดันและกระแสอินพุตจากแหล่งจ่ายจะทำการติดตั้งเครื่องวัดฮาร์มอนิกด้วยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ Chauvin Arnoux CA8334: EN 50160, IEC 61000-4-15 วัดในโหมดการวัดค่าชั่วขณะและแสดงผลที่หน้าจอเครื่องวัด โดยวัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟสที่จ่ายให้เครื่องเชื่อมดังแสดงในภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 ตำแหน่งการวัดแรงดันฮาร์มอนิก และ กระแสฮาร์มอนิก

5.1.1 การออกแบบขนาดตัวเหนี่ยวนำ

$$L = \frac{0.013V_{LL(max)}}{2\pi fI} \quad (4)$$

$$C_f = \frac{1}{4\pi x^2 fL} \quad (5)$$

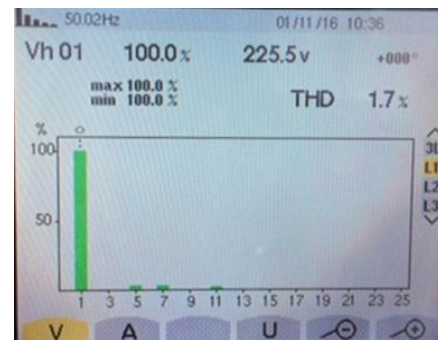
โดยค่า L = ค่าตัวเหนี่ยวนำที่ติดตั้ง, C_f = ตัวประจุที่เป็นตัวกรองในบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง f = ความถี่ของตัวเรียงกระแส 3 เฟส ในที่มีเท่ากับ 6 เท่าของความถี่ไฟฟ้าที่ระบบ เท่ากับ 300 Hz, V_{LL} = แรงดันระหว่างสายสูงสุดของระบบไฟฟ้า 3 เฟส (Vineet Kumar Dwivedi, 2015) จากสมการที่ 4 และ สมการที่ 5 นำไปประมาณค่า L และ C ที่เป็นตัวกรอง และนำไปปรับแต่งด้วยโปรแกรมเมท-แลป ได้รับค่าที่ $C_f = 4700 \mu F$, $L = 100 \text{ mH}$.

5.1.2 การติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ และ การวัดแรงดันและกระแส ฮาร์มอนิกของอินพุต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย เครื่องเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 15 กิโลวัตต์แอมป์ กระแสอินพุต 10 แอมป์ และ เครื่องวัดฮาร์มอนิกด้วย Power Quality Analyzer ของ Chauvin Arnoux รุ่น C.A 8334 จากภาพประกอบที่ 6 แสดงรูปคลื่นของแรงดัน และ สเปกตรัมของแรงดัน โดยรูปคลื่นแรงดันระหว่างสาย ทั้ง 3 เฟส ก่อนทำการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ แสดงให้เห็นว่ามีแรงดันฮาร์มอนิกเล็กน้อย มีค่า THD_v ที่ 1.7 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งมาตรฐาน IEEE 519-1992 กำหนดไว้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์



ก. รูปคลื่นแรงดันระหว่างสายของระบบไฟฟ้าอินพุต



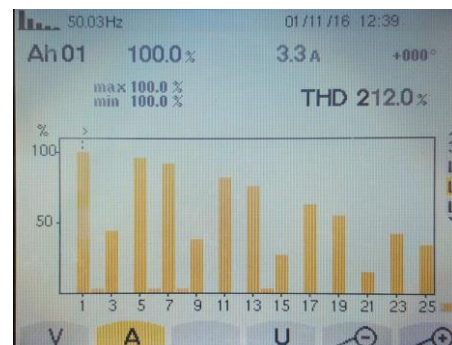
ข. สเปกตรัมของแรงดันระหว่างสาย

ภาพประกอบที่ 6 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า

ส่วนในภาพประกอบที่ 6 และ ภาพประกอบที่ 7 ได้แสดงให้เห็นถึงรูปคลื่นของกระแส ซึ่งเป็นผลของช่วงเวลาการเก็บประจุและคายประจุที่ บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้เกิดริบเบิลของกระแส และเกิดกระแสฮาร์มอนิกสูง จากการแสดงค่าของเครื่องวัด จะมีค่า THDi ถึง 212 เปอร์เซ็นต์เป็นฮาร์มอนิกลำดับที่ เนื่องจากกระแสมีค่าความสมมาตรทั้งบวกและลบ หลังจากนั้นได้ทำการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ โดยต่ออนุกรมที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงดังแสดงดังภาพประกอบที่ 8 มีค่าตัวเหนี่ยวนำ 100 มิลลิเฮนรี่

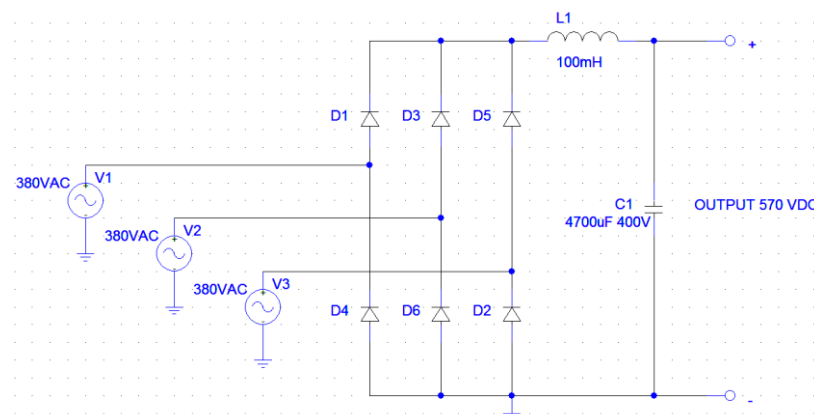


ก. รูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายของระบบไฟฟ้า



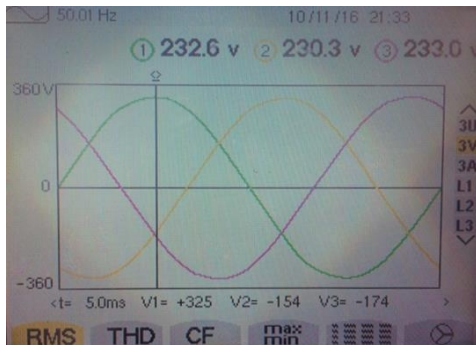
ข. สเปกตรัมของกระแสในสาย

ภาพประกอบที่ 7 กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสในสายที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้าก่อนการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ

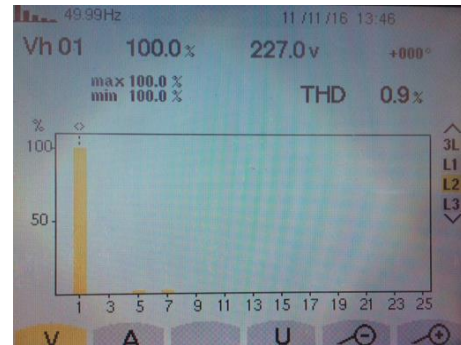


ภาพประกอบที่ 8 การติดตั้งตัวเหนี่ยวนำที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

หลังจากที่ได้ติดตั้งตัวเหนี่ยวนำจะเห็นได้ว่ารูปคลื่นของแรงดันมีค่า THDv ลดลงเหลือ 0.9 และค่าสเปกตรัมของกระแสในสายทั้งเฟส A, B และ C มีค่าใกล้เคียงกัน จะมีข้อหน้าสังเกตที่เฟส B จะมีสูงกว่าเล็กน้อยจะเป็นสาเหตุจากความไม่สมดุลย์ของกระแส ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะการเชื่อมต่อกระแส ต่างกันเพียง 1 แอมป์ แต่ค่า THDi ลดลงเหลือ 103 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงรายละเอียดดังภาพประกอบที่ 9 และภาพประกอบที่ 10

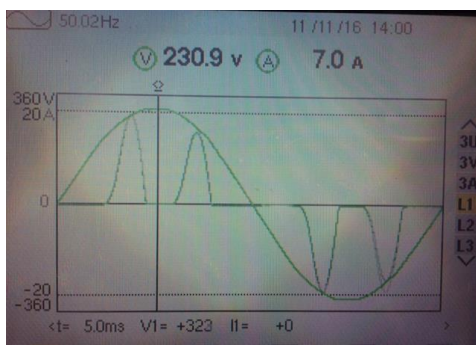


ก. รูปคลื่นแรงดันที่สายของระบบไฟฟ้าอินพุต

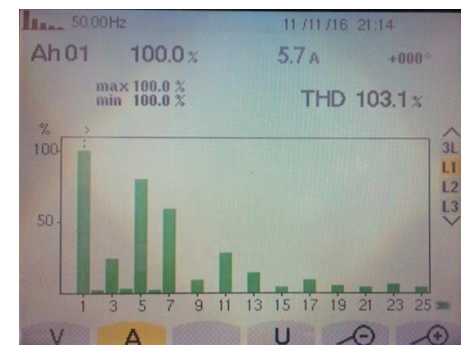


ข. สเปกตรัมของแรงดันที่สาย

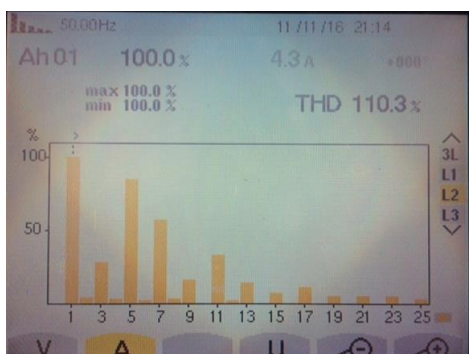
ภาพประกอบที่ 9 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า



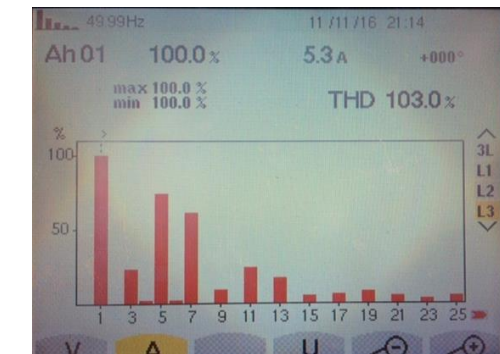
ก. รูปคลื่นกระแสอินพุตที่สายของระบบไฟฟ้า



ข. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส A



ค. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส B

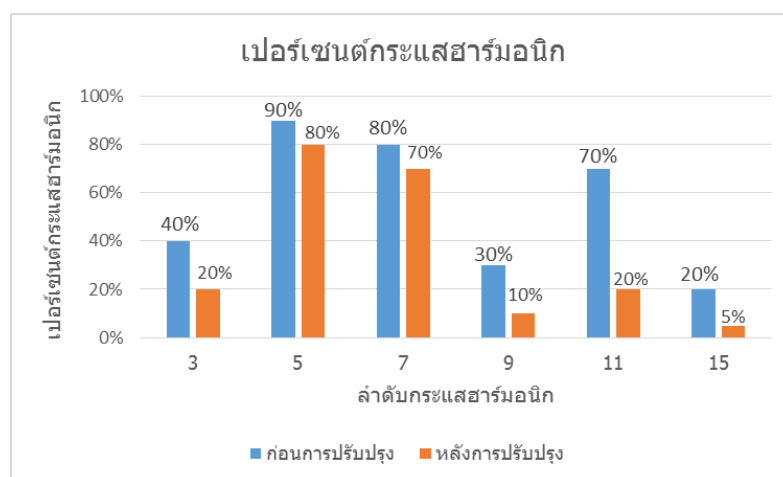


ง. สเปกตรัมของกระแสในสายเฟส C

ภาพประกอบที่ 10 กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสในสายที่จ่ายเข้าและสเปกตรัมของกระแสไฟฟ้า หลังการติดตั้งตัวเหนี่ยวนำ ทั้ง 3 เฟส

ตารางที่ 1 แสดงการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุง

เปอร์เซ็นต์การเกิดกระแสฮาร์มอนิก			
ลำดับฮาร์มอนิก	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ระดับการลดลง
3	40%	20%	20%
5	90%	80%	10%
7	80%	70%	10%
9	30%	10%	20%
11	70%	20%	50%
15	20%	5%	15%
THD	212%	103%	



ภาพประกอบที่ 11 แสดงการลดลงของเปอร์เซ็นต์กระแสฮาร์มอนิกก่อนและหลังการปรับปรุง

6. สรุปผลงานวิจัยและเสนอแนะ

จากผลการลดกระแสฮาร์มอนิกที่ได้นำเสนอในวิธีการดำเนินการวิจัยในหัวข้อที่ 5 แล้วนั้น จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการเปรียบเทียบ ระหว่างการที่ไม่ได้ติดตั้งตัวเหนี่ยวนำที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกมากที่ไหลเข้าสู่ระบบไฟฟ้า และหลังจากที่ติดตั้งตัวเหนี่ยวนำที่บัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง นั้นทำให้เห็นถึงค่ากระแสฮาร์มอนิกที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากมีผลทำให้เกิดการหน่วงเวลาการประจุและคายประจุของตัวประจุที่ใช้กรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จากตารางที่ 1 และภาพประกอบที่ 11 ได้แสดงเปอร์เซ็นต์การลดลงของกระแสฮาร์มอนิก ในแต่ละลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลที่มีการลดลงจะลดลงมากในฮาร์มอนิกลำดับสูง ซึ่งทำให้ค่า THD ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แม้จะเป็นวิธีพื้นฐาน ที่มีบรรจุทั่วไปในอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ในทางปฏิบัติในระดับ โรงงานอุตสาหกรรมสามารถทำได้สะดวก และได้ผลการลดกระแสฮาร์มอนิกได้มาก และราคาถูกกว่าการใช้ตัวกรองแบบแอ็กทีฟถึง 10% และยังคงมีความคงทนไม่ซับซ้อนเหมือนการปรับปรุงวิธีอื่น ๆ ซึ่งในกรณีที่มีการใช้เครื่องเชื่อมหลายเครื่อง จะเกิดประโยชน์ใน

การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าและลดความเสี่ยงของการเสียหาย อีกทั้งยังสามารถลดขนาดของตัวกรองฮาร์มอนิกของระบบที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้ากำลัง

7. อ้างอิง

- David, Chapman. 2001. **Harmonic Causes and Effect: Power Quality Application Guide**. USA:Copper.
- Hooman E. M. & Wilsun X. 2009. "Harmonic cancellation characteristic of specially connected transformers" **Electric Power Systems Research**: 1690-1697
- J. Shklovski1, K. Janson1. 2012. **Development of Constant-Power Source for Arc Welding**. Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2012) Tallinn, Estonia.
- Tomokazu Mishima , Hisayuki Sugimura, Khairy Fathy Sayed.2010. **Three-Level Phase-Shift ZVS-PWM DC-DC Converter with High Frequency Transformer for High Performance Arc Welding Machines** Conference: Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), California, USA.
- IEEE 519. 1993. **IEEE Recommended Practices and Requirement for Harmonic Control in Electrical Power system**. USA: American National Standard Insitue 11-25.
- Vineet Kumar Dwivedi , Alok Singh. 2015 **Estimation of Size of Filter Inductor and Capacitor in 6-Pulse and 12-Pulse Diode Bridge Rectifier**. SELECT, VIT University, India.
- Hooman E. M. & Wilsun X. 2009. **Harmonic cancellation characteristic of specially connected transformers** Electric Power Systems Research: 1690-1697.
- Nitin kumar, Gurmeet Singh. 2015 **Investigation and Analysis of Harmonics in Welding Transformer** International Journal of Engineering Sciences & Research Technology (IJESRT), India.

อินเทอร์เน็ตออฟติงส์เพื่อประหยัดพลังงานของหลอดไฟแอลอีดี INTERNET OF THINGS FOR SAVING THE ENERGY OF LED LIGHT

ธนุภัทร พานวงศ์

E-mail: danuphat.pan@spumail.net

ธนวัฒน์ สมบูรณ์

E-mail: tanawat.som@spumail.net

ผิน จัทรแก้วมณี

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

สุรัชย์ ทองแก้ว

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

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

หลอด LED เป็นอีกหนึ่งในอุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบัน แสงสว่างที่ใช้ในโรงงานหรือถนนนั้น มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมากซึ่งทำให้เกิดความสิ้นเปลืองด้านพลังงานและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก หากมีระบบที่สามารถควบคุมความสว่างของหลอดไฟแอลอีดีตามลักษณะการใช้งานให้เหมาะสม ค่าพลังงานไฟฟ้าทุกหน่วยที่สูญเสียไปจะคุ้มค่าทุกการใช้งาน ในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบซึ่งได้นำเอาเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวมาใช้เพื่อส่งสัญญาณไปสั่งเปิด/ปิดสวิตซ์ไฟตามจุดต่างๆที่มีคนหรือไม่มีคนอยู่ และใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับกระแสเพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ผลงานวิจัยที่ได้คือระบบที่สามารถที่จะควบคุมการเปิดปิดของหลอดไฟแอลอีดีรวมไปถึงสามารถที่จะทำการควบคุมหลอดไฟแอลอีดีให้เกิดระดับความสว่างที่เหมาะสมตามที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกโหมดการใช้งานเอาไว้ซึ่งในที่นี้คือ โหมดประหยัดพลังงาน, โหมดปกติ และโหมดสมรรถนะ นอกจากนี้ยังมีการรายงานค่าการใช้พลังงานรวมถึงค่าไฟและมีการแจ้งเตือนไฟดับจากความคิดปกติผ่านทางหน้าจอสมาร์ตโฟน โดยท้ายสุดงานวิจัยนี้สามารถช่วยในเรื่องการประหยัดพลังงานได้ และสอดคล้องกับแนวคิด Thailand 4.0

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตออฟติงส์, สมองกลฝังตัว, การควบคุมไฟแอลอีดี, สมาร์ตซิติ์, การประหยัดพลังงาน

ABSTRACT

LED tube is a device used to save energy and it is gaining attention today. Lighting in factories and roads are used in large amounts of electricity, which consume energy consumption and costs a lot. If there is a system to control appropriately the brightness of the LED lamp then all of the power units will be used worthily

and the energy will be saved enormously. In this research, the motion sensor is used to detect the movement and then turn on/off the power switch as defined in database for the appropriate situations to save the power energy of LED lamp. The current sensor is used to analyze the flow of electrical energy. This research will be decrease the power consumption by controlling the LED brightness levels according to user selected application modes, such as, save energy mode, normal mode and performance mode. Moreover, the information of electrical using can be reported in realtime and also the system will notify on smartphone screen about the abnormal status. Finally, this research plan to apply with Thailand 4.0 concept to save the energy.

KEYWORD : Internet of Things (IoT), Embedded Systems, LED Controller, Smart City, Energy saving

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ถูกใช้เพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในสาขาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย ขนส่ง ฯลฯ โดยเฉพาะในสาขาอุตสาหกรรมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 42-46 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ อีกทั้งความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ซึ่งหากเป็นเช่นนี้ต่อไป อาจก่อให้เกิดการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในอนาคต และในแง่ของผู้ประกอบการยังทำให้ต้นทุนด้านพลังงานของโรงงานสูงขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นถึงความจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม เพื่อทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีคุณค่าและประสิทธิภาพ ซึ่งนอกจากจะเป็นการรักษาพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดไว้ให้สามารถใช้ได้นานที่สุดแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน ทำให้โรงงานมีความสามารถในการแข่งขันเพิ่มขึ้น โดยจากกระแสตื่นตัวด้านการประหยัดพลังงานนี้ที่เกิดขึ้นทั่วโลก ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมเพื่อก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานในด้านต่างๆ อย่างมากมายซึ่งหลอดไฟแอลอีดีเป็นอีกหนึ่งในสิ่งที่นำมาใช้ให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้แสงสว่างมาก เช่น ในส่วนของโรงงาน หรือท้องถนน เนื่องจากแต่เดิมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับให้แสงสว่างเป็นจำนวนมากทำให้เกิดความสิ้นเปลืองด้านพลังงาน และเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากมีระบบที่สามารถควบคุมความสว่างของหลอดไฟแอลอีดีตามลักษณะการใช้งานให้เหมาะสมได้ค่าพลังงานไฟฟ้าทุกหน่วยที่สูญเสียไปจะคุ้มค่า และทำให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมหาศาลหากนาระบบควบคุมความสว่างอัจฉริยะนี้ไปใช้งานในระดับประเทศและระดับโลกตามแนวความคิดของ Smart Industry Concept และ Smart City Concept และสำหรับบริการคลาวด์แพลตฟอร์ม (Public Cloud Platform) นั้นระบบได้ใช้ CloudMQTT ที่ใช้สำหรับให้บริการเชื่อมต่อสื่อสารในรูปแบบ IoT

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อที่จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และลดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานแอลอีดีลงได้
- 2) เพื่อสามารถทราบสถานะหลอดไฟแอลอีดีว่ามีเปิดหรือปิดอยู่ในขณะนั้น
- 3) เพื่อสร้างระบบที่สามารถแจ้งเตือนไฟดับจากความผิดปกติได้ เพื่อดำเนินการตรวจสอบและซ่อมแซม
- 4) เพื่อสร้างระบบที่ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานและคำนวณค่าไฟได้

1.2 ขอบเขต

- 1) สามารถตรวจสอบการเคลื่อนไหวด้วย (Motion Sensor)
- 2) สามารถรายงานค่าของพลังงานไฟฟ้าจาก (Current Sensor) เพื่อคำนวณค่าไฟฟ้าและแสดงผลบนสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 3) สามารถแจ้งสถานะการใช้งานและแจ้งเตือนที่สมาร์ตโฟนเมื่อไฟดับจากความผิดปกติ
- 4) สามารถกำหนดค่าความสว่างเป็นโหมดต่างๆ ได้ตามลักษณะการใช้งานด้วยสมาร์ตโฟนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3 เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 ทฤษฎีสรุปเกี่ยวกับ IoT

Margaret Rouse ได้ให้ความหมายของ Internet of Things [1] เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2559 ใจความว่า Internet of Things คือ สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ มีการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันผ่านเครือข่ายโดยไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับบุคคลหรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Internet of Things พัฒนามาจากเทคโนโลยีไร้สาย (wireless technology) ระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค (micro-electromechanical systems : MEMS) และอินเทอร์เน็ต ซึ่งคำว่า Things ใน Internet of Things นั้น หมายถึง อุปกรณ์ต่างๆ ที่อ้างอิงได้ด้วยเลขไอพี (IP address) และมีความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันได้ผ่านเครือข่าย สรุปให้เข้าใจง่ายๆ Internet of Things ก็คือ เทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั่นเอง

สถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์นานาชาติ (IEEE) ได้ให้คำนิยามของ Internet of Things [2] เมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม 2558 โดยใจความบอกถึงคุณลักษณะสำคัญของ IoT มีดังนี้

- 1) เป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างสรรพสิ่งใดๆ (Interconnection of Things)
- 2) เชื่อมต่อสรรพสิ่งใดๆ เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต (Connection of Things to the Internet)
- 3) สรรพสิ่งใดๆ มีลักษณะที่ระบุเอกลักษณ์ได้ (Uniquely Identifiable Things)
- 4) สามารถพบได้ทั่วไป (Ubiquity)
- 5) มีความสามารถในการรับรู้ และตอบสนองได้ (Sensing/Actuation capability)
- 6) เป็นระบบฝังตัวแบบอัจฉริยะ (Embedded intelligence)
- 7) มีความสามารถในการสื่อสารทำงานร่วมกันได้ (Interoperable Communication Capability)
- 8) สามารถตั้งค่าด้วยตนเองได้ (Self-configurability)
- 9) สามารถโปรแกรม หรือสั่งการการทำงานได้ (Programmability)

หรือถ้ากล่าวโดยง่าย IoT ก็คือ การทำอุปกรณ์ใดๆ หรือ สรรพสิ่งใดๆ ให้ฉลาดขึ้น โดยการใส่สมองกลให้กับมันแล้วให้สรรพสิ่งนั้นๆ สามารถสื่อสาร ควบคุม หรือรายงานผลซึ่งกันและกันได้ผ่านอินเทอร์เน็ต ยกตัวอย่างง่ายๆ ของคำว่า “อุปกรณ์สื่อสารกัน” เช่น โทรศัพท์ กับ รีโมทโทรทัศน์ ก็คือ อุปกรณ์สื่อสารกันได้ แต่เป็นการสื่อสารผ่านคลื่นอินฟราเรดแต่อุปกรณ์ที่จะเป็น IoT นั้นจะต้องสามารถสื่อสารกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ในปัจจุบันกระแสของคำว่า IoT ได้เป็นที่กล่าวถึงอย่างกว้างขวาง และเริ่มมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถทำงานบนแนวคิดของ Internet of Things เพิ่มมากขึ้น โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ มากขึ้นเช่น การประยุกต์ใช้งานใน Smart City คือการทำให้เมืองมีอุปกรณ์ทุกอย่างที่สามารถควบคุมรายงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างเช่น หลอดไฟบนถนน หรือแม้กระทั่งการประยุกต์ใช้งานใน Smart Industry โดยการควบคุมหลอดไฟให้มีการประหยัดพลังงานที่ดียิ่งขึ้นเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในกลุ่มโรงงานต่างๆ

ในการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ใดๆ นั้น จำเป็นจะต้องใช้โปรโตคอลในการสื่อสาร โดยเฉพาะในการพัฒนา IoT ในปัจจุบันมีโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมคือ CoAP Protocol, NETPIE Protocol และ MQTT Protocol

1.3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ชิดชนก ประสพสุข และ ปุณณมี สัจจกมล (2555) [3] ได้ทำการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานโดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและเกิดการสูญเสียให้น้อยที่สุดพบว่าหลอด LED มีประสิทธิภาพของโคมไฟและ ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากไม่มีการสูญเสียของแสงที่ด้านหลังหลอด LED อีกทั้งยังใช้พลังงานที่น้อยกว่าจึงทำให้ช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามแม้ราคาหลอด LED จะแพงกว่าแต่ก็มีอายุการใช้งานที่นานกว่าและการติดตั้งอุปกรณ์ที่ง่ายกว่าการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งต้องมีอุปกรณ์เสริมจำนวนมาก รวมถึงการดูแลรักษา และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานของหลอด LED น้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนั้นหากพิจารณาตลอดอายุการใช้งานของหลอด LED แล้ว การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED จะประหยัดพลังงานมากกว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์

บุญญารัตน์ และคณะ (2554) [4] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม โดยได้คัดเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยมีการพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุม เพื่อคัดเลือกโรงงานที่มีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า และมีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าใน ช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งการพิสูจน์ผลนี้จะทำให้ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมคือ คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน, ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต, ความสนใจของผู้บริหาร และความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน โดยสมการความสัมพันธ์ ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลคือ สมการความสัมพันธ์ $\% \text{saving} = 3.183 + 14.413 \text{ qualification} - 1.600 \times 10^{-6} \text{ process} - 2.672 \text{ cooperation}_1 + 1.4 \times 10^{-6} \text{ investment} - 3.000 \times 10^{-7} \text{ light} - 2.115 \text{ cooperation}_2$ ผลที่ได้คือ สามารถประมาณค่าผลประหยัดของโรงงานควบคุม และปรับปรุงประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมได้

เอกชัย ลีลาธรรม และ สราวุฒิ เดชจรัสโยธิน(2554) [5] ได้ทำการศึกษาวิจัยระบบอัจฉริยะควบคุมความสว่างด้วยโปรโตคอล DALI ในงานวิจัยนี้ใช้งานร่วมกับระบบแสงสว่างภายในอาคารซึ่งมีหน้าต่างหรือเพดานที่สามารถรับแสงสว่างจากภายนอกอาคารได้ในเวลากลางวันช่วยให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างได้มากขึ้น โดยตัวบัลลาสต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และไอซีควบคุมการเปิดปิด และปรับความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตัวควบคุมส่วนกลางประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์

ตรวจวัดความสว่าง รวมทั้งจอ LCD สำหรับแสดงสถานะ โดยตัวควบคุมสามารถสั่งการควบคุมระบบแสงสว่างได้ทั้งแบบอัตโนมัติ และแบบโดยตรงจากเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบไร้สายด้วย Zigbee โมดูล งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลอง และวิเคราะห์ผล และเปรียบเทียบการนำระบบอัจฉริยะควบคุมความสว่างมาประยุกต์ใช้งานกับสถานที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของระบบแสงสว่างในอาคาร

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การออกแบบ

ระบบจะทำการตรวจสอบการเคลื่อนไหวจากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อไปทำการควบคุมการทำงานของหลอดไฟแอลอีดี โดยผู้ใช้สามารถเลือกโหมดการทำงานผ่านทางหน้าจอสมาร์ตโฟน โดยแสดงส่วนการควบคุมด้วยการเลือกโหมดการทำงานของหลอดไฟแอลอีดี ดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 โดยลักษณะการทำงานของหลอดไฟแอลอีดีมีอยู่ 3 โหมดดังต่อไปนี้

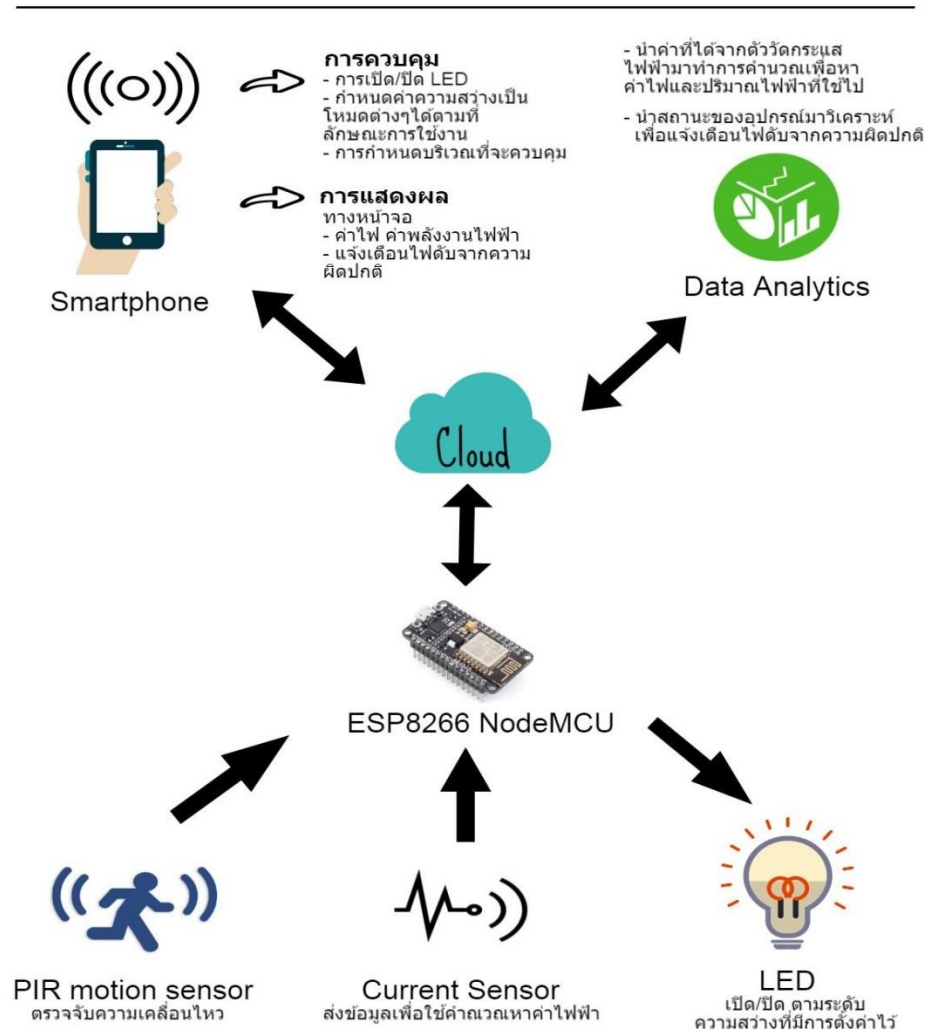
1) โหมดประหยัดพลังงาน จะทำการควบคุมหลอดไฟแอลอีดีให้เปิดไฟที่ค่าความสว่าง 0% (Stand By Mode) เมื่อค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็น '0' และ เปิดไฟที่ค่าความสว่าง 80% เมื่อได้รับค่าเป็น '1'

2) โหมดปกติ จะทำการควบคุมหลอดไฟแอลอีดีให้เปิดไฟที่ค่าความสว่าง 50% (Stand By Mode) เมื่อค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็น '0' และ เปิดไฟที่ค่าความสว่าง 80% เมื่อได้รับค่าเป็น '1'

3) โหมดสมรรถนะ จะทำการควบคุมหลอดไฟแอลอีดีให้เปิดไฟที่ค่าความสว่าง 80% (Stand By Mode) เมื่อค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็น '0' และ เปิดไฟที่ค่าความสว่าง 100% เมื่อได้รับค่าเป็น '1'

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปโดยวัดจากเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor) จะใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานและคำนวณหาค่าไฟ การแจ้งเตือนวันเวลาไฟดับจากความผิดปกติ โดยวิเคราะห์จากสถานะการทำงานของหลอดไฟแอลอีดีและค่าพลังงานไฟฟ้าขณะนั้น หากหลอดไฟแอลอีดีติดแต่ค่าพลังงานไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าเท่ากับตอนไม่ได้เปิดใช้งานอาจเป็นเพราะว่าหลอดไฟแอลอีดีดับจากความผิดปกติต้องทำการตรวจสอบและหาสาเหตุเพื่อทำการซ่อมแซมตัวอุปกรณ์หลอดไฟแอลอีดี โดยภาพรวมของระบบจะแสดงดังรูปที่ 1

ภาพรวม



รูปที่ 1 แสดงภาพรวมระบบ

2.2 การพัฒนาระบบ

2.2.1 Hardware

ระบบได้ใช้ Hardware หลักๆอยู่ทั้งหมด 3 อย่างดังต่อไปนี้

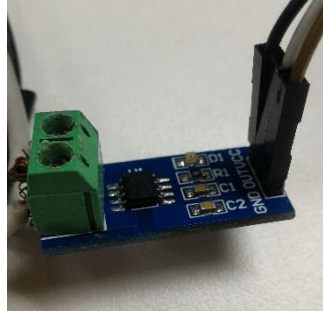
1) PIR Motion Sensor [6] ดังแสดงในรูปที่ 2 ใช้ตรวจจับคลื่นรังสีอินฟราเรดที่แผ่จากมนุษย์ที่มีการเคลื่อนไหวเพื่อไปควบคุมการทำงานของหลอดไฟแอลอีดี ซึ่งหลอดไฟแอลอีดีมี 3 โหมด คือ โหมดประหยัดพลังงาน, โหมดปกติ และโหมดสมรรถนะ

2) Current Sensor Module (ACS712) [7] ดังแสดงในรูปที่ 3 โมดูลวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านให้สัญญาณออกมาเป็น Analog ใช้ต่อร่วมกับ NodeMCU ในช่อง Analog เป็นเซนเซอร์วัดกระแสเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ไปและคำนวณค่าไฟ

3) NodeMCU [8] ดังแสดงในรูปที่ 4 แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์
PIR Motion Sensor



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์
Current Sensor Module (ACS712)



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์
NodeMCU

2.2.2 Communication

ระบบได้ใช้ CloudMQTT [9] ซึ่งเป็นบริการ MQTT Service บน Cloud Service โดยประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังต่อไปนี้

- 1) Public : ค่าการกดเปิดปิดหลอดไฟแอลอีดีและการเลือกโหมดการใช้งานผ่านทาง Smartphone, ค่าพลังงานที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับกระแสไฟฟ้า และค่าของเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว
- 2) Subscribe : ส่วนของบอร์ดจะทำการรอรับค่าการเปิดปิดหลอดไฟแอลอีดีและโหมดการทำงานที่ส่งมา, ส่วนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนจะรอรับค่าของสถานะต่างๆไม่ว่าจะเป็นสถานะการติดดับของหลอดไฟแอลอีดี, สถานะการแจ้งเตือนของระบบ ,ค่าจากตัวเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวที่ได้รับค่าส่งขึ้นมาจากบอร์ด และทำการคำนวณสถานะรวมถึงค่าพลังงานบน Cloud เพื่อแสดงค่าไฟและแจ้งเตือนเมื่อระบบเกิดความผิดปกติขึ้น

2.2.3 Software

ระบบได้ใช้ Software หลักๆอยู่ทั้งหมด 4 อย่างดังต่อไปนี้

- 1) Arduino IDE [10] ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมลง NodeMCU ไม่ว่าจะเป็นการรับค่าจากตัวอุปกรณ์เซ็นเซอร์และส่งค่าขึ้นไปยัง Cloud หรือเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าส่งมาเพื่อควบคุมหลอดไฟแอลอีดี
- 2) NodeRED [11] เป็นส่วนที่จะนำค่าต่างๆมาจัดการข้อมูลบน Cloud และ Database เพื่อส่งผลลัพธ์ไปทำการแสดง
- 3) MQTT Dashboard [12] ใช้ในการควบคุมและแสดงผลการทำงานของระบบผ่าน Smartphone
- 4) NETPIE Freeboard [13] เป็น Web Application ที่ทำให้การสร้างและปรับแต่ง IoT Dashboard ส่วนตัวได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเขียนเว็บเอง โดยข้อมูลนั้นมีการอัปเดตแบบ real-time มีความเสถียรและ

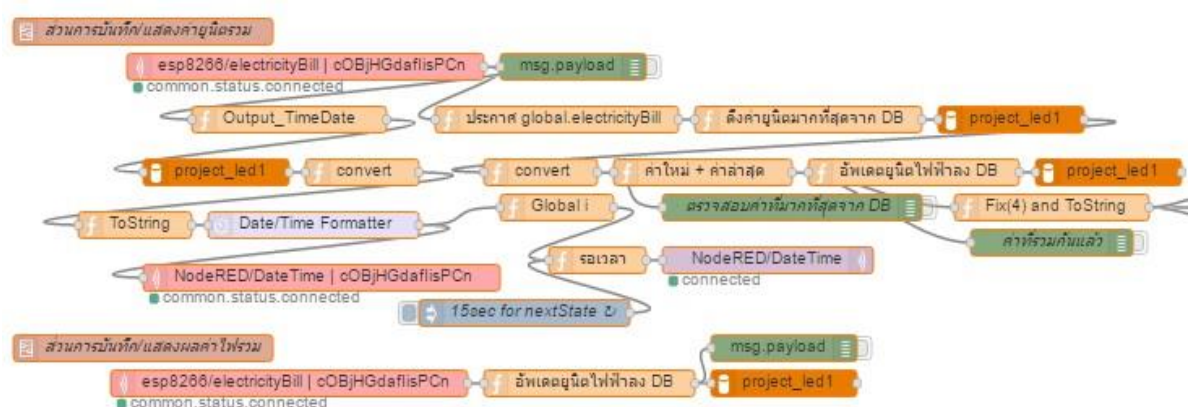
เชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลค่าพลังงานต่างๆที่วัดได้จากตัวเซ็นเซอร์ไปแสดงผลเป็นกราฟและสามารถปรับแต่งได้ตามใจชอบ เพียงแค่ คลิก-ลาก-วาง

2.2.4 Data Analytics

ส่วนของการทำงานบน NodeRED เริ่มจากการนำข้อมูลที่ถูส่งขึ้นมาจากอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นค่าพลังงานหรือสถานะ โดยการ subscribe ค่าต่างๆและนำไปเก็บไว้ใน MySQL Database [14] แสดงดังรูปที่ 5 จากนั้นจะทำการนำค่าข้อมูลหรือสถานะต่างๆ มาทำการคำนวณไม่ว่าจะเป็นค่าพลังงานหรือโหมดการใช้งานที่ผู้ใช้งานหนดไว้มาทำการคำนวณเพื่อคัดจับความผิดปกติของระบบและเก็บค่าที่ได้จากการทำงานของระบบไว้ใน Database เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์และสามารถทราบวันเวลาการแจ้งเตือนรวมถึงค่าพลังงานที่ใช้ในช่วงเวลาที่ระบบทำงาน รวมทั้งการเคลียร์ค่าพลังงานและสถานะของระบบ แสดงดังรูปที่ 6

Table	Action
☐ charges	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop
☐ energy	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop
☐ energyhistory	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop
☐ led	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop
☐ the_current_unit	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop

รูปที่ 5 แสดงตารางข้อมูลที่ถูเก็บใน MySQL Database



รูปที่ 6 แสดงการประมวลผลบน NodeRED

3. ผลการทดลองและอภิปราย

ผลที่ออกมานั้นคือระบบสามารถที่จะควบคุมการปิดเปิดของหลอดไฟแอลอีดีรวมไปถึงสามารถที่จะทำการควบคุมหลอดหลอดไฟแอลอีดีให้เกิดระดับความสว่างที่เหมาะสมตามที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกโหมดการใช้งานเอาไว้ซึ่งในที่นี้คือ โหมดประหยัดพลังงาน, โหมดปกติ และ โหมดสมรรถนะ ซึ่งหากเลือกใช้งานโหมดต่างๆในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานและคุ่มค่า นอกจากนี้ยังมีการรายงานค่าการใช้พลังงานรวมถึงค่าไฟผ่านทางสมาร์ตโฟน อีกทั้งมีการแจ้งเตือนไฟดับจากความผิดปกติเพื่อที่จะสามารถเข้าไปซ่อมแซมตัวอุปกรณ์ได้

3.1 แสดงหน้าจอ Software

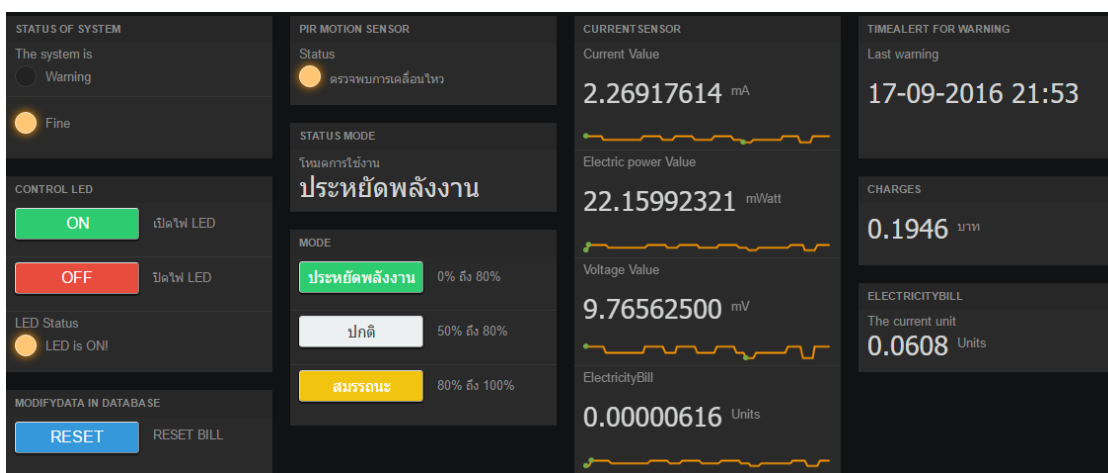
การควบคุมเปิดปิดหลอดไฟรวมถึงการรีเซ็ตค่าและการเลือกโหมดการใช้งานไม่ว่าจะเป็น โหมดประหยัดพลังงาน, โหมดปกติ หรือโหมดสมรรถนะ ผ่านทางหน้าจอสมาร์ตโฟนสามารถทำได้โดยใช้ MQTT Dashboard ซึ่งเป็น Mobile Application แสดงดังรูปที่ 7 มีความสามารถในการ PUBLISH และ SUBSCRIBE โดยส่วนของการ SUBSCRIBE นั้นจะมีการนำค่าต่างๆที่ผ่านการวิเคราะห์โดยระบบมาแสดง เช่น สถานะระบบ, สถานะหลอดไฟ, การแจ้งเตือนครั้งล่าสุด, ค่าไฟ, หน่วยยูนิต, ค่าพลังงานไฟฟ้า และอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 8 โดยนอกจากการใช้ MQTT Dashboard ซึ่งเป็น Mobile Application ในการควบคุมและแสดงผลแล้วยังสามารถใช้ NETPIE Freeboard ซึ่งเป็น Web Application ที่สามารถปรับแต่ง IoT Dashboard ส่วนตัวได้อย่างง่าย โดยไม่ต้องเขียนเว็บเอง โดยข้อมูลนั้นมีการอัปเดตแบบ real-time มีความเสถียรและเชื่อถือได้แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 7 แสดงส่วนการ PUBLISH บน MQTT Dashboard



รูปที่ 8 แสดงส่วนการ SUBSCRIBE บน MQTT Dashboard



รูปที่ 9 แสดงส่วนของการควบคุมและแสดงผลข้อมูลบน NETPIE Freeboard

4. สรุปผลงานวิจัย

บทความนี้ได้กล่าวถึงนิยามของ Internet of Things (IoT) หรือ ภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ มีการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันผ่านเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับบุคคลหรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ และการได้มาซึ่งการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยในบทความนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้งาน Internet of Things กับระบบควบคุมความสว่างของหลอดไฟแอลอีดี ซึ่งสามารถควบคุมหลอดไฟแอลอีดีให้เกิดระดับความสว่างที่เหมาะสมตามที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกโหมดการใช้งานเอาไว้ซึ่งในที่นี้คือ โหมดประหยัดพลังงาน, โหมดปกติ และโหมดสมรรถนะ โดยผู้ใช้งานเป็นผู้ตัดสินใจในการกำหนดโหมดการใช้งานโดยส่งผ่านสมาร์ตโฟนไปยังหลอดไฟแอลอีดี โดยหลอดไฟแอลอีดีจะทำงานโดยการเปิดระดับความสว่างตามโหมดการทำงานที่ได้ถูกเลือกไว้โดยผู้ใช้ ซึ่งในที่นี้โหมดประหยัดพลังงานจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าขณะมีการเปิดใช้งานได้ถึง 50% เนื่องจากระดับความสว่างถูกเปิดเพียง 50% และขณะไม่มีการใช้งาน (Stand By Mode) จะเปิดความสว่างที่ 0% โดยอัตโนมัติ ทำให้ไม่สูญเสียพลังงาน และในส่วนของโหมดปกตินั้นจะประหยัดพลังงานได้ 20% ถึง 50% เนื่องจากโหมดปกติจะเปิดความสว่างที่ 50% ถึง 80% โดยอัตโนมัติ และในโหมดสมรรถนะนั้นจะประหยัดพลังงานได้มากที่สุด 20% เนื่องจากเปิดความสว่างที่ 80% ถึง 100% โดยอัตโนมัติ ซึ่งหากเลือกใช้งานโหมดต่างๆ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะช่วยให้ค่าพลังงานไฟฟ้าทุกหน่วยที่สูญเสียไปจะคุ้มค่าทุกการใช้งาน และทำให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างมหาศาลหากนำระบบควบคุมความสว่างอัจฉริยะนี้ไปใช้งานในระดับประเทศ และระดับโลก นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสามารถทราบการรายงานค่าการใช้พลังงานรวมถึงค่าไฟผ่านทางหน้าจอแสดงผลบนสมาร์ตโฟนได้เพื่อที่ผู้ใช้งานจะสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการประหยัดพลังงาน อีกทั้งมีการแจ้งเตือนเมื่อเกิดไฟดับจากความผิดปกติเพื่อที่จะสามารถเข้าไปซ่อมแซมตัวอุปกรณ์ได้

5. ข้อเสนอแนะ

- 1) สามารถนำไปพัฒนาต่อให้สามารถรองรับการระบุตำแหน่ง (Positioning) จัดกลุ่ม (Grouping) และการแบ่งโซน (Zoning) ในอนาคตกรณีเพื่อรองรับการควบคุมแอลอีดีมากกว่า 1 หลอด
- 2) สามารถติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆในอนาคต เนื่องจากหลอดไฟนั้นมีอยู่ในทุกๆ ที่ อีกทั้งมันมีไฟเลี้ยงอยู่ในตัวอยู่แล้วหากเรานำเซ็นเซอร์ต่างๆไม่ว่าจะเป็นตัวเซ็นตรวจจับสภาพอากาศ, กล้องวงจรปิด มาทำการติดตั้งกับตัวหลอดไฟที่มีอยู่บนท้องถนน หลอดไฟก็จะไม่ใช่แค่หลอดไฟธรรมดาอีกต่อไปแล้ว เพราะมันจะเป็นทั้ง ผู้ตรวจสภาพแวดล้อม, รักษาความปลอดภัย และเนื่องจากอุปกรณ์สามารถคุยกันผ่านอินเทอร์เน็ตได้ทำให้เกิดความอัจฉริยะ และนำไปสู่แนวคิดของเมืองอัจฉริยะ (Smart City)

6. เอกสารอ้างอิง

- ชิดชนก ประสพสุข และ ปุณณมี สัจจกมล. (2555). การอนุรักษ์พลังงาน และการทดแทนฟลูออเรสเซนต์ด้วย LED กรณีศึกษาบริษัทห้างคอตตอนไทย. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555 17-19 ตุลาคม 2555
- บุญญารัตน์ แสงปิยะ, จันทนา จันทโร และ ไชยะ แซ่ม้อย. (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2
- เอกชัย ลีลาธรรม และ สราวุธ เดชรัตน์โยธิน. (2554). ระบบอัจฉริยะควบคุมความสว่างด้วยโปรโตคอล DALI วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2
- Arduinoide. [Online] Available from : <https://www.arduitronics.com/article/23/installing-driver-arduino-on-window> , Accessed 8 November 2016.
- CloudMQTT. [Online] Available from : <https://www.cloudmqtt.com/> , Accessed 8 November 2016.
- Current Sensor Module (ACS712). [Online] Available from : <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/168326/ALLEGRO/ACS712.html> , Accessed 8 November 2016.
- Margaret Rouse. (2016). Internet of Things (IoT) definition. [Online], Available from: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>, Accessed 8 November 2016.
- MQTT Dashboard. [Online] Available from : <http://www.mqtt-dashboard.com/> , Accessed 8 November 2016.
- MySQL Database. [Online] Available from : <https://www.mysql.com/> , Accessed 8 November 2016.
- NETPIE Freeboard. [Online] Available from : <https://github.com/netpieio/netpie-freeboard> , Accessed 8 November 2016.
- NodeMCU(ESP8266). [Online] Available from : <http://www.electroschematics.com/11276/esp8266-datasheet/> , Accessed 8 November 2016.
- NodeRED. [Online] Available from : <https://nodered.org/> , Accessed 8 November 2016.
- PIR Motion Sensor. [Online] Available from : <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf> , Accessed 8 November 2016.

Roberto Minerva, Abyi Biru and Domenico Rotondi. (2015). Towards a definition of the Internet of Things(IoT), **IEEE**, 2015.

ศึกษาการปรับแต่งค่าพีไอดี ในชุดฝึกระบบควบคุม CE 105 COUPLED TANKS STUDY OF PID TUNNING IN CE 105 COUPLED TANKS CONTROL TRAINING SYSTEM

สุพรพิศ ณ พิบูลย์

อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

E-mail : supornpit.n@pnu.ac.th

บทคัดย่อ

การเรียนรู้ในเรื่องระบบควบคุมโดยอาศัยทฤษฎีเพียงอย่างเดียวเป็นเรื่องยากมากที่จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ ในการออกแบบระบบควบคุมแบบ PID เมื่อต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ K_p , K_i และ K_d ผู้เรียนมักไม่สามารถนำทฤษฎีที่เรียนมาปรับแต่งค่าได้ทันที ต้องมีการลองผิดลองถูกทำให้เสียเวลา แม้จะคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆเบื้องต้นตามหลักการของ Ziegler-Nichols ก็ยังมีความจำเป็นต้องเข้าใจผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ทั้งสามตัวในระบบควบคุมแบบ PID เป็นอย่างดี บทความนี้จึงนำเสนอการพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการทดลองปฏิบัติ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงโดยใช้ชุดฝึกที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการระบบควบคุม โดยใช้ชุดฝึกที่ชื่อ CE 105 (Coupled Tank Apparatus) ซึ่งเป็นชุดฝึกของ TecQuipment ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาระบบควบคุม เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจการปรับค่าพารามิเตอร์การควบคุม K_p , K_i และ K_d ให้เหมาะสม

คำสำคัญ : การปรับแต่งค่าพีไอดี ระบบควบคุม

ABSTRACT

Learning about the theories of Control System alone is very difficult for learner understanding the content of PID control design. When learner tuned the parameter tuning of K_p , K_i and K_d . Learner is not be able to adapt the tuning immediately. Trial and error is need which causes time consuming despite their basic calculation of parameter tuning regarding to the principle of Ziegler- Nichols. They still definitely need to understand the impact of three parameters tuning in PID process control training system. This article is presented to study PID parameters tuning by using the training model of CE 105(Coupled Tank Apparatus).The TecQuipment training model is used for control training system which can be understandable among learners to control of K_p , K_i and K_d tuning properly.

KEYWORDS : PID tuning, Control system

1. บทนำ

ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา 05-014-208 ระบบควบคุม ซึ่งเป็นวิชาที่อยู่ในหมวดวิชาเฉพาะ กลุ่มวิชาชีพ วิชาบังคับ หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2555) สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ โดยมีจุดมุ่งหมายของรายวิชา เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุม ระบบการควบคุมแบบป้อนเปิด และป้อนปิด ฟังก์ชันโอนย้าย แผนภาพการไหลของสัญญาณ การวิเคราะห์ระบบควบคุมในโดเมนเวลาและโดเมน ความถี่ การวาดกราฟพหุคูณในควิตซ์ และโบดไดอะแกรม เสถียรภาพของระบบควบคุม การชดเชย การ ปรับปรุงระบบ การเขียนแบบการทำงานของระบบโดยแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการออกแบบ ระบบควบคุมแบบฟีดแบ็ค ฟีดและฟีดอิด โดยที่นักศึกษาจะลงทบทเรียนในปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยใช้เทคนิคการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้กระบวนการกลุ่ม และเพื่อนช่วยเพื่อนในการเรียน ซึ่งมี ผลดีในระดับที่น่าพอใจ แต่ก็มีอุปสรรคสำหรับนักศึกษาที่มีพื้นฐานไม่ดีในการคำนวณ ก็จะไม่เข้าใจสาระสำคัญ ในรายวิชาได้ครบถ้วน และไม่สามารถถ่ายทอดนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงโดยเฉพาะในเนื้อหาการ ออกแบบระบบควบคุมแบบฟีดแบ็ค ฟีดและฟีดอิด ซึ่งเป็นกระบวนการควบคุมที่ใช้งานจริงอย่างกว้างขวางในงาน อุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเลียม เคมี อาหารและเครื่องดื่ม หรืออุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ส่วนใหญ่ เป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติและต่อเนื่อง ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลักในการควบคุม ซึ่งต้องมีการปรับค่าตัว ควบคุมจนทำให้สมรรถภาพของระบบควบคุมเป็นที่ยอมรับได้จึงต้องใช้เวลา มีการลองผิดลองถูกทำให้เสียเวลา จึงมีความจำเป็นต้องประมาณค่าเบื้องต้นที่ดี ที่ยอมรับได้ ซึ่งต้องอาศัยความรู้และความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน ในการปรับค่าฟีดแบ็ค การใช้การควบคุมแบบฟีดอิดมีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องปรับค่าประกอบด้วย K_p (Proportional Gain) K_i (Integral Gain) และ K_d (Derivative Gain) ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าไขว่คว้าโดยการเรียนรู้ทาง ทฤษฎี ต้องฝึกปฏิบัติโดยใช้ชุดฝึกที่มีลักษณะ ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงทางอุตสาหกรรม(ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์ และเชาวฤทธิ์ พลวัฒน์, 2552)

ด้วยเล็งเห็นถึงความจำเป็นดังกล่าว ดังนั้นในภาคการศึกษาที่ 1/ 2559 ผู้วิจัยจึงพัฒนาการเรียนการสอน โดยใช้วิธีการสอนแบบเน้นการทดลองปฏิบัติ ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงโดยใช้ชุดฝึกที่มีอยู่ใน ห้องปฏิบัติการระบบควบคุม โดยใช้ชุดฝึกที่ชื่อ CE 105 (Coupled Tank Apparatus) ซึ่งเป็นชุดฝึกของ TecQuipment ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาระบบควบคุม เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจการปรับ ค่าพารามิเตอร์การควบคุม K_p , K_i และ K_d ให้เหมาะสม และได้นำชุดสาธิตการควบคุมอุณหภูมิแบบฟีดแบ็ค ในตู้อบปลาเกลือแห้ง ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมาใช้ประกอบในการจัดการเรียนการสอนด้วย

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักศึกษาหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า ในรายวิชา 05-014-208 ระบบควบคุม จากการใช้เทคนิคการสอนแบบเน้นการทดลองปฏิบัติ
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนแบบเน้นการทดลองปฏิบัติ ในรายวิชา 05-014-208 ระบบควบคุม

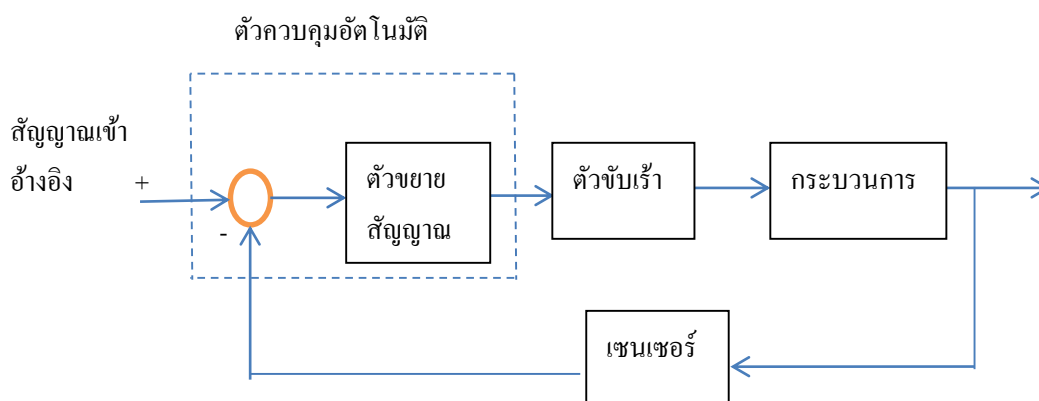
3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 05-014-208 ระบบควบคุม ในภาคการศึกษาที่ 1/2559 จำนวน 17 คน ใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง โดยไม่มีการสุ่ม ตัวอย่างเข้ารับการทดลอง โดยมีระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 4 เดือน (สิงหาคม – พฤศจิกายน 2559) โดยการเรียนการสอนที่เน้นการทดลองปฏิบัติจะใช้ในหัวข้อการออกแบบระบบควบคุมแบบพีไอ พีดีและพีไอดี

3.1 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมแบ่งตามโครงสร้างลักษณะการทำงานของการทำงานการควบคุมได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การควบคุมแบบวงเปิด (Open Loop Control) และการควบคุมแบบวงปิด (Closed Loop Control หรือ Feedback Control) การควบคุมแบบเปิด จะใช้ความรู้หรือการคาดคะเนไว้ล่วงหน้าในการออกแบบกฎการควบคุม โดยที่ผลลัพธ์ของการควบคุมที่เกิดขึ้นไม่ได้ถูกนำมาใช้หรือปรับแต่งสัญญาณควบคุมในขณะนั้น ส่วนการควบคุมแบบวงปิด เป็นการควบคุมที่ใช้การป้อนกลับค่าสัญญาณผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงนำมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายของการควบคุมแล้วส่งค่าให้ตัวควบคุมแก้ไขคำสั่งควบคุมให้ระบบทำงานได้ถูกต้อง

ระบบควบคุมในอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จะประกอบด้วย ตัวควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Controller) ตัวขับเคลื่อน (Actuator) กระบวนการ (Process) และเซนเซอร์ (Sensor) ซึ่งแสดงตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพกรอบระบบควบคุมแบบป้อนกลับในอุตสาหกรรม(วัชชัย ทางรัตนสุวรรณ, 2550)

3.2 การควบคุมแบบพีไอดี (PID Control)

PID ย่อมาจากคำว่า Proportional-Integral-Derivative แปลเป็นภาษาไทยว่า อัตราส่วน-อินทิกรัล-อนุพันธ์ โดย Proportional เป็นส่วนปฏิกิริยาต่อค่าผิดพลาด ณ ขณะนั้น สำหรับ Integral เป็นส่วนปฏิกิริยาที่เกิดจากผลรวมของค่าผิดพลาดที่ผ่านมามากที่สุด และ Derivative เป็นส่วนปฏิกิริยาที่เกิดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าผิดพลาด ซึ่งผลรวมตามน้ำหนักของทั้งสามส่วน จะถูกปรับแต่งโดยค่าอัตราขยาย K_p (Proportional Gain) K_i (Integral Gain) และ K_d (Derivative Gain)(กัปตัน เตียวตระกูล, 2552) ซึ่งสมการการควบคุม PID แสดงด้วยสมการ (1)

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

เมื่อ $u(t)$ คือ ค่าสัญญาณควบคุมซึ่งเป็นเอาต์พุตของตัวควบคุม
 $e(t)$ คือ ค่าผิดพลาดที่เกิดจากค่าเป้าหมายลบด้วยค่าเอาต์พุตของระบบ

3.3 ชุดฝึกระบบควบคุม

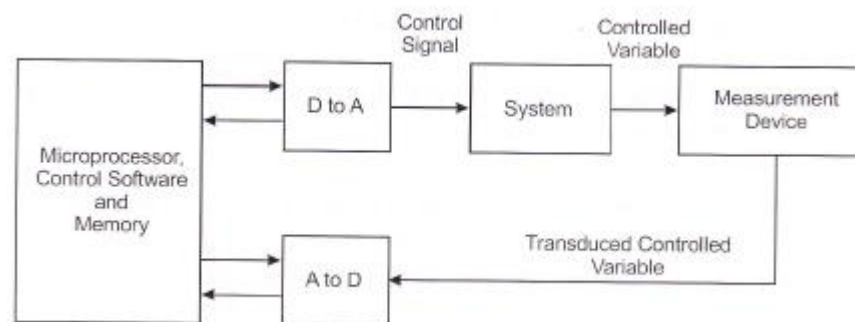
ในการเรียนการสอนในรายวิชาระบบควบคุม เนื้อหาการออกแบบการควบคุมแบบพีไอ พีดีและพีไอดี ได้ใช้ชุดฝึก CE 105 (Coupled Tank Apparatus) ของ TecQuipment ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นตัวควบคุม CE 120 โดยมีการทำงานเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 Metering and Function Generator ประกอบด้วย Function Switch, Frequency Control, Level Control, Offset Control, Digital Voltmeter

ส่วนที่ 2 Analogue Section ประกอบด้วย DC Power Supplies, Potentiometers, Summing Amplifiers, Proportional Amplifiers, Integrating Amplifiers, Three-Term(PID) Controller, Phase Lead Network

ส่วนที่ 3 Digital Section ประกอบด้วย 8 A-D Inputs, 4 D-A Outputs, USB สำหรับเชื่อมต่อกับโปรแกรมการควบคุมและตัวควบคุม

การเชื่อมต่องานควบคุมกับโปรแกรมควบคุม CE 2000 แสดงตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่องานควบคุม กับ โปรแกรม CE 2000
 (คู่มือการใช้งาน CE120 Controller, 2552)

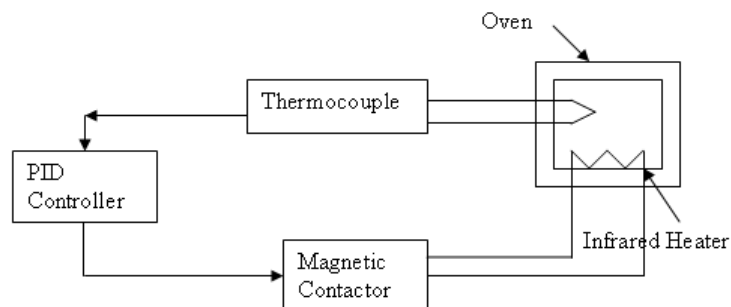
สำหรับชุดฝึกระบบควบคุม CE 105 (Coupled Tank Apparatus) ที่ใช้ในการทดลอง แสดงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชุดฝึกระบบควบคุม

3.4 ชุดสาธิตการควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดีในตู้อบปลาเกลือแห้ง (สุพรพิศ ณ พิบูลย์, 2558)

วงจรของระบบควบคุมเครื่องอบแห้ง โดยระบบควบคุม PID จะรับสัญญาณอนาล็อกจากเทอร์โมคัปเปิล ทำการควบคุมตามค่าเป้าหมายที่ผู้วิจัยกำหนดและจะทำการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ Magnetic Contactor เพื่อทำการควบคุมการจ่ายความร้อนให้กับ Infrared Heater ระบบจะรักษาอุณหภูมิให้ได้ตามค่าเป้าหมายโดยมีเทอร์โมคัปเปิลทำหน้าที่รับสัญญาณป้อนกลับไปยังระบบควบคุม แสดงตามรูปที่ 4



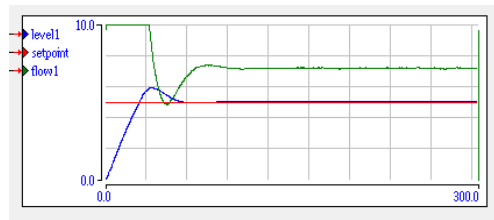
รูปที่ 4 วงจรระบบควบคุมอุณหภูมิในตู้อบโดยใช้การควบคุมแบบ PID

4. ผลการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นการทดลองปฏิบัติ

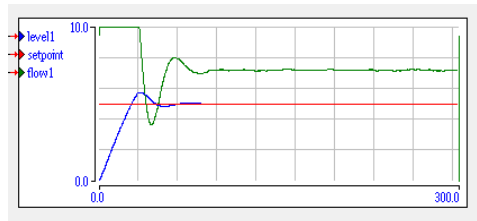
4.1 ผลการใช้ชุดฝึกระบบควบคุม CE 105 (Coupled Tank Apparatus)

นักศึกษาสามารถฝึกการออกแบบการควบคุมแบบพีไอ ดี และพีไอดีจากการทดลองควบคุมระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับ 5 V ซึ่งอัตราการไหลของน้ำจะอยู่ที่ประมาณ 7.2 L/min โดยมีการปรับค่าตัวควบคุม K_p , K_i และ K_d ได้อย่างเหมาะสมและได้ผลการควบคุมที่ดี

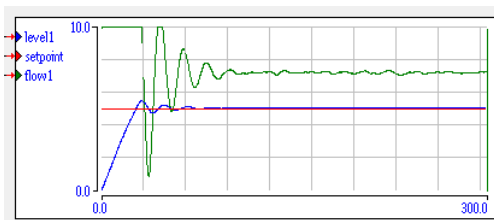
ผลการออกแบบการควบคุมแบบ PI Control แสดงตามรูปที่ 5, 6, 7



รูปที่ 5 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 0.5$ ในการควบคุม

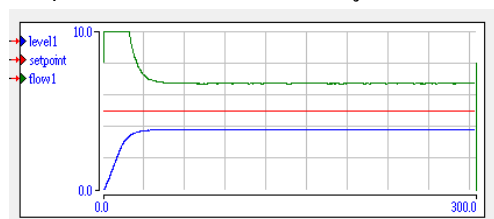


รูปที่ 6 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 1.0$ ในการควบคุม

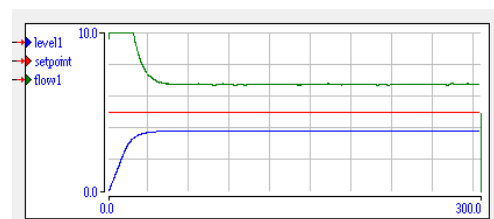


รูปที่ 7 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 5.0$ ในการควบคุม

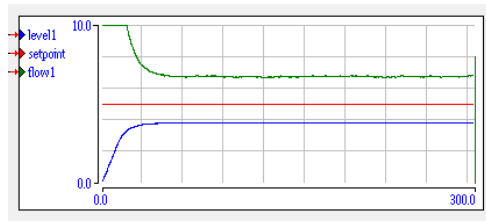
ผลการออกแบบการควบคุมแบบ PD Control แสดงตามรูปที่ 8, 9, 10



รูปที่ 8 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_d = 0.5$ ในการควบคุม



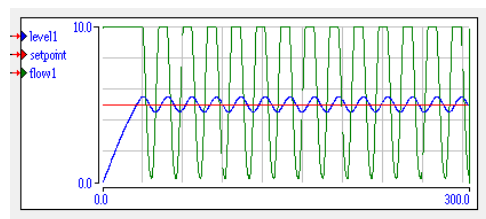
รูปที่ 9 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_d = 1.0$ ในการควบคุม



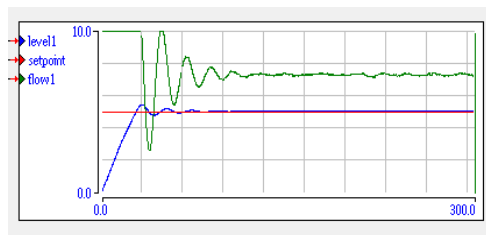
รูปที่ 10 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_d = 5.0$ ในการควบคุม

ผลการออกแบบการควบคุมแบบ PID Control

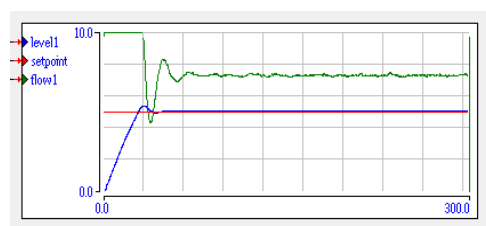
ปรับค่า K_p ให้ K_i และ K_d คงที่ แสดงตามรูปที่ 11, 12, 13



รูปที่ 11 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 0.5$, $K_i = 5.0$, $K_d = 10.0$ ในการควบคุม

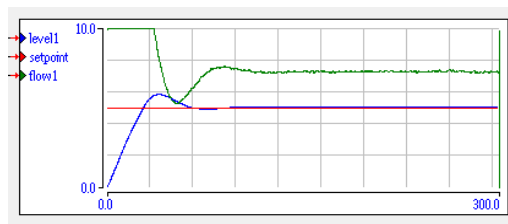


รูปที่ 12 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 5.0$, $K_d = 10.0$ ในการควบคุม

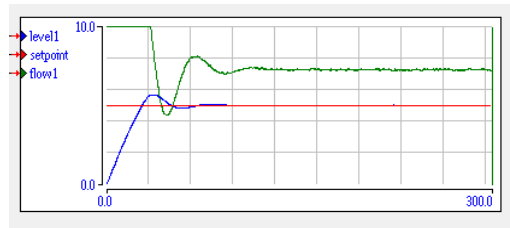


รูปที่ 13 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 10$, $K_i = 5.0$, $K_d = 10.0$ ในการควบคุม

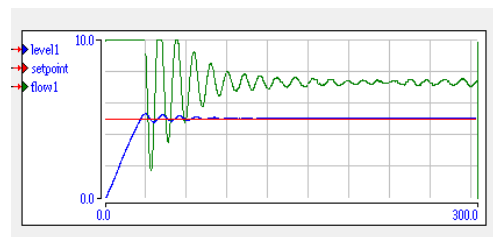
ปรับค่า K_i ให้ K_p และ K_d คงที่ แสดงตามรูปที่ 14, 15, 16



รูปที่ 14 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 0.5$, $K_d = 10.0$ ในการควบคุม

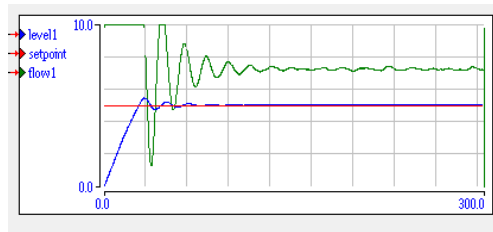


รูปที่ 15 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 1.0$, $K_d = 10.0$ ในการควบคุม

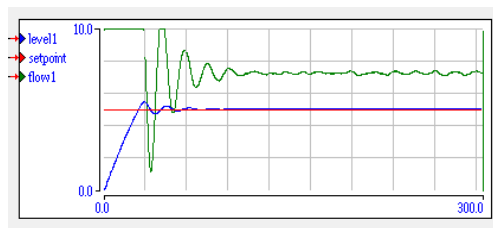


รูปที่ 16 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 10.0$, $K_d = 10.0$ ในการควบคุม

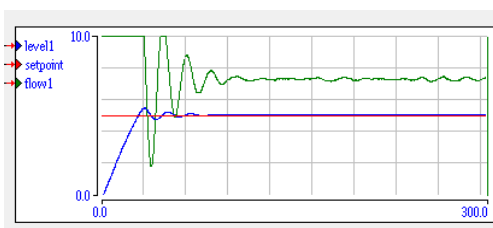
ปรับค่า K_d ให้ K_p และ K_i คงที่ แสดงตามรูปที่ 17, 18, 19



รูปที่ 17 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 5.0$, $K_d = 0.5$ ในการควบคุม



รูปที่ 18 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 5.0$, $K_d = 1.0$ ในการควบคุม



รูปที่ 19 ผลการทดลองปรับค่า $K_p = 5.0$, $K_i = 5.0$, $K_d = 5.0$ ในการควบคุม

วิเคราะห์ผลการทดลองใช้ชุดฝึกอบรมควบคุม CE 105 (Coupled Tank Apparatus) ในการออกแบบการควบคุมแบบฟีดแบ็ค และฟีดฟอรัว การปรับค่าตัวควบคุมต่างๆมีผลต่อการทำงานของระบบอย่างไร นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

การปรับค่า K_p ให้มีค่าน้อยจะไม่สามารถลดค่าผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ แต่เมื่อปรับ K_p ให้มากขึ้นเรื่อยๆ ค่าผิดพลาดในสภาวะคงตัวจะค่อยๆ ลดลงและมีผลให้การตอบสนองของระบบเร็วขึ้น

การปรับค่า K_i ให้มากขึ้นถึงค่าที่เหมาะสมจะทำให้ช่วงเวลาเข้าที่ลดลงและระบบจะมีค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัวลดลงจนหมดไป แต่ถ้าเพิ่ม K_i มากเกินไประบบจะเกิดการแกว่งควบคุมไม่ได้ และการควบคุมที่ใช้ K_i เพียงอย่างเดียวไม่สามารถควบคุมให้เกิดเสถียรภาพได้

การปรับค่า K_d ให้มากขึ้นมีผลให้การตอบสนองของระบบมีเวลาหน่วงเพิ่มขึ้น แต่จะให้การควบคุมที่ดีเมื่อใช้ร่วมกับ K_p และ K_i จะทำให้การควบคุมมีเสถียรภาพมากขึ้น

4.2 ผลการใช้ชุดสาธิตการควบคุมอุณหภูมิแบบฟีดแบ็คในตู้อบปลาเกลือแห้ง

นักศึกษาสามารถเข้าใจการออกแบบการควบคุมแบบฟีดแบ็ค โดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่มีใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม ทำให้นักศึกษาสามารถต่อยอดความรู้ไปใช้ในการทำงานจริงได้ดังนี้

5. ประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนในรายวิชา 05-014-208 ระบบควบคุม

ในภาคการศึกษาที่ 1/2559 ของนักศึกษาหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนการสอน

ประเด็น	ค่าระดับเฉลี่ย
1. เนื้อหาวิชาที่สอน	4.44
2. เทคนิควิธีการสอน/วิธีการถ่ายทอด	4.50
3. ผลงานผู้เรียน	4.56
4. กิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียน	4.33
5. การวัดผลและประเมินผล	4.50
6. คุณสมบัติ/บุคลิกภาพของอาจารย์	4.67
7. ความรู้ความสามารถของอาจารย์ผู้สอน	4.44
8. อาจารย์มีความตรงต่อเวลา	4.78
9. อาจารย์มีความตั้งใจสอนเป็นอย่างดี	4.83
10. มนุษยสัมพันธ์ของอาจารย์ผู้สอน	4.56
11. ความทันสมัยของอุปกรณ์/เครื่องมือ/สื่อการเรียนการสอน	4.44
12. อาคารและสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเรียนการสอน	4.33
13. อุปกรณ์เครื่องมือ/ห้องสมุด/ห้องปฏิบัติการเพียงพอ	4.50
14. เอกสารประกอบการสอน	4.56
15. การสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และหลักเศรษฐกิจพอเพียง	4.61
16. สาระความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา	4.56

ประเด็น	ค่าระดับเฉลี่ย
17. ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	4.50
18. ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	4.50
19. ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.50
20. ความสามารถในการนำทักษะปฏิบัติทางวิชาชีพไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.33
เฉลี่ยรวม	4.52

จากการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในภาพรวมนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา 05-014-208 ระบบควบคุม อยู่ในระดับมากที่สุด ได้ค่าระดับเฉลี่ย 4.52

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ควรนำเทคนิคการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นการทดลองปฏิบัติ ไปปรับปรุงในแผนการสอนของรายวิชา 05-014-208 ในปีการศึกษาต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์ และ เขาวุธฤทธิ์ พลวัฒน์. (2552) การควบคุมระบบแบบเปิด-ปิด และแบบ PID ในชุดฝึก ระบบควบคุม. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, 4-7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่
- รัชชัย ทางรัตนสุวรรณ. (2550) วิศวกรรมระบบควบคุม. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- กัปตัน เดียวตระกูล. (2552) ทบทวนความรู้ คอนโทรลเลอร์แบบ PID .วารสารกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ, 15(16) , 52-57
- คู่มือการใช้งาน **CE120 Controller** .TecQuipment Ltd 2552
- สุพรพิศ ณ พิบูลย์. (2558) กระบวนการอบแห้งปลาเกล็ดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานไฟฟ้าโดยใช้การควบคุมอุณหภูมิแบบฟuzzy. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 หน้า 1-11

การประยุกต์การบำบัดน้ำเสียด้วยวงจรขอปเปอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
APPLICATION OF DC CHOPPER CIRCUIT IN WATER TREATMENT
SYSTEM

สัญญา คุณขาว

E-mail: sanya.kh@spu.ac.th

อภิษฎา ทองรักษ์

E-mail: Aphichata.t@rmutp.ac.th

สุรพล จันทร

เอกชัย ดีศิริ

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

กระบวนการจับก้อนด้วยไฟฟ้าเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์และเกิดการรวมตัวกันที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าดังกล่าวต้องอาศัยแหล่งกำเนิดกระแสตรงก่อให้เกิดสารโคแอ็กกูแลนซ์ในรูปของอ็อกไซด์โลหะที่มีการแลกเปลี่ยนคู่อิเล็กตรอนที่ขั้วอิเล็กโทรดด้วยปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่ขั้วบวก และคอลลอยด์ยังถูกกำจัดได้ด้วยเกลือไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ไม่ละลายน้ำที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาต่อเนื่องของอ็อกไซด์โลหะในน้ำ นอกจากนี้ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบ จะช่วยทำให้คอลลอยด์ที่รวมตัวเป็นตะกอนลอยตัวขึ้น และสามารถกำจัดออกด้วยการกวาดทิ้งจากผิวน้ำ ในการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบวงจรขอปเปอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อการบำบัดน้ำเสียและสารแขวนลอยในน้ำเสียด้วยการใช้น้ำเสียตัวอย่างจากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยศรีปทุม ด้วยการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่แผ่นอิเล็กโทรดแบบขนานให้คงที่ จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดจำนวนแผ่นอิเล็กโทรดและการจัดเรียงแผ่นอิเล็กโทรดโดยมีอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบเป็นค่าแปรที่สำคัญ จากข้อมูลผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดค่าค่า อุณหภูมิและความต้านทานของน้ำแสดงถึงระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพที่ดี

คำสำคัญ: ตะกอนลอยด้วยไฟฟ้า, สารแขวนลอย, คอลลอยด์, อิเล็กโทรด, วงจรขอปเปอร์

ABSTRACT

An Electrocoagulation (EC) is an electric water treatment, which the destruction of the colloidal stability and the incorporation of a redox reaction. Electrochemical reaction is required a source of direct current, causing

me coaxial coolant in the form of metal ions are exchanged electrons polarized electrodes by electrochemical reaction at the anode. Electrochemical reaction requires direct current source causing substances coagulant in the form of metal ions are exchanged electrons polarized electrodes. The electrochemical reaction at the anode and colloids can be eliminated by the salt of the metal hydroxide insoluble caused by the reaction of the metal ions in water. Furthermore, the hydrogen gas formed at the cathode to make colloidal aggregation and floating sludge is removed by swiping left from the surface. In this research, the DC chopper circuit are designed for water treatment and suspended solids in wastewater samples from the cafeteria of the Sripatum University by controlling the electric current to the parallel electrode plate to stabilize. The results showed that the factors that affect the efficiency of water treatment, including the distance between the electrode, number and the arrangement of electrode plate with the flow rate of water into the system is an important parameter. The results of the monitoring the pH, temperature and resistance of water are represented the sewage system has better performance.

KEYWORDS: Electroflotation, coagulation, colloidal, electrode, chopper circuit

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

น้ำเสียนั้นเป็นของเสียเพราะมีการปนเปื้อนของมวลสารที่อาจเป็นวัตถุทางกายภาพสารเคมีหรือสิ่งมีชีวิตที่ปะปนอยู่ ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังที่ต้องการ การที่น้ำเสียจะมีผลต่อมนุษย์สัตว์และพืชได้นั้นต้องมีฤทธิ์และปริมาณการทำลายที่เพียงพอทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของมวลสารนั้นๆทั้งนี้ในการวิจัยได้ทำการนำน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการล้างภาชนะจากโรงอาหารที่มีการใช้น้ำล้างจานที่มีส่วนประกอบต่างของเกลือโซเดียมลิเธียมอัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต โซเดียมลิธลิเธอร์ซัลเฟต และ คามิโดโพรพิลเบทาอิน โดยทั้งหมดนี้เป็นสารประกอบของเกลือโซเดียม ซัลเฟต และสารลดแรงตึงผิว รวมทั้งไขมัน ซึ่งทั้งหมดเป็นสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ ที่จะก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ เป็นตัวอย่างของการทดสอบด้วยกระบวนการตะกอนลอยไฟฟ้า

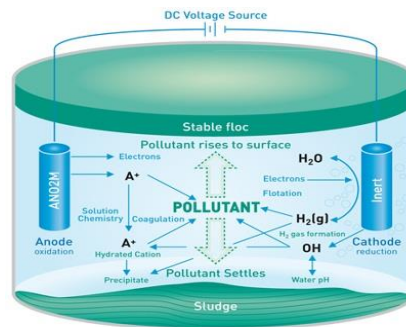
2. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียแบบตกตะกอนด้วยไฟฟ้า (Direct Electric Coagulation)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการเคมีไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายทั้งการลงทุนและการเดินระบบที่ต่ำรวมทั้งประสิทธิภาพการบำบัด และระบบมีขนาดที่เล็กกว่าระบบที่ใช้สารเคมีในการตกตะกอนกระบวนการโค-แอ็กกูเลชันด้วยไฟฟ้า (Electrocoagulation, EC) อาศัยหลักการในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ โดยการใช้สารโคแอ็กกูแลนต์ในรูปของอออนโลหะที่เกิดจากการละลายโลหะออกจากอิเล็กโทรดด้วยปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่ขั้วบวก (Anode) และคอลลอยด์ยังถูกกำจัดได้ด้วยเกลือไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ไม่ละลายน้ำที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาคอเนืองของอออนโลหะในน้ำนอกจากนี้ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบ (Cathode) จะช่วยทำให้คอลลอยด์รวมตัวเป็นตะกอนลอยตัวขึ้นและสามารถกำจัดออกด้วยการกวาดทิ้งจากผิวน้ำ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่าการทำให้ตะกอนลอยด้วยไฟฟ้า (Electroflotation) ดังภาพที่ 1

Xueming Chen, 2000 ได้พิจารณาการกำจัดน้ำเสียจากร้านอาหารที่มีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์โดยทำการออกแบบใช้อิเล็กโทรดที่ทำจากวัสดุโลหะอูมิเนียมเทียบกับเหล็กในการทดสอบพบว่าการอัดประจุที่

เหมาะสมอยู่ที่ $1.67-9.95 \text{ F/m}^3$ และความหนาแน่นกระแส $30-80 \text{ A/m}^2$ ซึ่งสามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้สูงถึง 94% อีกทั้งระดับค่าความเป็นกรดต่างก็กลับเข้าสู่ระดับปกติ

Satish.I. Chaturvedi, 2013 กล่าวถึงการตกตะกอนด้วยไฟฟ้าด้วยต้นทุนที่มีประสิทธิภาพเพื่อการบำบัดน้ำเสียโดยการออกแบบให้โลหะแผ่นขั้วแอโนดที่มีการสูญเสียด้วยศักย์ค่าไฟฟ้าในขณะที่ขั้วแคโทดจะมีการกระตุ้นให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นตัวจับตะกอนให้ลอยขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ไม่มีตะกอนอยู่ในน้ำด้วยการพิจารณาเฟลคเตอร์ที่จำเป็นต่อการเร่งประจุให้เกิดตะกอนลอยด้วยการออกแบบแผ่นโลหะทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานจากโลหะอลูมิเนียมทองแดงโดยการต่อขั้วแบบไบโพลาร์ และแบบโมนโพลาร์



ภาพที่ 1 การแยกตะกอนน้ำเสียด้วยอิเล็กโทรไลซิส โคแอกกูเลชัน ที่มา: <http://www.e2metrix.com/en/>

Modirshahla N ได้ศึกษาถึงผลกระทบของตัวแปรที่ทำให้สีของสารละลายจางลงด้วยการเชื่อมต่อแผ่นอิเล็กโทรดแตกต่างกันและวัสดุที่ต่างกันโดยใช้สารละลาย Tartrazine ทดสอบโดยมีความหนาแน่นกระแส เวลาของการทำปฏิกิริยา ระยะห่างระหว่างแผ่น ความเข้มข้นของสารอิเล็กโทรไลต์ และค่าความเป็นกรดต่าง

สัญญา คุณขาว ได้กล่าวถึงการบำบัดน้ำเสียจากการใช้น้ำยาล้างจาน และผงซักฟอกที่มีองค์ประกอบของ NaOH โดยทำการออกแบบแผ่นขั้วอิเล็กโทรดแบบอนุกรมและแบบขนานทำการทดสอบด้วยแรงดันกระแสตรงในสภาวะน้ำนิ่งพบว่า การเชื่อมต่อแผ่นอิเล็กโทรดแบบขนานมีความสามารถแยกตะกอนลอยออกจากน้ำเสียพบว่าการควบคุมกระแสไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญในการปรับระดับค่าความเป็นกรดต่างนั้นอยู่ในระดับมาตรฐาน

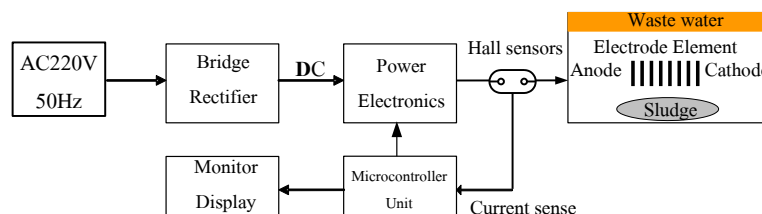
M. Malakootian ได้ทำการปรับปรุงเทคนิคในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีเงื่อนไขใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรดแบบโมนโพลาร์หลายแผ่นเรียงซ้อนและทำการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายกระแสตรงโดยทดสอบกับน้ำดื่มด้วยระบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากค่าความเป็นกรดต่าง แรงดันไฟฟ้า และช่วงเวลาทดสอบซึ่งปรากฏว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ถึง 95.6% ด้วยเทคนิคการตกตะกอนด้วยไฟฟ้า

V. Kuokkanen ได้นำเสนอถึงเงื่อนไขที่เหมาะสมที่เกี่ยวข้องกับเวลา ความหนาแน่นกระแสและความเป็นกรดต่างและประสิทธิภาพของการบำบัดการศึกษพบว่าในช่วงเวลา 5-60 นาทีเป็นช่วงเวลาที่กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา ความหนาแน่นกระแสที่ $1-150 \text{ A/m}^2$ และค่าความเป็นกรดต่างที่เป็นธรรมชาติ และต้นทุนของการบำบัดอยู่ที่ $0.0047-6.74 \text{ €/m}^3$ การใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ $0.002-58.0 \text{ kWh/m}^3$

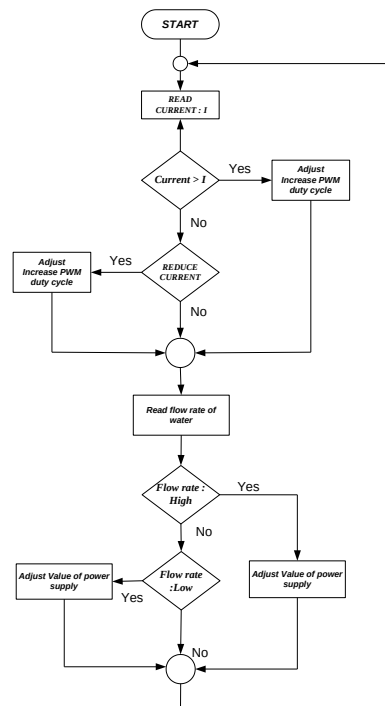
N. M Abu Ghalwa ทำการศึกษาการใช้แผ่นโลหะเหล็กและอลูมิเนียมในการบำบัดน้ำเสียจากสีข้อม โดยมีพารามิเตอร์ของความหนาแน่นกระแส ค่าความเป็นกรดด่าง ชนิดของสารอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสีข้อม อุณหภูมิ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรด ผลการศึกษาพบว่าสีข้อมและออกซิเจนที่สำคัญในการกำจัดสีข้อมที่ 99.6% และ 91.5% โดยการใช้แผ่นอิเล็กโทรดเหล็ก และ 97.9% และ 83.8% โดยการใช้แผ่นอิเล็กโทรดอลูมิเนียม

3. การออกแบบการบำบัดน้ำเสียด้วยวงจรขอปเปอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีแผนผังลำดับการทำงานดังภาพที่ 2 โดยลำดับแรกเป็นการสร้างวงจรบริดจ์รีกติฟายแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 311 โวลต์ และมีการควบคุมกระแสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่สัญญาณการควบคุมเป็นแบบ Pulse Width Modulation โดยมีการทำงานเป็นแบบวงจรขอปเปอร์ที่มีด้วยการปรับค่าของ Duty Cycle แบบวันควอดแดรนต์ เข้าสู่อิเล็กโทรดนิเกิลกำลังเพื่อขับกระแสเข้าสู่แผ่นอิเล็กโทรดแบบขนานสำหรับใช้ในส่วนที่เติมอิเล็กตรอนให้กับน้ำโดยมีอุปกรณ์ตัวตรวจจับกระแสแบบ Hall sensor ในการตรวจรู้ระดับกระแส โดยมีการเขียนชุดคำสั่งในการสร้างสัญญาณ PWM ดังภาพที่ 3 ที่สามารถควบคุมขนาดของ duty cycle ได้เพื่อกำหนดขนาดกระแสที่ไหลและการควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านถึงบำบัด ที่เป็นการทำให้เกิดกระบวนการจับตะกอน หรือการเกิดฟองด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นการใช้หลักของกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ที่เป็นการเกิดการแลกเปลี่ยนคู่ของอิเล็กตรอนที่ขั้วอิเล็กโทรด โดยที่ขั้วแอโนดจะเกิดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน และแผ่นขั้วแคโทดจะเกิดเป็นปฏิกิริยารีดักชัน



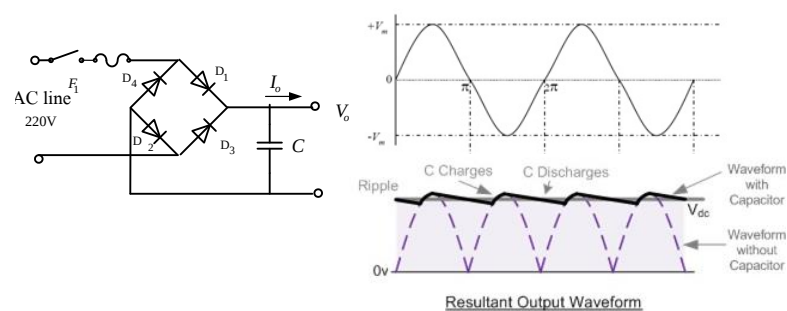
ภาพที่ 2 แผนผังการบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 3 โปรแกรมส่วนควบคุมชุดคำสั่งไมโครคอนโทรเลอร์

3.1 การออกแบบวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

ภาพที่ 4 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น มีสัญญาณเอาต์พุตความถี่เป็น 2 เท่าของสัญญาณอินพุตเท่ากับ 100Hz โดยใช้ไดโอดในการเรียงกระแส 4 ตัว การทำงานแต่ละครั้งไดโอดทำงานเป็นชุด 2 ตัว ลักษณะวงจรและแรงดันเป็นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มีไดโอด D_1 - D_4 เป็นวงจรเรียงกระแส เพื่อแปลงแรงดันจากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 311 โวลต์ โดยต่อร่วมกับวงจรกรองกระแสโดยตัวเก็บประจุจะทำการปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นแบบพลัสให้ราบเรียบ



ภาพที่ 4 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

3.2. การออกแบบแผ่นอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทดลอง

เมื่อออกแบบให้แผ่นอิเล็กทรอนิกส์เพลทมาเรียงซ้อนกันแบบขนานดังภาพที่ 5 นั้นพบว่ามีความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ประการคือ

1. พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นอิเล็กโทรดเพลท แทนด้วยอักษร A ถ้าพื้นที่หน้าตัดมากแสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มากถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อยลงนั้นจะเห็นได้ว่าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้น จะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมากตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะเก็บประจุได้มากเพราะมีพื้นที่หน้าตัดมากนั่นเอง

2. ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดเพลท ทั้งสอง แทนด้วยอักษร d ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กันความจุจะมีค่ามาก ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย

3. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถ ในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลท ในที่นี้จะเป็นของน้ำรวมทั้งสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ละลายอยู่จะแตกต่างกันออกไป

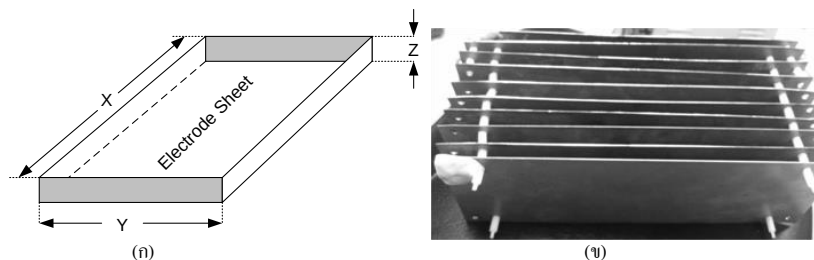
ค่าความจุไฟฟ้าของแผ่นอิเล็กโทรดเพลท

โดยพิจารณาสมการความสัมพันธ์ของค่าเก็บประจุ $C = \epsilon \frac{A}{d}$ (1)

C=ค่าการเก็บประจุมีหน่วยเป็นฟารัด (F) ; ϵ = ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

A= พื้นที่หน้าตัดของตัวนำที่เป็นแผ่นโลหะ; d= ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลท

โดยมีค่า X คือความยาว = 30×10^{-2} เมตร; Y คือความกว้าง = 10.5×10^{-2} เมตร; Z คือ ความหนา = 2×10^{-2} เมตร



ภาพที่ 5 (ก) โครงสร้างแผ่นอิเล็กโทรด (ข) แผ่นอิเล็กโทรดเรียงซ้อนแบบขนาน

ดังนั้นจากโครงสร้างของแผ่นอิเล็กโทรดตามภาพที่ 5 มีพื้นที่ของแผ่นตัวนำ(A)

$$A = 2[(30 \times 10^{-2}) \times (2 \times 10^{-3})] + 2[(10.5 \times 10^{-2}) \times (2 \times 10^{-3})]$$

จะได้พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นตัวนำทั้งหมด (A) = 1.242×10^{-3} ตารางเมตร

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของน้ำ (ϵ) = 78.5 ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง (d) = 0.013 เมตร

แทนค่า
$$C = (78.5) \frac{1.242 \times 10^{-3}}{1.3 \times 10^{-2}} = 7.5 \text{ F}$$

จากสมการค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อแบบขนาน

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (2)$$

โดยมีจำนวนแผ่นตัวนำทั้งหมด 10 แผ่น $\therefore C_p = 10 \times 7.5 = 75 \text{ F}$

ขนาดของสนามไฟฟ้าได้จากความสัมพันธ์
$$E = \frac{V}{d} \quad (3)$$

E = ขนาดของสนามไฟฟ้า ; V =ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างตัวนำขนาน ; d =ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ
จากการทดลองการจ่ายแรงดันให้แผ่นตัวนำเล็กโทรดโดย นำแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ มาแปลงเป็น
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 311 โวลต์ ดังนั้นสนามไฟฟ้า $E = \frac{(\sqrt{2} \times 220)}{1.3 \times 10^{-2}} = 23.93 \text{ V/m}$

หาความต้านทานระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดจากสูตร
$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (4)$$

R =ความต้านทานทางไฟฟ้า ; A =พื้นที่หน้าตัดของแผ่นตัวนำ;
 L =ความยาวของแผ่นตัวนำ; ρ =สัมประสิทธิ์ความต้านทาน

โดยที่ $\rho = \frac{VA}{IL}$ แทนค่าจะได้ $\rho = \frac{311 \times (1.242 \times 10^{-3})}{6 \times 30 \times 10^{-2}} = 0.2139 \Omega/m$
จะได้ $R = \frac{(0.2139) \times (30 \times 10^{-2})}{(1.242 \times 10^{-3})} = 51.667 (\Omega)$

หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

ที่ความต้านทาน 51.667 โอห์ม จากกฎของโอห์ม $V = IR$ จะได้กระแส $I = \frac{V}{R} = \frac{311}{51.667} = 6.02 \cong 6 \text{ A}$
จากการต่อวงจร TLP 250 นำมาขับขาเบสของ IGBT แล้วมีแรงดันไฟฟ้ามากเกินไปซึ่งจะมีผลทำให้วงจรเกิดความ
เสียหายดังนั้นจึงมีการใช้วงจรชอปเปอร์โดยเป็นการสร้างสัญญาณสวิทซ์ซึ่ง pulse width modulation: PWM ที่
สามารถปรับความถี่และการควบคุมกระแสด้วยการปรับ duty cycle จากชุดคำสั่งที่ใช้ปรับ รวมทั้งต้องคำนวณค่า
ความต้านทานที่ใช้ในการลดค่าสไปรท์ของแรงดันที่ตกคร่อม R_s

จากสูตร
$$R_s = \frac{V_d}{(0.2 \times I_o)} = \frac{311V}{(0.2 \times 6A)} = 259.17 \text{ โอห์ม}$$

∴ ความต้านทานที่ใช้ในการลดค่าสไปรท์ของแรงดันคือ 259.14 โอห์ม

หาแรงดันเอาต์พุตได้จากสมการ
$$V_o = kV_s \quad (5)$$

$V_o =$ แรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย

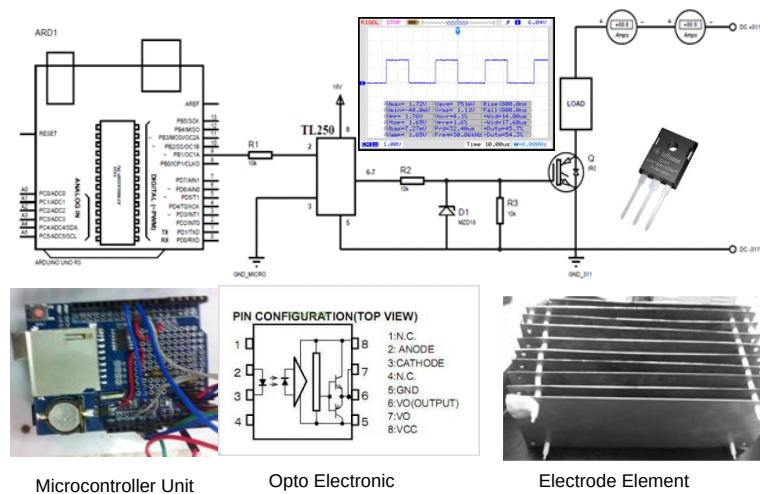
$k =$ Duty Cycle $= t_i/T$

$V_s =$ แรงดันอินพุต

แทนค่า $V_o = 0.5 \times 220 = 110 \text{ โวลต์}$

4. ขั้นตอนการทดลอง

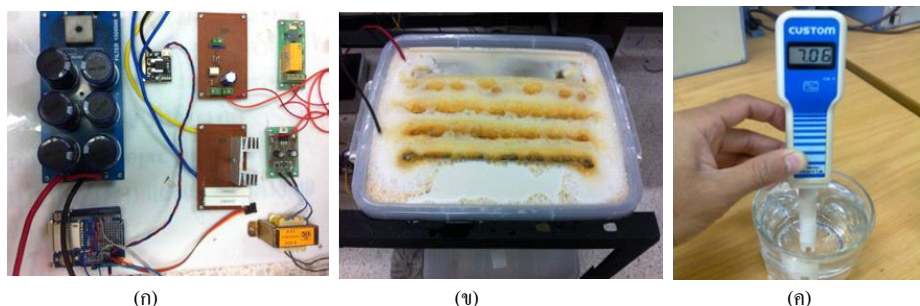
ในการออกแบบวงจรกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเพื่อให้ได้ค่าระดับแรงดันทางด้านเอาต์พุตได้
สูงสุด 311V โดยการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ คือมีการ
ไดโอด 4 ตัวและมีการนำไอจีบีที 4PH50K มาใช้รวมทั้งวงจร TLP 250 เพื่อใช้ในการแยกการทำงานของวงจร
กำเนิดสัญญาณ PWM ของชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยความถี่ 30kHz ซึ่งมีโครงสร้างต่างๆดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมกระแส และสัญญาณที่ขา 14 ของไอซี TLP 250

โปรแกรมควบคุมกระแสไฟฟ้าจะทำการอ่านค่าของกระแสจากเซ็นเซอร์กระแสและทำการปรับกระแสที่สัมพันธ์กันกับอัตราการไหลของน้ำเสียตัวอย่างที่มีแผ่นอิเล็กโทรดบรรจุอยู่ในภาชนะ การทดลองของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้าจะทำการทดลองตรวจสอบกับมาตรฐานของน้ำโดยทำการตรวจสอบจากค่า pH ของน้ำก่อนและหลังการทดลอง และทำการตรวจสอบค่ากระแสขณะการบำบัดน้ำโดยทดลองในสภาวะน้ำนิ่งและในขณะน้ำไหลดังภาพที่ 7 โดยมีลำดับดังนี้

1. ทำการควบคุมกระแสไฟฟ้าในน้ำขณะทำการบำบัดน้ำเสียในสภาวะน้ำนิ่งและน้ำไหล
2. ทำการวัดค่า PH โดยวัดที่ค่าเริ่มต้นก่อนและหลังการทดลอง ในระยะเวลาที่กำหนด คือ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 60 นาที เพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของน้ำ

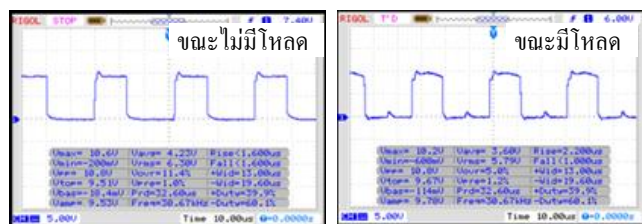


ภาพที่ 7 (ก)วงจรการทำงานของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยวงจรขอปเปอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(ข)การลอยตัวของตะกอนเกาะกับฟองก๊าซ $H_2(g)$ (ค) การทดสอบความเป็นกรดด่างด้วย pH meter

4.1.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการทดลองการบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้ากระแสตรงด้วยอิเล็กโทรดแบบขนานที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในการทดสอบนี้จำเป็นต้องตรวจวัดสัญญาณ PWM ที่ความถี่ 30kHz ขณะที่ไม่มีโหลดและขณะที่มีโหลดพบว่าสัญญาณ PWM นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิมดังภาพที่ 8 จากนั้นทำการทดสอบตามลำดับ



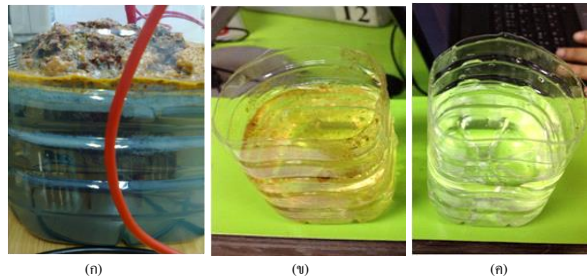
ภาพที่ 8 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตที่ขาเกตของไอจีบีที ที่ 30kHz

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปที่แผ่นอิเล็กโทรด เกิดกระบวนการโคแออกูเลชัน จึงเกิดตะกอนลอยอยู่เหนือน้ำดังภาพที่ 9 (ก) จากนั้นทำการกวาดตะกอนปล่อยน้ำไว้ที่ถังพักน้ำดีแล้ววัดค่า pH ถ้าค่า pH อยู่ประมาณ 7 ถือว่าได้มาตรฐานสามารถนำกลับไปใช้ต่อได้ พบว่าแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยมีฟองของสารแขวนลอยหรือสลัดจ์เพิ่มขึ้นจนเกิดการแยกชั้นของสารแขวนลอย จากนั้นวัดค่าความต้านทานของน้ำด้วย Ohm meter ด้วยการวัดความต้านทานน้ำเสียก่อน และหลังการบำบัด จากนั้นบันทึกผลการทดสอบของการทดลองการบำบัดน้ำเสีย สำหรับระดับการใช้กระแสไฟฟ้าที่ปริมาณสูงในสภาวะน้ำนิ่งพบว่าเกิดการสูญเสียกระแสไฟฟ้าด้วยความร้อนที่เพิ่มขึ้น โดยที่ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าหรือปริมาณกระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่อิเล็กโทรดลดต่ำลงและบันทึกข้อมูลทุก 10 นาที จนถึง 60 นาที โดยทำการทดสอบในขณะนี้น้ำนิ่งและน้ำไหลนำค่าข้อมูลต่างมาวิเคราะห์ตามตารางที่ 1 จากนั้นทำการทดสอบที่ระดับกระแส 2,4 และ 6 แอมป์ บันทึกข้อมูลข้อมูล pH, ความต้านทาน และอุณหภูมิ ที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลที่ 72 ,88 และ 96 ลิตร/นาที

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากการทดลอง ระยะเวลา 60 นาทีด้วยอิเล็กโทรดแบบขนาน

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำก่อนบำบัด		คุณภาพน้ำเสียหลังบำบัด		มาตรฐาน น้ำทิ้งอุตสาหกรรม
	น้ำนิ่ง	น้ำไหล	น้ำนิ่ง	น้ำไหล	
pH	9.57	9.53	7.12	7.06	5.5-9.0
I (A)	0	0	6	6	-
T(°C)	23.0	23.0	78.0	44.0	-
R(Ω)	1.38M	1.38M	2.73M	1.50M	-

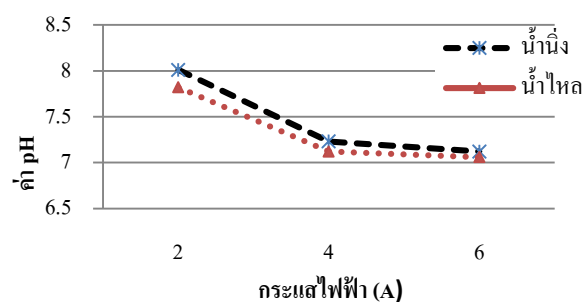
ในการให้ความร้อนแก่น้ำและทำให้ประสิทธิภาพกระแสไฟฟ้าลดลงที่สภาวะนี้เป็นผลจากการทำปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เปลี่ยนสภาพไอออนเป็นตะกอนลอยไปโดยไม่มีการเติมน้ำเสียที่มีสารไอออนน้ำยาล้างจานผสมอยู่ซึ่งเป็นสภาวะน้ำนิ่งดังแสดงตามภาพที่ 9(ก) และ (ข) จะพบว่าสีของน้ำไม่ใสเนื่องจากผลของตะกอนลอยบางส่วนนั้นจมลงในน้ำขณะนี้น้ำไหลโดยที่แต่ละอัตราการไหลจะพบว่าที่กระแส 6A นั้นให้ผลการบำบัดได้ดีที่สุด กระบวนการโคแออกูเลชันเกิดได้ต่อเนื่องโดยที่ตะกอนลอยอยู่เหนือน้ำได้ถูกทำการกวาดตะกอนปล่อยลงสู่ถังเก็บส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดดีแล้ววัดค่า pH ถ้าค่า pH อยู่ประมาณ 7 ถือว่าได้มาตรฐานสามารถนำกลับไปใช้ต่อได้ สังเกตจากน้ำที่ผ่านการบำบัดในระบบน้ำไหลนี้มีสีของน้ำที่ใสกว่าดังแสดงตามภาพที่ 9 (ค)



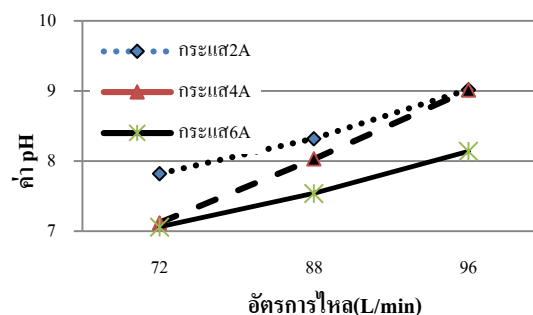
ภาพที่ 9 (ก) ตะกอนที่ลอยขึ้นเหนือน้ำ (ข) น้ำที่ถูกบำบัดขณะน้ำนิ่ง (ค) น้ำที่ถูกบำบัดขณะน้ำไหล

4.1.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบที่ในสถานะน้ำนิ่งและน้ำไหลพบว่าที่สถานะน้ำไหลนั้นสามารถลดค่า pH ได้ดี อีกทั้งขนาดของกระแสยังมีผลต่อการบำบัดน้ำเสียให้ค่า pH ได้ตรงตามค่ามาตรฐาน โดยปรับ Duty Cycle ควบคุมไว้ที่ 2,4,6 แอมแปร์ที่ระดับแรงดัน 311 โวลต์ ดังภาพที่ 10 พบว่าการทดสอบที่สถานะน้ำนิ่งนั้นสามารถลดระดับความเป็นกรดได้รวดเร็วกว่าโดยที่การเติมน้ำเสียที่เป็นแบบมีการไหลเวียนนั้นจะช่วยให้การแลกเปลี่ยนประจุไอออนได้สมบูรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของการทำงานได้ดี เมื่อพิจารณาถึงอัตราการไหลที่อัตราการไหลที่ 72 ลิตร/นาที่ ที่ระดับกระแส 6 แอมป์นั้น สามารถปรับค่า pH ได้ดีกว่าที่ 88 และ 96 ลิตร/นาที่เนื่องจากปัญหาของกระแสที่ให้กับขั้วอิเล็กโทรดนั้นไม่เพียงพอดังภาพที่ 11



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและค่า pH ที่สถานะน้ำนิ่งและน้ำไหล



ภาพที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลและค่า pH ที่ระดับกระแส 2-6 แอมป์

7. สรุปผล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการบำบัดน้ำเสียด้วยวงจรขอปเปอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยการควบคุมกระแสไฟฟ้าขณะน้ำไหล โดยนำน้ำจากน้ำล้างจานจากโรงอาหารมาบำบัดโดยการต่ออิเล็กโทรดแบบขนาน เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ค่าอุณหภูมิของน้ำ และค่าความต้านทานก่อนและหลังการบำบัด กระแสที่จ่ายให้กับอิเล็กโทรดโดยปรับ Duty Cycle ของเครื่องบำบัดน้ำเสียโดยควบคุมไว้ที่ 2,4 และ 6 แอมแปร์ พบว่ากระแสที่จ่ายให้อิเล็กโทรดจะมีค่าสูงขึ้นที่ประมาณ 6 แอมแปร์ ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อจ่ายแรงดันเข้าไปที่แผ่นอิเล็กโทรดที่ระดับกระแสอยู่ที่ประมาณ 6 แอมแปร์ และมีการไหลเวียนของน้ำเสียในระบบอย่างต่อเนื่องพบว่าสีของน้ำที่แยกสัดจ์ออกมาจะมีการแยกตะกอนลอยออกอย่างชัดเจนจากอิมอนที่จับตัวกับฟองแกสไฮโดรเจนนั้นจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่านั้นแสดงให้เห็นว่าการเกิดตะกอนลอยด้วยไฟฟ้านั้นสามารถกำจัดของเสียจำพวกโลหะอิมอนนอกจากสารละลายของน้ำได้ดี

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้หากจะกล่าวข้าพเจ้าผู้เขียนขอขอบคูนนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ช่วยกันสร้างและทดสอบ นางสาวเจนจิรา พุ่มมีจิตร, นายณัฐกร ศรีวัฒนาเจริญ, นางสาววิมลทิพย์ หกขุนทด และนายสันติชัย โกษา

9. เอกสารอ้างอิง

- สัญญา คุณขาว., การประยุกต์การบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้ากระแสตรง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6,EENET2014,กระบี่, 26-28 มีนาคม 2557. หน้า 433-466.
- M. Malakootian, N.Yousefi, The efficiency of electrocoagulation process using aluminum electrodes in removal of hardness from water. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 2009, Vol. 6, No. 2, pp. 131-136
- Modirshahla N., Behnajady M.A., Kooshaiian, S. Investigation of the effect of different electrode connections on the removal efficiency of Tartrazine from aqueous solutions by electrocoagulation. Dyes and Pigments, (2007).pp.249 – 257.
- N. M Abu Ghalwa, A. M Saqer and N. B Farhat, Removal of Reactive Red 24 Dye by Clean Electrocoagulation Process Using Iron and Aluminum Electrodes, J Chem Eng Process Technol 2016, 7:pp.1-7
- Satish.I. Chaturvedi, Electrocoagulation: A Novel Waste Water Treatment Method, Vol.3, Issue.1, Jan-Feb. 2013 pp.93-100
- V. Kuokkanen, T. Kuokkanen, J. Rämö, U. Lassi, Recent Applications of Electrocoagulation in Treatment of Water and Wastewater-A Review, *Green and Sustainable Chemistry*, May 2013, 3, pp.89-121
- Xueming Chen, Guohua Chen, Po Lock Yue, Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation, Sep. Purif. Technol. 19 (2000) pp.65-76

**ดัชนีความวิกฤตที่มุ่งเน้นผู้ใช้ไฟของอุปกรณ์จำหน่ายไฟฟ้า
สำหรับการวางแผนบำรุงรักษา**
**A CUSTOMER ORIENTED CRITICALITY INDEX OF POWER
DISTRIBUTION EQUIPMENT FOR MAINTENANCE PLANNING**

โสภิตา ศรีโสภ

นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: g5714500679@ku.ac.th

ดุลย์พีเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: dulpichet.r@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการหาดัชนีความวิกฤตที่มุ่งเน้นผู้ใช้ไฟ (Criticality Index: CI) ของอุปกรณ์จำหน่ายไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาระบบจำหน่าย ซึ่งมีการนำค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ (System Average Interruption Frequency Index: SAIFI) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ (System Average Interruption Duration Index: SAIDI) และหน่วยไฟฟ้าที่ขายไม่ได้ (Energy Not Supplied: ENS) มาใช้ในการคำนวณหาดัชนีความวิกฤต โดยพิจารณาทั้งแบบไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในกรณีที่ 1 และคำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในกรณีที่ 2 และเมื่อนำทั้ง 2 กรณีมาเปรียบเทียบกันจะพบว่า การพิจารณาถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์จะสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของอุปกรณ์สำหรับการวางแผนบำรุงรักษาได้เหมาะสมกว่าการไม่พิจารณาผลของการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ ซึ่งค่าดัชนีความวิกฤตของอุปกรณ์ที่ได้มานี้สามารถนำมาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: ดัชนีความวิกฤต อัตราการล้มเหลว การบำรุงรักษา ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ

ABSTRACT

This paper presents a method for determining the customer oriented Criticality Index (CI) of power distribution equipment, to be used in maintenance planning. The system average interruption frequency index (SAIFI), system average interruption duration index (SAIDI) and the energy not supplied index (ENS) are used to calculate the proposed Criticality Index, when types of equipment connections are not considered in scenario 1, and are later considered in scenario 2. When the results from both scenarios are compared, it is found that the

method with consideration of types of equipment connections gives much more reasonable equipment priority, which can be effectively used in maintenance planning later on.

KEYWORDS: Criticality Index, Failure Rate, Maintenance Prioritization, SAIFI, SAIDI, ENS

1. บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิต เศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม ซึ่งระบบจำหน่ายเป็นระบบที่จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟหรือลูกค้าโดยตรง ดังนั้นการรักษาระดับความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายไม่ว่าจะเป็นการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายให้อยู่ในสภาพที่ดีที่สุด จึงมีการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาก่อนข้างสูงในแต่ละปี ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์ถึงความสำคัญของอุปกรณ์แต่ละตัวเพื่อนำไปใช้ประกอบการวางแผนบำรุงรักษา ที่นำไปสู่การลดต้นทุนหรือใช้งบประมาณในการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

งานวิจัยของ Payman Dehghanian, Mahmud Fotuhi-Firuzabad (2012) ได้มีการคำนวณ Criticality Factor เพื่อหาอุปกรณ์ที่ต้องการการบำรุงรักษามากที่สุด แต่งานวิจัยนั้นมีการคำนวณโดยใช้กรณีศึกษาที่มองระบบจำหน่ายเป็นจุดโหลดเดียวจึงทำให้การคำนวณโดยคิดจำนวนผู้ใช้ไฟรวมด้วยไม่มีผลในการพิจารณาหาอุปกรณ์ที่ต้องการการบำรุงรักษา Payman Dehghanian, Mahmud Fotuhi-Firuzabad, Farrokh Aminifar and Roy Billinton (2013) และ Alshahrani และ Hadidi (2015) ได้มีการคำนวณ Criticality Factor เช่นเดียวกันกับงานวิจัยข้างต้น แต่งานวิจัยทั้ง 2 นั้นมีการคำนวณโดยใช้กรณีศึกษาที่มองระบบจำหน่ายเป็นจุดโหลดเดียวและพิจารณาเพียงอัตราการล้มเหลว ระยะเวลาขัดข้องรวมใน 1 ปี และ ENS Yifei Wang, Cong Liu, Mohammad Shahidepour และ Chuangxin Guo (2016) ได้ทำการหาอุปกรณ์ที่ต้องการการบำรุงรักษาโดยใช้ Monte Carlo ซึ่งได้มีการพิจารณา ENS เพียงอย่างเดียว ไม่ได้พิจารณาถึงจำนวนผู้ใช้ไฟ และประเภทผู้ใช้ไฟที่อาจมีหลากหลายประเภท จึงทำให้ค่าดัชนีที่ได้อาจไม่สะท้อนความวิกฤตของอุปกรณ์ที่ต้องการการบำรุงรักษาได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการพัฒนาคำดัชนีความวิกฤตที่มุ่งเน้นผู้ใช้ไฟสำหรับอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายเพื่อใช้ในการวางแผนบำรุงรักษาระบบจำหน่ายได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด คำดัชนีความวิกฤตนี้ได้คำนวณจากค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ ENS ซึ่งเป็นดัชนีสากลที่ใช้วัดคุณภาพบริการการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟ โดยได้พิจารณา 2 กรณี คือ แบบไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ และคำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ ซึ่งการคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการปรับปรุงอุปกรณ์นั้นๆ จะสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของอุปกรณ์นั้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งกระบวนการที่นำเสนอนี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสามารถนำไปใช้เป็นขั้นตอนหนึ่งในการวางแผนการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายในพื้นที่อื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. กรอบแนวคิดในการวิจัย

Brown, R.E. (2009) แสดงระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าโดยบอกได้ด้วยค่าดัชนี ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน หลากหลายดัชนีตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์ ทั้งนี้ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายที่รู้จักกันดีคือ ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ (System Average Interruption Frequency Index: SAIFI) ค่าเฉลี่ย ระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ (System Average Interruption duration Index: SAIDI) และหน่วยไฟฟ้าที่ขาย ไม่ได้ (Energy not supplied: ENS) ดังสมการที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

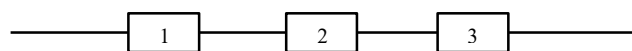
$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{N_T} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{N_T} \quad (2)$$

$$ENS = \sum_{i=1}^n L_{a(i)} U_i \quad (3)$$

โดย	λ_i	คือ อัตราความล้มเหลวของจุดโหลดที่ i (ครั้ง/ปี)
	U_i	คือ ระยะเวลาขัดข้องรวมใน 1 ปี (ชั่วโมง)
	N_i	คือ จำนวนผู้ใช้ไฟของจุดโหลดที่ i
	N_T	คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด
	$L_{a(i)}$	คือ โหลดเฉลี่ยของจุดโหลดที่ i
	n	คือ จำนวนจุดโหลดในระบบ

จากสมการที่ 1 อัตราความล้มเหลว (λ_i) ขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อของกลุ่มอุปกรณ์ที่ใช้ในการจ่ายไฟให้กับ จุดโหลด i ซึ่งในระบบจำหน่ายทั่วไปนั้นมักประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆที่เชื่อมต่อกันทั้งแบบอนุกรมและแบบ ขนาน Billinton, R. and R. N. Allan. (1984) แสดงการเชื่อมต่อกันอย่างง่ายของกลุ่มอุปกรณ์แบบอนุกรมและ แบบขนานดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม

โดยสามารถคำนวณค่าอัตราการล้มเหลว (λ_{series}), ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย (r_{series}) และระยะเวลาขัดข้องรวม ใน 1 ปี (U_{series}) ของกลุ่มอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรมดังสมการที่ 4, 5 และ 6

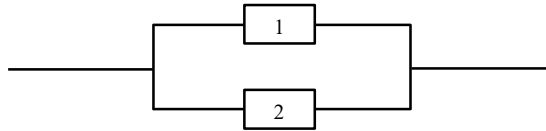
$$\lambda_{series} = \sum_{j=1}^m \lambda_j \quad (4)$$

$$U_{series} = \sum_{j=1}^m \lambda_j r_j \quad (5)$$

$$r_{series} = \frac{U_{series}}{\lambda_{series}} = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j r_j}{\sum_{j=1}^m \lambda_j} \quad (6)$$

โดย	λ_{series}	คือ อัตราความล้มเหลวของกลุ่มอุปกรณ์ที่ต่ออนุกรมกัน (ครั้ง/ปี)
	λ_j	คือ อัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ที่ j (ครั้ง/ปี)

- r_{series} คือ ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ยของกลุ่มอุปกรณ์ที่ต่ออนุกรมกัน (ชั่วโมง)
- r_j คือ ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่ j (ชั่วโมง)
- U_{series} คือ ระยะเวลาจัดซื้อทั้งหมดใน 1 ปี (ชั่วโมง)
- m คือ จำนวนของอุปกรณ์ที่ต่ออนุกรมกันในระบบ



ภาพที่ 2 การเชื่อมต่อแบบขนาน

การหาอัตราความล้มเหลวเฉลี่ย ($\lambda_{parallel}$), ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย ($r_{parallel}$) และระยะเวลาจัดซื้อทั้งหมดใน 1 ปี ($U_{parallel}$) ของ 2 อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันแบบขนานสามารถหาดังสมการที่ 7, 8 และ 9

$$\lambda_{parallel} = \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2) \quad (7)$$

$$r_{parallel} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad (8)$$

$$U_{parallel} = \lambda_{parallel} r_{parallel} = \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2 \quad (9)$$

- โดย $\lambda_{parallel}$ คือ อัตราความล้มเหลวของกลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อขนานกัน (ครั้ง/ปี)
- λ_1 และ λ_2 คือ อัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (ครั้ง/ปี)
- $r_{parallel}$ คือ ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ยของกลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อขนานกัน (ชั่วโมง)
- r_1 และ r_2 คือ ระยะเวลาซ่อมเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (ชั่วโมง)
- $U_{parallel}$ คือ ระยะเวลาจัดซื้อทั้งหมดใน 1 ปี (ชั่วโมง)

การกำหนดดัชนีความวิกฤต

ในการกำหนดดัชนีความวิกฤตสำหรับอุปกรณ์นั้นขึ้นอยู่กับความสำคัญในดัชนีความเชื่อถือได้แต่ละตัวของผู้วางแผน ซึ่งมีรูปดังสมการที่ 10

$$CI_j = \alpha \frac{\Delta SAIFI_j}{SAIFI^0} + \beta \frac{\Delta SAIDI_j}{SAIDI^0} + \gamma \frac{\Delta ENS_j}{ENS^0} \quad (10)$$

- โดย CI_j คือ ดัชนีความวิกฤตของอุปกรณ์ที่ j
- $\Delta SAIFI_j$ คือ การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j
- $SAIFI^0$ คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบก่อนการบำรุงรักษา
- $\Delta SAIDI_j$ คือ การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j
- $SAIDI^0$ คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบก่อนการบำรุงรักษา
- ΔENS_j คือ การเปลี่ยนแปลงของหน่วยไฟฟ้าที่ขายไม่ได้จากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j
- ENS^0 คือ หน่วยไฟฟ้าที่ขายไม่ได้ของระบบก่อนการบำรุงรักษา
- α, β และ γ คือ ค่าน้ำหนักของดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI, SAIDI และ ENS ตามลำดับ

ค่าน้ำหนัก α , β และ γ ถูกกำหนดขึ้นตามความสำคัญของดัชนีความเชื่อถือได้ต่างๆ ที่ผู้วางแผนต้องการจะปรับปรุง โดยในงานวิจัยนี้ดัชนีความเชื่อถือได้ ได้แก่ SAIFI, SAIDI และ ENS ถูกนำมาพิจารณาซึ่งครอบคลุมผลกระทบของผู้ใช้ไฟเนื่องจากจำนวนครั้งและระยะเวลาของไฟดับ รวมถึงรายได้ที่เสียไปของการไฟฟ้าเนื่องจากขายไฟไม่ได้

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา 2 กรณี โดยกรณีที่ 1 พิจารณาดัชนีความวิกฤตอย่างง่าย โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ กล่าวคือ มองว่าอุปกรณ์ตัวนี้ใช้สำหรับจ่ายไฟให้ผู้ที่ใช้ไฟที่ราย ทำให้โดยการหาค่า SAIFI, SAIDI และ ENS ของระบบก่อนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ j จากนั้นมาทำการคำนวณผลการเปลี่ยนแปลงดัชนีความเชื่อถือได้จากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j ได้แก่ ΔSAIFI_j , ΔSAIDI_j และ ΔENS_j ดังสมการที่ 11, 12 และ 13 ตามลำดับ เพื่อนำไปสู่การคำนวณหาดัชนีความวิกฤต วิธีการนี้สามารถคำนวณค่าดัชนีความวิกฤตได้ง่ายและรวดเร็ว

$$\Delta\text{SAIFI}_j = \frac{\Delta\lambda_j N_j}{N_T} \quad (11)$$

$$\Delta\text{SAIDI}_j = \frac{\Delta U_j N_j}{N_T} \quad (12)$$

$$\Delta\text{ENS}_j = L_{a(j)} \Delta U_j \quad (13)$$

โดย $\Delta\lambda_j$ คือ การเปลี่ยนแปลงของอัตราความล้มเหลวจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j (ครั้ง/ปี)
 ΔU_j คือ การเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาขัดข้องรวมใน 1 ปี จากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j (ชั่วโมง)
 N_j คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับไฟจากอุปกรณ์ที่ j
 N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด
 $L_{a(j)}$ คือ ค่าโหลดเฉลี่ยที่ได้รับไฟจากอุปกรณ์ที่ j

กรณีที่ 2 เป็นการนำเสนอดัชนีความวิกฤต โดยคำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ ทำให้โดยการหาค่า SAIFI, SAIDI และ ENS ของระบบก่อนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ j จากนั้นทำการหาผลการเปลี่ยนแปลงของอัตราความล้มเหลวของแต่ละจุดโหลด i จากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ j ดังสมการที่ 14 เพื่อนำไปสู่การคำนวณผลการเปลี่ยนแปลงดัชนีความเชื่อถือได้จากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j ได้แก่ ΔSAIFI_j , ΔSAIDI_j และ ΔENS_j ดังสมการที่ 15, 16 และ 17 ตามลำดับ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาดัชนีความวิกฤต

$$\Delta\lambda_i^j = \lambda_i - \lambda_i^j \quad (14)$$

$$\Delta\text{SAIFI}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\lambda_i^j N_i}{N_T} \quad (15)$$

$$\Delta\text{SAIDI}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta U_i^j N_i}{N_T} \quad (16)$$

$$\Delta\text{ENS}_j = \sum_{i=1}^n L_{a(i)} \Delta U_i^j \quad (17)$$

โดย λ_i คือ อัตราความล้มเหลวของจุดโหลดที่ i (ครั้ง/ปี)
 λ_i^j คือ อัตราความล้มเหลวของจุดโหลดที่ i หลังการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j (ครั้ง/ปี)
 $\Delta\lambda_i^j$ คือ การเปลี่ยนแปลงของอัตราความล้มเหลวของจุดโหลดที่ i หลังการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j (ครั้ง/ปี)

ΔU_i^j คือ การเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาขัดข้องรวมใน 1 ปี ของจุดโหลดที่ i หลังการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ j (ชั่วโมง)

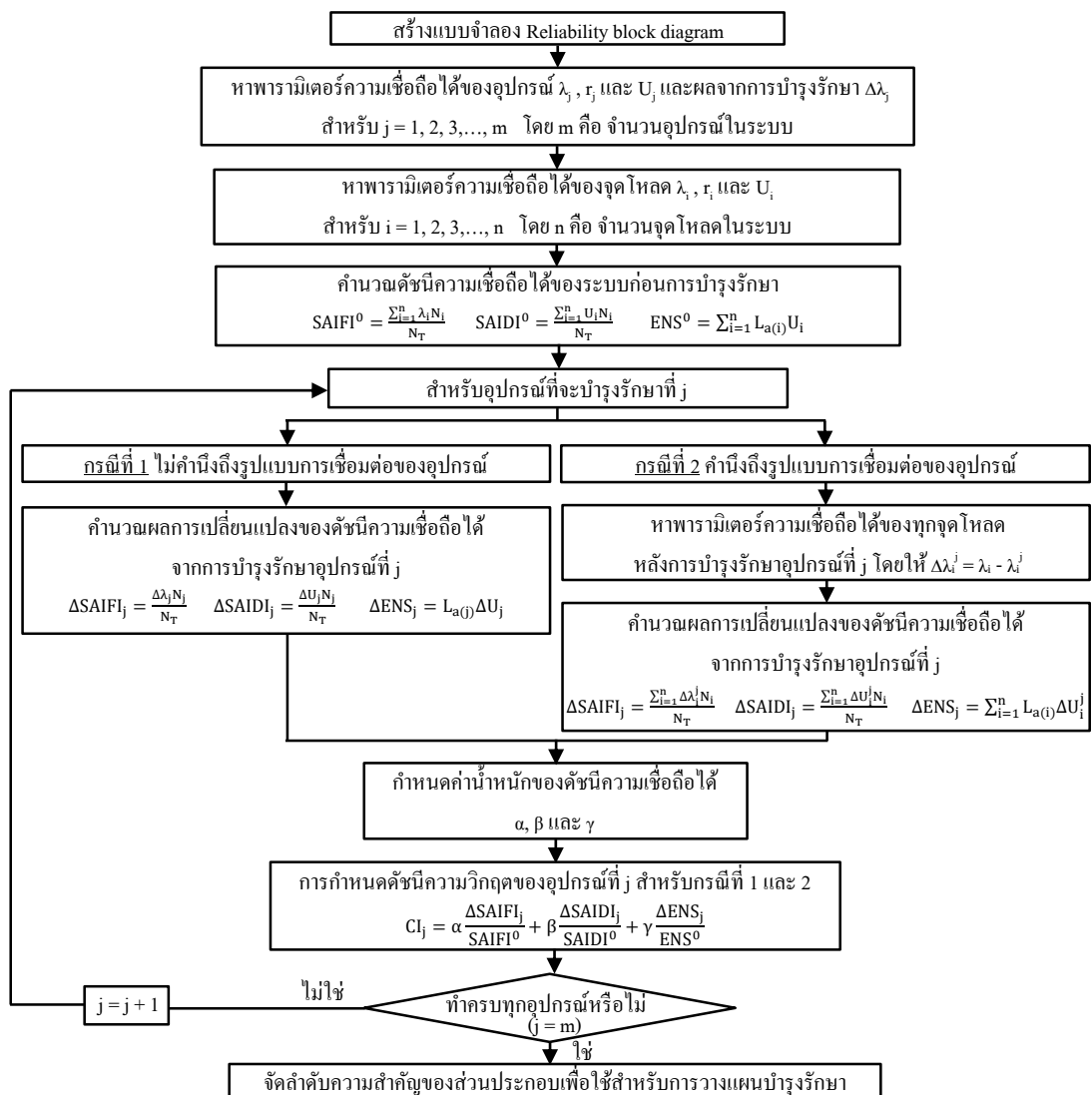
N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟของจุดโหลดที่ i

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

$L_{a(i)}$ คือ ค่าโหลดเฉลี่ยของจุดโหลดที่ i

n คือ จำนวนจุดโหลดในระบบ

การคำนวณทั้ง 2 กรณีสามารถแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังภาพที่ 3 โดยผลลัพธ์จากทั้งสองกรณี จะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาวิธีที่เหมาะสมในการกำหนดความสำคัญของอุปกรณ์สำหรับการวางแผนบำรุงรักษาต่อไป



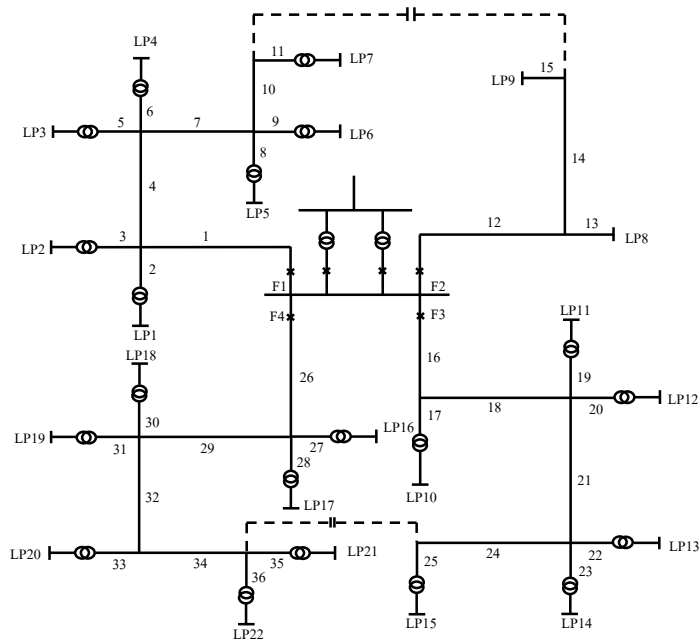
ภาพที่ 3 วิธีการหาดัชนีวิกฤต

4. ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

หัวข้อนี้นำเสนอขั้นตอนที่ได้มีการพัฒนาดัชนีความวิกฤตที่มุ่งเน้นผู้ใช้ไฟ โดยแยกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์และกรณีที่ 2 คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ โดยการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบจำหน่ายทดสอบ บัสที่ 2 ของ Allan, R.N., R. Billinton, I. Sjarief, L. Goel, and K.S. So. (1991) ดังที่แสดงในภาพที่ 4 ประกอบด้วย 4 สายป้อน 22 จุดโหลด ซึ่งมีอุปกรณ์หลักที่สำคัญดังนี้

- บัสบาร์ 33 kV และ 11 kV
- หม้อแปลงไฟฟ้า 33/11 kV และ 11/0.4 kV
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ 11 kV
- สายเคเบิล 0.4 kV

โดยสายเคเบิลแต่ละช่วงมีความยาวดังตารางที่ 2 ข้อมูลแสดงประเภทของลูกค้า จำนวนลูกค้าและโหลดเฉลี่ย ของแต่ละจุดโหลด แสดงในตารางที่ 1 คำนวณน้ำหนักของดัชนีความเชื่อถือได้ α , β และ γ ที่นำมาคำนวณมีค่า 2, 3 และ 5 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าน้ำหนักของแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามแต่ผู้วางแผนจะให้ความสำคัญ



ภาพที่ 4 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของระบบทดสอบ บัสที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลลูกค้า

จุดโหลด	ประเภทลูกค้า	ค่าโหลดเฉลี่ย (MW)	จำนวนลูกค้า
1-3, 10, 11	ที่พักอาศัย	0.535	210
12, 17-19	ที่พักอาศัย	0.450	210
8	ผู้ใช้ไฟที่มีขนาดเล็ก	1.000	1
9	ผู้ใช้ไฟที่มีขนาดเล็ก	1.150	1

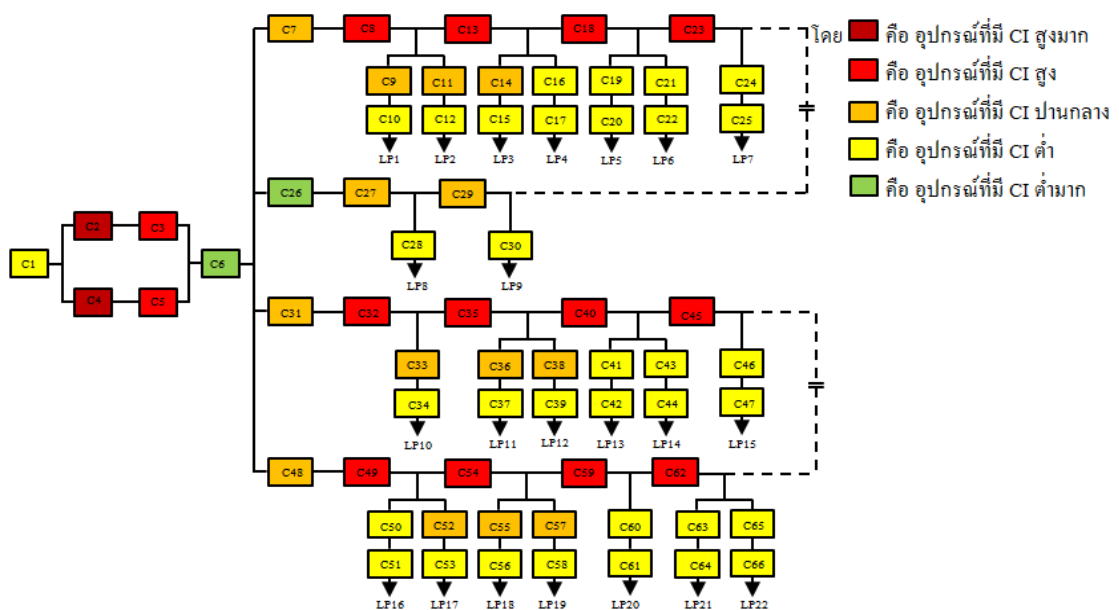
จุดโหลด	ประเภทลูกค้า	ค่าโหลดเฉลี่ย (MW)	จำนวนลูกค้า
4, 5, 13, 14, 20, 21	รัฐบาล / สถาบัน	0.566	1
6, 7, 15, 16, 22	เชิงพาณิชย์	0.454	10
รวม		12.291	1908

ตารางที่ 2 ความยาวของสายเคเบิล

ประเภทของสายป้อน	ความยาว (กิโลเมตร)	ส่วนของสายป้อน
1	0.60	2, 6, 10, 14, 17, 21, 25, 28, 30 และ 34
2	0.75	1, 4, 7, 9, 12, 16, 19, 22, 24, 27, 29, 32 และ 35
3	0.80	3, 5, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 23, 26, 31, 33 และ 36

กรณีที่ 1 การหาดัชนีความวิกฤต โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

เมื่อมีการจัดอันดับของอุปกรณ์ทั้งระบบตามค่าดัชนีความวิกฤตแล้วพบว่า หม้อแปลง 33/11 kV (C2 และ C4) มีดัชนีความวิกฤตสูงที่สุด เนื่องจากอุปกรณ์นั้นมีอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาซ่อมค่อนข้างสูง ประกอบกับจ่ายไฟให้แก่ผู้ใช้ไฟทั้งระบบ ส่วนอุปกรณ์ที่มีดัชนีความวิกฤตต่ำที่สุด 2 อันดับสุดท้าย คือ บัสบาร์ 11kV (C6) และเซอร์กิตเบรกเกอร์ (C26) เนื่องจากมีอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาซ่อมน้อยมาก โดยเฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์ (C26) จ่ายไฟให้แก่ผู้ใช้ไฟน้อยมาก การคิดดัชนีวิกฤตในกรณีนี้จึงเหมาะสมกับระบบจำหน่ายที่ไม่มีความซับซ้อนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ เช่น เป็นระบบเรเดียลอย่างง่าย โดยจะทำให้สามารถคำนวณค่าดัชนีความวิกฤตได้อย่างรวดเร็ว โดยแสดงดังภาพที่ 5

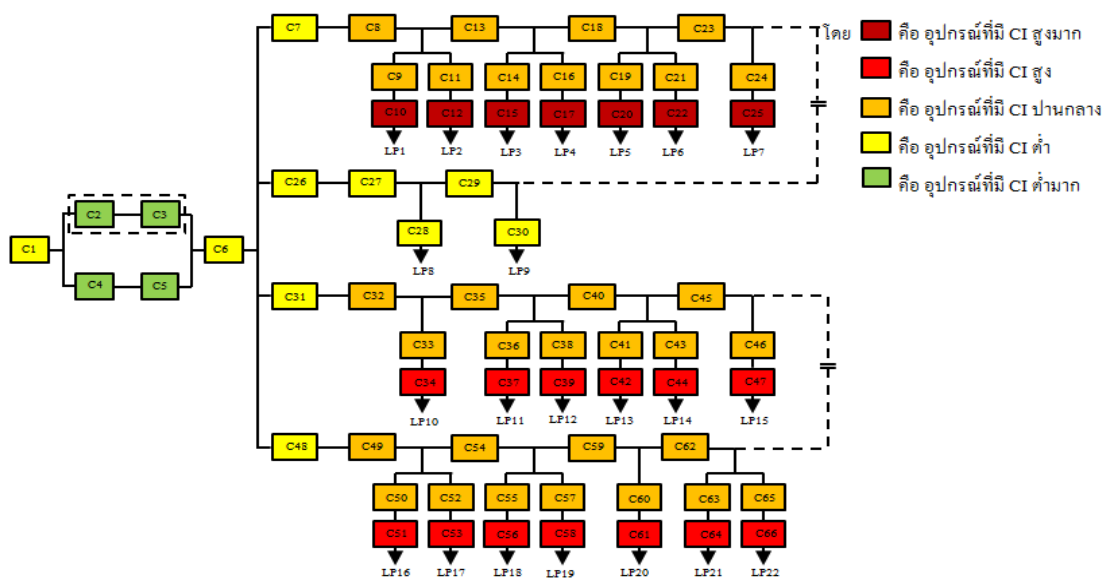


ภาพที่ 5 ลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ในระบบโดยใช้ดัชนีความวิกฤต โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

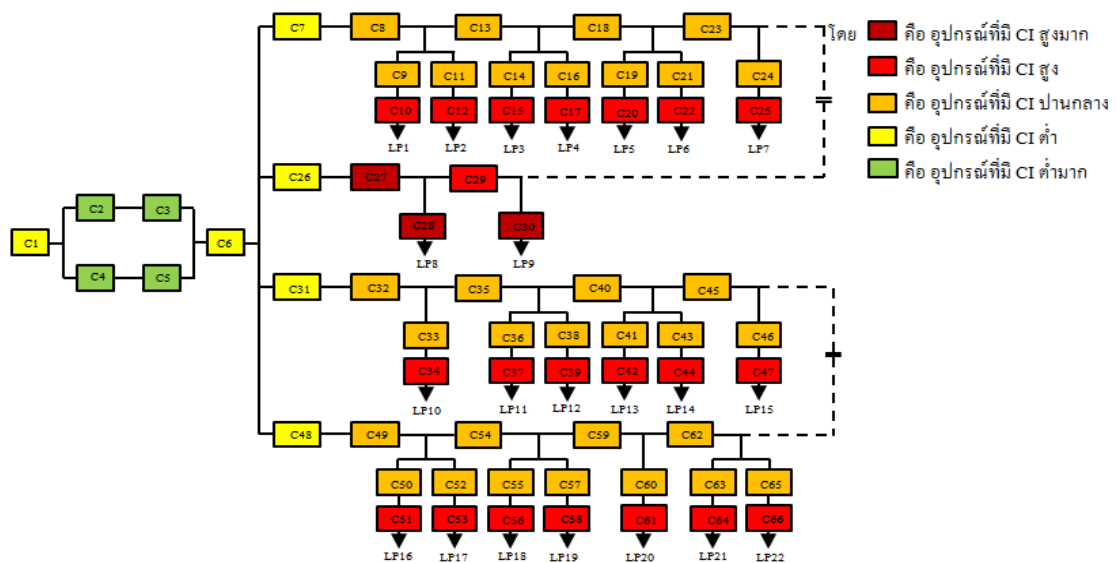
กรณีศึกษาที่ 2 การหาดัชนีความวิกฤต โดยคำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

เมื่อมีการจัดอันดับของอุปกรณ์ทั้งระบบตามค่าดัชนีความวิกฤตแล้วพบว่า หม้อแปลง 11/0.415 kV (C10, C12, C15, C17, C20, C22 และ C25) มีค่าดัชนีความวิกฤตสูงที่สุด เนื่องจากอุปกรณ์นี้มีอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาซ่อมก่อนข้างสูงประกอบกับไม่มีอุปกรณ์ที่ต่อขนานกัน เมื่อมีการปรับปรุงหรือเกิดเหตุขัดข้องจึงไม่มีอุปกรณ์ใดที่สามารถจ่ายไฟแทนได้ ส่วนอุปกรณ์ที่มีค่าดัชนีความวิกฤตน้อยที่สุด 4 อันดับสุดท้ายคือ หม้อแปลง 33/11 kV (C2 และ C4) และ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (C3 และ C5) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ขนานกันในระบบ เมื่อมีการปรับปรุงหรือเมื่อมีเหตุขัดข้อง อุปกรณ์ที่ต่อขนานสามารถจ่ายไฟแทนได้ จึงทำให้อุปกรณ์เหล่านี้จึงไม่ค่อยส่งผลกระทบต่อระบบมากนัก วิธีที่ 2 นี้จึงเหมาะสมกับระบบจำหน่ายที่มีความซับซ้อน มีการต่อทั้งอนุกรมและขนานกันของอุปกรณ์ในระบบ เพราะสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของอุปกรณ์ที่ควรได้รับการบำรุงรักษาได้เหมาะสมกว่ากรณีที่ 1 โดยแสดงดังภาพที่ 6 และสรุปได้ว่า ในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์ในส่วนของการขนานกัน เช่น ไม่มีหม้อแปลง 33/11 kV (C2) และ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (C3) เมื่อมีการจัดอันดับของอุปกรณ์ทั้งระบบแล้วจะพบว่า หม้อแปลง 33/11 kV (C4) มีดัชนีความวิกฤตอยู่ในระดับสูงเหมือนในกรณีที่ 1 เนื่องจากมีอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาซ่อมก่อนข้างสูง และเมื่อขัดข้องแล้วไม่มีอุปกรณ์ใดสามารถจ่ายไฟแทนได้

และเมื่อมีการจัดอันดับความสำคัญของอุปกรณ์โดยใช้ CF ที่คำนวณได้จาก λ , U และ ENS (Payman Dehghanian et al. (2013)) ผลที่ได้คือ C27, C28 และ C30 มีค่าวิกฤตสูงที่สุด แสดงดังภาพที่ 7 เนื่องจากมีอัตราการล้มเหลวและโหลดเฉลี่ยค่อนข้างสูง เมื่อมีการบำรุงรักษาจะได้ประโยชน์แก่ผู้ใช้ไฟไม่มากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 2 แล้วจะพบว่า กรณีที่ 2 ให้ความสำคัญต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่จ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟจำนวนมากเป็นอันดับแรก ซึ่งตอบสนองต่อค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI ที่ใช้วัดคุณภาพการให้บริการของการไฟฟ้าในปัจจุบัน



ภาพที่ 6 ลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ในระบบ โดยใช้ดัชนีความวิกฤต โดยคำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์



ภาพที่ 7 ลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ในระบบโดยใช้เทคนิคของ

Payman Dehghanian et al. (2013)

5. สรุปผลการวิจัย

ดัชนีความวิกฤตโดยคำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ (กรณีที่ 2) สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของอุปกรณ์ที่ต้องการบำรุงรักษาได้ชัดเจนมากกว่าดัชนีความวิกฤตโดยที่ไม่คำนึงถึงรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ (กรณีที่ 1) เนื่องจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์นั้นเน้นไปที่อุปกรณ์ที่วิกฤตที่สุดและไม่มีอุปกรณ์ใดจ่ายไฟแทนได้เมื่อมีการปรับปรุงหรือเกิดเหตุขัดข้อง นอกจากนี้ดัชนีที่มุ่งเน้นผู้ใช้ไฟที่ได้นำเสนอในบทความวิจัยนี้ยังสะท้อนให้เห็นถึงอุปกรณ์ที่มีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่จ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟจำนวนมาก ทำให้การวางแผนบำรุงรักษาของการไฟฟ้ามุ่งเน้นไปที่อุปกรณ์เหล่านี้ เพื่อตอบสนองต่อนโยบายปัจจุบันของการไฟฟ้าที่ให้ความสำคัญต่อผู้ใช้ไฟเป็นอันดับแรก

6. เอกสารอ้างอิง

- Allan, R.N., R. Billinton, I. Sjarief, L. Goel, and K.S. So. 1991. A Reliability Test System for Educational Purposes-Basic Distribution System Data and Results. **IEEE Transactions on Power Systems** 6 (2): 813-820.
- Alshahrani, S. and L. Hadidi. 2015. Implementing a Reliability-Centered Maintenance Model for a Power Distribution System: A Case Study in Saudi Arabia. *In International Conference 2015 on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*. Dubai.
- Brown, R. E. 2009. **Electric Power Distribution Reliability**. New York: CRC Press.

- Payman Dehghanian and Mahmud Fotuhi-Firuzabad. 2012. A Reliability-Oriented Outlook on the Critical Components of Power Distribution Systems. *In The 9th IET International Conference 2012 on Advances in Power System Control, Operation and Management (APSCOM)*. Hong Kong.
- Payman Dehghanian, Mahmud Fotuhi-Firuzabad, Farrokh Aminifar and Roy Billinton. 2013. A Comprehensive Scheme for Reliability Centered Maintenance in Power Distribution Systems-PartI: Methodology. **IEEE Transactions on Power Delivery**. 28 (2): 761-770.
- Payman Dehghanian, Mahmud Fotuhi-Firuzabad, Farrokh Aminifar and Roy Billinton. 2013. A Comprehensive Scheme for Reliability-Centered Maintenance in Power Distribution Systems- PartII: Numerical Analysis. **IEEE Transactions on Power Delivery**. 28 (2): 771-778.
- Billinton, R. and R. N. Allan. 1984. **Reliability Evaluation of Power Systems**. New York and London: Plenum Press.
- Yifei Wang, Cong Liu, Mohammad Shahidehpour and Chuangxin Guo. 2016. Critical Components for Maintenance Outage Scheduling Considering Weather Conditions and Common Mode Outages in Reconfigurable Distribution Systems. **IEEE Transactions on Smart Grid**. 7 (6): 2807-2816.

การพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง
THE DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION
ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (TEMS)

ชลธิศ เอี่ยมวรฤทธิกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : chonlathis.ei@spu.ac.th

ชวลิต มณีศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

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

ธรีณี มณีศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

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

กิตติกุล ปุณศรี

ผู้ช่วยอธิการบดีด้านบริหารทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาระบบบริการจัดการพลังงานในภาคขนส่ง สำหรับใช้ในโครงการสาธิตระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ประกอบการขนส่งสามารถนำระบบบริหารจัดการพลังงานไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงานอย่างยั่งยืน และเป็นต้นแบบมาตรฐานระบบการบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่งของประเทศต่อไป ซึ่งการพัฒนารอบคลุมการทบทวนข้อมูลและสถานะปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับระบบการบริหารจัดการพลังงานโดยเฉพาะในภาคขนส่ง ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อให้ได้รับความเห็นและประสบการณ์ที่หลากหลาย โดยพบว่าระบบการบริหารจัดการที่มีอยู่มีความสลับซับซ้อนไม่มุ่งเน้นด้านการใช้พลังงานในกระบวนการขนส่ง อีกทั้งผู้ประกอบการส่วนใหญ่ขาดการวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะด้านพลังงานในการขนส่ง ส่งผลให้ขาดแรงจูงใจในการบริหารจัดการ ติดตามควบคุม และปรับปรุงสมรรถนะการใช้เชื้อเพลิง

คำสำคัญ: ระบบบริการจัดการพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน การขนส่ง วงจรเคมี สมรรถนะด้านพลังงาน

ABSTRACT

This research work is to develop an energy management system to be used in the “Logistic and Transport Management Demonstration Project” operating by the Institute of Industrial Energy, The Federation of Thai Industries. The “Transportation Energy Management System” (TEMS) is developed, so it can be applied by business owners or organization managements as a guideline to sustainably improve energy performance in transportation operations. In addition, TEMS can be further developed as a prototype for national energy management standard in the future. The study involves the reviewing of present information regarding energy management methodologies used in transportation processes in Thailand and aboard. The reviewing processes also proceed through interviewing stake-holders, so information from various aspects can be gathered. It is found that the existing management standards is not designed specifically for energy management and relatively complicate for transportation processes practiced in Thailand. There is also a lack of systematic energy data collection and analysis in most organizations. As a result, the incentive to monitor and control of transportation energy usage for continuously improvement of energy performance is minimized.

KEYWORDS: Transportation, Energy Conservation, Energy Management System, Deming Cycle, Energy Performance

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558-2579 หรือ Energy Efficiency Plan 2015 (EEP 2015) ของประเทศไทย [1] มีวัตถุประสงค์ในการลดค่าความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) ของประเทศลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 หรือเทียบเท่าการลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายประมาณ 56,142 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ซึ่งมาตรการดำเนินงาน ครอบคลุมภาคเศรษฐกิจหลักต่างๆ ของประเทศ โดยเมื่อพิจารณาการดำเนินงานตามกรอบมาตรการอนุรักษ์พลังงานพบว่า ภาคขนส่งมีเป้าหมายผลประหยัดถึง 30,213 ktoe หรือคิดเป็นร้อยละ 58.4 ของผลประหยัดทั้งหมดตามแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยได้มีแนวทางดำเนินการที่ได้ระบุไว้นอกเหนือจาก กลยุทธ์การกำกับราคาเชื้อเพลิง การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในรถยนต์ และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานคมนาคมขนส่ง แล้วนั้น กลุ่มมาตรการส่งเสริมการบริหารจัดการการใช้รถบรรทุกและรถโดยสาร เป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยก่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจ โดยเฉพาะจากผู้ประกอบการขนส่งให้เกิดการดำเนินกิจการที่มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูงขึ้น โดยการสนับสนุนให้ความรู้และแนะนำมาตรการ ในการจัดการ ที่งาน เทคโนโลยี การขนส่ง และการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้เข้าใจและมีทักษะการขับขี่

ในปัจจุบันผู้ประกอบการบางส่วนอาจได้นำระบบการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดการพลังงาน ตามกฎกระทรวงภายใต้พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับอาคารและโรงงานควบคุม หรือมาตรฐานสากลต่างๆ เช่น ISO14001 และ ISO50001 ซึ่งเป็นระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงาน ตามลำดับ หรือมาตรฐานการจัดการการขนส่งอื่นๆ มาประยุกต์ใช้ หากแต่ส่วนใหญ่ยังจำกัดอยู่สำหรับประกอบการขนาดใหญ่ หรือผู้ประกอบการที่มีกระบวนการขนส่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตอื่นๆ นอกจากนี้ ระบบการจัดการใน

ด้านพลังงานไม่ได้ถูกออกแบบมาสำหรับกระบวนการขนส่งที่มีลักษณะการดำเนินงานเฉพาะตัว ทำให้ผู้ประกอบการขนส่งในประเทศส่วนใหญ่ยังไม่มีระบบการบริหารจัดการเพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเป็นแนวทางมาตรฐานเดียวกัน ที่จะส่งเสริมการบรรลุผลตามเป้าหมายของแผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศอย่างเป็นระบบ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อพัฒนาและจัดทำข้อกำหนด “ระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง (Transportation Energy Management System: TEMS)” ที่สามารถใช้เป็นคู่มือสำหรับผู้ประกอบการในภาคขนส่งนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการพลังงาน

(2) เพื่อเป็นต้นแบบมาตรฐานระบบการบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่งที่สามารถพัฒนานำไปประยุกต์ใช้สำหรับผู้ประกอบการขนส่งของประเทศในทุกระดับ

3. ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ถูกกำหนดขึ้นภายใต้ โครงการพัฒนาระบบบริการจัดการพลังงานในภาคขนส่ง (Transportation Energy Management System: TEMS) โดยมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม เป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการโครงการ เพื่อนำไปใช้ในการดำเนินงาน โครงการสาธิตระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง (Logistics Transport Management: LTM) ของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ภายใต้การสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เพื่อให้เกิดการพัฒนาและยกระดับระบบบริหารจัดการพลังงานภาคขนส่งของประเทศ โดยสามารถใช้เป็นคู่มือแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้ประกอบการขนส่ง นำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างสะดวกและยั่งยืน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

เมื่อพิจารณาผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด เช่น ด้านเจ้าของโครงการซึ่งได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยและการใช้งานต่อเนื่องในโครงการ LTM รวมไปถึงการสนับสนุนนโยบายภาครัฐ ด้านที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้นำระบบการจัดการพลังงานในภาคขนส่งไปประยุกต์ใช้งานกับผู้ประกอบการขนส่ง และด้านผู้ประกอบการที่เป็นผู้ได้รับผลกระทบโดยตรง โดยเฉพาะผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินงานตามข้อกำหนดของระบบอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบฯ ในประเด็นสำคัญดังแผนภาพที่ 1

บนพื้นฐานของแนวคิดดังกล่าว การพัฒนา TEMS ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ การทบทวนข้อมูลปัจจุบัน งานวิจัยและระบบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน การสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อกำหนดร่างของระบบบริหารจัดการในขั้นต้น และสุดท้ายคือการนำเสนอร่าง TEMS เพื่อให้ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียได้ระดมความคิดเห็นก่อนจัดทำคู่มือและเผยแพร่ TEMS ต่อผู้เกี่ยวข้องต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



- 1) เป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการ – ทำให้ผู้ประกอบการเห็นความสำคัญและนำระบบฯ ไปใช้งาน
- 2) สะดวกต่อการใช้ – ลดภาระและเรียนรู้ได้ง่าย
- 3) เป็นสากล – เพื่อบูรณาการเข้ากับระบบมาตรฐานสากลที่ผู้ประกอบการใช้งานอยู่เดิม
- 4) ชัดเจน – ไม่ต้องตีความและสร้างความสับสนในการใช้งาน
- 5) ยืดหยุ่น – ประยุกต์ใช้กับผู้ประกอบการขนส่งได้ทุกระดับ
- 6) สอดคล้องกับกฎกระทรวง – ไม่ขัดต่อกฎหมายหรือระเบียบที่เกี่ยวข้อง
- 7) เป็นประโยชน์เชิงนโยบายประเทศ – สนับสนุนแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558-2579

แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4.1 การทบทวนข้อมูล

การทบทวนข้อมูลของระบบการจัดการและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน โดยเฉพาะด้านขนส่งแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ประกอบด้วย

- **ระบบการจัดการ (Management System)** ได้แก่ ISO9001:2015 Quality Management System [2], ISO14001:2015 Environmental Management System [3], ISO50001 Energy Management System [4], มาตรฐานคุณภาพการบริการขนส่งด้วยรถบรรทุก (Q Mark) [5] และ มาตรฐาน G-Mark [6]

- **แนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practices)** ได้แก่ ระบบบริหารจัดการขนส่งเพื่อการประหยัดพลังงาน (Logistics and Transport Management: LTM) [7], โปรแกรมบริหารจัดการขนส่งเพื่อประหยัดพลังงาน (Logistics and Transport Management Application: LTMA) [8], ระบบการจัดการการขนส่ง (Transportation Management System: TMS) [9] และแนวทางการใช้พลังงานด้านขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพขององค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) [10]

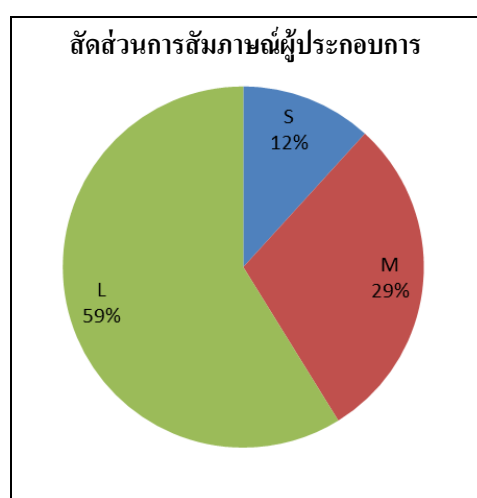
- **ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง (Regulations)** ได้แก่ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 รวมทั้งกฎกระทรวง ข้อกำหนดการจัดการพลังงาน คู่มือและเอกสารประกอบต่าง ๆ [11]

4.2 การสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรมคือ การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการขนส่งโดยตรง เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงปฏิบัติการ (Operations) ซึ่งมีผู้ที่เกี่ยวข้อง คือ ผู้ประกอบการขนส่ง 17 ราย โดยแบ่งจำนวนตามขนาดของกิจการเล็ก กลาง ใหญ่ โดยมีสัดส่วนดังแผนภาพที่ 2 ซึ่งมีผู้ประกอบการที่เคยได้รับรางวัล Thailand Energy Award รวมอยู่ด้วย 5 ราย และการสัมภาษณ์ผู้บริหารสมาคมที่เกี่ยวข้องด้านขนส่ง 5 สมาคม เพื่อให้ได้

ข้อมูลในเชิงกลยุทธ์ (Strategy) ที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับสมาชิกของแต่ละสมาคม โดยประเด็นสัมมนาและข้อมูลที่สำคัญ เช่น

- 1) กฎระเบียบ มาตรการ มาตรฐานหรือแนวทางบริหารจัดการพลังงาน หรือต้นทุนขนส่งที่ผู้ประกอบการใช้ในปัจจุบัน
- 2) ปัญหา อุปสรรค จุดเด่น และจุดด้อย ของผู้ประกอบการในด้านการจัดการพลังงานภาคขนส่ง
- 3) ข้อเสนอแนะแนวทางบริหารจัดการพลังงาน หรือการลดต้นทุนขนส่งในสถานประกอบการ
- 4) ข้อคิดเห็นของผู้ประกอบการ หากภาครัฐมีการจัดทำระบบการจัดการพลังงานในภาคขนส่ง
- 5) สิทธิประโยชน์ที่เคยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานรัฐ



Criteria for Identifying Size of Transport Company

ขนาดสถานประกอบการ	จำนวน	ร้อยละ
เล็ก (รถ 1-10 คัน)	280,384	99.7
กลาง (รถ 11-50 คัน)	718	0.25
ใหญ่ (รถมากกว่า 50 คันขึ้นไป)	135	0.05
รวม	281,237	100

Source: Transport Statistics Sub-Division, Planning Division (2009) [12]

แผนภาพที่ 2 สัดส่วนการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการแบ่งตามขนาดรถบรรทุก

4.3 การสัมมนาระดมความคิดเห็น

การสัมมนาระดมความคิดเห็นต่อร่างฯ ของ TEMS 2 ครั้ง ซึ่งเป็นส่วนของผู้ประกอบการจำนวน 56 คน และในส่วนของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ผู้แทนจากสภาอุตสาหกรรม ภาคเอกชน สมาคม และสถาบันการศึกษา รวมทั้งสิ้น 97 ท่าน

5. ผลการศึกษา

5.1 สรุปผลจากการทบทวนเอกสารข้อมูลเผยแพร่

จากการทบทวนระบบการจัดการ มาตรฐาน แนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องแล้วพบว่า ยังไม่มีแนวคิดใดที่นำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการพลังงานภาคขนส่งได้อย่างชัดเจน โดยสรุปดังตารางที่ 1-3 ซึ่งมักจะแสดงในรูปของระบบการจัดการที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานภาคขนส่งโดยตรง หรือแสดงในรูปของตัวอย่าง หรือแนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ แต่ไม่ได้สร้างระบบให้มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง หรือแสดงในรูปแบบการจัดการพลังงานตามกฎหมายซึ่งเน้นแต่เพียงอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ไม่ได้

ออกแบบกระบวนการสำหรับการจัดการพลังงานในกระบวนการขนส่งอย่างชัดเจน ดังนั้นการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานภาคขนส่ง จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

ตารางที่ 1 สรุปสาระสำคัญของมาตรฐาน/ระบบการจัดการ

มาตรฐาน/ ระบบการจัดการ	จุดเน้น	มุมมองเกี่ยวกับ การจัดการพลังงานภาคขนส่ง
ISO9001:2015	การตอบสนองความต้องการของลูกค้า ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือบริการ	มุมมองด้านการจัดการพลังงานไม่ได้เป็นสิ่งที่ลูกค้าส่วนใหญ่ต้องการ / เป็นความรับผิดชอบของผู้ประกอบการ
ISO14001:2015	การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมขององค์กร	ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกประเด็น ไม่ได้เน้นแต่ด้านพลังงานขนส่ง ซึ่งอาจไม่ใช่ประเด็นหลักที่ต้องดำเนินการลดตามระดับผลกระทบที่เกิดขึ้น
ISO50001:2011	การปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน	มีเป้าหมายที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง หากมีเกณฑ์และรูปแบบการดำเนินงานที่ซับซ้อนและใช้ต้นทุนสูงในการดำเนินการ ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับผู้ประกอบการขนส่งของประเทศที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างทั่วถึง
Q Mark	เกณฑ์การบริการขนส่งด้วยรถบรรทุก 5 ด้าน คือ องค์กรขนส่ง พนักงาน ยานพาหนะ และสภาพแวดล้อมภายนอก	การจัดการพลังงานเป็นเพียงหัวข้อย่อยในการประเมิน 1 หัวข้อ ขาดกระบวนการจัดการที่เป็นรูปธรรมและแนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
G-mark	“ความปลอดภัย” ในการขนส่งด้วยรถบรรทุก	เป็นระบบที่เน้นความปลอดภัยในการขนส่งเป็นหลัก โดยการจัดการการใช้เชื้อเพลิง หรือปริมาณพลังงานเป็นผลลัพธ์ทางอ้อม

ตารางที่ 2 สรุปสาระสำคัญของแนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ

แนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศ	จุดเน้น	มุมมองเกี่ยวกับการจัดการพลังงานภาคขนส่ง
LTM	มาตรการในการลดการใช้พลังงานด้านขนส่ง	ยังไม่ได้มุ่งเน้น มุมมองด้านระบบการจัดการตามหลัก PDCA เพื่อเป็นแนวทางการจัดการพลังงานให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หากเป็นการประยุกต์ใช้ Best Practices เพื่อการลดการใช้เชื้อเพลิงระหว่างการดำเนินงานโครงการ
LTMA	โปรแกรมรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้านขนส่ง	เป็นระบบสนับสนุนการเก็บบันทึกและประมวลผลข้อมูล สำหรับนำไปใช้ในการตัดสินใจเพื่อดำเนินงานต่างๆของกระบวนการขนส่ง รวมถึงการควบคุมการใช้เชื้อเพลิง
TMS	โปรแกรมสำหรับแก้ไขปัญหางานบริการขนส่ง	ระบบสารสนเทศเพื่อจัดการและแก้ปัญหาการให้บริการขนส่งและการดำเนินงาน
Best Practices IEA	ตัวอย่าง Best Practices ด้านการประหยัดพลังงานจากประเทศสมาชิก 29 ประเทศ	เป็น Best Practices ที่รายงานเกณฑ์อ้างอิงระดับนานาชาติ แต่ไม่ได้ระบุรายละเอียดในกระบวนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3 สรุปสาระสำคัญของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง	จุดเน้น	มุมมองเกี่ยวกับการจัดการพลังงานภาคขนส่ง
พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535	การจัดการพลังงานสำหรับโรงงานและอาคารควบคุม	เป็นระบบการจัดการพลังงานที่มุ่งเน้นสำหรับอาคารควบคุมและอุตสาหกรรมการผลิต หากยังขาดมุมมองด้านขนส่ง

5.2 สรุปผลจากความคิดเห็นของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

ผลจากการศึกษาพบว่า สถานประกอบการขนส่งในประเทศไทยมีขนาดที่หลากหลาย โดยมีรูปแบบการดำเนินธุรกิจ กระบวนการขนส่ง และมาตรการควบคุมการใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ทุกๆแห่งมีความตระหนักถึงความสำคัญของต้นทุนเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนสูงที่สุดในต้นทุนรวมของการขนส่ง การขนส่งจำนวนมากใช้ระบบการเหมาจ่ายค่าขนส่งแก่พนักงานขับตามระยะทาง หรือ น้ำหนักบรรทุก ดังนั้นความละเอียดในการบันทึกติดตามข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง ระยะทางเดินรถ และรวมถึงน้ำหนักบรรทุก จึงแตกต่างกันออกไปตามวัฒนธรรมการบริหารจัดการของแต่ละสถานประกอบการ อย่างไรก็ตามได้พบว่า ถึงแม้สถานประกอบการจะได้มีการบันทึกข้อมูลดังกล่าว แต่ส่วนใหญ่ยังขาดการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ทบทวน เพื่อสะท้อนถึงพฤติกรรมขนส่งที่จะทำให้สามารถนำมาตัดสินใจในการควบคุมปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเป็นผลให้ขาดแรงกระตุ้นในการ

บริหารจัดการ ติดตาม ควบคุม สมรรถนะทางด้านพลังงานของการขนส่งได้อย่างต่อเนื่อง การดำเนินงานทางด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือการควบคุมต้นทุนเชื้อเพลิง จึงคาดหวังจากการนำเทคโนโลยี ที่ได้รับทราบมาติดตั้งใช้งาน โดยขาดกระบวนการวิเคราะห์ติดตามผลอย่างต่อเนื่องเท่าที่ควรจะเป็น นอกจากนั้นผู้ประกอบการยังคงมีความต้องการ การสนับสนุนความรู้ด้านมาตรฐานการจัดการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีความสลับซับซ้อนในการดำเนินการ

5.3 ระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง

จากผลสรุปการศึกษาข้อมูล พบว่าในการการดำเนินงานภายในสถานประกอบการให้ประสบความสำเร็จนั้น ผู้ที่มีส่วนสำคัญที่สุดคือผู้นำขององค์กร ซึ่งในที่นี้คือเจ้าของกิจการหรือผู้บริหารสูงสุดในการขับเคลื่อน สนับสนุน ควบคุม และ พิจารณาติดตามผล อย่างไรก็ตามสิ่งที่กระตุ้น (Trigger) แก่ผู้บริหารขององค์กรให้มีความตระหนักและเกิดแรงผลักดันไปสู่การดำเนินงานคือ ข้อมูลและการวิเคราะห์ผลที่ต้องต่อเนื่อง โดยยังเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่สถานประกอบการส่วนใหญ่ยังคงไม่ได้มีการดำเนินการ ทำให้ผู้บริหารไม่ทราบถึงสถานการณ์ดำเนินงานของตนเองอย่างชัดเจน เป็นผลให้ขาดความตระหนักถึงประเด็นความเสี่ยงทางธุรกิจ และโอกาสในการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน

นอกจากนั้น การกำหนดดัชนีชี้วัดที่เหมาะสม จะทำให้สามารถชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานของการดำเนินงานการขนส่งได้ชัดเจน สามารถนำมาใช้ประกอบในการกำหนดแผนมาตรการปฏิบัติการ เพื่อการปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยต้องมีการติดตามสรุปผลการดำเนินงาน เพื่อเป็นการประเมินผลสำเร็จหรือข้อผิดพลาดจากการดำเนินงาน ซึ่งผลที่ได้นั้นต้องรายงานกลับต่อผู้บริหารสูงสุด เพื่อพิจารณาและนำไปสู่การสั่งการให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องต่อไป

องค์ประกอบหลักทั้ง 3 องค์ประกอบข้างต้น (ผู้บริหาร การวิเคราะห์ข้อมูล การดำเนินงาน) เป็นหัวใจในการขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการปรับปรุงทางด้านพลังงานหรือการดำเนินงานกิจกรรมต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้องค์ประกอบทั้ง 3 สามารถขับเคลื่อนไปได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเนื่องเป็นระบบ จำเป็นต้องมีองค์ประกอบอื่นๆ มาเชื่อมโยง เพื่อเป็นการประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ในการวางแผน (Plan) การดำเนินงาน (Do) การตรวจติดตาม (Check) และ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Action) หรือ กระบวนการ P-D-C-A ที่เป็นไปตามหลักสากล สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการเชื่อมโยงในแต่ละกระบวนการที่ก่อให้เกิดการคงอยู่ของระบบ และนำไปสู่การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เป็นระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง (Transportation Energy Management System: TEMS) ที่พัฒนาขึ้นสำหรับโครงการนี้ ตามวงล้อคุณภาพโดยกำหนดให้มี 8 ข้อกำหนด ดังแสดงในแผนภาพที่ 3 คือ



- ข้อกำหนดที่ 1) การประเมินระบบเบื้องต้น
 ข้อกำหนดที่ 2) ความรับผิดชอบและหน้าที่
 ข้อกำหนดที่ 3) นโยบายด้านพลังงาน
 ข้อกำหนดที่ 4) ทบทวนวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลังงาน
 ข้อกำหนดที่ 5) เป้าหมายและแผนการปรับปรุง
 ข้อกำหนดที่ 6) การดำเนินการ และติดตามผล
 ข้อกำหนดที่ 7) ประเมินระบบการจัดการและแก้ไข
 ข้อกำหนดที่ 8) การทบทวนของผู้บริหาร

แผนภาพที่ 3 วงล้อคุณภาพระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง

ในการพัฒนา TEMS สามารถดำเนินงานไปตามลำดับของข้อกำหนด โดยการประเมินระบบเบื้องต้นในข้อกำหนดที่ 1 เป็นการดำเนินการเมื่อองค์กรเริ่มมีการพัฒนาระบบมาใช้เป็นครั้งแรกเพื่อให้ทราบถึงสถานะภาพโดยรวมขององค์กร ในการบริหารจัดการที่เป็นอยู่ เพื่อให้ผู้บริหารสามารถเข้าใจถึงจุดเด่นจุดด้อยขององค์กรในภาพรวม นอกจากนั้นองค์กรต้องกำหนดหน้าที่และผู้รับผิดชอบให้ชัดเจน และ ระบุนโยบายในการดำเนินงานเพื่อแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหารในการปรับปรุงสมรรถนะทางด้านการพลังงานขององค์กรให้เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินธุรกิจ ที่บุคลากรขององค์กรตระหนักถึงและพร้อมปฏิบัติตาม ตามข้อกำหนดที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

การบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ทราบถึงสมรรถนะทางด้านการพลังงานขององค์กรจากค่าดัชนีชี้วัดที่เหมาะสม เพื่อใช้ประเมินนัยสำคัญในการปรับปรุงได้อย่างถูกต้อง นำไปสู่การเสาะหาและระบุมাত্রการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นตามแนวทางดำเนินงานใน ข้อกำหนดที่ 4 ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงสมรรถนะทางด้านการพลังงานขององค์กร และจัดทำรายละเอียดแผนดำเนินงานทั้งทางด้านเทคนิคและการพัฒนาบุคลากรตามกระบวนการที่ระบุไว้ในข้อกำหนดที่ 5 และ ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติตามที่ระบุไว้ใน ข้อกำหนดที่ 6 เพื่อการวัดติดตามผลที่เกิดขึ้น

กระบวนการตรวจประเมินระบบ หรือ Internal Audit ตามข้อกำหนดที่ 7 เพื่อให้แน่ใจว่าระบบบริการจัดการพลังงานที่นำมาใช้ได้มีการดำเนินงานครบถ้วนถูกต้อง และการคงอยู่ของระบบบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อดำเนินการครบถ้วนทุกข้อกำหนดแล้ว ผลสรุปการดำเนินงานต่างๆ ให้รายงานต่อผู้บริหารสูงสุดขององค์กรพิจารณาตามแนวทางใน ข้อกำหนดที่ 8 เพื่อสั่งการปรับปรุงการดำเนินงานให้เกิดการพัฒนาต่อเนื่องในรอบกระบวนการต่อไป โดยจะวนกลับมาในข้อกำหนดที่ 2

ปัจจุบัน TEMS ได้รับการเผยแพร่ผ่านการสัมมนาแก่ผู้ประกอบการขนส่งใน ภูมิภาคทั่วประเทศพร้อมกับการให้คำปรึกษาในผู้ประกอบการขนส่งรวม 100 ราย ในโครงการสาธิตระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง (Logistics transportation management: LTM) ของสถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เพื่อการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงานภาคขนส่ง โดยเอกสารคู่มือสรุปแนวทางการพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่งสามารถ download ได้จาก link <http://bit.ly/1SaYceJ>

6. สรุปผลการวิจัย

บนพื้นฐานของข้อมูลจากศึกษา และข้อเสนอแนะจากการสัมภาษณ์และการระดมความคิดเห็น จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่งซึ่งประกอบด้วยข้อกำหนดหลัก 8 ข้อกำหนด ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยยึดแนวคิดหลักเพื่อให้เป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการในการปรับปรุงสมรรถนะทางด้านพลังงาน และลดต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่ง มีความชัดเจนและสะดวกต่อการใช้งาน ที่สามารถยืดหยุ่นสามารถปรับให้เหมาะสมกับลักษณะการดำเนินงานของผู้ประกอบการขนส่งได้ทุกระดับ หากแต่ยังคงความเป็นสากล ที่มีความสอดคล้องตามหลักการมาตรฐานบริหารคุณภาพ (Quality Assurance) และข้อกำหนดด้านระบบการจัดการพลังงานของประเทศที่มีอยู่ รวมถึงมีแนวทางสำหรับการได้มาซึ่งข้อมูลทางด้านพลังงานในภาคการขนส่ง ซึ่งเริ่มมีการเผยแพร่และทดลองใช้ระบบอย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรมแล้ว

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นผลการศึกษาภายใต้โครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง สำหรับใช้ในโครงการสาธิตระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง ซึ่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ได้รับมอบหมายจาก สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยให้เป็นที่ปรึกษาดำเนินงานศึกษาวิจัยโครงการฯ โดยมีสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เป็นเจ้าของโครงการ และได้รับสนับสนุนงบประมาณจาก กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

8. เอกสารอ้างอิง

กรมการขนส่งทางบก. 2559. คู่มือมาตรฐานคุณภาพบริการการขนส่งด้วยรถบรรทุก. แหล่งที่มา:

http://www.thaitruckcenter.com/qmark/Qmark_General.aspx#, 10 มีนาคม 2559

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558. คู่มือฝึกอบรมผู้ตรวจสอบการจัดการพลังงาน. กรุงเทพฯ:

กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน. 2552. เกณฑ์การแบ่งขนาดสถานประกอบการขนส่ง. กรุงเทพฯ:

กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. 2559. แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558-2579. แหล่งที่มา:

<http://www.enconfund.go.th/pdf/index/eeep2015.pdf>, 1 เมษายน 2559

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม. 2559ก. โครงการสาธิตระบบบริหารจัดการพลังงานในภาคขนส่ง. แหล่งที่มา:

<http://www.ltmthailand.net/project.php?menu=project>, 1 เมษายน 2559

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม. 2559ข. โครงการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการขนส่งเพื่อการ

ประหยัดพลังงาน. แหล่งที่มา: http://www.iie.or.th/iie2016/preserve_detail.php?preserve_id=53, 1

เมษายน 2559

International Energy Agency. 2016. **TRANSPORT ENERGY EFFICIENCY**. Retrieved April 1, 2016, from

website: <http://www.oracle.com/us/products/applications/jd-edwards-enterpriseone/transportation-mgmt-system-pres-1741024.pdf>.

Japan Trucking Association. 2016. **G-mark**. Retrieved March 10, 2016, from website:

http://www.jta.or.jp/tekiseika/pdf/gmark_ninushi.pdf.

ORACLE. 2016. **Transportation Management System**. Retrieved April 1, 2016, from website:

<http://www.oracle.com/us/products/applications/jd-edwards-enterpriseone/transportation-mgmt-system-pres-1741024.pdf>.

The International Organization for Standardization. 2011. **ISO 50001:2011 Energy management systems -- Requirements with guidance for use**.

The International Organization for Standardization. 2015a. **ISO9001:2015 Quality Management System - Requirements**.

The International Organization for Standardization. 2015b. **ISO 14001:2015 Environmental management systems -- Requirements with guidance for use**.

ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อแบคทีเรียพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิवालิสและการคลอดที่ผิดปกติ

THE RELATIONSHIP BETWEEN *PORPHYROMONAS GINGIVALIS* AND ABNORMAL DELIVERY

อรรดพล ปัญญาญ

นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะทันตแพทยศาสตร์ ภาควิชาปริทันตวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: monkey.in.bone@gmail.com

ปิยะนุช เพิ่มพานิช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะทันตแพทยศาสตร์ ภาควิชาปริทันตวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: tweetyoot@hotmail.com

สุพัตรา แสงอินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ ภาควิชาปริทันตวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail: supatra.s@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการรายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างโรคปริทันต์กับโรคทางระบบต่างๆ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างโรคปริทันต์และภาวะคลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ โดยมุ่งเป้าหมายไปที่การตรวจหาเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิवालิสในช่องปากและเนื้อเยื่อรกของหญิงตั้งครรภ์ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาประกอบด้วยหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ 15 รายและกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ 15 ราย ทำการเก็บเนื้อเยื่อรกหลังคลอด เก็บคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือก และตรวจเก็บข้อมูลสถานะปริทันต์ จากนั้นนำเนื้อเยื่อรกและคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกมาสกัดดีเอ็นเอ และนำไปทดสอบการพบเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิवालิส ด้วยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ส ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกและเนื้อเยื่อรกกับการคลอดที่ผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

คำสำคัญ: โรคปริทันต์, คลอดก่อนกำหนด, เด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์, พอร์ไฟโรโมนัส จิงจิवालิส

ABSTRACT

Currently, the results from many studies suggest that periodontal disease is associated with many systemic diseases. The aim of this study was to assess the relationship between periodontal disease and preterm birth and or low birth weight in new born baby. The purpose of this study was to identify the presence of

Porphyromonas gingivalis which is significant to the periodontal disease in subgingival plaques and placental tissues. Subjects in this study included 15 pregnant with normal birth and 15 pregnant who had preterm birth and or low birth weight infant delivery. Placental tissue and subgingival plaque were collected. Periodontal status was recorded. Placental tissue and subgingival plaque were processed for DNA extraction and *Porphyromonas gingivalis* was detected using with polymerase chain reaction using specific primers. The results show no statistical relationship between the presence of *Porphyromonas gingivalis* in subgingival plaque and placenta tissue and abnormal delivery. ($P > 0.05$)

KEYWORDS: Periodontal disease, Preterm, Low birth weight, *Porphyromonas gingivalis*

1. บทนำ

เชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิส (*Porphyromonas gingivalis*) เป็นแบคทีเรียที่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับพยาธิกำเนิดโรคปริทันต์อักเสบ (Socransky *et al.* 1998) โดยมีปัจจัยก่อโรค (virulence factor) ที่สามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Kato *et al.* 2014) และมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์สลายโปรตีน (proteinase) ในการทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ (Travis *et al.* 1997) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อปริทันต์ที่ล้ำจนฟันและส่งผลให้เกิดการสูญเสียฟัน เชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิสนอกจากจะก่อให้เกิดโรคปริทันต์แล้วยังมีความสัมพันธ์กับพยาธิกำเนิดโรคทางระบบอื่นๆ ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด (Beck *et al.* 1998) โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (Detert *et al.* 2010) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Mealey *et al.* 2008) และการคลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ (Ide *et al.* 2013) มีการศึกษาแสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความผิดปกติของระยะเวลาการตั้งครรภ์ (gestation period) และการพบเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์กับการติดเชื้อจุลินทรีย์บริเวณช่องคลอดและท่อนำไข่ (McDonald *et al.* 1991) อีกทั้งมีการศึกษารายงานว่าการติดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคปริทันต์โดยเฉพาะเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิส สามารถทำให้เกิดอุบัติการณ์ความเสี่ยงดังกล่าวได้ (Romero *et al.* 2001 & Offenbacher *et al.* 2006) Collins และคณะ (1994) ได้รายงานว่ เชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิสและสารสื่อกลางการอักเสบต่างๆ (inflammatory mediators) สามารถแพร่ผ่านจากร่องเหงือกผ่านระบบหลอดเลือด (vascular system) ไปยังรก (placenta) และตัวอ่อนในครรภ์ (fetus) ของหนูแฮมสเตอร์ ส่งผลกระทบต่อการครบกำหนดคลอดและน้ำหนักตัวอ่อนในครรภ์หนูแฮมสเตอร์ที่ผิดปกติไป Offenbacher และคณะ (1998) ได้ทำการวัดระดับสารพรอสตาแกลนดิน (prostaglandins) และไซโตไคน์ (cytokines) ชนิดอินเตอร์ลิวคินวันเบต้า (interleukin-1 β) ในน้ำเหลืองเหงือก พร้อมกับวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในร่องเหงือกของหญิงตั้งครรภ์ การศึกษาพบว่าปริมาณสารสื่อกลางการอักเสบอินเตอร์ลิวคินวันเบต้าและพรอสตาแกลนดินในน้ำเหลืองเหงือกสูงในหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนด และพบว่าหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดจะมีเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิสในร่องเหงือกมากกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ León และคณะ (2007) ตรวจพบเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิสในน้ำคร่ำของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนด โดยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ Barak และคณะ (2007) ได้รายงานถึงการพบเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิสในเนื้อเยื่อรกของหญิงตั้งครรภ์ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าครรภ์เป็นพิษ (preeclampsia) Chaparro และคณะ (2013) ตรวจพบเชื้อพอร์ไฟโรโมนัส จิงจิวัลลิสในเนื้อเยื่อรก

ของหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงและครรภ์เป็นพิษในช่วงตั้งครรภ์ Katz และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษารกของหญิงตั้งครรภ์ด้วยวิธีอิมมูโนฮิสโตเคมี (Immunohistochemistry) สามารถตรวจพบเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในเนื้อเยื่อรกของหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดมากกว่าเนื้อเยื่อรกจากหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ Swati และคณะ (2012) ได้รายงานการพบเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ได้เหงือกและในเนื้อเยื่อรกของหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงในช่วงตั้งครรภ์มากกว่าหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตปกติในช่วงตั้งครรภ์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อก่อโรคปริทันต์และการคลอดที่ผิดปกติโดยตั้งสมมุติฐานดังนี้

1. พบความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ได้เหงือกและเนื้อเยื่อรกกับการคลอดที่ผิดปกติ

2. ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ จะตรวจพบเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ได้เหงือกและเนื้อเยื่อรกมากกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ได้เหงือกและในเนื้อเยื่อรกกับการคลอดที่ผิดปกติ

2. เพื่อการเปรียบเทียบการตรวจพบเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ได้เหงือกและในเนื้อเยื่อรกระหว่างกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์และกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย คือ หญิงตั้งครรภ์ที่ฝากครรภ์และจะคลอด 30 ราย ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพศูนย์อนามัยที่ 1 (โรงพยาบาลแม่และเด็ก) อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ตัวอย่างของการศึกษาแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ 15 ราย และหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ 15 ราย ซึ่งมีเกณฑ์การจัดกลุ่มการศึกษาอ้างอิงจากเกณฑ์การวินิจฉัยขององค์การอนามัยโลก ดังนี้ (Offenbacher *et al.* 1998)

แบบที่ 1 จำแนกการเกิดตามอายุที่อยู่ในครรภ์มารดา

1. การคลอดก่อนกำหนด (Preterm labor) หมายถึง การคลอดทารกก่อนอายุครรภ์ 37 สัปดาห์
2. การคลอดตามกำหนด (Full term or Mature labor) หมายถึง การคลอดทารกที่มีอายุครรภ์ตั้งแต่ 37 สัปดาห์ถึง 41 สัปดาห์

แบบที่ 2 จำแนกการเกิดตามน้ำหนักแรกคลอดของทารก

1. เด็กน้ำหนักแรกคลอดต่ำกว่าเกณฑ์ (Low birth weight infant) โดยมีน้ำหนักแรกคลอดน้อยกว่า 2,500 กรัม
2. เด็กน้ำหนักแรกคลอดปกติ (Normal birth weight infant) คือ น้ำหนักแรกคลอดมากกว่า 2,500 กรัม

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยและคัดออกจากการวิจัย

1. ข้อกำหนดในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการศึกษา (Inclusion criteria) มีดังนี้

- 1.1 มีอายุ 20 – 35 ปี
- 1.2 มีฟันอย่างน้อย 20 ซี่ในช่องปากยกเว้นฟันปลอมซี่ที่ 3
- 1.3 ไม่พบภาวะตั้งครรภ์แบบแฝด
- 1.4 ไม่มีประวัติการคลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์

2. ข้อกำหนดในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการศึกษา (Exclusion criteria) มีดังนี้

- 2.1 เคยได้รับการรักษาโรคปริทันต์มาก่อนหน้าอย่างน้อย 6 เดือน
- 2.2 เคยได้รับการรักษาด้วยยา เช่น ยาประเภทสเตียรอยด์ ยาปฏิชีวนะ ยาต้านการอักเสบชนิดไม่ใช้สเตียรอยด์ ภายในระยะเวลา 3 เดือนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
- 2.3 เป็นโรคทางระบบและมีปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ที่ทำให้มีโอกาสคลอดก่อนกำหนดได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น
- 2.4 มีประวัติสูบบุหรี่และดื่มแอลกอฮอล์ระหว่างการตั้งครรภ์
- 2.5 มีอายุน้อยกว่า 20 ปีและมากกว่า 35 ปี

การตรวจสถานะปริทันต์ (periodontal status)

ในช่วงเวลาฝากครรภ์ก่อนหญิงตั้งครรภ์จะคลอดและภายหลังหญิงตั้งครรภ์คลอดภายใน 1 - 7 วัน ทำการตรวจสถานะปริทันต์โดยใช้เครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe) ชนิด PCP-UNC 15 (Hu-friedy, Chicago, Illinois) ในฟันทุกซี่ ยกเว้นฟันปลอมซี่สุดท้าย (third molars) วัดร่องลึกปริทันต์ ระดับเหงือกกร่น ระดับการสูญเสียการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์ ระดับเลือดออกหลังโพรบ และระดับคราบจุลินทรีย์โดยใช้ดัชนีวัดระดับคราบจุลินทรีย์ อ้างอิงจาก Silness และ Loe ในปี 1964

การเก็บตัวอย่างคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือก (subgingival plaque)

หลังจากตรวจสถานะปริทันต์ 1 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกในตำแหน่งที่พบร่องลึกปริทันต์ที่ลึกที่สุดในแต่ละควอดรนต์ (quadrant) ของหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดแต่ละราย กันน้ำลายในตำแหน่งที่จะเก็บตัวอย่างด้วยผ้าก๊อชปลอดเชื้อ กำจัดคราบจุลินทรีย์เหนือเหงือกด้วยความระมัดระวังไม่ทำอันตรายเหงือก เป่าลมเบาๆ ให้แห้ง สอดแท่งกระดาษซับ (paper point) ที่ปราศจากเชื้อ 2 แท่ง ลงในร่องลึกปริทันต์จนสุดและรู้สึกถึงแรงต้านของส่วนลึกสุดของร่องลึกปริทันต์ ทิ้งไว้ 20 วินาที นำแท่งกระดาษซับใส่ไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างปลอดเชื้อ (Eppendorf tube) ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่บรรจุ sterile phosphate buffer saline (PBS) ปริมาณ 500 ไมโครลิตร ตัวอย่างคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกจะถูกเก็บรวมกัน (pooled subgingival plaque) นำตัวอย่างคราบจุลินทรีย์เก็บไว้ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป

การเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อรก (placenta tissue)

พยาบาลวิชาชีพประจำห้องคลอดใช้มีดผ่าตัดเบอร์ 15 ตัดเนื้อเยื่อรกภายหลังคลอด ในตำแหน่งที่ใกล้กับทารก 1 ชิ้น และตำแหน่งที่ใกล้กับหญิงตั้งครรภ์ 1 ชิ้น ล้างเนื้อเยื่อรกด้วยน้ำเกลือ (normal saline solution) และวางบนผ้าก๊อช (gauze) เพื่อซับน้ำเกลือออกก่อนนำไปใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างและเก็บรักษาไว้ในกล่องเก็บความเย็น จากนั้นทันตแพทย์ผู้วิจัยจะนำเนื้อเยื่อรกด้านใกล้กับทารกและด้านใกล้กับหญิงตั้งครรภ์มาตัดให้มีขนาด 1

ลูกบาศก์เซนติเมตร นำเนื้อเยื่อที่ได้ไปใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างปลอดเชื้อขนาด 1.5 มิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการสกัดดีเอ็นเอและวิเคราะห์ต่อไป

การตรวจหาเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิส ด้วยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์

สกัดดีเอ็นเอของเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในเนื้อเยื่อรกและคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือก โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอของ QIAamp® DNA Mini Kit (Qiagen®, Valencia, CA, USA) ตามขั้นตอนที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ตรวจหาเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิส ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ โดยมีไพรเมอร์ที่ใช้เป็นยีนในส่วน 16S rRNA ของเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิส และไพรเมอร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับยีน 16S rRNA ของเชื้อแบคทีเรียทั่วไป (ubiquitous bacteria) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลไพรเมอร์สำหรับตรวจหายีน 16S rRNA ของเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิส และไพรเมอร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับยีน 16S rRNA ของแบคทีเรียทั่วไป (Ashimoto *et al.* 1996)

Periodontal pathogens	Primer pairs (5' – 3')	Base position (amplicon length in bp)
<i>P. gingivalis</i>	AGG CAG CTT GCC ATA CTG CG ACT GTT AGC AAC TAC CGA TGT	729 - 1,132 (404)
Ubiquitous primer	GAT TAG ATA CCC TGG TAG TCC AC CCC GGG AAC GTA TTC ACC G	786 - 1,387 (602)

อ้างอิงวิธีดำเนินการตามการศึกษาของ Ashimoto และคณะ (1996) วิเคราะห์ผลผลิตของปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์และบันทึกภาพด้วยเครื่องถ่ายภาพพร้อมโปรแกรมวิเคราะห์ภาพรุ่น UVP Auto-Chemi and Software Labwork 4.5 (AC1 Auto Darkroom Set-up & Operating Instruction, UK)

ชุดควบคุมผลบวก (positive control) ใช้การอ้างอิงดีเอ็นเอของเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิส สายพันธุ์ ATCC 33277 ชุดควบคุมผลลบ (negative control) ได้แก่ น้ำกลั่น (sterile deionized water)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for Social Science (SPSS) version 23.0 การวิเคราะห์จะใช้สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความถี่ของปริทันต์ ระดับเหงือก การสูญเสียการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์ ดัชนีคราบจุลินทรีย์ ระดับเลือดออกหลังโพรบ ระหว่างกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติและกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ โดยใช้สถิติพารามตริก Independent t-Test เมื่อมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ และสถิตินอนพารามตริก Mann-Whitney U Test เมื่อมีการกระจายของข้อมูลไม่ปกติ กำหนดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

หาความสัมพันธ์การตรวจพบเชื้อฟอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกและเนื้อเยื่อรก ระหว่างกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติและกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ โดยใช้สถิติ Fisher's exact test กำหนดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

4. ผลการวิจัย

กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติมีระยะเวลาตั้งครรภ์เฉลี่ยคลอดที่ 38.733 ± 0.961 สัปดาห์ กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มีระยะเวลาตั้งครรภ์เฉลี่ยคลอดที่ 34.666 ± 3.132 สัปดาห์ จากสถิติแบบนอนพารามตริก Mann-Whitney U Test พบว่า กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ มีระยะเวลาดังครรถ์น้อยกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.000$) (ตารางที่ 2)

น้ำหนักเด็กแรกเกิดของทารกกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติเท่ากับ 3199.733 ± 219.101 กรัม น้ำหนักเด็กแรกเกิดของทารกกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ เท่ากับ 2732.333 ± 593.861 กรัม จากสถิติ Independent t-Test พบว่า น้ำหนักเด็กแรกเกิดของทารกกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์น้อยกว่าน้ำหนักเด็กแรกเกิดของทารกกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.008$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลระยะเวลาตั้งครรภ์ น้ำหนักเด็กแรกคลอดและการตรวจสภาวะปริทันต์ของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลการคลอดและการตรวจ สภาวะปริทันต์	หญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตาม เกณฑ์ปกติ (15 ราย)	หญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อน กำหนดและหรือเด็กแรกเกิด น้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ (15 ราย)	P-value
1. ระยะเวลาตั้งครรภ์ (สัปดาห์)	38.733 ± 0.961	34.666 ± 3.132	0.000
2. น้ำหนักเด็กแรกคลอด (กรัม)	3199.733 ± 219.101	2732.333 ± 593.861	0.008
3. ความลึกร่องลึกปริทันต์ (มม.)	2.517 ± 0.369	3.016 ± 0.444	0.002
4. ระดับเหงือกกร่น (มม.)	0.064 ± 0.268	-0.242 ± 0.417	0.024
5. การสูญเสียการยึดเกาะของอวัยวะ ปริทันต์ (มม.)	1.292 ± 0.201	1.387 ± 0.142	0.149
6. ระดับเลือดออกหลังโพรบ (%)	64.456 ± 24.086	87.476 ± 19.935	0.010
7. ระดับคราบจุลินทรีย์	1.846 ± 0.572	2.295 ± 0.703	0.127

กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติมีความลึกร่องลึกปริทันต์เฉลี่ย 2.517 ± 0.369 มิลลิเมตร ระดับเหงือกกร่น 0.064 ± 0.268 ระดับการสูญเสียการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์เฉลี่ย 1.292 ± 0.201 มิลลิเมตร ระดับคราบจุลินทรีย์เฉลี่ย 1.846 ± 0.572 กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มีความลึกร่องลึกปริทันต์เฉลี่ย 3.016 ± 0.444 มิลลิเมตร ระดับเหงือกกร่น -0.242 ± 0.417 ระดับการสูญเสียการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์เฉลี่ย 1.387 ± 0.142 มิลลิเมตร ระดับคราบจุลินทรีย์เฉลี่ย 2.295 ± 0.703 จากการเปรียบเทียบทางสถิติ Independent t-Test พบว่า ความลึกร่องลึกปริทันต์และระดับเหงือกกร่นของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ

เปรียบเทียบกับกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ ($P = 0.002$ และ $P = 0.024$) (ตารางที่ 2) และพบว่า การสูญเสียการยึดเกาะอวัยวะปริทันต์และระดับคราบจุลินทรีย์ของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.149$ และ $P = 0.127$) (ตารางที่ 2)

กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติมีระดับเลือดออกหลังโพรบ 64.456 ± 24.086 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มีระดับเลือดออกหลังโพรบ 87.476 ± 19.935 เปอร์เซ็นต์ จากการเปรียบเทียบสถิตินอนพาราเมตริก Mann-Whitney U Test พบว่า ระดับเลือดออกหลังโพรบของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ ($P = 0.010$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการตรวจพบติเอ็นเอเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสโดยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส

ผลการตรวจติเอ็นเอเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิส	หญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ	หญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์	P-value
1. คราบจุลินทรีย์ใต้เหงือก	73.3% (11)	86.7% (13)	0.651
2. เนื้อเยื่อเยื่อ	53.3% (8)	86.7% (13)	0.109

ตรวจพบติเอ็นเอเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกจากกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ 73.3% (11 ราย) หญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ 86.7% (13 ราย) จาก Fisher's exact test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบติเอ็นเอเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกและความผิดปกติของการคลอดของหญิงตั้งครรภ์ ($P = 0.651$) (ตารางที่ 3)

ตรวจพบติเอ็นเอเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในเนื้อเยื่อเยื่อในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ 53.3% (8 ราย) หญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ 86.7% (13 ราย) จาก Fisher's exact test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบติเอ็นเอเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสในเนื้อเยื่อเยื่อและความผิดปกติของการคลอดของหญิงตั้งครรภ์ ($P = 0.109$) (ตารางที่ 3)

5. อภิปรายผล

แม้รายงานการวิจัยของ Krisanaprakornkit และคณะ (2003) ได้เสนอว่าร่องลึกปริทันต์ที่มีความลึกมากกว่าจะสามารถตรวจพบเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสได้ง่าย แต่จากงานวิจัยนี้พบว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งมีร่องลึกปริทันต์ที่ลึกมากกว่ากลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติ แต่ไม่สามารถตรวจพบติเอ็นเอของเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสได้มากกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ โดยทั้งสองกลุ่มการศึกษาพบระดับความรุนแรงของโรคปริทันต์น้อย และจากหลักฐานการวิจัยของ Kawada และคณะ (2004) ที่ได้รายงานถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างจำนวนเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิवालิสและร่องลึกปริทันต์ เมื่อร่องลึกปริทันต์เพิ่มขึ้นทุก 1 มิลลิเมตร จะมีโอกาสพบเชื้อมากขึ้นประมาณ 10 เท่า

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ 0.61 จากข้อมูลการวิจัยนี้ ความลึกร่องลึกปริทันต์ระหว่างกลุ่มแม้จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในทางคลินิกพบความแตกต่างเพียง 0.5 มิลลิเมตรเท่านั้น จึงอาจเป็นเหตุผลที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในการตรวจพบเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสได้เหงือก การศึกษาของ Froner และคณะ (2006) ได้อ้างอิงถึงการติดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคปริทันต์ในกระแสเลือดภายหลังการเคี้ยวอาหารและการแปรงฟัน ซึ่งสามารถอธิบายถึงเส้นทางความเป็นไปได้ในการตรวจพบเชื้อก่อโรคปริทันต์ในเนื้อเยื่อของหญิงตั้งครรภ์ได้ การศึกษาที่สนับสนุนว่าเชื้อก่อโรคปริทันต์สามารถแพร่ผ่านกระแสเลือดไปยังอวัยวะอื่นๆ ในผู้ป่วยโรคทางระบบ ได้แก่ การศึกษาของ Martinez และคณะ (2009) ที่สามารถตรวจพบดีเอ็นเอของเชื้อก่อโรคปริทันต์ในเลือดและน้ำไขข้อของผู้ป่วยโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ การศึกษาที่ตรวจพบดีเอ็นเอเชื้อก่อโรคปริทันต์ในแผ่นคราบอุดฟันหลอดเลือดหัวใจ (atheromatous plaque) (Haraszthy *et al.* 2000) การศึกษาทั้งในสัตว์ทดลองและในมนุษย์อ้างอิงว่า เชื้อก่อโรคปริทันต์และเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสสามารถทำให้เกิดความผิดปกติต่อตัวอ่อนในครรภ์และกำหนดการคลอดได้ โดยมีผลโดยตรงจากชีวพิษภายในและผลทางอ้อมผ่านการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Bélangier *et al.* 2008, Chaparro *et al.* 2013) ซึ่งการวิจัยนี้ถึงแม้จะไม่พบความสัมพันธ์ของเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสจากคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกและเนื้อเยื่อรกกับการคลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ทางสถิติก็ตาม แต่ก็สามารถพิสูจน์ได้ว่าเชื้อก่อโรคปริทันต์ชนิดนี้ซึ่งพบได้ง่ายในช่องปากสามารถตรวจพบได้ในเนื้อเยื่อรกเช่นกัน

6. สรุปผลการวิจัย

1. ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสในคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกและเนื้อเยื่อรกกับการคลอดที่ผิดปกติ
2. สามารถตรวจพบเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสในคราบจุลินทรีย์ใต้เหงือกและเนื้อเยื่อรกของกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดตามเกณฑ์ปกติและกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่คลอดก่อนกำหนดและหรือเด็กแรกเกิดน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม

7. ข้อเสนอแนะ

1. จากชุดข้อมูลในตารางจะเห็นถึงแนวโน้มความสัมพันธ์ของเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสในเนื้อเยื่อรกกับการคลอดที่ผิดปกติ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนประชากรในทั้งสองกลุ่มการศึกษาอาจช่วยให้สามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จึงจิวาลิสในเนื้อเยื่อรกกับการคลอดที่ผิดปกติทางสถิติที่ชัดเจนขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- Socransky S, Haffajee A, Cugini M, Smith C, Kent R. 1998. Microbial complexes in subgingival plaque. *Journal of clinical periodontology*. 25(2):134-44.
- Kato H, Taguchi Y, Tominaga K, Umeda M, Tanaka A. 2014. *Porphyromonas gingivalis* LPS inhibits osteoblastic differentiation and promotes pro-inflammatory cytokine production in human periodontal ligament stem cells. *Archives of oral biology*. 59(2):167-75.

- Travis J, Pike R, Imamura T, Potempa J. 1997. *Porphyromonas gingivalis* proteinases as virulence factors in the development of periodontitis. **Journal of periodontal research**. 32(1):120-5.
- Beck JD, Offenbacher S, Williams R, Gibbs P, Garcia R. 1998. Periodontitis: a risk factor for coronary heart disease? **Annals of periodontology**. 3(1):127-41.
- Detert J, Pischon N, Burmester G, Buttgereit F. 2010. The association between rheumatoid arthritis and periodontal disease. **Arthritis Research and Therapy**. 12(5):218.
- Mealey BL, Rose LF. 2008. Diabetes mellitus and inflammatory periodontal diseases. **Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity**. 15(2):135-41.
- Ide M, Papapanou PN. 2013. Epidemiology of association between maternal periodontal disease and adverse pregnancy outcomes—systematic review. **Journal of clinical periodontology**. 40(s14).
- McDonald H, O'LOUGHLIN J, Jolley P, Vigneswaran R, McDonald P. 1991. Vaginal infection and preterm labour. **BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology**. 98(5):427-35.
- Romero R, Gómez R, Chaiworapongsa T, Conoscenti G, Cheol Kim J, Mee Kim Y. 2001. The role of infection in preterm labour and delivery. **Paediatric and perinatal epidemiology**. 15(s2):41-56.
- Offenbacher S, Boggess KA, Murtha AP, Jared HL, Lief S, McKaig RG, et al. 2006. Progressive periodontal disease and risk of very preterm delivery. **Obstetrics & Gynecology**. 107(1):29-36.
- Collins J, Windley Hr, Arnold R, Offenbacher S. 1994. Effects of a *Porphyromonas gingivalis* infection on inflammatory mediator response and pregnancy outcome in hamsters. **Infection and immunity**. 62(10):4356-61.
- Offenbacher S, Jared H, O'reilly P, Wells S, Salvi G, Lawrence H, et al. 1998. Potential pathogenic mechanisms of periodontitis-associated pregnancy complications. **Annals of periodontology**. 3(1):233-50.
- León R, Silva N, Ovalle A, Chaparro A, Ahumada A, Gajardo M, et al. 2007. Detection of *Porphyromonas gingivalis* in the amniotic fluid in pregnant women with a diagnosis of threatened premature labor. **Journal of periodontology**. 78(7):1249-55.
- Barak S, Oettinger-Barak O, Machtei EE, Sprecher H, Ohel G. 2007. Evidence of periopathogenic microorganisms in placentas of women with preeclampsia. **Journal of periodontology**. 78(4):670-6.
- Chaparro A, Blanlot C, Ramirez V, Sanz A, Quintero A, Inostroza C, et al. 2013. *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola* and toll-like receptor 2 are associated with hypertensive disorders in placental tissue: a case–control study. **Journal of periodontal research**. 48(6):802-9.
- Katz J, Chegini N, Shiverick K, Lamont R. 2009. Localization of *P. gingivalis* in preterm delivery placenta. **Journal of dental research**. 88(6):575-8.
- Swati P, Thomas B, Vahab SA, Kapaettu S, Kushtagi P. 2012. Simultaneous detection of periodontal pathogens in subgingival plaque and placenta of women with hypertension in pregnancy. **Archives of gynecology and obstetrics**. 285(3):613-9.

- Ashimoto A, Chen C, Bakker I, Slots J. 1996. Polymerase chain reaction detection of 8 putative periodontal pathogens in subgingival plaque of gingivitis and advanced periodontitis lesions. **Oral microbiology and immunology**. 11(4):266-73.
- Krisanaprakornkit S, Khongkhunthian S, Chotipanich T, Umpriwan R. 2003. The pilot study of association between the quantities of five periodontopathic pathogens and the levels of periodontal pocket depth. **J Dent Assoc Thai**. 53(5-6):391-405.
- Kawada M, Yoshida A, Suzuki N, Nakano Y, Saito T, Oho T, et al. 2004. Prevalence of *Porphyromonas gingivalis* in relation to periodontal status assessed by real-time PCR. **Oral Microbiol Immunol**. 19(5):289-92.
- Forner L, Larsen T, Kilian M, Holmstrup P. Incidence of bacteremia after chewing, tooth brushing and scaling in individuals with periodontal inflammation. 2006. **Journal of clinical periodontology**. 33(6):401-7.
- Martinez-Martinez RE, Abud-Mendoza C, Patiño-Marin N, Rizo-Rodríguez JC, Little JW, Loyola-Rodríguez JP. 2009. Detection of periodontal bacterial DNA in serum and synovial fluid in refractory rheumatoid arthritis patients. **Journal of clinical periodontology**. 36(12):1004-10.
- Haraszthy V, Zambon J, Trevisan M, Zeid M, Genco R. 2000. Identification of periodontal pathogens in atheromatous plaques. **Journal of periodontology**. 71(10):1554-60.
- Bélanger M, Reyes L, Von Deneen K, Reinhard MK, Progulske-Fox A, Brown MB. 2008. Colonization of maternal and fetal tissues by *Porphyromonas gingivalis* is strain-dependent in a rodent animal model. **American journal of obstetrics and gynecology**. 199(1):86.

การดำรงอยู่ของการแพทย์พื้นบ้านจังหวัดปทุมธานี
THE EXISTENCE OF INDIGENOUS MEDICINE IN
PATUMTHANI PROVINCE

ณมานพ แก้วกล้า

อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: mangaw007@hotmail.com

ภาวิณี เส็งสันต์

อาจารย์ประจำ วิทยาลัยการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: pavinee.s@rsu.ac.th

ธนศ พงศ์ธีรรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: tanett.p@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยการดำรงอยู่ของการแพทย์พื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (qualitative research) มีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามแพทย์พื้นบ้าน 17 คนในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี การแพทย์พื้นบ้านปทุมธานีประกอบด้วย หมอพระ หมอพิธีกรรม หมอรักษากระดูกหัก หมอเป่ารักษาโรคผิวหนัง หมอดูแลเด็กและสตรีหลังคลอด หมอนวดรักษาเส้นเอ็นและหมอรักษาอัมพฤกษ์ อัมพาต กระบวนการเรียนรู้ด้านการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้านด้วยถ่ายทอดองค์ความรู้จากบรรพบุรุษ ครู อาจารย์ ยึดหลักการปฏิบัติตนตามจรรยาบรรณวิชาชีพ ดูแลผู้ป่วยเต็มความสามารถโดยไม่หวังสิ่งตอบแทน และใช้พืชสมุนไพรทั้งหมด 52 ชนิดเป็นยาตำรับและสมุนไพรเดี่ยวเพื่อดูแลสุขภาพผู้ป่วย แนวทางการพัฒนาการแพทย์พื้นบ้านให้ยั่งยืนต้องให้มีถ่ายทอดภูมิปัญญาการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้านไทยและส่งเสริมให้มีการรักษาสุขภาพของผู้ป่วยในชุมชนด้วยการแพทย์พื้นบ้านอย่างจริงจัง

คำสำคัญ: การแพทย์พื้นบ้าน การดำรงอยู่

ABSTRACT

In order to Existence of Indigenous Medicine in Patumthani province. The depth interview data is from 17 purposive sampling of traditional healers in 7 districts. The Indigenous Medicine are classified into 7 types.; monks, master of rituals and traditional healers specialized in broken bone, blowing skin disease, child and

postpartum care, tendon cure and paralysis cure. The knowledge had been transferred from ancestor and teachers. They practice with traditional healer ethics and good care, without any asking in return. The 52 herbs were found in fomulars and individual used. The Knowledge transfer to their linages will keep traditional healers with Patumthani for long.

KEY WORDS: Indigenous Medicine, Existence

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ภูมิปัญญาชาวบ้านที่ต่อสู้เพื่อการอยู่รอดจากการเจ็บป่วยโดยผ่านการสังเกต การทดลองอย่างมีระบบ จากรุ่นก่อนสู่รุ่นหลังและพัฒนาเป็นการแพทย์ดั้งเดิมหรือการแพทย์แผนโบราณ (Traditional medicine) ที่มีการแลกเปลี่ยนกับการแพทย์อื่น ๆ แบบผสมผสาน เช่น การแพทย์อายุรเวทของอินเดีย การแพทย์จีน เป็นต้น กลายเป็นการแพทย์แผนไทย (Thai Traditional medicine) ต่อมาจนปัจจุบัน โดยมีหมอพื้นบ้าน (Folk Healer) เป็นกลไกที่มีชีวิตสืบทอดวัฒนธรรมการดูแลสุขภาพในลักษณะแบบองค์รวมตลอดมา ประเภทหมอพื้นบ้านแบ่งได้ 2 ประเภทคือ หมอพื้นบ้านที่มีพื้นฐานมาจากการประกอบอาชีพประจักษ์ของมนุษย์ได้แก่ หมอยาสมุนไพร หมอกระดูกหมอรักษาโรคเฉพาะ เป็นต้น และหมอพื้นบ้านที่มีความเชื่อในเรื่องอำนาจเหนือธรรมชาติและไสยศาสตร์ ได้แก่ หมอผี หมอธรรม หมอส่อง หมอพิธีกรรมต่าง ๆ เป็นต้น (ขงศักดิ์ ดันติปัญญ และคณะ, 2543)

การแพทย์พื้นบ้านไทย (Thai Indigenous Medicine) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย พ.ศ. 2542 ว่า การดูแลสุขภาพกันเองในชุมชนแบบดั้งเดิม จนกลายเป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิต เกี่ยวข้องกับความเชื่อ พิธีกรรม วัฒนธรรม ประเพณี และทรัพยากรที่แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่นและเป็นที่ยอมรับของชุมชนนั้น

ปัจจุบันองค์การอนามัยโลก (WHO) ยอมรับการแพทย์แบบองค์รวม (การแพทย์ดั้งเดิม) มากขึ้น และกระตุ้นให้มีการพัฒนานำระบบการแพทย์ดั้งเดิมเข้าสู่ระบบการดูแลสุขภาพของประชากรโลกเป็นสำคัญ (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2544) และประเทศไทยได้บรรจุหลักการนี้เข้าสู่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2521–2524) เป็นต้นมา ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขได้จัดตั้งกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกที่ประกอบด้วยสำนักงานการแพทย์พื้นบ้านที่ทำหน้าที่ผลักดันพัฒนาระบบการแพทย์พื้นบ้านให้เป็นที่รู้จักแก่สังคม และเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้ป่วยมากขึ้นอย่างเช่น การจัดงานสมุนไพรแห่งชาติ การสัมมนาการแพทย์พื้นบ้าน และการจัดทำเว็บไซต์ (website) เพื่อเป็นฐานข้อมูลไว้สำหรับผู้สนใจจะศึกษาองค์ความรู้

การแพทย์พื้นบ้านของชาวปทุมธานี ซึ่งได้มีรายงานว่ามีการใช้สมุนไพรที่รักษาโรคตามโบราณ สมุดข่อย การจดจำจากผู้รู้ ตลอดจนการใช้คาถา หรือบทสวดสรรเสริญพระพุทธรูปเพื่อรักษาผู้ป่วย สถานที่ใช้ประกอบการรักษาผู้ป่วยคือวัด เช่น วัดน้ำวน วัดเจดีย์หอย และบ้านพักของหมอพื้นบ้าน เพื่อการรักษาโรคได้แก่ โรคกระดูก และรักษาโรคอื่นๆ ด้วยสมุนไพร เป็นต้น

ปัจจุบันจังหวัดปทุมธานีประกอบด้วย 7 อำเภอได้แก่ อำเภอเมืองปทุมธานี อำเภอสамโคก อำเภอลาดหลุมแก้ว อำเภอลำลูกกา อำเภอธัญบุรี อำเภอลองหลวงและอำเภอหนองเสือ ก็ได้พบว่าอำเภอลำลูกกาจะมีชุมชนไทยมุสลิมหนาแน่น ส่วนอำเภอสามโคกเป็นชุมชนไทยรามัญเป็นหลัก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544) ส่วนอำเภออื่น ๆ เป็นประชากรที่อพยพเข้ามาประกอบอาชีพจากหลายภูมิภาคเพื่อประกอบอาชีพ เนื่องจากปทุมธานีเป็นชุมชนที่สำคัญทางเศรษฐกิจและมีการบริโภควัฒนธรรมตามแบบของสังคมเมืองทั่ว ๆ ไป สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี (สสจ.) ได้มีการสำรวจพื้นบ้านเพื่อเสนอเป็นผู้ทรงคุณวุฒิของจังหวัดพบจำนวน 44 คน โดยแบ่งเป็น หมอไฮสาศสตร์ หมอยาสมุนไพรหมอนวดประคบสมุนไพร หมอนวดฝ่าเท้าและหมออื่นๆ (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี, 2551)

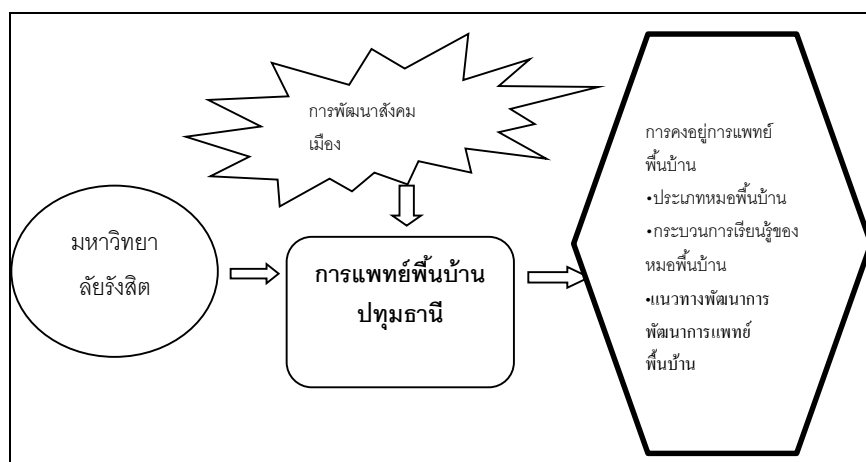
ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ต้องการศึกษาการดำรงอยู่ของการแพทย์พื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีที่มีภูมิปัญญาการแพทย์และพืชสมุนไพรเป็นเอกลักษณ์ของตนเองตามวัฒนธรรมที่คงอยู่ในปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สืบค้นและสำรวจเพื่อรวบรวมหมอพื้นบ้านที่มีภูมิปัญญาทางการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้านในจังหวัดปทุมธานี
2. ศึกษากระบวนการเรียนรู้หรือการส่งสมภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้าน โดยเฉพาะวิธีการรักษาและการใช้พืชสมุนไพรพื้นบ้านของหมอพื้นบ้านในจังหวัดปทุมธานี
3. เพื่อเสนอแนวทางการสนับสนุนกำลังคนด้านหมอพื้นบ้านให้เป็นส่วนหนึ่งของระบบบริการสาธารณสุข

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จังหวัดปทุมธานีมีการใช้องค์ความรู้การแพทย์พื้นบ้านในการดูแลสุขภาพมาแต่ดั้งเดิม ปัจจุบันจัดเป็นพื้นที่เขตปริมณฑลได้รับอิทธิพลจากการพัฒนาสังคมเมือง เช่น การพัฒนาทางการศึกษา การคมนาคม วัตถุด้านอุปโภค บริโภค เป็นต้น การแพทย์พื้นบ้านจะเปลี่ยนแปลงหรือคงอยู่ด้านประเภทและความชำนาญของหมอพื้นบ้าน กระบวนการเรียนรู้ของหมอพื้นบ้านด้านยาสมุนไพรและแนวทางการพัฒนาการแพทย์พื้นบ้านควรจะเป็นอย่างไร



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4.วิธีดำเนินการวิจัย

4.1แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้การศึกษาเชิงคุณภาพ (qualitative research) มีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบพหุวิธีในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรหมอบ้านของปทุมธานีจากการสำรวจของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี (สสจ.) มีทั้งหมดประมาณจำนวน 44 คน และได้เลือกกลุ่มตัวอย่างหมอบ้านจำนวน 17 คน และผู้ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้การแพทย์พื้นบ้าน 2 คนในพื้นที่ 7 อำเภอในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอสามโคก อำเภอลาดหลุมแก้ว อำเภอลำลูกกา อำเภอธัญบุรี อำเภอลองหลวง อำเภอหนองเสือ

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างหมอบ้าน มีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้

1. เป็นผู้ที่ทำให้การดูแลสุขภาพประชาชนในชุมชนด้วยภูมิปัญญาการแพทย์และ สมุนไพร พื้นบ้านไทยในท้องถิ่นมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี
2. สืบทอดความรู้จากบรรพบุรุษ
3. มีผู้ป่วยมาใช้บริการเป็นที่ยอมรับ
4. เป็นผู้ที่ยินดีให้ข้อมูลต่อการวิจัย

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์และสังเกตในเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์พื้นบ้าน แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วย 1. ข้อมูลส่วนตัว 2. การเรียนรู้ด้านการแพทย์ 3. แนวความคิดเกี่ยวกับการเกิดเจ็บป่วย 4. โรคที่ชำนาญในการรักษา 5. วิธีการวินิจฉัยและการรักษาโรค 6. การหาความรู้เพิ่มเติม 7. การให้การพยาบาล 8. ข้อเสนอแนวคิดเกี่ยวกับอาชีพหมอบ้าน 9. ข้อเสนอแนะแนวทางร่วมกันพัฒนาการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์แผนไทย

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ค้นคว้าจากข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
2. การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพได้แก่ สัมภาษณ์แบบเจาะลึกหมอบ้าน สัมภาษณ์ผู้ที่มีหน้าที่จัดการความรู้ด้านการแพทย์แผนไทย และสัมภาษณ์ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพประชาชนในชุมชน

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้อาจจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกและการสังเกตการแบบไม่มีส่วนร่วมผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็น 1) ประเภทและความชำนาญในการรักษาโรคของหมอบ้าน 2) ขบวนการเรียนรู้ด้านการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้าน 3) รวบรวมแนวทางพัฒนาการแพทย์พื้นบ้านจากหมอบ้านแล้วจึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทั้งระบบเพื่อหาการคงอยู่ของการแพทย์พื้นบ้านของจังหวัดปทุมธานี

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยการดำรงอยู่ของการแพทย์พื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (qualitative research) มีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามแพทย์พื้นบ้าน 17 คนในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี

หมอพื้นบ้านปทุมธานีประกอบด้วย หมอพระ (สมุนไพรรักษาโรค รักษากระดูกหัก) หมอพิธีกรรม (ศาสตร์สอไบพลู รักษาโรคผิวหนัง (งูสวัด เริม) รักษาพิษสุนัขบ้า) หมอรักษากระดูกหัก หมอเป่ารักษาโรคผิวหนัง (งูสวัด เริม) หมอเด็กและสตรีหลังคลอด หมอนวดรักษาเส้นเอ็น (นวดจับเส้น) และหมออัมพฤกษ์อัมพาต (การเหยียบเหล็กแดง) หมอพื้นบ้านทุกประเภทใช้สมุนไพรรักษาโรค

กระบวนการเรียนรู้ด้านการแพทย์พื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้จากบรรพบุรุษครู อาจารย์ ด้วยการปฏิบัติตนอยู่รยาบรรณวิชาชีพดูแลผู้ป่วยเต็มความสามารถโดยไม่หวังสิ่งตอบแทน และใช้สมุนไพรรักษา 52 ชนิดเป็นยาตำรับและสมุนไพรรักษาสำหรับดูแลสุขภาพของผู้ป่วย

แนวทางการพัฒนาการแพทย์พื้นบ้านภาครัฐต้องส่งเสริมให้มีการถ่ายทอดภูมิปัญญาการแพทย์และสมุนไพรรักษาพื้นบ้านไทยตลอดจนเปิดโอกาสให้แพทย์พื้นบ้านมีบทบาทในการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยในสังคมไทยอย่างจริงจังเพื่อให้องค์ความรู้การแพทย์พื้นบ้านคงอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป

6. อภิปรายผล

เอกลักษณ์ที่โดดเด่น ของหมอพื้นบ้านของจังหวัดปทุมธานีเป็นหมอพระ หมอพิธีกรรม และหมอรักษากระดูกหัก ปรากฏจากการสังเกตการณ์การรักษาและพบข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกแล้วพบว่าผู้มีผู้ป่วยหนาแน่นและความหนาแน่นของผู้ป่วยนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของสังคมชุมชน ได้แก่ ผู้ป่วยกระดูกหักที่เกิดจากอุบัติเหตุการจับชี่ยานพาหนะและผ่านการรักษาจากสถานพยาบาลมาแล้ว สำหรับ ผู้ป่วยเรื้อรังที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่ไม่ถูกหลักโภชนาการในที่สุดก็เกิดโรคเช่น เบาหวาน อัมพฤกษ์ อัมพาต เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผู้ป่วยที่รักษาโดยกระบวนการทางพิธีกรรมมีทั้งการป่วยด้วยโรคที่ทราบสาเหตุการเกิดและโรคที่เกิดโดยไม่ทราบสาเหตุและแพทย์พื้นบ้านที่เป็นทั้งพระสงฆ์และเป็นฆราวาสจะใช้ความรู้ทั้งด้านยาสมุนไพรรักษา และหลักพุทธคุณเข้ามาช่วยในการบำบัดอาการเจ็บป่วยด้วย เช่นเดียวกับวิทยานิพนธ์ของพระมหาธานี นันทิวสาร (2540) เรื่องบทบาทของพระสงฆ์กับการรักษาสุขภาพ : กรณีศึกษาพระครูจันทคุณวัฒน์ วัดน้ำวน ตำบลบางคูเดื่อ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี พบว่าพระสงฆ์กลายเป็นหมอพระเพราะอยู่ท่ามกลางผู้รู้วิชาแพทย์พื้นบ้านและหมอพระกับชุมชนมีความสัมพันธ์และส่งเสริมกัน นอกจากนี้ยังพบหมอรักษาพิษหมาบ้ากัดแต่ปัจจุบันไม่รักษาแล้วเนื่องจากมีคำสั่งจากทางราชการเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับประชากร อย่างไรก็ตามหากไม่มีแพทย์พื้นบ้านอย่างนี้อยู่ในชุมชนคงจะมีผู้คนเป็นโรคกลัวน้ำมากในอดีตก็ได้

หมอรักษาเส้นเอ็นที่นวดจับเส้นและเหยียบเหล็กแดงรักษาอัมพฤกษ์ อัมพาตและหมอเป่าหรือหมอพื้นรักษาโรคผิวหนัง (งูสวัด เริม สุกใส) เป็นกลุ่มแพทย์พื้นบ้านที่มีสอดคล้องตามราชันี จันทรเกศและคณะ (2552) วิเคราะห์ข้อมูลจากหมอพื้นบ้านในส่วนภูมิภาคของประเทศไทยจำนวน 38,830 คน พบว่าหมอพื้นบ้านมีความชำนาญในกลุ่มรักษาอาการโรคปวดเมื่อยร่างกาย กล้ามเนื้อ กลุ่มรักษากระดูกหัก ฟกช้ำ ไฟลามทุ่ง อีสุกอีใส กลุ่มพิธีการบายศรีสู่ขวัญ สะเดาะเคราะห์ ดูหมอ กลุ่มโรคกระดูก กลุ่มโรคกระเพาะอาหาร ปวดท้อง ท้องเฟ้อ กลุ่ม

โรคติดเชื้อทางทวาร กลุ่มรักษาไขหวัด ไข้ทับระดู กลุ่มโรคตาแดง กลุ่มโรคอัมพฤกษ์ อัมพาตและโรคเบาหวาน ตามลำดับ

หมอดูแลสุขภาพของเด็กและสตรีหลังคลอดนั้นปรับเปลี่ยนลดบทบาทจากหมอดำเฝ้าที่มีการทำคลอดแบบดั้งเดิมเหลือเพียงการดูแลหรือแนะนำวิธีการอยู่ไฟ การห้ามกินของแสลง การอาบน้ำหลังคลอดที่ถูกต้อง การประคบ การกินยาสมุนไพรและมีเด็กและสตรีหลังคลอดส่วนน้อยเท่านั้นที่ยอมรับกระบวนการรักษาแบบดังกล่าวเป็นกรณีที่น่าสนใจพบในพื้นที่ปทุมธานีเนื่องจากปัจจุบันจะไม่มีมีการคลอดด้วยหมอดำเฝ้าแบบดั้งเดิมแต่คลอดด้วยวิธีการคลอดสมัยใหม่ในโรงพยาบาลหรือสถานอนามัย เด็กและสตรีหลังคลอดส่วนใหญ่จึงไม่ได้รับการดูแลสุขภาพแบบดั้งเดิม เนื่องจากภาวะการประกอบอาชีพหรือขาดความเชื่อถือในกระบวนการดูแลสุขภาพแม่หลังคลอดแบบดั้งเดิมและพบอาการป่วยของแม่ที่ไม่ดูแลสุขภาพหลังคลอดเกิดขึ้นภายหลังได้ เช่น เป็นไข้ เมื่อมีภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เป็นต้น และหมอพื้นบ้านคนเดียวกันนี้สามารถกวาดคอเด็ก กวาดซางได้ด้วยเหตุผลข้างเป็นต้นเหตุของโรคภูมิแพ้ที่เป็นโรคที่พบมากของเด็กในสังคมเมือง ตลอดจนสามารถนวดรักษากรรภ์หรือนวดร่างกายคนทั่ว ๆ ไปได้อีกด้วย หากภาครัฐสนับสนุนนำภูมิปัญญาการดูแลเด็กและสตรีแบบดั้งเดิมกลับมาใช้ในสถานพยาบาลหรือแนะนำผู้ป่วยให้เข้าใจและหันมาดูแลสุขภาพก็จะไม่เกิดปัญหาในภาพรวมเช่นปัจจุบัน เพราะภูมิปัญญาการดูแลสตรีหลังคลอดดั้งเดิมหรือหมอดำเฝ้านั้นเป็นกระบวนการคอยดูแลทั้งแม่และลูกที่เกิดใหม่อย่างเอาใจใส่ทั้งให้ใช้สมุนไพรรักษาแผลภายนอกภายในแนะนำการดูแลสุขภาพ แนะนำด้านอาหารเพื่อสุขภาพของแม่แข็งแรงรวดเร็วขึ้นผลิตน้ำนมที่มีคุณภาพให้ลูกได้ดื่มสร้างภูมิป้องกันตัวเองต่อไป ตลอดจนแพทย์พื้นบ้านเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาคอยให้คำแนะนำให้แม่ที่คลอดใหม่คลายความหวาดกลัววิตกกังวล เป็นต้น แต่ปัจจุบันขาดกระบวนการรักษาแบบนี้เกือบจะหมดไปจากสังคมไทย

กระบวนการเรียนรู้ด้านการแพทย์พื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้จากบรรพบุรุษครู อาจารย์ ด้วยการปฏิบัติตนอยู่จรรยาบรรณวิชาชีพดูแลผู้ป่วยเต็มความสามารถโดยไม่หวังสิ่งตอบแทน สอดคล้องอรรถัย รวยอาจิณและกาญจนา แก้วเทพ (2523) ศึกษาบทบาทของหมอแผนโบราณในการพัฒนาสาธารณสุขไทย พบว่าหมอแผนโบราณมีรายได้ต่ำ มูลเหตุที่สนใจเป็นหมอเพราะมีความเลื่อมใสและเห็นคุณค่าบรรพบุรุษเป็นหมอ ศึกษาด้วยตนเองจากตำรา ค้นคว้าทดลองและศึกษาเพิ่มเติมจากอาจารย์

หมอพื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีทุกประเภทใช้สมุนไพรประกอบการรักษาผู้ป่วย โดยใช้สมุนไพรทั้งหมด 52 ชนิดเพื่อดูแลสุขภาพผู้ป่วยแบ่งเป็นพืชสมุนไพรสำหรับเด็กและสตรีหลังคลอด 22 ชนิดและสมุนไพรสำหรับรักษาอาการอื่น ๆ 30 ชนิด ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของหมอแต่ละประเภท

การพัฒนาการพื้นบ้านมีปัญหามานานนับร้อยปีเสาวภา พรศิริพงษ์และคณะ (2538) ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการพัฒนาการผลิตบุคลากรทางกายการแพทย์แผนไทยพบว่า ระบบการแพทย์แผนไทย การแพทย์พื้นบ้านขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพราะกฎหมายการประกอบโรคศิลปะ พ.ศ. 2460 เมื่อมีการเปิดให้มีการเรียนการสอนเพื่อยกระดับให้เป็นที่ยอมรับ จะพบปัญหาองค์ความรู้ขาดการตรวจสอบไม่สามารถพัฒนาวิธีการรักษาพยาบาลให้มีประสิทธิภาพยิ่ง ๆ ขึ้นได้การวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการแพทย์พื้นบ้านภาครัฐต้องส่งเสริมให้มีการถ่ายทอดภูมิปัญญาการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้านไทยตลอดจนเปิดโอกาสให้หมอพื้นบ้านมีบทบาทในการดูแลสุขภาพของประชาชนในสังคมไทยอย่างจริงจังเพื่อให้องค์ความรู้การแพทย์พื้นบ้านคงอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป

สำหรับข้อมูลที่ได้จากผู้ที่เกี่ยวข้องกับหมอพื้นบ้านนั้นน่าสนใจกรณีที่มีการนวดแบบออกนอกสถานที่ ซึ่งอยู่ในความดูแลของหน่วยงานกระทรวงมหาดไทยนั้น เป็นสิ่งที่ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องทบทวน เพราะจะทำให้องค์ความรู้ในการนวดรักษาโรคได้รับผลกระทบในอนาคต นอกจากนี้พบว่าอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) มีความรู้ด้านสมุนไพรพื้นบ้านดีพอสมควรเนื่องจากเป็นผู้สนใจด้านสมุนไพร หากมีการส่งเสริมให้ อสม. ได้เรียนรู้เพิ่มเติมจากหมอพื้นบ้านเท่ากับการพัฒนาความรู้ด้านสมุนไพรหรือยาสมุนไพรจากหมอพื้นบ้านเข้าสู่ระบบสุขภาพได้อีกทางหนึ่งที่ได้ผลมากที่สุดก็ได้ เพราะ อสม.เป็นผู้ที่ทำหน้าที่สื่อสารให้ประชากรในชุมชนเข้าใจและเอาใจใส่ต่อสุขภาพ ดังนั้นการที่จะทำให้ประชาชนเข้าใจต่อองค์ความรู้การแพทย์พื้นบ้านนั้นคงเป็นไปได้อย่างแน่นอน

จากการวิจัยครั้งนี้หมอพื้นบ้านทุกประเภทที่อยู่ในจังหวัดปทุมธานี ไม่ว่าจะเป็นคนในพื้นที่หรือผู้ที่เคลื่อนย้ายมาจากถิ่นอื่นเพื่อประกอบอาชีพก็ตามก็เป็นหมอที่มีเอกลักษณ์ของตนเองเมื่อมาอาศัยอยู่ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีที่ถือว่าเป็นเมืองที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์มาอาศัยอยู่เพื่อดำรงชีพและทำหน้าที่ดูแลผู้ป่วยให้มีสุขภาพดีงานวิจัยนี้ก็คือว่า หมอพื้นบ้านเหล่านั้นส่งเสริมให้เกิดเอกลักษณ์ของการแพทย์พื้นบ้านที่ยังคงอยู่ของจังหวัดปทุมธานีทั้งสิ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) หมอพื้นบ้านในจังหวัดปทุมธานียังมีองค์ความรู้ความหลากหลายและนับวันจะลดจำนวนลง ควรมีการประชาสัมพันธ์องค์ความรู้ด้านการแพทย์พื้นบ้านควรได้รับการส่งเสริมและเผยแพร่ต่อไปอย่างมีความสำคัญและเป็นวาระแห่งชาติเพื่อดำรงและพัฒนาให้มีผลต่อการนำภูมิปัญญาการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้านมาเป็นหลักในการดูแลสุขภาพของประชาชนในประเทศไทยในอนาคต

(2) แนะนำพืชสมุนไพร 52 ชนิดที่หมอพื้นบ้าน ได้ผ่านการรับรองเพื่อใช้ดูแลสุขภาพของประชาชนอื่นต่อไปหรือนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่เนื่องจากระยะเวลาและงบประมาณควรทำการศึกษาหมอพื้นบ้านที่มีเอกลักษณ์เด่นแต่ละท่านให้ละเอียดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้นที่จะสามารถรณางค์ความรู้ขึ้นมาเพื่อการศึกษาอย่างเป็นระบบ เช่น การรวบรวมความรู้ที่จัดเป็นตำราในการเรียนการสอนในระบบการศึกษา การพัฒนาการรักษาผู้ป่วยในทางคลินิก และเข้าสู่ระบบสุขภาพในสถานพยาบาล เป็นต้น นอกจากนี้ความซับซ้อนของภูมิปัญญาด้านการแพทย์ไทยโดยเฉพาะหมอพื้นบ้านที่เป็นหมอพิธีกรรม (หมอไสยศาสตร์ หมอยาสมุนไพร หมอกระดูก) ที่แสดงถึงความเป็นเอกลักษณ์ของหมอพื้นบ้านจังหวัดปทุมธานีนั้นมีศิลปะในตัวเองต้องใช้เวลาในการศึกษามากกว่านี้

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบพระคุณหมอพื้นบ้านทุกท่านที่กรุณาให้สัมภาษณ์เพื่อรวบรวมข้อมูลภูมิปัญญาการแพทย์และสมุนไพรพื้นบ้านวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี เจ้าหน้าที่สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี
องค์การบริหารส่วนตำบล กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำชุมชนที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลต่อการวิจัย ตลอดจนแนะนำ
การติดต่อหอผู้ป่วย

ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัย ผู้ช่วยวิจัยภาคสนามทุกท่าน

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิตที่อุดหนุนการวิจัย

ขอขอบคุณบุคลากรในสังกัดวิทยาลัยการแพทย์แผนตะวันออกและบุคลากรในสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัย
รังสิตทุกท่านให้ความช่วยเหลืองานวิจัยนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ, **วัฒนธรรม พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ เอกลักษณ์และภูมิปัญญา**.จังหวัดปทุมธานี,
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ, 2544.

ยงศักดิ์ ดันติปัญญ และคณะ, **การสังเคราะห์องค์ความรู้สู่การปฏิรูประบบสุขภาพ การพัฒนาระบบการแพทย์
ทางเลือกในระบบสุขภาพไทย**, กรุงเทพฯ, 2543.

รัชนิ จันทรเกษ ประพจน์ เกตุราศและวิชัย จันทรกิตติวัฒน์, **สถานการณ์ในส่วนภูมิภาคของไทย:สถานการณ์
การแพทย์พื้นบ้าน การแพทย์แผนไทย การแพทย์ทางเลือก**, ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 มิถุนายน 2552.

สถาบันการแพทย์แผนไทย สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, **การแพทย์พื้นบ้านกับการ
ดูแลสุขภาพ**, โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, กรุงเทพฯ, 2544.

เสาวภา พรศิริพงษ์และคณะ, **สถานภาพและทิศทางการวิจัยการแพทย์แผนไทย**, โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหาร
ผ่านศึก, กรุงเทพฯ, 2538.

อรทัย รวยอาจินและกาญจนา แก้วเทพ, **บทบาทของแพทย์แผนโบราณในการพัฒนาสาธารณสุขไทย**, คณะ
สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 2523

เตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดการเกิดโรคแผลกดทับ SMART AIR BED TO REDUCE THE BEDSORE

วชิรา กันหนองขาม

wachira.kun@spulive.net

ศรินทร์ส์ จุลเชาวน

sarinpas.jul@spulive.net

ไพวรรณ มะละ

Phaiwan.mal@spulive.net

จิโรจน์ จริตควร

Chirot.ch@spu.ac.th

สุรัชย์ ทองแก้ว

surachai.th@spu.ac.th

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

โรคแผลกดทับเป็นโรคชนิดหนึ่งที่ทำให้ผู้ป่วยมีอัตราการเสียชีวิตสูงเนื่องจากโรคชนิดนี้มีโอกาสเกิดขึ้นได้กับทุกเพศทุกวัย โรคแผลกดทับเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญอย่างมากในผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้หรือผู้ป่วยที่มีภาวะการนอนติดเตียง โรคแผลกดทับเป็นภาวะแทรกซ้อนที่มีผลกระทบต่อผู้ป่วยสูง จำเป็นต้องมีการดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิด การดูแลรักษาในบางรายอาจมีการใช้เตียงลม และมีผู้ดูแลเพื่อช่วยพลิกตัวผู้ป่วยให้มีการขยับท่านอนแต่การดูแลรักษาด้วยวิธีนี้ก็ยังก่อให้เกิดโรคแผลกดทับ เนื่องจากผู้ป่วยไม่สามารถพลิกตัวได้เองจึงทำให้มีการนอนในท่าเดิมนานๆ เพราะผู้ดูแลไม่สามารถดูแลได้ตลอดเวลา ในงานวิจัยนี้ได้นำระบบอินเทอร์เน็ตของสิ่ง (Internet of things (IoT)) เข้ามาใช้งานเพื่อลดปัญหาการเกิดแผลกดทับและมีท่านอนที่ถูกต้องตรงตามลักษณะของโรคแผลกดทับ โดยเตียงนี้จะทำงานด้วยการวัดแรงดันของลมที่ออกจากเตียงลมด้วยเซนเซอร์รับลม (Pressure sensor) แล้วนำค่าที่ได้ส่งไปยัง Node MCU เพื่อทำการประมวลผลและเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละส่วนในร่างกายที่มีโอกาสเกิดโรคแผลกดทับจากนั้นระบบสามารถควบคุมโซลินอยด์เพื่อทำการเปิดปิดวาล์วลม ทำให้เตียงลมมีการขยับแบบอัตโนมัติ ผลที่ได้คือการนำข้อมูลมาวิเคราะห์รายงานผลและเก็บข้อมูลเป็นสถิติส่งไปยังสมาร์ตโฟนของผู้ดูแล โดยแสดงผลการกดทับแต่ละส่วนของร่างกายแบบกราฟ แบ่งตามรายชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสิ่ง, ระบบสมองกลฝังตัว, เตียงลม, การดูแลสุขภาพ, แผลกดทับ

ABSTRACT

The Bedsores, one of a serious disease is the results in patients with a high mortality rate and this disease can occur in everyone. Bedsores disease is a serious health problem in the patients who have dependency condition or bedridden. Since, the patients need a take care of bedsores complication. The air-bed is the one solution to decrease the bedsores complication in patients. Also, the health aides are need to overturn patients in to the correct position for avoidance the bedsores. In this research propose the smart air-bed to reduce the bed sore by using the IoT: Internet of Things concept, which measures the air pressure from the pressure sensors then the smart air-bed will be controlled automatically by Node MCU. The suitable pressure is controlled via solenoid valve to prevent the bed sore complication. This research provided benefits of intelligence system for avoidance and decreasing the bedsores by analysis the data from the pressure of patients body. Then the pressure statistics will be reported to the health aides via the smart-phone.

KEYWORDS: Internet of Things, Embedded System, Air bed, Health Care, Bed sore

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัญหาแผลกดทับเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้หรือผู้ป่วยที่ใช้เวลาในการนอนบนเตียงเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเมื่อผู้ป่วยนอนอยู่กับที่นานๆ ไม่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย ทำให้การไหลเวียนของเลือดลดลงทำลายชั้นผิวหนังและเนื้อเยื่อ โดยเกิดจากแรงกด แรงเสียดทานและแรงเสียดทานที่กระทำต่อผิวหนัง การกดทับโดยน้ำหนักตัวเป็นเวลานานๆ ทำให้เกิดการตีบตันของหลอดเลือดฝอยและหลอดเลือดแดงเล็กๆ มีผลทำให้เซลล์ขาดเลือดไปเลี้ยงและได้รับอาหารไม่เพียงพอรวมทั้งไม่สามารถขับของเสียออกไปได้จึงทำให้เกิดการตายของเซลล์ ส่วนปัจจัยที่ทำให้เกิดแผลกดทับ ได้แก่ ร่างกายไม่สามารถเคลื่อนไหวเองได้ไม่สามารถทำกิจกรรมต่างๆ ได้ด้วยตัวเอง ร่างกายสูญเสียการรับรู้สีกตัว บริเวณแผลกดทับที่พบบ่อยมักเป็นบริเวณผิวหนังที่เป็นจุดรับน้ำหนักของร่างกายที่มีปุ่มยื่นของกระดูก เช่น ก้นกบ สะโพก สะบักหลัง ข้อศอก และส้นเท้า เป็นต้น ผลจากการเกิดแผลกดทับซึ่งแผลกดทับ เป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบได้และเป็นปัญหาสำคัญของผู้ป่วยที่เกิดขึ้นต่อร่างกาย คือ ความเจ็บปวด การจำกัดการเคลื่อนไหว เกิดการติดเชื้อเฉพาะที่และการติดเชื้อในกระแสเลือด เมื่อผู้ป่วยเกิดแผลกดทับทำให้การเฉลี่ยของการนอนรักษาในโรงพยาบาลสูงขึ้นมากกว่าผู้ป่วยที่ไม่เกิดแผลกดทับ ต้องใช้เวลานานพักรักษาตัวในโรงพยาบาลนานขึ้น ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นจากการดูแลรักษา และเป็นภาระของครอบครัวอีกด้วย มากไปกว่านั้นเมื่อเป็นแผลกดทับเรื้อรังระดับ 3-4 อาจทำให้เกิดการติดเชื้อเข้าสู่กระแสเลือดเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อลดการเกิดโรคแผลกดทับ
- (2) เพื่อลดแรงกดบริเวณพื้นผิวสัมผัสระหว่างผิวหนังของผู้ป่วยกับพื้นผิวที่รองรับน้ำหนัก
- (3) เพื่อให้มีท่านอนที่ถูกต้องตรงตามลักษณะของโรคแผลกดทับ

3. ขอบเขตในการวิจัย

- (1) สามารถตรวจสอบแรงลมที่ได้จากเพียงลม
- (2) สามารถนำค่าแรงลมที่ได้บันทึกลงฐานข้อมูล
- (3) สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อ ควบคุมการปล่อยลม เข้า – ออก รายงานผลบนบราวเซอร์ในเชิงกราฟ แบ่งตาม ชั่วโมง วัน สัปดาห์ และเดือน ที่สามารถแสดงผลบนสมาร์ตโฟนได้

4. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

4.1 เทคโนโลยีที่ใช้งาน

The Internet of Things (IoT) [1] คือ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์และ เครื่องมือต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่นๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยเครื่องมือต่างๆ จะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ในอนาคต ผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้พวกเขาสามารถควบคุมสิ่งของต่างๆ ทั้งจากในบ้าน และสำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน การเปิดปิดไฟ ไปจนถึงการสั่งให้เครื่องทำกาแฟ เริ่มต้มกาแฟ แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีเทคโนโลยีอื่นๆ ที่จำเป็นจะต้องถูกพัฒนาขึ้นก่อนที่ IoT จะเป็นความจริงขึ้นมา เช่น ระบบตรวจจับต่างๆ (Sensors) รูปแบบการ เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และระบบที่ฝังตัวอยู่ในคอมพิวเตอร์ แต่ขณะนี้ บริษัทใหญ่ๆ อย่าง Microsoft และ Cisco ก็หันมาให้ความสนใจกับเทคโนโลยีนี้ และในปี 2013 เทคโนโลยี “Internet of Things” จะถูกพูดถึงกันมากขึ้น และจะมีการทำวิจัยและ พัฒนาเพื่อทำให้ สามารถนำมาใช้ได้จริงมากขึ้น

NodeMCU ESP8266 [2] คือ โมดูลที่มีความพิเศษตรงที่สามารถลงโปรแกรมไปได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวอื่นได้ อีกทั้งยังมี wifi ในการติดต่อสื่อสาร ESP8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของโมดูล

PRESSURE SENSOR (เซ็นเซอร์ตรวจวัดความดัน) [3] คือ อุปกรณ์ตรวจวัดความดันของก๊าซหรือเหลว เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความดัน เซ็นเซอร์ถูกสร้างให้มีเยื่อบางที่สามารถโค้งงอตามความดัน ซึ่งระดับความโค้งงอสามารถวัดได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน หรือ การเปลี่ยนแปลงของการเก็บประจุในการพัฒนาเซ็นเซอร์แรกเริ่มทำด้วยวิธีการประดิษฐ์โครงสร้างจุลภาคบนพื้นผิว (Surface Micromachining) สำหรับใช้งานในช่วงความดันต่างๆ

Database System (ระบบฐานข้อมูล) [4] คือ ระบบที่รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกัน อย่างมีระบบมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่าง ผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล เรียกว่าระบบจัดการฐานข้อมูล มีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขฐานข้อมูล หรือ การตั้งคำถามเพื่อให้ได้ข้อมูลมา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปองหทัย พุ่มระย้า (2546) [5] ศึกษาผลของการพยาบาลตามแนวปฏิบัติการพยาบาลต่อ การป้องกันการเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก โดยทบทวนการศึกษาในผู้ป่วยที่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหว และมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ ที่เข้ารับการรักษานในหอผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูก จำนวน 30 ราย แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการพยาบาลตามแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการเกิดแผลกดทับจำนวน 15 ราย และกลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับการพยาบาลตามปกติจำนวน 15 ราย ผลการศึกษาพบว่าผู้ป่วยศัลยกรรมกระดูกที่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหว ที่เสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ ผู้ป่วยที่ได้รับการพยาบาลตามแนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการเกิดแผลกดทับ ไม่เกิดแผลกดทับในขณะที่ผู้ป่วยที่ได้รับการพยาบาลตามปกติเกิดแผลกดทับ และตำแหน่งที่เกิดแผลกดทับ คือ บริเวณก้นกบและสะโพก

รักษนันท์ ขวัญเมือง (2544) [6] ศึกษาการประเมินความเสี่ยงของการเกิดแผลกดทับ ในผู้ป่วยที่จำกัดการมีกิจกรรม โดยศึกษาระดับความเสี่ยงของการเกิด แผลกดทับและการเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยที่จำกัดการมีกิจกรรมที่เข้ารับการรักษาด่วนใน โรงพยาบาล จำนวน 50 คน ที่เข้ารับการรักษานในหอผู้ป่วยแผนก อายุรศาสตร์ โรงพยาบาลแห่งหนึ่งโดยการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ และการประเมินสภาพผิวหนังผู้ป่วยตั้งแต่วันแรกของการเข้ารับการรักษานใน โรงพยาบาล เป็นเวลาเดียวกันของทุกวันจนกระทั่งผู้ป่วยจำหน่ายออกจาก โรงพยาบาล ผลการศึกษาค้นพบว่าพบการเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยที่จำกัดการมีกิจกรรมและการ เคลื่อนไหว 42 อายุเฉลี่ย 62 ปี และ พบว่าเกิดแผลในสัปดาห์แรกของการอยู่โรงพยาบาลมากที่สุด สำหรับอัตราการหายของแผล พบว่า แผลหาย 8 คน ไม่หาย 13 คน และ 6 คนที่จำหน่ายกลับไปบ้านโดยที่ยังมีแผล มีระยะเวลาเฉลี่ยของการ อยู่โรงพยาบาล 15 วัน ในขณะที่ผู้ป่วยที่ไม่มีแผลกดทับอยู่โรงพยาบาลเพียง 9 วัน

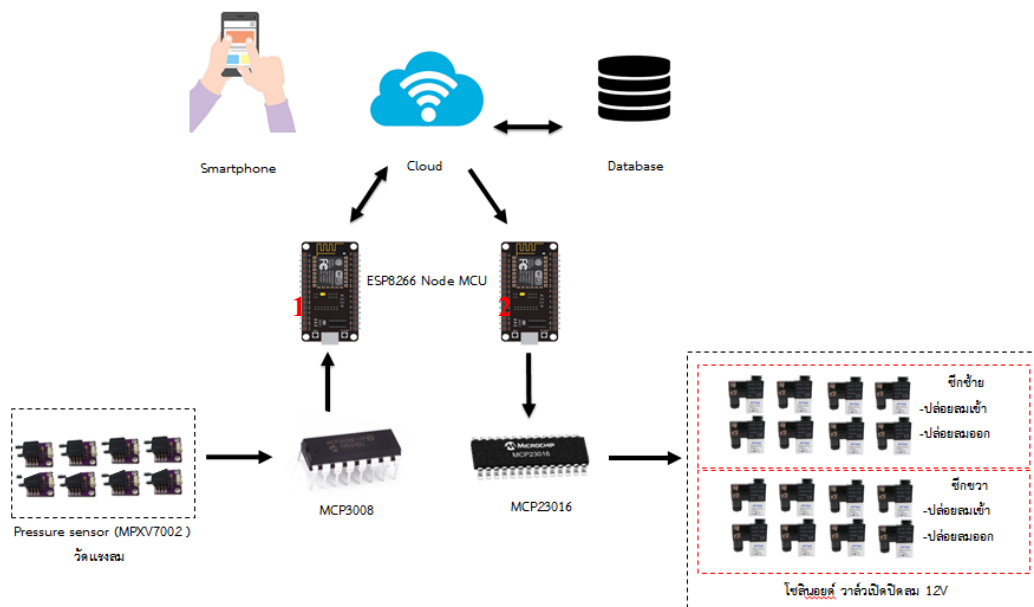
รุ่งทิพา ขอบชื่น(2556) [7]แผลกดทับ (pressure sore, pressure ulcer)เกิดจากการตายของเซลล์ผิวหนัง และเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง เนื่องจากแรงกดทับ แรงเสียดทาน/แรงเสียดสี (friction) และแรงเฉือน/แรงดึงรั้ง (shearing) แผลกดทับเป็นปัญหาที่สำคัญในผู้ป่วยโรคเรื้อรัง รวมถึงกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะเรื้อรัง เนื่องจากผู้ป่วยกลุ่มนี้มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวและกิจกรรมลดลงจากภาวะของโรคและแผนการรักษาของแพทย์ และยังพบบ่อยในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการจำกัดการเคลื่อนไหวอื่นๆ เช่น ผู้ป่วยที่ได้รับอุบัติเหตุ ผู้ป่วยหนัก ผู้ป่วยอัมพาต ผู้ป่วยไม่รู้สีกตัวนอกจากนี้ ยังอาจพบในผู้ป่วยจิตเวชกลุ่มที่มีอาการซึมเศร้าซึ่งแผลกดทับจะพบได้ในบุคคลทุกกลุ่มวัย แต่มีแนวโน้มพบมากขึ้นในกลุ่มวัยผู้สูงอายุ แผลกดทับเป็นตัวชี้วัดในเรื่องคุณภาพของการพยาบาล และเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของหน่วยงาน การดูแลและป้องกันการเกิด แผลกดทับต้องอาศัยการจัดการในหลาย ๆ ด้านให้มีประสิทธิภาพ ได้แก่ การดูแล การจัดหาอุปกรณ์ลดแรงกดทับ เป็นต้น ปัจจุบัน มีวิวัฒนาการในการดูแลรักษาพยาบาล ป้องกันการเกิดแผลกดทับ ซึ่งก่อให้เกิดองค์ความรู้ในการนำมาใช้ในระบบบริการรักษาพยาบาลอย่างหลากหลายในขณะที่ภาวะเจ็บป่วยเรื้อรังเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญอันดับแรก และทวีความรุนแรงมาก ซึ่งโรคเรื้อรังมักทำให้ผู้ป่วยมีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยเฉพาะผู้ป่วยผู้สูงอายุและมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับได้มากขึ้น ทั้งด้านสภาพร่างกาย สภาพจิตใจ ระดับกิจกรรม การเคลื่อนไหวและภาวะเปื่อยขึ้นของผิวหนัง การเกิดแผลกดทับจะส่งผลให้ผู้ป่วยใช้เวลาในการอยู่โรงพยาบาลนานขึ้น เสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเพิ่มขึ้น และผลเสียที่ประเมินค่าไม่ได้คือเรื่องของจิตใจ ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งผู้ป่วย และผู้ใกล้ชิดงานบริการพยาบาล โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ได้ดำเนินการจัดทำ โครงการพัฒนาระบบการป้องกันและการดูแลผู้ป่วยเพื่อป้องกันแผลกดทับ โดยใช

แบบประเมินความเสี่ยงของบราเคน เพื่อคัดกรองผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ และกำหนดแนวทางปฏิบัติเพื่อป้องกันการเกิดแผลกดทับแก่บุคลากรทางการแพทย์ ส่งผลให้การดูแลผู้ป่วยมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งในด้านการป้องกันและการดูแลแผลกดทับ เพื่อความพึงพอใจต่อการพยาบาลของผู้ป่วยและครอบครัว ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายประกันคุณภาพของโรงพยาบาล แต่ปัจจุบัน มีบุคลากรทางการแพทย์เข้ามาทำงานใหม่ ย้ายเข้า-ลาออกหมุนเวียนไปในแต่ละหน่วยงานเป็นจำนวนมาก ทำให้มีโอกาสเกิดปัญหาในการเฝ้าระวัง ดูแล และป้องกันการเกิดแผลกดทับในองค์กรมากขึ้น

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การออกแบบภาพรวมระบบ

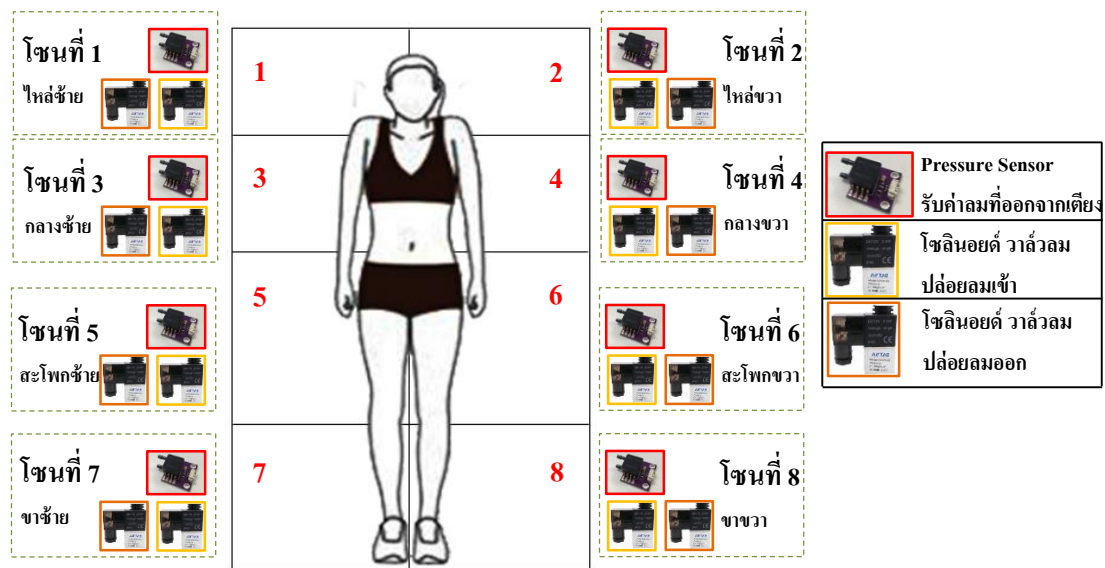
ระบบจะทำงาน โดยจะตรวจสอบลมที่ได้จากเตียงลมด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงลม (PRESSURE SENSOR) เพื่อส่งค่าที่ได้ไปยัง Node MCU ตัวที่ 1 ซึ่งจะทำหน้าที่รับค่าที่ได้มาทำการประมวลผล จากนั้นค่าจะส่งออกไปยัง Cloud และส่งไปยัง Data base เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วน Node MCU ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ควบคุมการปล่อยลมที่ได้ค่ามาจากข้อมูลใน Database และทำการแบ่งฝั่งเป็น ซ้าย และ ขวา ตามข้อมูลที่ได้มา ข้อมูลจะแสดงผ่านทางสมาร์ทโฟน ดังรูปที่ 1 แสดงภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

5.2 การออกแบบการติดตั้งฮาร์ดแวร์บนเตียง

ระบบเตียงลมทำงานโดยตรวจสอบแรงกดจากน้ำหนักตัวของผู้ป่วย โดยแบ่งเตียงทั้งหมดออกเป็น 8 โซน ประกอบไปด้วย ไหล่ซ้าย, ไหล่ขวา, กลางซ้าย, กลางขวา, สะโพกซ้าย, สะโพกขวา, ขาซ้ายและขาขวา ตามลำดับ ในการทำงานของเตียงจะตรวจสอบค่าแรงดันลมที่ถูกปล่อยออกจากเตียงตามโซนต่างๆ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบเวลาครั้งก่อน กับเวลาปัจจุบัน หากเวลาเกิน 2 ชั่วโมง Node MCU ตัวที่ 2 จะได้รับค่าจาก Node MCU ตัวที่ 1 ผ่าน Cloud แล้วทำการประมวลผล เพื่อควบคุมโซลินอยด์วาล์วลม ปล่อยลมเข้า-ออก ทำให้เตียงมีการขยับเองอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2 แสดงการแบ่งโซนของเตียง



รูปที่ 2 การแบ่งโซนของเตี๊ยม

5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

1) Hardware ดังตารางที่ 1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ชื่ออุปกรณ์	รูปอุปกรณ์	คำอธิบาย
Node MUC (ESP8266)		ใช้ Node MCU 2 ตัว เพื่อทำหน้าที่ควบคุมระบบในส่วนของการรับค่า Pressure Sensor กับควบคุมการเปิด-ปิด วาล์วลม
Pressure Sensor (MPXV7002)		ทำหน้าที่วัดแรงดันลมจากเตี๊ยม ค่าที่ได้จะส่งไปยัง Node MCU
โซลินอยด์ วาล์วลม 12V [9]		ทำหน้าที่ ควบคุมทิศทางการไหลของลมให้ไปทิศทางที่ต้องการคือการปล่อยลมเข้า-ออก ภายในถุงลมของเตี๊ยม
MCP3008		ใช้สำหรับขยายพอร์ตของ Node MCU ที่ใช้ในการรับค่าจาก Pressure Sensor
MCP23016		ใช้สำหรับขยายพอร์ตของ Node MCU ที่ใช้สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วลม

2) Software

- Eclips for C Language and Eclip for PHP Language เครื่องมือเขียนโค้ดคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาระบบงาน

- Xampp โปรแกรมจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (web server)

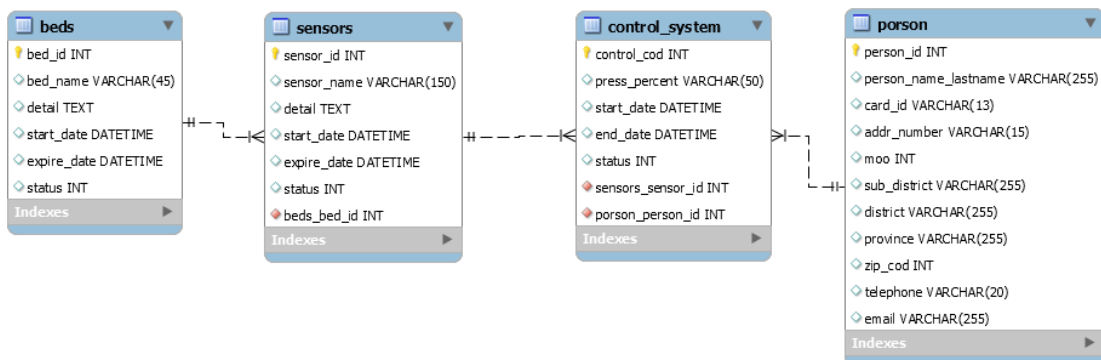
- phpMyAdmin โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านบราวเซอร์

3) Communication

Node MCU : จัดเก็บข้อมูลที่มีการกดทับของร่างกายแต่ละส่วน โดยการเก็บ 8 ส่วน ได้แก่ ไหล่ขวา ไหล่ซ้าย กลางขวา กลางซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ขาขวา ขาซ้าย แรงกดทับ วันที่ และเวลา ลงฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ นำผลที่ได้มาควบคุมตัวอุปกรณ์ปล่อยลมเข้าออก

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลของระบบมีดังนี้ beds , sensor, control-system และ person ดังรูปที่ 3 แสดงการออกแบบฐานข้อมูล



รูปที่ 3 ออกแบบฐานข้อมูล

ตารางข้อมูลเตียง โดยมีการเก็บหมายเลขเตียงในโรงพยาบาล และระบุถึงวันที่เริ่มใช้และอายุการใช้งานของเตียง ดังรูปที่ 4 แสดงข้อมูลของเตียง

bed_id	bed_name	detail	start_date	expire_date	status
1	เตียงพยาบาลห้อง พักฟื้น	ผู้ป่วยที่รับการผ่าตัดหัวใจ	2016-11-12 05:31:42	2017-01-31 06:42:40	1

รูปที่ 4 ข้อมูลของเตียง

ตารางข้อมูลเซ็นเซอร์ โดยจะบอกถึงชื่อเซ็นเซอร์ที่ใช้มีทั้งหมด 8 ตัว แบ่งได้จากส่วนของร่างกายได้แก่ ส่วนไหล่ขวา ไหล่ซ้าย กลางขวา กลางซ้าย สะโพกขวา สะโพกซ้าย ขาขวา ขาซ้าย และจะมีการบันทึกเวลาเข้าและออกการรักษา วันที่เริ่มใช้และอายุการใช้งานของเตียง ดังรูปที่ 5 แสดงข้อมูลที่รับค่าจากเซ็นเซอร์

sensor_id	sensor_name	detail	start_date	expire_date	status	beds_bed_id
1	01	ไหล่ขวา	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
2	02	ไหล่ซ้าย	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
3	03	กลางขวา	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
4	04	กลางซ้าย	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
5	05	สะโพกขวา	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
6	06	สะโพกซ้าย	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
7	07	เท้าขวา	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1
8	08	เท้าซ้าย	2016-11-12 12:41:47	2017-11-12 12:41:47	1	1

รูปที่ 5 ข้อมูลที่รับค่าจากเซ็นเซอร์

ตารางข้อมูลผล โดยการรับค่าแรงกดทับจากเซ็นเซอร์แต่ละส่วนของร่างกายผู้ป่วย และนำค่าที่ได้มาประมวลผลเพื่อตรวจเช็คค่าเซ็นเซอร์ตัวไหนมีการกดทับมากที่สุด ดังรูปที่ 6 แสดงข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล

control_cod	press_percent	start_date	end_date	status	sensors_sensor_id	porson_person_id
1	10	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	1	1
2	20	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	2	1
3	10	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	3	1
4	50	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	4	1
5	80	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	5	1
6	40	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	6	1
7	30	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	7	1
8	20	2016-11-12 12:41:47	2016-11-12 12:41:47	1	8	1
9	60	2016-11-12 13:42:49	2016-11-12 13:42:49	1	2	1

รูปที่ 6 ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล

ตารางข้อมูลบุคคล โดยเก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้ป่วยที่เข้าทำการรักษา ดังรูปที่ 7 แสดงข้อมูลของบุคคล

person_id	person_name_lastname	card_id	addr_number	moo	sub_district	district	province	zip_cod	telephone	email
1	นายสมคิด จิตอาสา	1234567654324	9	10	พหลโยธิน	จตุจักร	กรุงเทพฯ	10900	099-5611-721	somkid@gmail.com

รูปที่ 7 ข้อมูลของบุคคล

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

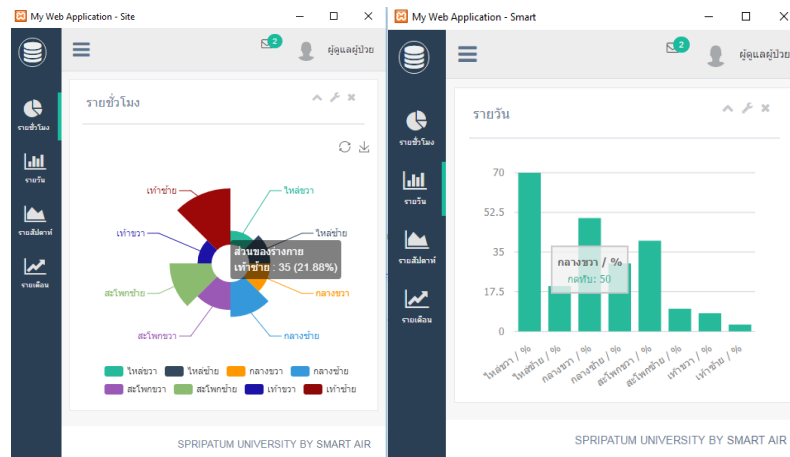
เก็บข้อมูลเพียง เซ็นเซอร์ รายละเอียดบุคคล และแรงกดทับที่ได้จากเซ็นเซอร์ ดึงข้อมูลจากตารางข้อมูล (control_system) มาหาค่าแรงกดทับของพื้นที่แต่ละส่วน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ นำค่าที่ได้ส่งข้อมูลไปยัง Node MUC เพื่อควบคุมโซลินอยด์ วาล์วลม ในการปล่อยลม เข้า – ออก ตามเงื่อนไขที่กำหนด และนำข้อมูลจากตารางมาวิเคราะห์ตามเงื่อนไขและแสดงบนเว็บแอปพลิเคชันเป็นกราฟ ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

6. สรุปผลการวิจัย

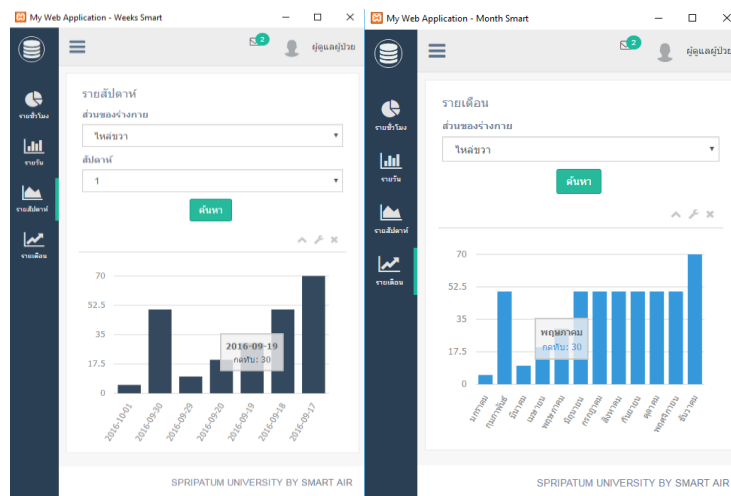
ผลที่ได้จาก Node MUC คือ สามารถส่งข้อมูลบันทึกลงฐานข้อมูล ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผล และส่งคำสั่งควบคุมไปยังอุปกรณ์ปล่อยลม เข้า - ออก เพื่อลดหรือเพิ่มลมในถุงลมแต่ละส่วนของเตียงผู้ป่วย

ผลที่ได้จาก PHP Language คือ สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผลบนบราวเซอร์ แสดงผลที่ได้ในรูปแบบกราฟ แบ่งตาม รายชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน การแสดงผลหน้าจอ ซอฟต์แวร์ (Software)

รายงานผลอัตราการกดทับแต่ละส่วนของร่างกาย ผ่านเว็บแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน แบบกราฟ แบ่งตาม รายชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน รูปที่ 8 หน้าจอแสดงผลรายชั่วโมง/รายวัน รูปที่ 9 หน้าจอแสดงผลรายสัปดาห์/รายเดือน



รูปที่ 8 หน้าจอแสดงผลรายชั่วโมง/รายวัน



รูปที่ 9 การแสดงหน้าจอแสดงผลรายสัปดาห์/รายเดือน

7. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการเก็บค่าแรงกดทับจากเตียงลม ที่ได้จากร่างกายของผู้ป่วยที่มีโอกาสเกิดโรคแผลกดทับบันทึกลงฐานข้อมูล ดึงข้อมูลที่ได้นำวิเคราะห์ เพื่อควบคุมการปล่อยลม เข้า-ออก รายงานผลบนบราวเซอร์ ในเชิงกราฟ แบ่งตาม ชั่วโมง วัน สัปดาห์ และเดือน ที่สามารถแสดงผลบนสมาร์ตโฟนได้ และเก็บข้อมูลเป็นสถิติโดยนำมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีใหม่อย่าง Internet of things เพื่อลดการเกิดโรคแผลกดทับ ทำให้การดูแลผู้ป่วยเป็นเรื่องที่ง่ายและสะดวกสบายมากขึ้น

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งโซนเตียงออกเป็น 8 โซน ตามส่วนของร่างกายเพื่อรู้ถึงการกดทับจากน้ำหนักตัวว่าส่วนไหนมีการกดทับเป็นเวลานานและยังมีการเก็บข้อมูลเป็นรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน ตามลำดับ แสดงข้อมูลทั้งหมดผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

สามารถนำไปพัฒนาต่อในส่วนที่เน้นจุดจัดเก็บข้อมูลที่มีการกดทับของร่างกายแต่ละส่วนตามพฤติกรรมจริงโดยจุดกดทับที่พบบ่อยสุดคือบริเวณ กระเบนเหน็บ (ก้นกบ) ข้อสะโพก ก้นข้อ คางค่อม และสันเท้า เมื่อนำไปพัฒนาในครั้งต่อไปจะทำให้ระบบมีความแม่นยำตรงจุดกดทับมากขึ้น

เพิ่มเติมส่วนของการตรวจสอบสภาพร่างกายของผู้ป่วยที่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท 1)ผู้ป่วยที่มีโอกาสเกิดโรคแผลกดทับ 2)ผู้ป่วยที่เป็นโรคแผลกดทับ โดยการตรวจสอบจะใช้วิธีการเช็คแต่ละส่วนของร่างกายแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาสัดส่วนของผู้ป่วยแต่ละประเภทให้ตรงตามความเหมาะสมของเตียง

9. เอกสารอ้างอิง

เซ็นเซอร์ตรวจวัดความดัน (PRESSURE SENSOR). [Online] Available from :

<http://tmec.nectec.or.th/products/detail/id/eebb33c127d84a701a62bfd3181464c0/lang/th> , Accessed 18 November 2016.

บุคลากรเพื่อการดูแลผู้ป่วยในรพพยาบาลและดูแลต่อเนื่องในกลุ่มผู้ป่วยเรื้อรัง” วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2556และ

วันที่ 1 มีนาคม 2556.ณ ห้องประชุมมิตรภาพโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2556.

ปองหทัย พุ่มระย้า (2546). ผลของการพยาบาลตามแนวปฏิบัติการพยาบาลต่อการป้องกันการเกิดแผลกดทับ ใน

ผู้ป่วยสัลยกรรมกระดูก. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการพยาบาลผู้ใหญ่

แผน ข บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

รักษนันท์ ขวัญเมือง (2544). การประเมินความเสี่ยงของการเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยที่จำกัดการมี กิจกรรม.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รุ่งทิพา ขอบชื่น (2556).หลักการดูแลผู้ป่วยเรื้อรัง.เอกสารประกอบการบรรยายใน”โครงการพัฒนาสมรรถนะ

Database System. [Online] Available from : <http://www.comsrt.net63.net/1Database.htm> , Accessed 18

November 2016.

Internet of Things (IoT). [Online] Available from : <http://its.sut.ac.th/>

index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=468 , Accessed 18 November 2016.

NodeMCU ESP8266. [Online] Available from : [http://www.ioxhop.com/article/13/esp8266-ตอนที่1-รู้จักกับ-](http://www.ioxhop.com/article/13/esp8266-ตอนที่1-รู้จักกับ-esp-และรุ่นที่นิยมใช้งาน)

[esp-และรุ่นที่นิยมใช้งาน](http://www.ioxhop.com/article/13/esp8266-ตอนที่1-รู้จักกับ-esp-และรุ่นที่นิยมใช้งาน) , Accessed 18 November 2016.

อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งสำหรับระบบบันทึกการเดินของทารกในครรภ์

INTERNET OF THINGS FOR FETAL BODY MOVEMENT

RECORDING SYSTEM

นิพิชญ์ นิธิสุภา

E-mail: nipich.nit@spulive.net

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เมธีส ชูจิตอริคม

E-mail: mathus.chu@spulive.net

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ประภาพร โปธาคำ

E-mail: psupamasit@gmail.com

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

นิมิตร ทักขวิทยาพงศ์

E-mail: nimit.tu@spu.ac.th

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ผิน จัตรแก้วมณี

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

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

หลายคนไม่ทราบว่าจำนวนการเดินของทารกในครรภ์มีความสำคัญอย่างไรจึงจะเลขที่จะใส่ใจ แต่ในทางการแพทย์แล้ว จำนวนการเดินของทารกในครรภ์บ่งบอกถึงสุขภาพและอารมณ์ของทารก รวมไปถึงสุขภาพของแม่อีกด้วย การนับจำนวนการเดินของทารกในปัจจุบันนี้ ทำได้โดยการจดในไบบันทึกการนับ ซึ่งก็พบปัญหาต่างๆ มากมาย เช่น การลืมนับบันทึกหรือการบันทึกไม่ตรงกับการเดินของทารกจริง เป็นต้น และด้วยสาเหตุบางประการ ก็อาจทำให้ไบบันทึกการนับเกิดชำรุดหรือสูญหายได้ ส่งผลให้แพทย์ไม่สามารถวินิจฉัยสุขภาพของทารกได้อย่างถูกต้อง งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญของการนับจำนวนการเดินของทารกในครรภ์ จึงได้พัฒนาอุปกรณ์และระบบบันทึกการเดินของทารกในครรภ์ เพื่อความถูกต้องของข้อมูลและเพิ่มส่วนของการวินิจฉัยเบื้องต้นจากข้อมูลการเดินของทารก โดยนำเอาเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) สำหรับสื่อสารระหว่างสรรพสิ่งผ่านเครือข่ายมาประยุกต์ใช้งาน โดยออกแบบอุปกรณ์นับแบบพกพาต้นแบบที่เรียบง่ายและสะดวกต่อการใช้งานสำหรับแม่ที่อยู่ในช่วงตั้งครรภ์ โดยกดที่ปุ่มบนตัวอุปกรณ์เมื่อรู้สึกว่าการเดินของทารกเริ่มเดินและปล่อยเมื่อทารกหยุดเดินแล้ว ตัว

อุปกรณ์จะบันทึกข้อมูลประกอบด้วย วันและเวลาที่ทารกดิ้นและระยะการดิ้นของทารก แล้วส่งไปบันทึกไว้สำหรับนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ บน Cloud Server ผ่านวิธีการสื่อสารแบบ Message Queue Telemetry Transport (MQTT) ผลวิเคราะห์เบื้องต้นจะถูกส่งกลับไปยังตัวอุปกรณ์รวมไปถึงบุคคลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แพทย์ แม่ผู้ตั้งครรภ์ และผู้ดูแล มี 3 ระดับการแจ้งเตือน ได้แก่ ปกติ เตือน และวิกฤต ผ่านหลอดไฟสถานะและการส่งเสียงบนตัวอุปกรณ์ และส่งข้อความทางโทรศัพท์มือถือไปยังบุคคลที่เกี่ยวข้อง ส่วนข้อมูลการดิ้นของทารกอย่างละเอียดสามารถดูได้จากหน้าเว็บที่ได้ถูกจัดเตรียมไว้ในอนาคตจะสร้างเป็นอุปกรณ์ แล้วส่งไปทดสอบการใช้งานตามโรงพยาบาลและแม่ที่กำลังตั้งครรภ์ เพื่อรวบรวมปัญหาและข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับการพัฒนาให้เหมาะสมต่อไป ทีมผู้วิจัยคาดหวังว่า อุปกรณ์นี้และระบบนี้จะถูกนำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการสำหรับการวินิจฉัยของแพทย์เกี่ยวกับสุขภาพของทารกระหว่างตั้งครรภ์ได้อย่างถูกต้อง และแม้ในกรณีที่เกิดความผิดปกติก็สามารถรักษาชีวิตของลูกน้อยได้อย่างทันทั่วทั้งที่

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง, การดิ้นของทารกในครรภ์, การประมวลผลข้อมูล, สุขภาพ

ABSTRACT

Many people do not know importance regarding to the number of wriggles on baby. The fact is the number of wriggling greatly reflects the health of the mother and fetus during pregnancy period. Current researches realize the importance of the above information and try to record the number of wriggling. Occasionally, the mother forgets to record on the counting sheet and some time the counting sheet may damage or lost. Therefore, the number of wriggling on counting sheet is inaccurate to identify the health of the baby in the womb. This research will use Internet of Thing (IoT) technology to obtain the correct number of the above wriggling. The goal of this research is to design a simple device which can be carried by the pregnant mother. The mother push and hold on the button when felt as the baby in womb is start wriggling and release the button when stop moving. The device will automatically store and send the wriggling information to the dedicated server using the standard Message Queue Telemetry Transport (MQTT). After the server receives the wriggling information, it stores into the database. Such information include real medical information and history for wriggling to analyze the well-being of the baby and return baby status back to the device of the pregnant mother. The return status is indicated on device in three levels as follow: 1) Normal, LED is off; 2) Warning, LED is blinking; and 3) Critical, LED is on and Buzzer sound. The Doctor, mother and related peoples will receive the notification messaging from all levels via email and the above parties can fully access the details of baby status via provided webpage. In the future, we will put this experimental device in action at the hospital and the mother(s). Finally, we hope this device will come to reality and provide safety for most of the baby in womb in the near future.

KEYWORD: Internet of Things, Fetal body movement, Data Analytic, Health Care

1. หลักการและเหตุผล

ในความเป็นจริงแล้วจำนวนครั้งการเดินของทารกมีผลต่อสุขภาพของทารก รวมถึงแม่ แต่น้อยคนนักที่จะทราบถึงความสำคัญของเรื่องนี้ ในทางปฏิบัติมีข้อมูลการเดินของทารกทำโดยจดลงใบบันทึกการนับ ซึ่งก็พบปัญหาการลืมหรือการลงข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ทั้งยังพบปัญหาว่ามีการชำรุดหรือสูญหายของใบบันทึกอีกด้วย ทำให้แพทย์ไม่สามารถวินิจฉัยสุขภาพของทารกในครรภ์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งอาจเกิดผลเสียและอันตรายต่อและทารกได้

1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดการเดินของทารกในครรภ์

นพ.นิวัฒน์ อนุรักษ์เกษมสุข[1] ได้กล่าวว่า การเดินของทารกในครรภ์บอกอะไรหลายอย่างและที่สำคัญที่สุด คือ เป็นสัญญาณหนึ่งที่บ่งบอกว่าทารกยังมีชีวิตอยู่ การเดินของทารกในแต่ละช่วงเวลาและช่วงอายุครรภ์อาจแสดงให้เห็นแตกต่างกันไป เช่น ในช่วงไตรมาสแรกคุณแม่แทบไม่ทราบเลยว่าทารกมีการเดินเกิดขึ้นแล้ว โดยทารกจะเริ่มเดินตั้งแต่อายุครรภ์ประมาณ 6 ถึง 7 สัปดาห์ เห็นได้จากตอนที่คุณแม่ทำการตรวจอัลตราซาวด์ให้ดูทารก ซึ่งจะเห็นการเคลื่อนไหวของแขนขาและกระดูกเชิงตัวไปมาในถุงน้ำคร่ำ แต่เนื่องจากทารกยังเล็กมากจึงไม่ทำให้เกิดความรู้สึกกับคุณแม่ การที่แม่จะรับรู้การเดินของทารกได้จะต้องมีอวัยวะของทารกสัมผัสโดยตรงกับผนังมดลูกและต้องแรงพอสมควรที่จะทำให้แม่รับรู้ได้ บางครั้งการเดินก็เป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากภายนอกที่มารกระตุ้น เช่น เสียงเพลง แสง หรือการสัมผัสที่ท้อง โดยเห็นว่าทารกมีการตอบสนองต่อสิ่งเหล่านี้ได้เมื่ออวัยวะสัมผัสเริ่มพัฒนา ซึ่งถือว่าเป็นสัญญาณที่ดี

ระยะเวลาที่ทารกในครรภ์จะเริ่มเดิน

ในท้องแรกที่ยังไม่มีประสบการณ์การตั้งครรภ์มาก่อน การรับรู้ความรู้สึกว่าทารกเดินในครรภ์แรกจะตกประมาณอายุครรภ์ 18 ถึง 20 สัปดาห์ ส่วนในท้องหลังที่ไม่มีประสบการณ์ตั้งครรภ์มาแล้ว จะรับรู้ความรู้สึกทารกเดินได้เร็วขึ้นประมาณ 2 ถึง 4 สัปดาห์ คือประมาณสัปดาห์ที่ 16 ถึง 18 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการรับรู้การเดินของทารกในครรภ์[2] เช่น ปริมาณน้ำคร่ำ คือ ถ้าน้ำคร่ำปริมาณมาก ผนังหน้าท้องจะตึง โอกาสที่ส่วนของทารกสัมผัสกับผนังมดลูกก็น้อยกว่าในภาวะน้ำคร่ำที่น้อย ทำให้โอกาสรับรู้การเดินน้อยลงไปด้วย ความหนาของผนังหน้าท้องแม่อีกมีผลด้วย คือ ในแม่ที่หน้าท้องหนา (ท้วมหรืออ้วน) จะรู้สึกถึงการเดินได้น้อยกว่าแม่ที่ผนังหน้าท้องบาง รวมไปถึงตำแหน่งการเกาะของรก คือ ถ้ารกเกาะขวางทางด้านหน้า ก็เสมือนเพิ่มความหนาของผนังหน้าท้อง ทำให้การรับรู้การเดินก็น้อยลง นอกจากนี้ท่าทางของทารกในท้องรวมถึงขนาดและจำนวนของทารกในครรภ์ ก็มีผลต่อการรับรู้ของแม่ต่อการเดินของทารกในท้อง แม้แต่การตรวจอัลตราซาวด์ดูทารกในครรภ์มาก่อนการได้เห็นทารกที่กำลังดิ้นขณะตรวจ ก็จะทำให้แม่เห็นภาพและรับรู้ถึงการเดินของทารกได้เร็วขึ้นเช่นกัน

ระยะเวลาที่จะเริ่มนับการเดินของทารกในครรภ์

โดยปกติในช่วงอายุครรภ์น้อยๆ การเคลื่อนไหวของทารกเป็นแบบไร้ทิศทาง ไม่มีแบบแผน เป็นเหมือนสิ่งที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ แต่เมื่อระบบประสาทต่างๆ พัฒนาขึ้น โดยเฉพาะในช่วงตั้งแต่ 28 สัปดาห์เป็นต้นไป จนถึงระบบประสาทที่พัฒนาสมบูรณ์เมื่ออายุครรภ์ประมาณ 32 สัปดาห์ ดังนั้นหลัง 32 สัปดาห์เป็นต้นไป การนับการเดินก็สามารถบ่งบอกหรือช่วยในการประเมินสุขภาพของทารกในครรภ์ได้ว่าทารกยังปกติ และมีสุขภาพแข็งแรงหรือไม่ จะเห็นได้จากการประเมินสุขภาพของสูติรีแพทย์อันหนึ่งที่เรียกว่า BPP (Biophysical Profile) โดยการใช้เครื่องตรวจอัลตราซาวด์ติดตามการเคลื่อนไหวของทารกในครรภ์ โดยดูจากการหายใจ (Fetal

Breathing) การเคลื่อนไหวของทารกทั้งลำตัวและแขนขา (Fetal Movement) การขีดหัดของอวัยวะที่เป็นข้อพับ เช่น มือ ขา หรือนิ้ว (Fetal Tone) ร่วมกับปริมาณน้ำคร่ำ (AF: Amniotic Fluid) และการตรวจคลื่นเสียงหัวใจทารก (NST: Non-Stress Test) สามารถบอกถึงสุขภาพทารกในครรภ์ ในระยะ 7 วันข้างหน้า นับจากวันที่ทำการตรวจได้ ดังนั้นการนับจำนวนการดิ้น ควรแนะนำให้หญิงตั้งครรภ์ทุกคนได้เริ่มนับตั้งแต่อายุครรภ์ 32 สัปดาห์ หรือเริ่มตั้งแต่ 28 สัปดาห์ในรายที่ตั้งครรภ์แล้วมีความเสี่ยงสูง (High Risk Pregnancy) ผลที่ได้ช่วยลดปัญหาในเรื่องทารกเสียชีวิตในครรภ์ลงได้ เนื่องจากทารกที่อยู่ในท้องถ้าสุขภาพไม่ดีหรือป่วย ทารกพวกนี้จะไม่เสียชีวิตในทันที แต่จะค่อยๆ ซึมและด้นน้อยลง ถ้าเราให้ความสำคัญ และนับการดิ้นของทารกอยู่เป็นประจำ ก็จะสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติได้ คือ จะมีการด้นน้อยลงหรือน้อยกว่าปกติก่อนที่จะทารกจะเสียชีวิตในครรภ์

วิธีการนับทารกดิ้น

วิธีการนับจำนวนการดิ้นของทารกมีหลายวิธี แต่ที่แนะนำให้ปฏิบัติต่างๆ มี 2 วิธี โดยทั้งสองวิธีมีการเตรียมตัวเหมือนกัน คือ เลือกเวลาที่ว่างหรือสะดวกที่จะนับการดิ้น ไม่จำเป็นต้องเป็นเวลาเดียวกันทุกวัน อาจจะเป็นเวลาเช้า กลางวัน เย็น หรือก่อนนอนก็ได้ โดยเวลานับต้องอยู่ในท่าพัก เช่น นิ่งหรือนอนในท่าสบายๆ ไม่เดินไปเดินมา หรือทำกิจกรรมที่รบกวนการนับ การนับการดิ้นให้รวมการเตะ (Kick) การยืดหรือบิดตัว (Stretches) การหมุนตัว (Rollovers) ชกเว้นการสะอึก (Hiccups) ที่ไม่ถูกนับว่าเป็นการดิ้น การนับถ้าทารกดิ้นติดกันเป็นชุดให้ถือเป็น 1 ครั้ง ส่วนวิธีการนับเลือกวิธีที่เราสะดวกได้จาก 1 ใน 2 วิธี ดังนี้

การนับการดิ้นของทารกใน 1 ชั่วโมงของ Rayburn เป็นการนับการดิ้นในเวลา 1 ชั่วโมงว่าทารกดิ้นกี่ครั้ง โดยถ้าดิ้นได้ตั้งแต่ 3 ครั้งขึ้นไป ถือว่าปกติ ถ้านับได้น้อยกว่า 3 ครั้งในชั่วโมงแรก ให้นับต่ออีก 1 ชั่วโมงที่ติดกันทันที เพราะบางครั้งแม่ไปนอนในชั่วโมงที่ทารกหลับ ทารกอาจไม่ดิ้น แต่ทารกในท้องมีรอบการหลับตื่นไม่เกิน 1 ชั่วโมง เพราะฉะนั้นในชั่วโมงถัดมาทารกต้องตื่นให้เราับแน่ๆ แต่ถ้าชั่วโมงแรกนับได้น้อยกว่า 3 ครั้ง และชั่วโมงถัดมาก็ยังน้อยกว่า 3 ครั้ง แสดงว่านับได้น้อยกว่า 3 ครั้งติดกัน 2 ชั่วโมง ให้รีบมาพบแพทย์ทันที

การนับแบบ Count to 10 ของ Picquadio and Moore เป็นการนับการดิ้นให้ครบ 10 ครั้งแล้วดูว่าใช้เวลาเท่าไรจากการดิ้นครั้งแรกจนถึงครั้งที่ 10 โดยแบ่งช่วงเวลาเป็น 15 นาที (A) 30 นาที (B) 45 นาที (C) 60 นาที (D) และมากกว่า 60 นาที (F) โดยเหมือนกับวิธีแรก ถ้าใช้เวลาดิ้นครบ 10 ครั้งมากกว่า 1 ชั่วโมง (F) ให้นับใหม่ในอีก 1 ชั่วโมงติดกันทันที (ทารกอาจหลับ) ถ้ายังใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมงอีกครั้ง (F) ถือว่าผิดปกติ (FF) ให้รีบมาพบแพทย์ทันที[3]

1.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (IoT: Internet of Things)[4] คือ สภาพแวดล้อมอันประกอบด้วยสรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านวิธีการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยสรรพสิ่งต่างๆ มีวิธีการระบุตัวตน รับรู้บริบทของสภาพแวดล้อมได้ และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้ ความสามารถในการสื่อสารของสรรพสิ่งนี้จะนำไปสู่นวัตกรรมและบริการใหม่อีกมากมาย ตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ภายในบ้านตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้อยู่อาศัย เพื่อส่งสัญญาณไปสั่งเปิดหรือปิดสวิตซ์ไฟตามห้องต่างๆ ที่มีคนหรือไม่มีคนอยู่ อุปกรณ์วัดสัญญาณชีพของผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ เพื่อส่งข้อมูลไปยังบุคลากรทางการแพทย์หรืออาจส่งข้อความเรียกหน่วยกู้ชีพหรือรถฉุกเฉิน ในกรณีที่ได้รับอุบัติเหตุหรือเจ็บป่วย เป็นต้น

นอกจากนี้ IoT จะเปลี่ยนรูปแบบและกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมไปสู่ยุคใหม่ หรือที่เรียกว่า Industry 4.0 ที่อาศัยการเชื่อมต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักร มนุษย์ และข้อมูล เพื่อเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำสูง โดยที่ข้อมูลทั้งหลายที่ถูกเก็บจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดในตัวอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมต่างๆ จะถูกนำมาวิเคราะห์ให้ได้ผลลัพธ์ เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างทันที นอกจากการข้ามขีดจำกัดเรื่องเวลาแล้ว ระบบควบคุมหรือระบบวิเคราะห์ข้อมูล อาจไม่ได้ขึ้นอยู่กับเครื่องจักร แต่สามารถควบคุมสั่งการได้โดยไร้ขีดจำกัดเรื่องสถานที่เช่นกัน

เทคโนโลยีทางด้าน IoT ถูกนำมาใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น มีการใช้งานอย่างหลากหลาย ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และโทรคมนาคม รวมถึงการสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น Zigbee[5] LowPAN[6] Low-Power และ Bluetooth[7] เป็นต้น นอกจากการพัฒนาในฝั่งของ Hardware เช่น Processors[8] Radios[9] และ Sensor[10] แล้ว ก็ยังมีการพัฒนาในส่วนของ Wireless Sensor Networks (WSN)[11] อีกด้วย สำหรับระบบสื่อสารไร้สายในปัจจุบันมีอยู่หลักๆ ด้วยกัน 3 แบบ คือ Bluetooth 4.0[12] IEEE 802.15.4e[13] และ WLAN IEEE 802.11(WiFi)[14]

1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) เป็นลักษณะของการทำงานของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ผ่านอินเทอร์เน็ตที่ให้บริการใดๆ กับผู้ใช้ โดยผู้ให้บริการจะแบ่งปันทรัพยากรให้กับผู้ต้องการใช้งานนั้น การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ เป็นลักษณะที่พัฒนาขึ้นมาจากความคิดและบริการของเวอร์ช่วลเซชันและเว็บเซอร์วิส โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในเชิงเทคนิคสำหรับพื้นฐานการทำงานนั้นๆ[15]

สถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาให้คำจำกัดความของ Cloud ว่าเป็นอุปลักษณะ จากคำในภาษาอังกฤษที่แปลว่า เมฆ[16] ที่กล่าวถึงอินเทอร์เน็ตโดยรวม ในรูปของโครงสร้างพื้นฐาน (เหมือนระบบไฟฟ้า ประปา) ที่พร้อมให้บริการกับผู้ใช้งานเมื่อมีความต้องการใช้ ผู้ให้บริการการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆส่วนใหญ่ จะให้บริการในลักษณะของเว็บแอปพลิเคชัน โดยให้ผู้ใช้งานทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ หนึ่งเดียวกันซอฟต์แวร์และข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้บนเซิร์ฟเวอร์ของผู้ให้บริการ

การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆนั้น ถูกอธิบายถึงโมเดลรูปแบบใหม่ของเทคโนโลยีสารสนเทศในการใช้งานบนอินเทอร์เน็ตที่เน้นการขยายตัวได้อย่างยืดหยุ่น สามารถที่จะปรับขนาดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ และมีการจัดสรรทรัพยากรโดยเน้นการทำงานระยะไกลอย่างง่าย ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐาน ตัวอย่างของการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่เป็นที่รู้จัก เช่น ยูทูป โดยที่ผู้ใช้สามารถเก็บวิดีโอออนไลน์ได้ โดยไม่ต้องมีความรู้ในการสร้างระบบวิดีโอออนไลน์ หรือ ในระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ต่างๆ เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์

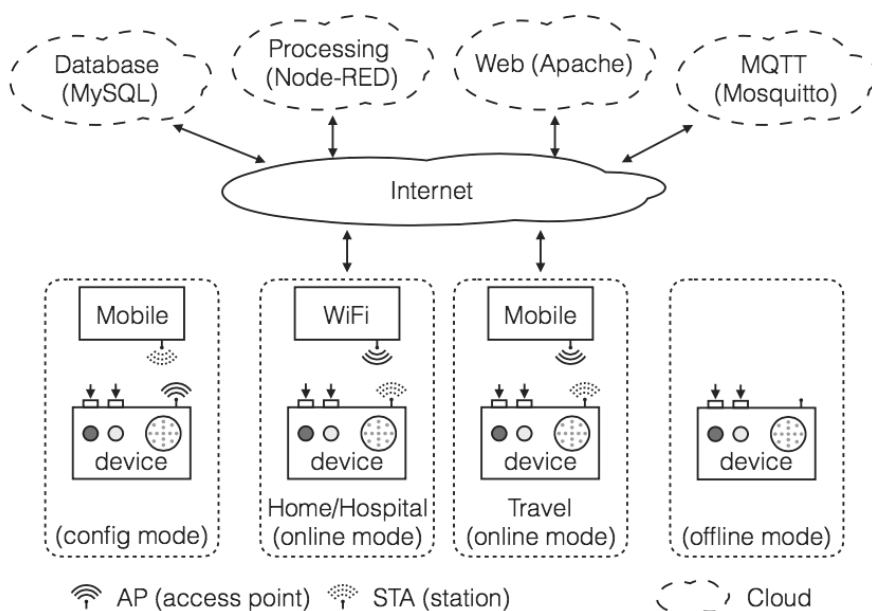
1. สร้างอุปกรณ์นับการเดินของทารกในครรภ์ต้นแบบ
2. ออกแบบและสร้างระบบที่รองรับการทำงานของตัวอุปกรณ์ข้างต้น
3. ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของทั้งตัวอุปกรณ์ และระบบที่รองรับ

3. ขอบเขต

1. ตัวอุปกรณ์สามารถทำงานในโหมดออนไลน์ได้ รับส่งข้อมูลกับ Server ได้
2. ระบบสามารถบันทึกข้อมูลการเดินของทารกและนำไปประมวลผลได้แบบเรียลไทม์
3. สามารถนำข้อมูลการเดินของทารกพร้อมกับข้อมูลในทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์หาสถานะของทารกในครรภ์เบื้องต้น
4. ระบบสามารถแจ้งเตือนตามสถานะต่างๆ ตามการวิเคราะห์ข้างต้น

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการสร้างอุปกรณ์บันทึกการเดินของทารกในครรภ์ต้นแบบและระบบที่รองรับการทำงาน ผลการทดลองและสรุปผลงานวิจัยกำลังแสดงให้เห็นในบทความนี้ ระยะที่ 2 คือ การสร้างอุปกรณ์ที่นำไปทดสอบใช้งานที่โรงพยาบาลและแม่ที่กำลังตั้งครรภ์ พร้อมเก็บข้อมูลการทำงานและข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อพัฒนาในระยะต่อไป และระยะสุดท้าย คือ การนำเอาข้อมูลต่างๆ รวมถึงข้อเสนอแนะจากระยะที่ 2 นำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เชิงธุรกิจที่ใช้งานได้จริง ซึ่งรวมไปถึงระบบรองรับการทำงานบน Cloud Server จริงด้วย

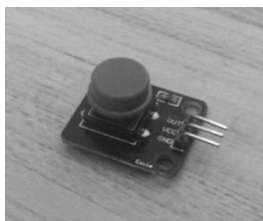


แผนภาพที่ 1 ภาพรวมการทำงานในโหมดต่างๆ ของระบบ

แผนภาพที่ 1 เป็นภาพรวมการทำงานทั้งระบบ ประกอบด้วย 3 โหมดการทำงาน คือ โหมดการกำหนดค่าก่อนใช้งาน (Configuration Mode) ไว้กำหนดค่าเริ่มต้นของอุปกรณ์ โหมดออนไลน์ (Online Mode) สำหรับกรณีที่อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อไปยัง Cloud Server ได้ ผ่านการสื่อสารไร้สายแบบ WiFi และ 3G จะมีการรับส่งข้อมูลเกิดขึ้นในโหมดนี้ และโหมดการทำงานแบบออฟไลน์ (Offline Mode) คือ กรณีที่อุปกรณ์ไม่สามารถ

เชื่อมต่อไปยัง Cloud Server ได้ ข้อมูลการเดินของทารกในครรภ์จะถูกเก็บไว้ในตัวอุปกรณ์อย่างเป็นระบบ และพร้อมที่จะส่งไปยัง Cloud Server เมื่อกลับมาเป็นโหมดออนไลน์

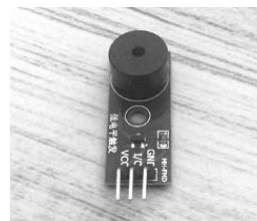
ตัวอุปกรณ์นับการเดินของทารกในครรภ์ต้นแบบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ แสดงในแผนภาพที่ 2 ได้แก่ ปุ่มกด (Button Switch) ใช้สำหรับกดเพื่อบันทึกการเดินของทารกในครรภ์ หลอด LED (Light-Emitting Diode) และลำโพงแจ้งเตือน (Sound Buzzer) สำหรับแจ้งสถานะของทารกในครรภ์และการทำงานของตัวอุปกรณ์ โดยมี NodeMCU ที่มีตัวประมวลผล ESP8266 รุ่น 12E ที่มี WiFi Module ในตัว ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

แผนภาพที่ 2 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในงานวิจัย

(ก) ปุ่มกด

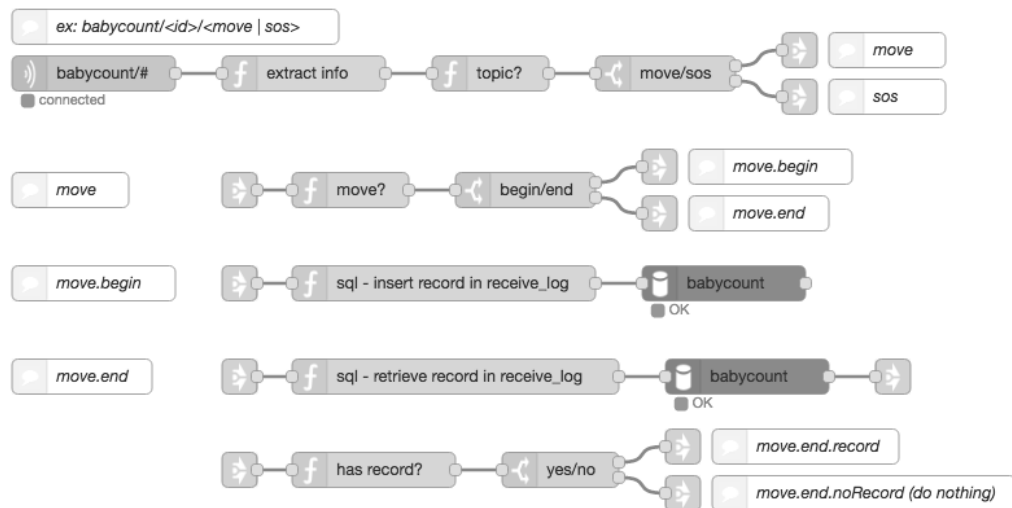
(ข) หลอด LED

(ค) ลำโพงแจ้งเตือน

(ง) NodeMCU (ESP8266-12E)

Message Queue Telemetry Transport (MQTT) คือระบบการสื่อสารแบบ Publish-Subscribe Model ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ สำหรับรับส่งข้อมูลการเดินของทารกในครรภ์จากตัวอุปกรณ์ไปยัง Cloud Server ในทางกลับกันข้อมูลสถานะของทารกในครรภ์ก็จะถูกส่งจาก Cloud Server กลับไปยังตัวอุปกรณ์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ Cloud Server ยังสามารถส่งข้อมูลไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทางโทรศัพท์มือถืออีกด้วย

ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการเขียนชุดคำสั่งบน NodeMCU (ESP8266-12E) คือ Arduino IDE ส่วนซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นตัวประมวลผลกลางใน Cloud Server คือ Node-RED ซึ่งเป็น Graphic Mode ผ่านทางหน้าเว็บ (แสดงในแผนภาพที่ 3) ใช้ชุดคำสั่ง JavaScript ส่วนซอฟต์แวร์ทดสอบการทำงานในโทรศัพท์มือถือ คือ MQTT Dashboard ระบบฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลทั้งหมดในระบบ คือ MySQL และข้อมูลการเดินของทารกในครรภ์สามารถดูได้ผ่านทางหน้าเว็บโดยใช้ Apache เป็น Web Server



แผนภาพที่ 3 ตัวอย่างการทำงานฝั่ง Cloud Server บางส่วน

5. ผลการทดลอง

การทำงานของระบบโหมคออนไลน์ เริ่มจากเมื่อแม่ผู้ตั้งครรภ์รู้สึกว่าการกินครรภ์เริ่มดิ้นก็จะกดปุ่มบนตัวอุปกรณ์และปล่อยเมื่อทารกหยุดดิ้น ตัวอุปกรณ์จะส่งข้อมูลการกดปุ่มดังกล่าว ไปยัง Cloud Server เพื่อบันทึกในฐานข้อมูล และนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางการแพทย์ ผลการวิเคราะห์จะถูกส่งกลับไปที่ตัวอุปกรณ์ และในขณะเดียวกันก็ส่งไปยัง Smart Phone ของผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบ ได้แก่ แพทย์ แม่ผู้ตั้งครรภ์ และผู้ดูแลนั่นเอง

+ Options			
device_id	time_begin	time_end	
18:FE:34:F8:C9:91	2016-09-23 19:17:05	2016-09-23 19:17:22	
18:FE:34:F8:C9:91	2016-09-23 19:21:32	2016-09-23 19:21:36	
18:FE:34:F8:C9:91	2016-09-24 00:23:59	2016-09-24 00:24:11	
18:FE:34:F8:C9:91	2016-09-24 00:25:04	2016-09-24 00:25:06	
18:FE:34:F8:C9:91	2016-09-24 00:25:10	2016-09-24 00:25:12	
18:FE:34:F8:C9:91	2016-09-24 00:25:15	2016-09-24 00:25:16	

แผนภาพที่ 4 ข้อมูลการดิ้นของทารกที่ได้จากตัวอุปกรณ์นับการดิ้นของทารกในครรภ์ต้นแบบ

ผลการทดสอบข้างต้น ข้อมูลการกดปุ่มที่ตัวอุปกรณ์ถูกบันทึกในฐานข้อมูลบน Cloud Server ได้อย่างถูกต้อง (แสดงในแผนภาพที่ 4) สำหรับข้อมูลทางการแพทย์ซึ่งหมายถึงจำนวนการดิ้นของทารกในวิธีการนับแบบต่างๆ จะถูกกำหนดในตาราง config มีโครงสร้างตามที่แสดงในแผนภาพที่ 5 ถูกกำหนดไว้ตามข้อมูลทางการแพทย์ที่ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ศึกษามาเบื้องต้น ประกอบด้วย วิธีการนับแบบ Rayburn กำหนดไว้ 3 ครั้งต่อชั่วโมง การนับแบบ Picquadio and Moore กำหนดไว้ 10 ครั้งต่อชั่วโมง นั่นเอง



#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Extra	Action
1	level	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext Distinct values
2	cnt	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext Distinct values

แผนภาพที่ 5 ข้อมูลการทางแบบเก็บในฐานข้อมูล

การประมวลผลกลางใน Node-Red เริ่มที่การได้รับข้อมูลค่าเวลาในการกดสวิทช์บนตัวอุปกรณ์ การกดสวิทช์แต่ละครั้ง จะมีการส่งค่าเวลาแบบ Unix Time (เริ่มนับตั้งแต่ 1 มกราคม ค.ศ.1970 จนถึงปัจจุบัน) มีหน่วยเป็นวินาที ค่าดังกล่าวจะนำไปเก็บไว้ในตาราง log ซึ่งเป็นตารางสำหรับเก็บข้อมูลการกดสวิทช์ หลังจากนั้นระบบจะทำการเลือกเวลาที่น้อยที่สุดออกมาเพื่อทำการตรวจสอบว่าจากเวลาดังกล่าวไปอีก 1 ชั่วโมงมีการกดทั้งหมดกี่ครั้ง ซึ่งก็หมายถึงจำนวนการเดินของทารกใน 1 ชั่วโมงนั่นเอง

จำนวนการเดินดังกล่าวจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลทางการแพทย์ เพื่อหาสถานะของทารกว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือไม่ หากอยู่ในเกณฑ์เสี่ยง สถานะการเตือนจะถูกเพิ่มขึ้นจาก ปกติ เป็น เตือน หรือจาก เตือน เป็น วิกฤต ในทางกลับกัน ถ้าหากอยู่ในเกณฑ์ปกติ สถานะการเตือนจะลดลงจาก วิกฤต เป็น เตือน หรือจาก เตือน เป็น ปกติ นั่นเอง ระดับการเตือนที่เปลี่ยนไปจะถูกส่งกลับไปที่ตัวอุปกรณ์เพื่อแจ้งให้แม่ผู้ตั้งครรภ์ทราบ โดยทั้ง 3 ระดับ มีการเตือนดังนี้ ระดับที่ 1 ปกติ (ไฟ LED ดับ) ระดับที่ 2 เตือน (ไฟ LED ติด/กระพริบ) และระดับที่ 3 วิกฤต (ไฟ LED ติด/กระพริบและมีเสียงดังจากลำโพง)



แผนภาพที่ 6 หน้าจอการกำหนดค่าให้ระบบบน Smart Phone เพื่อทดสอบการทำงาน

ในแผนภาพที่ 6 เป็นการทำงานโดยใช้ MQTT Dashboard ใช้สำหรับการกำหนดวิธีนับในแบบต่างๆ คือแบบ Rayburn ก็จะเป็นการนับแบบ 3 ครั้งต่อชั่วโมง และแบบ Picquadio and Moore ก็จะเป็นการนับแบบ 10 ครั้งต่อชั่วโมง นอกจากนี้ ยังเพิ่มส่วนของการทดสอบการแจ้งเตือน พร้อมการรีเซ็ตการทำงานของระบบเพื่อให้กลับไปใช้ค่าเริ่มต้น เพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบโดยไม่ต้องรอเวลาให้ครบชั่วโมง

6. สรุปผลงานวิจัย

ในแผนภาพที่ 7 เป็นตัวอย่างหน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลการเดินของทารกในครรภ์แบบเรียลไทม์ ที่แสดงจำนวนการเดินของทารกที่ได้กำหนดเอาไว้ แสดงระดับการแจ้งเตือนล่าสุดว่าอยู่ในระดับใด แสดงจำนวนครั้งที่ทารกเดินล่าสุด และมีการแสดงเวลาการเดินครั้งสุดท้ายล่าสุดของทารก ทำให้แม่ผู้ตั้งครรภ์สามารถตรวจสอบสถานะของทารกในครรภ์เบื้องต้นได้ ช่วยลดความกังวลในช่วงการตั้งครรภ์ รวมไปถึงแพทย์และผู้ที่เกี่ยวข้องก็สามารถตรวจสอบได้เช่นกัน



แผนภาพที่ 7 หน้าจอของระบบอินเตอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งสำหรับวัดการเดินของทารกในครรภ์

เมื่อพิจารณาจากลักษณะการทำงานของอุปกรณ์นับการเดินของทารกในครรภ์ รวมไปถึงระบบที่รองรับการทำงานและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการเดินของทารกในครรภ์ตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งอ้างอิงหลักทางการแพทย์ตามที่ทีมผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นและศึกษามา ตัวอุปกรณ์ช่วยให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ ทำให้การวินิจฉัยของแพทย์มีความถูกต้อง และง่ายต่อการสืบค้นข้อมูลด้วยเช่นกัน

ถ้านำไปสร้างเป็นผลิตภัณฑ์จริงที่สามารถพกพาไปกับแม่ผู้ตั้งครรภ์ได้ เช่น ทำเป็นสายคล้องคอหรือสายรัดข้อมือ เป็นต้น จะลดปัญหาการชำรุดและสูญหาย เมื่อเทียบกับการบันทึกลงใบบันทึกการนับแบบเก่าอย่างแน่นอน ในกรณีที่เกิดเหตุผิดปกติขึ้นกับทารกในครรภ์ จะมีการแจ้งเตือนให้ทราบในทันทีที่ตัวอุปกรณ์ และยังแจ้งเตือนไปยังแพทย์และบุคคลที่เกี่ยวข้องทราบและให้ความช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงที

ในลำดับต่อไป ทางทีมผู้วิจัยจะออกแบบและสร้างอุปกรณ์ โดยเน้นให้นำไปทดลองใช้จริงกับโรงพยาบาลและแม่ที่กำลังตั้งครรภ์ได้ เพื่อเก็บข้อมูลและข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับการพัฒนาระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด และทางทีมผู้วิจัยหวังว่า นี่จะเป็นเครื่องมือที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เพื่อรักษาชีวิตของทารกในครรภ์มารดาได้มากขึ้นกว่าปัจจุบัน

7. เอกสารอ้างอิง

- บุญมี ภูด่านจัว. 2557. บทบาทพยาบาลในการส่งเสริมการดูแลตนเองของหญิงตั้งครรภ์ต่อการนับและบันทึกลูกดิ้น วารสารพยาบาลศาสตร์และสุขภาพ ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มีนาคม) พ.ศ.2557
- พงษ์ศักดิ์ กิรติวินทร. 2547. เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะใกล้ (Bluetooth and ZigBee) วารสารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ.2547
- พันเอกหญิง จุฑาวัดี วุฒิวงศ์. ทารกในครรภ์ดิ้นน้อย (Decreased fetal movement) บทความทางวิชาการ วีระศักดิ์ เจริญขาว. 2549. วิทยุกระจายเสียงความชัดเจสูง (Digital HDRadio) วารสารงานวิจัย 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2549
- สัญญาณการดิ้นของทารกในครรภ์บอกอะไร [Online] Available from: <http://www.pregnancysquare.com /ทารกในครรภ์-สัญญาณการดิ้น/>, Access 10 November 2016
- Bluetooth 4.0 [Online] Available from: http://droidsans.com/bluetooth_technology_with_android/, Access 7 November 2016.
- Danielson, Krissi, March 26, 2008. Distinguishing Cloud Computing from Utility Computing [Online] Available from: http://www.ebizq.net/blogs/saasweek/2008/03/distinguishing_cloud_computing/, Access 23 November 2016.
- IEEE 802.11 [Online] Available from: https://th.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11/, Access 10 November 2016.
- IEEE 802.15.4e [Online] Available from: <http://sirane217.blogspot.com/2015/02/ieee-80215.html>, Access 9 November 2016.
- Internet of Things [Online] Available from: <https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/netpie.html>, Access 10 November 2016.
- Low Power Bluetooth [Online] Available from: <https://th.wikipedia.org/wiki/บลูทูธพลังงานต่ำ>, Access 10 November 2016
- LowPAN [Online] Available from: <http://www.deaware.com/6lowpanoverble/>, Access 9 November 2016.
- NIST.gov, Cloud Computing [Online] Available from: <https://www.nist.gov/programs-projects/cloud-computing/>, Access 20 November 2016.
- Processor [Online] Available from: <http://kanokporn-kcom.blogspot.com/2011/11/processor.html>, Access 10 November 2016.
- Sensor [Online] Available from: <https://th.wikipedia.org/wiki/ตัวรับรู้>, Access 10 November 2016
- WSN เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [Online] Available from: <http://rssi-dist.blogspot.com/2007/08/wireless-sensor-networks-wsn.html>, Access 9 November 2016

การวิเคราะห์ความชื้นเพื่อเปลี่ยนการใช้งานของผ้าอ้อมสำเร็จรูปสำหรับผู้สูงอายุ

HUMIDITY ANALYSIS OF THE DISPOSABLE DIAPER CHANGES FOR ELDERLY

ณัฐชากร คำยอด

E-mail: natchakorn.kam@spulive.net

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปริญญญา แสนจันทร์

E-mail: parinya.sae@spulive.net

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

มนัสนันท์ หรั่งยิ้ม

E-mail: manasanan.ran@spulive.net

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

สุรัชชัย ทองแก้ว

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

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

นิมิตร ทักขวิทยาพงศ์

E-mail: nimit.tu@spu.ac.th

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

การไม่เปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปเมื่อเกิดการเต็มของปัสสาวะหรือการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปนานเกิน 4 ชั่วโมงจะส่งผลให้เกิดผื่นผ้าอ้อมและแผลกดทับจากการใส่ผ้าอ้อมสำเร็จรูปซึ่งสร้างปัญหาทางด้านสุขอนามัยสำหรับผู้สูงอายุ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการช่วยเตือนเพื่อเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปในช่วงสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งจะขึ้นกับการตรวจสอบการเต็มของปัสสาวะในผ้าอ้อมสำเร็จรูปด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้น และช่วงระยะเวลา 4 ชั่วโมงของการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูป ซอฟต์แวร์ชื่อ Node-RED ถูกนำมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ข้างต้น MQTT Platform ถูกนำมาใช้เป็นช่องทางในการสื่อสารรับ-ส่งข้อมูล ซอฟต์แวร์ข้างต้นจะ Publish ค่าความชื้นที่อ่านได้จาก Moisture Sensor ไปที่ Cloud MQTT เมื่อมีการเปิดสวิตซ์การทำงานบน MQTT Dashboard และทำการ Subscribe ในหัวข้อ Topic ของ “ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผ้าอ้อมสำเร็จรูป” ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะถูกแสดงผลบน MQTT Dashboard ผลที่ได้จากงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่ใช้งาน

ในแต่ละวันและเปอร์เซ็นต์ความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปแต่ละตัว ข้อมูลข้างต้นจะทำให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง, ระบบสมองกลฝังตัว, เทคโนโลยีการสวมใส่, ผู้สูงอายุ, ผ้าอ้อมผู้ใหญ่

ABSTRACT

Improper uses of disposable diaper in cases of full of urine or over usage of more than 4 hours may result in diaper rash and blisters which create health problems for elderly. In this research, we developed a reminder system to change the disposable diaper under appropriate situation. Such situation will rely on the fullness of urine in the diaper which can be detected by moisture sensor and the 4 hours usage period of diaper. Software called “Node-RED” was used to analyze the above related data. The MQTT platform has been selected as communication channel to send and receive data. The software will publish the moisture sensor readings to the Cloud MQTT. When the switch on the MQTT Dashboard is being turn on and subscribe the “Topic of the percentage moisture in the diaper”. The value of percentage moisture will be displayed on the MQTT Dashboard. The results of the research show the number of disposable diapers on every day usage and the percentage of moisture on each diaper. The above data allow the user to change the disposable diaper within a reasonable timeframe.

KEYWORDS: Internet of Things, Embedded System, Wearable Technology, Elderly, Adult Diapers

1. บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ คือการเกิดผื่นผ้าอ้อม และแผลกดทับจากการใส่ผ้าอ้อมสำเร็จรูปเป็นระยะเวลานาน ซึ่งสาเหตุหลักของการใส่ผ้าอ้อมสำเร็จรูปเป็นระยะเวลานาน คือการลืมเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป หรือไม่ทราบว่าผ้าอ้อมสำเร็จรูปเกิดการเต็ม

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้ Moisture Sensor ในการวัดค่าความชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูป เพื่อทำการวิเคราะห์ถึงระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป อาจเนื่องจากสาเหตุการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปจนเต็ม หรือการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปนานครบ 4 ชั่วโมง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อตรวจสอบจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เหลือในสต็อก
- 2) เพื่อแสดงเปอร์เซ็นต์ความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปแต่ละตัวที่ใช้งาน
- 3) เพื่อแจ้งเตือนเมื่อใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปครบ 4 ชั่วโมง, แจ้งเตือนเมื่อผ้าอ้อมสำเร็จรูปมีการใช้งานจนเต็ม และแจ้งเตือนเมื่อผ้าอ้อมสำเร็จรูปเหลือ 5 ชิ้น เพื่อให้ผู้ใช้หาซื้อเพิ่ม ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

1.3 ขอบเขต

- 1) สามารถตรวจสอบจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เหลือในสต็อก
- 2) สามารถแสดงเปอร์เซ็นต์ความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปแต่ละตัวที่ใช้งาน
- 3) สามารถแจ้งเตือนเมื่อใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปครบ 4 ชั่วโมง, แจ้งเตือนเมื่อผ้าอ้อมสำเร็จรูปมีการใช้งานจนเต็ม และแจ้งเตือนเมื่อผ้าอ้อมสำเร็จรูปเหลือ 5 ชิ้น เพื่อให้ผู้ใช้หาซื้อเพิ่ม ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

1.4 เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ Internet of Things (IoT)

คำว่า Internet of Things มีการให้คำจำกัดความในหลายความหมาย จนกระทั่งล่าสุด สถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์นานาชาติ (IEEE) ได้ให้นิยามของคำว่า Internet of Things (IoT) เมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม 2558 ใจความว่า “An IoT is a network that connects uniquely identifiable “Things” to the Internet. The “Things” have sensing/actuation and potential programmability capabilities. Through the exploitation of unique identification and sensing, information about the “Thing” can be collected and the state of the ‘Thing’ can be changed from anywhere, anytime, by anything.” แปลเป็นไทยในมุมมองของผู้แต่ง “Internet of Things” คือ โครงข่ายที่เชื่อมต่อสรรพสิ่งใดๆ (Things) ซึ่งมีลักษณะที่ระบุเอกลักษณ์ได้ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยที่สรรพสิ่งใดๆ จะมีความสามารถในการรับรู้ ตอบสนอง และมีศักยภาพในการโปรแกรมหรือสั่งการการทำงานได้จากประโยชน์ของความสามารถในการระบุเอกลักษณ์ และความสามารถในการรับรู้นี้ สารสนเทศบนสรรพสิ่งใดๆ จะสามารถถูกรวบรวมจัดเก็บ และสถานภาพของสรรพสิ่งใดๆ ก็สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาจากสถานที่ใดๆ เวลาใดๆ โดยสิ่งใดๆ”

จากนิยามดังกล่าว บทความนี้จะให้นิยาม Internet of Things ในชื่อไทยว่า อินเทอร์เน็ตกับสรรพสิ่งใดๆ แต่จะใช้คำย่อ IoT เพื่อลดความซ้ำซ้อน โดยจะสรุปคุณลักษณะสำคัญของ IoT ดังนี้

- 1) เป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างสรรพสิ่งใดๆ (Interconnection of Things)
- 2) เชื่อมต่อสรรพสิ่งใดๆ เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต (Connection of Things to the Internet)
- 3) สรรพสิ่งใดๆ มีลักษณะที่ระบุเอกลักษณ์ได้ (Uniquely Identifiable Things)
- 4) สามารถพบได้ทั่วไป (Ubiquity)
- 5) มีความสามารถในการ รับรู้ และตอบสนอง ได้ (Sensing/Actuation capability)
- 6) เป็นระบบฝังตัวแบบอัจฉริยะ (Embedded intelligence)
- 7) มีความสามารถในการสื่อสารทำงานร่วมกันได้ (Interoperable Communication Capability)
- 8) สามารถตั้งค่าด้วยตนเองได้ (Self-configurability)
- 9) สามารถโปรแกรมหรือสั่งการการทำงานได้ (Programmability)

หรือถ้ากล่าวโดยง่าย IoT ก็คือ การทำอุปกรณ์ใดๆ หรือ สรรพสิ่งใดๆ ให้ฉลาดขึ้น โดยการใส่สมองกลให้กับมัน แล้วให้สรรพสิ่งนั้นๆ สามารถสื่อสาร ควบคุม หรือรายงานผลซึ่งกันและกันได้ผ่านอินเทอร์เน็ต ยกตัวอย่างง่ายๆ S. Poomrittigul and P. Tuwanut / Pathumwan Academic Journal, Vol. 6, No. 15, January - April 2016 ของคำว่า “อุปกรณ์สื่อสารกัน” เช่น โทรศัพท์ กับ รีโมทโทรทัศน์ ก็คือ อุปกรณ์สื่อสารกัน

ได้ แต่เป็นการสื่อสารผ่านคลื่นอินฟราเรดแต่อุปกรณ์ที่จะเป็น IoT นั้นจะต้องสามารถสื่อสารกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ในปัจจุบันกระแสของคำว่า IoT ได้เป็นที่กล่าวถึงอย่างกว้างขวาง และเริ่มมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถทำงานบนแนวคิดของ Internet of Things เพิ่มมากขึ้น โดยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ มากขึ้น เช่น การประยุกต์ใช้งานใน Smart City คือการทำให้เมืองมีอุปกรณ์ทุกอย่างที่สามารถควบคุมรายงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม และ เกษตรกรรม ที่ใช้อินเทอร์เน็ตควบคุมการผลิต รวมไปถึง การเฝ้าระวังและการเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์ สามารถรายงานภัยอันตรายหรือโรคร้ายที่จะเกิดกับมนุษย์แบบอัตโนมัติ

ในการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ใดๆ นั้น จำเป็นจะต้องใช้โปรโตคอลในการสื่อสาร โดยเฉพาะในการพัฒนา IoT ในปัจจุบันมีโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมอยู่สองชนิดคือ CoAP Protocol และ MQTT Protocol

1.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผ้าอ้อมสำเร็จรูป

สายฝน ไทยประดิษฐ์(2556) ระดับพื้นแดงบริเวณผิวหนังหมายถึงลักษณะของผิวหนังที่เกิดจากการได้รับความระคายเคือง จากการสัมผัสอุจจาระและปัสสาวะของผิวหนังบริเวณรอบ ๆ ทวารหนัก ฝีเย็บ ก้นกบ และก้นข้อยซึ่งอาการที่สังเกตได้ คือ ผื่นแดงหรือผื่นบวมแดง ซึ่งหากไม่ได้รับการดูแลที่ถูกต้องจะพัฒนาเป็นแผลกดทับในที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าผู้ป่วยสูงอายุที่มีปัญหาผิวหนังอักเสบจากกลืนอุจจาระและปัสสาวะไม่อยู่มักมีอาการแสดงเริ่มต้นด้วยการมีผื่นแดงของผิวหนังเพียงเล็กน้อยก่อนหลังจากนั้นจะ เริ่มแฉ่งเรื่อยๆ จนกระทั่งพัฒนาเป็นตุ่มน้ำ และเกิดการกัดกร่อนจนเป็นแผลในที่สุด (Farage et al., 2007) นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ป่วยที่มีปัญหาผิวหนังอักเสบจากปัญหาการกลืนอุจจาระหรือปัสสาวะไม่อยู่ (Incontinence dermatitis) นานกว่า 72-96 ชั่วโมงจะเกิดการติดเชื้อรา (Candida albicans) ได้ร้อยละ 50-80 (Lyder, Clemes-Lawrance , Davis , Salivan , Zucker , 1992 อ้างตาม อารีและคณะ, 2547)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัลย์ธิดา ถิ่นทีเรืองวิทย์(2554) ได้ทำการวิจัยระยะเวลาการเปลี่ยนผ้าอ้อมพบว่าผู้ป่วยกลุ่มที่ได้รับการประเมิน ทำความสะอาดผิวหนังและเปลี่ยนผ้าอ้อมเมื่อเต็มทุก 2 ชั่วโมง มีอัตราการเกิดผื่นแดงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการประเมินและทำความสะอาดผิวหนัง สอดคล้องกับการศึกษาของ Schnelle, Cruise, Alessi, Al-Samarrai, & Ouslander27 พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการประเมินทุก 2 ชั่วโมงมีความรุนแรงของผื่นแดง (Blanchable erythema) น้อยกว่าผู้ป่วยที่ได้รับการประเมินทุก 4 ชั่วโมง นอกจากนั้นผลการศึกษาในกลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนผ้าอ้อมทุก 8 ชั่วโมง พบว่ามีความชื้นของผิวหนังและเกิดแผลกดทับมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการเปลี่ยนผ้าอ้อมทุก 4 ชั่วโมง

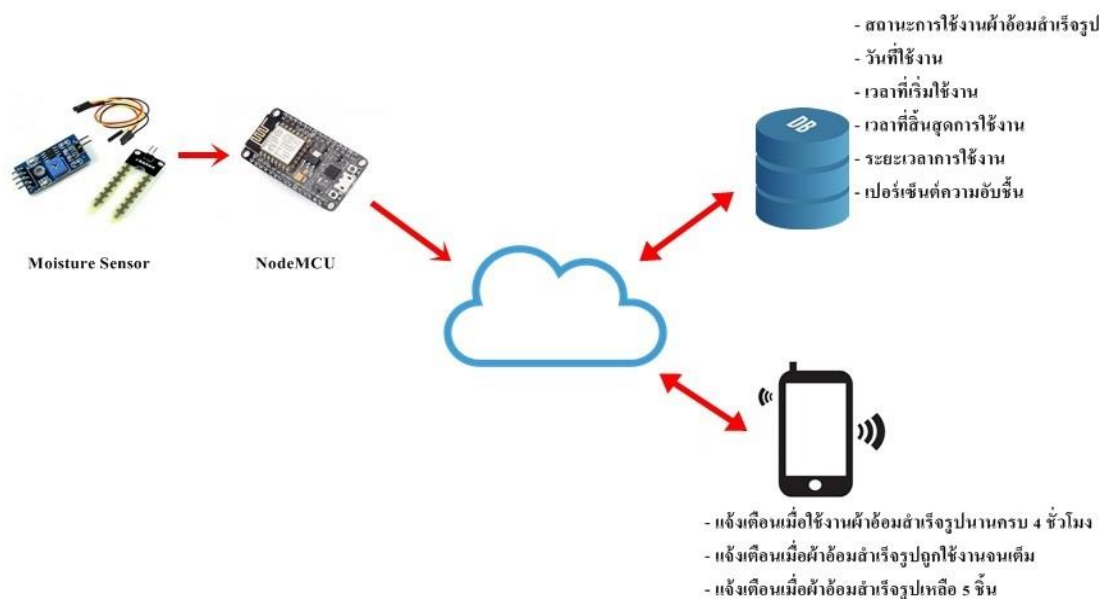
จุฑารัตน์ คงเพชร (2557) ระยะเวลา (ความถี่) ในการเปลี่ยนผ้าอ้อม สำหรับผู้ดูแลที่เลือกใช้ผ้าอ้อมสำเร็จรูปในการดูแลเด็ก โดยทั่วไปผู้ดูแลจะทำการ เปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปชิ้นใหม่ เมื่อพบว่าเด็กถ่ายอุจจาระ หรือเมื่อสังเกตพบว่าผ้าอ้อมสำเร็จรูป ชุ่มมากจนสัมผัสได้ถึงความเปียกชื้นซึ่งในบางครั้งอาจทำให้ผิวหนังของทารกต้องสัมผัส กับปัสสาวะหรืออุจจาระเป็นระยะเวลานานเกินไปจนอาจเกิดผื่นผ้าอ้อมตามมาได้ดังนั้น ระยะเวลาในการเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปแต่ละครั้งจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกัน การเกิดผื่นผ้าอ้อม จากการทบทวนวรรณกรรมพบข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถี่ในการเปลี่ยนผ้าอ้อมในเด็กที่ใช้ผ้า อ้อมสำเร็จรูปแตกต่างกันตามวัย

และสถานการณ์โดยกรณีที่เด็กถ่ายปัสสาวะเพียงอย่างเดียวในทารกแรกเกิดควรเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปทุกชั่วโมง (Borkowski,2004;Wolfetal.,2001)หรืออย่างน้อย ทุก 2 ชั่วโมง (Borkowski, 2004) และในวัยทารกควรเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปทุก 3-4 ชั่วโมง (Wolf et al.,2001)หรือเปลี่ยนทันทีเมื่อสัมผัสได้ถึงความเปียกชื้น (Atherton,2001;Stevenson,2011) หรือสังเกตเห็นการซึมเปื้อน(Atherton,2005;Borkowski,2004)ซึ่งมีการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนผ้าอ้อมอย่างสม่ำเสมอมากกว่า 8 ครั้งต่อวัน มีความสัมพันธ์กับความชุกของการเกิดผื่นผ้าอ้อมที่ลดลง(Jordan et al., 1986) ส่วนผลการศึกษาล่าสุดในประเทศจีนพบว่าความชุกของการเกิดผื่นผ้าอ้อมของกลุ่มที่เปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปอย่างน้อย 6 ครั้งต่อวันน้อยกว่ากลุ่มที่เปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป น้อยกว่า 6 ครั้งต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < .05$) (Li et al., 2012) ส่วนในกรณีที่เด็กถ่าย อุจจาระควรเปลี่ยนทันทีภายหลัง เด็กขับถ่าย (Hempel, 2011) สำหรับเด็กที่สวมใส่ผ้าอ้อมควรเปลี่ยนผ้าอ้อมทันที ภายหลังการถ่ายปัสสาวะและอุจจาระ (Prasad et al., 2003) นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะว่าหากเป็นไปได้ควรปล่อยให้เด็กไม่ต้องใส่ผ้าอ้อมให้มากที่สุด โดยควรเปิดบริเวณที่สวมใส่ผ้าอ้อมให้สัมผัสกับอากาศในระหว่างวัน ขณะเด็กนอนหลับ (Wondergem,2010) สำหรับในการศึกษารั้งนี้ กำหนดให้กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป ทุก 3-4 ชั่วโมง หรือเพิ่มความถี่ในการเปลี่ยนมากขึ้น หากสัมผัสได้ถึงความเปียกชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปในกรณีถ่ายปัสสาวะเพียงอย่างเดียว แต่หากกรณีถ่ายอุจจาระ ให้เปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปทันที

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ภาพรวมของระบบ

หลักการทำงานของระบบ จะเริ่มทำงานจากการเปิดสวิตช์บนแอปพลิเคชัน MQTT Dashboard เพื่อเปิดสถานะการใช้งาน จากนั้นทำการรับค่าความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปจากเซนเซอร์วัดความชื้นที่ถูกควบคุมการทำงานโดย NodeMCU ที่ถูกอัปโหลดโปรแกรมจาก Arduino IDE โดยใช้โมดูล WiFi (ESP8266) เพื่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต และส่งข้อมูลไปเก็บยัง Cloud และส่งค่าความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปจากเซนเซอร์วัดความชื้นที่แปลงเป็นเปอร์เซ็นต์ความอับชื้นเรียบร้อยแล้ว ไปที่ Node-RED อีกทั้งการเก็บวันที่ใช้งาน เวลาที่เริ่มใช้งาน เวลาที่เลิกใช้งาน ตลอดจนจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เหลือในสต็อกไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล ระบบจะทำการตรวจสอบผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่ถูกใช้งานจนเต็ม การใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปนานครบ 4 ชั่วโมง และจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปในสต็อกเมื่อเหลือ 5 ชิ้น เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 1

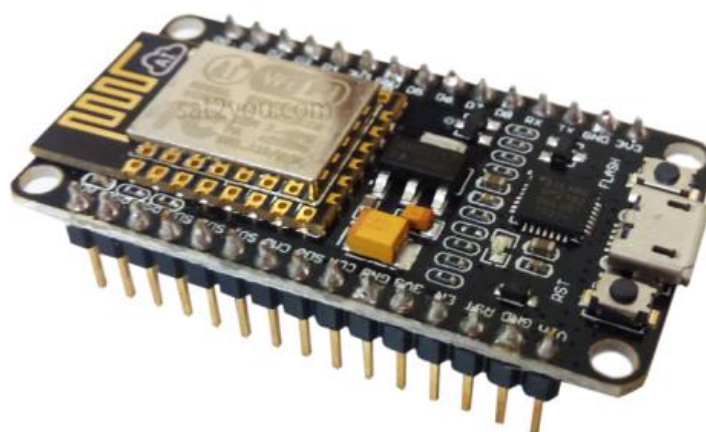


รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

2.2 การพัฒนาระบบ

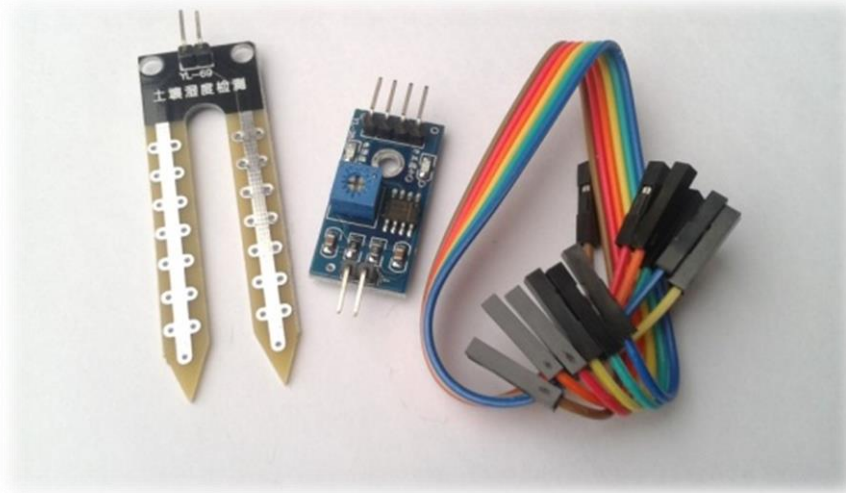
2.2.1 Hardware

1) Node MCU สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ โดยใช้งานร่วมกับ Arduino IDE ทำให้ใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมได้ มีโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านค่าความชื้นจาก Moisture Sensor ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพอุปกรณ์ NodeMCU [3]

2) Moisture Sensor ใช้วัดความชื้นในดิน หรือเป็นเซ็นเซอร์น้ำ โดยใช้อ่านค่าความชื้น เพื่อนำมาใช้ในการตรวจวัดความชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพอุปกรณ์ Moisture Sensor [4]

2.2.2 Communication

MQTT เป็นโปรโตคอลที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยมีรูปแบบการทำงานแบบ Publish/Subscribe ซึ่งการทำงานของโปรโตคอล MQTT นี้ จะประกอบไปด้วยตัวกลางที่เรียกว่า Broker ขั้นตอนการทำงาน คือ เมื่อ Sensor หรือเครื่องรับรู้ทำการอ่านค่าที่วัดได้ จะทำการ Publish ข้อมูลดังกล่าว ไปยัง Topic ที่กำหนด บน MQTT Broker และ MQTT Broker จะทำการ Publish ข้อมูลที่ได้ ไปยัง Client หรือ อุปกรณ์ใดๆ ที่ทำการ Subscribe Topic นั้นๆ

1) Publish : การเพิ่มจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปในสต็อก, การเริ่มใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปในแต่ละตัว และการสิ้นสุดการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปในแต่ละตัว

2) Subscribe : จำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปคงเหลือในสต็อก, ผ้าอ้อมสำเร็จรูปตัวที่, วันที่ใช้งาน, เวลาที่เริ่มใช้งาน และปริมาณความชื้น

2.2.3 Software

1) Arduino IDE โปรแกรมที่ใช้เขียนเพื่อคอนโทรลอุปกรณ์ I/O โดยใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม และโหลดลงใน Node MCU เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของ Moisture Sensor

2) Node-RED เป็นเครื่องมือสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์, APIs และบริการออนไลน์ในรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจ

2.2.4 Data Analytics

การทำงานบน Node-RED จะนำค่าความชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้น มาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงค่าความชื้นที่แสดงถึงการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปจนเต็ม

และการคำนวณหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป จากการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปนานครบ 4 ชั่วโมง เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนต่อไป

3. ผลการทดลองและอภิปราย

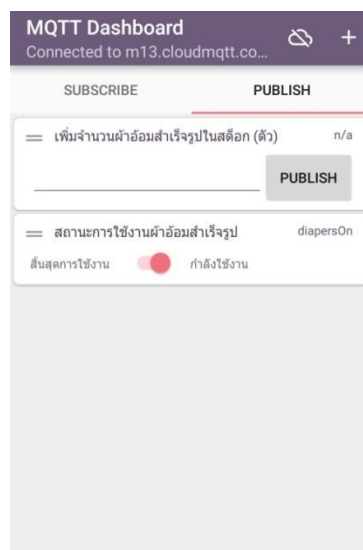
จากการทดลองใช้ Moisture Sensor วัดค่าความชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูป เมื่อแปลงค่าความชื้นที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความอับชื้น จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ความอับชื้นของจำนวนครั้งที่ปัสสาวะต่อผ้าอ้อมสำเร็จรูป 1 ตัว

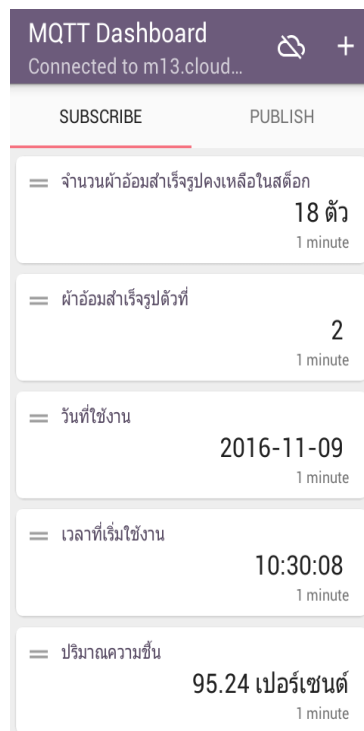
จำนวนครั้งที่ปัสสาวะ	เปอร์เซ็นต์ความอับชื้น
1	81.67% ขึ้นไป
2	90.48% ขึ้นไป
3	91.90% ขึ้นไป
4	95.24% ขึ้นไป

3.1 การแสดงผลในส่วนของซอฟต์แวร์

การแสดงผลบนหน้าจอ MQTT Dashboard นั้น จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนที่เป็น Publish และส่วนที่เป็น Subscribe ส่วนของการ Publish นั้นจะ Publish การเพิ่มจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปในสต็อก, การเริ่มใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปในแต่ละตัว และการสิ้นสุดการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปในแต่ละตัว ดังแสดงในรูปที่ 4 และส่วนของการ Subscribe นั้นจะ Subscribe ค่าเปอร์เซ็นต์ความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูป เพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลผ่าน MQTT Dashboard ซึ่งข้อมูลที่นำมาแสดงผลนั้น ได้แก่ จำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปคงเหลือในสต็อก, วันที่ใช้งาน, ผ้าอ้อมสำเร็จรูปตัวที่ (ต่อวัน), เวลาที่เริ่มใช้งาน และปริมาณความชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 5

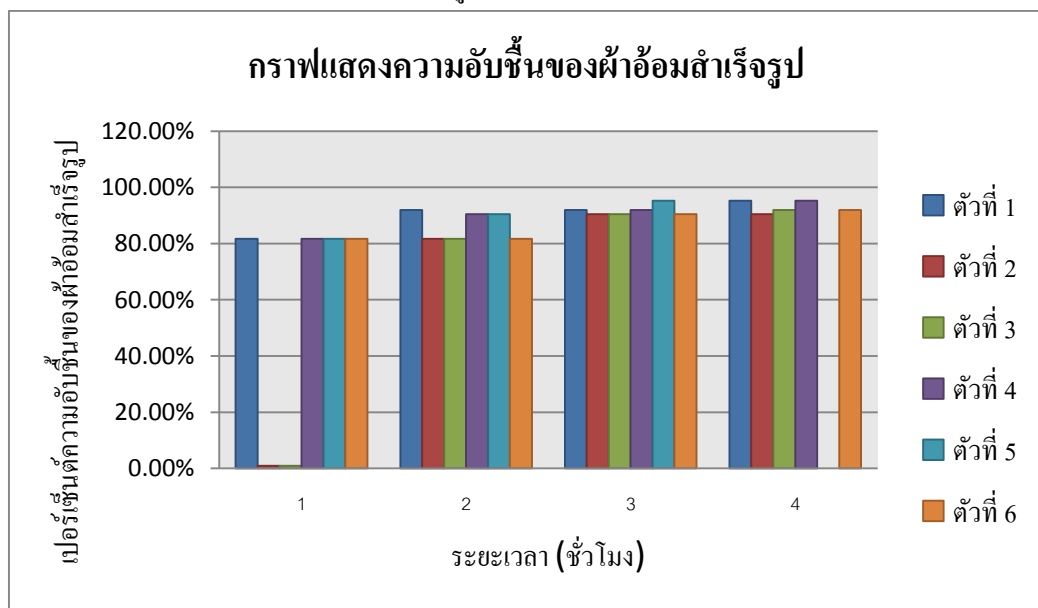


รูปที่ 4 ภาพส่วนของ Publish



รูปที่ 5 ภาพส่วนของ Subscribe

เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างวันที่ใช้งานคำอ้อมสำเร็จรูปที่ใช้งานอุปกรณ์ช่วยเตือนการเปลี่ยนมา 1 วัน สร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความอัปเดตที่ได้จากการวัดจากเซนเซอร์วัดความชื้น และแปลงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความอัปเดต จะได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุมีการใช้งานคำอ้อมสำเร็จรูปนานครบ 4 ชั่วโมง จำนวน 5 ตัว และการใช้งานคำอ้อมสำเร็จรูปนาน 3 ชั่วโมง จำนวน 1 ตัว



แผนภาพที่ 1 ภาพการสุ่มตัวอย่างคำอ้อมสำเร็จรูปที่ใช้งานอุปกรณ์ช่วยเตือนการเปลี่ยนมา 1 ตัว

4. สรุปผลงานวิจัย

วิธีการตรวจสอบการเต็มของผ้าอ้อมสำเร็จรูปด้วยเซ็นเซอร์วัดความชื้น และการคำนวณระยะเวลาการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปนานครบ 4 ชั่วโมง ด้วย Node-RED ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความอับชื้นของผ้าอ้อมสำเร็จรูป และระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป ตามลำดับ เพื่อทำการเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูป ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดผดผื่นและแผลกดทับจากการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปเป็นระยะเวลานานน้อยกว่าผู้ที่ใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูปนานเกิน 4 ชั่วโมง หรือผู้ที่ไม่เปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปเมื่อใช้งานจนเต็ม อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เหลือในสต็อก ระบบจะจัดการกับข้อมูลจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เหลือในสต็อกในระบบฐานข้อมูลโดยการลดลงครั้งละ 1 ชิ้น เมื่อมีการเปิดสวิตช์บนแอปพลิเคชัน MQTT Dashboard เพื่อเปิดสถานะการใช้งานผ้าอ้อมสำเร็จรูป ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบจำนวนผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เหลือในสต็อก

5. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปพัฒนาระบบให้สามารถนำปัสสาวะมาใช้ในการวิเคราะห์โรคเบาหวานและโรคไตเบื้องต้นในผู้สูงอายุ โดยนำ RGB Colour Sensor (TCS230/TCS3200) ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการอ่านค่าสีมาใช้ในการอ่านค่าสีบนแถบตรวจสอบปัสสาวะในปัสสาวะ (dip – strips) แล้วระบบจะทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณน้ำตาลและโปรตีน ซึ่งสามารถบอกถึงความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเบาหวานและโรคไตในผู้สูงอายุ

6. เอกสารอ้างอิง

- จุฑารัตน์ คงเพชร. (2557). เปรียบเทียบผลของโปรแกรมการดูแลผิวหนังต่ออุบัติการณ์และระดับความรุนแรงของการเกิดผื่นผ้าอ้อมในเด็กที่มีอาการอุจจาระร่วง. 36
- วัลย์ลดา จันทร์เรืองวนิชย์. (2554). ผลของการใช้แนวปฏิบัติการพยาบาลเพื่อป้องกันการเกิดผื่นแดงบริเวณฝีเย็บและก้นกบในผู้ป่วยระบบประสาทที่มีภาวะกลั้นปัสสาวะ. 43-44
- สายฝน ไทยประดิษฐ์. (2556). ผลของโปรแกรมควบคุมความชื้นของผิวหนังต่อความสมบูรณ์แข็งแรงของผิวหนังและการเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยสูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผลกดทับ. 30
- สุวิทย์ ภูมิฤทธิ์กุล, ปานวิทย์ ฐะนุติ. (2559). Internet of Thing เพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้โปรแกรม Hadoop. 62-63
- NODEMCU. [Online] Available from : <http://www.sat2you.com/site/?p=2136>, Accessed 2 November 2016
- Node-RED. [Online] Available from : <https://nodered.org/>, Accessed 2 November 2016
- Soil Moisture Sensor. [Online] Available from : <http://www.ioxhop.com/product/87/> เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน-soil-moisture-sensor, Accessed 2 November 2016

**การพัฒนาออนโทโลยีวิธีออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของ
ประชากรไทยเพื่อผู้สูงอายุ**

**THE ONTOLOGY DEVELOPMENT OF EXERCISE METHOD BASED
ON THE PHYSICAL FITNESS STANDARD CRITERIA
OF THAI CITIZENS FOR OLD AGE**

อานนท์ จันทรเกษม

นักศึกษาปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: arnon.jankasem@gmail.com

ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: thepparit.ba@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาออนโทโลยีวิธีออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของประชากรไทยเพื่อผู้สูงอายุเพื่อมุ่งไปสู่การพัฒนาระบบผู้แนะนำวิธีการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพร่างกาย ผู้วิจัยใช้เทคนิคเดลฟายในการรวบรวมวิธีการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ 60 – 89 ปี จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านกีฬา และวิธีการออกกำลังกายซึ่งรวมทั้ง ท่ากายบริหาร กีฬา และกิจกรรมในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ มาพัฒนาออนโทโลยีด้วยโปรแกรมไฮโซะ และทำการประเมินความเหมาะสมของออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญด้านออนโทโลยีและผู้เชี่ยวชาญด้านกีฬาและการออกกำลังกาย ผลการประเมินพบว่าออนโทโลยีที่เสนอมีค่าความเหมาะสมในระดับดีโดยมีค่าเฉลี่ย 3.90 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.40

คำสำคัญ: ออนโทโลยี วิธีการออกกำลังกาย ผู้สูงอายุ

ABSTRACT

This research aims to develop the ontology of exercise methods based on a physical fitness standard of Thai population for the elderly 60 – 89 years towards the development of an exercise method recommender system to improve physical fitness. Delphi method had been used for gathering information to develop the ontology together with Hozo program. We evaluated the ontology by means of ontology and sport experts. The

results showed that the proposed ontology offered a suitable level by an average of 3.90 and a standard deviation of 0.40.

KEYWORDS: Ontology, Exercise method, Old age

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันนานาชาติให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพของผู้สูงอายุในประเทศของตน ในหลายประเทศได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ รวมไปถึงประเทศไทยที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ จากอัตราการเกิดที่กำลังลดลง ทำให้จำนวนประชากรเด็กอายุน้อยกว่า 15 ปี ลดลงขณะที่ประชากรอายุมากกว่า 60 ปี กำลังเพิ่มมากขึ้น (กรมการปกครอง, 2558) จำนวนประชากรผู้สูงอายุและดัชนีการสูงวัย พ.ศ. 2556 พบว่า ประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีจำนวนถึง 8,734,101 คน ในขณะที่จำนวนประชากรเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี มีจำนวน 12,700,001 คน ทำให้ค่าดัชนีการสูงวัยอยู่ที่ร้อยละ 68.77 ตัวเลขนี้กลายเป็นเงินจำนวนมหาศาลและกำลังเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี นี่คือการหนึ่งภาระของการคลังที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศในการดูแลเรื่องค่าสวัสดิการและสุขภาพต่างๆ ของผู้สูงอายุผ่านทางเวชกรรม เกษตรกรรม และโครงการส่งเสริมสุขภาพต่างๆ

เป็นที่ประจักษ์ว่าการออกกำลังกายอย่างเพียงพอเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งในการแก้ปัญหาด้านสุขภาพที่เกิดจากโรคไม่ติดต่ออันมีสาเหตุมาจากสมรรถภาพทางกายหรือโรคอ้วน จึงมีหลายสถาบันทางการแพทย์และการกีฬา เช่น สถาบันเวชศาสตร์การกีฬาและออกกำลังกายกรุงเทพ (Bangkok Academy of Sports and Exercise Medicine : BASEM) เล็งเห็นความสำคัญในการให้คำปรึกษาและการแนะนำวิธีการออกกำลังกายแก่ บุคคลทั่วไป นักกีฬาสัมพันธ์ นักกีฬาอาชีพ ผู้สูงอายุ และผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว (เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และโรคอ้วน) เพื่อให้สามารถเล่นกีฬาและออกกำลังกายได้อย่างเหมาะสมกับผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีองค์กรและสถานพยาบาลต่างๆ ที่ให้คำแนะนำในการออกกำลังกายและเล่นกีฬาที่เหมาะสมกระจายอยู่ทั่วประเทศ แต่ผู้สูงอายุก็ยังจำเป็นต้องเดินทางไปขอเข้ารับคำปรึกษาในเวลาทำการ ซึ่งมีกระบวนการที่ซับซ้อน และต้องเวลาในการรอรับคำปรึกษา อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการขอใช้บริการ จึงเป็นการยากในการเข้าถึงเพื่อขอรับคำแนะนำ

จากปัญหาวิจัยข้างต้น งานวิจัยนี้จึงเสนอการพัฒนาออนไลน์วิถีชีวิตออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของประชากรไทยสำหรับผู้สูงอายุ โดยอาศัยแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุ 60 – 89 ปี สุพิตร สมานโค และคณะ (2556) เพื่อมุ่งสู่ระบบผู้ให้คำแนะนำที่อาศัยออนไลน์วิถีเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุสำหรับแก้ไขปัญหาความยุ่งยากซับซ้อนในการเข้าถึงผู้ให้คำปรึกษา และการขาดเกณฑ์การพิจารณาวิธีการออกกำลังกายเฉพาะด้านที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุในไทยของแต่ละช่วงอายุ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาออนไลน์วิถีเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุในไทยและวิธีการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุในไทยแต่ละช่วงอายุ

3. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือเทคนิคเดลฟายของ Skutsch and Hall (1973) กล่าวว่าเป็นการหาข้อมูลหรือข้อสรุปหรือผลลัพธ์คำตอบจากปัญหาซับซ้อน เพื่อช่วยในการตัดสินใจได้อย่างแม่นยำและถูกต้องตามข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์

Pfeiffer (1968) ได้กล่าวถึงรูปแบบขั้นตอนการทำงานของเทคนิคเดลฟายไว้ดังนี้ (1) กำหนดคุณสมบัติของระดับผู้เชี่ยวชาญตามกลุ่มข้อมูลที่ต้องการความสามารถในเรื่องที่จะวิจัย ควรมีจำนวนตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป (2) สร้างเอกสารแบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ต้องการจากผู้เชี่ยวชาญ 3-4 รอบ โดยรอบที่ 1 ใช้คำถามแบบเปิดที่ผ่านการตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC : Index of item objective congruence) รอบที่ 2 ถามมาตราส่วนประเมินค่า (Likert scale) จากการสรุปคำตอบข้อคิดเห็นในรอบที่ 1 รอบที่ 3 ถามมาตราส่วนประเมินค่าเหมือนเดิม โดยผู้เชี่ยวชาญสามารถยืนยันคำตอบเดิมหรือแก้ไขคำตอบจากรอบที่ 2 ได้ รวมถึงสามารถที่จะหยุดการสอบถามได้ตั้งแต่รอบที่ 3 ถ้าคำตอบแต่ละข้อมีค่าพิสัยควอไทล์ (inter-quartile range) น้อยกว่าได้ 1.5 หรือค่ามัธยฐาน (median) มากกว่า 3.5 ขึ้นไป

แนวคิดที่สำคัญของการวิจัยครั้งนี้คือออนโทโลยีซึ่ง โดย Gruber (2007) ได้สรุปเกี่ยวกับออนโทโลยีไว้ว่าเป็นการรวบรวมคำศัพท์ที่เป็นที่ยอมรับและคำศัพท์นั้นสามารถใช้ร่วมกันในขอบเขตที่ต้องการ (domain) ซึ่งสามารถอธิบายอย่างมีกฎเกณฑ์ได้ ถึงตัวออบเจกต์และความสัมพันธ์ระหว่างตัวออบเจกต์ สามารถแลกเปลี่ยนระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกันได้ ประกอบไปด้วยแนวคิด (concept) หรือคลาส (class) อินสแตนซ์ (instances) คุณสมบัติ (properties) ความสัมพันธ์ (relations) เงื่อนไข (constraints) และความหมายในเชิงตรรกะ ทำให้สามารถถูกแปลความหมายหรือทำการอนุมาน (inference) ความหมายโดยคอมพิวเตอร์ได้

โฮโซ (Hozo-Ontology Editor) เป็นโปรแกรมที่มหาวิทยาลัยโอซากา ประเทศญี่ปุ่น พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนในการพัฒนาออนโทโลยี คุณลักษณะสำคัญของโปรแกรมโฮโซคือ ความง่ายในการใช้เครื่องมือต่างๆ ของโปรแกรมในการสร้างออนโทโลยีในรูปแบบของการถ่ายทอดความสัมพันธ์และการจัดเก็บองค์ความรู้ ทำให้กลายเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน (มหาวิทยาลัยโอซากา ออนไลน์, 15 มกราคม 2557)

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้เกี่ยวกับการศึกษา ได้แก่

Jonquet al. (2011) ได้ทำการวิจัยและสร้างออนโทโลยีเพื่อช่วยในการค้นหาเชิงความหมายของข้อมูลทางการแพทย์ที่อยู่ในรูปแบบ (format) ต่างๆ ทำให้บุคลากรทางการแพทย์ใช้ประโยชน์จากออนโทโลยีของระบบดังกล่าวเพื่อค้นหาข้อมูลทางการแพทย์ได้ในขอบเขตที่มากขึ้น

Marut and Pornpimon (2007) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาฐานออนโทโลยีเพื่อสร้างระบบสารสนเทศทางด้านสุขภาพ โดยเน้นในการออกแบบโครงสร้างออนโทโลยีและใช้โปรแกรมการจัดการที่เหมาะสม เพื่อสร้างออนโทโลยีแบบบูรณาการในการอำนวยความสะดวกของการสร้างโปรแกรมประยุกต์ใช้งานออนโทโลยี

Sakesan, Chakkrit, and Michael (2012) ได้ทำการวิจัยเพื่อโดยสร้างออนโทโลยีของแผนโภชนาการเพื่อให้สามารถค้นหาและช่วยแนะนำโภชนาการ พลังงาน และสารอาหารที่ต้องการของผู้สูงอายุในแต่ละมื้ออย่าง

เหมาะสม และเพิ่มกฎในการช่วยค้นหาที่สร้างจากข้อมูลส่วนบุคคลทำให้สามารถแนะนำการบริโภคอาหารแต่ละมื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุพิตร สมหิโต และคณะ (2556) ได้วิจัยแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุ 60 - 89 ปี เพื่อใช้เป็นเกณฑ์สมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุ รวมทั้งแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุเพื่อใช้วัดสมรรถภาพทางกายของตัวบุคคลนั้นๆ มีการแนะนำวิธีการออกกำลังกายแบบรวมๆ เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุให้ดีขึ้น

Réka Vas (2007) ได้ทำการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้ออนโทโลยีให้สามารถประเมินสมรรถนะตามเกณฑ์ความต้องการของตลาดแรงงานให้ผู้เข้าอบรมในการอบรมในแต่ละหลักสูตร โดยแนะนำแนวคิดในหลักสูตรวิชาผสมแต่ละตัวร่วมกับแนวคิดในการฝึกอบรมของแต่ละหลักสูตรเพื่อสร้างออนโทโลยี ให้สามารถบ่งบอกผลของระดับความรู้ของผู้เข้าอบรม

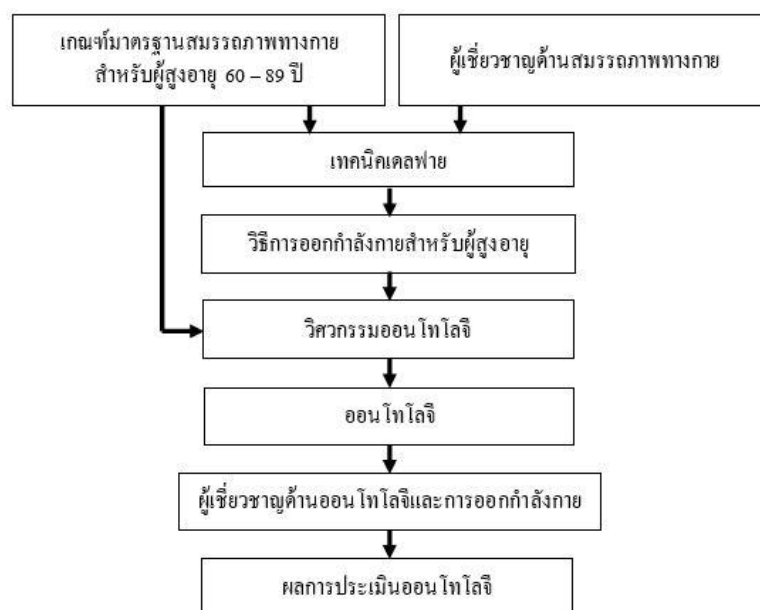
ชารินทร์ พรหมภักดี, มารุตบุรณรัช และจรัสศรี รุ่งรัตนอุบล (2558) ได้วิจัยและพัฒนาระบบสืบค้นเว็บเชิงความหมายด้วยโปรแกรม Ontology Application Management (OAM) Framework โดยนำออนโทโลยีมาพัฒนาด้วยโปรแกรมโอโซะ เพื่อประยุกต์ใช้ในระบบสืบค้นข้อมูลการรักษาด้านการแพทย์แผนไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โกณจนาท จันทวงศ์ และนพมาศ ปักเข็ม (2558) ได้ทำการวิจัยพัฒนาฐานความรู้ของวัตถุการเรียนรู้ด้วยวิธีการเชิงความหมาย โดยเสนอสถาปัตยกรรมระบบวิธีการแปลงคำอธิบายให้ออกมาในรูปแบบเชิงความหมายจากการสร้างฐานความรู้ด้วยออนโทโลยี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการจัดการเรียนการสอน แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับด้านสุขภาพ

มัลลิกา เกลี้ยงเกล้า, เดือนเพ็ญ กษกรจารุงพงศ์ และวิสิทธิ์ บุญชุม (2558) ได้นำเสนองานวิจัยการออกแบบและพัฒนาออนโทโลยีเรื่องการปรับตัวด้านสุขภาพตามการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศ โดยการใช้กฎเชิงความหมายร่วมกับออนโทโลยีเพื่อใช้ในการอนุมานความรู้ตามโครงสร้างออนโทโลยีให้มีความครบถ้วนขึ้น แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้กล่าวถึงการพัฒนาสุขภาพแต่อย่างใด

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากภาพประกอบที่ 1 ตัวแปรอิสระเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาออนโทโลยีเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุในไทยและวิธีการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุในไทยแต่ละช่วงอายุ โดยปัจจัยต่างๆ ที่รับเข้ามาจะมีผลต่อคำแนะนำวิธีการออกกำลังกายที่ออนโทโลยีจะทำการเคราะห์ออกมาจากข้อมูล ตัวแปรส่วนบุคคล



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการพัฒนาออนโทโลยีวิธีออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของประชากรไทยเพื่อผู้สูงอายุ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้อยู่ในประเภทการวิจัยประยุกต์ ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาศาสตร์การกีฬา

5.2 ประชากรและตัวอย่าง

งานวิจัยนี้มีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่

- ประชากรใช้ในการศึกษาวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับสำหรับสมรรถภาพผู้สูงอายุคือผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกกำลังกาย ด้านกีฬาและสุขภาพ กลุ่มตัวอย่างตัวอย่างที่คัดเลือกจากประชากรดังกล่าวด้วยวิธีการเจาะจง (Purposive Sampling) มาจากสถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ชลบุรี, สถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ชุมพร, โรงเรียนอัสสัมชัญ สมุทรปราการ และ โรงเรียนเทพศิรินทร์สมุทรปราการ รวมเป็นจำนวน 13 คน เพื่อให้มีความคลาดเคลื่อน 0.54 ตามเกณฑ์มาตรฐานของเคลฟาย

- กลุ่มประชากรที่ใช้ในการประเมินออนโทโลยีที่พัฒนาขึ้น เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านออนโทโลยีและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายและการกีฬา กลุ่มตัวอย่างตัวอย่างที่คัดเลือกจากประชากรดังกล่าวด้วยวิธีการเจาะจง (Purposive Sampling) มาจาก มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และ โรงเรียนเทพศิรินทร์ สมุทรปราการ รวมเป็นจำนวน 3 คน

5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้นประกอบด้วยระดับเกณฑ์สมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุทั้งหมดที่ใช้ในการแนะนำวิธีการเสริมสร้างสมรรถภาพร่างกายในทุกๆ ด้านตามเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุ 60-89 ปี

ตัวแปรควบคุม เพื่อใช้ในการสร้างออนโทโลยีในการวิเคราะห์การแนะนำวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมประกอบด้วยรายชื่อวิธีการออกกำลังกายทั้งหมดที่ใช้ในการเสริมสร้างสมรรถภาพร่างกายของผู้สูงอายุ โดยอาศัยข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามเคลฟายของผู้เชี่ยวชาญด้านการกีฬาและการออกกำลังกาย

ตัวแปรตาม คือผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ของระบบผู้แนะนำ เป็นเปรียบเทียบกับองค์ความรู้ออนโทโลยีที่ถูกกำหนดประกอบด้วยออนโทโลยีวิธีการออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของประชากรไทยเพื่อผู้สูงอายุ

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- รายการอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ได้แก่ คอมพิวเตอร์เครื่องบริการ จำนวน 1 เครื่องสำหรับติดตั้งซอฟต์แวร์ระบบผู้แนะนำ โดยมีรายละเอียดคือ หน่วยประมวลผลกลาง อินเทล คอร์ i7-4770 หน่วยความจำหลัก 8 จิกะไบต์ ดูอัล แชนแนล DDR3 1600 เมกกะเฮิร์ต ฮาร์ดดิสก์ 1 เทราไบต์

- รายการซอฟต์แวร์ที่ใช้ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ วินโดวส์ 10, ไมโครซอฟท์ ออฟฟิศ 365, กูเกิล โฟร์ม และ โสโโซ

- แบบสอบถามเคลฟาย 3 รอบ สำหรับเก็บข้อมูลวิธีการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุ 60 – 89 ปี จากผู้เชี่ยวชาญ

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลนำเข้า (input data) ใช้เกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับประชาชนไทย 60-89 ปี และแบบทดสอบตามเทคนิคเคลฟายซึ่งเหมาะสำหรับการหาข้อสรุปที่ไม่เคยมีองค์ความรู้มาก่อน โดยใช้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และวิธีการทางสถิติเพื่อยืนยันข้อสรุปในการแนะนำกีฬาที่ควรเล่น กิจกรรมที่ควรเล่น และท่าการบริหารที่สมควรเล่นในแต่ละส่วนของสมรรถภาพร่างกายของผู้สูงอายุ การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญเพื่อตอบแบบสอบถามเคลฟายวิธีการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ 60-89 ปี จำนวน 13 คน เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในเรื่องของกีฬาและการออกกำลังกายตั้งแต่ 5 – 30 ปี แบบสอบถามเคลฟายมีทั้ง 3 รอบ ดังต่อไปนี้

รอบที่ 1 ผู้วิจัยออกแบบสอบถามแบบปลายเปิดให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการออกกำลังกายของผู้สูงอายุได้อย่างอิสระในขอบเขตของท่าการบริหาร กีฬา และกิจกรรม ที่สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิง ตามระดับสมรรถภาพที่เหมาะสมทุกช่วงอายุทุกๆ 5 ปี ได้แก่ช่วงอายุ 60 - 64 ปี, ช่วงอายุ 65 - 69 ปี, ช่วงอายุ 70 - 74 ปี, ช่วงอายุ 75 - 79 ปี, ช่วงอายุ 80 - 84 ปี และช่วงอายุ 85 - 89 ปี

รอบที่ 2 รวบรวมคำตอบวิธีการออกกำลังกายต่างๆ ของผู้สูงอายุ และตัดข้อคิดเห็นที่ซ้ำกันและอยู่นอกเหนือขอบเขตงานวิจัยออกจากรอบที่ 1 เพื่อสร้างชุดคำถามสำหรับใช้เป็นแบบสอบถามรอบที่ 2 เพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดิม

รอบที่ 3 สรุปข้อมูลวิธีการออกกำลังกายของผู้สูงอายุที่ได้รับจากรอบที่ 2 เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดิมทำการตรวจสอบและยืนยันข้อมูลทั้งหมด

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ออนโทโลยีที่พัฒนาต้องได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำมาคำนวณหาคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6. สรุปผลการวิจัย

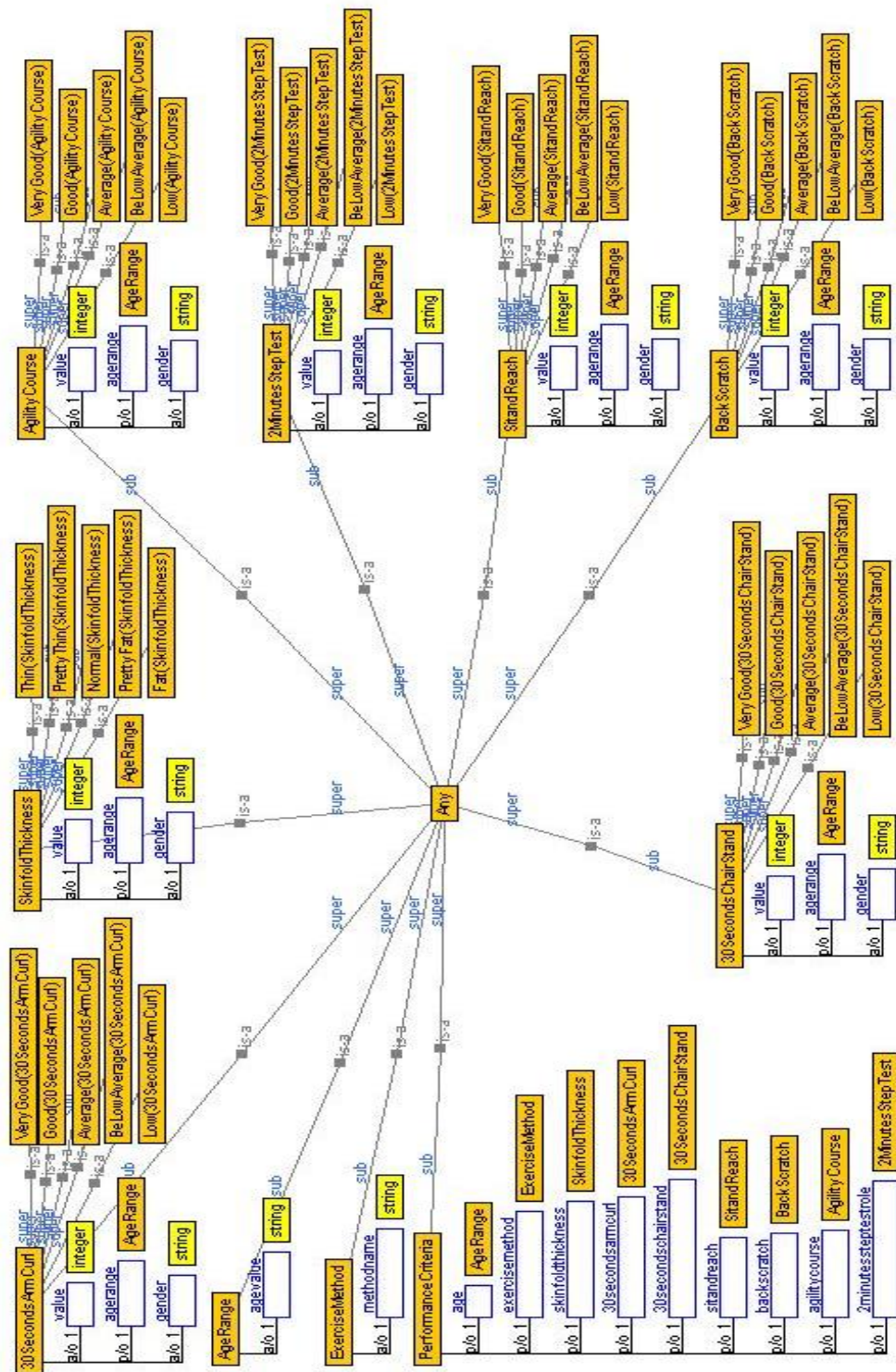
ออนโทโลยีที่พัฒนาขึ้นดังแสดงในแผนภาพที่ 2 ประกอบด้วยคลาสต่างๆ ดังนี้

- คลาส PerformanceCriteria : เกณฑ์สมรรถภาพทางกายของผู้ออกกำลังกาย
- คลาส AgeRange : ช่วงอายุของผู้ออกกำลังกาย
- คลาส ExerciseMethod : วิธีการออกกำลังกาย
- คลาส SkinfoldThickness : เกณฑ์ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง
- คลาส 30SecondsArmCurl : เกณฑ์การงอแขนยกน้ำหนัก 30 วินาที
- คลาส 30SecondsChairStand : เกณฑ์การยืน - นั่ง บนเก้าอี้ 30 วินาที
- คลาส SitandReach : เกณฑ์การนั่งงอตัวไปข้างหน้า
- คลาส BackScratch : เกณฑ์การแตะมือด้านหลัง
- คลาส AgilityCourse : เกณฑ์การเดินเร็วอ้อมหลัก
- คลาส 2MinutesStepTest : เกณฑ์การขึ้นยกเข้า ขึ้น - ลง 2 นาที

จากแผนภาพที่ 2 โครงสร้างของออนโทโลยีประกอบด้วยอินสแตนซ์ทั้งหมดอยู่ในค่าของ Low, Be Low Average, Average, Good และ Very Good ในแบบทดสอบทั้ง 7 รายการ ทุกคลาสประกอบด้วยสมบัติ 3 ประการที่เหมือนกันสำหรับเก็บค่าของสมบัติ value ที่มีชนิดข้อมูลเป็น integer ของค่าตัวเลข ส่วน age range และ gender ที่มีชนิดข้อมูลเป็น string ของสมบัติของอายุ และเพศ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินออนโทโลยีสำหรับการพัฒนาออนโทโลยีวิธีออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของประชากรไทยเพื่อผู้สูงอายุ

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ความเหมาะสมการจัดกลุ่มคลาส	4.33	0.58
2. ความครอบคลุมการเก็บความรู้	4.67	0.58
3. ความเหมาะสมของชื่อคลาส	5.00	0.00
4. ความเหมาะสมของลำดับคลาส	4.67	0.58
5. ความเหมาะสมของคุณสมบัติคลาส	4.67	0.58
6. ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส	4.33	0.58
7. ชื่อความสัมพันธ์เข้าใจง่าย	5.00	0.00
8. ชนิดข้อมูลเหมาะสม	5.00	0.00
9. เนื้อหาออนโทโลยีมีความถูกต้อง	4.33	0.58
10. ภาพรวมเหมาะสม	4.67	0.58
เฉลี่ย	4.67	0.40



แผนภาพที่ 2 โครงสร้างของออนไลน์การพัฒนาออนไลน์วิธีออกกำลังกายบนฐานเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพร่างกายของประชากรไทยเพื่อผู้สูงอายุ

7. อภิปรายผล

จากผลการประเมินออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญดังตารางที่ 1 พบว่าเกณฑ์ทั้ง 10 ข้อและภาพรวมของวิธีการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุอยู่ในเกณฑ์ดี จากค่าเฉลี่ย 4.67 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.40 จากการพัฒนาออนไลน์ในรูปแบบเสมือนจริง จึงถือว่าบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ องค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้คือออนไลน์โฮโลแกรมสำหรับการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุให้ได้รับคำแนะนำวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับเพศและช่วงอายุของผู้สูงอายุ

8. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยต่อไปในอนาคตสามารถทำได้โดยการสร้างออนไลน์โฮโลแกรมวิธีการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของประชากรไทยให้ครอบคลุมช่วงอายุที่กว้างขึ้นเช่น 4 ปี ถึง 89 ปี

9. เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. สำนักงานปลัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. 2557. **ประชากรสูงอายุไทย: ปัจจุบันและอนาคต**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักงานปลัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์
- กรมพลศึกษา. กระทรวงท่องเที่ยวและกีฬา. สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา. สุพิตร สมานิติ และคณะ 2556. “แบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับผู้สูงอายุ 60 - 89 ปี” กรุงเทพมหานคร: กรมพลศึกษา
- โกณจนาท จันทวงศ์ และนพมาศ ปักเข็ม. 2558. “การพัฒนาฐานความรู้ของวัตถุการเรียนรู้ด้วยวิธีการเชิงความหมาย.” **The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology** :289-294
- ชาวินี พรหมภักดี, มารุตบุรณรัช และจรัสศรี รุ่งรัตนอุบล. 2558. “ระบบสืบค้นข้อมูลการรักษาด้านการแพทย์แผนไทยด้วยฐานความรู้ออนไลน์โฮโลแกรม.” **วารสารสังคมศาสตร์** ฉบับที่ 2:60-70.
- มหาวิทยาลัยโอซากา (ออนไลน์), “โปรแกรม Hozo-Ontology Editor,” สืบค้นจาก: <http://www.hozo.jp/>, 15 มกราคม 2557
- มัลลิกา เกลี้ยงเคส้า, เดือนเพ็ญ กษกรจารุพงศ์ และวิสิทธิ์ บุญชุม. 2558. “การพัฒนาออนไลน์โฮโลแกรมด้านการปรับตัวด้านสุขภาพตามการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศ.” **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ** ฉบับที่ 1:23-31
- Gruber, T. 2007. "Ontology." Retrieve August 25, 2016. from <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>.
- Jonquet, C., LePendu, P., Falconer, S., Coulet, A., Noy, N.F., Musen, M.A., Shah, N.H. 2011. “**NCBO Resource Index: Ontology-based search and mining of biomedical resources.**” *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*. 9, 4: 316–324.
- Macmillan, T. 1971. "The Delphi Technique." Annual Meeting of the California Junior Colleges Associations Committee on Research and Development, Monterey, May 3-5, California, US.

- Marut Buranarach and Pornpimon Palingoon. 2007. **“Development of an Ontology-based Health Information System using Integrated Ontology Management Framework.”** Proceedings of the 2007 International Conference on Semantic Web & Web Services, Las Vegas, Nevada, USA: 85-90.
- Pfeiffer, J. 1968. **New look at education.** Poughkeepsie, NY, Odyssey Press.
- Réka Vas. 2007. **“Educational Ontology and Knowledge Testing.”** The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 5 Issue 1, pp 123 – 130.
- Sakesan Sivilai, Chakkrit Snae, and Michael Brückner. 2012. **“Ontology-Driven Personalized Food and Nutrition Planning System for the Elderly.”** The 2nd International Conference in Business Management and Information Services, Bangkok. 19-20 January 2012. Pitsanlok Thailand.
- Skutsch, M., and Hall, D. 1973. **“Delphi: Potential uses in education planning.”** Doctoral dissertation. An international study of curricular organizers for the study of technology, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

การศึกษาวิเคราะห์สมุนไพร ในคัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิกัถ
THE ANALYTICAL STUDY OF HERBAL USED MEDICINE IN
KHAMPI SABBA-LAKKHANA-SABBAGUNA LAE MAHAPHIKAD

ทัฬหะเทพ ทิพยเจริญธรรม

สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: reab.tip@mahidol.ac.th

สุวีรวรรณ ลิมสุวรรณ

สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: suveerawan.lim@mahidol.ac.th

ผศ. ดร.กัณวดี คัชขิมา

ภาควิชาภาษาตะวันออก คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail: kangvol@gmail.com

รศ.ดร.นพ.ประวิทย์ อัครเสริณนท์

ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: pravit.auk@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

“คัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิกัถ” เล่ม 2 และ เล่ม 3 ในตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง รัชกาลที่ 5 เล่ม 2 ฉบับหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากร จัดเป็นคัมภีร์ทางการแพทย์แผนไทยที่ใช้เป็นแหล่งอ้างอิง ในการเรียนการสอน การทำเวชปฏิบัติ และการประกอบวิชาชีพทางการแพทย์แผนไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์จำนวนเครื่องยาสมุนไพรและชนิดของสมุนไพรในคัมภีร์ฯ และเพื่อวิเคราะห์สมุนไพรตามความรู้ทางเภสัชกรรมแผนไทย โดยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยจากเอกสาร และแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Sources) โดยวิเคราะห์ข้อมูลสมุนไพรจากคัมภีร์ฯ ด้วยหลักเกณฑ์ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย เกสซ์วัตถุ สรรพคุณเกสซ์ คณาเกสซ์ และ เกสซ์กรรม ผลการศึกษาพบว่า ด้านเกสซ์วัตถุ พบเครื่องยาสมุนไพรทั้งสิ้น 643 รายการ แบ่งเป็น พืชวัตถุ 586 รายการ สัตว์วัตถุ 22 รายการ และ ธาตุวัตถุ 35 รายการ ด้านสรรพคุณเกสซ์ สามารถจัดกลุ่มรสยาสมุนไพรเป็น 4 จำพวก คือ กลุ่มรสยาหนึ่งรส กลุ่มรสยาสองรส กลุ่มรสยาสามรส และกลุ่มรสยาสีรส โดยพบว่า กลุ่มยาสองรส เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด โดยรสที่พบมากที่สุดคือ รสเผ็ด-ร้อน ด้านคณาเกสซ์ หรือพิกัถยา พบพิกัถยา 12 กลุ่ม กลุ่มพิกัถยาที่พบมากที่สุดคือ พิกัถตรี ด้านเกสซ์กรรมหรือการปรุงยา พบวิธีปรุงยา 12 วิธี วิธีที่พบมากที่สุดคือ ยาผง ผลการศึกษานี้จะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนไทยมากขึ้น โดยเฉพาะด้านสาขาเภสัชกรรมแผนไทย และใช้ประกอบการเรียนการสอน รวมไปถึงการทำเวชปฏิบัติของแพทย์แผนไทย และการแพทย์แผนไทยประยุกต์

ตลอดจนการศึกษาวิจัยต่อยอดในด้านต่าง ๆ เช่น เวชศาสตร์เชิงประจักษ์ของสมุนไพร ซึ่งผู้ที่สนใจด้านการแพทย์แผนไทยอาจนำเอาข้อมูลจากการศึกษานี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

คำสำคัญ: การแพทย์แผนไทย, เกษตรกรรมแผนไทย, สมุนไพร, คัมภีร์

ABSTRACT

Sabba-Lakkhana-Sabbaguna Lae Mahaphikad scripture text no 2 and 3 in Thai royal medicine RAMA V, volume 2, National Library of Thailand is the Thai traditional medicine scripture for learning, clinical practicing, and using in professional career of Thai traditional medicine. The objectives of this study are to analyze the number and species of herbal medicines in the Khampi Sabba-Lakkhana-Sabbaguna Lae Mahaphikad and to analyze herbal medicines according to Thai traditional pharmacy. This was a qualitative research which investigated documents and primary sources. The analysis of herbal medicine in the scripture referred from the 4 basic principles of Thai traditional pharmacy include drug matters, drug attributes (tastes of herbal medicine), drug grouping, and drug compounding. The results demonstrated that 643 herbs which were divided into 586 plant materials, 22 animal materials, and 35 mineral materials. For Drug attributes, there were 4 categories which were 1, 2, 3, and 4 tastes. 2 taste group was mostly found in hot and spicy. For Drug grouping, 12 groups were found. Three-herbal medicine group were mostly found in the scripture. For Drug compounding, 12 methods were showed in the scripture which powder was mostly found. The results of this study are benefit for understanding Thai traditional medicine knowledge, especially Thai traditional pharmacy, teaching of Thai traditional medicine, and practicing of Thai traditional and applied Thai traditional practitioners in clinic. The results of this study may use for further research as the evidence based medicine and be benefit for people who interest in Thai traditional medicine.

KEYWORDS: Thai traditional medicine, Thai traditional pharmacy, herbal medicine, scripture

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

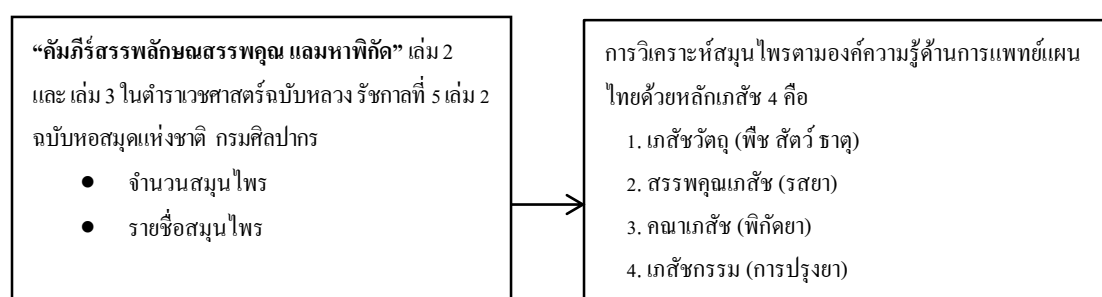
ปัจจุบันการแพทย์แผนไทยกำลังเป็นที่นิยมของสังคมเป็นอย่างมาก กระทรวงสาธารณสุขได้ตั้งกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2545 เพื่อทำหน้าที่วางยุทธศาสตร์และพัฒนางานการแพทย์แผนไทย และได้ตราพระราชบัญญัติสุขภาพแห่งชาติ พ.ศ. 2550 ซึ่งระบุว่าแพทย์แผนไทยจะต้องได้รับการพัฒนาให้มีมาตรฐานเช่นเดียวกันกับการแพทย์แบบตะวันตก (สรัยศรี และคณะ, 2554) อีกทั้งในปัจจุบันมีสถาบันการศึกษาที่เปิดการเรียนการสอนหลักสูตรสาขาการแพทย์แผนไทย ที่ได้รับการรับรองจากสภาการแพทย์แผนไทย มีจำนวน 16 แห่ง และหลักสูตรการแพทย์แผนไทยประยุกต์ จำนวน 10 แห่ง (สภาการแพทย์แผนไทย, 2559) โดยในการศึกษาองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนไทยนั้น ประกอบไปด้วยความรู้ด้าน เวชกรรมแผนไทย เกษตรกรรมแผนไทย หัตถเวชกรรมแผนไทย และผดุงครรภ์แผนไทย

การเรียนรู้ด้านศาสตร์การแพทย์แผนไทยนั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลองค์ความรู้ต่างๆ ที่สืบทอดกันมาจากในอดีตผ่านรูปแบบการจดบันทึกในคัมภีร์ต่างๆ จนมาถึงปัจจุบัน ถึงแม้แพทย์แผนไทยจะการบันทึกความรู้ลงในคัมภีร์จำนวนมาก แต่สำหรับ “คัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภัก” เล่ม 2 และ เล่ม 3 ในตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง รัชกาลที่ 5 เล่ม 2 ฉบับหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากรนั้น เป็นคัมภีร์ที่เกี่ยวกับสรรพคุณเภสัชที่มีอายุเก่าแก่ที่สุด ที่มีการบันทึกไว้เป็นหลักฐานที่ชัดเจนและมีความสมบูรณ์ของเนื้อหา เนื่องจากเป็นคัมภีร์แพทย์ฉบับหลวงที่ รัชกาลที่ 5 ได้ทรงดำริให้รวบรวม เรียบเรียง สอบทาน และสังคายนาขึ้นไว้ให้เป็นคุณแก่แผ่นดินไทยสืบมา และ ทางหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากร ก็ได้จัดพิมพ์เผยแพร่ด้วยวิธีพิเศษ คือการถ่ายภาพจากสมุดไทยดำ เส้นหรดาล และเส้นทอง เพื่อคงความเป็นเอกลักษณ์และเนื้อหายังคงเดิม เผยแพร่ให้ประชาชนได้ศึกษา ในนามตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง รัชกาลที่ 5 (กรมศิลปากร หอสมุดแห่งชาติ, 2542) อีกทั้งยังมีความสำคัญ คือ สภากาพย์แพทย์แผนไทย ได้รับรองให้เป็นหนังสือที่ใช้ในการสอบความรู้การแพทย์แผนไทย (ประกาศคณะอนุกรรมการการจัดสอบความรู้การแพทย์แผนไทย ฉบับที่ 026/2558) และถูกใช้เป็นแหล่งอ้างอิง ในการเรียนการสอน การทำเวชปฏิบัติ และการประกอบวิชาชีพของแพทย์แผนไทย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่เคยปรากฏว่ามีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคัมภีร์นี้ โดยอาศัยระเบียบวิธีวิจัยที่ถูกต้องมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์สาระสำคัญของคัมภีร์ฉบับนี้ สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสมุนไพรใน คัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภัก ซึ่งการวิจัยนี้จะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนไทยมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาจำนวนเครื่องยาสมุนไพรและชนิดของสมุนไพรใน “คัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภัก” เล่ม 2 และ เล่ม 3 ในตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง รัชกาลที่ 5 เล่ม 2 ฉบับหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากร
- (2) เพื่อวิเคราะห์สมุนไพรตามองค์ความรู้ด้านเภสัชกรรมแผนไทย ด้วยหลักเภสัช 4

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยการศึกษาวิจัยจากเอกสาร และแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Sources) คือ “คัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภัก” เล่ม 2 และ 3 มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน คือ (1) การวิเคราะห์จำนวนเครื่องยาสมุนไพรและชนิดสมุนไพรจากคัมภีร์ฯ (2) การวิเคราะห์สมุนไพรตามองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนไทยด้วยหลักเภสัช 4

4.2 เอกสารหลักที่ใช้วิจัย

“คัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภค” เล่ม 2 และ เล่ม 3 ใน ตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง รัชกาลที่ 5 เล่ม 2 สำนักหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากร หน้า 361-740 (กรมศิลปากร หอสมุดแห่งชาติ, 2542)

4.3 แหล่งสืบค้นข้อมูล

สืบค้นข้อมูลจาก 3 แหล่ง ได้แก่ (1) สำนักหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากร กรุงเทพมหานคร (2) ห้องสมุดโรงเรียนอายุรเวทธารัง สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล และ (3) ฐานข้อมูล PubMed ณ วันที่ 20 ตุลาคม 2559

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมรายชื่อเครื่องยาสมุนไพรทุกชื่อในคัมภีร์ฯ ทั้งเครื่องยาสมุนไพรเดี่ยว เช่น กะเพรา กระวาน กานพลู และเครื่องยาที่เป็นพิภค เช่น จันทน์ทั้ง 2 ตรีผลา เบญจกูล เป็นต้น ลงในโปรแกรม excel โดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านภาษา 1 ท่าน ซึ่งเป็นนักภาษาโบราณชำนาญการ กลุ่มงานทะเบียนและบริกร กลุ่มหนังสือตัวเขียนและจารึก สำนักหอสมุดแห่งชาติ กรมศิลปากร เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านชื่อเครื่องยาสมุนไพร

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนเครื่องยาสมุนไพร และชนิดสมุนไพร และการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลสมุนไพรตามองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนไทยด้วยหลักเกณฑ์ 4 (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวท (ชีวโกมารภักจ), 2548) คือ (1) ด้านเภสัชวัตถุ โดยแยกประเภทของเภสัชวัตถุ คือ พืชวัตถุ สัตว์วัตถุ และธาตุวัตถุ (2) ด้านสรรพคุณเภสัช คือ การวิเคราะห์รสของยาสมุนไพร (3) ด้านคณาเภสัช คือ การวิเคราะห์พิภคยาสมุนไพร (4) ด้านเภสัชกรรม คือ การวิเคราะห์วิธีปรุงยา ได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเภสัชกรรมแผนไทยและด้านแพทย์แผนไทย ที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 20 ปี จากสถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

5. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ชื่อสมุนไพรตามหลักเกณฑ์ 4 เบื้องต้นจำแนกเป็นสมุนไพรเดี่ยว หรือ สมุนไพรพิภค จากนั้นจำแนกตามเภสัชวัตถุ ซึ่งแบ่งเป็นพืชวัตถุ สัตว์วัตถุ และธาตุวัตถุ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมุนไพรในคัมภีร์สรรพลักษณะ สรรพคุณ แลมหาพิภค

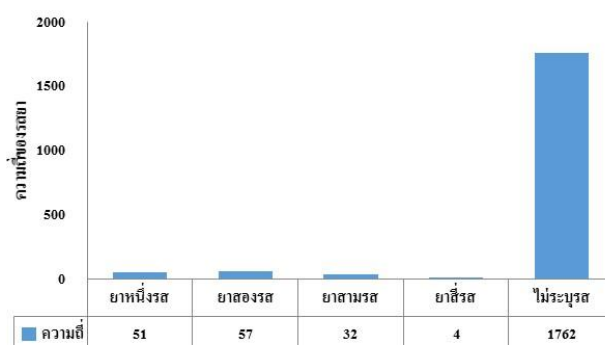
หัวข้อ	สมุนไพรในคัมภีร์ฯ			
	สมุนไพรเดี่ยว	สมุนไพรพิภค	รวม	
การบันทึก*	1,643	263	1,906	
ชื่อที่พบ	453	96	549	
ชื่อเครื่องยาสมุนไพร**	453	190	643	
เภสัชวัตถุ	พืชวัตถุ	สัตว์วัตถุ	ธาตุวัตถุ	รวม
เครื่องยาสมุนไพร**	586	22	35	643
ชนิดสมุนไพร**	371	11	18	400

*หมายถึงจำนวนความถี่ทั้งหมดที่พบชื่อสมุนไพรทั้งที่เป็นเครื่องยาสมุนไพรเดี่ยว และ เครื่องยาสมุนไพรพิภค

**การนับจำนวนโดยไม่รวม เครื่องยาสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบใน 9 พิภค ที่ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าเป็นเครื่องยาสมุนไพรใด

ผลการศึกษา “สรรพคุณเภสัช หรือ รสยา” พบว่ากลุ่มรสชาติสมุนไพรที่พบในคัมภีร์สรรพคุณเภสัช สรรพคุณแลมหพิกัฏ ประกอบด้วย 5 กลุ่ม คือ กลุ่มรสชาติ “หนึ่งรส” กลุ่มรสชาติ “สองรส” กลุ่มรสชาติ “สามรส” และกลุ่มรสชาติ “สี่รส” และกลุ่มที่ไม่ได้ระบุรสชาติ (ภาพที่ 1)

ในกลุ่มรสชาติ “หนึ่งรส” พบว่า มีทั้งสิ้น จำนวน 7 รส ได้แก่ รสหวาน รสร้อน รสขม รสเผ็ด รสฝาด รส เฝื่อน และรสเย็น รสที่พบมากที่สุดคือ รสหวาน รองลงมาคือ รสร้อน รสที่พบน้อยที่สุด มี 2 รส คือ รสเฝื่อน และรส เย็น ในกลุ่มรสชาติ “สองรส” พบว่า มีทั้งสิ้น จำนวน 16 รส รสที่พบมากที่สุดคือ รสเผ็ด-ร้อน รองลงมาคือ รสขม-หวาน ความถี่เท่ากับ 8 รายการและรสที่พบน้อยที่สุดมี 6 รส คือ รสขม-เย็น เฝื่อน-จืด เฝื่อน-เย็น ฝาด-ขม ฝาด-เย็น ร้อน-หวาน ใน กลุ่มรสชาติ “สามรส” พบว่า มีทั้งสิ้น 7 รส รสที่พบมากที่สุดคือ รสหวาน-ฝาด-เฝื่อน รองลงมา มี 2 รส คือ รสขม-ฝาด-เฝื่อน และรสหวาน-ร้อน-ฝาด และรสที่พบน้อยที่สุดมี 3 รส คือ รสเผ็ด-ร้อน-เฝื่อน เฝื่อน-ร้อน-หวาน และหวาน-ฝาด-เย็น ส่วนใน กลุ่มรสชาติ “สี่รส” นั้นพบว่า มีทั้งสิ้น จำนวน 4 รส ได้แก่ รสขม-ฝาด-เฝื่อน-เย็น รสเปรี้ยว-หวาน-จืด-เฝื่อน รสเผ็ด- ร้อน-ขม-ฝาด และรสฝาด-หวาน-เฝื่อน-เปรี้ยว ซึ่งทั้ง 4 รส



รูปภาพที่ 1 กลุ่มรสชาติสมุนไพรที่พบในคัมภีร์สรรพคุณเภสัชสรรพคุณแลมหพิกัฏ

ผลการศึกษา “คณาเภสัช หรือ พิภคยา” พบว่ามีกลุ่มพิภคยาในคัมภีร์ฯ จำนวนทั้งสิ้น 12 กลุ่ม กลุ่มพิภคตรี เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด เช่น ตรีผลา ที่ประกอบด้วย สมอพิเภก มอไทย มะขามป้อม รองลงมาคือ จุลพิภค ซึ่งมีความหมายว่า กลุ่มยาสมุนไพรชื่อเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน เช่น จันทน์ทั้ง 2 ประกอบด้วย จันทน์ขาวและจันทน์แดง กลุ่มที่พบน้อยที่สุด มี 3 พิภค ได้แก่ พิภคยา 2 สิ่ง เช่น พิภคเทวคันธา (เทวสุคนธ์) ประกอบด้วย รากบุณฑริก รากมะขาง พิภค มหาพิภค เช่น มหาพิภคเบญจกูล ประกอบด้วย ดอกคิปลี 20 ส่วน รากข้าวพุล 12 ส่วน เถาสะค้าน 6 ส่วน รากเจตมูลเพลิง 4 ส่วน เหง้าขิงแห้ง 10 ส่วน และ พิภคอภิญญา เช่น อภิญญาเบญจกูล มีส่วนและด้วยดังนี้ ใบ ดอก ราก คิปลี สิ่งละ 20 ส่วน ใบ ดอก ราก ข้าวพุล สิ่งละ 12 ส่วน ใบ ดอก ราก ขิงแห้ง สิ่งละ 10 ส่วน ใบ ดอก ราก สะค้าน สิ่งละ 6 ส่วน ใบ ดอก ราก เจตมูลเพลิง สิ่งละ 4 ส่วน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กลุ่มพืชผักที่พบในคัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภค

ลำดับ	กลุ่มพืชผัก ในคัมภีร์ฯ	ความถี่ ของการบันทึก	ความหมายของพืช
1	จุลพืช	54	กลุ่มยาสมุนไพรชื่อเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน
2	พืชผัก 2 สิ่ง	1	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 2 ชนิด
3	พืชผักตรี	127	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 3 ชนิด
4	พืชผักจตุ	2	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 4 ชนิด
5	พืชผักเบญจ	46	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 5 ชนิด
6	พืชผักสัตตะ	7	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 7 ชนิด
7	พืชผักเนาว	9	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 9 ชนิด
8	พืชผักทศ	6	กลุ่มยาสมุนไพรที่มียาสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ 10 ชนิด หรือ 10 ส่วน
9	พืชผักพิเศษ	8	กลุ่มยาที่ถูกเรียกชื่อว่าพืชผักพิเศษ
10	มหาพิภค	1	กลุ่มยาที่ถูกเรียกชื่อว่า มหาพิภค เช่น มหาพิภคเบญจกูล
11	พืชผักโสฬส	3	กลุ่มยาที่ถูกเรียกชื่อว่าโสฬส เช่น โสฬสเบญจกูล
12	พืชผักอภิญญา	1	กลุ่มยาที่ถูกเรียกชื่อว่าอภิญญา เช่น อภิญญาเบญจกูล
รวม		265	-

ผลการศึกษา “เภสัชกรรม หรือวิธีปรุงยา” หมายถึง การปรุง การประกอบ หรือการผสมเครื่องยาหรือตัวยาตามที่กำหนดในตำรับยา หรือตามใบสั่งยา การปรุงยาในตำรับหนึ่งๆ จะต้องใช้สมุนไพรวัตถุดิบต่างๆ ตามความต้องการของแพทย์และเภสัชกร เพื่อนำมาแปรสภาพให้เป็นยารักษาและป้องกันโรคที่เกิดขึ้นให้มีสรรพคุณบำบัดโรคได้ พบว่ามีวิธีการปรุงยาในคัมภีร์ฯ จำนวน 12 วิธี วิธีที่พบมากที่สุด คือ ยามวง วิธีการปรุงยาที่พบน้อยที่สุด คือ ยารมควัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เภสัชกรรมหรือการปรุงยาที่พบในคัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ แลมหาพิภค

ลำดับ	ชื่อวิธีการปรุงยาสมุนไพร	จำนวนความถี่ของการบันทึก
1	ไม่ได้ระบุวิธีการปรุงยา	1,067
2	ยามวง	740
3	ยาคัม	65
4	ทำแท่ง	23
5	ดองมูตรโค	15
6	ยาถูกลด	10
7	ยาเผาเป็นค่าง	9
8	แกงกินกับข้าว	7
9	ยาดอง	7
10	ตำเอาน้ำ	6
11	แช่น้ำส้มพูน	2
12	ยารมควัน	1
รวม		1,952

6. อภิปรายผล

เมื่อวิเคราะห์องค์ความรู้ตามหลักเกณฑ์กรมแผนไทยด้าน “เภสัชวัตถุ” พบรายการเครื่องยาสมุนไพรในคัมภีร์ฯ ทั้งสิ้น 643 รายการ และแบ่งเป็น พืชวัตถุ 586 รายการ สัตว์วัตถุ 22 รายการ ธาตุวัตถุ 35 รายการ และแบ่งเป็นชนิดสมุนไพร 400 ชนิดแยกตามประเภทเภสัชวัตถุ ได้แก่ สมุนไพรพืชวัตถุ 371 ชนิด สัตว์วัตถุ 11 ชนิด ธาตุวัตถุ 18 ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับหลักวิชาการในหมวดหลักเภสัชกรรม 4 ประการ ทางการแพทย์แผนไทย คือ เภสัชวัตถุ สรรพคุณเภสัช คณาเภสัช และเภสัชกรรม (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวท (ชีวโกมารภักจ), 2548)

เนื่องจากคัมภีร์สรรพลักษณะสรรพคุณ เล่มหาพิภักดิ์ นั้นได้ชื่อว่าเป็นคัมภีร์เกี่ยวกับสรรพคุณเภสัชที่มีอายุเก่าแก่ที่สุด ที่มีการบันทึกไว้เป็นหลักฐานที่ชัดเจน จึงมีการนำมาใช้ในวงการวิชาชีพการแพทย์แผนไทยสืบต่อกันมา แต่ปัจจุบันแนวคิดเรื่องเวชศาสตร์เชิงประจักษ์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ในการนำหลักฐานที่ดีที่สุดมาใช้ประยุกต์ในการรักษาผู้ป่วย เพื่อให้การนำสมุนไพรมาใช้นั้นมีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยที่สุด ทั้งนี้หลักฐานที่นำมาใช้ในการตัดสินใจต้องเป็นหลักฐานที่ดีที่สุด ในขณะที่ โดยระดับความน่าเชื่อถือของหลักฐานนั้น ขึ้นกับรูปแบบของการวิจัย เช่น หากเป็นความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หรือการทดลองในหลอดทดลอง (*in vitro*) หรือสัตว์ทดลอง (*in vivo*) นั้นจะได้รับความเชื่อถือที่น้อยกว่า การทดลองในระดับคลินิก (*clinical trial*) เป็นต้น (ณัชกร และคณะ, 2554) ดังนั้น เมื่อมีการรวบรวมสมุนไพรต่าง ๆ จากคัมภีร์แล้ว หากเรานำชื่อสมุนไพรไปสืบค้นข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ และหาหลักฐานเชิงประจักษ์ด้วยการเข้าฐานข้อมูลที่มิงงานวิจัยต่างๆ อยู่ เช่น ฐานข้อมูล PubMed ก็จะเป็นอีกหนึ่งหลักฐานที่ช่วยเพิ่มเติมความน่าเชื่อถือในการใช้สมุนไพรตามองค์ความรู้เดิมได้เป็นอย่างดี และเนื่องจากสมุนไพรที่พบในคัมภีร์ฯ นั้นมีจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้ยกตัวอย่างการวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ของสมุนไพร 1 ชนิด คือ โศกกระสุน ซึ่งพบว่ามีข้อมูลการทดลองทั้งในหลอดทดลอง ในสัตว์ทดลอง และในระดับคลินิกดังข้อมูลในตารางที่ 4

เมื่อวิเคราะห์องค์ความรู้ตามหลักเกณฑ์กรมแผนไทยด้าน “สรรพคุณเภสัชหรือรสยา” กลุ่มรสนิยมที่พบ มี 5 กลุ่ม กลุ่มที่ “ไม่ได้ระบุรส” พบมากที่สุด ทั้งนี้เพราะเป็นการนับตามความถี่ที่พบ และเป็นข้อมูลที่สะท้อนให้เห็นว่าคนในสมัยก่อนอาจมีความเข้าใจเกี่ยวกับยาสมุนไพรเป็นอย่างดี จึงไม่มีการระบุรสไว้ ก็ทราบได้ว่าสมุนไพรชนิดนี้มีรสอะไร หรือเมื่อมีการเขียนบอกไว้ในที่ใดที่หนึ่งแล้วก็ป็นอันเข้าใจได้ว่ามีรสเดียวกัน จึงไม่ต้องเขียนซ้ำอีก ตัวอย่างเช่น จิง ซึ่งเป็นสมุนไพรที่พบมากหรือมีความถี่สูงถึง 90 ครั้ง แต่มีการกล่าวถึงรสของจิง ไว้เพียง 2 ครั้ง คือ จิง มีรสเผ็ดและจิงสด มีรสเผ็ดร้อน เป็นต้น สำหรับในกลุ่มยา “สองรส” เป็นรสนิยมที่พบมากที่สุดในกลุ่มที่มีการระบุรส แสดงให้เห็นว่าสมุนไพรส่วนใหญ่จะเป็นรสผสมมากกว่า รสเดี่ยวใด ๆ เพียงอย่างเดียว รองลงมาคือรสนิยมหนึ่งรส ซึ่งอาจเป็นรสเด่น ๆ ในสมุนไพรที่รับรู้ได้มากกว่ารสอื่น ๆ และกลุ่มที่พบน้อยที่สุดคือ ยากลุ่ม “สี่รส” ซึ่งพบเพียงรสละ 1 ครั้ง เท่านั้น ทั้งนี้ อาจเพราะมีสมุนไพรน้อยชนิดที่มีรสที่หลากหลายในชนิดเดียวกัน สมุนไพรกลุ่มนี้มีเพียง 4 ชนิดเท่านั้น และปรากฏว่าไม่พบรสของสมุนไพรที่มากกว่า 4 รส อีกเลยในคัมภีร์ฯ แสดงให้เห็นว่าไม่มีข้อมูลการรับรสที่ซับซ้อนมากกว่า 4 รส

สำหรับในกลุ่มรสนิยม “หนึ่งรส” มีทั้งสิ้น จำนวน 7 รส ได้แก่ รสหวาน รสร้อน รสขม รสเผ็ด รสฝาด รสเค็ม และรสเย็น ซึ่งในจำนวน 7 รสนั้นมีความสอดคล้องกับรสยา 9 รส ที่แพทย์แผนไทยใช้เป็นรสหลักในการเรียนการสอน การปรุงยา และการทำเวชปฏิบัติ อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งยา 9 รส ได้แก่ รส ฝาด หวาน มัน เค็ม เปรี้ยว ขม เหมะเบื่อ ร้อน เย็น และยังมีรสที่ 10 อีกคือ รสจืด (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวท (ชีวโกมารภักจ),

2548) แครสที่พบในคัมภีร์ไม่มีรสเปรี้ยว เมาเบื่อ และจืด ในกลุ่มรสยาหนึ่งรส แต่พบรสเปรี้ยว ในกลุ่มยาสองรส สามรส และ สี่รส รสจืดพบในกลุ่มยาสองรส สามรส และ สี่รส ส่วนรสเมาเบื่อไม่พบในคัมภีร์ฯเลย ในกลุ่มรสยา “สอง รส” เป็นกลุ่มที่มีจำนวนรสมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า การรับรู้เพียงสองรสเป็นการรับรู้ที่ดีที่สุด และที่น่าสนใจคือ มีรสยาที่ให้ความรู้สึกในทางขัดกัน อยู่ 2 รายการ คือ รสขม-หวาน และเผ็ด-เย็น ทั้งนี้เพราะ โดยทั่วไปมักเข้าใจกันว่า รสหวาน กับรสขมน่าจะเป็นรสที่ตรงข้ามกัน เช่น มักมีคำโบราณพูดว่า หวานเป็นลม ขมเป็นยา ซึ่งสะท้อนในความหมายที่ตรงข้ามกัน และรสขมก็มีสรรพคุณ แก้ไข้ ช่วยลดความร้อนของร่างกาย ในขณะที่รสหวาน เป็นรสที่ก่อให้เกิดพลังงาน ความร้อน ส่วนรสเผ็ดเป็นรสที่ให้ความรู้สึกร้อน ทำให้ไม่จึงอยู่คู่กับรสเย็นได้ เพราะรสเย็นเป็นรสที่ใช้ในการดับพิษร้อน (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวศ (ชีวโกมารภัจจ์), 2548)

ในกลุ่มรสยา “สามรส” มี รสที่พบมากที่สุด คือ รสหวาน-ฝาด-เผ็ด ซึ่งมีความถี่ ถึง 32 ครั้งของการบันทึกในคัมภีร์ฯ แสดงให้เห็นว่า การรับรสของมนุษย์ในสมัยอดีตสามารถจำแนกรสของสมุนไพรได้ดีถึงสามรสด้วยกัน ในกลุ่มรสยา “สี่รส” มีทั้งสิ้นแค่ 4 รส รสละ 1 ครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการรับรู้รสของมนุษย์ในสมุนไพรมิได้ถึงสี่รส แต่พบสมุนไพรในกลุ่มนี้ได้จำนวนน้อย และแสดงให้เห็นถึงขีดจำกัดในการรับรู้รสของมนุษย์ได้ว่าสามารถรับรสพร้อมกันได้ไม่เกิน 4 รส

เมื่อวิเคราะห์องค์ความรู้ตามหลักเภสัชกรรมแผนไทยด้าน “ภคเภสัชหรือพิภคยา” พบกลุ่มพิภคยาในคัมภีร์ฯ 12 กลุ่ม กลุ่มพิภคตรี คือกลุ่มยาที่มีส่วนประกอบของเครื่องยาสมุนไพร 3 รายการ เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด เช่น ศรีผลา ศรีกฎ ศรีสาร รองลงมาคือ จุลพิภค (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวศ (ชีวโกมารภัจจ์), 2548) ซึ่งหมายถึง พิกัดที่มีส่วนประกอบของเครื่องยาสมุนไพรน้อยอย่าง โดยมากมักได้จากสมุนไพรชื่อคล้ายกันแต่คนละชนิด โดยจะมีชื่อแตกต่างกันคือ ถิ่นที่เกิด สี ชนิด ขนาดและรส เช่น จำพวกที่แตกต่างกันที่ถิ่นที่เกิด เช่น อบเชยทั้ง 2 คือ อบเชยไทย อบเชยเทศ การที่พบพิภคตรี และจุลพิภคในจำนวนมากเพราะ มักเป็นพิภคยาที่เป็นส่วนประกอบในตำรับยาต่าง ๆ

เมื่อวิเคราะห์องค์ความรู้ตามหลักเภสัชกรรมแผนไทยด้าน “เภสัชกรรมหรือการปรุงยา” ที่พบในคัมภีร์ฯมี 12 วิธี ที่พบมากที่สุด คือ ไม่ได้ระบุวิธีการปรุงยา ทั้งนี้ในการบันทึกทั้งหมด ส่วนมากไม่มีการระบุวิธีการปรุงยา และวิธีการใช้ยาไว้ชัดเจน วิธีการปรุงยาผง เป็นวิธีที่พบมากที่สุด มีความถี่ถึง 740 ครั้ง วิธีการปรุงยาที่พบน้อยที่สุด คือ ยารมควัน มีความถี่เท่ากับ 1 ครั้ง ส่วนวิธีการปรุงยาด้วยวิธีการอื่น ๆ อีก 9 วิธี ได้แก่ ยาต้ม ยาพ่น ยาผง ยาต้มยาโรย ยาถูกล่อน ยาเผาเป็นค่าง ยาแกกับข้าว ยาตอง ยาตำเอาน้ำ ยาแช่น้ำส้มพริ้ม ซึ่งยาแกกับข้าวนี้เป็นวิธีที่น่าสนใจเพราะแสดงให้เห็นถึงแนวคิดที่ว่า การใช้อาหารเป็นยา ซึ่งเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของคนโบราณ ดังเช่น แกงยารุกษย์ปลาไหล เพื่อรักษาโรคภัยไข้เจ็บ ในคัมภีร์รุกรษย์ เป็นต้น

ตารางที่ 4 ข้อมูลด้านพฤกษศาสตร์และเวชศาสตร์เชิงประจักษ์ของสมุนไพร โศกกระสุน

ข้อมูลสมุนไพร	ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา	การวิจัยที่ตีพิมพ์และเผยแพร่ในฐานข้อมูล PubMed		
		หลอดทดลอง	สัตว์ทดลอง	คลินิก
โศกกระสุน (เสริมศิริ และคณะ, 2539) ชื่อวิทยาศาสตร์* : <i>Tribulus terrestris</i> Linn. ชื่อวงศ์ : Zygophyllaceae ชื่ออื่นๆ : หนามกระสุน หนามดิน ส่วนที่ใช้ : ต้น ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุก ทอดเลื้อยไปตามผิวดิน ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้าม ใบย่อยรูปขอบขนาน ผิวใบทั้งสองด้านมีขนสีขาว มีดอกเดี่ยวหรือออกเป็นช่อสั้น กลีบดอกสีเหลืองสด ผลแห้งแตกได้ เปลือกแข็ง มีหนามแหลมและแข็ง ลักษณะของเครื่องยา : เป็นดินแห้งสับเป็นท่อน ยาว 1.5 - 3 เซนติเมตร เมล็ดกลม มีหนาม ประโยชน์ : ต้น : ขับปัสสาวะ ขับมูกเลือด แก้ไตพิการ สรรพคุณ ในคัมภีร์ฯ : แก้ไข้เพื่อทวารสา แก้ปัสสาวะให้บริบูรณ์	ฤทธิ์ลดน้ำตาลและไขมันในเลือด ฤทธิ์กระตุ้นระบบสืบพันธุ์ ฤทธิ์ปกป้องตับและไต	-	-	(Samani NB et al., 2016) (Salgado RM et al., 2016) (Najafi H et al., 2014) (Lakshmi GD et al., 2012) (Amin AMR et al., 2006)
				
ภาพลักษณะของต้นโศกกระสุน		ภาพลักษณะของเครื่องยาโศกกระสุน		

* ตรวจสอบจากฐานข้อมูล The Plant List

7. บทสรุป

บทสรุปตามหลักเภสัช 4				
เภสัชวัตถุ	สรรพคุณเภสัช	คณาเภสัช	เภสัชกรรม	
พบสมุนไพร 643 รายการ	พบรสยา 4 กลุ่ม แบ่งเป็น	พบพืชผักยา 12	พบมีวิธีปรุงยา 12	
แบ่งเป็น	- กลุ่มยาหนึ่งรส พบ 7 รส พบมากที่สุดคือ รสหวาน	กลุ่ม พืชผักที่พบ	วิธี วิธีที่พบมาก	
พืชวัตถุ 586 รายการ	- กลุ่มยาสองรส พบ 16 รส พบมากที่สุดคือ รสเผ็ด-ร้อน	มากที่สุดคือ พืช	วิธี วิธีที่พบมากที่สุด คือ ยาง	
สัตว์วัตถุ 22 รายการ	- กลุ่มยาสามรส พบ 7 รส พบมากที่สุดคือ รสหวาน-ฝาด-ฝื่อน	ตรี		
ธาตุวัตถุ 35 รายการ	- กลุ่มยาสี่รส พบ 4 รส พบรสละ 1 ครั้ง เท่ากันทั้ง 4 รส			

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยเกี่ยวกับสมุนไพรสามารถนำไปสอบทาน หรือเปรียบเทียบสมุนไพรกับคัมภีร์อื่น ๆ ได้ เช่น วิเคราะห์องค์ประกอบของเครื่องยาสมุนไพรในพืชผัก การเปรียบเทียบเภสัชวัตถุ (พืช-สัตว์-แร่ธาตุ) และส่วนที่ใช้ การเทียบชื่อวิทยาศาสตร์ วิธีการปรุงยา

8.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาต่อเรื่องเวชศาสตร์เชิงประจักษ์ เพื่อการรวบรวมฐานข้อมูลของสมุนไพรแต่ละชนิด ดังตาราง 4 เพื่อประโยชน์ต่องานวิจัยด้านการแพทย์แผนไทยต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ประจำหลักสูตรการแพทย์แผนไทยประยุกต์มหาวิทยาลัยมหิดล คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล และคณาจารย์ภาควิชาภาษาตะวันออก คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้คำปรึกษา แนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- กรมศิลปากร หอสมุดแห่งชาติ. 2542. ตำราเวชศาสตร์ฉบับหลวง รัชกาลที่ 5 เล่ม 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- ฉัตรกร ล้าเลิศกิจ, นฤมล พูนไพบูลย์โรจน์ และ ประวิทย์ อัครเสรินนท์. 2554. เวชศาสตร์เชิงประจักษ์กับการแพทย์แผนไทย. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 9(2): 94-99
- นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. 2551. วิเคราะห์ วิจัยคุณภาพเครื่องยาไทย. กรุงเทพมหานคร: บริษัท คอนเซ็ปท์ เมดิคัล จำกัด.
- พร้อมจิต ศรีลัมพ์, วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, สมภพ ประธานธรรักษ์. 2543. สารานุกรมสมุนไพร เล่ม 1 สมุนไพรสวนสิริรุกษชาติ. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวท (ชีวกโกมารภัจจ์). 2548. ตำราเภสัชกรรมไทย. กรุงเทพมหานคร.
- มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ โรงเรียนอายุรเวท (ชีวกโกมารภัจจ์). 2550. ตำราการแพทย์ไทยเดิม (แพทย์ศาสตร์สงเคราะห์ ฉบับอนุรักษ์ เล่มที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สุภาวนิการพิมพ์. โรงพิมพ์ บริษัทพิมพ์เนตส์ พรินตริง เซ็นเตอร์ จำกัด.
- สภาการแพทย์แผนไทย. 2559. การรับรองสถาบันการศึกษาด้านการแพทย์แผนไทย, การรับรองสถาบันการศึกษา ด้านการแพทย์แผนไทยประยุกต์. <http://www.thaimed.or.th>, [20-10-2559].
- สภาการแพทย์แผนไทย. ประกาศคณะกรรมการการจัดสอบความรู้การแพทย์แผนไทย ฉบับที่ 026/2558 เรื่อง ตำราที่ใช้เป็นแนวทางในการสอบความรู้ในวิชาชีพการแพทย์แผนไทยของผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมจาก สถาบันหรือสถานพยาบาลที่สภาการแพทย์แผนไทยรับรองตาม มาตรา 12(2) (ก) แห่งพระราชบัญญัติ วิชาชีพการแพทย์แผนไทย พ.ศ.2556. <http://www.thaimed.or.th>, [20-10-2559].
- สร้อยศรี เอี่ยมพรชัย, ทัพเพเทพ ทิพย์เจริญรัมย์, ทวี เลหาพันธ์. 2554. การแพทย์แผนไทยประยุกต์กับการพัฒนา การแพทย์แผนไทยให้ยั่งยืน. ใน การแพทย์แผนไทยประยุกต์กับการพัฒนาการแพทย์แผนไทยให้ยั่งยืน 2554, หน้า 1-10. กรุงเทพมหานคร: สถาบันการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราช พยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

เสริมสิริ วินิจชัยกุล, นันทวัน บุญยะประกัศร, สุวรรณ ชีระวรพันธ์, วิสูลา สุวิทย์วัฒน์, วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, อรุณช โชคชัยเจริญพร, และคณะ, บรรณาธิการ. 2539. **สมุนไพรไม้พุ่มบ้านเลม 1**. กรุงเทพฯ: ประชาชน.

Amin AMR, Lotfy M, Shafiullah M, Adeghate E. 2006. The Protective Effect of *Tribulus terrestris* in Diabetes. Annals of the New York Academy of Sciences. 1084(1):391-401.

Lakshmi GD, Kumar PR, Bharavi K, Annapurna P, Rajendar B, Patel PT, et al. 2012. Protective effect of *Tribulus terrestris* linn on liver and kidney in cadmium intoxicated rats. Indian Journal of Experimental Biology. Feb;50(2):141-6.

Najafi H, Firouzifar MR, Shafaat O, Changizi Ashtiyani S, Hosseini N. 2014. Protective effects of *Tribulus terrestris* L extract against acute kidney injury induced by reperfusion injury in rats. Iran J Kidney Dis. 8(4):292-8.

Salgado RM, Marques-Silva MH, Goncalves E, Mathias AC, Aguiar JG, Wolff P. 2016. Effect of oral administration of *Tribulus terrestris* extract on semen quality and body fat index of infertile men. Andrologia.

Samani NB, Jokar A, Soveid M, Heydari M, Mosavat SH. 2016. Efficacy of the Hydroalcoholic Extract of *Tribulus terrestris* on the Serum Glucose and Lipid Profile of Women with Diabetes Mellitus: A Double-Blind Randomized Placebo-Controlled Clinical Trial. J Evid Based Complementary Altern Med.

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจ้าเรือนทางการแพทย์แผนไทยกับ

ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

**THE RELATIONSHIP OF THE BODY ELEMENTS (DHAT-CHAO-RUEAN)
IN THAI TRADITIONAL MEDICINE AND HYPERTENSIVE PATIENTS**

ฟ่องพิมล ดาศรี

สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: phongphimon.das@mahidol.ac.th

เพ็ญจันทร์ เซอร์เรอร์

ภาควิชาสังคมและสุขภาพ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: shpsr@mahidol.ac.th

สุวีรวรรณ ลิ้มสุวรรณ

สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: suveerawan.lim@mahidol.ac.th

อรอุษา ธรรมเสริมสร้าง

สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: onusa22pear@gmail.com

แมนมาศ วรรณภูมิ

สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: manmas.van@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ในทางการแพทย์ตะวันตก ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการปฏิบัติตัว ตามศาสตร์การแพทย์แผนไทยจะวินิจฉัย และวางแผนการรักษาผู้ป่วยโดยพิจารณาจากธาตุเจ้าเรือนซึ่งเป็นส่วนประกอบในร่างกายของผู้ป่วยเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของธาตุเจ้าเรือนกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ดังนั้นการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาลักษณะธาตุเจ้าเรือนของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจ้าเรือนกับโรคความดันโลหิตสูง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่เข้ารับการรักษาที่คลินิกอายุรเวทแพทย์แผนไทยประยุกต์ โรงพยาบาลศิริราช ในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 โดยการใช้แบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลธาตุเจ้าเรือน ผลการวิจัย พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

จำนวน 374 ราย มีธาตุเจ้าเรือนกำเนิดตรงกับเตโชธาตุหรือธาตุไฟมากที่สุด ส่วนธาตุเจ้าเรือนปกติกษณะตรงกับเสมหะหรือธาตุน้ำ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์พบว่าโรคความดันโลหิตสูงไม่มีความสัมพันธ์กับธาตุกำเนิด แต่มีแนวโน้มมีความสัมพันธ์กับธาตุปกติกษณะ โดยเฉพาะเรื่องบุคลิกกษณะและการปฏิบัติตัว เนื่องจากธาตุปกติกษณะมีผลมาจากพฤติกรรมของผู้ป่วยเอง ซึ่งข้อมูลวิจัยนี้เป็นประโยชน์ในการให้คำแนะนำและรักษาผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในทางการแพทย์แผนไทย

คำสำคัญ : ธาตุเจ้าเรือน การแพทย์แผนไทย พฤติกรรม โรคความดันโลหิตสูง

ABSTRACT

According to western medicine human behavior is a major cause in hypertensive patients. In principle of Thai Traditional Medicine, practitioners always use the body elements or Dhat - Chao – Ruean which are the composition of the body for diagnosing and treating patients. However, there is no evidence to explain the relationship of Dhat - Chao – Ruean and patients with hypertension. The objectives of this study are to explore the body elements of hypertensive patients and to investigate the relationship between the body elements and hypertension. The researchers collected data of patients with hypertension in Ayurved clinic, Siriraj Hospital during August 2015 to February 2016. The questionnaires were used to record the general data and the body elements. The results showed that 374 hypertensive patients were mostly in fire element (Tejo-Dhat) for innate body elements and water element (Samha) for characteristic body elements. Conclusion, hypertension may not have relationship with the innate body elements, but may relate with characteristic body elements. This may be because the characteristic body elements was affected from behaviors in patients. The study is benefit for giving suggestions and treatment hypertensive patients in Thai Traditional Medicine.

KEYWORDS: Dhat - Chao – Ruean, Thai traditional Medicine, behavior, hypertension

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

โรคความดันโลหิตสูงคือโรคที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่ามีความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงสูงขึ้นกว่าปกติอย่างถาวร ความดันโลหิตที่สูงขึ้นอาจไม่แสดงอาการใดๆ แต่อย่างไรก็ตามการมีความดันโลหิตสูงในระยะยาวเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง (stroke) โรคไต เป็นต้น โดยมากกว่าร้อยละ 90 ของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมักมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการปฏิบัติตัวและลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม พฤติกรรมเป็นปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ การรับประทานอาหาร ความเครียด การไม่ออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ เป็นต้น การรักษาที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง คือ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และ/หรือ ร่วมกับการรับประทานยา (สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย, 2559 และ สุรเกียรติ์ อาษานาฎภาพ, 2543)

การเจ็บป่วยในทางการแพทย์แผนไทย นั้นกล่าวว่าเกิดจากการเสียสมดุลของธาตุทั้งสี่ คือ ธาตุดิน ธาตุ น้ำธาตุลม ธาตุไฟ และตรีธาตุ คือ เสมหะ(ธาตุน้ำ) ปิตตะ(ธาตุไฟ) และวาตะ(ธาตุลม) การทำงานของร่างกายหาก ผิดปกติจะเรียกว่าตรีโทษ (ขุนนิเทศสุขกิจ, 2516) ธาตุจะเสียสมดุลได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ อายุ ฤดูกาล กาลเวลา ถิ่นที่อยู่ และมูลเหตุที่เกิดจากพฤติกรรมของบุคคลคนนั้น ธาตุทั้ง 4 และตรีธาตุนี้ มีความสำคัญ กับร่างกายเป็นอย่างมาก เพราะเป็นโครงสร้างของร่างกาย และควบคุมการทำงานของร่างกายให้เป็นปกติ การเปลี่ยนแปลงของตรีธาตุก็จะส่งผลกระทบต่อธาตุทั้ง 4 และจะก่อให้เกิดความเจ็บป่วยหรือโรคต่างๆตามมา (โรงเรียนอายุรเวทราชฯ, 2552)

แนวคิดทางการแพทย์แผนไทยได้อธิบายเรื่อง ตรีธาตุไว้คือว่า มนุษย์ทุกคนจะมีร่างกายที่มีธาตุใด ธาตุ หนึ่งที่เด่นชัด อันเป็นผลมาจากการกำเนิด และสิ่งแวดล้อม การแพทย์แผนไทยเรียกว่าธาตุเจ้าเรือน ซึ่งจะมี ลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละคนโดยที่เป็นธาตุที่ติดตัวมาแต่แรกเกิด เรียกว่าธาตุกำเนิดและธาตุที่เป็นผลจาก สิ่งแวดล้อม และพฤติกรรม เรียกว่าธาตุปกติดิถีลักษณะ(โรงเรียนแพทย์แผนโบราณวัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม ราชวรมหาวิหาร, 2504 และโรงเรียนอายุรเวทราชฯ, 2552) การเจ็บป่วยเกิดขึ้นได้จากการเสียสมดุลของธาตุทั้ง 4 และตรีธาตุ ซึ่งธาตุ ดังกล่าวจะแสดงออกด้วยอาการต่างๆและการทำความเข้าใจต่อการเสียสมดุลดังกล่าวต้อง คำนึงถึงธาตุเจ้าเรือนด้วยว่าธาตุกำเนิดขณะปฏิสนธิในครรภ์มารดาเป็นอย่างไร ธาตุปกติดิถีลักษณะอันได้แก่ บุคลิกลักษณะนิสัยปัจจุบันเป็นอย่างไร เปลี่ยนแปลงหรือไม่อาการที่เจ็บป่วยอยู่เสมอและการเจ็บป่วยในปัจจุบัน เป็นอาการของธาตุใด อวัยวะใดกำเริบ หย่อน หรือพิการเป็นการหาสาเหตุการเจ็บป่วยด้วยธาตุใดนั่นเอง

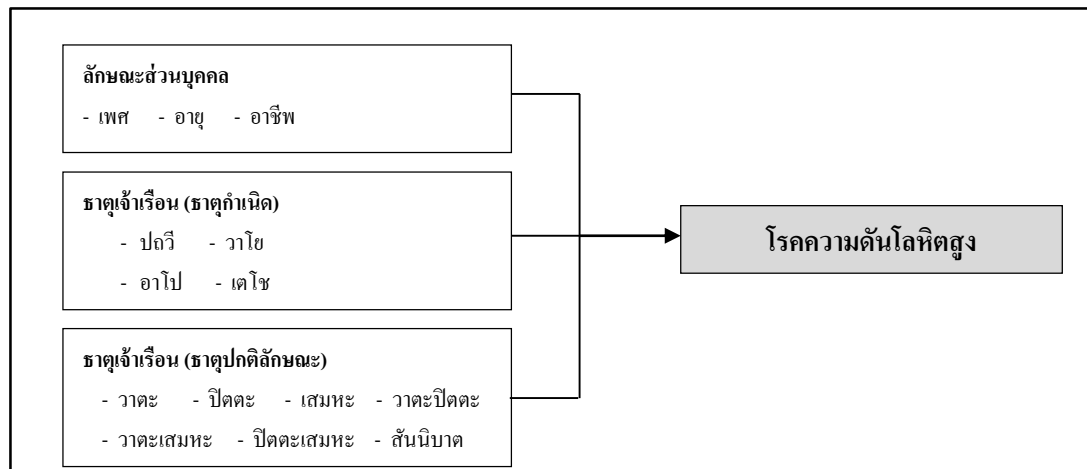
จากทฤษฎีเกี่ยวกับธาตุเจ้าเรือนดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจว่า ธาตุเจ้าเรือนของบุคคลจะมีความสัมพันธ์อย่างไรกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง เช่น บุคคลที่มีธาตุเจ้าเรือนแบบใดที่มีความเสี่ยงต่อการเป็น โรคความดันโลหิตสูง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำเวชปฏิบัติทาง การแพทย์แผนไทยทั้งในการป้องกัน การให้คำแนะนำในการปฏิบัติตัวที่ถูกต้องแก่ผู้ป่วยด้วยศาสตร์การแพทย์ แผนไทย เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ และยังเป็นการสอบทานองค์ความรู้ที่ใช้อยู่ในแนวคิดว่าเกี่ยวกับธาตุเจ้าเรือน ตามศาสตร์การแพทย์แผนไทยได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาลักษณะธาตุเจ้าเรือนในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง
- (2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจ้าเรือน ได้แก่ ธาตุกำหนดและธาตุปกติดิถีลักษณะกับโรคความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

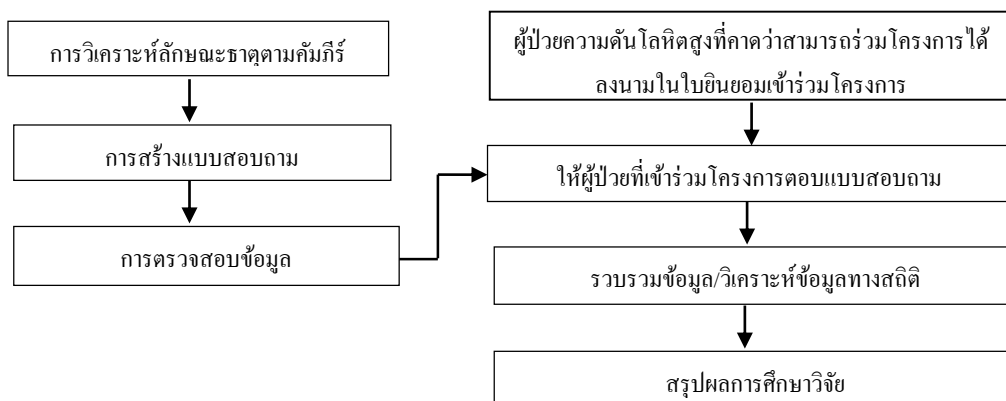
การศึกษาลักษณะธาตุเจ้าเรือนในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจ้าเรือน ทางการแพทย์แผนไทยกับโรคความดันโลหิตสูงในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ในการศึกษาเพื่อทราบข้อมูล ทั่วไปด้านประชากรสังคมของผู้ป่วย และศึกษาธาตุเจ้าเรือนของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ประกอบด้วยธาตุ กำเนิด ได้แก่ ปรอทธาตุ อาโปธาตุ วาโยธาตุ เตโชธาตุ และธาตุปกติดิถีลักษณะ ได้แก่ วาตะ ปิตตะ เสมหะ วาตะ ปิตตะ วาตะเสมหะ ปิตตะเสมหะ และสันนิบาต กับโรคความดันโลหิตสูง



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจ้าเรือนทางการแพทย์แผนไทยกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ได้รับการรับรองให้ดำเนินโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ.2558 เลขที่หนังสือรับรองโครงการวิจัย Si 381/2015

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่เข้ารับการรักษาที่คลินิกอายุรเวท แพทย์แผนไทยประยุกต์ โรงพยาบาลศิริราช ในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 โดยเลือกผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ 1)ข้อมูลส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ และอาชีพ 2)ธาตุกำเนิด คือ ปรถวี อาโป วาโย เตโช ธาตุปกติลักษณะ คือ วาตะ ปิตตะ เสมหะ วาตะปิตตะ วาตะเสมหะ เสมหะปิตตะ สันนิบาต

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) โรคความดันโลหิตสูง

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามลักษณะธาตุเจ้าเรือนของผู้ป่วย ความดันโลหิตสูงซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไป และข้อมูลธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะ ซึ่งพัฒนามาจาก คัมภีร์วโรยสาร (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณวัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร, 2504) และตำราอายุรเวทศึกษา (ขุนนิเทศสุขกิจ, 2516) ซึ่งเป็นตำราที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนเกี่ยวกับการแพทย์แผนไทย แบบประเมินที่พัฒนาขึ้น มีผู้เชี่ยวชาญด้านเวชกรรมแผนไทย สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล และมีประสบการณ์ด้านการแพทย์แผนไทยไม่น้อยกว่า 20 ปี จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยให้อาสาสมัครตอบแบบสอบถามอาสาสมัคร 1 รายตอบแบบสอบถาม 1 ชุด ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาทีในการตอบคำถาม อาสาสมัครที่อายุมาก ที่ไม่สะดวกในการอ่าน หรือเขียนตอบแบบสัมภาษณ์ ผู้เก็บข้อมูลจะเป็นผู้อ่านคำถามให้อาสาสมัครตอบ แล้วเขียนลงในแบบสอบถาม

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสอบถามมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ธาตุกำเนิด และธาตุปกติลักษณะของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงโดยใช้สถิติแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่ามัธยฐาน(mode) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum)

ผู้วิจัยใช้ Heat map นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแสดงผลการศึกษาให้ชัดเจน โดยใช้แนวคิดเป็นตัวบ่งชี้ ความเข้มข้นของข้อมูล ในการนำเสนอข้อมูลธาตุปกติลักษณะ 23 ข้อของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง และแสดงให้เห็นภาพรวมของธาตุปกติลักษณะได้ชัดเจน และง่ายขึ้น ว่าผู้ป่วยความดันโลหิตสูงจะมีปกติลักษณะอยู่ในธาตุใด ซึ่งจะทำให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของธาตุปกติลักษณะกับโรคความดันโลหิตสูงได้

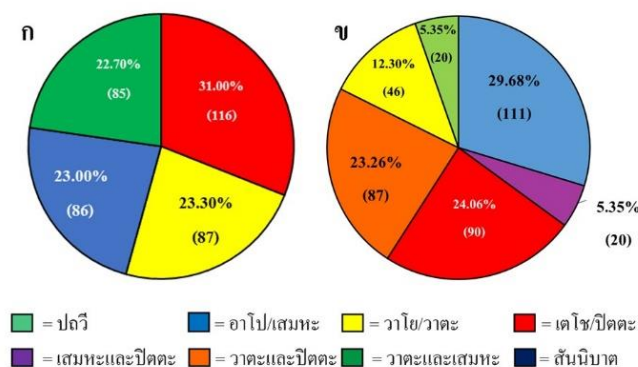
5. ผลการวิจัย

จากการศึกษากลุ่มประชากรผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 374 ราย ดังตารางที่ 1 พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 269 ราย (ร้อยละ 79.90) มีอายุมากกว่า 60 ปีจำนวน 231 ราย (ร้อยละ 61.76) ไม่ได้ทำงานจำนวน 206 ราย (ร้อยละ 55.08) และมีธาตุกำเนิดเป็น เตโชธาตุจำนวน 116 ราย (ร้อยละ 31.02)

ตารางที่ 1 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง (n = 374)

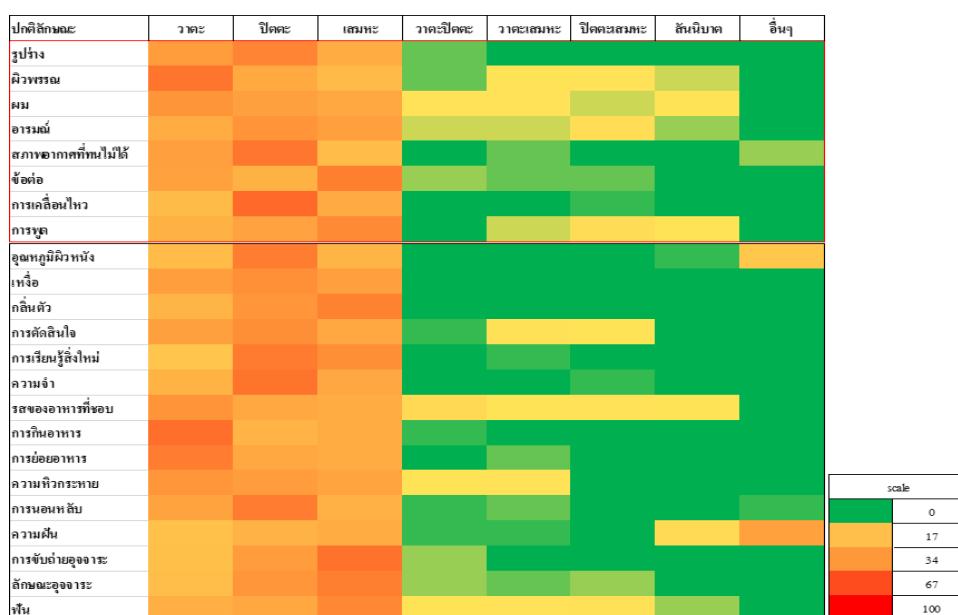
ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (374)	ร้อยละ (100.00)
เพศ		
ชาย	105	28.10
หญิง	269	71.90
อายุ		
≤ 30 ปี	4	1.07
31- 40 ปี	10	2.67
41 - 50 ปี	34	9.10
51 - 60 ปี	95	25.40
มากกว่า 60 ปี	231	61.76
อาชีพ		
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ/ธุรกิจส่วนตัว	125	33.42
ค้าขาย/รับจ้าง	39	10.43
เกษียณกรรม	4	1.07
ไม่ได้ทำงาน	206	55.08
ธาตุกำเนิด		
ปถวี	85	22.73
อาโป	86	22.99
วาโย	87	23.26
เดโช	116	31.02

ผลการศึกษาลักษณะธาตุเจ้าเรือนของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีธาตุกำเนิดตรงกับเดโชธาตุหรือธาตุไฟมากที่สุด จำนวน 116 ราย (ร้อยละ 31) ดังภาพที่ 1 ก ส่วนธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะ พบว่าผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีธาตุปกติลักษณะตรงกับเสมหะหรือธาตุน้ำมากที่สุดจำนวน 111 ราย (ร้อยละ 29.68) ดังภาพที่ 1 ข



ภาพที่ 1 ลักษณะธาตุเจ้าเรือนของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง (n = 374) ภาพ ก ธาตุเจ้าเรือนประเภ็นจากธาตุกำเนิด
ภาพ ข ธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะ

เมื่อศึกษาลักษณะธาตุเจ้าเรือนตามการประเมินปกติลักษณะของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง พบว่า เมื่อประเมินธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะในแต่ละลักษณะ ทั้งหมด 23 ข้อ มีคะแนนปกติลักษณะที่ตรงกับปิตตะหรือธาตุไฟมากที่สุด คือ 10 ปกติลักษณะ ได้แก่ รูปร่าง อุดมภูมิผิวหนัง เหงื่อ อารมณ์ การตัดสินใจ การเรียนรู้สิ่งใหม่ ความจำ การนอนหลับ สภาพอากาศที่ทนไม่ได้ และการเคลื่อนไหว เคลื่อนไหว ตรงกับเสมหะหรือธาตุน้ำ 6 ลักษณะ ข้อต่อ การพูด กลืนตัว การขับถ่ายอุจจาระ ลักษณะอุจจาระ ฟัน ตรงกับวาตะหรือธาตุลม 6 ลักษณะ ได้แก่ ผิวพรรณ ผม รสของอาหารที่ชอบ การกินอาหาร การย่อยอาหาร ความหิวกระหาย อื่นๆ 1 ลักษณะ ได้แก่ ความฝัน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Heat map แสดงลักษณะธาตุเจ้าเรือนแบ่งตามการประเมินปกติลักษณะ 23 ข้อ ของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

6. อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยแรกที่แสดงถึงธาตุเจ้าเรือนกำเนิดและธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ธาตุเจ้าเรือนกำเนิดในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตรงกับเตโชธาตุหรือธาตุไฟมากที่สุด โดยธาตุไฟในทางการแพทย์แผนไทย หมายถึง พลังความร้อนแห่งชีวิต ที่ทำให้ร่างกายอบอุ่น ความร้อนและการเผาไหม้ ไฟในร่างกาย ไฟที่ทำให้เกิดความวิตก ไฟที่ทำให้แก่ และไฟย่อยอาหาร (โรงเรียนอายุรเวทราชฯ, 2552) ซึ่งลักษณะของคนที่มีธาตุไฟเป็นเจ้าเรือนนั้น ในภาวะปกติร่างกายจะมีความร้อนอยู่แล้วจึงอาจทำให้เกิดอาการร้อนในได้ง่าย เมื่อร่างกายเกิดความร้อนจะทำให้การไหลเวียนเลือดเพิ่มมากขึ้นและส่งผลให้ความดันโลหิตในร่างกายสูงเพิ่มขึ้นด้วย (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ อายุรเวทวิทยาลัย (ชีวโกมารภัจจ์), 2544) แต่ในทางตรงข้าม เมื่อประเมินธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะ พบว่าตรงกับเสมหะหรือธาตุน้ำมากที่สุด ซึ่งลักษณะคนธาตุน้ำในทางการแพทย์แผนไทย หมายถึง ของเหลวต่างๆ เสมหะ และสารกึ่งของแข็งในร่างกาย ประกอบด้วย เลือดคืด เสมหะ หนอง เหงื่อ มัน ไขมัน น้ำตา น้ำลาย น้ำในจมูก บัสสาวะ และน้ำไขข้อ (โรงเรียนอายุรเวทราชฯ, 2552) ซึ่งนอกจากนั้นแล้วธาตุปกติลักษณะเสมหะ(ธาตุน้ำ) จะมีรูปร่างท้วมใหญ่ น้ำหนักมาก อ้วน น้ำหนักตัว

มากซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการแพทย์แผนตะวันตกที่กล่าวไว้ว่าโรคอ้วนทำให้เกิดความดันโลหิตสูง (พีระ บวรณะกิจเจริญ, 2553) ธาตุปกติลักษณะที่รองลงมาคือธาตุปกติลักษณะปิตตะ(ธาตุไฟ) ซึ่งก็มีความสอดคล้องกับ ธาตุกำเนิดที่พบมากที่สุด นอกจากนี้แล้วยังพบว่า ผู้ป่วยยังมีธาตุปกติลักษณะที่เป็นธาตุผสม หมายถึง การมีปกติ ลักษณะที่แสดงออกร่วมกันทั้งสองธาตุ คือ ธาตุผสมวาตะกับปิตตะ(ลักษณะที่ผสมระหว่างธาตุลมกับธาตุไฟ) ซึ่ง ทางการแพทย์แผนไทยมองว่า ธาตุลมและธาตุไฟ เป็นธาตุที่ส่งเสริมกันและกัน หมายความว่า เมื่อมีธาตุลมมากก็ จะทำให้ธาตุไฟมากขึ้นด้วย (ขุนนิเทศสุขกิจ, 2516) ดังนั้น ผู้ป่วยที่มีปกติลักษณะเป็นวาตะกับปิตตะ (ลมกับไฟ) จะมีลักษณะคือ ปกติลักษณะที่เป็นปิตตะ(ธาตุไฟ) ร่างกายจะร้อนง่าย เมื่อมีปกติลักษณะวาตะ(ธาตุลม) เข้าผสม มา ก็จะทำให้ร่างกายร้อนได้ง่ายกว่าเดิมจากที่เคยเป็นอยู่ ทำให้การไหลเวียนเลือดเพิ่มมากขึ้นและส่งผลให้ ความดันโลหิตในร่างกายสูงเพิ่มขึ้นด้วย (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ อายurvedaวิทยาลัย (ชีวกโกมาร กัจจ์), 2544)

จากการศึกษาธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงในแต่ละลักษณะ ทั้งหมด 23 ลักษณะ ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ปกติลักษณะที่ตรงกับปิตตะหรือธาตุไฟโดยเฉพาะลักษณะของ อุณหภูมิ ผิวหนัง ที่มีจะตัวร้อน ฝ่ามือ ฝ่าเท้าร้อน, มีเหงื่อ ออกมาก ออกง่าย, ทนต่ออากาศร้อนไม่ค่อยได้ ซึ่งหมายความว่า ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงกลุ่มนี้ปกติร่างกายจะมีความร้อนอยู่แล้ว จึงอาจทำให้เกิดอาการร้อนในได้ง่ายเมื่อ ร่างกายเกิดความร้อนจะทำให้การไหลเวียนเลือดเพิ่มมากขึ้นและส่งผลให้ความดันโลหิตในร่างกายสูงเพิ่มขึ้น ดังที่กล่าวมาแล้ว ในด้านของอารมณ์ที่มีมักจะมักโกรธง่าย หรือโมโหง่าย ใจร้อน จริ่งจิ้ง ขี้ฉ้อฉล, การตัดสินใจ เป็น คนตัดสินใจไว รวดเร็วภาวะอารมณ์เหล่านี้จะส่งผลให้ หทัยวัตถุหรือหัวใจทำงานมากขึ้น ส่งผลให้ความดันโลหิต ในร่างกายเพิ่มขึ้น (มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ อายurvedaวิทยาลัย (ชีวกโกมารกัจจ์), 2544)

ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ปกติลักษณะตรงกับวาตะหรือธาตุลมโดยเฉพาะลักษณะรสของอาหารที่ชอบ การกินอาหาร ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงกลุ่มนี้ มักจะชอบรับประทานอาหารที่รสหวาน รสเปรี้ยว และรสเค็ม เป็น หลัก ซึ่งการรับประทานอาหารรสเหล่านั้นจัดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงได้ (พีระ บวรณะกิจเจริญ, 2553)

ในส่วนของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่มีปกติลักษณะกับตรงกับเสมหะหรือธาตุน้ำ ทั้ง 6 ลักษณะ ได้แก่ การมีกลิ่นตัวบ้าง, การขับถ่ายอุจจาระสม่ำเสมอ, ลักษณะอุจจาระของอุจจาระที่เป็นก้อนดี, พื้นลักษณะพื้นที่มี ขนาดปานกลาง ขาว เรียบ และแข็งแรง, มีข้อต่อที่แน่น แข็งแรง และมีลักษณะการพูดอ่อนหวาน ชัดเจน พูดช้า และมีเสียงกังวาน ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเป็นโรคความดันโลหิตสูงเลย ดังนั้น ปกติ ลักษณะทั้ง 6 ลักษณะของผู้ป่วยไม่มีผลกับ โรคความดันโลหิตสูงที่ผู้ป่วยกำลังเป็นอยู่

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุเจ้าเรือนกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงไม่มีความสัมพันธ์ธาตุกำเนิด แต่มีแนวโน้มว่าผู้ที่เป้นความดันโลหิตสูงจะมีธาตุกำเนิดเป็นธาตุไฟ แต่ มีความสัมพันธ์กับธาตุปกติลักษณะ เนื่องจากธาตุปกติลักษณะมีผลมาจากพฤติกรรมของผู้ป่วยเอง ธาตุปกติ ลักษณะของแต่ละคนจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการปฏิบัติตัวของผู้ป่วยนั่นเอง ดังนั้น ในการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จะต้องพิจารณาเรื่องธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะและพฤติกรรมเป็นสำคัญ จึงจะสามารถให้ดูแลการรักษาและให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีประสิทธิภาพ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ในการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงนั้น แพทย์แผนไทยต้องพิจารณาธาตุเจ้าเรือนกำเนิดและธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะ รวมถึงพฤติกรรมของผู้ป่วยเป็นสำคัญ เนื่องจากธาตุเจ้าเรือนปกติลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ตามพฤติกรรม เพื่อให้คำแนะนำและรักษาผู้ป่วยได้ถูกต้องและเหมาะสม

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรรูปแบบวิธีการศึกษานี้ใช้ศึกษาเกี่ยวกับโรคกับโรคเรื้อรังอื่นๆ เช่น โรคเบาหวาน เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ในสถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผศ.ดร.จุฬาลักษณ์ โกมลตรี หน่วยระบาดวิทยาคลินิก สถานส่งเสริมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่ให้คำปรึกษาทางสถิติ และขอบคุณผู้เข้าร่วมโครงการทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการดำเนินงานโครงการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

ขุนนิเทศสุขกิจ [นิเทศ (อมรัตน์) พุ่มชูศรี]. 2516. **อายุรเวทศึกษา (วิชาแพทย์แผนโบราณ)**. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พร้อมจักรการพิมพ์.

มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ และ โรงเรียนอายุรเวทราชรัง สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. 2550. **ตำราการแพทย์แผนไทยเดิม (แพทยศาสตร์สังเคราะห์ฉบับอนุรักษ์)** เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: สุภาวนิชการพิมพ์.

มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ อายุรเวทวิทยาลัย (ชีวโกมารภัจจ์). 2544. **ตำราการแพทย์ไทยเดิม (แพทยศาสตร์สังเคราะห์) ฉบับพัฒนา ตอนที่ 2**. กรุงเทพมหานคร. สามเจริญพาณิชย์.

พีระ บุรณะกิจเจริญ. 2553. **โรคความดันโลหิตสูงปฐมภูมิ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน.

โรงเรียนแพทย์แผนโบราณวัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2504. **คัมภีร์วรัญโยคสาร ใน แพทย์ศาสตร์สังเคราะห์ เล่ม 2**. กรุงเทพมหานคร : สุพจน์การพิมพ์.

โรงเรียนอายุรเวทราชรัง สถานการแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

มหาวิทยาลัยมหิดล. 2552. **การแพทย์แผนไทยในคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล**. กรุงเทพมหานคร: สุภาวนิชการพิมพ์.

สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย. 2559. “แนวทางการรักษาโรคความดันโลหิตสูงในเวชปฏิบัติทั่วไป

พ.ศ. 2555”. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2559 จาก http://www.thaihypertension.org/-hypertension_update.php

สุรเกียรติ์ อาชานานุภาพ. 2543. **ตำราตรวจโรคทั่วไป**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน.

**การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง
กรณีศึกษา ผู้ผลิต และ กระจายสินค้าอุปโภคบริโภค**

**AN APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR
VEHICLE ROUTING PROBLEMS CASE STUDY: CONSUMER PRODUCT
MANUFACTURERS DISTRIBUT**

คำนวณจิต ราชรองเมือง

Email: kumnuanjud@sahapat.co.th

ดร.พีรรัชต์ อธิรัตนโชค

วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน

Email: peeratarat@gmail.com

บทคัดย่อ

เนื่องมาจากการกระจายสินค้าจากคลังสินค้าไปยังร้านค้าปลีกต่างๆในแต่ละพื้นที่ซึ่งมีร้านค้าปลีกจำนวนมากและมีระยะทางห่างไกลกันส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการเดินรถที่สูงการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ จัดกลุ่มร้านค้าและเส้นทางเดินรถของการจำหน่ายสินค้าให้กับพนักงานขายหน่วยรถ (Van Sales) โดยกำหนดเส้นทางให้มีความเหมาะสมและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางให้มากที่สุด โดยการใช้โปรแกรม “การจัดการเส้นทางเดินรถในการกระจายสินค้า” ที่ใช้ระบบสนับสนุนจากฐานข้อมูลของ Google Maps ในการคำนวณระยะทาง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ร้านค้าปลีกจำนวน 500 ร้าน ผลที่ได้คือ เส้นทางและระยะทางบนถนนจริงระหว่างร้านค้าปลีกแต่ละร้าน เพื่อให้แนะนำและ นำทางพนักงานขายหน่วยรถเดินทางไปยังร้านค้านั้นๆ

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง, ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ,แผนที่ภูมิศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์, บริการจาก Google Maps

ABSTRACT

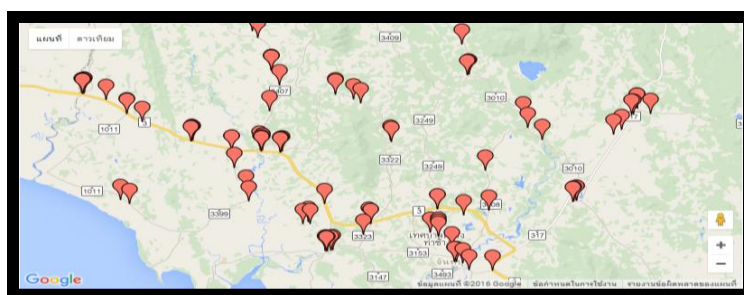
In product distribution process from warehouse to retail stores of each area it difficult to manage the travelling route because of each area has many retail stores and long distance between both retail stores effective to high cost of travelling expense. The purposes of this research was to retail stores combination and travelling route of van sales to reduce the distance, travelling time and travelling expense by program “Logistics travelling route management by Google maps”. The Logistics travelling route management by Google maps program supported by Google maps database in distance calculation. The samples consisted of

500 retail stores. The result of calculation was the actual distance of each retail store that can be used in route decision by van sales

KEYWORDS: Vehicle Routing Problems, GPS (Global Positioning System), Google Maps, Google Maps API

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผู้ผลิตสินค้าอุปโภค บริโภค ต้องการจำหน่ายสินค้าผ่านระบบหน่วยรถไปยังร้านค้าปลีก เพราะเป็นกระจ่ายสินค้าลงสู่ระบบขายย่อยที่สุด ก่อนถึงมือผู้บริโภค โดยทางผู้ผลิตสินค้าจะทำการส่งสินค้าจากโรงงานผลิตไปเก็บไว้ยังคลังสินค้าย่อยของแต่ละจังหวัด ที่เปรียบเสมือน Hub โดยจำนวนที่ส่งไป จะขึ้นอยู่กับ การตั้งเป้าหมาย กำลังความต้องการของ ขั้นตอนการกระจายสินค้าจากคลังไปสู่ร้านค้าปลีกทำโดยพนักงาน หน่วยรถ(Van Sales) จะทำการเบิกสินค้าต่างๆขึ้นรถหน่วย ซึ่งอาจจะเป็น รถปิกอัพ หรือ รถหกล้อ แล้วทำการ ตระเวนไปยังร้านค้าย่อยตามชุมชนต่างๆ เข้าไปเสนอขาย ในรายการโปรโมชั่น ต่างๆที่บริษัทกำหนดมาให้ เมื่อ ร้านค้าสนใจซื้อสินค้า ก็จะทำการเปิดบิลขายให้กับลูกค้า โดยในแต่ละพื้นที่จะมีจำนวนลูกค้าอยู่จำนวนมาก ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องจัดกลุ่มลูกค้า และเส้นทางออกไปพบลูกค้า ให้มีความเหมาะสม และประหยัดค่าใช้จ่ายได้ การเดินทางให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มผลกำไรให้ได้มากที่สุดแก่บริษัท



ภาพประกอบที่ 1 ร้านค้าปลีกในแต่ละจังหวัด

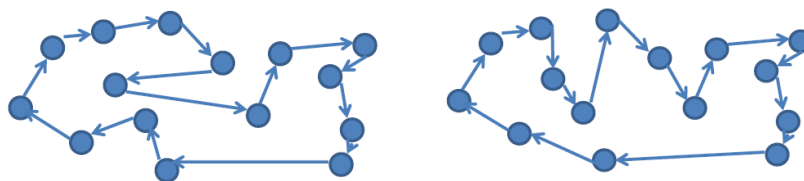
2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าและคำนวณระยะทางในการขนส่งสินค้าบนระบบแผนที่ Google maps
2. เพื่อกำหนดเส้นทางเดินรถ ที่มีระยะทางที่สั้นที่สุด

3. ทฤษฎีและกรอบแนวคิด

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (traveling salesman problem:TSP) เป็นที่รู้จักกันในนามของปัญหา ทีโอสพี (TSP) เป็นหนึ่งในปัญหาที่เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน ในการพัฒนาวิธีการในการหาตอบให้ดีและเร็ว โดยปัญหา TSP นี้เป็นปัญหาที่ทำการตัดสินใจหาเส้นทาง การเดินทางเมื่อมีเมืองหรือสถานที่ที่ต้องเดินทางไปจำนวน N เมืองหรือ N สถานที่ การเดินทางจะเดินทางจากเมืองใด

เมืองหนึ่งในจำนวน N เมือง โดยเส้นทางการเดินทางนั้นๆ จะต้องเดินทางผ่านเมืองทุกเมืองใน N และกลับมาที่เมืองที่ทำการเริ่มต้นในการเดินเหมือนการเดินทางวนรอบ เช่นพนักงานขายเดินทางไปขายสินค้าให้กับลูกค้าจำนวน 10 รายได้แก่เมือง 1 ถึงเมือง 10 โดยเมืองที่ 4 เป็นที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าของพนักงานขายรายนี้พนักงานขายรายนี้จะเดินทางเริ่มต้นจากเมืองที่ 4 แล้วเดินไปตามเส้นทางดังนี้ 4-1-10-2-9-3-8-7-5-6-4 ซึ่งเป็นการเดินทางจากเมืองที่ 4 ต่อด้วยการเดินทางไปเมืองที่ 1 และ 10 ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งลูกค้าทุกรายในจำนวน 10 รายได้รับการเยี่ยมชมจากพนักงานขายแล้วพนักงานขายก็ย้อนกลับมาที่เมืองที่ 4 เช่นเดิม โดยปัญหา TSP นี้แยกย่อยออกเป็นปัญหาต่างๆ อีกมากมาย โดยผู้อ่านสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ที่ Applegate et al. (2006)



ภาพประกอบที่ 2 ของเส้นทางการเดินทางของปัญหา TSP ที่มีจำนวนจุด 15 จุด แบบที่ 1 และ แบบที่ 2

แสดงความแตกต่างของเส้นทางการเดิน 2 แบบในปัญหา TSP ซึ่งทั้งสองแบบมีเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันซึ่งจะทำให้เกิดต้นทุนในการเดินทางแตกต่างกันเนื่องจากใช้ระยะเวลาหรือเส้นทางที่แตกต่างกันไปตามลักษณะหรือเส้นทางระหว่างเมือง

Nearest Heuristic เป็นการจัดเส้นทางแบบง่าย โดยใช้หลักการเดินทางจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด ซึ่งการเดินทางไปยังจุดต่อไปจะพิจารณาข้อกำหนดต่างๆ คือ ความจุของยานพาหนะ และ เวลาทั้งหมดที่ใช้เดินทาง สูตรของ Nearest Heuristic มีดังนี้

$$C_{ij} = C_{ip} + C_{pj}$$

C_{ij} = ค่าระยะทางจาก โหนด i ไปโหนด j

C_{ip} = ค่าระยะทางจาก โหนด i ไปโหนดใดๆใน p

C_{pj} = ค่าระยะทางจาก โหนด i ไปโหนดใดๆใน p ไปยังโหนด j

วิธีการหาจุดที่ใกล้เคียงที่สุด เป็นการแบ่งกลุ่มหาเส้นทางที่ใช้หลักการพยายามวิ่งไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด มีขั้นตอนการเลือก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการ โดยเริ่มมีเวลาเดินทางเท่ากับศูนย์ ทุกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 เลือกจุดใกล้ กับจุดปลายทาง

ขั้นตอนที่ 4 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 ทดตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 4 จนกระทั่งเลือกครบทุกจุด เลือกเส้นทางที่มีค่าต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 6 รวมระยะการเดินทางเป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นทางนั้น

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกันให้ทำการหาเส้นทางใหม่

4. ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบ การออกแบบ โครงข่ายการกระจายสินค้า กรณีศึกษา ระบบหน่วยรถ ของบริษัทสหพัฒนพิบูลย์ จำกัด(มหาชน)

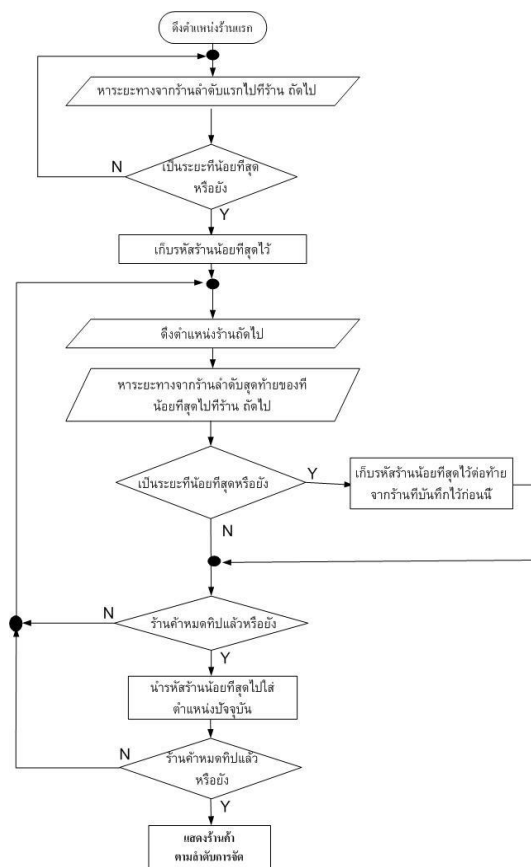
2. สร้างระบบคำนวณหาระยะทาง ระหว่างร้านค้า และ เปรียบเทียบระยะทาง ระหว่างร้านค้า แล้วหา ระยะทางที่ต่ำที่สุดในการเดินทางไปในแต่ละร้านค้า มาจัดเรียงเป็นเส้นทางเดินรถประจำวัน ที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุด

5. ระเบียบวิธีวิจัย

โดยในงานวิจัยนี้จะมีการมาวิเคราะห์ลำดับ ของการเดินรถเข้าไปในแต่ละร้านค้า เพื่อให้ได้ระยะทางที่ต่ำที่สุด โดยมีการแบ่งกลุ่มของร้านค้าออกตามพื้นที่ขอบเขตการขาย และนำร้านค้าที่อยู่ในขอบเขตนั้นๆเข้าไปทำการจัดลำดับในการเดินรถ ออกไปจัดจำหน่ายสินค้าให้กับร้านนั้นๆต่อไป

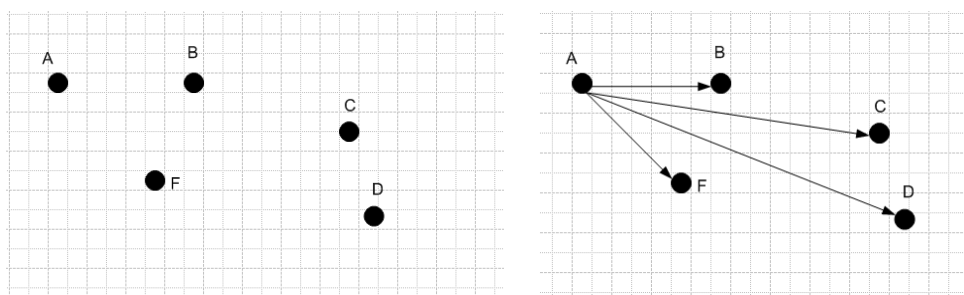
ตารางที่ 1 แสดงระยะทางระหว่างร้านค้า

	บริษัท	ลูกค้า 1	ลูกค้า 2	ลูกค้า 3	ลูกค้า 4	ลูกค้า 5	ลูกค้า 6
ลูกค้า 1	19	-					
ลูกค้า 2	57	51	-				
ลูกค้า 3	51	10	49	-			
ลูกค้า 4	49	53	18	50	-		
ลูกค้า 5	4	25	30	11	68	-	
ลูกค้า 6	12	80	6	91	62	48	-
ลูกค้า 7	92	53	47	38	9	94	9



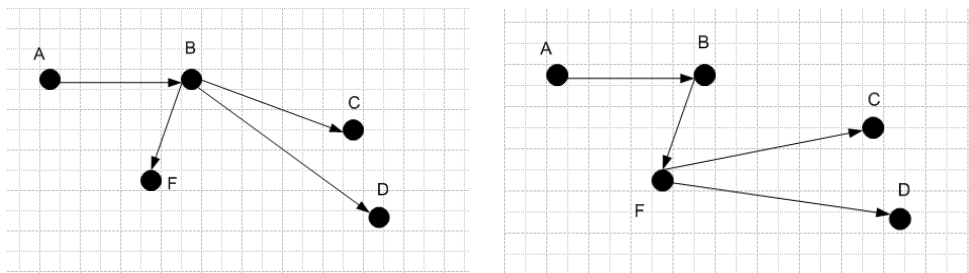
ภาพประกอบที่ 3 Flowchart การทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

เมื่อเราได้ระยะทางกลับมาแล้ว ก็เอาไปประมวลผลในการเปรียบเทียบระหว่างการเดินทางไปในแต่ละจุด ว่าจุดใด ให้ระยะทางในการเดินทางที่สั้นที่สุด เพื่อเลือกเส้นทางไปยังจุดนั้น แล้วจากจุดนั้น ก็ทำการหาจุดเดินทางไปยังจุดต่อไป จนกระทั่งครบทุกจุด จากกระบวนการคิดข้างต้นสามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพประกอบที่ 4 แสดงจุดที่ตั้งของร้านค้าทุกร้าน และการหาหาระยะทางจากร้าน A ไปยังร้านอื่นๆ

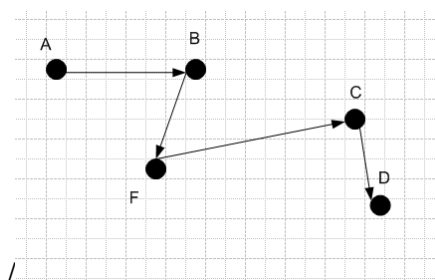
กำหนดร้าน A เป็นร้านจุดเริ่มต้น แล้วหาระยะทางจากร้าน A ไปยังร้านอื่นๆ แล้วดูว่าร้านใด มีระยะทางน้อยที่สุด ให้เลือกเส้นทางไปร้านนั้น ในที่นี้ได้ร้านค้าที่มีระยะทางต่ำที่สุดคือ ร้าน B



ภาพประกอบที่ 5 หาระยะทางจากร้าน B ไปยังร้านอื่นๆ และ ระยะทางจากร้าน F ไปยังร้านอื่นๆ

กำหนดร้าน B เป็นร้านจุดเริ่มต้น แล้วหาระยะทางจากร้าน B ไปยังร้านอื่นๆ โดยที่ยกเว้นร้านค้าที่ผ่านมาแล้ว (ในที่นี้คือร้านค้า A) แล้วดูว่าร้านใด มีระยะทางน้อยที่สุด ให้เลือกเดินทางไปร้านนั้นต่อไป ในที่นี้ได้เป็นร้าน F

กำหนดร้าน F เป็นร้านจุดเริ่มต้น แล้วหาระยะทางจากร้าน F ไปยังร้านอื่นๆ โดยที่ยกเว้นร้านค้าที่ผ่านมาแล้ว (ในที่นี้คือร้านค้า A และ B) แล้วดูว่าร้านใด มีระยะทางน้อยที่สุด ให้เลือกเดินทางไปร้านนั้นต่อไป ในที่นี้ได้เป็นร้าน C



ภาพประกอบที่ 6 ระยะทางจากร้าน C ไปยังร้านอื่นๆ

กำหนดร้าน C เป็นร้านจุดเริ่มต้น แล้วหาระยะทางไปร้าน D ซึ่งเป็นร้านลำดับสุดท้ายที่เหลืออยู่ ดังนั้นสรุปเส้นทางการวิ่งรถ ระยะทางที่สั้นที่สุดคือ $A \gg B \gg F \gg C \gg D$

จากนั้นทำการรวมระยะทางจากแต่ละจุดเข้าด้วยกัน ก็จะได้เป็นระยะทางรวมในการวิ่งขายสินค้าวันนี้ แล้ว ทำการส่งค่าข้อมูลร้านค้า ลำดับ และ ตำแหน่ง ที่เรากำหนดได้มานั้น ไปแสดงบนแผนที่ Google Maps เป็นเส้นทางเดินรถที่มีระยะทางสั้นที่สุดได้



ภาพประกอบที่ 7 ระบบการทำงานโดยรวมโปรแกรม

ส่วนประกอบแรกที่ได้ทำการสร้างขึ้นคือ ส่วนของการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนระบบแผนที่ Google maps โดยสร้างฟังก์ชัน สำหรับรับค่า ตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด ของต้นทาง และปลายทาง แล้วส่งไปยัง Google maps API (<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/directions#DirectionsRequests>)

โดยมีการกำหนดโหมดการคำนวณเส้นทางเข้าไปเป็น driving ซึ่งหมายถึงการเดินทางด้วยรถยนต์ เมื่อส่งตำแหน่งต้นทางและ ปลายทางไปยัง Google maps API ทาง Google maps API จะคำนวณระยะทางตามเส้นทางบนถนนจริงกลับมาให้

6.การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยหลังจากการออกแบบตัวโปรแกรม และจัดสร้างสมบูรณ์แล้ว ได้นำโปรแกรมมาทำการทดสอบจัดเส้นทางเดินรถ โดยดึงเอากลุ่มของลูกค้า มาทำการจัดเส้นทางลูกค้าดับ และ ระยะทางในการเดินรถ

ลำดับที่	เปลี่ยนลำดับ	รหัสร้านค้า	ชื่อร้านค้า	ละติจูด	ลองจิจูด
1	1 ▼	31187990	เจ๊ อ้วน ร้านคอกไก่	12.611671565013092	102.10528110734026
2	1 ▼	31188085	เจ๊ เปี้ยว	12.9276959	102.4913139
3	1 ▼	31188097	ร้านแหลม ถิ่นมากรท์	13.083515084781329	102.445370071164
4	1 ▼	31188102	ร้าน เจ๊ หลิ้น (ปิ่นมากร)	13.074092351633421	102.44161866184095
5	1 ▼	31191197	BN mart	12.9276959	102.4913139
6	1 ▼	31193511	ร้าน เจ๊ กุ้ง	12.9276915	102.4912964
7	1 ▼	31193573	เจ๊ ชิม	12.9276915	102.4912964
8	1 ▼	31194113	ร้าน ป้าตุ๊ก (ตลาดสดศรี)	13.182252424870331	102.28841225631413

ภาพประกอบที่ 8 ชื่อร้าน และ ตำแหน่ง GPS ของร้านค้า

ร้านค้าปัจจุบัน	ร้านค้าต่อไป	ระยะทาง (Km)
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	เจ้าเขื่อง	70.043 Km
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	34.936 Km
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	73.770 Km
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	อินทสม	70.043 Km
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	ร้าน เจ้าเหี้ยน	70.043 Km
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	เจ้าเหี้ยน	70.043 Km
เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	78.950 Km
ระยะทางที่สุด : 70.043 Km		
เจ้าเขื่อง	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	22.563 Km
เจ้าเขื่อง	ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	21.397 Km
เจ้าเขื่อง	อินทสม	0.000 Km
เจ้าเขื่อง	ร้าน เจ้าเหี้ยน	0.000 Km
เจ้าเขื่อง	เจ้าเหี้ยน	0.000 Km
เจ้าเขื่อง	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	45.599 Km
ระยะทางที่สุด : 0.000 Km		
อินทสม	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	22.563 Km
อินทสม	ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	21.397 Km
อินทสม	ร้าน เจ้าเหี้ยน	0.000 Km
อินทสม	เจ้าเหี้ยน	0.000 Km
อินทสม	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	45.599 Km
ระยะทางที่สุด : 0.000 Km		
ร้าน เจ้าเหี้ยน	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	22.563 Km
ร้าน เจ้าเหี้ยน	ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	21.397 Km
ร้าน เจ้าเหี้ยน	เจ้าเหี้ยน	0.000 Km
ร้าน เจ้าเหี้ยน	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	45.599 Km
ระยะทางที่สุด : 0.000 Km		
เจ้าเหี้ยน	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	22.563 Km
เจ้าเหี้ยน	ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	21.397 Km
เจ้าเหี้ยน	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	45.599 Km
ระยะทางที่สุด : 21.397 Km		
ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	1.166 Km
ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	29.847 Km
ระยะทางที่สุด : 1.166 Km		
บ้านหมอม ธิมมาร์ท	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	31.012 Km
ระยะทางที่สุด : 31.012 Km		
ระยะทางรวม : 123.618 Km		

ภาพประกอบที่ 9 การจัดลำดับการเดินทางไปยังร้านค้า

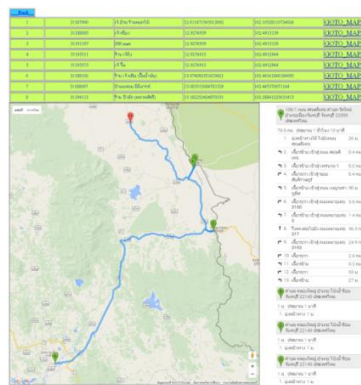
ลำดับร้านค้า	รหัสร้านค้า	ชื่อร้านค้า	ละติจูด	ลองจิจูด
1	31187990	เจ้าบ้าน ร้านคอกไก่	12.611671565013092	102.10528110734026
2	31188085	เจ้าเขื่อง	12.9276959	102.4913139
3	31191197	อินทสม	12.9276959	102.4913139
4	31193511	ร้าน เจ้าเหี้ยน	12.9276915	102.4912964
5	31193573	เจ้าเหี้ยน	12.9276915	102.4912964
6	31188102	ร้าน เจ้าเหี้ยน (ปิ่นม้าน)	13.074092351633421	102.44161866184095
7	31188097	บ้านหมอม ธิมมาร์ท	13.083515084781329	102.445370071164
8	31194113	ร้าน ปาตัก (กลางสี่สี)	13.182252424870331	102.28841225631413

[แสดงแผนที่ระยะจัด](#)

[แสดงแผนที่ระยะจริง](#)

ภาพประกอบที่ 10 สรุปผลลำดับร้านค้าที่จะต้องเดินทางไป

หลังจากทำการจัดเส้นทางได้ลำดับของร้านค้า และระยะทางระหว่างร้าน สามารถนำมาแสดงบนแผนที่ได้ โดยมีการแสดงรูปแบบของแผนที่ ในระบบขจัด กรณีที่มีจำนวนร้านค้ามากกว่า 10 ร้านค้า เพราะเป็นข้อจำกัดของทาง Google mps) แต่ถ้าจำนวนร้านค้าไม่เกิน 10 ร้านค้าสามารถแสดงค่าแผนที่ได้อย่างละเอียด และเป็นระยะทางบนถนนจริงได้เลย



ภาพประกอบที่ 11 แสดงเส้นทางระหว่างร้านค้าบนถนนจริง

จะเห็นได้ว่าหลังการจัดเส้นทางเดินรถเสร็จสิ้นแล้ว ก็จะได้ผลออกมาหลายอย่างอยู่ด้วยกันประกอบไปด้วย

1. ลำดับร้านค้าในเส้นทางเดินรถวันนั้นๆ
2. ทราบระยะทางระหว่างร้านค้า จะได้ช่วยวางแผนในการเดินทางไปยังร้านค้าได้
3. ทราบระยะทางรวมของวันนี้ ทำให้สามารถดูความต้องการของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะต้องเติมไป

ล่วงหน้าได้ เนื่องจากการเข้าไปในบางพื้นที่ มีจำนวนปั้มน้ำมันน้อย หรืออาจจะไม่มีเลย

การคำนวณระยะทาง ระหว่างร้านค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลแนวทางในการตัดสินใจของผู้วางแผนการเดินทาง พนักงานขาย หรือ ตัวพนักงานขับรถ และแสดงลำดับของร้านค้า ระยะทางของแต่ละร้านค้า เพื่อให้พนักงานขาย หรือ คนขับรถ คำนวณระยะเวลาในการเดินทางจริงๆ แล้วมาตัดสินใจในการเดินรถอีกครั้ง โดยในส่วนของการวัดระยะทาง โดยใช้ Google Maps API อาจ会有ความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากข้อมูลที่ทาง Google เก็บไว้เป็นข้อมูลที่ไม่ใช่ปัจจุบัน เช่น กรณีการ ตัดสร้างเส้นทางใหม่ หรือ ปิดเส้นทางจราจรขนส่ง ทำให้การคำนวณเส้นทางที่ได้ กับการไปเดินรถจริง ระยะทางที่ได้อาจจะไม่เท่ากัน

ส่วนของการใช้งานของ Google Maps API นี้ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น ปริมาณการใช้งานต่อวันได้ไม่เกิน 2500 รายการ ซึ่งส่วนนี้ที่ใช้ใช้คือ ส่วนของการส่งค่า ตำแหน่ง ต้นทาง และ ปลายทาง ไปคำนวณหาค่าระยะทางออกมานั่นเอง ถ้าเราส่งไปจำนวนมากกว่า 2500 ครั้งต่อวัน ที่ Google ก็จะไม่ส่งค่าระยะทางกลับมาให้เรา ทำให้เราต้องรอส่งข้อมูลสุดต่อไปในวันถัดไป หรือถ้าจะใช้ในทาง ธุรกิจอาจจะต้องลงทุน ชื้อ 0.50 USD ต่อจำนวน 1000 รายการที่ส่งไป แต่ในการใช้งานจริงแล้วแค่การคำนวณจัดเส้นทาง จำนวน 10 ร้านค้า จะต้องส่งข้อมูลไปถึง 50 ชุด ซึ่งถือว่ามาก ถ้าจำนวนร้านค้ามีมากกว่านี้คงมีต้นทุนที่สูงขึ้นมากพอสมควร

ทั้งนี้ระบบที่สร้างขึ้นนี้ จะมีประโยชน์มาก ในกรณีที่ ใช้พนักงานขับรถ หรือ พนักงานขาย ที่เป็นพนักงานใหม่ ซึ่งไม่ทราบตำแหน่งที่ตั้ง และ เส้นทางในการเดินทางไปพบ กับลูกค้ารายนั้นๆ ระบบจะมีการนำทางไปยังร้านค้าเป้าหมายได้ สามารถมองเห็นบริเวณที่ตั้งร้านค้า ก่อนไปถึงสถานที่จริงได้ ทำให้ระยะเวลาในการหาร้านค้า ลดลงมาก

7. ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป การการวัดระยะทางแล้วเอาไปเปรียบเทียบบหาค่าน้อยที่สุด ควรมีระบบการถ่วงน้ำหนัก เพื่อหาต้นทุนค่าขนส่งที่แท้จริงออกมาให้ได้ เช่น ค่าน้ำมัน ค่ายาง ค่าเสื่อมรถ มาเกี่ยวข้องด้วย โดยอาจจะคิดอยู่ในรูป โมดูลการถ่วงน้ำหนัก

1. ถ่วงน้ำหนักหนักเชิงบวก คือคิดปริมาตรการจำหน่ายสินค้าให้กับร้านค้านั้นๆ มาคูณกับระยะทางเป็นน้ำ มาเป็นตัวตัดสินใจ และ การออกแบบส่วนการจัดเรียงชั้นของออกจำหน่าย เพื่อให้เกิดความสะดวกในการจัดส่งสินค้าด้วย โดยใช้กระบวนการ Last-in-First-Out

2. ถ่วงน้ำหนักหนักเชิงลบ คิดปริมาตรการจำหน่ายสินค้าให้กับร้านค้านั้นๆ มาลบออกจากจำนวนสินค้าที่นำขึ้นมานรจากคลัง มาคูณกับระยะทางเป็นน้ำ

$$X = (Y - Z) * \text{ระยะทาง}$$

X: ตัวค่าระยะทางที่จะเอาไปคำนวณ

Y: จำนวนน้ำหนักสินค้าต้นทาง

Z: จำนวนน้ำหนักสินค้าที่จะขายลง ณ ร้านค้าต่อไป

8. บรรณานุกรม

ชาญชัย สุภอรรถกร. กันยายน 2555. PHP + MySql .

Federico Greco. 2008. "Travelling Salesman Problem."

France Cheong, Christopher Cheong, and Ferry Jie. 2012." Re-purposing Google Maps Visualisation for Teaching Logistics Systems"

Kristin Horn Sellstrom. 2010. "Google Maps API 3. APRESS."

**การพัฒนาบริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์:
กรณีศึกษาร้านอู๊ดดีเพ็ทช็อป**

**THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE-AS-A-SERVICE FOR PET FOOD
SHOP MANAGEMENT: THE CASE STUDY OF AUDDY PET SHOP**

นภสร อยู่เจริญ

นักศึกษานิเทศศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: yucharearn@hotmail.com

ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: thepparit.ba@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์ในรูปแบบของบริการซอฟต์แวร์คลาวด์โดยใช้ภาษาวิซวลเบสิกคอตเน็ตทำงานร่วมกับฐานข้อมูลไมโครซอฟท์ เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ บริการคลาวด์รองรับการจัดการข้อมูลพื้นฐาน การขายสินค้า การจองสินค้า คลังสินค้า และการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง ความสามารถเหล่านี้สามารถช่วยลดปัญหาด้านการจัดการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ กำจัดข้อผิดพลาดต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า และเพิ่มความถูกต้องจากการรับบริการ การประเมินผลของบริการคลาวด์ที่เสนอโดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบประเมินความพึงพอใจพบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: บริการซอฟต์แวร์คลาวด์, การจัดการร้านขายอาหารสัตว์

ABSTRACT

This paper presents the development of pet food shop management system in the form of cloud software as a service using Visual Basic dot Net and Microsoft SQL Server database that can be accessed through web browsers. The cloud service supports basic management function, merchandising, reservation, warehouse, and historical data checking. These functions can reduce management problems, increase the efficiency of management, eliminate any errors that affect customer satisfaction, and improve the accuracy of the service. The

evaluation of the proposed cloud service was by having sample respondents rated their satisfaction was found that the satisfaction was at the level of good.

KEYWORDS: Software-as-a-Service, Pet food shop management

1. บทนำ

ในปัจจุบันการค้าบริการเกี่ยวกับร้านขายอาหารสัตว์เลี้ยงมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันที่สูงขึ้นในด้านการให้บริการแก่ลูกค้า ระบบการขายสินค้า การจัดการสินค้าคงคลัง และการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลของทางร้านยังใช้วิธีการทำด้วยมือ เป็นต้น สิ่งต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดการ เป็นผลให้เกิดความเสียหายทางธุรกิจ เกิดความล่าช้า หรือข้อผิดพลาดต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า เพราะเนื่องจากลูกค้าต้องการความรวดเร็ว และความถูกต้องจากการรับบริการ

เพื่อให้การจัดการร้านขายอาหารสัตว์เลี้ยงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาจัดการงานในด้านต่างๆ ของร้าน ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในร้าน สืบเนื่องมาจากการดำเนินงานที่ยังเป็นระบบทำด้วยมือ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนี้ เกิดความล่าช้าในการจัดเก็บ และการค้นหาข้อมูล เกิดความผิดพลาดในการดำเนินงาน ข้อมูลที่รับเข้ามีการซ้ำกันมากทำให้เกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ หรือข้อมูลอาจสูญหายได้ เกิดความล่าช้าในการออกใบเสร็จ และไม่มีการตัดยอดสินค้าคงเหลือทุกครั้งหลังจากที่มีการขายสินค้า

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้นำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการกับข้อมูลเพื่อให้ระบบมีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเป็นบริการคลาวด์ เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถเข้าถึงได้ง่าย จัดการงานต่างๆ ได้สะดวก และสามารถรองรับการขยายกิจการของสาขาได้

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อพัฒนาบริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์เลี้ยงที่ดีเพื่อที่ข้อป สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในธุรกิจได้

3. แนวคิด ทฤษฎี และระบบงานที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณแบบคลาวด์ (Cloud Computing) คือ บริการที่ครอบคลุมถึงการให้ใช้กำลังประมวลผล หน่วยจัดเก็บข้อมูล และระบบออนไลน์ต่างๆ จากผู้ให้บริการ เพื่อลดความยุ่งยากในการติดตั้ง ดูแลระบบ ช่วยประหยัดเวลา และลดต้นทุนในการสร้างระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่ายเอง ประกอบด้วย 5 คุณสมบัติสำคัญ ได้แก่ บริการด้วยตัวเองเมื่อต้องการ (On-demand self-service) เข้าถึงทรัพยากร คอมพิวเตอร์ได้ในวงกว้างผ่านเครือข่าย (Broad network access) ทรัพยากรถูกรวบรวมจากที่ต่างๆ (Resource pooling) มีความยืดหยุ่นและปรับตัวได้รวดเร็ว (Rapid elasticity) และการบริการที่วัดปริมาณการใช้งานได้ (Measured service) มีตัวแบบการให้บริการคลาวด์ 3 ตัวแบบ คือ บริการซอฟต์แวร์คลาวด์ (Software-as-a-Service: SaaS) เป็นการให้บริการซอฟต์แวร์ที่มีความยืดหยุ่นต่อการเข้าถึงการใช้งานได้หลากหลาย โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานเอง บริการแพลตฟอร์มคลาวด์ (Platform-as-a-Service: PaaS) เป็นการให้บริการแพลตฟอร์มและเครื่องมือ

เพื่อใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน และบริการ โครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ (Infrastructure-as-a-Service: IaaS) เป็นการให้บริการทรัพยากรคอมพิวเตอร์พื้นฐาน (IT24Hrs, 2015)

ระบบจัดการฐานข้อมูล หมายถึง กลุ่มโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ชนิดหนึ่ง ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บริหารฐานข้อมูลโดยตรง ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงสร้างฐานข้อมูล พูดย่าง ๆ ก็คือ DBMS นี่เป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้ และ โปรแกรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัระบบฐานข้อมูล ตัวอย่างของ DBMS ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Microsoft Access, FoxPro, SQL Server, Oracle, Informix, DB2 เป็นต้น (careerbless, 2015)

ในการพัฒนาฐานข้อมูลมีกระบวนการสำคัญคือ การทำให้เป็นบรรทัดฐาน (normalization) ซึ่งเป็นวิธีการในการกำหนดแอตทริบิวต์ให้กับแต่ละเอนทิตี เพื่อให้ได้โครงสร้างของตารางที่ดี สามารถควบคุมความซ้ำซ้อนของข้อมูลหลักเลี่ยงความผิดปกติของข้อมูลโดยทั่วไปผลลัพธ์ของการนอร์มัลไลเซชัน จะได้ตารางที่มีโครงสร้างซับซ้อนน้อยลง แต่จำนวนของตารางจะมากขึ้น การทำให้เป็นบรรทัดฐาน จะประกอบด้วยรูปแบบบรรทัดฐาน (Normal Form) แบบต่างๆที่มีเงื่อนไขของการทำให้อยู่ในรูปของรูปแบบบรรทัดฐานที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบฐานข้อมูลว่า ต้องการลดความซ้ำซ้อนในฐานข้อมูลให้อยู่ในระดับใด ถึงแม้ว่าการนอร์มัลไลเซชัน จะเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่สุดสำหรับการออกแบบฐานข้อมูล แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าต้องทำการนอร์มัลไลเซชันจนถึงระดับรูปแบบบรรทัดฐานที่ 5 โดยทั่วไปการแสดงผลข้อมูลจากตารางที่อยู่ในรูปแบบบรรทัดฐานที่ 5 จะมีการเชื่อมต่อตารางเป็นจำนวนมาก ทำให้การแสดงผลและการโต้ตอบระหว่างระบบฐานข้อมูลกับผู้ใช้กระทำได้ช้า การออกแบบฐานข้อมูลที่ดียิ่งต้องพิจารณาถึงความต้องการของผู้ใช้และต้องสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว เพราะฉะนั้นในบางกรณีจึงมีการลดระดับการนอร์มัลไลเซชันในบางส่วนของ การออกแบบฐานข้อมูล เพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองได้ตามความต้องการของผู้ใช้ การลดระดับการทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Denormalization) เป็นวิธีการลดระดับของรูปแบบบรรทัดฐานลงมา เช่น การแปลงจาก 3NF มาเป็น 2NF อย่างไรก็ตาม สิ่งที่จะได้รับเพิ่มขึ้นมาจากการลดระดับการนอร์มัลไลเซชัน นอกจากความเร็วที่ดีขึ้นแล้ว ความซ้ำซ้อนของข้อมูลก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาอย่างระมัดระวัง (ชาคริต กุลไกรศรี, 2015)

วิซวลเบสิกคอตเน็ต (Visual Basic.NET) คือ เครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมเป็นภาษาหนึ่งในกลุ่มไมโครซอฟท์วิซวลสตูดิโอ คอตเน็ต (Microsoft Visual Studio .NET) เป็นโปรแกรมที่มีสภาพแวดล้อมแบบกราฟิกสำหรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows Operating System) โดยมีรากฐานภาษามาจากภาษาเบสิก และทำงานบนคอตเน็ตเฟรมเวิร์ค (Dotnet Framework) ถูกออกแบบให้มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างแท้จริง และรองรับการออกแบบด้วยยูเอ็มแอล (UML = Unified Modeling Language) เวอร์ชันใหม่ล่าสุดสำหรับแพลตฟอร์ม .NET คือ Microsoft Visual Studio.NET มีเครื่องมือที่ช่วยการพัฒนาซอฟต์แวร์ต่างๆ เป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ ได้หลายอย่างด้วยกัน ตั้งแต่โปรแกรมธรรมดาทั่วไป โปรแกรมเกี่ยวกับฐานข้อมูล หรือโปรแกรมบนอินเทอร์เน็ต (สยามทูเดฟ, 2015)

ในส่วนของระบบงานที่เกี่ยวข้องมีคุณสมบัติที่เปรียบเทียบกับบริการคลาวด์ที่เสนอได้ดังต่อไปนี้

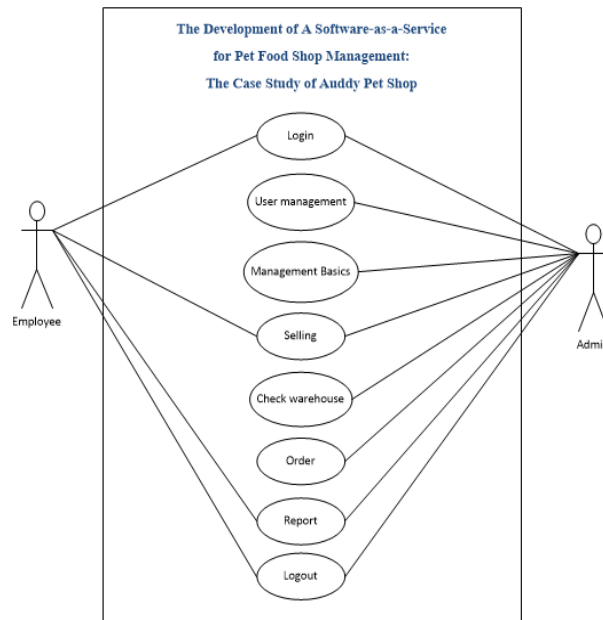
ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระบบร้านอู๊ดดีเฟ้ทช้อปปัจจุบัน โปรแกรมบริหารงานค้าปลีกสำเร็จรูป (POS) Business Plus และบริการซอฟต์แวร์คลาวด์ (ร้านอู๊ดดีเฟ้ทช้อป, บริษัท อี-บิซิเนส พลัส จำกัด, 2016)

รายการ	บริการซอฟต์แวร์คลาวด์ สำหรับการบริหารจัดการร้าน ขายอาหารสัตว์อู๊ดดีเฟ้ทช้อป	การจัดการร้านขายอาหาร สัตว์ที่ใช้ระบบ Manual	โปรแกรมบริหารงานค้าปลีก สำเร็จรูป (POS) Business Plus
วัตถุประสงค์	พัฒนาระบบนี้ขึ้นเพื่อแก้ไข ปัญหาจากระบบเดิมที่ใช้ ระบบ Manual และแก้ไข ปัญหาเรื่องสินค้าคงคลัง รวมทั้งระบบการจัดการการ ขายสินค้า	เพื่อเก็บข้อมูลการขายสินค้า และประเมินรายรับรายจ่าย	พัฒนาระบบนี้สำหรับการค้า ปลีก
เทคโนโลยีที่ ใช้พัฒนา	1. ASP.NET 2. MS SQL Server 3. เทคโนโลยี Cloud	1. MS Excel	1. Windows Application 2. My SQL
ผู้ใช้งาน ระบบ	1. เจ้าของกิจการ 2. พนักงาน	เจ้าของกิจการ	1. เจ้าของกิจการ 2. พนักงาน
ความสามารถ	ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถ รองรับฟังก์ชันการทำงานที่ จำเป็นสำหรับการบริหาร จัดการร้านได้ตรงกับความ ต้องการ และสามารถ ตรวจสอบสินค้า หรือการ บริการได้ตลอดเวลา เนื่องจาก เป็น Web Base Application โดยการนำเทคโนโลยี Cloud มาใช้	โปรแกรมสามารถบันทึก ข้อมูลการขายสินค้า	ระบบสำเร็จรูปเหล่านี้มักมี ฟังก์ชันมากเกินไปจนความจำเป็น หรือไม่สามารถ customize ให้ตรงกับความต้องการของ งานได้ครบถ้วน และอาจมี ค่าใช้จ่ายที่สูง

4. วิธีการดำเนินการศึกษา

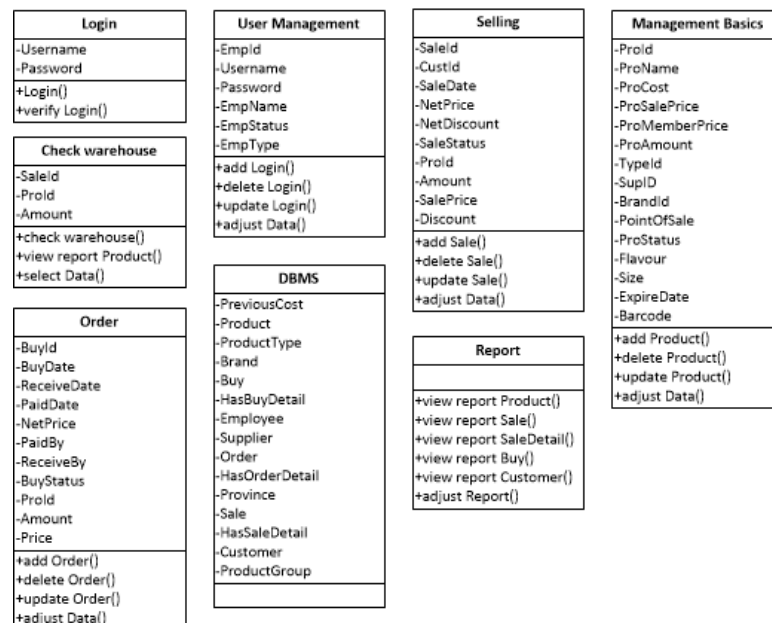
ในการดำเนินการพัฒนาบริการคลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์: กรณีศึกษา ร้านอู๊ดดีเฟ้ทช้อป นั้น ได้นำแนวทางการปฏิบัติงานการบริหารจัดการภายในร้าน ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) รวมถึงการออกแบบระบบฐานข้อมูล (Database System) เพื่อให้การบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว เหมาะสม สามารถรายงาน และสรุปผลตาม ความต้องการของผู้ใช้งาน ตามทฤษฎีระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ใช้ภาษา UML (Unified Modeling Language)

(พนิดา พานิชกุล และ ณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ, 2552) ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) แสดงขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของระบบบุคคลเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกัน ดังภาพประกอบ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ



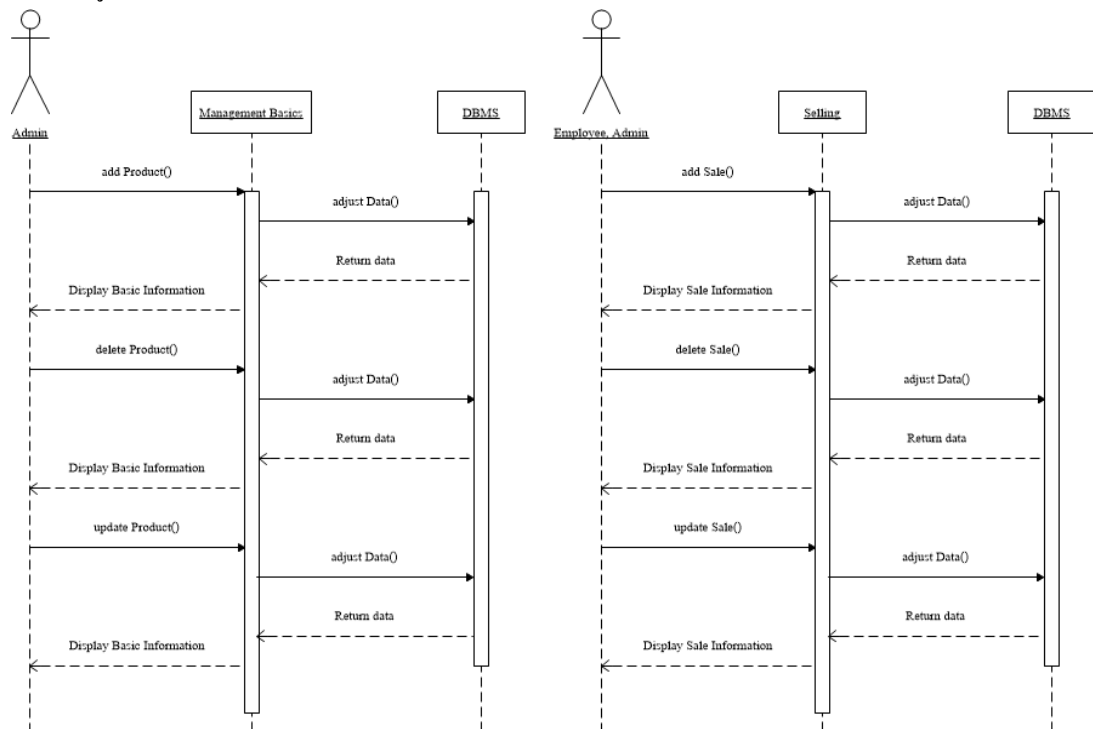
ภาพประกอบที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ

แผนภาพคลาส (Class Diagram) แสดงองค์ประกอบที่มีในแต่ละหน้าเว็บเพจ ดังภาพประกอบ 2 แผนภาพคลาสของระบบ



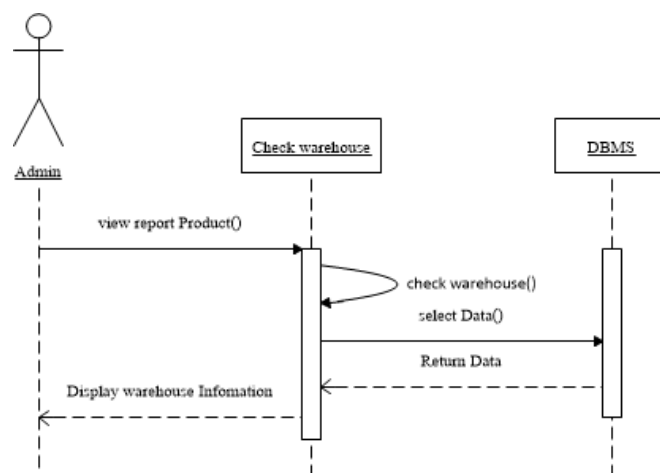
ภาพประกอบที่ 2 แผนภาพคลาสของระบบ

แผนภาพซีเควนซ์ (Sequence Diagram) อธิบายการทำงานของ Use Case เพื่อแสดงถึงขั้นตอนการทำงานและลำดับของการสื่อสาร (Message) ระหว่าง Object ในระบบ ดังภาพประกอบ 3 (ซ้าย) แผนภาพซีเควนซ์จัดการข้อมูลพื้นฐาน แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานในการแสดง/เพิ่ม/แก้ไข/ลบข้อมูลพื้นฐาน ภาพประกอบ 3 (ขวา) แผนภาพซีเควนซ์การขาย แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานในการจัดการขาย ปรับปรุงการขาย และแสดงข้อมูลการขายสินค้า



ภาพประกอบที่ 3 แผนภาพซีเควนซ์จัดการข้อมูลพื้นฐาน (ซ้าย) แผนภาพซีเควนซ์การขาย (ขวา)

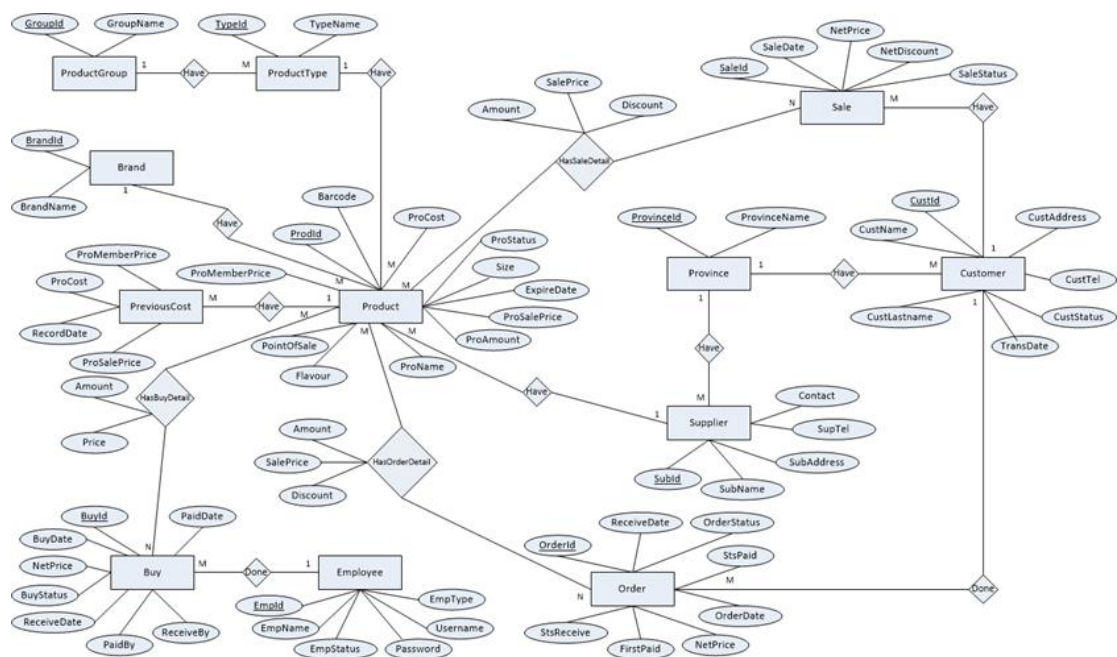
และภาพประกอบ 4 แสดงแผนภาพซีเควนซ์การตรวจสอบคลังสินค้า แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานในการแสดงผลการตรวจสอบคลังสินค้า



ภาพประกอบ 4 แผนภาพซีเควนซ์การตรวจสอบคลังสินค้า

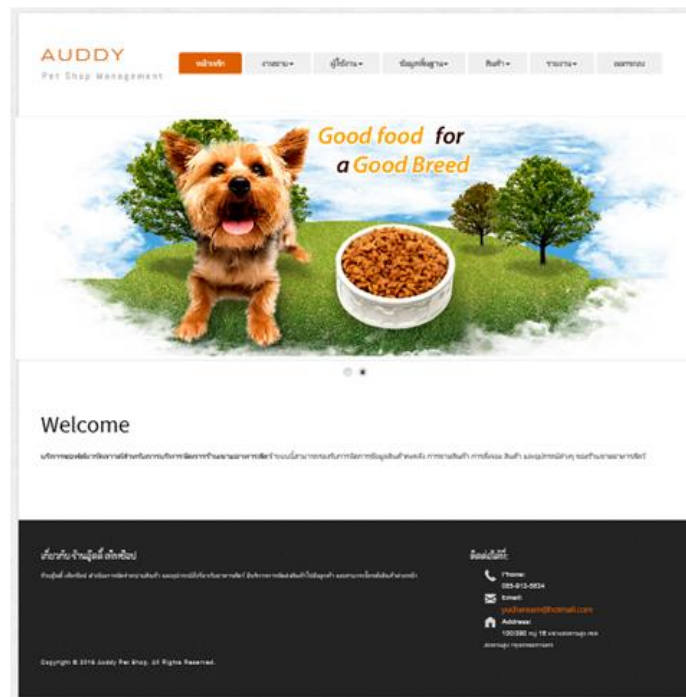
ผู้ศึกษาได้ออกแบบแผนภาพอีอาร์ (E-R Diagram) (เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์, 2554) ซึ่งแสดงโครงสร้างของฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ของข้อมูล ดังภาพประกอบ 5 แสดงแผนภาพอีอาร์ของระบบ โดยสัญลักษณ์ขีดเส้นใต้ หมายถึงกุญแจหลัก (Primary Key) ของตารางความสัมพันธ์ หลังจากผู้ศึกษาได้พัฒนาระบบแล้วจึงนำระบบไปติดตั้งให้บริการบนบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์

ระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาแล้วเสร็จถูกนำไปติดตั้งบนบริการแพลตฟอร์มคลาวด์เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นบริการซอฟต์แวร์คลาวด์อย่างสมบูรณ์ได้ตามวัตถุประสงค์



ภาพประกอบที่ 5 แผนภาพอีอาร์ของระบบ

ภาพประกอบ 6 แสดงฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบ คือ งานขาย ผู้ใช้งาน ข้อมูลพื้นฐาน สินค้า และรายงาน



ภาพประกอบที่ 6 หน้าหลักของระบบ

ภาพประกอบ 7 แสดงหน้าจอการจัดการข้อมูลสินค้า กรณีที่มีการเพิ่มสินค้าใหม่ สามารถจัดประเภทสินค้า หักหือสินค้า ผู้จำหน่าย ระบุจุดสั่งซื้อ วันหมดอายุ สถานะสินค้า และรายละเอียดต่างๆ ของสินค้า เพื่อให้ง่ายในการบริหารจัดการสินค้าในคลัง

ภาพประกอบที่ 7 หน้าจอจัดการข้อมูลสินค้า

ภาพประกอบ 8 แสดงหน้าจอการขายสินค้า ที่เป็นการขายปลีก เมื่อผู้ใช้ทำการกรอกรหัสสินค้า หรือบาร์โค้ด ระบบจะแสดงชื่อสินค้า ราคาขาย และเมื่อผู้ใช้กรอกจำนวน (ชิ้น) สินค้า ระบบคำนวณยอดเงินให้อัตโนมัติ จากนั้นคลิกเพิ่มรายการ ระบบแสดงข้อมูลรายละเอียดการขายสินค้า และดำเนินการตัดสต็อกสินค้าให้อัตโนมัติ เมื่อสิ้นสุดการขาย

ภาพประกอบที่ 8 หน้าจอการขายสินค้า

ภาพประกอบ 9 แสดงรายงานสินค้าในคลัง กรณีที่ต้องการตรวจสอบว่าสินค้าไหนบ้างที่ใกล้หมดอายุ โดยสามารถระบุช่วงเวลาที่ต้องการทราบ ระบบจะแสดงข้อมูลรายละเอียดสินค้าตามช่วงเวลาของวันหมดอายุ

รหัสสินค้า	ประเภท	ยี่ห้อ	บาร์โค้ด	ชื่อสินค้า	ต้นทุน	ราคาขาย	ราคาขายพิเศษ	จุดสั่งซื้อ	จำนวน	รอกชาติ	ขนาด	วันหมดอายุ
1600061	อึกแก้นะตึก	BOK DOK	JH17L	อึกแก้นะตึก 5" (รสตบ)	30.00	45.00	45.00	20	50	รสตบ	150 กรัม	31/12/2017
1600062	อึกแก้นะตึก	BOK DOK	JH18C	อึกแก้นะตึก 5" (รสไก)	30.00	45.00	45.00	20	50	รสไก	150 กรัม	31/12/2017
1600063	ไพนะตึก	BOK DOK	JC21	อึกแก้นะตึก 2-3" (รสเม)	35.00	45.00	45.00	20	50	รสเม	150 กรัม	31/12/2017
1600064	อึกแก้นะตึก	BOK DOK	JH25M	อึกแก้นะตึก 2-3" (รสเม)	45.00	55.00	55.00	20	50	รสเม	300 กรัม	31/12/2017

ภาพประกอบที่ 9 หน้าจอรายงานแสดงสินค้าในคลัง

5. ผลการศึกษา

ผลการประเมินความพึงพอใจของบริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์: กรณีศึกษาร้านอู๊ดดีเพ็ทช็อป โดยได้ทำการสำรวจข้อมูลจากเจ้าของกิจการ 2 คน และพนักงานในร้าน 1 คน

เพราะระบบนี้ออกแบบสำหรับร้านซึ่งมีคนไข้อยู่แค่ 3 คนเท่านั้น มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.52$, S.D. = 3.15) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของบริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์: กรณีศึกษาร้านอุ๊ดดีเพ็ทช็อป

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
มีความชัดเจนในด้านภาษาที่ใช้	4.33	0.47	ดี
ข้อมูลที่นำเสนอมีความถูกต้อง	5.00	0.00	ดีมาก
การจัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอน	3.33	3.30	ปานกลาง
ความเหมาะสมของข้อมูล	3.67	2.92	ดี
ความถูกต้องในการทำงาน	3.67	2.92	ดี
ความสามารถโดยรวมของระบบ	3.67	2.92	ดี
ความสะดวกในการใช้งานระบบ	3.67	2.92	ดี
ความรวดเร็วในการประมวลผล	3.67	2.92	ดี
รองรับการใช้งานจากหลายแพลตฟอร์ม	5.00	0.00	ดีมาก
รวม	3.52	3.15	ดี

6. สรุปผลการศึกษา

บริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์: กรณีศึกษาร้านอุ๊ดดีเพ็ทช็อป สามารถทำการจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระเบียบ ช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ระบบสินค้าคงคลังมีความเป็นมาตรฐานมากขึ้น และสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบได้ การจัดการและบริหารงานอย่างเป็นระบบมากขึ้น เกิดความสะดวก รวดเร็ว และความถูกต้องกับผู้ใช้งานระบบ โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจโดยกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.52$, S.D. = 3.15)

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาบริการซอฟต์แวร์คลาวด์สำหรับการบริหารจัดการร้านขายอาหารสัตว์: กรณีศึกษาร้านอุ๊ดดีเพ็ทช็อปนั้น เป็นลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน สามารถรองรับการขยายสาขาของกิจการในอนาคต เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพของระบบมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากการใช้งานในปัจจุบันสามารถนำมารวบรวมเป็นข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบในอนาคตได้ คือ อาจจะเพิ่มเติมส่วนของการออกเอกสารใบเสนอราคา และใบเสร็จรับเงิน

8. รายการอ้างอิง

- พนิดา พานิชกุล และ ญัฐพงษ์ วาริประเสริฐ. 2552. การพัฒนาระบบเชิงวัตถุด้วย UML. กรุงเทพฯ: เคทีพี. เทพฤทธิ์ บัณฑิตพัฒนาวงศ์. 2554. คู่มือเรียนวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล DATABASE DESIGN. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- กิตติพงษ์ กลมกล่อม. 2552. การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย UML. กรุงเทพฯ: เคทีพี. สยามทูเดย์. 2015. แนะนำการใช้งาน Microsoft Visual Studio. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2559, จาก http://www.siam2dev.com/VB_NET/VB_NET_Lec01_Intro_vb2008.php
- careerbless. 2015. **Introduction to Database Technology and DBMS**. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2559, จาก <http://www.careerbless.com/db/rdbms/c1/intdbms.php>
- IT24Hrs. 2015. **Cloud Computing คืออะไร**. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2559, จาก <http://www.it24hrs.com/2015/cloud-computing-and-cloud-definition/>
- ชาคริต กุลไกรศรี. 2015. **นอร์มัลไลเซชัน-NORMALIZATION**. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2559, จาก <https://msit5.wordpress.com>
- บริษัท อี-บิซิเนส พลัส จำกัด. 2016. **สุดยอดโปรแกรมบริหารงานค้าปลีกสำเร็จรูป (POS) Business Plus POS for Windows**. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2559, จาก <HTTP://WWW.BUSINESSPLUS.CO.TH/PRODUCT/POS.HTML>
- FREE CSS. 2013. **PET SHOP FREE CSS TEMPLATE**. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม 2559, จาก <HTTP://WWW.FREE-CSS.COM/FREE-CSS-TEMPLATES/PAGE160/PETSHOP>

บริการคลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน

สำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮาส์ จำกัด (มหาชน)

A PERFORMANCE MONITORING-AND-EVALUATION CLOUD SERVICE FOR LAND AND HOUSES BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

เยาวมาลย์ กองชา

นักศึกษานิเทศศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: izulu4804@gmail.com

ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: thepparit.ba@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮาส์ จำกัด (มหาชน) ระบบถูกพัฒนาเป็นบริการซอฟต์แวร์คลาวด์โดยใช้ภาษาวิซวลเบสิกคอตเน็ตทำงานร่วมกับฐานข้อมูลไมโครซอฟท์ เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ เพื่อรองรับการใช้งานของพนักงานสาขางานกิจการสาขาในธนาคารซึ่งมีสาขาทั่วประเทศ ให้สามารถใช้งานได้อย่างพร้อมกันผ่านเว็บเบราว์เซอร์ บริการที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้พนักงานแต่ละคนสามารถทำการตรวจสอบผลงานของตนได้ตลอดเวลาในการส่งผลงานให้พนักงานสาขา นอกจากนี้บริการยังสามารถช่วยลดความผิดพลาดจากการประมวลผลข้อมูลที่มีสาเหตุมาจากเจ้าหน้าที่จัดทำข้อมูล

คำสำคัญ : บริการซอฟต์แวร์คลาวด์, การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน

ABSTRACT

This study is the development of a performance monitoring and evaluation for Land and Houses Bank, Public Company Limited. The system has been developed in the form of cloud software-as-a-service by using Visual Basic dot Net and Microsoft SQL Server to serve branch-network-administration-group employees in the bank, which has several branches across the country so that they can utilize the service at the same time via web browsers. The developed service is capable of sharing the data in an efficient manner. This helps each employee

be able to check his/her own performance and reduce time to inform employees their performances. In addition, the service can also help decrease any data processing mistake caused by data preparing officers.

KEYWORDS: Software-as-a-Service, Performance Monitoring and Evaluation

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีความดุเดือดเป็นอย่างมาก ผู้บริหารของแต่ละบริษัทจะต้องมีการวางแผน กำหนดกลยุทธ์และเป้าหมาย เพื่อขับเคลื่อนบริษัทให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งหากบริษัทมีการประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้ผู้บริหารมีข้อมูลสนับสนุนเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคน อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการกำหนดหรือปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การทำงานของพนักงานให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงใช้เป็นเครื่องมือกระตุ้นเตือนพนักงานให้มีความกระตือรือร้นต่อหน้าที่และเป้าหมายที่ได้รับ

ขั้นตอนการทำงานในปัจจุบันของส่วนงานติดตามและประเมินผลสาขา ของธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน) ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ ออฟฟิศ เอกเซล ในการเก็บข้อมูลและทำการประเมินผลการปฏิบัติงาน ยังไม่มีการพัฒนาระบบรองรับการทำงานในส่วนนี้ ทั้งนี้พนักงานสาขาจะไม่สามารถตรวจสอบผลงานของตนเองได้ สำหรับผู้บริหารจะสามารถตรวจสอบผลงานได้ก็ต่อเมื่อส่วนงานติดตามและประเมินผลสาขา เป็นผู้จัดส่งข้อมูลที่เป็นแฟ้มเอกสารเอกเซลให้ทางอีเมลเท่านั้น จากปัญหาของขั้นตอนการปฏิบัติงานในปัจจุบัน ทำให้เกิดความล่าช้า ไม่ทันต่อความต้องการใช้ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อผู้บริหารเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการนำข้อมูลมาประกอบการกำหนดกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่จะขับเคลื่อนบริษัทให้บรรลุเป้าหมายได้ อีกหนึ่งปัญหาของขั้นตอนการปฏิบัติงานในปัจจุบัน คือ หากข้อมูลที่จัดเก็บมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ การทำงานด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์ ออฟฟิศ เอกเซล จะประมวลผลล่าช้าหรือบางฟังก์ชันไม่สามารถรองรับการทำงานได้ นอกจากนี้การทำงานด้วยการ Manual มีโอกาสที่ข้อมูลจะเกิดข้อผิดพลาดได้สูง

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของแนวคิดในการพัฒนาบริการคลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน) เพื่อผู้บริหารจะมีข้อมูลสนับสนุนการบริหารงานได้ทันทีที่ต้องการ อีกทั้งพนักงานสาขายังสามารถประเมินประสิทธิภาพและสามารถใช้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้สอดคล้องกับกลยุทธ์และบรรลุเป้าหมายของธนาคาร ทั้งนี้เนื่องจากธนาคารมีสาขาทั่วทั้งประเทศ ผู้ศึกษาจึงใช้แนวคิดการคำนวณแบบคลาวด์มาใช้ในการพัฒนาระบบให้เป็นบริการซอฟต์แวร์คลาวด์ (Software-as-a-Service: SaaS)

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อพัฒนาบริการคลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน)

3. แนวคิด ทฤษฎี และระบบงานที่เกี่ยวข้อง

ตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงานหลัก (key performance index: KPI) คือ เครื่องมือที่ใช้วัดผลการดำเนินงาน หรือประเมินผลการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ขององค์กร ซึ่งสามารถแสดงผลของการวัดหรือการประเมินในรูปแบบ ข้อมูลเชิงประมาณเพื่อสะท้อนประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการปฏิบัติงานขององค์กรหรือหน่วยงานภายใน องค์กร หรือแปลอีกอย่างว่า “ตัววัดความสำเร็จที่สำคัญ เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลการดำเนินงานในด้าน ต่าง ๆ ที่สำคัญขององค์กร ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นข้อมูลในรูปแบบของตัวเลขเพื่อสะท้อนประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพในการทำงานขององค์กรหรือหน่วยงานต่าง ๆ ภายในองค์กร”

การคำนวณแบบคลาวด์ (Cloud Computing) (National Institute of Standards and Technology, 2011) ได้ นิยามความหมายของการคำนวณแบบคลาวด์ เป็นตัวแบบสำหรับการเข้าถึงแหล่งรวมทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ร่วมกันและปรับแต่งโครงสร้างได้ สามารถจัดหาและคืนได้อย่างรวดเร็วโดยใช้ความพยายามในการจัดการ และ การโต้ตอบกับผู้ให้บริการน้อยที่สุด ประกอบด้วย 5 คุณสมบัติสำคัญ ได้แก่ บริการซอฟต์แวร์คลาวด์ (Software-as-a-Service: SaaS) เป็นโมเดลทางด้านธุรกิจที่กำลังเป็นที่นิยม โดยมีแนวความคิดพื้นฐานเป็นการเอามาแทนที่ การซื้อซอฟต์แวร์แบบเก่าที่มีราคาแพง และการติดตั้งที่ยุ่งยาก, บริการแพลตฟอร์มคลาวด์ (Platform-as-a-Service: PaaS) บริการด้านแพลตฟอร์ม ซึ่งเป็นการให้บริการแพลตฟอร์มที่รองรับการทำงานของแอปพลิเคชัน ผู้ใช้บริการ สามารถปรับและจัดการได้เอง, บริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์ (Infrastructure-as-a-Service: IaaS) บริการด้าน โครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งเป็นการให้บริการฮาร์ดแวร์ สำหรับ เครื่องบริการ, หน่วยเก็บ, เครือข่าย และระบบรักษา ความปลอดภัย ในรูปแบบเวอร์ช่วลไลเซชัน (Virtualization)

ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) เป็นซอฟต์แวร์ระบบที่ใช้ในการ จัดการฐานข้อมูล (เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์, 2554) ในบทความนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลคือ ไมโครซอฟท์เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS: Relational Database Management System) เป็นโปรแกรมบริหารจัดการข้อมูลที่ดีที่สุดของไมโครซอฟท์มีความสามารถจัดการกับ ข้อมูล วิเคราะห์ สรุปผล ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ไมโครซอฟท์ เอเอสพีคอตเน็ต เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจที่จำเป็นต้องมีการตอบสนองกับผู้ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เอเอสพีคอตเน็ตมีความสามารถในการนำข้อมูลจากฐานข้อมูล (Database) ประเภทต่าง ๆ มา แสดงในเว็บเพจจึงเหมาะแก่การนำมาใช้ทำเว็บบอร์ด, เว็บเมล, ไดนามิกเว็บเพจ, เว็บเซอร์วิส ตลอดจนการสร้าง เว็บแอปพลิเคชันเพื่อใช้ภายในองค์กรที่ต้องการคุณสมบัติในการเรียกใช้งานได้จากทุกที่โดยไม่ต้องมีการติดตั้ง ในเครื่องผู้ใช้ เช่น การเรียกใช้แอปพลิเคชันจากสาขาต่าง ๆ เป็นต้น

ภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) เป็นภาษาสคริปต์ที่อยู่ในเว็บไซต์ (ใช้ร่วมกับเอชทีเอ็มแอล) เพื่อให้ เว็บไซต์มีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น ทำให้ผู้ใช้งานใช้เว็บไซต์ได้ง่ายขึ้น รวมถึง ดึงดูดความสนใจของผู้ใช้งาน

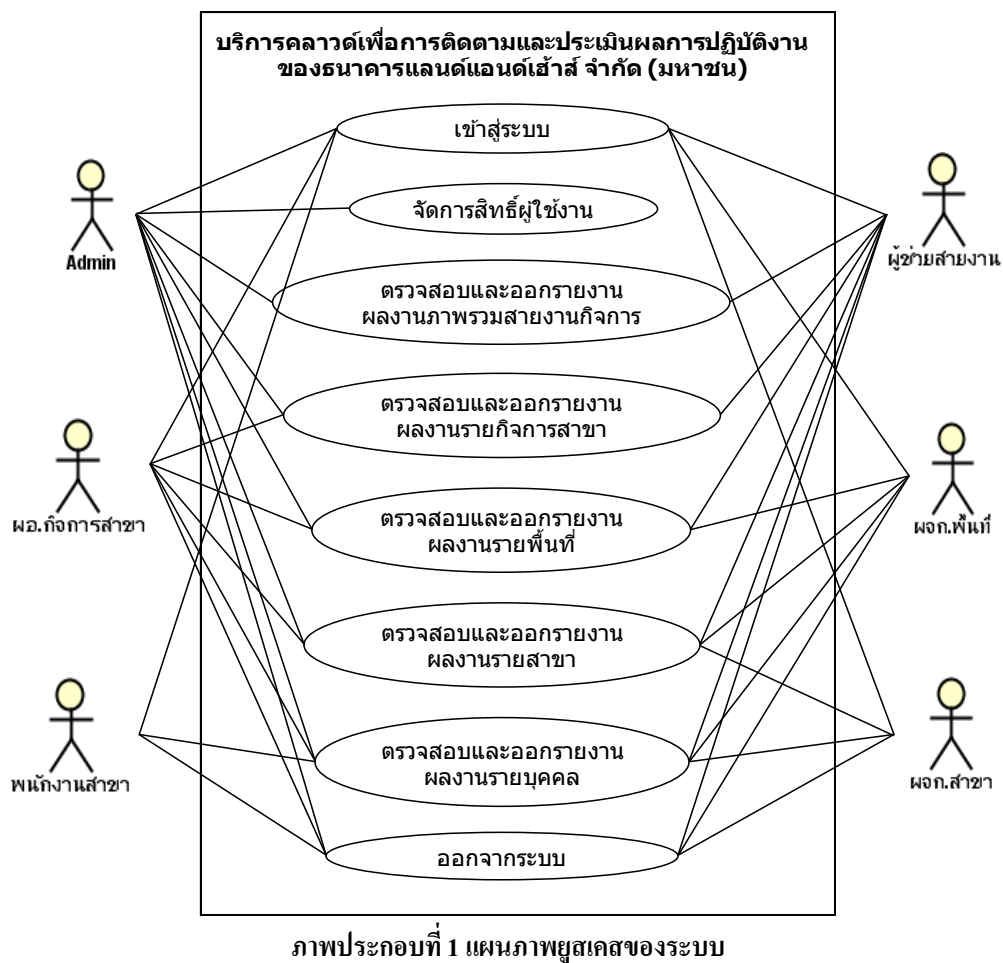
ในส่วนของระบบงานที่เกี่ยวข้องมีคุณสมบัติที่เปรียบเทียบกับบริการคลาวด์ฯ ที่เสนอได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระบบงานที่เกี่ยวข้อง

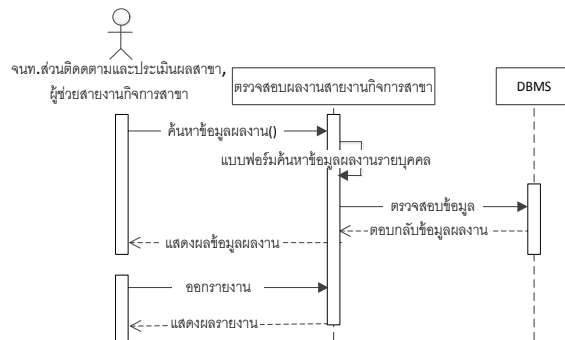
เกณฑ์การเปรียบเทียบ	ระบบติดตามผลการดำเนินงานทางธุรกิจ การศึกษา การบริหารงาน	ระบบบันทึกข้อมูลการทำงาน และประเมินผลงาน กรณีศึกษา บริษัท ซูรินเตอร์เน็ต จำกัด	ระบบงานปัจจุบันของส่วนติดตามและประเมินผลสหราชอาณาจักร แอนด์เอ็นเคส จำกัด (มหาชน)	บริการคลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการทำงานสำหรับธนาคาร แอนด์เอ็นเคส จำกัด (มหาชน)
วัตถุประสงค์	พัฒนาระบบขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาจากระบบเดิมที่ใช้ BI ในการทำงาน แต่ไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์ข้อมูล เทียบกับเป้าหมายตามที่ใช้บริหารวางแผนไว้	เพื่อบันทึกข้อมูลการทำงานของพนักงาน, กำหนดดัชนีชี้วัดและนำมาประเมินผลการปฏิบัติงาน, ออกรายงานข้อมูลการทำงาน และผลการประเมิน	เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลการปฏิบัติงานของพนักงาน เพื่อประกอบการพิจารณาในเรื่องต่าง ๆ เช่น การปรับตำแหน่ง หรือพิจารณาโบนัส เป็นต้น	เพื่อแก้ไขปัญหาจากระบบเดิมที่ใช้ ไมโครซอฟท์ ออฟฟิศ เอกเซลประมวลผลข้อมูล และรองรับการใช้งานของพนักงานสาขาทั่วประเทศได้อย่างสะดวกและถูกต้อง
เทคโนโลยีที่ใช้	1. ภาษาพีเอชพี 2. มาเซตคิวแอล	1. ภาษาพีเอชพี 2. มาเซตคิวแอล	1. ไมโครซอฟท์ ออฟฟิศ เอกเซล	1. ไมโครซอฟท์ เอเอสพีคอฟเนต 2. ไมโครซอฟท์ เอสติวแอลเจียร์ฟเวอร์ 3. เทค โน โดอีคลาวด์
ความสามารถของระบบ				
1. รองรับการใช้พร้อมกันได้ทั่วประเทศ				/
2. พนักงานสาขาตรวจสอบผลงานได้ด้วยตนเอง				/
3. กำหนดดัชนีชี้วัด	/	/		/
4. ออกรายงานผลงาน	/	/	/	/

4. วิธีการดำเนินการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Systems Development Life Cycle: SDLC) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555) โดยศึกษาขั้นตอนการทำงานของส่วนงานติดตามและประเมินผล สาขา, เก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้, การวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ตามทฤษฎีระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ใช้ภาษายูเอ็มแอล (Unified Modeling Language) (กิตติพงษ์ กลมกล่อม, 2552) ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) แสดงขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของระบบ มีพนักงานเกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติงานขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกัน ดังภาพประกอบที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ

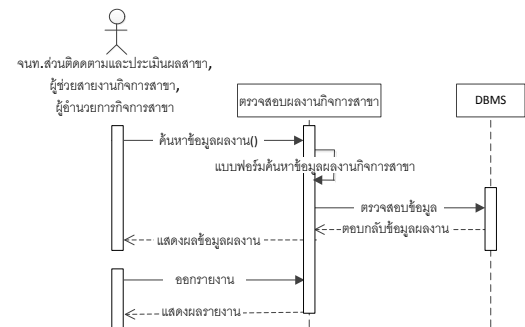


แผนภาพซีเควนซ์ (Sequence Diagram) อธิบายการทำงานของยูสเคสเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานและลำดับของการสื่อสารระหว่างอ็อบเจกต์ในระบบ ดังภาพประกอบที่ 2 แผนภาพซีเควนซ์การตรวจสอบผลงานภาพรวมสายงานกิจการสาขา แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานในการตรวจสอบผลงานภาพรวมสายงานกิจการสาขา และภาพประกอบที่ 3 แผนภาพซีเควนซ์การตรวจสอบผลงานกิจการสาขา แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานในการตรวจสอบผลงานภาพรวมรายการกิจการสาขา



ภาพประกอบที่ 2 แผนภาพใช้เควซ์การ

ตรวจสอบผลงานภาพรวมสาขางานกิจการสาขา

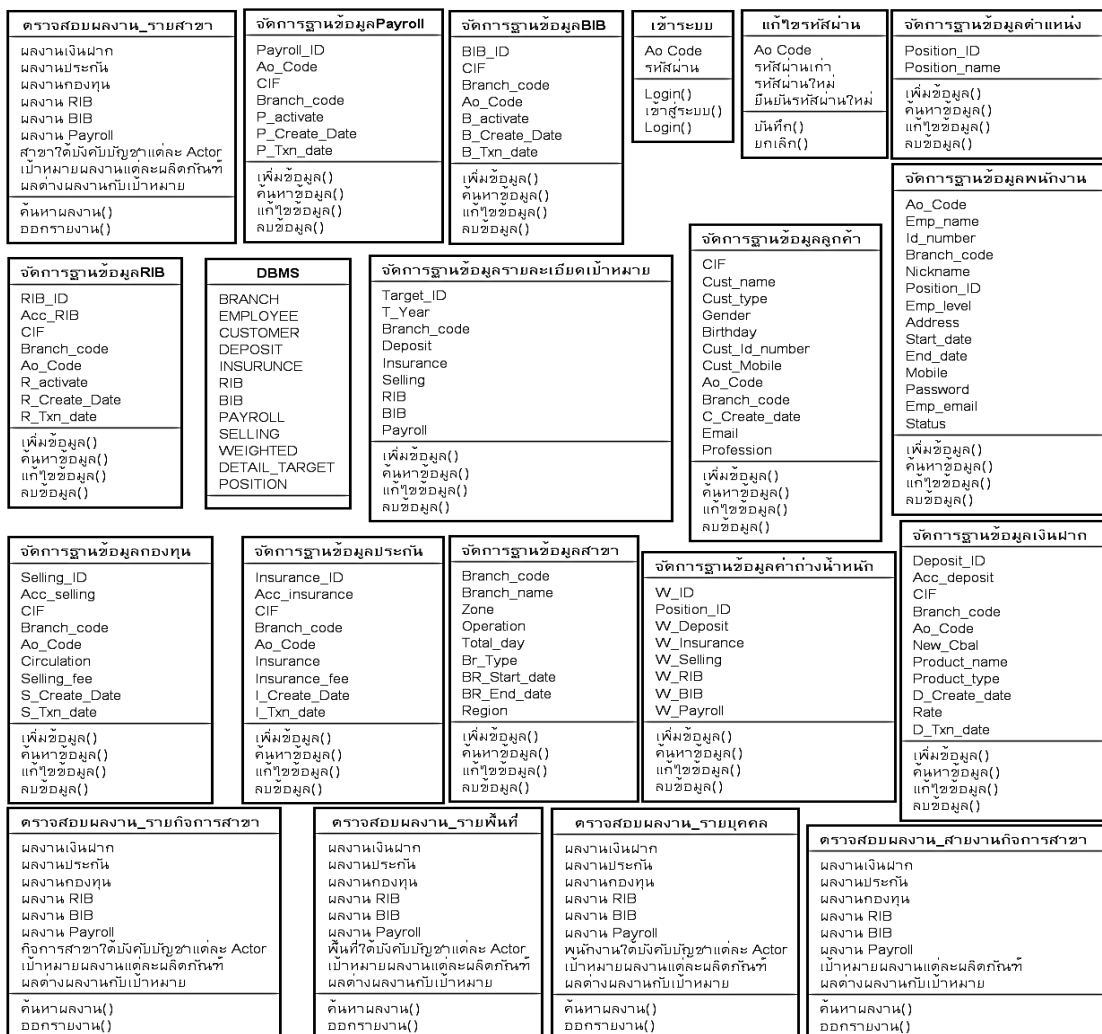


ภาพประกอบที่ 3 แผนภาพใช้เควซ์การ

ตรวจสอบผลงานกิจการสาขา

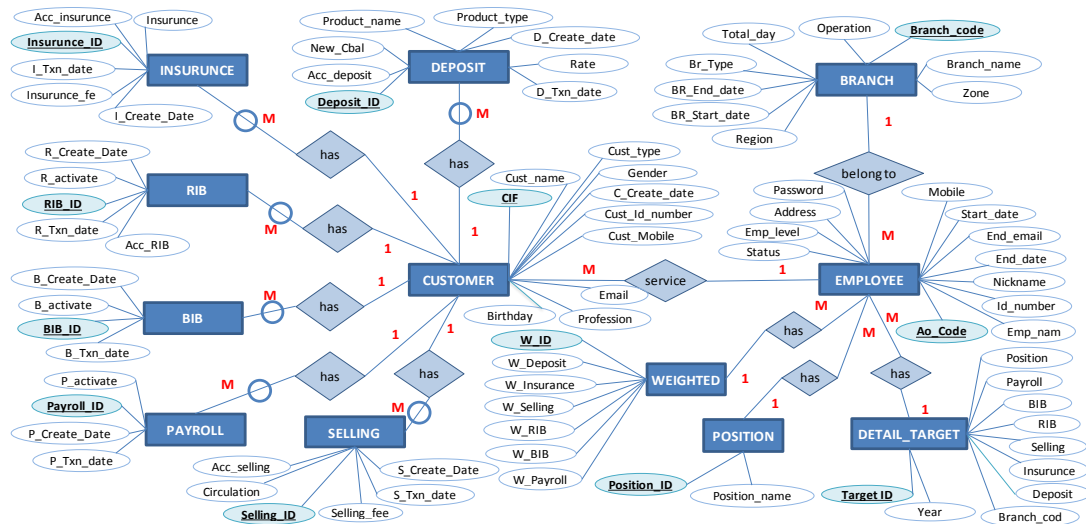
และแผนภาพคลาส (Class Diagram) แสดงองค์ประกอบที่มีในแต่ละหน้าเว็บเพจ ดังภาพประกอบที่ 4

แผนภาพคลาสของระบบ



ภาพประกอบที่ 4 แผนภาพคลาสของระบบ

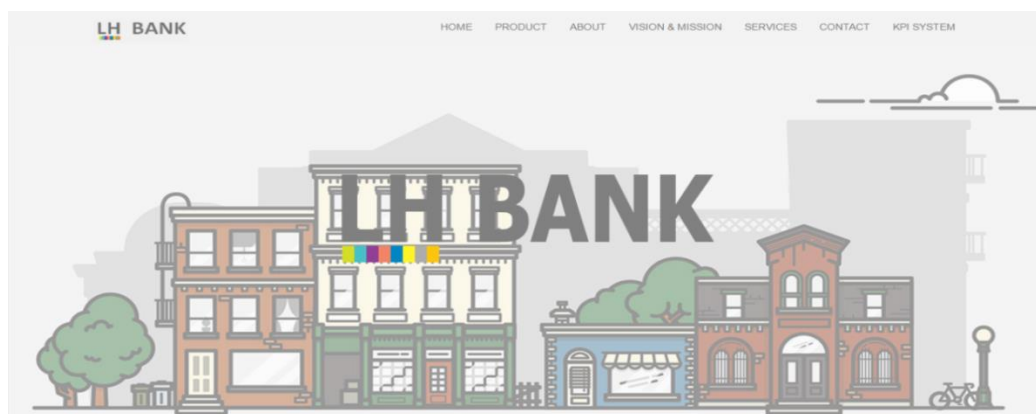
ผู้ศึกษาได้ออกแบบแผนภาพอีอาร์ (E-R Diagram) (เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์, 2554) ซึ่งแสดงโครงสร้างของฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ของข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 5 แสดงแผนภาพอีอาร์ของระบบ โดยสัญลักษณ์ * หมายถึงกุญแจหลัก (Primary Key) ของตารางความสัมพันธ์ หลังจากผู้ศึกษาได้พัฒนาระบบแล้วจึงนำระบบไปติดตั้งให้บริการบนบริการ โครงสร้างพื้นฐานคลาวด์



ภาพประกอบที่ 5 แสดงแผนภาพอีอาร์ของระบบ

5. ผลการศึกษา

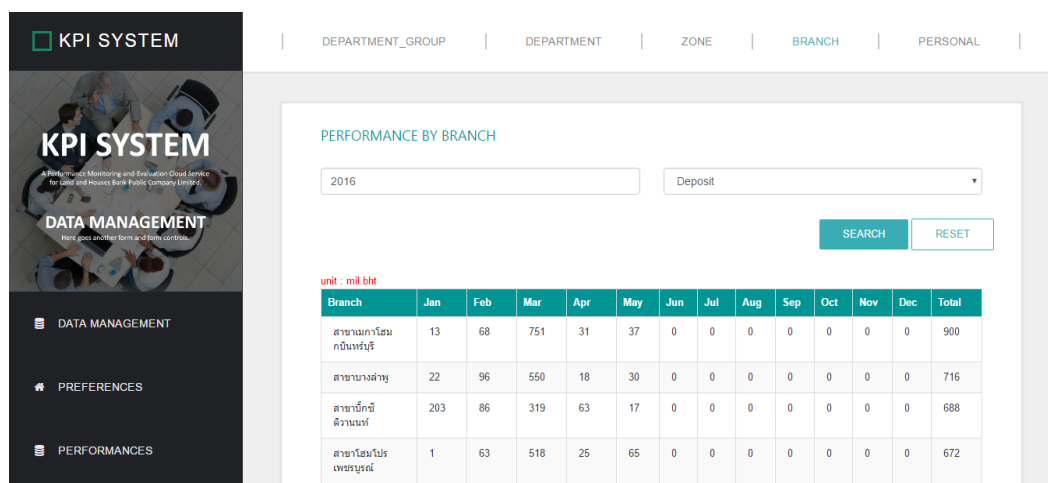
จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ ผู้ศึกษาได้พัฒนาระบบโดยใช้เทคโนโลยีบุทสเทรป ช่วยให้สามารถสร้างเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ได้อย่างรวดเร็ว โดยมีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ดังภาพประกอบที่ 6 แสดงหน้าหลักของบริการคลาวด์ ซึ่งเป็นหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ให้ข้อมูลทั่วไป, ผลิตภัณฑ์, วิสัยทัศน์และพันธกิจ, บริการ, ช่องทางติดต่อ และหน้า Login เข้าใช้บริการคลาวด์ เมื่อทำการเข้าสู่บริการได้สำเร็จ ระบบจะเชื่อมต่อไปยังส่วนต่อประสานกับเจ้าหน้าที่สำหรับการฐานข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 7 จากนั้นทำการสืบค้นข้อมูลผลงานสาขาของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังภาพประกอบที่ 8 และการสืบค้นข้อมูลผลงานรายบุคคลของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังภาพประกอบที่ 9



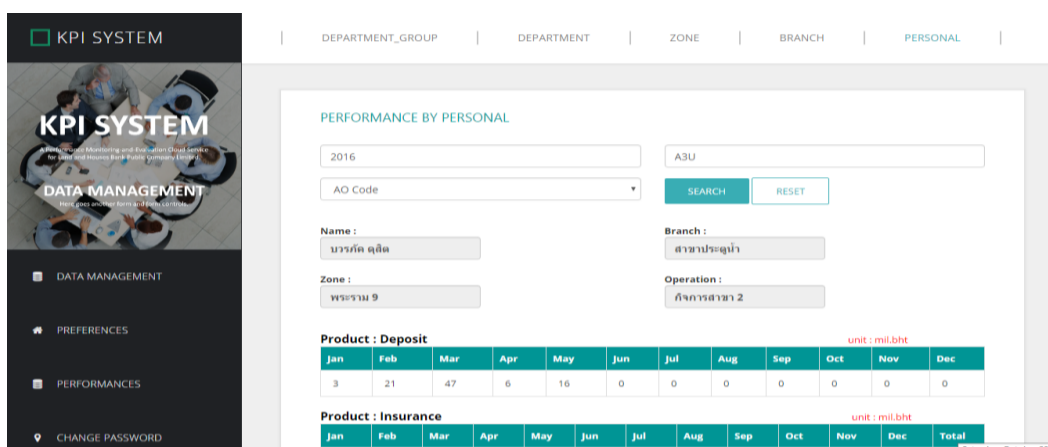
ภาพประกอบที่ 6 แสดงหน้าหลักของบริการคลาวด์



ภาพประกอบที่ 7 แสดงหน้าหลักของระบบ



ภาพประกอบที่ 8 แสดงผลงานสาขา



ภาพประกอบที่ 9 แสดงผลงานรายบุคคล

ผู้ศึกษาได้ทดสอบระบบโดยเจ้าหน้าที่ของสายงานกิจการสาขา ธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน) จำนวน 10 คน ใช้แบบประเมินความพึงพอใจตามวิธีของลิเกิร์ต (Likert) (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2555) ประกอบด้วยมาตราส่วน 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง น้อย และน้อยมาก แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ดังตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของบริการซอฟต์แวร์คลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน) พบว่า มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.73) เมื่อพิจารณารายด้านสามารถสรุปได้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของบริการซอฟต์แวร์คลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านความสามารถในการทำงานของระบบ	4.05	0.69	ดี
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.32	0.76	ดี
3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.51	0.56	ดีมาก
4. ด้านความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	3.98	0.73	ดี
5. ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ	3.93	0.79	ดี
6. สรุปภาพรวม	4.43	0.74	ดี
รวม	4.24	0.73	ดี

6. สรุปผลการศึกษา

บริการซอฟต์แวร์คลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน) สามารถช่วยให้กระบวนการทำงานของส่วนงานติดตามและประเมินผลสาขา และพนักงานสามารถตรวจสอบผลงานการดำเนินงานได้ด้วยตนเองทุกที่ทุกเวลา ช่วยลดระยะเวลา, ทันต่อความต้องการใช้ข้อมูล และลดข้อผิดพลาดจากการประมวลผลข้อมูลที่มีสาเหตุมาจากผู้ใช้ สำหรับความถูกต้องในการทำงานของระบบพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเช่นเดียวกับการประเมินค่าในการปฏิบัติแบบเดิม โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจโดยกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.24$, S.D. = 0.73)

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาบริการซอฟต์แวร์คลาวด์เพื่อการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานสำหรับธนาคารแลนด์แอนด์เฮอร์ส จำกัด (มหาชน) สามารถเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพเพิ่มเติมด้วยการเพิ่มฟังก์ชันการแสดงผลในรูปแบบของ Dashboard และแสดงข้อมูลผลงานเปรียบเทียบกับเป้าหมายของปีนั้น ๆ

8. รายการอ้างอิง

- กิตติพงษ์ กลมกล่อม. (2552). **พื้นฐานการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย UML**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เกทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์. (2554). **คู่มือเรียนวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล DATABASE DESIGN**. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- ผศ.ดร.อัญญาพร ทรัพย์สมบูรณ์. (2554). **การวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เกทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- พนิดา พานิชกุล. (2552). **การพัฒนาระบบเชิงวัตถุด้วย UML**. กรุงเทพฯ: เกทีพี.
- พนิดา พานิชกุล และ ญัฐพงษ์ วารีประเสริฐ. (2552). **การออกแบบ พัฒนา และดูแลระบบฐานข้อมูล**. กรุงเทพฯ: เกทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- รศ. ชีรวัฒน์ ประกอบผล. (2550). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ชัคเชสมิ เดีย.
- สพธอ. (2555). **KPIS ไม่ยุ่งยาก อย่างที่คิด**. [อ้างถึงวันที่ 19 มิถุนายน 2559] เข้าถึงได้จาก : <https://www.eta.or.th/content/1128.html>.
- อนงค์ลักษณ์ ถวัลย์ภักโข. (2554). **ASP.NET**. [อ้างถึงวันที่ 22 มิถุนายน 2559] เข้าถึงได้จาก : http://km.citu.tu.ac.th/km/wp-content/uploads/2011/12/ASP_net.pdf.
- อัศริมา บุญอยู่ และ นกคณ แก้วบรรพต. (2558). **CLOUD COMPUTING คืออะไร?** [อ้างถึงวันที่ 19 มิถุนายน 2559] เข้าถึงได้จาก : http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/bsti-6-2558-cloud.pdf.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2555). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม)**. กรุงเทพฯ: วี.พริ้นท์ (1991).
- addlink. (2558). **MICROSOFT SQL SERVER 2014**. [อ้างถึงวันที่ 22 มิถุนายน 2559] เข้าถึงได้จาก : http://www.addlink.com/assets/pdf/support/microsoft_sql_server_2014.pdf.
- Cloud Service by ISSP. (2559). **CLOUD COMPUTING คือ อะไร**. [อ้างถึงวันที่ 19 มิถุนายน 2559] เข้าถึงได้จาก : <http://www.issp.co.th/article/detail.asp?id=2733>.
- Hellomyweb.com. (2553). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ JAVASCRIPT**. [อ้างถึงวันที่ 22 มิถุนายน 2559] เข้าถึงได้จาก : <http://www.hellomyweb.com/index.php/main/content/131>.
- National Institute of Standards and Technology. (2011). **THE NIST DEFINITION OF CLOUD COMPUTING**. Retrieved June 19, 2016, from: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.

**ระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และ
ฐานข้อมูลการจัดการโครงแบบ: กรณีศึกษาบริษัท ยิปอินซอย จำกัด**
**AN INFORMATION TECHNOLOGY SUPPORT SYSTEM BASED ON
SOFTWARE-AS-A-SERVICE AND CONFIGURATION MANAGEMENT
DATABASE: A CASE STUDY OF YIPINTSOI COMPANY LIMITED**

จิรภัทร สุขชูศรี

**นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม**

E-mail: sukchoosri.pure@gmail.com

ดร.เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม**

E-mail: thepparit.ba@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับ บริษัท ยิปอินซอย จำกัด เพื่อใช้รับแจ้งปัญหาของผู้ใช้งานในโครงการซ่อมบำรุงดูแลรักษาระบบคอมพิวเตอร์ภายในหน่วยงานของลูกค้า ซึ่งระบบงานเดิมเป็นเครือข่ายอินทราเน็ตซึ่งยากต่อการเข้าถึง การพัฒนาระบบขึ้นใหม่จะใช้โปรแกรมภาษาซีชาร์ปและเอสคิวแอลเพื่อสร้างเป็นบริการคลาวด์ที่ทำงานตามหลักการระบบติดตามประเด็นและฐานข้อมูลโครงแบบ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่าระบบสามารถช่วยให้พนักงานในบริษัทสามารถลงบันทึกการรับแจ้งปัญหาผ่านระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะดวก แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

คำสำคัญ: ระบบติดตามประเด็น, ฐานข้อมูลโครงแบบ, บริการซอฟต์แวร์คลาวด์

ABSTRACT

This paper presents the development of information technology supporting system for Yip In Tsoi Limited Company to get problem reports in clients' system maintenance. Previous system was in the form of intranet, which was difficult to access. Our new developed system utilizes C# and SQL programming languages to implement the system as a cloud service that operates based on the concepts of issue tracking system and

configuration management database. User satisfaction evaluation showed that the service could help employees to record problem reports in an efficient and convenient manner resulting in precise and faster problem solving.

KEY WORDS: Issue Tracking System, Configuration Management Database, Software-as-a-Service

1. บทนำ

ปัจจุบันองค์กรที่จะประสบความสำเร็จ จะต้องมียุคเทคโนโลยี (Information Technology) ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งนับได้ว่าเป็นแรงขับเคลื่อนการติดต่อสื่อสารเพื่อพัฒนาให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขัน สามารถแก้ไขปัญหาได้สะดวกและรวดเร็ว เป็นที่พึงพอใจของลูกค้าในการให้บริการ ดังนั้นองค์กรที่มีการพัฒนาระบบการบริการทางด้านไอทีอย่างต่อเนื่อง ในการสนับสนุนการแจ้งปัญหาของลูกค้า เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาและติดตามผลให้ลูกค้าได้ นับได้ว่าเป็นองค์กรที่มีประสิทธิภาพ มาตรฐานในการให้บริการรวมทั้งเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ทำให้องค์กรมีโอกาสประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุนี้บริษัท ขิบบินชอย จำกัด จึงได้มีการนำระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มาใช้ในการรับแจ้งปัญหาเพื่อลงบันทึกการแจ้งซ่อมคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่างๆเพื่อการสนับสนุนและช่วยเหลือการแจ้งปัญหาของลูกค้า แต่ก็ยังไม่สามารถขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากระบบปัจจุบันมีข้อจำกัดด้านเครือข่ายในการเข้าถึงระบบ เพื่อบันทึกการรับแจ้งปัญหาเกิดความล่าช้าในการบริการ และไม่สามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาการแจ้งซ่อมได้เนื่องจากบางครั้งผู้รับแจ้งปัญหาลืมลงบันทึกการแจ้งซ่อมลงในระบบ อีกทั้งยังขาดระบบสารสนเทศด้านการออกรายงานประจำเดือนเนื่องจากต้องนำผลการแจ้งซ่อมในระบบทั้งหมด มาสรุปเป็นรายงานประจำเดือน โดยระบบปัจจุบันไม่สามารถดึงข้อมูลจากในระบบได้โดยตรงทำให้มีขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนและมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาด

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์ และฐานข้อมูลการจัดการ โครงแบบในการบันทึกการรับแจ้งปัญหาโดยไม่มีข้อจำกัดด้านเครือข่ายในการเข้าถึงระบบ เนื่องจากระบบถูกพัฒนาบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานระบบได้โดยตลอดเวลา อีกทั้งมีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลให้รองรับในส่วนของการออกรายงานประจำเดือน เพื่อลดขั้นตอนการทำงานเนื่องจากระบบเดิมไม่สามารถเรียกดึงข้อมูลการออกรายงานจากฐานข้อมูลได้ และลดความผิดพลาดในการดำเนินงานของระบบงานในปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการ โครงแบบ ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น และสามารถรับแจ้ง ติดตามปัญหาพร้อมทั้งรองรับการออกรายงานทุกโครงการภายในหน่วยงาน

3. แนวคิด ทฤษฎี และระบบงานที่เกี่ยวข้อง

การปฏิบัติการกระบวนการจัดการ โครงแบบ (Configuration Management) เป็นกระบวนการสำหรับการบริหารจัดการทรัพย์สินต่างๆที่ใช้ในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (Components of ICT Infrastructure) รวมถึงการสร้างและปรับปรุงฐานข้อมูลสำหรับบันทึกข้อมูลรายละเอียดของทรัพย์สินและองค์ประกอบต่างๆ หรือที่เรียกว่า Configuration Item หรือ CI พร้อมทั้งกำหนดความสัมพันธ์ ระหว่าง CI และเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยทำการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ในฐานข้อมูลซึ่งเรียกว่า Configuration Management Database หรือ CMDB ประโยชน์ของ CMDB ในการแก้ไข Incident และ Problem คือ 1) ให้ข้อมูลด้านเทคนิคที่เป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ของสำนักคอมพิวเตอร์ 2) ทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่าง CI และมองเห็นภาพรวมของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไข Incident และ Problem 3) ให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้วางแผนเพื่อเปลี่ยนแปลงระบบ/อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ 4) ทำให้มีฐานข้อมูลกลางสำหรับจัดเก็บข้อมูล CI เพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ และปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัย และถูกต้องแม่นยำ (สมบุญ นิลพุ่มขจร, 2553)

ระบบติดตามประเด็น (Issue tracking system: ITS) เป็นระบบการจัดการข้อมูล หรือการรับแจ้งปัญหาของลูกค้านำซึ่งทำให้สะดวกในการควบคุมการดำเนินงานภายในองค์กรได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น เมื่อ Agent ได้รับ ปัญหา สามารถทำปัญหาจัดตั้งเป็น Ticket ไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือ ส่ง e-mail ไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องได้ และยังสามารถ บริหารวิธีการ เวลา รูปแบบ บุคลากร ในการแก้ไขปัญหาอย่างบูรณาการและเป็นระบบ โดยมีรายงานจากระบบอย่างเหมาะสม ที่จะช่วยให้บุคลากร หัวหน้างาน ผู้บริหาร ทราบถึงงานของบุคลากร รูปแบบ ปัญหา และวิธีการแก้ไขปัญหาของบุคลากรและทีมงาน (kenmore design, 2558)

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System analysis and Design) เป็นการศึกษา วิเคราะห์ และแยกแยะถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ พร้อมทั้งเสนอแนวทางแก้ไขตามความต้องการของผู้ใช้งานและความเหมาะสมต่อสถานะทางการเงินขององค์กร การออกแบบระบบ (System Design) คือ การสร้างแบบพิมพ์เขียวของระบบใหม่ตามความต้องการในเอกสารความต้องการระบบ กำหนดสิ่งที่จำเป็น เช่น อินพุต เอาท์พุต ส่วนต่อประสานผู้ใช้ และการประมวลผล เพื่อประกันความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องแม่นยำ การบำรุงรักษาได้ และความปลอดภัยของระบบ นอกจากนี้การออกแบบระบบเป็นวิธีการออกแบบ และกำหนดคุณสมบัติทางเทคนิคโดยนำระบบคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาที่ทำการวิเคราะห์มาแล้ว (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555)

วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) เป็น กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแก้ปัญหาทางธุรกิจและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ โดยระบบที่จะพัฒนานั้น อาจเริ่มด้วยการพัฒนาระบบใหม่เลยหรือนำระบบเดิมที่มีอยู่แล้วมาปรับเปลี่ยน ให้ดียิ่งขึ้น ภายในวงจรนี้จะแบ่งกระบวนการพัฒนาออกเป็นระยะ (Phases) ได้แก่ ระยะการวางแผน (Planning Phase) ระยะการวิเคราะห์ (Analysis Phase) ระยะการออกแบบ (Design Phase) และ ระยะการสร้างและพัฒนา (Implementation Phase) โดยแต่ละระยะจะ ประกอบไปด้วยขั้นตอน (Steps) ต่างๆ แตกต่างกันไปตาม Methodology ทำให้สามารถควบคุมระยะเวลาและงบประมาณในการปฏิบัติงานของโครงการพัฒนาระบบได้ (ประธาน คำนสกุลเจริญกิจ, 2556)

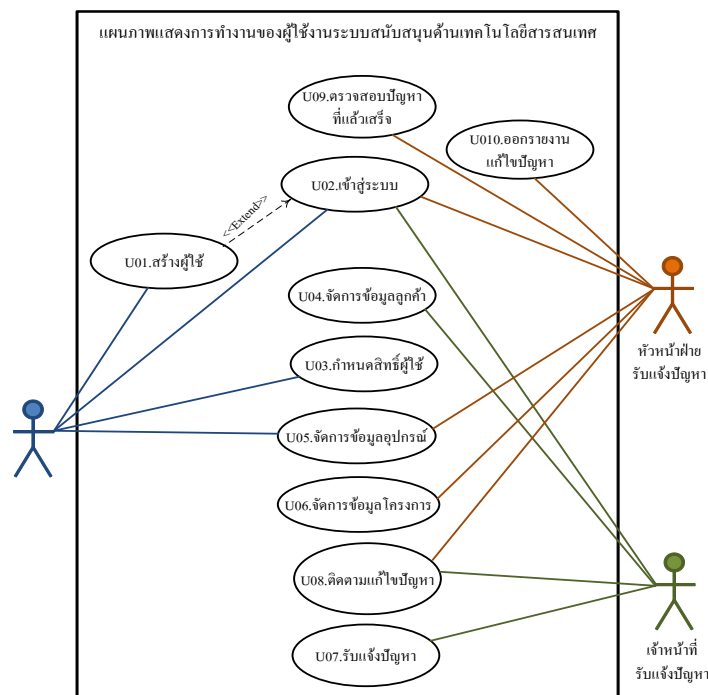
การโปรแกรมเชิงวัตถุ และยูเอ็มแอล (UML - Unified Modeling Language) เป็นเครื่องมือใหม่ที่ได้รับ การยอมรับเพิ่มขึ้นตลอดเวลา เริ่มประยุกต์ใช้กับระบบงานมากขึ้น เพราะเป็นเครื่องมือที่มีความหลากหลายในการ

แสดงแบบซอฟต์แวร์ เป็นโมเดลมาตรฐานที่ใช้หลักการออกแบบ OOP (Object Oriented Programming) รูปแบบของภาษามี Notation เป็นสัญลักษณ์สำหรับสื่อความหมาย มีกฎระเบียบที่มีความหมายต่อการเขียนโปรแกรม (Coding) ดังนั้นการใช้ UML จะต้องทราบความหมายของ Notation เช่น generalize, association, dependency, class และ package สิ่งเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการตีความการออกแบบ ก่อนนำไป Implement ระบบงานจริง (กิตติ ภัคดิวัฒน์กุล, 2552)

ภาษาซีชาร์ป (c#) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ประเภท object-oriented programming พัฒนาโดย Microsoft โดยมีจุดมุ่งหมายในการรวมความสามารถคำนวณของ C++ ด้วยการโปรแกรมง่ายกว่าของ Visual Basic โดย C# มีพื้นฐานจาก C++ และเก็บส่วนการทำงานคล้ายกับ Java ซึ่ง ภาษา C# ได้รับการออกแบบให้ทำงานกับ .NET platform ของ Microsoft จุดมุ่งหมายคือ อำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนสารสนเทศและบริการผ่านเว็บ และทำให้ผู้พัฒนาสร้างโปรแกรมประยุกต์ในขนาดกระทัดรัด (siamthblog, 2558)

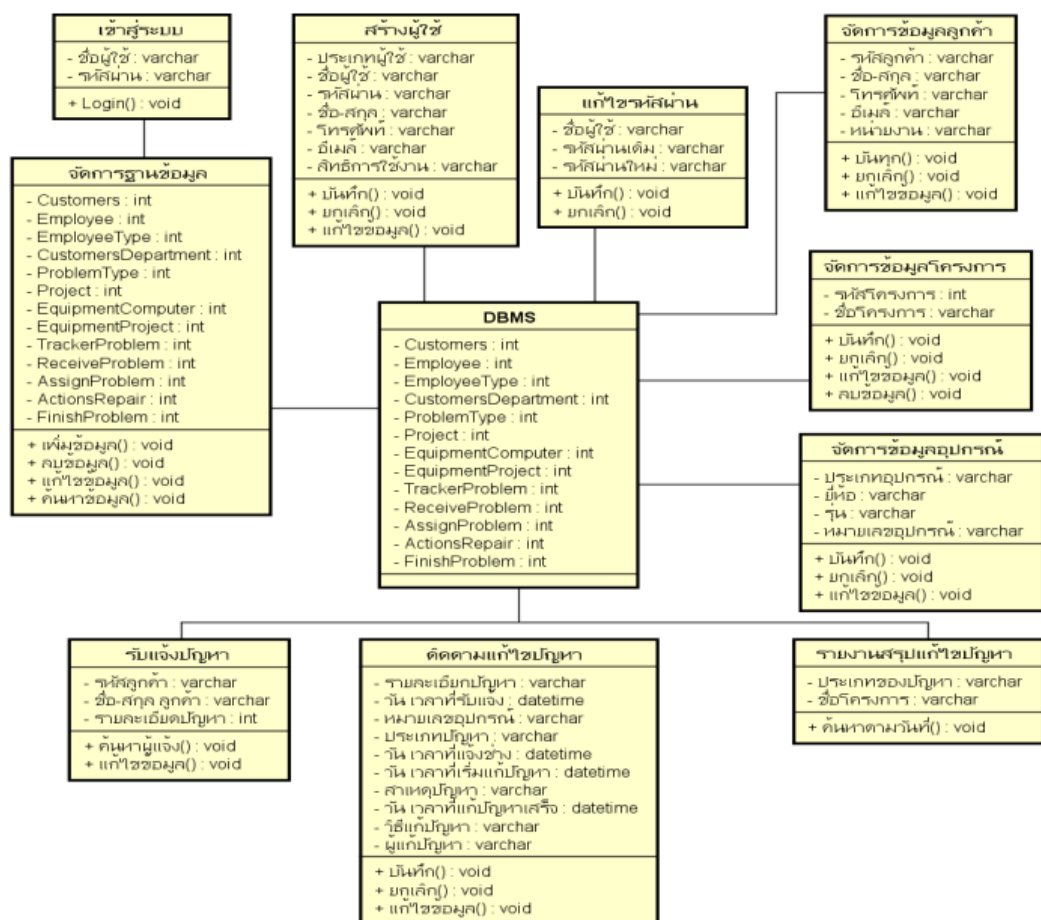
ไมโครซอฟท์ เอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์(Microsoft SQL_Server) คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database management system หรือ RDBMS) ผลิตโดยบริษัท Microsoft เป็นระบบฐานข้อมูลแบบ Client/Server และรันอยู่บน Window NT ซึ่งใช้ภาษา T-SQL ในการดึงเรียกข้อมูล ด้วยเหตุที่ข้อมูลส่วนใหญ่ทั่วโลกเก็บไว้ในเครื่องที่ใช้ Microsoft Windows เป็น Operating System จึงทำให้เป็นการง่ายต่อ Microsoft SQL ที่จะนำ ข้อมูลที่อยู่ในรูป Windows Based มาเก็บและประมวลผล และ ประกอบกับการที่ราคาถูกและหาง่าย จึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ Microsoft SQL จึงเป็นระบบฐานข้อมูลที่มีจะถูกเลือกใช้ (mindphp, 2555)

4. วิธีการดำเนินการศึกษา



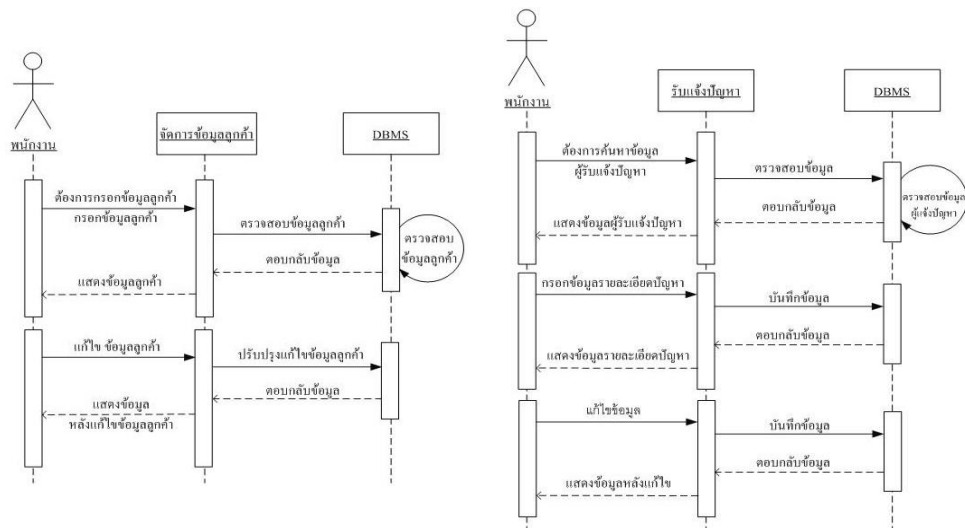
ภาพประกอบที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการโครงการ

ในการดำเนินการศึกษา ระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์ และฐานข้อมูลการจัดการ โครงแบบกรณีศึกษาบริษัท ขิยอินชอย จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการ โครงแบบ ให้มีแนวทางที่ถูกต้องรวดเร็ว ลดขั้นตอนการปฏิบัติงานในการออกรายงานประจำเดือน และ ข้อจำกัดด้านเครือข่ายในการเข้าถึงระบบ รวมถึงการออกแบบฐานข้อมูล (Database System) เพื่อรองรับการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ในการพัฒนาระบบ โดยนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) ช่วยให้จัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ (เทพทฤษฎี บัณฑิต วัฒนาวงศ์, 2554) ออกแบบระบบโดยทฤษฎีการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System analysis and Design) ตามแนวทางความต้องการของผู้ใช้งานระบบ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555) โดยมีการใช้ภาษา UML (Unified Modeling Language) ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพ Use Case Diagram (กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล, 2552) แสดงขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของระบบ โดยแต่ละบุคคลจะมีขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกันดังภาพประกอบ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ แผนภาพคลาส (Class Diagram) แสดงองค์ประกอบที่มีในแต่ละหน้าเว็บเพจ ดังภาพประกอบ 2 แผนภาพคลาสของระบบ



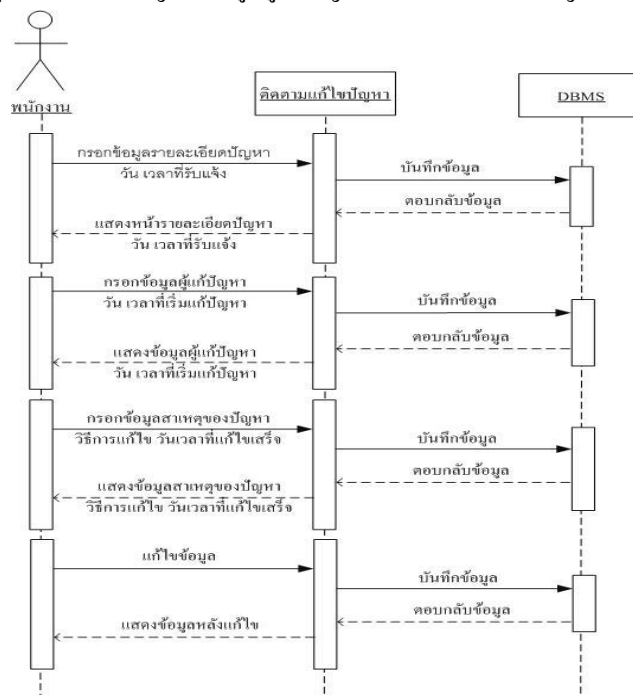
ภาพประกอบที่ 2 แผนภาพคลาสของระบบ

แผนภาพซีเควนซ์ (Sequence Diagram) อธิบายการทำงานของ Use Case ซึ่งจะแสดงขั้นตอนการทำงาน และลำดับของการสื่อสารที่ประกอบไปด้วย Class หรือ Object เพื่อแสดงลำดับเวลาแสดงกิจกรรมที่เกิดขึ้นในระบบดังภาพประกอบ 3 (ซ้าย) แผนภาพซีเควนซ์การจัดการข้อมูลลูกค้า แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงานในการเพิ่มข้อมูลลูกค้า แสดง/แก้ไขข้อมูล สถานที่หน่วยงานลูกค้า และภาพประกอบ 3 (ขวา) แผนภาพซีเควนซ์การรับแจ้งปัญหา แสดงขั้นตอนและลำดับการทำงาน ขั้นตอนการรับแจ้งปัญหาโดยค้นหาข้อมูลผู้แจ้งปัญหา และบันทึกรายละเอียดของปัญหา



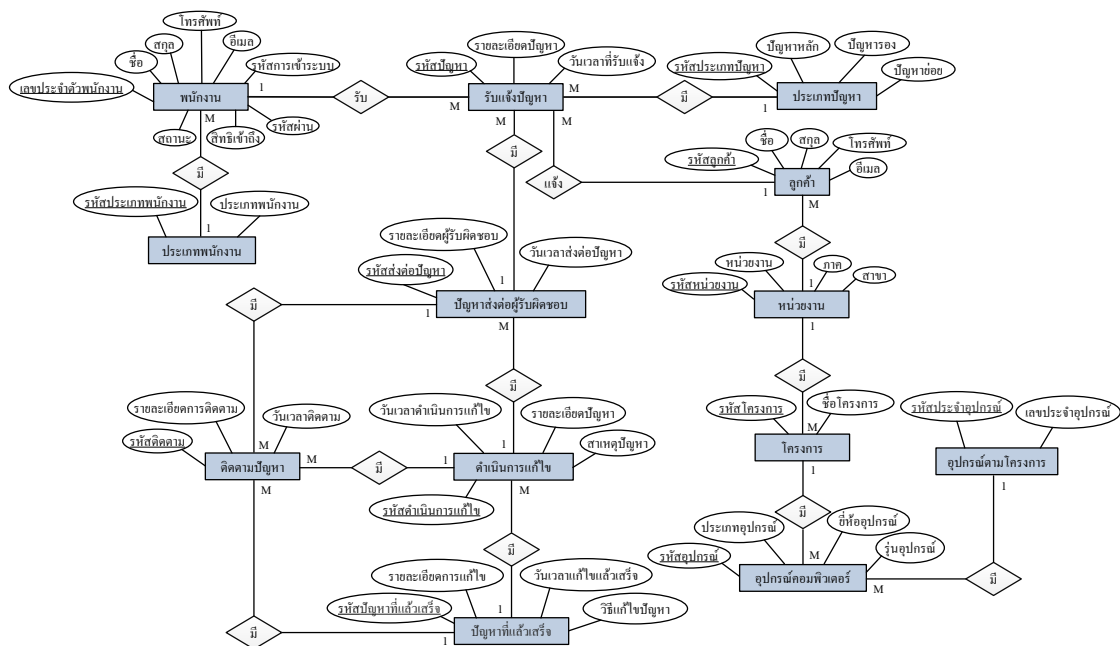
ภาพประกอบ 3 แผนภาพซีเควนซ์จัดการข้อมูลลูกค้า (ซ้าย) แผนภาพซีเควนซ์การรับแจ้งปัญหา (ขวา)

ภาพประกอบ 4 แผนภาพซีเควนซ์การติดตามแก้ไขปัญหา ซึ่งแสดงปัญหาที่อยู่ระหว่างดำเนินการ แสดงขั้นตอนการบันทึกข้อมูลรายละเอียดปัญหา ข้อมูลผู้แจ้งปัญหา และวิธีการแก้ไขปัญหา



ภาพประกอบ 4 แผนภาพซีเควนซ์การติดตามแก้ไขปัญหา

ผู้ศึกษาได้ออกแบบแผนภาพอีอาร์ (E-R Diagram) (ประธาน ด้านสกุลเจริญกิจ, 2556) ซึ่งแสดงโครงสร้างของฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ของข้อมูล ประกอบด้วย เอนทิตี (Entity) แอททริบิวต์ (Attribute) และความสัมพันธ์ (Relationship) ดังภาพประกอบที่ 5 แผนภาพอีอาร์ของระบบโดยสัญลักษณ์ขีดเส้นใต้หมายถึงกุญแจหลัก (Primary Key) ของตารางความสัมพันธ์ หลังจากผู้ศึกษาได้พัฒนาระบบแล้วจึงนำระบบไปติดตั้งให้บริการบนบริการโครงสร้างพื้นฐานคลาวด์



ภาพประกอบที่ 5 แผนภาพอีอาร์ของระบบ

5. ผลการศึกษา

ภาพประกอบ 6 แสดงหน้าจอการรับแจ้งปัญหา ซึ่งสามารถค้นหาข้อมูลของลูกค้าที่แจ้งปัญหาจาก ชื่อ นามสกุล และรหัสลูกค้า



YIP IN TSOI
THE TOTAL IT SOLUTIONS PROVIDER

ระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการของฟิวด์คราฟต์และฐานข้อมูลการจัดการโครงการบน

AN INFORMATION TECHNOLOGY SUPPORT SYSTEM BASED ON SOFTWARE-AS-A-SERVICE AND CONFIGURATION MANAGEMENT DATABASE

Welcome,
admin

▼

ผู้ดูแลระบบ ▼

ข้อมูลลูกค้า ▼

โครงการ ▼

ข้อมูลอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ▼

งานแจ้งปัญหา ติดตามแก้ไขงาน ▼

🏠 Home > เห็นโครงการ

ค้นหาผู้แจ้งปัญหา

รหัสลูกค้า

ชื่อ

หรือชื่อ

นามสกุล

ค้นหา

รหัสผู้ใช้	ชื่อ-นามสกุล	หน่วยงาน / บริษัท
เลือก CUS0005	หรือชื่อ พลสามพรต	บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)/ภาคกลาง/นนทบุรี

ภาพประกอบที่ 6 หน้าจอร์ับแจ้งปัญหา

ภาพประกอบ 7 แสดงหน้าจอปัญหาอยู่ระหว่างดำเนินการ เมื่อทำการส่งต่อปัญหาให้ผู้รับผิดชอบแล้ว ผู้แก้ปัญหาจะทำการวิเคราะห์ปัญหา จากนั้นจะแจ้งสาเหตุของปัญหา ให้กับผู้รับแจ้งปัญหาเพื่อลงบันทึก

The screenshot displays the YIP IN TSO! IT Support System interface. The header includes the logo and the text "AN INFORMATION TECHNOLOGY SUPPORT SYSTEM BASED ON SOFTWARE-AS-A-SERVICE AND CONFIGURATION MANAGEMENT DATABASE". The left sidebar contains navigation options like "Home", "ปัญหาอยู่ระหว่างดำเนินการ", "รายงานปัญหา", "รายงานการปิดปัญหา", "รายงานการส่งต่อปัญหา", "รายงานการแจ้งปัญหา", "รายงานการแจ้งว่าเสร็จสิ้น", and "กำหนดสิทธิ์ใช้งาน". The main content area shows a "รายละเอียดเครื่องคอมพิวเตอร์" (Computer Details) table with columns for COMPONENT, MODEL/BRAND, SERIAL, STICKER, and สถานที่ตั้ง บริษัท. Below this is a "รายละเอียดปัญหา" (Problem Details) section with tabs for HARDWARE, SOFTWARE, and NETWORK. The "รายละเอียดการติดตามปัญหา หรือการแก้ไข" (Problem Tracking or Solution) section shows a timeline of updates. The first update is from 09/05/2559 9:15 AM, and the second is from 09/05/2016 10:00 AM, both by admin admin. The "เวลาที่แจ้งเข้า" (Time Reported) is 09/05/2016 09:15 AM, and the "เวลาที่เริ่มแก้ปัญหา" (Time Started Solving) is 09/05/2016 11:45 PM. The "ผู้แจ้งปัญหา" (Reporter) is ธีรพงศ์ วงศ์สิงห์, and the "หมายเลขโทรศัพท์" (Phone Number) is 0927271661. The "สาเหตุปัญหา" (Cause of Problem) is System Board #15 Fail (S/N:0649AAB625).

ภาพประกอบที่ 7 หน้าจอปัญหาอยู่ระหว่างดำเนินการ

ภาพประกอบ 8 หน้าจอปัญหาที่แจ้งว่าแล้วเสร็จ หลังจากผู้แก้ปัญหาได้แก้ปัญหาเสร็จสิ้น จะทำการแจ้งการแก้ไขปัญหาให้กับ ผู้รับแจ้งปัญหาเพื่อลงบันทึก

YIP IN TSOI
THE TOTAL IT SOLUTIONS PROVIDER

ระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์และฐานข้อมูลการจัดการโครงข่าย
AN INFORMATION TECHNOLOGY SUPPORT SYSTEM BASED ON SOFTWARE-AS-A-SERVICE AND CONFIGURATION MANAGEMENT DATABASE

Welcome, admin

Home > ปัญหาที่แจ้งว่าแล้วเสร็จ

รายละเอียดเครื่องคอมพิวเตอร์

Serial: [] Sticker: [] ค้นหา

COMPONENT	MODEL/BRAND	SERIAL	STICKER	สถานที่ตั้ง บริษัท
SERVER	SERVER/SUN	0810MM2072	510108002	บริษัท สภา โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)/ภาคกลาง/บม.บมทป

รายละเอียดปัญหา

HARDWARE > SOFTWARE > NETWORK

ประเภทปัญหา: HARDWARE / SERVER / SYSTEM BOARD

รายละเอียดของปัญหา: User แจ้งว่า Server Sunfire e25k Domain I Interconnect (pint2) System Board #15 Fail

รายละเอียดการติดตามปัญหา หรือการแก้ไข

วัน/เวลา	รายละเอียด	ชื่อ
09/05/2559 9:15 AM	แจ้งช่างด้านบริการตรวจสอบ	admin admin
09/05/2559 10:00 AM	SD ไม่เห็นแจ้งจากช่าง ทราบว่า สาเหตุ System Board Fail (S/N:0649AAB625) - ช่างทำการเปลี่ยน System Board ใหม่ (S/N:0726AADE06) - เจ้าหน้าที่ตรวจสอบ Server สามารถใช้	admin admin
09/05/2016 12:00 AM	SD ติดต่อขอพรอี่ พอสถานการณ์คลี่คลายการแก้ไขปัญหา เจ้าหน้าที่แจ้งว่า ช่างได้เข้าดำเนินการแก้ไขปัญหาให้เรียบร้อยแล้ว และ Server สามารถใช้งานปกติ	admin admin

เวลาที่แจ้งช่าง: 09/05/2016 09:15 AM ผู้รับแจ้งปัญหา: admin admin

เวลาที่เริ่มแก้ปัญหา: 09/05/2016 10:00 AM

เวลาที่แก้ปัญหาเสร็จ: 09/05/2016 11:45 AM

ผู้แก้ปัญหา: [] หมายเลขโทรศัพท์: 0927271661

สาเหตุปัญหา: System Board #15 Fail (S/N:0649AAB625)

การแก้ไขปัญหา: แก้ไขโดยการเปลี่ยน System Board ใหม่ (S/N:0726AADE06) - เจ้าหน้าที่ตรวจสอบ Server สามารถใช้งานปกติ

ภาพประกอบที่ 8 หน้าจอปัญหาที่แจ้งว่าแล้วเสร็จ

ภาพประกอบ 9 หน้าจอปัญหาที่เสร็จสิ้น ซึ่งตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมดได้จากหน้าจอนี้ โดยบอกถึงข้อมูลผู้แจ้งปัญหา ผู้รับแจ้งปัญหา รายละเอียดของปัญหา สาเหตุของปัญหาและ วิธีการแก้ปัญหา

YIP IN TSOI
THE TOTAL IT SOLUTIONS PROVIDER

ระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์และฐานข้อมูลการจัดการโครงข่าย
AN INFORMATION TECHNOLOGY SUPPORT SYSTEM BASED ON SOFTWARE-AS-A-SERVICE AND CONFIGURATION MANAGEMENT DATABASE

Welcome, admin

Home > Label

รายละเอียดปัญหาที่เสร็จสิ้น

เวลาที่ปัญหา 8

วัน - เวลาที่แจ้ง	วัน - เวลาที่แจ้งผู้รับแจ้ง	วัน - เวลาที่เริ่มแก้ปัญหา	วัน - เวลาที่แก้ปัญหาเสร็จ	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา
05/09/2559, 09:00:00	05/09/2559, 09:15:00	05/09/2559, 10:00:00	05/09/2559, 11:45:00	1:45:00

รายละเอียดผู้แจ้งปัญหา

แจ้งปัญหา: CUS0005 ชื่อ - นามสกุล: พรชัย พงษ์สาร

โทรศัพท์: 021047410 E-Mail: prongchai.po@cattelecom.com

หน่วยงาน: บริษัท สภา โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)/ภาคกลาง/บม.บมทป

โครงการ: โครงการนำร่องระบบการเชื่อมต่อระบบ Integrated Billing and Customer Service System

COMPONENT	MODEL/BRAND	SERIAL	STICKER	สถานที่ตั้ง บริษัท
SERVER	SERVER/SUN	0810MM2072	510108002	บริษัท สภา โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)/ภาคกลาง/บม.บมทป

รายละเอียดปัญหา

ผู้แจ้งปัญหา: admin admin โทรศัพท์: 0927271661

ผู้แก้ปัญหา: [] โทรศัพท์: []

ประเภทปัญหา: HARDWARE / SERVER / SYSTEM BOARD

รายละเอียดของปัญหา: User แจ้งว่า Server Sunfire e25k Domain I Interconnect (pint2) System Board #15 Fail

สาเหตุปัญหา: System Board #15 Fail (S/N:0649AAB625)

การแก้ไขปัญหา: แก้ไขโดยการเปลี่ยน System Board ใหม่ (S/N:0726AADE06) - เจ้าหน้าที่ตรวจสอบ Server สามารถใช้งานปกติ

รายละเอียดการติดตามปัญหา ซ่อมแซมแก้ไข

วัน / เวลา	รายละเอียด	ชื่อ
05/09/2559 09:15:00	แจ้งช่างด้านบริการตรวจสอบ	admin admin
05/09/2559 10:00:00	SD ไม่เห็นแจ้งจากช่าง ทราบว่า สาเหตุ System Board Fail (S/N:0649AAB625) - ช่างทำการเปลี่ยน System Board ใหม่ (S/N:0726AADE06) - เจ้าหน้าที่ตรวจสอบ Server สามารถใช้งานปกติ	admin admin
05/09/2559 12:00:00	SD ติดต่อขอพรอี่ พอสถานการณ์คลี่คลายการแก้ไขปัญหา เจ้าหน้าที่แจ้งว่า ช่างได้เข้าดำเนินการแก้ไขปัญหาให้เรียบร้อยแล้ว และ Server สามารถใช้งานปกติ	admin admin

ภาพประกอบที่ 9 หน้าจอปัญหาที่เสร็จสิ้น

ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการโครงการ: กรณีศึกษาบริษัท ขิบบินชอย จำกัด โดยได้ทำการสำรวจข้อมูลจาก พนักงานบริษัทขิบบินชอย ตำแหน่งงาน Help Desk จำนวน 10 คน มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.51$, S.D. = 2.95) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการโครงการ: กรณีศึกษาบริษัท ขิบบินชอย จำกัด

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.20	0.74	ดี
ความสะดวกในการใช้งานของระบบ	4.40	0.80	ดี
ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	4.10	2.34	ดี
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบ	4.40	1.49	ดี
ความสามารถของระบบในการนำไปใช้ประโยชน์	3.90	2.34	ดี
ความถูกต้องของการผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	4.60	1.15	ดีมาก
ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ	3.80	2.80	ดี
รวม	3.51	2.95	ดี

6. สรุปผลการศึกษา

ระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการโครงการ กรณีศึกษาบริษัท :ขิบบินชอย จำกัด สามารถรับแจ้งและ ติดตามปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ บริการได้สะดวก รวดเร็ว ถูกต้องโดยมีการบริหารจัดการด้วยฐานข้อมูล สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าทำให้องค์กรมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจโดยกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาระบบสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศบนฐานบริการซอฟต์แวร์คลาวด์และฐานข้อมูลการจัดการโครงการ: กรณีศึกษาบริษัท ขิบบินชอย จำกัด สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาบริการสำหรับใช้กับหน่วยงานอื่นเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการให้บริการลูกค้าของแต่ละไซต์หน่วยงาน

8. รายการอ้างอิง

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. 2549. **คัมภีร์ระบบสารสนเทศ Information systems**. กรุงเทพฯ: เลทีพี คอมพ์ แอนด์

คอนซัลท์

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. 2552. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย UML**. กรุงเทพฯ : เลทีพี.

เทพฤทธิ์ บัณฑิตพัฒนวงศ์. 2554. วิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล **DATABASE DESIGN**. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

ประธาน ด้านสกุลเจริญกิจ. 2556. **Systems Development Life Cycle**. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน 2559, จาก <http://www.swpark.or.th/sdlcproject/index.php>

โอกาส เอี่ยมศิริวงศ์. 2555. การวิเคราะห์ และ ออกแบบระบบ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

IT24Hrs. 2558. **Cloud Computing**. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2559, จาก <http://www.it24hrs.com/2015/cloud-computing-and-cloud-definition/>

Kenmoredesign. 2558. **Ticket System**. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2559, จาก <http://th.kenmoredesign.com/solutions/ticket-system/>

Slideplayer. 2553. **Configuration Management Procedure**. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2559, จาก <http://slideplayer.in.th/slide/2143575/.com>