

**การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติ (4 ON)
ตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19)**

**DEVELOPMENT OF A BLENDED INSTRUCTIONAL MANAGEMENT MODEL OUTLINE
FOR PRACTICAL TEACHING (4 ON) ACCORDING TO NEW NORMAL LIFE FROM
THE SPREAD OF INFECTIOUS DISEASES OF THE CORONAVIRUS (COVID-19)**

สรชัย ชวรางกูร^{*1}, สุวุฒิ ตุ่มทอง¹, ณพงค์ วรรณพิรุณ¹, ชัชฎา ชวรางกูร¹

อชิษฐ์ คุเจริญถาวร¹

Sorrachai Shawarangkoon^{*1}, Suwut Tumthong¹, Naphong Wannapiroon¹,

Chatchada Chawarangkoon¹, Atis kucharoenthavorn¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

¹ Faculty of science and technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

^{*} E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): Sorrachai.s@rmutsb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) มีวิธีการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ 1) กำหนดกรอบแนวคิด 2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี 3) ยกย่องรายละเอียดรูปแบบ 4) สอนทบทวนเพื่อวิพากษ์รูปแบบ และ 5) ประเมินรับรองรูปแบบ งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านรูปแบบการสอน การสอนทางไกล และคอมพิวเตอร์ศึกษา จำนวน 5 คน จากการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) และแบบประเมินรับรองรูปแบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) เป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน 2) บทบาทผู้สอน 3) บทบาทผู้เรียน 4) ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอน 5) วิธีการจัดการเรียนการสอน (4 ON) 6) การวัดและประเมินผล และ 7) ระบบการจัดการเรียนการสอน และผลการรับรองรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนการสอน, ภาคปฏิบัติ, ชีวิตปกติวิถีใหม่, โควิด-19

วันที่รับบทความ 2 กันยายน 2564

วันแก้ไขบทความ 18 ตุลาคม 2564

วันตอบรับบทความ 31 ธันวาคม 2564

ABSTRACT

The objective of this research was to development of blended instructional management model outline for practical teaching (4 On) according to new normal life from the spread of infectious diseases of the Coronavirus (COVID-19). The methods for conducting research are 1) setting up a conceptual framework, 2) studying concepts and theories, 3) specifying details of the pattern, 4) focus groups to criticize the model outline, and 5) Evaluating to approve the model outline. This research collected quality and quantity data from 5 experts in instructional management model outline, distance learning and computer education from purposive sampling method. The research tool comprises of blended instructional management model for practical teaching (4 On) according to new normal life from the spread of infectious diseases of the Coronavirus (COVID-19) and evaluation form to approve the model. The data analysis were elementary statistics include the mean, and standard deviation. The results of the research showed that: the instructional management models consisted of 1) the goals of instructional management model. 2) the role of the instructor, 3) the role of the learner, 4) the instructional activity process, 5) the instructional management method (4 ON), 6) the evaluation, and 7) the instructional management system and the approve of the developed instructional management model in a good level.

Keywords: instructional management model, practical teaching, new normal life, COVID-19

1. บทนำ

สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรค โควิด-19 (Covid-19) เป็นโรคอุบัติใหม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและเศรษฐกิจสังคมของมนุษยชาติอย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการจัดการกับปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยการประมวลผลความรู้ใหม่และประยุกต์องค์ความรู้ที่มีอยู่กับข้อมูลใหม่เพื่อแก้ไขข้อจำกัดทางทรัพยากรและบริบททางสังคมของประเทศไทยตลอดกระบวนการ ตั้งแต่การคัดกรองและวินิจฉัยโรค การกักตัวไปจนกระทั่งการรักษา ทำให้มีแนวคิด งานวิจัยและนวัตกรรมมากมายเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อปัญหาการขาดแคลนทรัพยากร การศึกษาทั่วประเทศก็ได้รับผลกระทบจากโรคระบาดเช่นกัน สถาบันการศึกษาได้เปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ซึ่งการปรับรูปแบบระบบการเรียนการสอนอย่างกะทันหัน ทำให้บุคลากรและนักศึกษาต้องปรับตัวให้ทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น การสร้างมาตรการการเรียนการสอนในช่วงที่ยังต้องป้องกันการเกิดการแพร่ระบาดของโรค ให้ผู้สอนและผู้เรียนสามารถทำงานและดำรงชีวิตได้อย่างปลอดภัย โดยที่ยังคงมาตรฐานทางการศึกษา

ผู้วิจัยเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีมีัลติมีเดีย เน้นให้นักศึกษามีทักษะทางปฏิบัติ โดยชื่อปริญญา คือ เทคโนโลยีบัณฑิต ที่ลักษณะชื่อปริญญาเป็นหลักสูตรปฏิบัติการ ตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยี พ.ศ. 2560 [1] ได้ให้คำนิยามของเทคโนโลยีบัณฑิตว่า “เป็นสาขาวิชาเทคโนโลยี เป็นสาขาวิชาที่มีลักษณะเป็นหลักสูตร แบบพหุวิทยาการ

(Multidisciplinary) ซึ่งมีการนำวิทยาศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้พัฒนาความรู้และทักษะเชิงปฏิบัติการเพื่อสร้างความชำนาญการเฉพาะทาง และเป็นประโยชน์ในการดำเนินงานด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต เป็นการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผลิตนักเทคโนโลยีระดับปริญญาตรีที่มีความรู้ความสามารถ และมีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง มีความรู้หลากหลายจากศาสตร์ต่างๆ มาผสมผสานเพื่อใช้ประโยชน์ในการดำเนินงาน ด้านเทคโนโลยีในลักษณะสหวิทยาการ บัณฑิตมีความสามารถด้านปฏิบัติงานที่นำความรู้ด้านทฤษฎีมาประยุกต์ และมีความสามารถพัฒนางานทางเทคโนโลยีในอุตสาหกรรม” บ่งบอกว่าหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีมีลตมีเดีย เป็นหลักสูตรที่เน้นการผลิตนักปฏิบัติตามปรัชญาที่ว่าของหลักสูตร [2] ที่ว่า “เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านเทคโนโลยีมีลตมีเดีย ที่มีความรู้ สมรรถนะและทักษะปฏิบัติการในการสร้างสรรค์งานมีลตมีเดีย มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่น ด้วยคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ ตอบสนองความต้องการของประเทศ” โดยที่ผ่านมามีการเรียนการสอน เป็นไปตามรูปแบบการสอนที่เน้นรูปแบบปฏิบัติ ในห้องปฏิบัติการต่างๆ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ห้องปฏิบัติการศิลปะและการออกแบบ ห้องสตูดิโอถ่ายภาพ และวีดิทัศน์ ห้องสตูดิโอบันทึกเสียง ห้องสตูดิโอสื่อเสมือนจริง โดยหลักสูตรใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (Active Learning) มุ่งเน้นถึงสมรรถนะ (Competency) ของนักศึกษา

ตามสถานการณ์โรคระบาดติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) ทำให้ผู้สอนและผู้เรียนต้องดำเนินชีวิต ตามชีวิตปกติวิถีใหม่ (New Normal) ซึ่งส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ผู้วิจัยซึ่งเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีมีลตมีเดีย ซึ่งเป็นหลักสูตรปฏิบัติการ จึงได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) สำหรับเป็นรูปแบบในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ในช่วงสังคมไทยต้องปรับการดำเนินชีวิตตามปกติวิถีใหม่ โดยการใช้เทคโนโลยี และแนวปฏิบัติต่างๆ โดยคำนึงถึงระยะห่างทางสังคม โดยที่ยังคงคุณภาพทางการศึกษาเพื่อให้นักศึกษายังเกิดสมรรถนะตามมาตรฐานที่หลักสูตรคาดหวัง

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ชีวิตปกติใหม่ (New Normal) จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) [3] ได้แก่ ความหมายของชีวิตปกติวิถีใหม่ ลักษณะของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา มาตรฐานทางสาธารณสุข และแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามชีวิตปกติวิถีใหม่

2) แนวทางการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ [4] โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ การเรียนการสอนที่เน้นสมรรถนะ (Competency) การเรียนแบบลงมือทำ (Active Learning) การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (Integrated Instruction) การเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) รวมถึงรูปแบบการสอนที่เน้นการปฏิบัติ

3) เทคโนโลยีปัจจุบันในการเรียนการสอนออนไลน์ [5] ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอน เครื่องมือโปรแกรม ที่รองรับการเรียนการสอนในลักษณะต่างๆ ตามสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19)

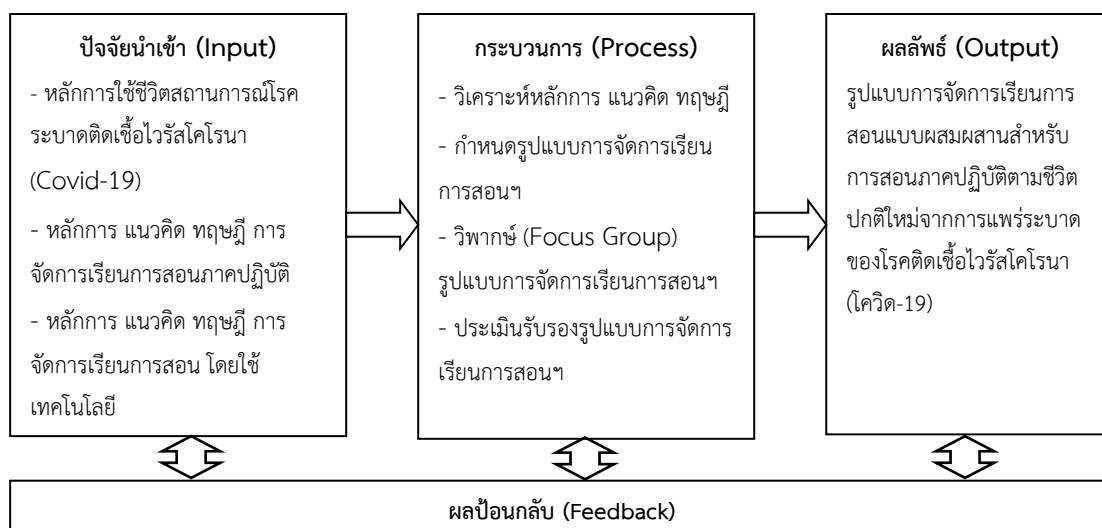
4) งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ นวัตกรรมการเรียนรู้สำหรับการศึกษาทางไกล การเรียนการสอนแบบออนไลน์ และการเรียนการสอนแบบผสมผสาน

3. วิธีการวิจัย

ร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

3.1 กำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีการเชิงระบบ โดยกำหนดปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์ และผลป้อนกลับ โดยกรอบแนวคิดในแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน

3.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเครื่องมือ ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ตามชีวิตปกติวิถีใหม่ (New Normal)

3.3 ยก่างกำหนดรายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน อันประกอบด้วย เป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอน วิธีการจัดการเรียนการสอน (4 ON) การวัดและประเมินผล และระบบการจัดการเรียนการสอน

3.4 จัดกิจกรรมสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อวิพากษ์ร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นยก โดยการรับฟังความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ศึกษา การสอนทางไกล และหลักสูตรและการสอนภาคปฏิบัติ จำนวน 5 ท่าน ประชุมวิพากษ์ร่วมกับอาจารย์ผู้สอน เพื่อนำผลที่ได้จากการวิพากษ์ไปปรับปรุงเพิ่มเติมให้เหมาะสม

3.5 ประเมินรับรองร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่ดำเนินการวิพากษ์รูปแบบประเมิน จำนวน 5 ท่านประเมิน โดยใช้แบบประเมินร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณคะแนน โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน และใช้เกณฑ์การแปลผลของซูกรี วงศ์รัตน์ [5] ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	4.50 – 5.00 หมายถึง	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	3.50 – 4.49 หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	2.50 – 3.49 หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.50 – 2.49 หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.00 – 1.49 หมายถึง	ต้องปรับปรุง

โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ผ่านการรับรองที่สามารถนำร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนไปใช้ในการทดลองหาประสิทธิภาพที่คะแนนเฉลี่ยระดับ 3.50 หรือแปลผลระดับดีขึ้นไป

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19)

4.1.1 เป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) เป็นแนวปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ในรูปแบบการสอนแบบบูรณาการ (Integrated Instruction) และเน้นผลลัพธ์เชิงสมรรถนะ (Competency) โดยบูรณาการการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานหลากหลายวิธี เพื่อรองรับชีวิตปกติวิถีใหม่ตามหลักการเว้นระยะห่างทางสังคม (Social Distance) และมาตรการทางสาธารณสุข

4.1.2 บทบาทผู้สอน

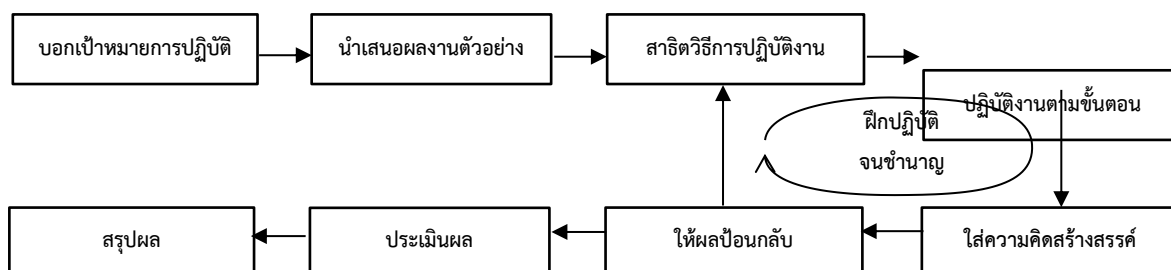
บทบาทผู้สอนในรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ต้องมีการเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน และมีทักษะในการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย โดยมีหน้าที่ในการเตรียมเนื้อหา สื่อ ประกอบ เตรียมความพร้อมของการจัดการเรียนการสอน จัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน และประเมินผลตามใบปฏิบัติงานและเกณฑ์การให้คะแนน

4.1.3 บทบาทผู้เรียน

บทบาทผู้เรียนในรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ต้องมีการเตรียมความพร้อมในการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีในการเรียน และมีความพร้อมในการเรียนที่มีรูปแบบการเรียนหลายรูปแบบผสมผสาน

4.1.4 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอน

กิจกรรมการเรียนการสอนภายในรูปแบบการจัดการเรียนการสอน เป็นการออกแบบตามเป้าหมายของรูปแบบที่เน้นเฉพาะการสอนภาคปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติ โดยมีขั้นตอนสำคัญจำนวน 8 ขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 2



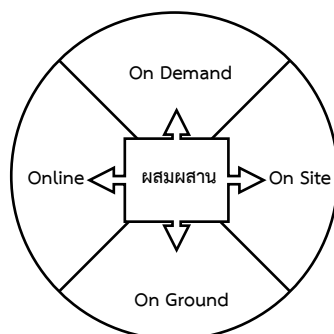
ภาพที่ 2 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอน

จากภาพที่ 2 รายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

- 1) ขั้นบอกเป้าหมายของการปฏิบัติ เป็นขั้นแรกของขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งเป็นการบอกถึงวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน
- 2) ขั้นนำเสนอผลงานตัวอย่าง เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนนำเสนอตัวอย่างผลงานในใบงาน หรือโครงการงานที่เสร็จสิ้นแล้วเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นผลลัพธ์จากการปฏิบัติงาน สามารถประยุกต์ใช้ในการทำงานในอนาคตได้อย่างไร
- 3) ขั้นสาธิตวิธีการปฏิบัติงาน เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนได้ทำการสาธิต วิธีการ คำสั่งการทำงาน หลักการ และขั้นตอนการทำงานตามใบปฏิบัติงานหรือโครงการงานเพื่อให้เกิดผลลัพธ์
- 4) ขั้นปฏิบัติงานตามขั้นตอน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานตามขั้นตอนของใบปฏิบัติงานหรือโครงการงาน และทำตามที่ผู้สอนที่สาธิต เพื่อให้เกิดผลลัพธ์เป็นผลงาน
- 5) ขั้นใ้ความคิดสร้างสรรค์ เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใ้ความคิดสร้างสรรค์ของตนเองลง ในผลงาน ซึ่งผลงานส่วนใหญ่ทางสาขาเทคโนโลยีมีลติมีเดีย จะที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของผลงานด้วย
- 6) ขั้นใ้ผลป้อนกลับ เป็นขั้นตอนที่เมื่อผู้สอนได้เห็นผลงานระหว่างเรียนหรือการส่งงาน โดยการให้ข้อเสนอแนะเป็นผลป้อนกลับไปยังผู้เรียน และเปิดโอกาสและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานเพิ่มเติม
- 7) ขั้นประเมินผล เป็นขั้นตอนประเมินผลงานหรือทดสอบผู้เรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) เพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนการสอน
- 8) ขั้นสรุปผล เป็นขั้นตอนการสรุปคะแนนของการปฏิบัติงาน รวมถึงการแจ้งผลคะแนน ว่าผ่านเกณฑ์หรือไม่ ซึ่งจะบอกถึงที่ได้ผลลัพธ์ของแต่ละใบปฏิบัติงาน โครงการงาน เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

4.1.5 วิธีการจัดการเรียนการสอน (4 On)

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เน้นวิธีการสอนแบบผสมผสานที่ส่งเสริมทักษะปฏิบัติการ 4 วิธี (4 On) ซึ่งทั้ง 4 วิธีต้องดำเนินการจัดให้เหมาะสมตามมาตรฐานความปลอดภัยทางสาธารณสุข โดยวิธีการจัดการเรียนการสอน ดังภาพที่ 3 โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3 แสดงวิธีการสอนในรูปแบบการจัดการเรียนการสอน

โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนมีรายละเอียดดังนี้

1) การประชุมสนทนาออนไลน์ (Online) เป็นวิธีการสอนระบบออนไลน์ โดยผู้สอนและผู้เรียน มีคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนการสอน และใช้ระบบอินเทอร์เน็ตในการเชื่อมต่อสื่อสาร เหมือนกับการประชุมทางไกล (Conference) โดยในงานวิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์ประเภทการประชุมผ่านเว็บและประชุมออนไลน์ (Web and Video Conferencing) เช่น Google Meet และ Zoom Meeting เป็นโปรแกรมให้ผู้สอนได้เลือกใช้ รวมถึงโปรแกรมเสริมอื่นๆ ข้อดีคือเป็นการใช้เทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน โดยไม่ต้องพบปะต่อหน้า และรองรับการเรียนการสอนออนไลน์ภาคปฏิบัติ ในเนื้อหาที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน แต่มีข้อจำกัดในส่วนของการตรวจสอบว่าผู้เรียนได้ปฏิบัติงานอยู่หรือไม่ รวมถึงข้อจำกัดขอความเร็วของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2) การเลือกศึกษาตามความต้องการ (On Demand) เป็นวิธีการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายประเภทหนึ่ง โดยมีการนำเนื้อหา สื่อนำเสนอและสื่อประกอบที่เหมาะสมกับเนื้อหา ให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการ หรืออาจจะใช้เป็นการทบทวนเพิ่มเติม ข้อดีคือผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาเนื้อหาและสื่อการสอน รวมถึงสามารถมอบหมายใบปฏิบัติงาน การส่งผลงาน กำหนดเกณฑ์การใช้คะแนน และข้อเสนอแนะต่างๆ จากผู้สอนไปยังผู้เรียนได้ แต่มีข้อจำกัดด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนน้อย อีกทั้งการศึกษาด้วยตนเองจำเป็นต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง

3) การเรียนในห้องปฏิบัติการ (On Site) เป็นวิธีการสอนในห้องปฏิบัติการปกติ ที่ผู้เรียนสามารถมีปฏิบัติงานโดยมีเครื่องมือที่เหมาะสมในการเรียน แต่ในสถานการณ์โรคระบาดที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีเครื่องมือ กฎเกณฑ์การใช้ห้องที่เพิ่มขึ้นตามลักษณะของห้องปฏิบัติการ เช่น การจำกัดผู้ใช้ห้องปฏิบัติการ การกำหนดตำแหน่งที่สอดคล้องกับการเว้นระยะห่าง การใส่เครื่องป้องกัน ข้อดีคือ ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงาน โดยการใช้เครื่องมือจริง และผู้สอนสามารถสังเกตพฤติกรรมและแนะนำผู้เรียนได้สะดวก แต่มีข้อจำกัด คือเป็นวิธีการสอนที่ผู้สอนและผู้เรียนพบปะต่อหน้า หากไม่กำกับถึงหลักทางสาธารณสุขอาจมีความเสี่ยงในติดโรคระบาดได้ โดยเฉพาะช่วงที่โรคระบาดมีความรุนแรง ไม่ควรให้วิธีนี้โดยปรับเปลี่ยนวิธีการสอนอื่นให้เหมาะสม

4) การเรียนนอกห้องเรียน (On Ground) เป็นวิธีการเรียนการสอนภายนอกห้องปฏิบัติการ เช่น การปฏิบัติงานในชุมชน การเรียนรู้ในที่โล่งแจ้ง ที่มีความปลอดภัยต่อการติดโรคระบาดมากกว่าการเรียนในห้องเรียนอีกด้วย ข้อดีคือ การเรียนในที่โล่งแจ้ง และเว้นระยะห่างที่เหมาะสม ค่อนข้างปลอดภัยจากการติดโรคระบาด อีกทั้งเป็นการกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจ โดยได้สัมผัสสถานที่ต่างๆ ภายนอกห้องเรียน แต่มีข้อจำกัด คือ วิธีการสอนที่มีข้อจำกัดด้านเวลา และเวลาปฏิบัติงานในสถานที่จริง จำเป็นต้องมีการควบคุมโดยผู้สอนให้มีความปลอดภัย

รวมถึงช่วงที่โรคระบาดมีความรุนแรง ไม่ควรใช้วิธีการสอนนอกห้องเรียนในสถานที่ ที่มีผู้คนจำนวนมาก เพราะอาจจะเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการติดโรคได้

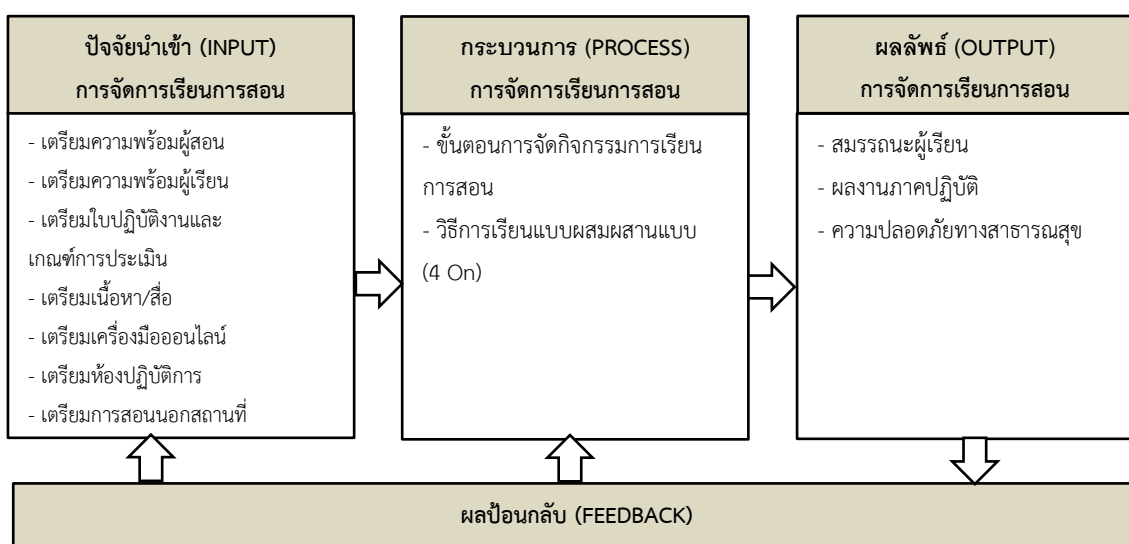
5) การผสมผสานวิธีการเรียนการสอนแบบ 4 On เนื่องจากวิธีการสอนทั้ง 4 วิธี มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้สอนต้องวิเคราะห์ถึงรายวิชา ใบปฏิบัติงาน สถานการณ์และความรุนแรงของโรคระบาด โดยแต่ละรายวิชาจะมีขั้นตอนการผสมผสานวิธีการเรียนการสอน ทั้ง 4 วิธี โดยผู้สอนจำเป็นต้องวิเคราะห์ผสมผสานวิธีการเรียนการสอนให้ผู้เรียนยังเกิดทักษะปฏิบัติการภายใต้ชีวิตปกติวิถีใหม่ (New Normal) เช่น บางชั่วโมงเรียนอาจจะสอนออนไลน์ บางชั่วโมงเรียนอาจจะแบ่งนักศึกษาเป็น 2 กลุ่มแล้วศึกษาออนไลน์ผสมกับในห้องปฏิบัติการ หรือบางชั่วโมงเรียนอาจจะใช้สลับกันมาเรียน หรือบางชั่วโมงเรียนเหมาะสำหรับการเรียนนอกห้องเรียน เป็นต้น

4.1.6 การวัดและประเมินผล

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ มุ่งเน้นการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ เพื่อให้เกิดมีสมรรถนะและผลงานของผู้เรียน โดยเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนได้แก่ ใบปฏิบัติงานย่อย หรือโครงการที่ใช้ในการบูรณาการความรู้ ซึ่งการวัดและประเมินผลจะต้องมีเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) ที่ชัดเจน ซึ่งประกอบด้วย หัวข้อในการใช้คะแนน น้ำหนักคะแนน มาตราให้คะแนน และมาตรฐานการให้คะแนน

4.1.7 ระบบการจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้กำหนดภาพรวมเพื่อเป็นการสรุปร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ โดยจัดระบบมาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้าการจัดการเรียนการสอน (Input) กระบวนการจัดการเรียนการสอน (Process) และมีผลลัพธ์การจัดการเรียนการสอน (Output) โดยระบบการจัดการเรียนการสอน แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ระบบการจัดการเรียนการสอน

ระบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย

1) ปัจจัยนำเข้า (Input) การจัดการเรียนการสอน หมายถึง การเตรียมความพร้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย เตรียมความพร้อมผู้สอน เตรียมความพร้อมเรียนเตรียมใบงานและเกณฑ์การประเมิน เตรียมเนื้อหาและสื่อประกอบ เตรียมเครื่องมือออนไลน์ เตรียมห้องปฏิบัติการ และเตรียมการสอนนอกสถานที่

2) กระบวนการ (Process) การจัดการเรียนการสอน ที่ใช้รูปแบบไปจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และวิธีการจัดการเรียนการสอน 4 วิธี (4 On)

3) ผลลัพธ์ (Output) การจัดการเรียนการสอน หมายถึง ผลลัพธ์ที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย สมรรถนะของผู้เรียน ผลงานภาคปฏิบัติ และ ความปลอดภัยทางสาธารณสุข

4) ผลป้อนกลับ (Feedback) คือผลการอภิปรายถึงจากผลลัพธ์ (Output) ของผู้เรียน ว่าควรนำมาปรับปรุงปัจจัยนำเข้า (Input) หรือ กระบวนการ (Process) การจัดการเรียนการสอนอย่างไรต่อไป

4.2 ผลการประเมินรับรองร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ตามชีวิตปกติวิถีใหม่ (New Normal) เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติการ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โดยผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากผู้วิจัยได้พัฒนาร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ภาคปฏิบัติ ตามชีวิตปกติวิถีใหม่ (New Normal) เพื่อส่งเสริมทักษะปฏิบัติการ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินเพื่อรับรองร่างรูปแบบ โดยใช้แบบประเมินร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ได้ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินรับรองร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
1. ความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นภาคปฏิบัติ	4.40	0.55	ดี
2. ความเหมาะสมของการมุ่งเน้นการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (Active Learning)	4.00	1.00	ดี
3. ความเหมาะสมของการมุ่งเน้นถึงสมรรถนะ (Competency) ของนักศึกษา	4.20	0.84	ดี
4. ความเหมาะสมของการเน้นการสอนแบบบูรณาการ (Integrated Instruction)	4.20	0.45	ดี
5. ความเหมาะสมของระบบการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติโดยรวม	4.00	0.00	ดี
6. ความเหมาะสมของการกำหนดเป้าหมายของรูปแบบ ที่สอดคล้องกับสถานการณ์โรคระบาด	4.80	0.45	ดีมาก
7. ความเหมาะสมการจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติ แบบผสมผสาน (New Normal)	4.80	0.45	ดีมาก
8. ความเหมาะสมของวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบการประชุมสนทนา (Online)	4.40	0.55	ดี
9. ความเหมาะสมของวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบการเลือกเรียนตามความต้องการ (On Demand)	4.40	0.55	ดี
10. ความเหมาะสมของวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ (On Site)	4.40	0.55	ดี
11. ความเหมาะสมของการเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้นอกห้องเรียน (On Ground)	4.40	0.55	ดี
12. ความเหมาะสมของบทบาทผู้สอน	4.40	0.55	ดี
13. ความเหมาะสมของบทบาทผู้เรียน	4.60	0.55	ดีมาก
14. ความเหมาะสมของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	4.40	0.89	ดี
15. ความเหมาะสมของวิธีการวัด และประเมินผล	4.20	0.84	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.37	0.61	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินรับรองร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอน คะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินทั้งฉบับอยู่ที่ 4.37 ซึ่งอยู่ในระดับดี และทุกหัวข้อการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป สรุปได้ว่าร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ที่พัฒนาขึ้น ผ่านการรับรองสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริง

5. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 อภิปรายผล

จากผลการประเมินรับรองร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) พบว่าอยู่ในระดับดี อาจจะมีเหตุผลเนื่องมาจาก

1) ประเด็นกระบวนการพัฒนาร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานสำหรับการสอนภาคปฏิบัติตามชีวิตปกติใหม่จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดของวิธีระบบมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบรูปแบบ ซึ่งประกอบด้วยความชัดเจนของปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) และผลลัพธ์ (Output) ซึ่งรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความชัดเจนและเหมาะสม สอดคล้องกับ ทิศนา ขัมมณี [4] ซึ่งกล่าวว่าวิธีการเชิงระบบ เป็นแนวคิดที่ใช้ในการจัดสิ่งต่างๆ ให้เป็นระเบียบเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งนั้น และการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้นให้ส่งเสริมกันเป็นอย่างเป็นระเบียบ และคุณภาพการพัฒนาร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกระบวนการรับฟังความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรการสอน คอมพิวเตอร์ศึกษา และการศึกษาทางไกล จำนวน 5 คน ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลสรุปที่ครอบคลุมและตรงประเด็นเหมาะสมกับการวิเคราะห์และสรุปรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ ชาย โพธิ์สีดา [7] ที่กล่าวว่า การสนทนากลุ่ม เป็นกลุ่มคนที่ถูกจัดขึ้นมาเพื่อการสนทนาหรือการอภิปรายกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเจาะจงเพื่อจะหาข้อมูลที่ต้องการตรงประเด็นสำหรับตอบคำถามการวิจัยเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งข้อมูลที่ตีความมาจากการอภิปรายที่กลุ่มมีการโต้ตอบกัน

2) ประเด็นการกำหนดวิธีการสอนแบบ 4 On ที่มีการผสมผสานหลากหลายวิธี ทำให้มีความยืดหยุ่นในการจัดการเรียนการสอนให้เข้ากับสถานการณ์ โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน หากมีการเตรียมความพร้อมด้านผู้สอน ผู้เรียน และองค์ประกอบอื่นสำหรับการเรียนการสอนให้ดีย่อมส่งผลต่อการเรียนการสอนภาคปฏิบัติไม่ด้อยกว่าการเรียนการสอนในสถานการณ์ปกติได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุสันหา ยิ้มแย้ม และคณะ [8] ที่ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แล้วพบว่า ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จากการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานคะแนน ของผู้เรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานในทุกทักษะอย่างมีนัยสำคัญ

3) ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด 19) ที่จำเป็นต้องมีมาตรการทางสาธารณสุข และมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีออนไลน์ เข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอน ส่งผลให้ผู้สอนมีทางเลือกที่หลากหลายและยืดหยุ่นในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากเทคโนโลยีออนไลน์ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนปัจจุบัน มีคุณภาพในการทดแทนการเรียนการสอนแบบในห้องเรียนมากขึ้น รวมถึงการสอนภาคปฏิบัติผ่านทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งเหมาะกับรายวิชาในสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย ซึ่งสอดคล้องกับ สิริพร อินทสนธิ์ [9] ที่ได้ทำวิจัย

เกี่ยวกับการเรียนออนไลน์ โดยใช้แอปพลิเคชัน Line, Zoom, YouTube และ Google Classroom ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) พบว่า กระบวนการเรียนการสอนออนไลน์สามารถที่จะแก้ไขปัญหาการเรียนที่ยังอยู่ในสถานการณ์ไวรัสโคโรนาที่กำลังแพร่ระบาดได้ดี และเหมาะกับรายวิชาที่เป็นเนื้อหาปฏิบัติผ่านทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้การเปลี่ยนจากการเรียนในห้องเรียนมาเป็นการเรียนออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันทาง Video Conference ทำให้ผู้สอนยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนเสมือนการเรียนอยู่ในห้องเรียนจริง ซึ่งสอดคล้องกับ Froilan Mobo [10] ที่ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้การประชุมทางไกล (video conferencing) บนแอปพลิเคชัน Zoom และ Google Meet ในการศึกษาช่วงการแพร่ระบาดของ โควิด-19 พบว่าแอปพลิเคชัน Zoom และ Google Meet สามารถใช้จัดการเรียนรู้และการสอนในสถานการณ์ปัจจุบันแบบ New Normal ได้ สามารถสร้างความมั่นใจของความปลอดภัยทั้งนักเรียนและครูในช่วงเวลาที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้รูปแบบเทคโนโลยีใหม่ที่รองรับผลกระทบของแพร่ระบาดของ โควิด-19 อีกทั้งการใช้ Google Classroom ที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้สอน ในการจัดการชั้นเรียนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตามความต้องการ และการมอบหมายและส่งผลงานตามใบปฏิบัติได้อย่างสะดวก ซึ่งสอดคล้องกับเฉลิมพล ทำงาน และคณะ [11] ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ได้ใช้ Google Classroom ซึ่งพบว่า Google Classroom มีบทบาทในการช่วยเหลือผู้สอนให้สามารถควบคุมและจัดการห้องเรียนที่ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย และสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา และยังเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน พัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง และทำงานร่วมกันของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์กับรายวิชาปฏิบัติ ตามที่ชีวิตปกติวิถีใหม่ได้
- 2) ภายใตสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคระบาด ควรนำร่างรูปแบบบทเรียนที่พัฒนาขึ้นไปทดลองหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนในรายวิชาภาคปฏิบัติจริง
- 3) หากการเกิดสถานการณ์อื่นที่ใกล้เคียงโรคระบาด สามารถนำร่างรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมกับสถานการณ์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้
 ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้สละเวลาสำหรับการร่วมสนทนากลุ่มเพื่อวิพากษ์ แสดงความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้
 ขอขอบคุณ อาจารย์ผู้สอนและผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน ที่ดำเนินการให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลง
 ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและนวัตกรรมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยี พ.ศ. 2560, 2560.

-
- [2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. **หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีมีัลติมีเดีย (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2563)**, 2563.
- [3] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. **แนวทางปฏิบัติด้านสาธารณสุขเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ฉบับที่ 1**, 2564.
- [4] ทิศนา ขัมมณี. **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- [5] มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. **คู่มือการจัดการเรียนการสอนออนไลน์**, 2563.
- [6] ชูศรี วงศ์รัตน. **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์, 2541.
- [7] ขาย โพธิ์สิตา. **ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ**. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547.
- [8] สุสัณหา ยิ้มแย้ม และคณะ. **การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21**. พยาบาลสารปีที่ 42 ฉบับพิเศษ พฤศจิกายน พ.ศ. 2558, 2558, หน้า 129-140.
- [9] สิริพร อินทสนธิ์. **โควิด -19 : กับการเรียนการสอนออนไลน์ กรณีศึกษา รายวิชาการเขียนโปรแกรมเว็บ**. **วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์ ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม –ธันวาคม 2563)**, 2563, หน้า 203.
- [10] Froilan, M. THE IMPACT OF VIDEO CONFERENCING PLATFORM IN ALL EDUCATIONAL SECTORS AMIDST COVID-19 PANDEMIC. **ICONTECH INTERNATIONAL JOURNAL**, 2021.5 (1), p.p. 1-4.
- [11] เฉลิมพล ทำงาน และนภัส ไชยวงศ์. **Google classroom นวัตกรรมจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21**. Bibliography Citation: Proceeding CRCI-2018 เล่ม 2 ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. (6-8 ธันวาคม 2561), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2562, หน้า 432-442.

การควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

THE SPEED CONTROL OF DC SERVO MOTOR USING FUZZY LOGIC CONTROLLER

กำจัต ใจตรง*¹, สงกรานต์ ภารกุล¹ และ ณรงค์ฤทธิ์ ยิ้มเจริญพรสกุล²
Kumjat Jaitrong*¹, Songkran Parakul¹, Narongrid Yimcharoenpornsakul²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

²สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

¹ Faculty of Engineering and Technology ,Department of Electrical Technology and Automatic
Control System ,Siam Technology College

² Faculty of Business Administration ,Department of Logistics Management ,
Bangkokthonburi University

* E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): kumjat_jaitrong@yahoo.com

บทคัดย่อ

เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น หุ่นยนต์และสายพานลำเลียง ตัวควบคุมที่ใช้กันมากที่สุดในสาขาอุตสาหกรรมคือตัวควบคุมแบบพีไอดี ในบทความนี้บทบาทของตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อควบคุมความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตมีเสถียรภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบพีไอดี ถึงแม้ว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีจะปรับปรุงทั้งคุณสมบัติในสภาวะชั่วคราวและสภาวะคงตัวอีกทั้งยังลดเวลาช่วงขอขาขึ้นและลดค่าผิดพลาดในสภาวะคงตัว แต่ก็มีข้อจำกัดในการปรับพารามิเตอร์และคุณสมบัติการควบคุมที่ไม่น่าพอใจ ผลการจำลองการทำงานแสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองทางพลวัตของระบบต่อสัญญาณแบบขั้นบันไดที่ใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกมีผลตอบสนองที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีทั้งในขณะเริ่มเดินของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในสภาวะไม่มีโหลดและในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

คำสำคัญ: ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก, การควบคุมความเร็วแบบวงปิด, เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ABSTRACT

DC servo motor is widely used in many industrial applications like robotics and conveyor. The most commonly used controller in the industrial field is the proportional integral derivative controller (PID). In this paper, the role of a fuzzy logic controller to control the speed of dc servo

วันที่รับบทความ 28 ตุลาคม 2564

วันที่แก้ไขบทความ 3 พฤศจิกายน 2564

วันที่ตอบรับบทความ 31 ธันวาคม 2564

motor is carried out which gives more stable output as compared to a PID controller. Though a PID controller improves both transients and steady-state response characteristics with reduced rise time and steady-state error, yet it has limitations of tuning its parameters and unsatisfactory control characteristics. The simulation results show that the dynamic response of the step signal system using a fuzzy logic controller has better response than a PID controller for both at the start of dc servo motor in no-load and load-changing conditions.

Keywords: Fuzzy Logic Controller, Closed-loop Speed Control, DC Servo Motor

1. บทนำ

สถานการณ์ในโลกปัจจุบันเป็นยุคที่ก้าวล้ำทางเทคโนโลยีทำให้เกิดนวัตกรรมที่มีขนาดเล็ก ซึ่งนวัตกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรง และมีความแม่นยำในการผลิตเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เทคโนโลยีด้านการควบคุมมีความก้าวหน้า อาทิ เช่น เทคโนโลยีด้านการควบคุมความเร็ว เทคโนโลยีด้านการควบคุมตำแหน่ง และเทคโนโลยีด้านการตรวจวัด เป็นต้น ซึ่งระบบอัตโนมัติเป็นเรื่องธรรมดาในชีวิตประจำวันสามารถพบได้ในเกือบทุกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ทุกวัน โดยเริ่มจากระบบปรับอากาศและระบบประตูอัตโนมัติไปจนถึงเทคโนโลยีขั้นสูงเช่นแขนหุ่นยนต์และสายการผลิต การพัฒนามอเตอร์ขับเคลื่อนสมรรถนะสูงนั้นมีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับการใช้งานอื่นๆ เช่น รถไฟฟ้าและหุ่นยนต์ เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของระบบอัตโนมัติ โดยทั่วไประบบขับเคลื่อนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะต้องมีการติดตามคำสั่งความเร็วแบบพลวัตที่ดีและโหลดควบคุมการตอบสนองต่อการปฏิบัติงาน

ในการใช้งานเหล่านี้ควรควบคุมมอเตอร์อย่างแม่นยำเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ การควบคุมความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ระบบควบคุมจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยตัวควบคุมแบบป้อนกลับแบบพีไอดีเป็นที่นิยมใช้งาน ซึ่งการออกแบบให้เหมาะสมกับการควบคุมในงานแต่ละประเภทเพื่อสามารถควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างแม่นยำทั้งในกรณีที่ไม่มีภาระและมีภาระ ดังนั้นบทความนี้จะได้นำเสนอตัวควบคุมแบบพีซีลอจิกเพื่อควบคุมความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองระบบควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดีและพีซีลอจิกโดยใช้โปรแกรมแมตแลบซิมูลิงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีและพีซีลอจิกทั้งขณะเริ่มเดินในสภาวะไม่มีโหลดและในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลทางพลวัตและเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีและพีซีลอจิก

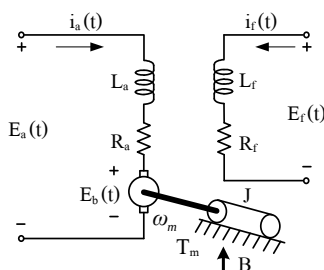
3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การทบทวนวรรณกรรม

ตัวควบคุมที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อดำเนินงานที่หลากหลายได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ในการออกแบบตัวควบคุมแบบฟuzzyผ่านอัลกอริทึมทางพันธุกรรม (GA) โดย GA ใช้กับฟังก์ชันสำหรับการระบุพารามิเตอร์ของแบบจำลองและสำหรับการค้นหาค่าตัวควบคุมแบบฟuzzyที่เหมาะสมที่สุด [1] ผลการตอบสนองของเอาต์พุตที่ใช้ตัวควบคุม Fuzzy-PID แบบปรับได้ มีคุณลักษณะที่ดีทั้งการวิเคราะห์โดเมนชั่วคราวและความถี่ [2] ผลการตอบสนองของเอาต์พุตที่ใช้ตัวควบคุมแบบฟuzzyซัลลิจจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบฟuzzyดี [3] ซึ่งที่นิยมใช้งานกันจะใช้ตัวควบคุมแบบฟuzzy ฟuzzyดี ฟuzzyซัลลิจ หรือ แบบไฮบริด อาทิเช่น : Fuzzy-Neural Networks, Fuzzy -Genetic Algorithm, Fuzzy-Ant Colony เป็นต้น [4] ปัญหาสำคัญในการใช้อัลกอริทึมการควบคุมแบบธรรมดา (PI, PD, PID) ในตัวควบคุมความเร็วคือผลกระทบของการไม่เป็นเชิงเส้นในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตัวควบคุมแบบฟuzzyซัลลิจได้รับการพัฒนาให้เป็นส่วนเสริมกับกลยุทธ์การควบคุมแบบดั้งเดิมในด้านวิศวกรรมต่างๆ ซึ่งแตกต่างจากการควบคุม การออกแบบตัวควบคุมแบบฟuzzyซัลลิจไม่จำเป็นต้องมีความรู้ที่แม่นยำของรูปแบบระบบ [5] โดยทั่วไปตัวควบคุมแบบฟuzzyซัลลิจ จะให้ตัวควบคุมที่ไม่ใช่เชิงเส้นที่มีความสามารถในการดำเนินการควบคุมที่ไม่ใช่เชิงเส้นที่ซับซ้อนแม้สำหรับระบบไม่เชิงเส้นที่ไม่แน่นอน ตัวควบคุมแบบฟuzzyซัลลิจเป็นหนึ่งในแอปพลิเคชันที่ต้องการมากที่สุดของทฤษฎีเซตฟuzzy ซึ่งถูกนำไปใช้ในความพยายามในการควบคุมระบบที่ยากต่อการสร้างแบบจำลอง [6]

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอาจถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตหรือโดยการเปลี่ยนกระแสอินพุต ซึ่งในบทความนี้เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและทางกลที่ดีเมื่อเทียบกับแบบอื่นๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะใช้การควบคุมแบบอาร์เมเจอร์ [7] ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรสมมูลของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากภาพที่ 1 สามารถเขียนสมการเชิงอนุพันธ์ของวงจรไฟฟ้าในส่วนของอาร์เมเจอร์ได้ ดังนี้

$$E_a(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + E_b(t) \quad (1)$$

สมการแรงบิดคือ

$$T_m(t) = \frac{Jd\omega_m(t)}{dt} + B\omega_m(t) \quad (2)$$

แรงบิดที่มอเตอร์จะแปรผันตามกับกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟลักซ์ ซึ่งเขียนสมการได้เป็น

$$T_m(t) = K_f i_f i_a \quad (3)$$

เมื่อ K_f เป็นค่าคงที่ ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบควบคุมอาร์เมเจอร์ จะให้กระแสฟลักซ์คงที่ ดังนั้นแรงบิดที่มอเตอร์จะเขียนสมการได้เป็น

$$T_m(t) = K_T i_a \quad (4)$$

เมื่อ $K_T = K_f i_f$ เป็นค่าคงที่ของแรงบิด ส่วนแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์จะแปรผันตามกับความเร็วเชิงมุม ซึ่งเขียนสมการได้เป็น

$$E_b(t) = K_b \omega_m \quad (5)$$

เมื่อ K_b เป็นค่าคงที่ของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์ เพื่อจะสร้างบล็อกไดอะแกรมของระบบที่มีเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นศูนย์ และสามารถเขียนสมการในรูปแบบของลาปลาซ จากสมการที่ 1 ได้ดังแสดงในสมการที่ 6

$$E_a(s) = R_a I_a(s) + sL_a I_a(s) + E_b(s) \quad (6)$$

จากสมการที่ 6 เขียนสมการของกระแสอาร์เมเจอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 7

$$I_a(s) = \frac{E_a(s) - E_b(s)}{sL_a + R_a} \quad (7)$$

จากสมการที่ 2 เขียนสมการของแรงบิดที่มอเตอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 8

$$T_m(s) = sJ\omega_m(s) + B\omega_m(s) \quad (8)$$

จากสมการที่ 8 เขียนสมการของความเร็วเชิงมุมในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 9

$$\omega_m(s) = \frac{T_m(s)}{sJ + B} \quad (9)$$

จากสมการที่ 4 เขียนสมการของแรงบิดที่มอเตอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 10

$$T_m(s) = K_T I_a(s) \quad (10)$$

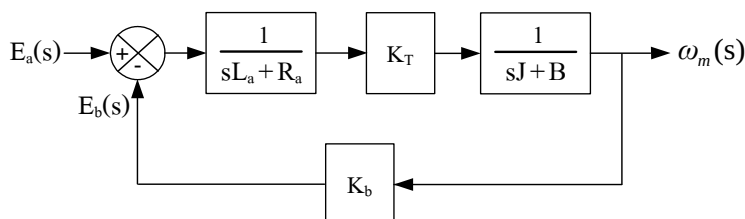
จากสมการที่ 5 เขียนสมการของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 11

$$E_b(s) = K_b \omega_m(s) \quad (11)$$

ดังนั้น ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของมอเตอร์ดังแสดงในสมการที่ 12

$$\frac{\omega_m(s)}{E_a(s)} = G(s) = \frac{K_T}{s[(L_a s + R_a)(Js + B) + K_b K_T]} \quad (12)$$

จากสมการที่ 12 สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4. แบบจำลองของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้มอเตอร์ 25 V_{DC} ที่มีความเร็วรอบในขณะไม่มีโหลด 4,050 รอบต่อนาที ค่าตัวแปรของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตัวแปร	รายละเอียด	ค่าตัวแปร
R_a	ค่าความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์	1 Ω
L_a	ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์	29.79 Mh
J	ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย	0.01 kg.m ²
B	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานความฝืด	0.004 N.m/rad/s
K_T	ค่าคงที่ของแรงบิด	0.052 N.m/A
K_b	ค่าคงที่ของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์	0.1 V/rad/s

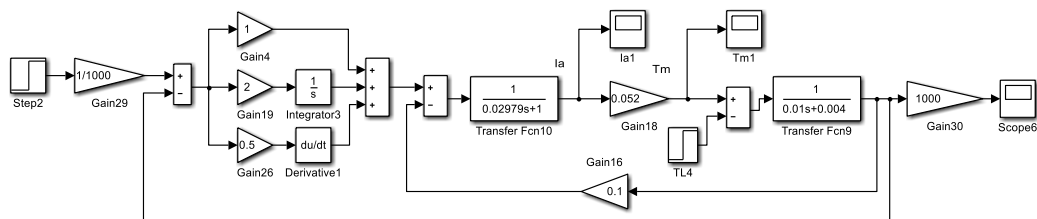
1. การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี

ตัวควบคุมแบบพีไอดี ใช้วิธีการปรับค่าพีไอดีพารามิเตอร์ ตามวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์ โดยมีสมการเอาต์พุตของตัวควบคุม ดังแสดงในสมการที่ 13

$$y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (13)$$

เมื่อ $e(t)$ คือค่าความคลาดเคลื่อน(error) ส่วน K_p , K_i และ K_d คือค่าเกนที่สามารถปรับได้ในโหมดของตัวควบคุมแบบพีไอดี

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดี ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรมแมตแลบซิมูลิงค์ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โปรแกรมจำลองระบบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดี

2. การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก [8]

- การจัดระบบการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

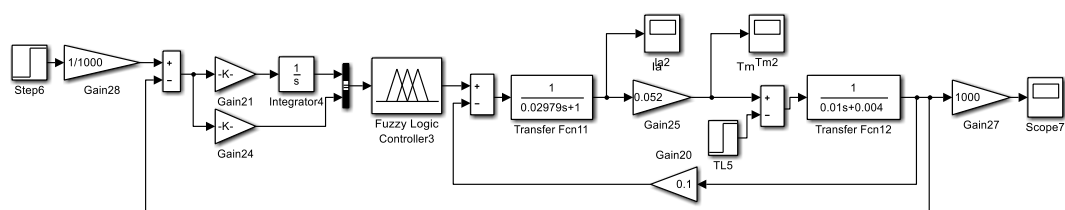
ระบบการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกที่ใช้เป็นระบบ 2 อินพุตและ 1 เอาท์พุต โดยมีสมการอินพุตของฟัซซี่ลอจิกดังนี้

$$u_1 = K_1 \int_0^t e(t) dt \quad (14)$$

$$u_2 = K_2 \frac{de(t)}{dt} \quad (15)$$

เมื่อ u_1 คือค่าความคลาดเคลื่อน(error) ของตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก และ K_1 เป็นค่าเกนที่สามารถปรับได้ในโหมดของตัวควบคุมแบบไอ ส่วน u_2 คือค่าความคลาดเคลื่อน(error) ของตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก และ K_2 เป็นค่าเกน u_2

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรมแมตแลบซิมูลิงค์ ดังแสดงในภาพที่ 4

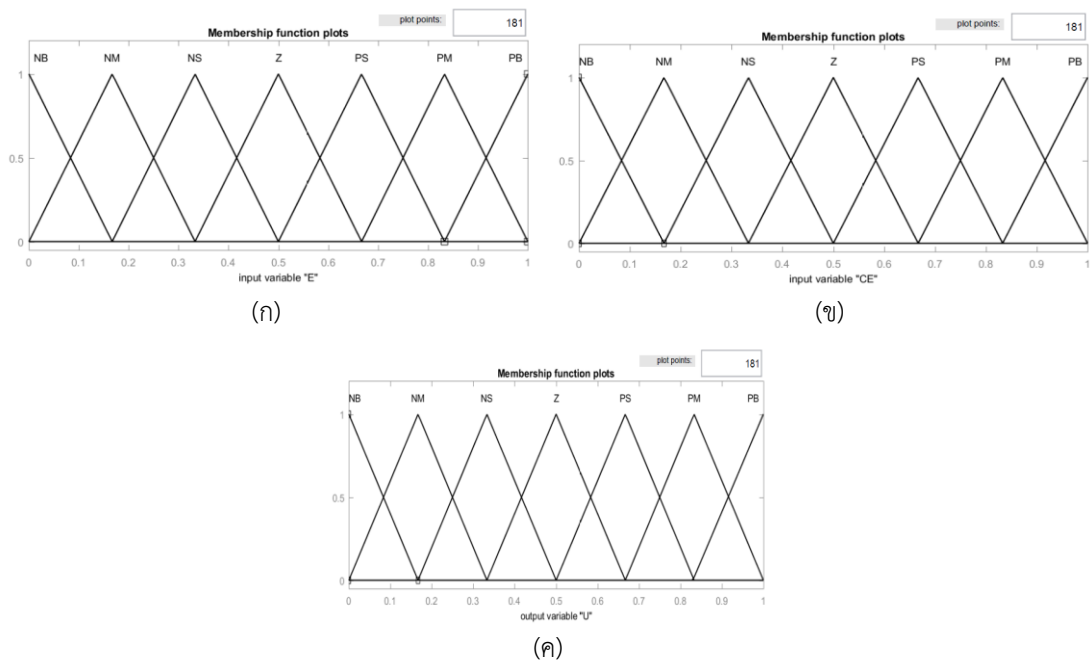


ภาพที่ 4 โปรแกรมจำลองระบบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

- การกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุตและเอาต์พุต ใช้ค่าความเป็นสมาชิก 7 สมาชิก แต่ละสมาชิกใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยมแบบสมมาตรมีย่านการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ดังแสดงในรูปภาพที่ 5

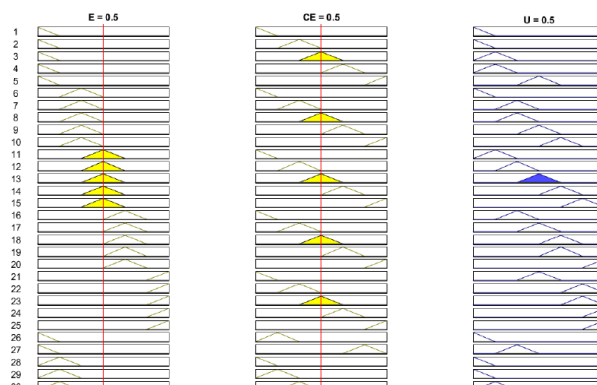
กฎฟuzzyพื้นฐานสำหรับ 7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุตและเอาต์พุต แสดงในตารางที่ 2 และดูกฎของการควบคุมแบบฟuzzyลอจิก(Rule Viewer) ดังแสดงในภาพที่ 6 ส่วนดูพื้นผิวของการควบคุมแบบฟuzzyลอจิก (Surface Viewer) ดังแสดงในภาพที่ 7



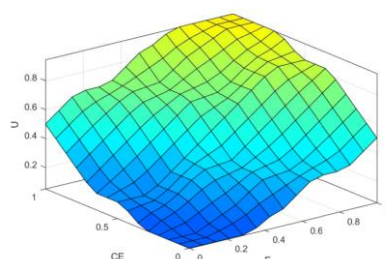
ภาพที่ 5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ (ก) อินพุต 1 และ (ข) อินพุต 2 (ค) เอาต์พุต

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรอินพุตกับเอาต์พุตและการออกแบบกฎฟuzzy

$u_1 \backslash u_2$	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NS	NS	Z
NM	NB	NB	NM	NS	NS	Z	PS
NS	NB	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PB
PM	NS	Z	PS	PS	PM	PB	PB
PB	Z	PS	PS	PM	PB	PB	PB



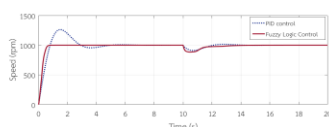
ภาพที่ 6 ดูกฎของการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Rule Viewer)



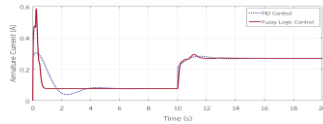
ภาพที่ 7 ดูพื้นผิวของการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Surface Viewer)

5 ผลการวิจัย

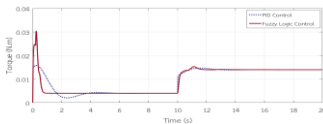
จากผลการทดลองด้วยโปรแกรมจำลองระบบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดี และแบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อให้ควบคุมรักษาระดับความเร็วรอบที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 8 จะพบว่าในขณะสตาร์ท เมื่อไม่มีโหลดทางกล ระบบที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกให้ผลตอบสนองที่เร็วกว่าและไม่มีโอเวอร์ชูต ดังแสดงข้อมูลเปรียบเทียบในตารางที่ 3 และในขณะที่มีโหลดทางกลที่เวลา 10 วินาที ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกจะควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ให้เท่ากับความเร็วรอบที่กำหนดในเวลา 1.5 วินาที โดยที่ไม่มีโอเวอร์ชูตเกิดขึ้น ส่วนตัวควบคุมแบบพีไอดีใช้เวลา 4 วินาที ในการควบคุมความเร็วรอบให้เท่ากับความเร็วรอบที่กำหนด ส่วนผลตอบสนองกระแสไฟฟ้าและแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดังแสดงในภาพที่ 9 และภาพที่ 10 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



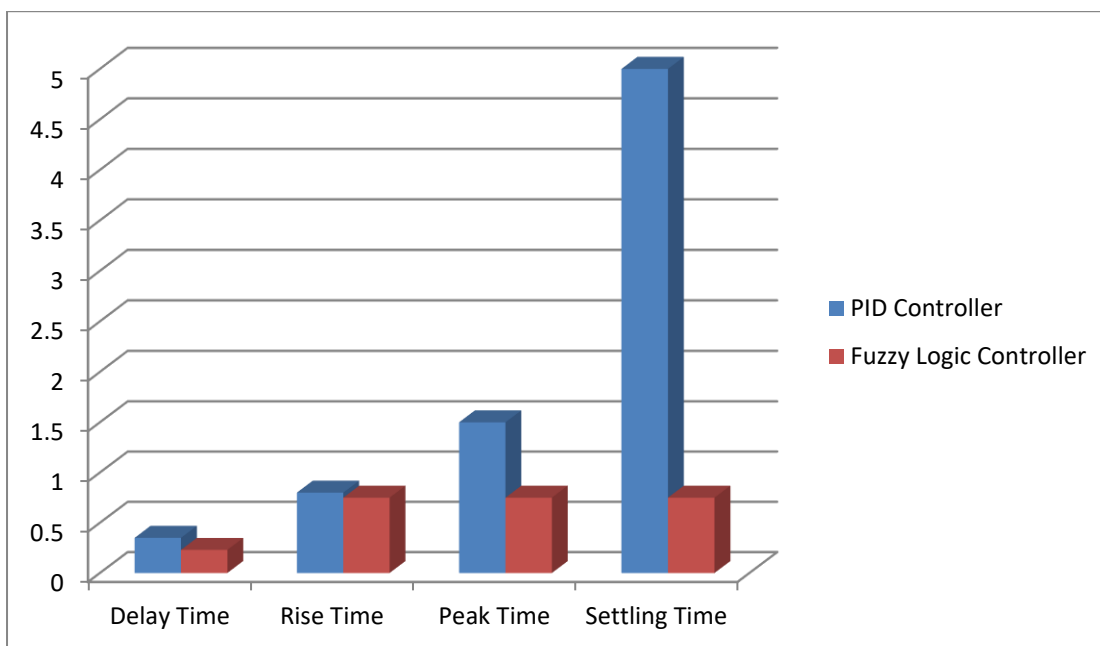
ภาพที่ 9 ผลตอบสนองกระแสของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 10 ผลตอบสนองแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในขณะสตาร์ทเมื่อไม่มีโหลดทางกล

พารามิเตอร์	ตัวควบคุมแบบพีไอดี	ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก
t_d (sec)	0.35	0.23
t_r (sec)	0.8	0.75
t_p (sec)	1.50	0.75
t_s (sec)	5	0.75
M_p (%)	27	0



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในขณะสตาร์ทเมื่อไม่มีโหลดทางกล

จากตารางที่ 3 เมื่อนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดีและแบบฟัซซี่ลอจิก พบว่าการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกทำให้ค่าเวลาหน่วง (t_d) ค่าเวลาพุ่ง (t_r) ค่าเวลาสูงสุด (t_p) และค่าเวลาสู่สมดุล (t_s) มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบพีไอดี ดังแสดงในภาพที่ 11 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกทำให้ผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดีกว่าการควบคุมแบบพีไอดี อีกทั้งการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกไม่ทำให้เกิดโอเวอร์ชูตเหมือนกับการควบคุมแบบพีไอดีที่มีค่าโอเวอร์ชูต 27 %

6 สรุปและอภิปรายผล

จากผลการจำลองระบบควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีด้วยวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิดและตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก โดยใช้โปรแกรมแม็ตแล็บซิมูลิงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเร็วรอบคงที่ 1,000 รอบต่อนาที พบว่าผลตอบสนองทางพลวัตของระบบต่อสัญญาณแบบขั้นบันไดที่ใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกมีผลตอบสนองที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีทั้งในขณะเริ่มเดินของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในสภาวะไม่มีโหลดและในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

7 บรรณานุกรม

- [1] Hamza Alzarok, Aiyoub H. Musbah, **Tuning of a Speed Control System for DC Servo Motor Using Genetic Algorithm**, The International Journal of Engineering and Information Technology, Volume 6, No.2, 2020, pp.141-150
- [2] Raj Kumar Mishra, Srishti Singh and Md. Asif Hasan, **Fuzzy Logic based PID Controller Tuning for Speed Control of DC Servo Motor**, EasyChair Preprint, No.4056, 2020, pp.1-8
- [3] Ritika Pradhan, Shabbiruddin, **Speed Control of DC Motor Using Fuzzy Logic Control and Simulink**, International Journal on Advanced Electrical and Computer Engineering, Volume 5, Issue 2, 2018, pp.55-58
- [4] Umesh Kumar Bansal, Rakesh Narvey, **Speed control of DC motor using fuzzy PID controller**, Advance in Electronic and Electric Engineering, Volume 3, No.9,2013, pp.1209-1220
- [5] G. Vasudevarao, V. Rangavalli, **Comparison of Speed Control of Dc Servo Motor using Pi, PID, Fuzzy, SMC**, International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Volume 3, Issue 11, 2016, pp.151-156
- [6] Shashi Bhushan Kumar, Mohammed Hasmal Ali, Anshu Sinha, **Design and simulation of speed control of DC motor by fuzzy logic Technique with Matlab/Simulink**, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 7, 2014, pp.1-4
- [7] Ang, K.H. and Chong, G.C.Y. and Li, Y., **PID Control system analysis, design, and technology**, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Volume 13, No. 4, 2005, pp.559-576
- [8] Dipraj, Anurag Singh, Rishikesh Kumar Singh, Savitri Sharma, **Analogous Research of Classical PI Controller and Fuzzy Logic Controller to Control the Speed of D.C. Servo Motor**, 3rd International Conference on Computational & Experimental Methods in Mechanical Engineering, 2021, doi:10.1088/1742-6596/2007/1/012044

**การศึกษาผลการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งร่วมกับ
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำหรับตลาดน้ำ 4.0 ชุมชนน้ำบางน้ำผึ้ง**

**A STUDY OF IoT WITH ICT IMPLEMENTATION IN BANG NAM PHUNG
FLOATING MARKET 4.0**

มนิรัตน์ ภารนนท์^{*1}, จีรภา เพชรวัฒนานนท์¹
Maneerat Paranan^{*1}, Jeerapa Petwatthananon¹

¹ คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

^{*1} Faculty of Business Administration and Information Technology,

Rajamangala University of Technology Tawan-Ok

^{*} E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): m.paranan@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาผลการประยุกต์ใช้ระบบต้นแบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารร่วมกับอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) สำหรับตลาดน้ำ 4.0 กรณีศึกษา ชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ IoT โปรแกรม Arduino แอปพลิเคชัน Blynk สำหรับควบคุมอุปกรณ์ IoT (2) สร้างแอปพลิเคชันพิกัดร้านค้า ด้วย Appsheet (3) ใช้ Google Sheets เป็นฐานข้อมูล และสร้าง BI Dashboard ด้วย Google Charts API แสดงผลบนเว็บไซต์แหล่งรวมร้านค้าตลาดน้ำบางน้ำผึ้งที่สร้างด้วย Google Sites Facebook Fanpage Shopee (4) ใช้แอปพลิเคชัน Line สร้างระบบขายสินค้าออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ ผู้ประกอบการในชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จำนวน 200 ร้านค้า เลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีอาสาสมัคร ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีที่ใช้ประกอบด้วย 6 ระบบย่อย ได้แก่ (1) Appsheet เพิ่มพิกัดร้านค้า ข้อมูลสินค้า ประชาสัมพันธ์ข่าวสารโปรโมชั่นแบบ Real-time แสดงแผนที่และเส้นทางนักท่องเที่ยว ซึ่งลูกค้าสามารถ Check-in ให้คะแนนร้านค้าได้ (2) Line My Shop แอปพลิเคชันสั่งซื้อและจองสินค้าล่วงหน้าและสามารถตอบคำถามแบบอัตโนมัติได้ (Chat bot) (3) ระบบออกรายงานอัจฉริยะ (BI) และวิเคราะห์ Customers Sentimental (4) ระบบ IoT ควบคุมการปล่อยน้ำคลองร้อน (5) ระบบกล้อง IoT (6) ระบบกล้องตรวจจับใบหน้า ผลลัพธ์จากการใช้ระบบต้นแบบฯ ที่พัฒนาขึ้น พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความพึงพอใจในระบบ IoT ควบคุมการปล่อยน้ำมากที่สุด ส่วนแอปพลิเคชันแสดงแผนที่และเส้นทางนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจรองลงมาแต่มีสถิติการใช้งานมากที่สุด

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง, แชนบอท, ระบบตรวจจับใบหน้า, เอ็มคอมเมอร์ซ, ธุรกิจอัจฉริยะ

วันที่รับบทความ 23 สิงหาคม 2564

วันแก้ไขบทความ 25 ธันวาคม 2564

วันตอบรับบทความ 31 ธันวาคม 2564

ABSTRACT

The purposes of this study were to develop and study the results of the model of Thailand 4.0 floating market using information technology and Internet of Things (IoT); The research instruments in this study were (1) IoT equipment consisting of Arduino Program and Blynk, which were used to control IoT equipment; (2) Appsheet for recording data of the identified locations; (3) Google Sheets, which was used as database and BI Dashboard created by Google Charts API to show the lists of stores at Bang Nam Phung floating market on Google Sites Facebook Fanpage and Shopee; and (4) Line Application to create online sales system. The participants of the study were 200 entrepreneurs in Bang Nam Phung floating market, which were selected using volunteer sampling.

The results of the research including: (1) Appsheet for adding new location and products, promote real-time information, show the map, and allow the visitors to check in and give rank to the stores; (2) Line My Shop, the application, which allowed the buyers to purchase and book the products as well as replying to the buyers automatically through Chat Bot; (3) Business Intelligence (BI) and customers sentimental analysis; (4) IoT system to control the water spraying; (5) IoT camera system; and (6) Facial detection systems before entering the market. The results from the use of developed model found that the average rate of satisfaction of the participants was very high. The participants were satisfied with the IoT system to control the water spraying the most following by the application providing the visitors about map and direction, which was used the most

Keywords: Internet of Things, Chat bot, Face Detection, M-Commerce, Business Intelligence

1. บทนำ

แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม [1] ตั้งปรัชญาไว้ว่า “ประเทศไทยที่สามารถสร้างสรรค์และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเต็มศักยภาพในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน นวัตกรรม ข้อมูล ทุนมนุษย์ และทรัพยากรอื่นใด เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน” การพัฒนาตนเองให้มีความรู้และมีทักษะการใช้งานเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Literacy) [2] ในการดำเนินธุรกิจหรือประกอบอาชีพเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการดำเนินงานเพิ่มมากขึ้นจากการประยุกต์ใช้ เข้าใจ เข้าถึงเทคโนโลยีดิจิทัล และต่อยอดสร้างสรรค์ สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและบริการได้ จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบตลาดยุค 4.0 ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ร่วมกับอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IOT) เพื่อการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ภูมิศึกษา ชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง โดยมีวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย คือ การสร้างสภาพแวดล้อมให้ตลาดนัดกลายเป็นตลาด 4.0 โดยการนำ ICT และ IOT มาใช้ในตลาดอย่างเต็มรูปแบบ และฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ ICT ร่วมกับ IOT ให้กับผู้ประกอบการร้านค้าในตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จำนวน 200 ร้านค้า ได้มีทักษะในการใช้สมาร์ตโฟนประชาสัมพันธ์ข่าวสารของตลาด และโปรโมชั่นการขาย

สินค้าและบริการของแต่ละร้าน เพื่อส่งเสริมกระตุ้นให้เกิดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมากขึ้น ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม [3] เช่น งานวิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเสมือนจริงในจังหวัดนครสวรรค์ [4] การพัฒนาออนไลน์แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม [5] การจัดการสื่อและองค์ความรู้เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว เส้นทางท่องเที่ยวสีทองกลุ่มจังหวัดสนุก [6] การศึกษาแนวโน้มการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมโดยเทคนิค EDR [7] เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดพบว่ายังขาดการนำเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of things) มาช่วยในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ซึ่งเทคโนโลยีทางอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง มีวิวัฒนาการก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทำให้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในยุคปัจจุบันสามารถประยุกต์กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชิ้นส่วนเล็ก ๆ ได้ทุกชนิด ซึ่งทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นสามารถติดต่อเชื่อมโยงส่งข้อมูลสารสนเทศถึงกันได้อย่างอัตโนมัติ และผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมดได้ผ่านสมาร์ทโฟน [8]-[10] นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ และการเกษตรทำเป็นสวนอัจฉริยะ [11], [12] ทีมวิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารร่วมกับอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง มาประยุกต์กับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม โดยเลือกพื้นที่เป้าหมายเป็นชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นแหล่งชุมชนที่มีผู้ประกอบการ OTOP ที่ยังคงไว้ซึ่งมรดกทางวัฒนธรรมของชุมชน มีแหล่งท่องเที่ยวที่หลากหลาย ได้แก่ ตลาดน้ำ ที่มีร้านค้ามากถึง 800 ร้านค้า วัดบางน้ำผึ้งนอก วัดบางน้ำผึ้งนอก วัดบางนาค ริมแม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่ป็นจักรยานชมบรรยากาศริมน้ำ และแหล่งเรียนรู้ที่เป็นผู้ประกอบการ OTOP จำนวนมาก

2. ระเบียบวิธีวิจัย

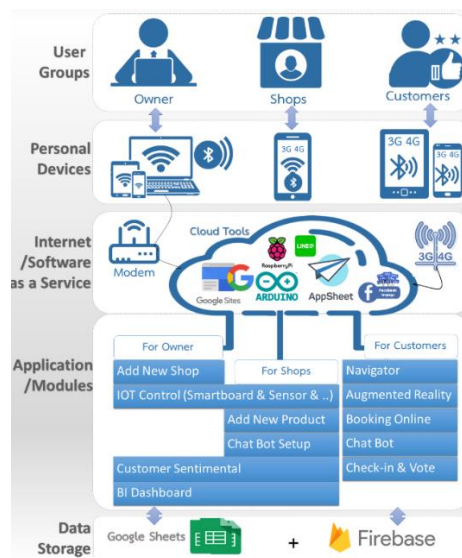
งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารร่วมกับอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม กรณีศึกษา ชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ ร้านค้าในตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จำนวน 200 ร้านค้า เลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) มีขั้นตอนการวิจัย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การสำรวจเก็บข้อมูลความต้องการจำเป็นในการพัฒนาระบบฯ (2) การวิเคราะห์และออกแบบสถาปัตยกรรมระบบฯ (3) พัฒนาระบบและเลือกใช้เทคโนโลยีสำเร็จรูปที่เหมาะสม (4) การนำระบบไปติดตั้งและทดสอบการใช้งาน (5) การทดลองใช้งานระบบทั้งหมดในสภาพแวดล้อมจริง (6) การอบรมถ่ายทอดความรู้ให้แก่กลุ่มตัวอย่าง และ (7) การเก็บรวบรวมข้อมูลผลลัพธ์และผลสะท้อนกลับจากผู้ใช้ระบบ

2.1 การสำรวจเก็บข้อมูลความต้องการจำเป็นในการพัฒนาระบบฯ



ภาพที่ 1 สำรวจพื้นที่ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

2.2 การวิเคราะห์และออกแบบสถาปัตยกรรมระบบฯ



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมภาพรวมของระบบ

1) User Groups หรือผู้ใช้งาน

มี 3 กลุ่ม ประกอบด้วย ผู้ดูแลตลาดหรือเจ้าของตลาด (Owner) ร้านค้า (Shops) ลูกค้า (Customer)

2) Personal Devices หรือ อุปกรณ์เชื่อมต่อของแต่ละบุคคล

ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ตและสมาร์ทโฟน ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตด้วยสัญญาณไวไฟ (WiFi) ได้

3) Internet and Platform as a Service ประกอบด้วย

-Appsheet ใช้สำหรับสร้างโมบายแอปพลิเคชัน

-Line ใช้สำหรับสร้างร้านค้าออนไลน์ Line MyShop และส่งข้อความแจ้งเตือน Line Notify และตอบคำถามอัตโนมัติด้วย Line bot

-Google Site ใช้สำหรับสร้างเว็บไซต์ส่วนกลางของตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

-Arduino ใช้สำหรับสร้างแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์ IOT

-Facebook Fanpage ใช้สำหรับสร้างเพจเพื่อประชาสัมพันธ์ข่าวสารของตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

4) Application and Modules แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

- Module for Owner ประกอบด้วย Add New Shop ทำหน้าที่สำหรับเพิ่มข้อมูลร้านค้าใหม่เข้าสู่ระบบ IOT Control ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและกล้องวงจรปิดทั่วตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง Customer Sentimental ทำหน้าที่แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อร้านค้าต่างๆ BI Dashboard ทำหน้าที่แสดงผลค่าสถิติต่างๆ ในรูปแบบกราฟ

- Module for Shops ประกอบด้วย IOT Control ทำหน้าที่แสดงภาพจากกล้องวงจรปิดทั่วตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง Add New Product ทำหน้าที่เพิ่มข้อมูลสินค้าของร้านตนเองเข้าสู่ระบบ Chat Bot Setup ทำหน้าที่สำหรับตั้งค่าการตอบคำถามอัตโนมัติเมื่อมีลูกค้าสอบถามข้อมูลผ่านไลน์ Customer Sentimental ทำหน้าที่แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของลูกค้าที่มีต่อร้านค้าของเรา BI Dashboard ทำหน้าที่แสดงผลค่าสถิติต่างๆ ในรูปแบบกราฟ

- Module for Customers ประกอบด้วย Navigator ทำหน้าที่แสดงแผนที่พิกัดร้านค้าต่างๆ และสามารถค้นหาเพื่อให้นำทางไปยังร้านค้าที่ต้องการได้ Booking and Shopping Online ทำหน้าที่รองรับการสั่งจองสินค้าหรือสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ Chat Bot ใช้สำหรับตอบคำถามอัตโนมัติ Check-in and Vote ใช้สำหรับการเช็คอินและให้คะแนนสินค้ากับร้านค้าต่างๆ

5) Data Storage หรือแหล่งที่เก็บข้อมูล ประกอบด้วย Google Sheet และ Firebase

2.3 พัฒนาระบบและเลือกใช้เทคโนโลยีสำเร็จรูปที่เหมาะสม



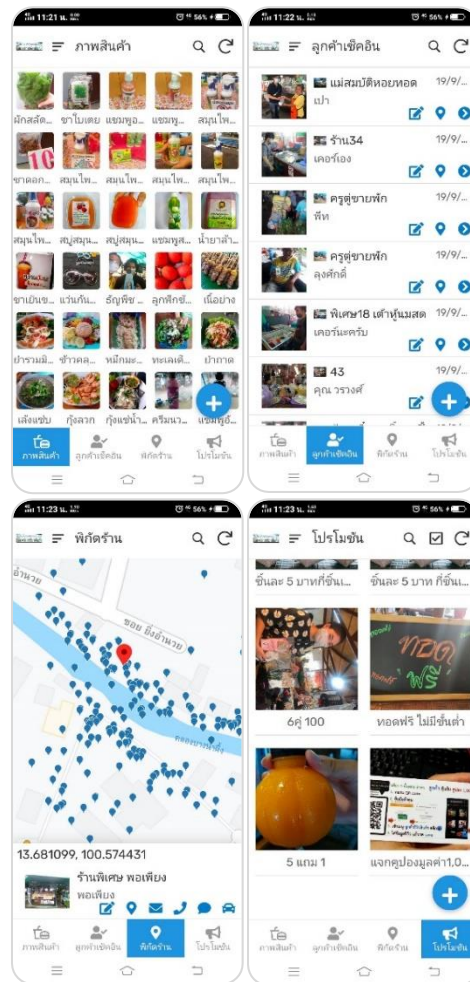
ภาพที่ 3 อุปกรณ์เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เทคโนโลยีที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย กล้อง IP Camera จำนวน 10 เครื่อง กล้องปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ต TP-Link Wifi Router แบบใส่ซิม 4G จำนวน 12 เครื่อง ซิมอินเทอร์เน็ต TOT (อายุการใช้งาน 2 เดือน) จำนวน 12 ซิม Solar cell 330w จำนวน 2 แผ่น เครื่องสำรองไฟ จำนวน 1 ชุด ชุดกล้องตรวจจับใบหน้า

จำนวน 1 ชุด เครื่องคอมพิวเตอร์และทีวี 1 ชุด อุปกรณ์ IOT สำหรับควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 12 ชุด ชุดอุปกรณ์ IOT สำหรับระบบปล่อยน้ำในสวนสาธารณะลานคนตรีในสวน 1 ชุด

2.4 การนำระบบไปติดตั้งและทดสอบการใช้งาน

1) แอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง Appsheet



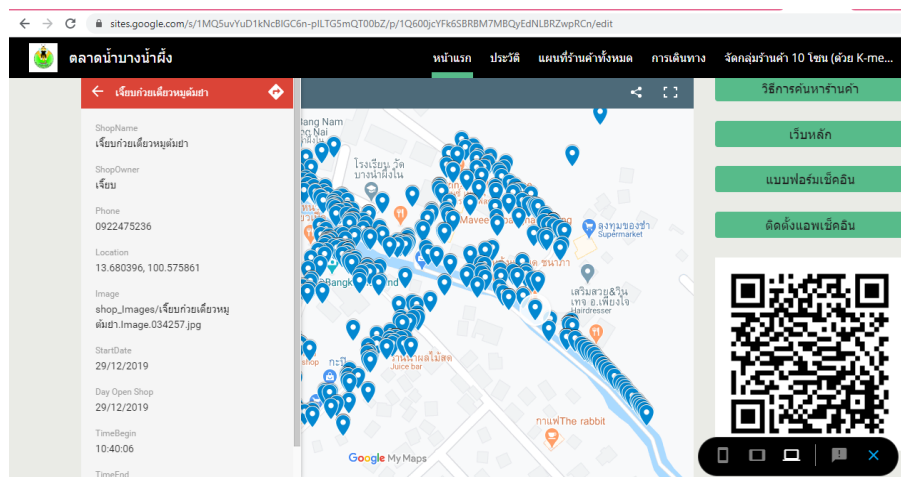
ภาพที่ 4 แอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

แอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง พัฒนาด้วย Appsheet ประกอบด้วยเมนูหลัก 4 เมนู ได้แก่ ภาพสินค้า ลูกค้าเช็คคิน พิกัดร้าน โปรโมชั่น ซึ่งในแต่ละเมนูผู้ใช้แต่ละกลุ่มจะได้รับสิทธิ์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน ตามสถาปัตยกรรมที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อผู้ใช้ที่เป็นเจ้าของตลาดน้ำบางน้ำผึ้งต้องการเพิ่มพิกัดร้านค้าใหม่ ก็สามารถใช้งานได้ผ่านเมนูพิกัดร้าน แล้วกดปุ่ม + เพื่อเพิ่มข้อมูลใหม่ ในขณะที่แม่ค้าพ่อค้าสามารถเพิ่มสินค้าของร้านตนเองและข้อมูลโปรโมชั่นได้ และผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มของลูกค้าสามารถเช็คคินให้คะแนนร้านค้าต่าง ๆ ได้ โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้เพิ่ม

เข้าสู่แอปพลิเคชันระบบจะทำการบันทึกเว็บไว้ใน Google Sheet ส่วนภาพและวิดีโอที่ผู้ใช้อัปโหลดผ่านแอปพลิเคชัน ระบบจะทำการบันทึกไว้ใน Google Drive

แอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง พัฒนาด้วย Appsheet ประกอบด้วยเมนูหลัก 4 เมนู ได้แก่ ภาพสินค้า ลูกค้าเช็คคิน พิกัดร้าน โปรโมชั่น ซึ่งในแต่ละเมนูผู้ใช้แต่ละกลุ่มจะได้รับสิทธิ์ในการเข้าใช้งานที่แตกต่างกัน ตามสถาปัตยกรรมที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อผู้ใช้ที่เป็นเจ้าของตลาดน้ำบางน้ำผึ้งต้องการเพิ่มพิกัดร้านค้าใหม่ ก็สามารถใช้งานได้ผ่านเมนูพิกัดร้าน แล้วกดปุ่ม + เพื่อเพิ่มข้อมูลใหม่ ในขณะที่แม่ค้าพ่อค้าสามารถเพิ่มสินค้าของร้านตนเองและข้อมูลโปรโมชั่นได้ และผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มของลูกค้าสามารถเช็คคินให้คะแนนร้านค้าต่าง ๆ ได้ โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้เพิ่มเข้าสู่แอปพลิเคชันระบบจะทำการบันทึกเว็บไว้ใน Google Sheet ส่วนภาพและวิดีโอที่ผู้ใช้อัปโหลดผ่านแอปพลิเคชัน ระบบจะทำการบันทึกไว้ใน Google Drive

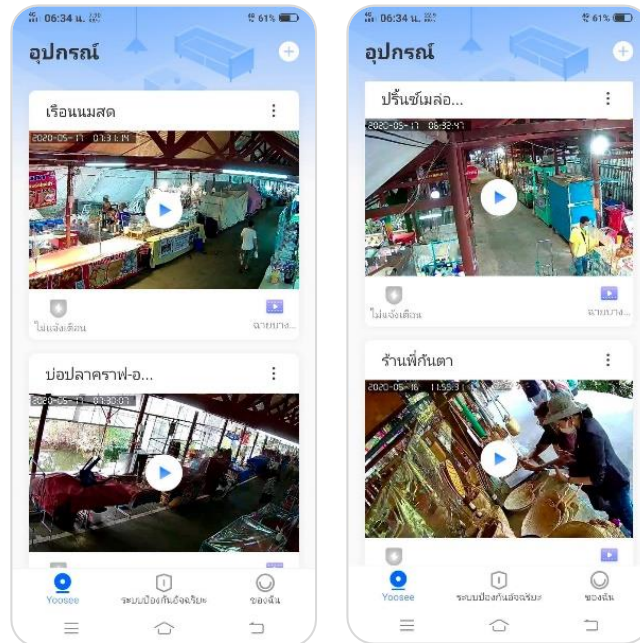
2) เว็บไซต์ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง



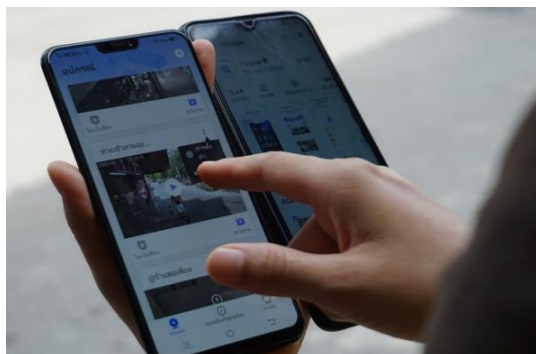
ภาพที่ 5 เว็บไซต์ส่วนกลางของตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

เว็บไซต์ส่วนกลางของตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง พัฒนาด้วย Google Sites ซึ่งจะเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากแอปพลิเคชัน Appsheet มาแสดงไว้ในเว็บไซต์ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลพิกัดร้านค้า ข้อมูลสินค้า รวมถึง Facebook Fanpage และ Dashboard BI แสดงข้อมูลสถิติการให้คะแนนร้านค้าจากลูกค้าในรูปแบบกราฟ โดยสามารถเข้าใช้งานได้ผ่าน URL <https://sites.google.com/view/bangnumpueng/>

3) แอปพลิเคชัน Yoosee สำหรับกล้อง IOT



ภาพที่ 6 แอปพลิเคชัน Yoosee สำหรับกล้อง IOT



ภาพที่ 7 สาธิตการใช้งานแอปพลิเคชัน Yoosee

กล้อง IP Camera ในยุคปัจจุบันเป็นกล้อง IOT สามารถเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายได้ด้วยสัญญาณไวไฟ อีกทั้งยังมีแอปพลิเคชันติดตามพร้อมตัวเครื่อง ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนได้และสามารถเปิดดูภาพจากกล้องได้แบบ Real-time ผ่านสมาร์ทโฟน นอกจากนี้ภายในตัวกล้องมีลำโพงและไมโครโฟนสามารถพูดโต้ตอบสนทนากันได้ผ่านสมาร์ทโฟนกับตัวกล้อง

4) ระบบกล้องตรวจจับใบหน้า



ภาพที่ 8 ระบบตรวจจับใบหน้าแจ้งเตือนผ่าน Line

ระบบกล้องตรวจจับใบหน้าและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Line ด้วยคุณสมบัติของกล้อง HIP CMQ101 ที่มีฟีเจอร์ในการตรวจจับใบหน้าติดตามพร้อมกับตัวกล้อง ทำให้สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจจับใบหน้าของผู้ร้ายหรือผู้ต้องสงสัยที่มีประกาศจับหรือหมายจับการกระทำผิดเกี่ยวกับทรัพย์สินจากกองบังคับการปราบปราม ซึ่งในการทดลองใช้งานระบบกล้องตรวจจับใบหน้าและแจ้งเตือนผ่าน Line ผู้วิจัยทดสอบกับใบหน้าของตนเอง เพราะเนื่องด้วยหากนำไปทดสอบในสถานที่จริง อาจติดข้อกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล หรือ PDPA ที่กำลังจะมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล

5) แอปพลิเคชัน Blynk สำหรับควบคุม IOT ระบบฟ้นละอองน้ำ



ภาพที่ 9 ทดสอบแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับควบคุม IOT ระบบฟ้นละอองน้ำ

ระบบควบคุมการฟ้นละอองน้ำคลายร้อนบริเวณสวนสาธารณะในตลัดน้ำบางน้ำผึ้ง ถูกพัฒนาด้วย Arduino และแอปพลิเคชัน Blynk ใช้สำหรับควบคุมเปิดปิดปั๊มน้ำ ที่ทำหน้าที่ดูดน้ำจากถังพักน้ำใบใหญ่ขนาดสามพันลิตรและลำเลียงผ่านท่อขนาดเล็กและปล่อยฟ้นเป็นละอองน้ำด้วยหัวฟ้นขนาด 0.2 จำนวน 60 จุด ทั่วบริเวณลานดนตรีในสวน ฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน สามารถตั้งค่าได้สองระบบ ได้แก่ แบบควบคุมสั่งเปิดปิดปั๊มน้ำด้วยตนเองและแบบควบคุมอัตโนมัติตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบจะตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศแล้วประมวลผลว่า ณ ขณะนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น กำหนดค่าไว้คือ 33 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิปัจจุบันเกิน 33 องศาเซลเซียส ระบบจะทำการเปิดปั๊มน้ำฟ้นละอองน้ำอัตโนมัติ และปิดอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงไม่เกิน 33 องศาเซลเซียส

2.5 การทดลองใช้งานระบบทั้งหมดในสภาพแวดล้อมจริง



ภาพที่ 10 ทดลองใช้งานระบบในสภาพแวดล้อมจริง

หลังจากพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้วทีมวิจัยทำการติดตั้งและทดลองระบบทั้งหมด รวมถึงแอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้งที่พัฒนาด้วย Appsheet โดยการนำเข้าข้อมูลพิกัดร้านค้า จำนวน 700 ร้าน เพื่อทดสอบข้อบกพร่องของระบบ จากนั้นทำการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องของแอปพลิเคชันแล้วอัปเดตเวอร์ชันเพื่อให้พร้อมใช้งานจริง

2.6 การอบรมถ่ายทอดความรู้ให้แก่กลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 11 อบรมการใช้งานแอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

จัดอบรมการใช้งานแอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้งให้กับแม่ค้าพ่อค้าในตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จำนวน 200 คน เพื่อให้แม่ค้าพ่อค้ามีทักษะในการใช้งานสมาร์ทโฟนในการเพิ่มข้อมูลสินค้าและบริการ เพิ่มข้อมูลโปรโมชั่น และฝึกทักษะการสร้าง Line My Shop สำหรับขายสินค้าออนไลน์ผ่าน Line Application

2.7 การเก็บรวบรวมข้อมูลผลลัพธ์และผลสะท้อนกลับจากผู้ใช้งานระบบ



ภาพที่ 12 การเก็บผลสะท้อนกลับด้วยการตรวจสอบความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อร้านค้า

การเก็บผลสะท้อนกลับด้วยการตรวจสอบความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อร้านค้าโดยการสนับสนุนให้เกิดการใช้งานจากฝั่งของลูกค้า เพื่อสะท้อนผลการใช้งานแอปพลิเคชันและสะท้อนความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสินค้าและบริการของร้านนั้นๆ โดยทีมวิจัยจัดทำกิจกรรมสุ่มแจกรางวัลสำหรับลูกค้าที่มีการติดตั้งใช้งานแอปพลิเคชันและมีการเช็คอินในร้านค้าต่าง ๆ โดยการสุ่มแจกรางวัลมูลค่าหนึ่งพันบาท ซึ่งกลยุทธ์ดังกล่าวส่งผลให้แม่ค้าพ่อค้ามีความกระตือรือร้นในการผลักดันส่งเสริมให้เกิดการใช้งานทั้งจากร้านค้าเองและจากลูกค้า

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลลัพธ์ของการออกแบบและพัฒนาระบบ

ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย 6 ระบบย่อย ได้แก่ (1) Appsheet แอปพลิเคชันเพิ่มข้อมูลพิกัดร้านค้า ข้อมูลสินค้า ประชาสัมพันธ์ข่าวสารโปรโมชั่นแบบ Real-time แสดงแผนที่และเส้นทางนักท่องเที่ยว ซึ่งลูกค้าสามารถ Check-in ให้คะแนนร้านค้าได้ (2) Line My Shop แอปพลิเคชันสั่งซื้อและจองสินค้าล่วงหน้าและสามารถตอบคำถามแบบอัตโนมัติได้(Chat bot) (3) ระบบออกรายงานอัจฉริยะ (BI) และวิเคราะห์ Customers Sentimental (4) ระบบ IOT ควบคุมการฟ้นละอองน้ำคลายร้อน (5) ระบบกล้อง IOT (6) ระบบกล้องตรวจจับใบหน้า

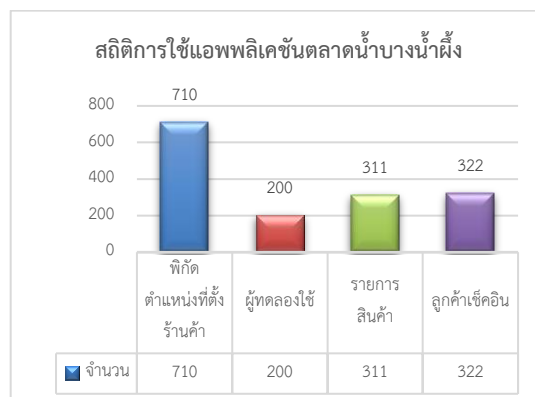
3.2 ผลลัพธ์จากการใช้แอปพลิเคชัน ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกไว้ใน Google Sheet

	A	B	C	D	E	F	G	H
695	43	มิ่งเค่อจ่า	082701006	13.6814	ฟีดร้าน	Duanfo@gmail.com		
696		แม่ต้นปลาสด.	08182968	13.6810	ฟีดร้าน	wanpichcha34@gmail.com		
697		พิเศษ18 เสาปูนมสด	090557701	13.6813	ฟีดร้าน	ar00aj-		
698		แม่สมบัตี หอยทอด	092442911	13.6814	ฟีดร้าน	punnapa1918@gmail.com		
699		ร้านคุณยาย	095551661	13.6809	ฟีดร้าน	_Images/ร้านคุณยาย.ภาพร้าน.072939.jpg		
700		ร้าน34	086881861	13.6812	ฟีดร้าน	_ampo-		
701		ร้านชายแม่	08798986	13.6811	ฟีดร้าน	_Images/79.ภาพร้าน.073205.jpg		
702		079	08798986	13.6810	ฟีดร้าน	_Images/079.ภาพร้าน.073323.jpg		
703		แมวเหียวห้าไทย	08408948	13.6814	ฟีดร้าน	_Images/แมวเหียวห้าไทย.ภาพร้าน.074218.jpg		
704		โสกรอกไส้	08090964	13.6814	ฟีดร้าน	_ata17-		
705		อุดรรับ	089812911	13.6808	ฟีดร้าน	_Images/อุดรรับ.ภาพร้าน.075715.jpg		
706		ขนมปลากระ	094957171	13.6810	ฟีดร้าน	_Images/ขนมปลากระ.ภาพร้าน.080716.jpg		
707		พิเศษ90	09916063	13.6799	ฟีดร้าน	_pornpimonforngamdee@gmail.com		
708		120	08309058	13.6797	ฟีดร้าน	_Images/120.ภาพร้าน.041723.jpg		
709		คุณวสิ123	08913114	13.6797	ฟีดร้าน	_Images/คุณวสิ123.ภาพร้าน.052131.jpg		
710		ร้านคุณวสิ123	08913114	13.6797	ฟีดร้าน	_Images/ร้านคุณวสิ123.ภาพร้าน.052659.jpg		

ภาพที่ 13 Google Sheet ไฟล์ข้อมูลสำหรับแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 1 สถิติการใช้งานแอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ตั้งร้านค้าในแอปพลิเคชัน	710
2	จำนวนพ่อค้าแม่ค้าที่เป็นผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชัน	200
3	จำนวนข้อมูลรายการสินค้าในแอปพลิเคชัน ที่เกิดจากการเพิ่มข้อมูลจากพ่อค้าแม่ค้า	311
4	จำนวนข้อมูลลูกค้าเช็คคินผ่านแอปพลิเคชัน	322

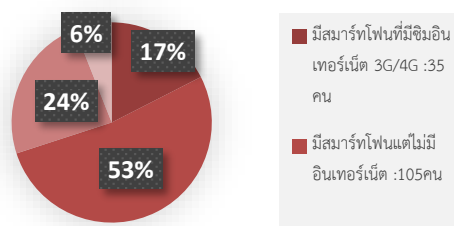


ภาพที่ 14 กราฟแสดงสถิติการใช้งานแอปพลิเคชัน ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง

ตารางที่ 2 ความพร้อมของสมาร์ทโฟนของผู้ทดลองใช้ แอปพลิเคชัน 200 คน

ประสิทธิภาพของสมาร์ทโฟนที่ใช้งานแอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง	จำนวน
มีสมาร์ทโฟนที่มีซิมอินเทอร์เน็ต 3G/4G	35
มีสมาร์ทโฟนแต่ไม่มีอินเทอร์เน็ต	105
มีสมาร์ทโฟนรุ่นสเปกต่ำ หน่วยความจำน้อย	48
ไม่มีสมาร์ทโฟน มีโทรศัพท์มือถือรุ่นเก่า	12

สัดส่วนประสิทธิภาพของสมาร์ทโฟนของ
ผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชัน จำนวน 200 ร้านค้า



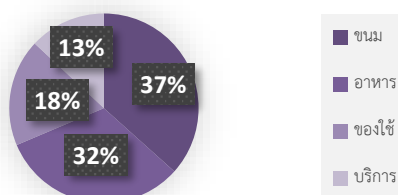
ภาพที่ 15 กราฟแสดงสัดส่วนประสิทธิภาพของสมาร์ทโฟน ของผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชัน จำนวน 200 ร้านค้า

จำนวนร้านค้าผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง มีสมาร์ทโฟนที่มีซิมอินเทอร์เน็ต 3G/4G จำนวน 35 คน ซึ่งทั้ง 35 คนมีการใช้ Line Application ในชีวิตประจำวัน ทีมวิจัยจึงจัดกิจกรรมบูรณาการการเรียนการสอนในรายวิชาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่กับงานวิจัย โดยมอบหมายให้นักศึกษาไปร่วมพัฒนา Line My Shop ให้กับ 35 ร้านค้าดังกล่าว ให้สามารถขายสินค้าออนไลน์ผ่าน Line ได้ ทุกที่ทุกเวลา

ตารางที่ 3 สถิติจำนวนลูกค้าเช็คอิน จาก 322 คน

ประเภทร้านค้า	จำนวน
ร้านค้าประเภทขนม	118
ร้านค้าประเภทอาหาร	103
ร้านค้าประเภทของใช้	59
ร้านค้าประเภทบริการ	42

สถิติจำนวนลูกค้าเช็คอิน จาก 322 คน



ภาพที่ 16 สถิติจำนวนลูกค้าเช็คอิน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน ที่มีต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารร่วมกับอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง ทั้ง 6 ระบบย่อย

ลำดับ	รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	Appsheets แอปพลิเคชันตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง	4.64	0.30
2	Line My Shop	4.51	0.40
3	ระบบออกรายงานอัจฉริยะ (BI) และวิเคราะห์ Customers Sentimental	4.62	0.31
4	ระบบ IOT ควบคุมการปล่อยน้ำคลอรีน	4.89	0.17
5	ระบบกล้อง IOT	4.51	0.32
6	ระบบกล้องตรวจจับใบหน้า	4.51	0.40
	เฉลี่ยทุกด้าน	4.61	0.34

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความพึงพอใจในระบบ IOT ควบคุมการปล่อยน้ำมากที่สุด ส่วนแอปพลิเคชันแสดงแผนที่และนำทางนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจรองลงมาแต่มีสถิติการใช้งานมากที่สุด ข้อสังเกตเพิ่มเติมจากการเก็บข้อมูลพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นแม่ค้าพ่อค้าในตลาดน้ำบางน้ำผึ้งส่วนใหญ่ ร้อยละ 70 เป็นผู้สูงอายุ คือมีอายุอยู่ในช่วง 57-69 ปี ส่งผลให้การเรียนรู้และการใช้งานแอปพลิเคชัน ทำได้ช้า ต้องใช้เทคนิคการถ่ายทอดสอนวิธีการใช้แบบประกบตัวต่อตัว และสอนซ้ำ ย้ำ ๆ ให้หลาย ๆ รอบ พร้อมทั้งให้ปฏิบัติตามทดลองทำงานสามารถใช้งานได้คล่อง แต่ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่เหลือ ร้อยละ 30 เป็นคนที่มีอายุในช่วง 23-50 ปี สามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างคล่องแคล่ว ซึ่งผ่านการเรียนรู้เพียงรอบเดียว

4. อภิปรายผล

การพัฒนาระบบต้นแบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารร่วมกับอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง สำหรับตลาดนัด 4.0 กรณีศึกษา ชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง เพื่อการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม สอดคล้องกับการวิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเสมือนจริงในจังหวัดนครสวรรค์ [4] และการพัฒนาออนไลน์แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม [5] ที่เป็นการสร้างเครื่องมือจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อส่งเสริมสนับสนุนการท่องเที่ยว แต่ยังมีส่วนที่แตกต่างกันในเรื่องของการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีกลุ่มตัวอย่างเป็นแม่ค้าพ่อค้าในตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จำนวน 200 ร้านค้า ผลลัพธ์จากการใช้ระบบต้นแบบฯ ที่พัฒนาขึ้น พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด และมีความพึงพอใจในระบบ IOT ควบคุมการปล่อยน้ำมากที่สุด ส่วนแอปพลิเคชันแสดงแผนที่และนำทางนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจรองลงมาแต่มีสถิติการใช้งานมากที่สุด ร้อยละ 70 เป็นผู้สูงอายุ มีอายุอยู่ในช่วง 57-69 ปี ส่งผลให้การเรียนรู้และการใช้งานแอปพลิเคชัน ทำได้ช้า ต้องใช้เทคนิคการถ่ายทอดสอนวิธีการใช้แบบประกบตัวต่อตัว พร้อมทั้งให้ปฏิบัติตามสามารถใช้งานได้คล่อง สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมของผู้สูงอายุในการใช้แอปพลิเคชันไลน์บนสมาร์ทโฟนที่พบว่าการจจกรรมใดที่ผู้สูงอายุไม่เคยทำ จะพยายามหาเมนูที่เกี่ยวข้องแต่จะไม่กล้าตัดสินใจเพราะกังวลว่าจะส่งผลกระทบต่อข้อมูลในแอปพลิเคชัน [13]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สกสว. ในการสนับสนุนงบประมาณวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2563 และขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบางน้ำผึ้ง อำเภอบางน้ำผึ้ง จังหวัดสมุทรปราการ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการเข้าพื้นที่ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง เพื่อดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณร้านค้า จำนวน 200 ร้านค้า ที่ให้ความร่วมมือและมีความตั้งใจมุ่งมั่นเรียนรู้ฝึกฝนพัฒนาทักษะการใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสร้างโอกาสและช่องทางในการจำหน่ายสินค้าออนไลน์ เพื่อเพิ่มยอดขายให้ได้มากยิ่งขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. **แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม**, 2559. สืบค้นจาก https://www.dga.or.th/upload/download/file_9fa5ae40143e13a659403388d226efd8.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2563)
- [2] สำนักงาน ก.พ.. **ทักษะความเข้าใจและใช้เทคโนโลยีดิจิทัล**, 2560. สืบค้นจาก <https://www.ocsc.go.th/DLProject/mean-dlp> (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2563)
- [3] สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. **แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2560-2564)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2560.
- [4] สุรพงษ์ วิริยะ อนันตทรัพย์ สุขประดิษฐ์ และ รัชดา ทองคงอยู่. **การพัฒนาเทคโนโลยีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเสมือนจริงในจังหวัดนครสวรรค์**. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, 2560, หน้า 1253-1260.
- [5] วรงค์พร คณาวรงค์. **การพัฒนาออนไลน์แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม**. ปรินิพนธ์ วส.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2557.
- [6] จูติพร การสูงเนิน. **การจัดการสื่อและองค์ความรู้เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยว เส้นทางท่องเที่ยวสี่ทองกลุ่มจังหวัดสนุก**. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, 7(14), หน้า 1-14.
- [7] ศิริษฐ์ คุณชมภูม วรปภา อารีราษฎร์ และ ธรัช อารีราษฎร์. **การศึกษาแนวโน้มการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมโดยเทคนิค EDFR**. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2560, 4(1), หน้า 16-26.
- [8] สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. **แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์สำหรับประเทศไทย**, 2558. สืบค้นจาก <http://horizon.sti.or.th/node/54> (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2563)

-
- [9] สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. **เทคโนโลยี internet of things และนโยบาย Thailand 4.0**, 2560. สืบค้นจาก www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/ปี-2560/ไตรมาส-3-ปี-2560/เอกสารแนบ.pdf.aspx (สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2563)
- [10] ศุภมาส ด่านวิทยากุล. **บ้านอัจฉริยะในยุค IOT Internet of Things**. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ, 2560, (84), หน้า 32-34.
- [11] ธีระชัย หล้าเนียม. **การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที**. ปรินญาณิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2558.
- [12] เจษฎา ขจรฤทธิ์ ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งฤทัย เอ่งฉ้วน. **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ**. วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, 2560, 7(1), หน้า 1-11.
- [13] จันทร์จิราพร ทองประสิทธิ์ และทิพยา จินตโกวิท. **พฤติกรรมของผู้สูงอายุในการใช้แอปพลิเคชันไลน์บนสมาร์ทโฟน**. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2563, 30(1), หน้า 118-129.