



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 ม.ค. - มิ.ย. 65

Contents

บทความวิจัย

- การเฝ้าติดตามไฟป่าแบบใกล้เวลาจริงด้วยภูเกิลเอร์ธเอนจิน กรณีศึกษา อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน 1-14
พงศ์พันธุ์ จันทะคัต เยาวเรศ จันทะคัต และ จอมภัก จันทะคัต
- การรักษาความมั่นคงปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของ QR Code ด้วยการอำพรางในภาพ 15-25
เพื่อการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพในกองทัพอากาศ
- ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง และ ประสงค์ ประณีตพลกรัง
- ระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี 26-37
สุเมธ สุทธารักษ์ และ ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง
- การศึกษาต้นทุนการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 38-49
นเรศ สิริวรารุช และ ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์
- ดีซีฟูดี้ชิบูสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางสำหรับการประยุกต์ใช้กับมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าในโหมดคืนพลังงาน 50-63
รุ่งวิชา ไชยยศ
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน ของนักศึกษากาบินในประเทศไทย 64-78
ชนนนาถ เทพลิบ

บทความวิชาการ

- นักรบไซเบอร์ กำลังอำนาจแห่งชาติที่จำเป็นต่อการรบในสงครามแห่งอนาคต 79-87
दनัย ปญญุทธ
- การศึกษาการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบิน 88-97
ตามมาตรฐานองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นที่ทางวิ่งเปี้ยก
- ธนากร เอี่ยมปาน





วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565

NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ที่ปรึกษาถาวร

พลอากาศโท ณรงค์ศักดิ์ พิธีชัยโลธร _____ ผู้บัญชาการ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

พลอากาศตรี กฤษณา สุพิชญ์ _____ รองผู้บัญชาการ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

พลอากาศตรี ผศ.ชาติชาย คงเจริญสุข _____ รองผู้บัญชาการ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

พลอากาศตรี จักรกฤษณ์ ธรรมวิชัย _____ เสนาธิการ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

พลอากาศตรี รศ.ปรีพจน์ สุขพินาย _____ ผู้อำนวยการ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

พลอากาศตรี บุญเลิศ อังคารา _____ ผู้อำนวยการ สำนักบัณฑิตศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

ที่ปรึกษาวิชาการ

นาวาอากาศเอก ศ.ดร.ประสงค์ ปรานีผลกรัง _____ รองเสนาธิการ โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

บรรณาธิการ

นาวาอากาศเอก รศ.ดร.เกียรติกุล ไชย จิตต์เอื้อ _____ สำนักบัณฑิตศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีคุณค่าแก่ผู้ที่สนใจ
2. เพื่อเป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าผลงานด้านการวิจัย
3. เพื่อแลกเปลี่ยนแนวความคิด ความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิชาการและวิจัยด้านอากาศยาน การบิน อวกาศ คอมพิวเตอร์ ไซเบอร์ เทคโนโลยีป้องกันประเทศ และวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขต

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ จัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์ข้างต้น โดยส่งในรูปแบบบทความทาง Online ซึ่งบทความทุกเรื่องจะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) อย่างน้อย 3 คน โดยเป็นการประเมินแบบผู้ประเมินบทความไม่ทราบชื่อผู้แต่ง และผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมินบทความ (Double-blind) กองบรรณาธิการ ฯ จะเป็นผู้พิจารณาในกระบวนการสุดท้ายในการรับตีพิมพ์ บทความที่รับแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ บทความวิชาการ (Academic Articles) และบทความวิจัย (Research Articles) จะต้องเป็นผลงานที่ใหม่ และไม่มีการคัดลอกผลงานจากผู้อื่น มีกำหนดตีพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี

โดยฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม ของทุกปี

สถานที่ติดต่อ

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

171/1 ถ.พหลโยธิน คลองถนน สายไหม กทม. 10220

โทรศัพท์ 08 1412 1412

E-mail : kiatkulchai@rtaf.mi.th

Website: <https://www.nkrafa.ac.th>

<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-set>

ดูแลระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์

นาวาอากาศเอก รศ.ชนินทร์รัฐ สิทธิเวชนาศิริ

นาวาอากาศโท รศ.ดร.ฐาปนัต บัวภิบาล

นาวาอากาศโท ผศ.โชคชัย แจ่มอำพร

เรืออากาศเอก อภิรักษ์ โภษพิพิธ

เรืออากาศเอกหญิง เพ็ญพรรณ เมืองวงศ์

เรืออากาศโท ผศ.ดร.วิศรุต คล้ายแจ้ง

จ่าอากาศตรี หญิง อิงฟ้า คำงาม

ออกแบบปกและจัดรูปเล่ม พันจ่าอากาศตรี อิศรา ไตรรูป

ISSN(Print) : 2651-1134

ISSN(Online) : 2651-1002

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ (NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) ซึ่งฉบับนี้เป็นปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565 โดยวารสารออนไลน์ใช้ระบบ ThaiJO 2.0 มีหมายเลข ISSN (Online) คือ 2651-1002 และวารสารเป็นเล่ม มี ISSN (Print) คือ 2651-1134 ซึ่งวารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม) ซึ่งกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ ได้ทุ่มเททำงานเพื่อดำรงความมีคุณค่าของงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารฯ และยังมุ่งมั่นที่จะปรับระดับคุณภาพของวารสารฯ ให้พร้อมที่จะเข้าสู่การประเมินเพื่อเลื่อนขึ้นสู่วารสารกลุ่มที่ 1 ต่อไป

กองบรรณาธิการ ฯ ขอขอบคุณผู้สนับสนุนบทความทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจในการส่งบทความ จำนวน 8 บทความ (บทความภายนอก 5 บทความ และ

No.	Journal
1	การเฝ้าติดตามไฟป่าแบบใกล้เวลาจริงด้วยกูเกิลเอิร์ธเอนจิน กรณีศึกษา อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน
2	การรักษาความมั่นคงปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของ QR Code ด้วยการอำพรางในภาพเพื่อการสื่อสาร
3	ระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี
4	การศึกษาต้นทุนการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
5	ดีซีบูตตีบูตคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางสำหรับการประยุกต์ใช้กับมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าในโหมดคืนพลังงาน
6	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน ของนักศึกษาการบินใน
7	นักรบไซเบอร์: กำลังอำนาจแห่งชาติที่จำเป็นต่อการรบในสงครามแห่งอนาคต
8	การศึกษาการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบิน ตามมาตรฐานองค์การการ

บทความภายใน 3 บทความ) เพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565 กองบรรณาธิการฯ ขอบพระคุณมูลนิธิพลอากาศเอก ศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ ฤทธาณินคณะที่ปรึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของบทความและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ยิ่ง สุดท้ายขอขอบคุณ ทีมงานที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ทำให้รูปเล่มของวารสารฯ มีความสมบูรณ์และสวยงาม จนเกิดความสำเร็จทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณตามมาตรฐานคุณภาพของ TCI

นาวาอากาศเอก รองศาสตราจารย์ เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

การเฝ้าติดตามไฟป่าแบบใกล้เวลาจริงด้วยกูเกิลเอิร์ธเอนจิน กรณีศึกษา อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Near Real Time Wildfire Monitoring using Google Earth Engine: A Case Study of Amphoe Pai,

Mae Hong Son Province

Received : May 5, 2022

Revised : June 8, 2022

Accepted : June 13, 2022

^{1*} พงศ์พันธุ์ จันทะคัต, ^{2#} ยาวเรศ จันทะคัต และ ^{3#} จอมภัก จันทะคัต

¹ กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

² คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

³ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จังหวัดนครราชสีมา 30000

^{1*} Pongpun Juntakut ^{2#} Yaowaret Jantakat and ^{3#} Chomphak Jantakat

¹ Department of Civil Engineering, Academic Division of Chulachomklao Royal Military Academy, Nakhon-Nayok 26001

² Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima 30000

³ Faculty of Business Management, Vongchavalitkul University, Nakhonratchasima 30000

* pongpun.ju@crma.ac.th, # yaowaret.ja@rmuti.ac.th, # jjomphak1905@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มของกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) เพื่อการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) ซึ่งมุ่งเน้นการนำเสนอการใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์มเพื่อการประเมินและแสดงผลจำนวนครั้ง และจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot) ในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ โดยสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจได้และกำหนดช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้ ยิ่งไปกว่านั้น การศึกษานี้ยังสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนบ่อยครั้งได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการเฝ้าระวังและการวางแผนเพื่อป้องกันการเกิดไฟป่าในพื้นที่ดังกล่าว ในการศึกษาได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานแพลตฟอร์มโดยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงของเหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นจริงในปี พ.ศ.2563 ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นกรณีศึกษา พบว่ามีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 76.19 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องเท่ากับ 0.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความสอดคล้องระดับดี ดังนั้นการใช้งานกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์มเพื่อการเฝ้าติดตามไฟป่าแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเฝ้าระวังพื้นที่ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: กูเกิลเอิร์ธเอนจิน, จุดความร้อนของไฟป่า, ภาพถ่ายดาวเทียม, แบบใกล้เวลาจริง

Abstract

The objective of the study was the guideline of the application of Google Earth Engine (GEE) platform for monitoring and analysis of wildfire by using satellite imagery of Terra and Aqua in the system of MODIS from database of the Fire Information for Resource Management System (FIRMS) by the National Aeronautics and Space Administration (NASA). The present study focused on the presentation of using GEE platform for the assessment and display the amount and cumulative count of hotspots in near real-time and automatic. In addition, it can determine the area of interesting (AOI) and time series. The results of the study presented the most of hotspot areas. It is useful for monitoring and planning of the protection of wildfire. In this study, the accuracy assessment was done by comparing with the locations of wildfire in year 2020 in Amphoe Pai, Mae Hong Son province as a case study. The study indicated that the values of total accuracy were 76.19% and the Kappa coefficient of correlation were 0.78. It means the results in good level. As a result, the application of GEE platform for monitoring wildfire in near real-time and automatic can be used as an efficient tool for monitoring the risk area of wildfire.

Keywords: Google earth engine, Wildfire hotspot, Satellite imagery, Near real time

1. บทนำ

ไฟป่า (Wildfire) เป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในหลายประเทศ ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ต้องเผชิญกับไฟป่าประจำปีในช่วงฤดูร้อนในหนึ่งรอบปี ซึ่งภัยธรรมชาติดังกล่าวนับวันยิ่งทวีความรุนแรงขึ้น และเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชาชน และทางราชการรวมถึงเป็นผลเสียต่อคุณภาพอากาศในปัจจุบัน [2] โดยมีสาเหตุหลักหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) [3]-[6] ดังนั้นการเฝ้าระวังติดตามและการประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติได้อย่างทันถ่วงที ในแบบใกล้เคียงกับเวลาจริง (Near real-time) จะเป็นข้อมูลที่มีค่าและประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการภัยธรรมชาติในด้านต่าง ๆ เช่น การป้องกัน การระงับเหตุ การสื่อสารข่าวสารของเหตุการณ์ การบรรเทาสาธารณภัยระหว่างเกิดเหตุภัยธรรมชาติ และการช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากการเกิดภัยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งการเฝ้าติดตามและการประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติได้อย่างทันถ่วงทีและรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น ยังคงเป็นความท้าทายเป็นอย่างมากสำหรับเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ และมีอำนาจการตัดสินใจในการระงับเหตุ และบรรเทาสาธารณภัยที่จะต้องข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องรวดเร็ว และประหยัคงบประมาณค่าใช้จ่าย เพื่อการจัดการภัยธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า [7],[8] ซึ่งในช่วงสิบปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลด้วยดาวเทียม (Satellite remote sensing technology) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อการจัดการภัยธรรมชาติอย่างแพร่หลาย เหตุผลหลักหนึ่งคือค่าใช้จ่ายที่น้อยลงมากสำหรับการใช้งานภาพถ่ายดาวเทียมในปัจจุบันโดยมีบริการให้ดาวเทียมโหลดไม่เสียค่าใช้จ่ายจากเว็บไซต์ในหลายองค์กร [7]-[12]

ปัจจุบันได้มีโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มภูมิสารสนเทศของกูเกิล (Google) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างภาพ (Visualization) จากชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial information) ของภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image) โดยกูเกิลรวบรวม และจัดเก็บย้อนหลังมากกว่า 40 ปี ไว้ในแบบคลังข้อมูลสาธารณะ เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Sentinel และ Landsat เป็นต้นโดยการใช้งานโปรแกรม GEE จะเป็น

การเขียนโค้ดคำสั่ง (Code editor) ในภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม นำมาวิเคราะห์และประมวลผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา เช่น แสดงข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Precipitation) หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) เป็นต้น [13]

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าติดตามและประเมินผลจากเหตุการณ์ไฟป่าในประเทศไทยปัจจุบันนั้น ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับจุดความร้อน (Hotspot) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา ในพื้นที่ที่มีการถูกเผาไหม้จากไฟป่าในอุทยานแห่งชาติ คลองวังเจ้า คลองลาน และแม่วงก์ ในปี พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2560 โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ในการวิเคราะห์ ซึ่งจากงานวิจัยและการใช้เครื่องมือดังกล่าวได้นำมาใช้ในการเฝ้าติดตามของเหตุการณ์ไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ทว่ายังเกิดความล่าช้าต่อการประมวลผลของการเฝ้าติดตามของเหตุการณ์ไฟป่าที่ยังต้องใช้เวลาในการประมวลผล [14] และยังมีการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS กับ VIIRS นำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลจุดความร้อนร่วมกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่อำเภอแล่นสัก จังหวัดอุทัยธานี ในปี พ.ศ.2559 ถึง พ.ศ.2562 เพื่อหาสาเหตุของการเกิดจุดความร้อนในพื้นที่ศึกษาในรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องใช้เวลาดำเนินการเพื่อประมวลผลข้อมูลจำนวนมากจึงทำให้ใช้เวลาการวิเคราะห์และประมวลผลที่มาก [15] ดังนั้นจากตัวอย่างงานวิจัยที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่ายังไม่มีมีการนำโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจินมาประยุกต์ใช้ เพื่อการวิเคราะห์และประเมินผลไฟป่าอย่างจริงจังในประเทศไทย ซึ่งการนำแพลตฟอร์มโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจินมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการประมวลผลของข้อมูลเชิงพื้นที่ได้เป็นอย่างดี และสามารถทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อการวางแผนและการป้องกัน

2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) เพื่อการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่า โดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA)

2.2 การศึกษานี้ได้ประเมินและแสดงผลจำนวนครั้งและจำนวนสะสมรวมของจุดความร้อน (Hotspot) ในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ ซึ่งสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจได้ และกำหนดช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษานี้ยังสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนบ่อยครั้งได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการเฝ้าระวังและการวางแผนป้องกันการเกิดไฟป่าในพื้นที่เสี่ยงได้

2.3 การศึกษานี้ยังได้วิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานแพลตฟอร์ม GEE โดยการเปรียบเทียบการประเมินผลของจำนวนครั้ง และจำนวนสะสมรวมของจุดความร้อนกับเหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งได้เลือกพื้นที่อำเภอป่าสัก จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นกรณีศึกษา อันเนื่องมาจากเกิดเหตุการณ์ไฟป่าบ่อยครั้ง และเป็นอำเภอหนึ่งเป็นที่ยอมรับมากของการท่องเที่ยวในประเทศไทย [16],[17]

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การกำหนดและแสดงผลตำแหน่งจุดความร้อน

ข้อมูลจุดความร้อนของไฟป่า (Wildfire hotspot data) ที่ได้นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ได้จากดาวเทียมด้วยกันสองดวงคือ Terra และ Aqua ซึ่งได้ทำการปล่อยเข้าสู่อวกาศเมื่อปี ค.ศ.1999 และ 2002 ตามลำดับ เพื่อทำการสำรวจโลกและเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติ โดยได้ติดตั้งเซนเซอร์ระบบ MODIS ไปกับดาวเทียมทั้งสอง [18] โดยการกำหนดและแสดงผลตำแหน่งจุดความร้อนนั้นจะเป็นการวิเคราะห์จากค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ซึ่งเป็นค่าความเป็นไปได้ของการเกิดจุดความร้อนในรูปแบบพิกเซล (Pixel)

ของภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS โดยได้จากการคำนวณค่าความเชื่อมั่น (Confidence value) ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิตของพารามิเตอร์ย่อย (Geometric mean of sub-confidence parameters) จำนวน 5 พารามิเตอร์ย่อย แบ่งออกเป็น C_1 ถึง C_5 [19],[20]

พารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 ดังกล่าวจะถูกคำนวณจากค่าต่าง ๆ ประกอบไปด้วย T_4 คือ ช่วงค่าความส่องสว่างของอุณหภูมิ (Brightness temperature) ที่ 360 K หรือช่วงความยาวคลื่นที่ 4 ไมโครเมตร (μm), N_{aw} คือ จำนวนพิกเซลของน้ำ (Number of adjacent water pixels), N_{ac} คือ จำนวนพิกเซลของเมฆ (Number of adjacent cloud pixels), Z_4 และ $Z_{\Delta T}$ คือ ค่าตัวแปรมาตรฐาน (Standardized variables) โดย $Z_4 = (T_4 - \bar{T}_4)/\delta_4$ และ $Z_{\Delta T} = (\Delta T - \bar{\Delta T})/\delta_{\Delta T}$ ซึ่งค่า δ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และ $S(x; \alpha, \beta)$ คือ ฟังก์ชันลาดเอียง (The ramp function) ดังแสดงในสมการที่ 1 - 3:[20]

$$\text{if } x \leq \alpha; \text{ then } S(x; \alpha, \beta) \quad (1)$$

$$\text{if } \alpha < x < \beta; \text{ then } S(x; \alpha, \beta) = \frac{(x - \alpha)}{(\beta - \alpha)} \quad (2)$$

$$\text{if } x \geq \beta; \text{ then } S(x; \alpha, \beta) = 1 \quad (3)$$

โดย x คือ ค่าฟังก์ชันที่นำมาพิจารณาสำหรับหาค่าความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 ได้แก่ ค่า T_4 , Z_4 , $Z_{\Delta T}$, N_{ac} และ N_{aw} , α คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อการพิจารณาสำหรับหาค่าความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 ได้แก่ ค่า T_4 , 3.0, 3.5, 0 และ β คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อการพิจารณาสำหรับหาค่าความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 ได้แก่ ค่า 360, 6, 6 และ 4 ดังแสดงในสมการที่ 4 - 8

ดังนั้นพารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 สามารถคำนวณได้จากการพิจารณาในสมการที่ 1 - 3 โดยใช้ค่าฟังก์ชันลาดเอียงที่ได้กำหนดไว้ในสมการที่ 4 - 8: [20]

$$C_1 = S(T_4; T_4, 360K) \quad (4)$$

$$C_2 = S(Z_4; 3.0, 6) \quad (5)$$

$$C_3 = S(Z_{\Delta T}; 3.5, 6) \quad (6)$$

$$C_4 = 1 - S(N_{ac}; 0, 4) \quad (7)$$

$$C_5 = 1 - S(N_{aw}; 0, 4) \quad (8)$$

โดย C_1 ถึง C_5 คือ ค่าความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ย่อยที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับ ช่วงค่าความเชื่อมั่น (Confidence range; C) คำนวณได้จากการหาค่าเฉลี่ยของค่าความเชื่อมั่นพารามิเตอร์ย่อย C_1 ถึง C_5 แล้วนำค่าเฉลี่ยมาพิจารณาตามช่วงค่าร้อยละที่คำนวณได้ ดังนี้ ความเชื่อมั่นต่ำ (Low) $0\% \leq C < 30\%$ ความเชื่อมั่นปกติ (Nominal) $30\% \leq C < 80\%$ และความเชื่อมั่นสูง (High) $80\% \leq C \leq 100\%$ [20]

3.2 การประมวลผลความถูกต้อง

ภายหลังจากการเตรียมการ และตรวจสอบช่วงเวลาของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS จากฐานข้อมูล FIRMS เรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปคือ การเขียนคำสั่งภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์มการทำงานโค้ดของกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE CODE editor) เพื่อบันทึกข้อมูล และสร้างหน้าต่างแสดงผล โดยสามารถให้ผู้ใช้งานกำหนดพื้นที่ที่สนใจวิเคราะห์ และเลือกช่วงเวลาที่จะประมวลผลได้ ดังแสดงตัวอย่างโค้ดภาษา JavaScript ที่ได้เขียนขึ้น เพื่อการศึกษานี้ ดังแสดงในรูปที่ 1 (https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2Fjuntakut37%2FFIREWATCH%3AUI_FIRMS_TH.js) สำหรับการนำผลการวิเคราะห์และประมวลผลมานำเสนอและแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ออนไลน์ เพื่อให้ผู้ที่สนใจใช้งานสามารถใช้งานแพลตฟอร์มได้นั้น จะใช้เครื่องมือ GEE APP ซึ่งเป็นฟังก์ชันหนึ่งอยู่ใน โปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม โดยสามารถนำเบราว์เซอร์ที่ได้ออกแบบ และสร้างไว้โฮสต์ขึ้นในเซิร์ฟเวอร์ (Server) ของกูเกิลเอิร์ธเอนจิน และจะได้รับโดเมนจาก โปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของผลการศึกษา การศึกษานี้ได้ใช้การเปรียบเทียบผลการศึกษากับข้อมูล ในรายงานสถิติจำนวนตำแหน่งที่เกิดไฟป่าของจุดความร้อน จากรายงานข้อมูลของส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [21],[22] และจากข้อมูลสถานการณ์ไฟป่าของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency: GISTDA) [23] โดยจะมุ่งเน้นการตรวจสอบผลการศึกษากับข้อมูลอ้างอิงในพื้นที่ศึกษา อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 105 จุด [22] และดังแสดงในตารางที่ 3

```
// *****
// =====
// ----- Instructions for FIRMS Explorer -----
// =====
// *****
/*
// @author Juntakut P.
// Last updated: March 18, 2021
// Purpose: plot timeseries of MODIS/FIRMS active fire counts
// by region and day of year, across years
*/
// =====
// ***** -- Code -- *****
// =====

// Note: The drawing tools and app codes are based on the tutorial by Justin Braaten & Tianjia Liu:
// https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/drawing-tools-region-reduction
// https://github.com/tianjialiu/FIRECAM

// Hide the drawing tools widget; we want a really simple interface.
// We'll add our own buttons or geometry selection.
//var baseMap = require('users/juntakut37/packages:baseMap.js');
Map.drawingTools().setShown(false);
//Map.setOptions('Dark', {'Dark': baseMap.darkTheme});
//Map.setOptions('Terrain');
//Map.setOptions('Satellite');
Map.setOptions('Hybrid');
Map.setCenter(20,10,4);
Map.setControlVisibility({layerList: true, zoomControl: false});

// Define symbols for the labels.
var symbol = {
  rectangle: '■',
  polygon: '▲',
  pan: '👉'
};

// Set up a ui.Panel to hold instructions and the geometry drawing buttons.
var startYearSlider = ui.Slider({min:2001,max:2021,value:2015,step:1,
  style:{stretch:'horizontal', 'background-color':'#333333', color: 'white', fontSize:'18px'}});
var endYearSlider = ui.Slider({min:2001,max:2021,value:2021,step:1,
  style:{stretch:'horizontal', 'background-color':'#333333', color: 'white', fontSize:'18px'}});
var doyText = ui.Textbox({placeholder:'1-365',value:'1-365',
  style:{stretch:'horizontal', 'background-color':'#333333', color:'black', fontSize:'18px'}});

var changeSliderYr = function() {
  var startYr = startYearSlider.getValue();
  var endYr = endYearSlider.getValue();
  if (endYr < startYr) {endYearSlider.setValue(startYr)}
```

รูปที่ 1 ตัวอย่างโค้ดภาษา JavaScript ที่ใช้ในการศึกษานี้

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's Kappa) [24] ได้ถูกนำมาหาค่าความสอดคล้องระหว่างผลการศึกษาและเหตุการณ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงตามจำนวนอ้างอิงในพื้นที่ศึกษาในโปรแกรม R Studio โดยค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน ($\hat{k}$) ได้จากสมการที่ 9 [24]

$$\hat{k} = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (9)$$

โดย p_o คือ ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าสังเกต (Observe probability of agreement), p_e คือ ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าคาดหวัง (Hypothetical expected probability of agreement) ในสมการที่ 10 และ 11 แสดงการคำนวณหาค่า p_o และ p_e ตามลำดับ และดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนี้

$$p_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{ii} \quad (10)$$

$$p_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i} \quad (11)$$

		Commission Errors →				
		Reference Data (Ex. Class form field)				
		Class 1	Class 2	Class k	Sum	
← Omission Errors	Classified Data	Class 1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
		Class 2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
		.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.
		Class k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
Sum		n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n	

รูปที่ 2 รูปแบบของ Cohen's Kappa [24]

การแปลความหมายของค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน พิจารณาดังแสดงในตารางที่ 1 [24]

ตารางที่ 1 ความหมายของค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's Kappa) [24]

ค่าสัมประสิทธิ์ (Kappa)	ขนาดความสอดคล้อง (Strange of Agreement)
< 0.00	แย่ (Poor)
0.00 - 0.20	น้อย (Slight)
0.21 - 0.40	พอใช้ (Fair)
0.41 - 0.60	ปานกลาง (Moderate)
0.61 - 0.80	ดี (Substantial)
0.81 - 1.00	ดีมาก (Almost perfect)

สำหรับการประเมินค่าความถูกต้องเป็นการพิจารณาข้อมูลผลการจำแนกชั้นข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ตั้งหน่วยตัวอย่าง (จุดสำรวจ) เปรียบเทียบความสอดคล้องกันกับความเป็นจริงที่พบในภาคสนามที่ถือว่าเป็นข้อมูลอ้างอิง แล้วทำการแจกแจงให้อยู่ในรูปของตารางข้อมูลที่เรียกว่า Error Matrix หรือเรียกว่า Confusion Matrix หรือ Contingency Table โดยสามารถใช้วิเคราะห์หาค่าแสดงความถูกต้องได้หลายลักษณะด้วยกัน ดังนี้ 1) ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy: PA) เป็นการสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของการขึ้นข้อมูลของตัวจำแนก (Classifier), 2) ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy: UA) เป็นการสะท้อนประสิทธิภาพของการจำแนกสามารถบอกความน่าเชื่อถือในการนำข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลไปใช้ และ 3) ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy: OA) เป็นการแสดงความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่มีความสอดคล้องตรงกันระหว่างจุดตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงคิดเป็นร้อยละของจุดตรวจสอบทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงลักษณะของความผิดพลาด ซึ่งจะเป็นการพิจารณาโดยรวมของทุกชั้นข้อมูลที่จำแนกได้แสดงเป็นค่าความถูกต้องเดียว โดยสมการที่ 12-16 แสดงการคำนวณค่าต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมา ดังนี้ [24]

ค่าผลรวมตามแนวนอน:

$$n_{i+} = \sum_{j=1}^k n_{ij} \quad (12)$$

ค่าผลรวมตามแนวตั้ง:

$$n_{+j} = \sum_{i=1}^k n_{ij} \quad (13)$$

ความถูกต้องของผู้ผลิต (PA):

$$PA = \frac{n_{ii}}{n_{+j}} \quad (14)$$

ความถูกต้องของผู้ใช้ (UA):

$$UA = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (15)$$

ความถูกต้องโดยรวม (OA):

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (16)$$

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 พื้นที่ศึกษา

อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีที่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนบน มีพิกัดทางภูมิศาสตร์บริเวณละติจูดที่ 19.27 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 97.93 องศาตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ ~2,245 ตารางกิโลเมตร ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบแอ่งกระทะ มีป่าและล้อมรอบด้วยภูเขาสูง มีความสูง 313-1,993 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีแม่น้ำหลายสาย ได้แก่ แม่น้ำปาย แม่น้ำของ และแม่น้ำแม่ปิงน้อย ได้แบ่งพื้นที่การปกครองออกเป็น 7 ตำบล ได้แก่ ตำบลเมืองแปง ตำบลทุ่งยาว ตำบลเวียงเหนือ ตำบลโป่งสา ตำบลแม่ฮี้ ตำบลแม่นาเติง และตำบลเวียงใต้ สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ช่วงฤดูหนาว อากาศหนาวจัดต่ำสุดที่ 2 องศาเซลเซียส ช่วงฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนของทุกปี ช่วงฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนของทุกปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 800-900 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้งปีที่ 33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งปีที่ 20.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีร้อยละ 74 ในพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางเชื้อชาติ ร้อยละ 53 ของประชากรเป็นชาวล้านนา และชาวไทยใหญ่ และร้อยละ 47 เป็นชาวเขา เช่น กะเหรี่ยง ม้ง ลีซอ และมูเซอ มีจำนวนประชากร 38,540 คน ในปี พ.ศ.2563 [15] รูปที่ 3 แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน



รูปที่ 3 พื้นที่ศึกษา (อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน)

4.2 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้นำโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (GEE) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการเฝ้าติดตาม และวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ โดยในรูปที่ 4 ได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาในโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธเอนจิน ผ่านการเขียนโค้ดคำสั่งด้วยภาษา JavaScript เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) นำมาวิเคราะห์และประมวลผล



รูปที่ 4 แผนผังของวิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้แบ่งวิธีการศึกษาออกเป็นขั้นตอนหลักด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ 1) เตรียมการและตรวจสอบช่วงเวลาของข้อมูล เพื่อการดาวน์โหลดแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติในทุก ๆ 5 นาที จากฐานข้อมูล FIRMS ขององค์กร NASA 2) เขียนโปรแกรมภาษา JavaScript ในแพลตฟอร์ม Google Earth Engine CODE เพื่อเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS จากฐานข้อมูล FIRMS และนำข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลแบบอัตโนมัติตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และ 3) นำผลการวิเคราะห์และประมวลผลจำนวนครั้งและจำนวนสะสมรวมของจุดความร้อน (Hotspot)

ในพื้นที่ที่สนใจที่ได้กำหนด แสดงผลในแดชบอร์ด (Dashboard) และออนไลน์ผ่านเครื่องมือ GEE APP ในรูปของเว็บไซต์ เพื่อการใช้งานในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ

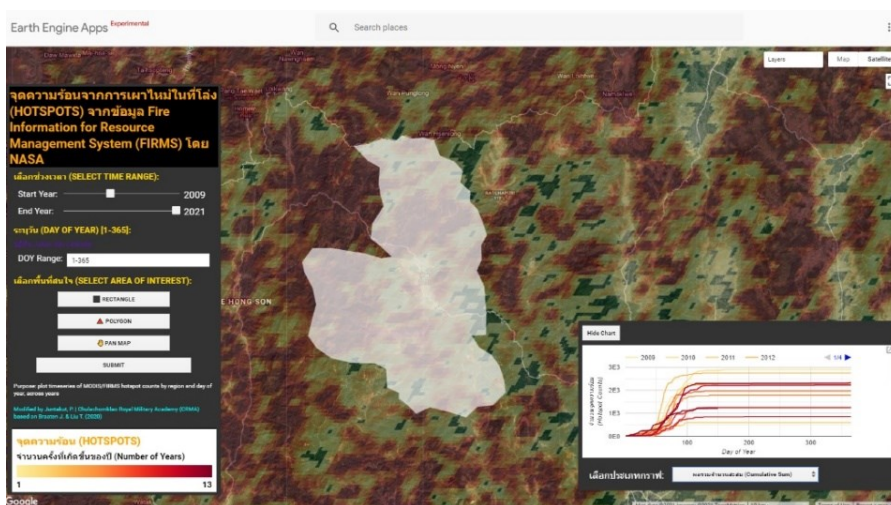
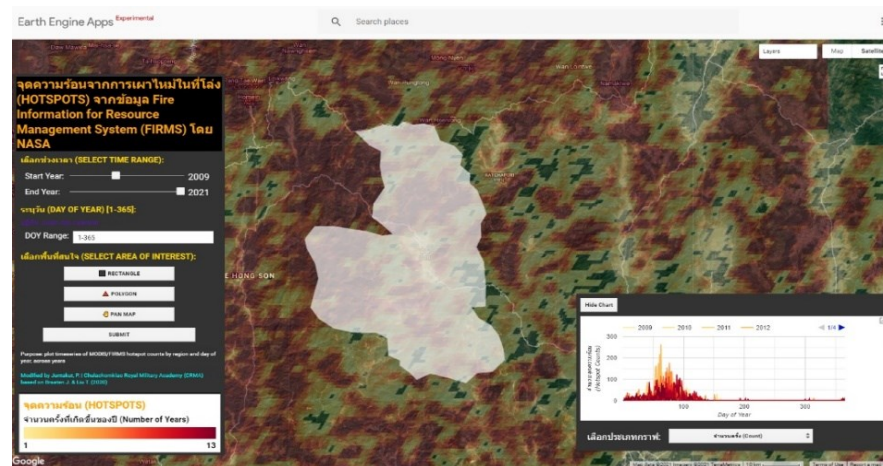
5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์จุดความร้อนของการเกิดไฟป่า

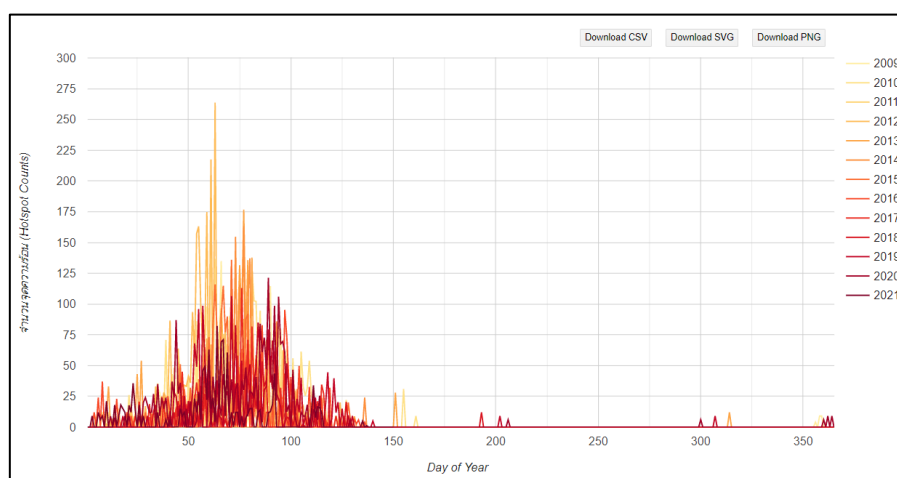
จากผลการศึกษาได้ประมวลผลจำนวนและผลรวมสะสมของจุดความร้อนที่ทำให้เกิดไฟป่า (Hotspot count) และวิเคราะห์ระบุถึงเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปี บนฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบ MODIS ระหว่างปี พ.ศ.2552 ถึง 2564 ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยในปี พ.ศ.2553 จำนวนจุดความร้อนมากที่สุดที่ 2,902 จุด ในปี พ.ศ.2555(2,748 จุด) ในปี พ.ศ.2563 (2,331 จุด) รองลงมาตามลำดับ โดยเดือนที่ควรเฝ้าระวังคือเดือนมีนาคมของทุกปี อันเนื่องมาจากจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นมีมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2 และได้แสดงในแดชบอร์ดแบบเชิงพื้นที่ และแผนภูมิแสดงจำนวนและผลรวมสะสมของจุดความร้อนในแต่ละปีในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 5 -7

ตารางที่ 2 จำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) และเดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุดในรอบปี จากระบบ MODIS (พ.ศ.2552-2564) ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

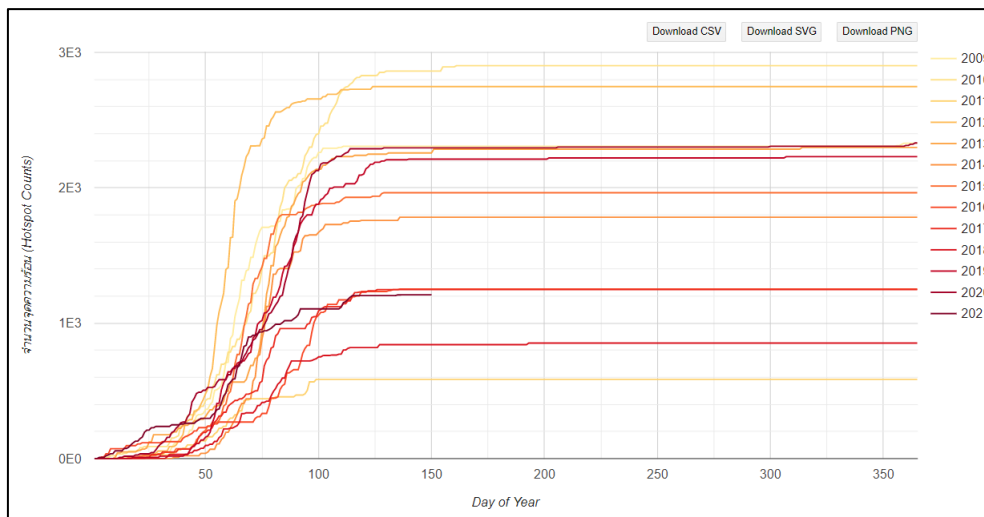
ปี พ.ศ. (Year)	จำนวนจุดความร้อน (Hotspot count)	เดือนที่มีจำนวนจุดความร้อนสูงสุด (Month / จุด)
2552	2,329	มีนาคม / 172
2553	2,902	มีนาคม / 132
2554	585	มีนาคม / 76
2555	2,748	มีนาคม / 264
2556	2,298	มีนาคม / 177
2557	1,783	มีนาคม / 164
2558	1,964	มีนาคม / 137
2559	1,252	เมษายน / 96
2560	1,248	มีนาคม / 113
2561	853	มีนาคม / 65
2562	2,230	มีนาคม / 107
2563	2,331	มีนาคม / 122
2564 (ม.ค.-พ.ค.)	1,210	มีนาคม / 83



รูปที่ 5 กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (GEE platform) แสดงข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) ในอำเภอบาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน



รูปที่ 6 การแสดงจำนวนจุดความร้อน (Hotspot count) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2552-2564) ในอำเภอบาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน



รูปที่ 7 การแสดงจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot cumulative sum) รายวันในแต่ละปี (พ.ศ.2552-2564) ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

5.2 ผลการประเมินความถูกต้อง

การเปรียบเทียบผลการศึกษากับข้อมูลในรายงานสถิติจำนวนตำแหน่งอ้างอิงที่เกิดไฟฟ้าของจุดความร้อน จากรายงานข้อมูลของส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช [21] และรายงานวิทยานิพนธ์ของ นวพล ลินดำ ในปี พ.ศ.2563 [22] ของพื้นที่ศึกษา อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (เกิดไฟฟ้าขึ้นจริงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563) แสดงให้เห็นว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างผลการศึกษาและเหตุการณ์ การเกิดไฟฟ้าขึ้นจริงดังแสดงในรูปที่ 8 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮนที่ $\kappa = 0.78$ แสดงถึงมีขนาดความสอดคล้องในระดับดี และมีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 76.19 ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ดังแสดงในตารางที่ 3

อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	
ผลการศึกษา)2563 (	ภาพถ่าย (63.พ.ก)
	จ.แม่ฮ่องสอน ยังคงมีไฟฟ้าเกิดขึ้นต่อเนื่อง ในหลายพื้นที่ 18 ก.พ. 63 www.chiangmainews.co.th @chiangmainews https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/1267098/

รูปที่ 8 จุดความร้อนกับจุดอ้างอิงที่เกิดไฟฟ้าใน อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ปี พ.ศ.2563 [22]

ตารางที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องของจุดทดสอบอ้างอิง ในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Class	จุดถูกเผาไหม้	จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	รวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (%)
จุดถูกเผาไหม้	73	2	75	97.33
จุดที่ไม่ใช่พื้นที่เผาไหม้	7	23	30	76.67
รวม	80	25	105	-
ความถูกต้องของผู้ผลิต (%)	91.25	92.00	-	-
ความถูกต้องรวม (%)	76.19	-	-	-
ค่า Cohen's Kappa	0.78	-	-	-

6. สรุป

การศึกษานี้ได้เสนอและชี้ให้เห็นแนวทางการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine: GEE) เพื่อการเฝ้าติดตามและวิเคราะห์พื้นที่ไฟป่าโดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra และ Aqua ในระบบ MODIS จากฐานข้อมูล Fire Information for Resource Management System (FIRMS) ขององค์กร National Aeronautics and Space Administration (NASA) ซึ่งมุ่งเน้นการนำเสนอการใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม เพื่อการประเมินและแสดงผลจำนวนครั้ง และจำนวนผลรวมสะสมของจุดความร้อน (Hotspot) ในแบบใกล้เวลาจริงและอัตโนมัติได้อย่างรวดเร็วกว่างานวิจัยอื่น ๆ ที่ใช้โปรแกรม ArcGIS และการใช้งานแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจินยังสามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจได้ และกำหนดช่วงระยะเวลาที่ต้องการได้นอกจากนั้น การศึกษานี้ยังสามารถแสดงผลเชิงพื้นที่ที่เกิดจุดความร้อนบ่อยครั้งได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการเฝ้าระวัง และการวางแผนเพื่อป้องกันการเกิดไฟป่าในพื้นที่ดังกล่าว

การศึกษานี้ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งานแพลตฟอร์ม โดยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงของเหตุการณ์ไฟป่าที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในปี พ.ศ.2563 พบว่า มีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 76.19 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องเท่ากับ 0.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความสอดคล้องระดับดี ดังนั้นผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม GEE ด้วยภาษา JavaScript สามารถนำมาใช้เพื่อการเฝ้าติดตามและประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติ ได้เป็นอย่างดี และสามารถทันถ่วงทีในแบบใกล้เคียงกับเวลาจริง (Near real-time) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ไฟป่า เพื่อลดเวลาการสำรวจและประมวลผลของเจ้าหน้าที่ รวมถึงเพื่อเป็นลดความเสี่ยง และความเสียหายอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ไฟป่าในพื้นที่ได้

7. ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม GEE ด้วยภาษา JavaScript สามารถนำมาใช้เพื่อการเฝ้าติดตาม และประเมินผลความเสียหายจากภัยธรรมชาติ ซึ่งจะมีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการจัดการภัยธรรมชาติเชิงพื้นที่ได้อย่างทันถ่วงที ในแบบใกล้เคียงกับเวลาจริง (Near real-time) ในด้านต่าง ๆ เช่น การป้องกัน การระงับเหตุ การสื่อสารข่าวสารของเหตุการณ์ การบรรเทาสาธารณภัยระหว่างเกิดเหตุภัยธรรมชาติ และการช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากการเกิดภัยธรรมชาติ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามจากตำแหน่งข้อมูลจุดความร้อนขององค์กร NASA ที่ได้นำมาใช้ในการศึกษานี้ยังมีบางข้อมูลที่คลาดเคลื่อนของความถูกต้อง

ดังนั้นจึงควรมีการสำรวจและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกับพื้นที่จริงในภาคสนามควบคู่อย่างละเอียดและต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องของการจัดการภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย ซึ่งได้รับทุนวิจัยจากกองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก พร้อมทั้งได้รับคำแนะนำจากศูนย์ศึกษาบูรณาการเกษตรกรรม หน่วยบัญชาการทหารพัฒนา ดังนั้นคณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณการสนับสนุนด้านงบประมาณ และคำปรึกษาด้านต่าง ๆ สำหรับการศึกษาและวิจัยนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] DDPM. (2015). National Disaster Risk Management Plan. Department of Disaster Prevention and Mitigation, Ministry of Interior, Thailand. 1-12. Retrieved on July 10, 2021, from https://www.disaster.go.th/upload/download/file_attach/584115d64fcee.pdf
- [2] Pollution Control Department. (2015). Smog and weather problems. (Type 1). Pollution Control Department.
- [3] Flannigan, M. D., Stocks, B. J., & Wotton, B. M. (2000). Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment*. 262: 221-229.
- [4] Nitschke, C. R., & Innes, J. L. (2006). Interactions between fire, climate change and forest biodiversity, *CABI Publishing*.
- [5] Abatzoglou, J. T., & Williams, A. P. (2016). Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests, *PNAS*. 113(42): 11770-11775.
- [6] Juntakut, P. (2020). Assessment of Drought Impacts on Urban Green Areas With the Climatic Drought Index in Nakhonratchasima City, Thailand. *วารสารวิชาการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*. 18(1): 15-22.
- [7] Simon, P., Eva-Maria, F., & Corinne, F. (2017). A Fully Automatic Instantaneous Fire Hotspot Detection Processor Based on AVHRR Imagery-A Timeline Thematic Processo. *Remote Sens*. 9(1).
- [8] Nion, S., Sarawut, P., & Vivarad, P. (2017). Near Real Time Wildfire Monitoring in Chiang Rai Province using Mobile Phone Application. *Information Technology Journal*. 13(2).
- [9] ดาวิณี กาลาเอส และคณะ. (2019). การวิเคราะห์พื้นที่เสียหายจากไฟป่าด้วยข้อมูลจากดาวเทียมในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. *วารสารวิจัยและพัฒนาวิทยาลัยอาชีวศึกษาในพระบรมราชูปถัมภ์*. 14(1): 72-81.
- [10] Nigro, J., Slayback, D., Policelli, F., & Brakenridge, G. R. (2014). NASA/DFO MODIS Near Real-Time (NRT) Global Flood Mapping Product Evaluation of Flood and Permanent Water Detection. Eval. *Greenbelt MD*. Retrieved on July 10, 2021, from https://floodmap.modaps.eosdis.nasa.gov/documents/NASAGlobalNRTEvaluationSummary_v4.pdf
- [11] Wang, Y., Colby, J. D., & Mulcahy, K. A. (2002). An efficient method for mapping flood extent in a coastal floodplain using Landsat TM and DEM data. *Int. J. Remote Sens*. 23: 3681-3696.
- [12] พงศ์พันธุ์ จันทะศักดิ์ และคณะ. (2021). แนวทางการประยุกต์ใช้กูเกิลเอิร์ธเอนจินเพื่อการเฝ้าติดตามและประเมินผล ความเสียหายจากภัยธรรมชาติ. The 26th National Convention on Civil Engineering. Golden City Hotel. Rayong. Thailand.
- [13] Google Earth Engine. (2020). Retrieved on July 15, 2021, from official website: <https://earthengine.google.com>

- [14] สุภาพพงษ์ ฐันทอง. (2562). การสกัดและประเมินพื้นที่ถูกเผาไหม้โดยใช้ค่าความแตกต่างของดัชนีเชิงคลื่นหลายช่วงเวลา จากข้อมูลแลนด์แซท 8 : กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า คลองลานและแม่วงก์. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (สทมส.)*. 25(2).
- [15] พิจิตรา พะยิม. (2562). การเปรียบเทียบการกระจายตัวของจุดความร้อนที่ตรวจวัดได้ระหว่าง MODIS C6 กับ VIIRS ในพื้นที่อำเภอแล่นสัก จังหวัดอุทัยธานี. (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก).
- [16] สำนักงานจังหวัดแม่ฮ่องสอน. (2564). รายงานบรรยายสรุปจังหวัดแม่ฮ่องสอน ประจำปี 2564. สืบค้น 21 มีนาคม 2564, จาก <http://www.maehongson.go.th/th/province-info/provincial-offices/administrative-region/pai.html>
- [17] กรมอุตุนิยมวิทยา. (2013). เอกสารวิชาการอุตุนิยมวิทยานำรู้เพื่อการเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน. สืบค้น 21 มีนาคม 2564, จาก www.arcims.tmd.go.th/DailyDATA/Agromettoknow/NN/อุตุนิยมวิทยานำรู้เพื่อการเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน.pdf
- [18] Vadrevu, K., Csiszar, I., Ellicott, E., Giglio, L., Badarinath, K., Vermote, E., & Justice, C. (2013). Hotspot Analysis of Vegetation Fires and Intensity in the Indian Region. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 6: 224-238.
- [19] Giglio, L. (2010). MODIS Collection 5 Active Fire Product User's Guide. Science Systems and Applications, Inc. University of Maryland. Department of Geography. Retrieved on July 8, 2021, from https://gis-lab.info/docs/mod14_users_guide_2.4.pdf
- [20] Giglio, L., Schroeder, W., & Justice, C. O. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*. 178(2016): 31-41.
- [21] ส่วนควบคุมไฟฟ้า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟฟ้า. (2021). สืบค้น 8 มิถุนายน 2565, จาก http://forestinfo.forest.go.th/fWilde_firedetail.aspx?wf=-1&year=-1&year=-1&month=-1&emonth=-1&prov=58
- [22] นวพล ลินต้า. (2563). การหาพื้นที่เผาไหม้จากไฟป่าด้วยภาพดาวเทียม Sentinel-2 กรณีศึกษา อำเภอป่า จังหวัดแม่ฮ่องสอน. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก).
- [23] Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. (2021). GISTDA. Retrieved on June 9, 2021, from <http://fire.gistda.or.th/download-v1.html>
- [24] Landis, J., & Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33(1): 159-174.

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ในการรักษาความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้ QR Code ด้วยเทคนิคการอำพรางในภาพเพื่อการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพในกองทัพอากาศ

The Application Development in Security and Privacy of QR Code Users Using Steganography Techniques for Efficient Communication in the Royal Air Force

^{1*} ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง และ ^{2#} ประสงค์ ประณีตพลกรัง

^{1,2} กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

^{1*} Phummipat Daungklang and ^{2#} Prasong Praneetpolgrang

^{1,2} Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

*phummipat_d@rtaf.mi.th, #prasong_pr@rtaf.mi.th

บทคัดย่อ

Quick Response Code หรือ QR Code เป็นบาร์โค้ดในรูปแบบเหลี่ยมจัตุรัส 2 มิติที่เป็นผลลัพธ์จากการแปลงข้อความให้อยู่ในรูปแบบภาพที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย และรวดเร็วผ่านอุปกรณ์พกพา มีประโยชน์ที่ใช้แทนการส่งข้อมูลที่มีความซับซ้อน และยากต่อการจดจำ ดังนั้น QR Code จึงได้รับความนิยมใช้สำหรับการติดต่อสื่อสาร และแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม หากใช้ QR Code อย่างไม่ระมัดระวังอาจเป็นจุดเริ่มต้นของความเสียหายที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อหน่วยงานหรือถูกละเมิดความเป็นส่วนตัวได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบการอำพราง QR Code ในภาพ โดยใช้เทคนิคการอำพรางข้อมูลไว้ที่ค่าพิกเซลของภาพแบบบิตนัยสำคัญน้อยที่สุด (Least Significant Bit: LSB) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารด้วย QR Code ให้มีความปลอดภัย และน่าเชื่อถือ ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพหลังการอำพราง QR Code มีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับจนยากต่อการแยกแยะด้วยสายตามนุษย์ ซึ่งสามารถใช้ในการติดต่อสื่อสาร และแลกเปลี่ยนข่าวสารได้อย่างปลอดภัยในระบบเครือข่าย

คำสำคัญ: การอำพรางข้อมูล, รหัสคิวอาร์โค้ด, บิตนัยสำคัญน้อยที่สุด

Received : March 29, 2021

Revised : March 14, 2022

Accepted : March 31, 2022

Abstract

A QR Code (Quick Response Code) is a 2D square barcode that is a result from conversion of text into an image format, which can be quickly and easily accessed via mobile devices. They can be used as a substitute for transmitting complex and difficult-to-remember information, so QR codes are popular today for communicating and exchanging information. However, if QR codes are used carelessly, they can cause damage to organization or breach of privacy. Therefore, the researcher has developed a system for concealing the QR Code in an image by using the Least Significant Bit (LSB) pixel value masking technique in order to increase the efficiency of communication with QR Code safely and reliable. The result is that the image after QR code “camouflage” is so similar to original image that it is difficult to be distinguished by human eyes. It can be used for communication and information exchange securely in the network.

Keywords: Steganography, QR Code, Least Significant Bit

1. บทนำ

ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยเห็นได้จากโปรแกรมประยุกต์ (Application) ที่มีจำนวนมากขึ้น และมีการพัฒนาแบบก้าวกระโดด รวมถึงแพลตฟอร์มด้านสื่อสังคมออนไลน์ที่มีฟังก์ชันในการอำนวยความสะดวกให้การติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ส่ง และผู้รับสารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแพลตฟอร์มที่กำลังเป็นที่นิยม ได้แก่ Line WhatsApp Facebook และ Instagram เป็นต้น ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารพบว่า ภาพ (Image) ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากภาพสามารถทำให้ผู้รับสารเข้าใจเนื้อหารายละเอียดของสารได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งรูปแบบของภาพที่นิยมใช้สื่อสารกันบนสื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ ภาพถ่าย โพสต์เตอร์ และอินโฟกราฟิกส์ (Infographics) เป็นต้น นอกจากนี้ ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อความ (Text) ยังถูกแปลงให้เป็นภาพที่อยู่ในรูปแบบของรหัสคิวอาร์ (QR Code) ก่อนทำการส่งให้ผู้รับสารอีกด้วย

จากความนิยมในการใช้ภาพแทนข้อความในการติดต่อสื่อสาร ทำให้ภาพถูกใช้เป็นส่วนในการซ่อนข้อมูลลับหรือข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งกระบวนการซ่อนพรางข้อมูลนี้จะเรียกว่า วิทยาการอำพรางข้อมูล (Steganography) เป็นศาสตร์ที่มุ่งเน้นการทำให้ข้อความไม่สามารถอ่านและเข้าใจได้จากผู้ที่ไม่อยู่ในกลุ่มของผู้รับสาร ทำให้ข้อความสามารถส่งถึงกลุ่มผู้รับสารได้อย่างปลอดภัย และมีความน่าเชื่อถือ

นอกจากความนิยมในการอำพรางข้อมูลในภาพแล้ว การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของรหัสคิวอาร์ (QR Code) ก่อนส่งให้กลุ่มผู้รับสารเป็นที่ได้รับความนิยมเช่นกัน ซึ่งในปัจจุบัน QR Code ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการใช้สื่อสารข้อมูล โดยประโยชน์ที่เห็นได้ชัดของ QR Code คือ สามารถแปลงข้อมูลหรือหมายเลขที่ซับซ้อนที่จดจำได้ยากให้อยู่ในรูปแบบภาพที่สามารถเข้าถึงผ่านอุปกรณ์พกพาได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว จากประโยชน์ของ QR Code ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น กองทัพอากาศจึงได้นำ QR Code มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบสารสนเทศต่าง ๆ ได้แก่ ด้านกำลังพล ด้านการส่งกำลังบำรุง ด้านการรักษาความปลอดภัยพื้นที่ รวมถึงใช้แทนการส่งลิงค์แบบสำรวจออนไลน์ เป็นต้น อีกทั้งข้าราชการของกองทัพอากาศยังใช้ QR Code ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันอีกด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในโลกยุคปัจจุบัน QR Code ได้เข้าไปมีบทบาทในทุกภาคส่วน

อย่างไรก็ตาม การใช้งาน QR Code ที่ไม่ระมัดระวัง และไม่คำนึงถึงการรักษาความปลอดภัยอาจจะส่งผลเสียต่อหน่วยงานหรือเจ้าของข้อมูลได้ เช่น การถูกละเมิดความเป็นส่วนตัวจากกรณีที่เบอร์หมายเลขโทรศัพท์ตกไปอยู่กับบุคคลที่สาม รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ อันเนื่องมาจากแบบสอบถามถูกส่งไม่ตรงกลุ่มเป้าหมาย ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัย QR Code ก่อนทำการส่งให้ผู้รับสาร ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอำพราง QR Code ในภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายให้มีความปลอดภัย ตลอดจนเป็นต้นแบบการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้วิทยาการอำพรางข้อมูลสำหรับใช้งานในกองทัพอากาศต่อไป

2. ขอบเขตงานวิจัย

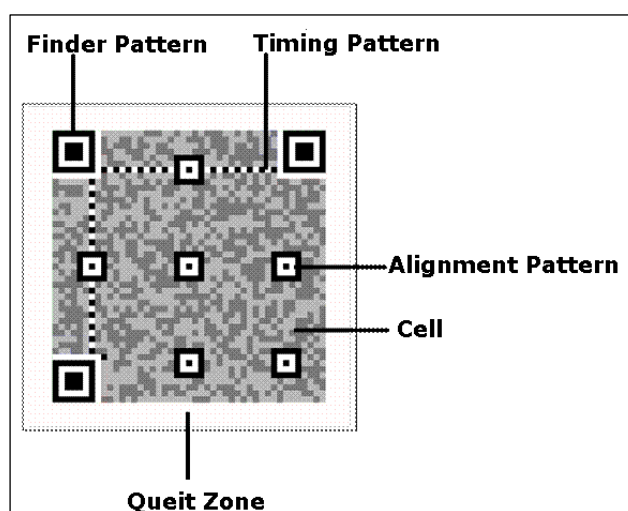
งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการอำพราง QR Code ในภาพก่อนส่งให้ผู้รับสารผ่านระบบเครือข่าย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงสามารถรักษาความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้ QR Code ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบจะใช้เทคนิคการอำพราง QR Code ไว้ที่ค่าพิกเซลของภาพโดยใช้เทคนิค Least Significant Bit (LSB) ใช้ภาษาไพทอนในการพัฒนาโปรแกรม และใช้ไลบรารี OpenCV สำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพดิจิทัล รวมถึงใช้โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดการบัญชีผู้ใช้งาน

3. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 QR Code (Quick Response Code)[1]

เป็นบาร์โค้ดที่อยู่ในรูปแบบสองมิติรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีโมดูลข้อมูลตั้งแต่ 21x21 ถึง 177x177 สามารถบรรจุข้อมูลตัวเลขได้ 7,089 ตัวเลข หรือ 4,296 ตัวอักษร ซึ่งข้อมูลที่บรรจุอยู่ใน QR Code จะอยู่ในรูปแบบของค่าไบนารี 0 และ 1 โดย ค่า 0 จะแทนพื้นที่สีขาว และค่า 1 จะแทนพื้นที่สีดำ ในส่วนโครงสร้างภายในของ QR Code (ตามรูปที่ 1) ประกอบด้วย

- 3.1.1 Finder pattern สำหรับการตรวจหาตำแหน่งในการอ่านข้อมูล
- 3.1.2 Timing pattern สำหรับการตรวจตำแหน่งของแต่ละเซลล์
- 3.1.3 Alignment Pattern สำหรับแก้ไขการบิดเบือนของ QR Code
- 3.1.4 Quiet Zone เป็นพื้นที่ขอบ QR Code
- 3.1.5 Data Area หรือ Cell เป็นพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูล



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของ QR Code

จากประโยชน์ของ QR Code ที่ผู้ใช้งานสามารถแปลงข้อมูลหรือหมายเลขที่มีความซับซ้อนยากต่อการจดจำให้อยู่ในรูปแบบภาพที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านอุปกรณ์พกพาขึ้น ทำให้ QR Code ได้รับความนิยมนำมาประยุกต์ใช้กับงานในหลากหลายด้าน ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้ QR Code เพื่อส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับศูนย์รวมรวมสายพันธุ์กล้วยเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดกำแพงเพชร ที่ทำให้ผู้มาใช้บริการมีความสะดวกขึ้นในการเข้าถึงข้อมูลของกล้วยไม้สายพันธุ์ต่าง ๆ เช่น ชื่อสายพันธุ์ ความแข็งแรงทนทาน รูปแบบเด่นชัด ชื่อวิทยาศาสตร์ ข้อมูลทั่วไป ลำต้น ใบ ดอกผล และประโยชน์ของกล้วยไม้ชนิดนั้น ๆ เป็นต้น [2] ซึ่งผลลัพธ์จากการสำรวจความพึงพอใจการประยุกต์ใช้งาน QR Code อยู่ในระดับที่สูงมาก นอกจากนี้ QR Code ยังสามารถนำมาใช้กับการบริหารข้อมูลทะเบียนพัสดุ หรือสิ่งของต่าง ๆ ได้ เช่น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี QR Code เพื่อจัดทำทะเบียนพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน [3] เป็นต้น

3.2 การอำพรางข้อมูล (Steganography)

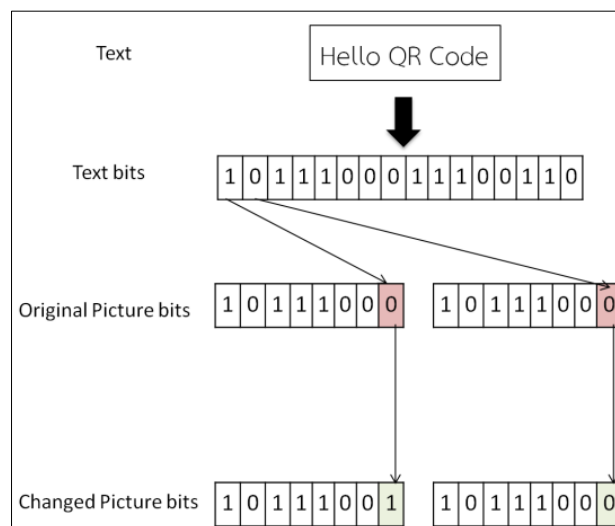
เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ใช้เทคนิคการซ่อนพรางข้อมูลชนิดหนึ่งแฝงไปกับข้อมูลอีกชนิดหนึ่งให้ดูเหมือนว่าไม่มีการอำพรางข้อมูลใด ๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อไม่ให้บุคคลที่สามสามารถมองเห็น รับรู้ และเข้าใจได้จากสายตาปกติ ซึ่งการอำพรางข้อมูล (Steganography) จะเป็นวิธีที่มุ่งเน้นไม่ให้บุคคลที่สามสามารถรับรู้ได้ถึงการมีอยู่ของข้อมูลลับ

ในขณะที่วิทยาการเข้ารหัสลับ (Cryptography) จะเน้นการทำให้ข้อมูลไม่สามารถอ่านและเข้าใจได้ โดยทั่วไปแล้วการอำพรางข้อมูลจะต้องมีการเตรียมการ และออกแบบข้อมูลลับให้อยู่ในรูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปอำพรางบนสื่อสัญญาณต่าง ๆ เช่น การอำพรางข้อความในภาพจะต้องทำการแปลงข้อความให้อยู่ในรูปแบบรหัส ASCII หรือ Byte เพื่อให้เหมาะสมพร้อมที่จะนำเข้าไปเผยแพร่ร่วมกับแต่ละค่าพิกเซลของภาพ

ปัจจุบันการอำพรางข้อมูลในภาพได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากภาพเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ สามารถทำให้ผู้รับสารรับรู้และเข้าใจในเนื้อหาของสารได้ง่ายและรวดเร็ว โดยการอำพรางข้อมูลในภาพแบ่งได้หลัก ๆ ดังนี้ การอำพรางข้อมูลเชิงโดเมนพื้นที่ ซึ่งจะซ่อนข้อมูลไว้ที่ค่าพิกเซล (Pixel) ของภาพ และการอำพรางข้อมูลไว้ที่โดเมนความถี่ที่ได้จากการแปลงโคไซน์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Cosine Transform : DCT) นอกจากนี้ยังมีการอำพรางข้อมูลภาพแบบผสมร่วมกันระหว่างเชิงโดเมนพื้นที่ และความถี่อีกด้วย สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้การอำพรางข้อมูลไว้ที่ค่าพิกเซลของภาพ โดยพิจารณาการอำพรางข้อมูลไว้ที่บิตนัยสำคัญน้อยที่สุด (Least Significant Bit : LSB) เนื่องจากสามารถเข้าใจได้ง่าย และสามารถใช้ได้กับข้อมูลภาพทุกประเภท อย่างไรก็ตาม การอำพรางข้อมูลในภาพลักษณะนี้อาจจะสามารถทำให้เห็นถึงความบิดเบือนข้อมูลหลังจากที่มีการอำพรางแล้วได้ง่ายกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอำพรางข้อมูลในรูปแบบเชิงโดเมนความถี่

การอำพรางข้อมูลในภาพแบบบิตนัยสำคัญน้อยที่สุด Least Significant Bit (LSB) [1] มีหลักการคือจะอำพรางข้อความไว้ที่บิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด เนื่องจากจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉดสีในภาพน้อยที่สุด และยากที่จะสังเกตเห็นด้วยสายตาของมนุษย์ สำหรับกระบวนการอำพรางข้อมูลแบบ Least Significant Bit มีขั้นตอน (ตามรูปที่ 2) ดังนี้

- 3.2.1 แปลงข้อมูลที่ต้องการจะอำพรางให้อยู่ในรูปแบบ ASCII Byte
- 3.2.2 แปลงข้อมูลจากรูปแบบ ASCII Byte เป็นบิต
- 3.2.3 แปลงข้อมูลภาพที่ต้องการที่จะใช้เป็นสื่อให้อยู่ในรูปแบบบิต
- 3.2.4 นำแต่ละบิตของข้อมูลไปแทนที่บิตสุดท้ายของแต่ละค่าพิกเซลในภาพจนครบทุกบิตของข้อมูล



รูปที่ 2 การอำพรางข้อความโดยใช้วิธีการ LSB

จากวัตถุประสงค์ของการอำพรางข้อมูลที่มุ่งเน้นไม่ให้นักลับที่สามสามารถรับรู้ได้ถึงการมีอยู่ของข้อมูลลับ จึงทำให้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการอำพรางข้อมูลร่วมกับงานด้านการรักษาความปลอดภัยข้อมูล โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการอำพรางข้อมูลในหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การฝังข้อมูลลับเกี่ยวกับการทำ Transaction ทางการค้าไปบน QR Code เพื่อสร้างทางเลือกให้กับผู้ใช้งาน QR Code สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลลับผ่านการใช้ QR Code โดยไม่เพิ่มภาระให้กับ

ระบบมากเกินไป [1] นอกจากนี้ พบว่ามีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับใช้อำพรางข้อมูลที่มีการเข้ารหัสแล้วนำไปทำการอำพรางลงบนภาพ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลลับให้มากยิ่งขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวจะทำให้ยากที่จะรับรู้ได้ว่ามีข้อมูลลับ รวมถึงหากรับรู้ก็ยากต่อการถอดรหัสข้อมูลลับ เพื่อทำความเข้าใจ [4]

4. การดำเนินการวิจัย

จากความนิยมในการใช้ QR Code ในการแปลงข้อมูลที่ซับซ้อนให้เป็นภาพสำหรับใช้ติดต่อสื่อสารผ่านช่องทางที่มีการรักษาความปลอดภัย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอำพรางข้อมูล QR Code ในภาพ โดยการพัฒนาที่ใช้แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) [5] ประกอบด้วย ดังนี้

4.1 กำหนดปัญหา

ปัจจุบันกองทัพอากาศยึดถือแนวทางการพัฒนาระบบงานบนพื้นฐานการปฏิบัติการที่ใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง (Network Centric Operations : NCO) [6] ที่มุ่งเน้นการติดต่อสื่อสาร และแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างหน่วยงานผ่านเครือข่าย ทำให้ในปัจจุบันข้าราชการส่วนใหญ่มีทักษะและขีดความสามารถในการปฏิบัติงาน ติดต่อสื่อสาร และแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านระบบเครือข่ายโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ หรือแพลตฟอร์มสื่อสารออนไลน์ที่กองทัพอากาศอนุมัติให้ใช้งาน และหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกันคือ QR Code ซึ่งการใช้ QR Code อย่างไม่มีมัลแวร์อาจทำให้ผู้ที่ไม่ประสงค์ดีสามารถเข้าถึงข้อมูล และอาจส่งผลกระทบต่อหน่วยงาน เจ้าของข้อมูล รวมถึงตัวผู้ส่ง QR Code ดังนั้น QR Code จำเป็นต้องมีการรักษาความปลอดภัยก่อนการส่งให้ผู้รับสาร

4.2 การวิเคราะห์

จากปัญหาที่ QR Code จำเป็นต้องได้รับการรักษาความปลอดภัยก่อนส่งให้ผู้รับสาร ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ความต้องการ และมีแนวทางการรักษาความปลอดภัย QR Code ดังนี้

4.2.1 QR Code จะต้องผ่านกระบวนการอำพรางในภาพก่อนส่งให้ผู้รับสาร

4.2.2 ข้อมูลผู้ส่งและผู้รับสารจะต้องถูกอำพรางในภาพด้วยเพื่อใช้กำหนดและยืนยันกลุ่มของผู้รับสารให้ชัดเจน

4.2.3 ผู้ใช้งานจะต้องทำการลงทะเบียนก่อนการใช้งานระบบอำพรางข้อมูล

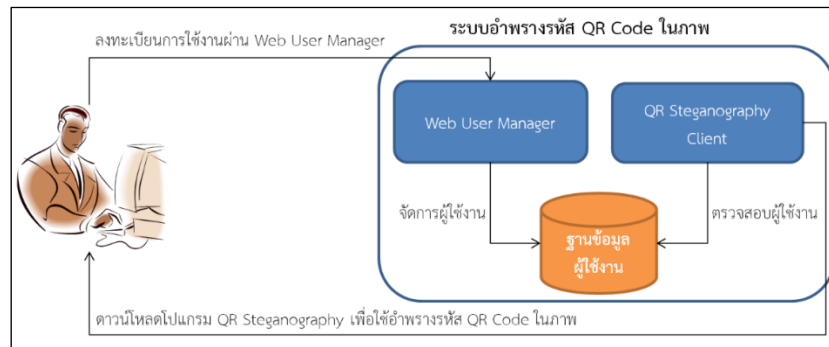
4.3 การออกแบบ

จากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบอำพราง QR Code ในภาพ (รูปที่ 3) มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ระบบอำพราง QR Code จะประกอบด้วย ส่วนฐานข้อมูลผู้ใช้งานที่ใช้จัดเก็บบัญชีผู้ใช้งาน ซึ่งบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งานผ่านโปรแกรม Web User Manager และอำพราง QR Code ในภาพด้วยโปรแกรม QR Steganography Client โปรแกรมทั้งสองส่วนจะทำงานร่วมกันโดยผู้ใช้งานจะต้องมีข้อมูลในระบบฐานข้อมูลของโปรแกรม Web User Manager ถึงจะสามารถเข้าใช้งานโปรแกรม QR Steganography Client ได้

4.3.2 ผู้ใช้งานจะเริ่มต้นการใช้งานโดยการลงทะเบียนผ่านโปรแกรม Web User Manager

4.3.3 หลังจากการลงทะเบียนผู้ใช้งานจะทำการดาวน์โหลดโปรแกรม QR Steganography Client เพื่อใช้ในการอำพราง QR Code ในภาพ ซึ่งการใช้งานในแต่ละครั้ง ระบบจะทำการตรวจสอบสิทธิ์ และสถานะผู้ใช้งานในฐานข้อมูลบัญชีผู้ใช้งาน รวมถึงระบบจะเก็บประวัติการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละคนอีกด้วย



รูปที่ 3 ระบบอำพราง QR Code ในภาพ

4.4 การพัฒนาและทดสอบ

เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมสำหรับระบบอำพราง QR Code ในภาพ ซึ่งระบบนี้ประกอบด้วยส่วนบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งาน (Web User Manager) ที่ใช้ภาษา PHP ใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL โดยโปรแกรมส่วนนี้จะมีฟังก์ชันให้ผู้ใช้งานสามารถทำการสมัครสมาชิก มีฟังก์ชันสำหรับผู้ดูแลระบบตรวจสอบ และยืนยันข้อมูลความถูกต้องของสมาชิก ตรวจสอบพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละคน รวมถึงมีฟังก์ชันสำหรับการยืนยันตัวตนเพื่อเข้าใช้งานโปรแกรม QR Steganography Client ในรูปแบบของ API ด้วย

ในการพัฒนาสำหรับในส่วนของการพัฒนาโปรแกรม QR Steganography Client จะใช้ภาษาไพธอน (Python) และไลบรารี OpenCV สำหรับการประมวลผลภาพดิจิทัล ซึ่งการพัฒนาโปรแกรม QR Steganography Client นั้น จะใช้เทคนิค Least Significant Bit (LSB) โดยการอำพรางข้อมูลในภาพมีขั้นตอน (ตามรูปที่ 4) ดังนี้

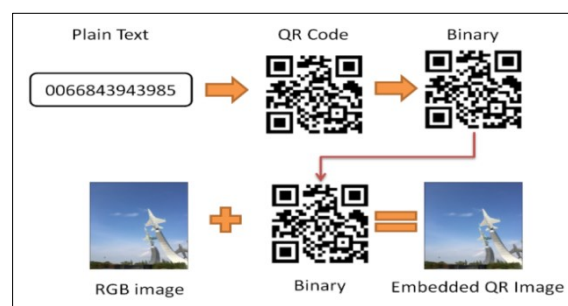
4.4.1 แปลงข้อความให้อยู่ในรูปแบบของ QR Code

4.4.2 แปลง QR Code ให้อยู่ในรูปแบบ Binary ซึ่งจะมีค่า 1 และ 0 โดยค่า 1 จะแทนด้วยพื้นที่สีขาว และค่า 0 แทนพื้นที่สีดำ

4.4.3 ปรับแก้บิตสุดท้ายของภาพที่จะใช้เป็นสื่อในการอำพรางให้มีค่า 0 สำหรับทุกพิกเซลของภาพต้นฉบับ เช่น ค่าพิกเซลของภาพมีค่า 255 เมื่อแปลงเป็นไบนารีจะได้ 11111111 และเมื่อทำการปรับค่าบิตสุดท้ายเป็น 0 ค่าพิกเซลใหม่ที่ได้อีกคือ 11111110 สำหรับในกรณีที่พิกเซลใดที่บิตสุดท้ายมีค่าเป็น 0 อยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องปรับแก้ค่าในพิกเซลนั้น เช่น ค่าพิกเซลของภาพมีค่า 250 เมื่อแปลงเป็นไบนารีจะได้ 11111010 จะเห็นว่าบิตสุดท้ายเป็น 0 ดังนั้นพิกเซลนี้ไม่จำเป็นต้องปรับแก้ค่า

4.4.4 ปรับค่าบิตสุดท้ายของภาพผลลัพธ์จากข้อ 4.4.3 ในทุกตำแหน่ง โดยให้สอดคล้องกับค่าในตำแหน่งนั้น ๆ ของ QR Code ที่อยู่ในรูปแบบไบนารี (รูปที่ 5)

4.4.5 ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพที่มีการอำพราง QR Code

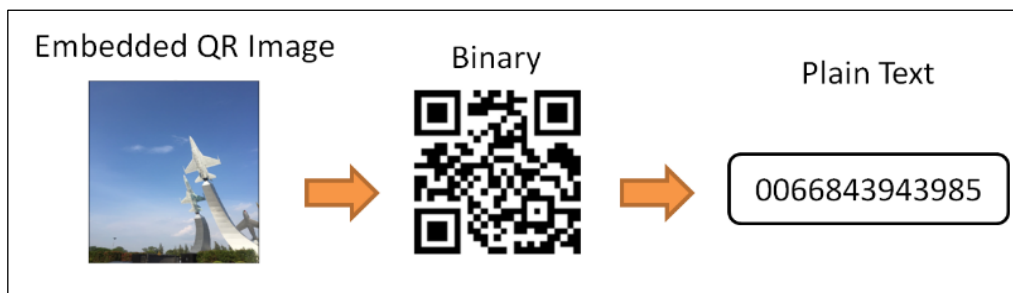


รูปที่ 4 กระบวนการอำพรางข้อมูล QR Code ในภาพ

```
def make_secrete_qrcode_image(base_image,qr_image):
    rows,cols = qr_image.shape
    for row in range(rows):
        for col in range(cols):
            if qr_image[row,col] > 0 :
                base_image[row,col,0] = base_image[row,col,0]+1
    return base_image
```

รูปที่ 5 อัลกอริทึมปรับค่าบิตสุดท้ายของภาพสำหรับซ่อน QR Code

สำหรับกระบวนการกู้คืน QR Code จะเป็นกระบวนการย้อนกลับของกระบวนการอำพราง (รูปที่ 6) โดยจะพิจารณาค่า Pixel ในภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการอำพรางข้อมูล (The Embedded QR Image) ว่าเป็นเลขคู่หรือเลขคี่เพื่อนำมาสร้างเป็น QR Code (รูปที่ 7) ซึ่งในกรณีที่ค่า Pixel เป็นเลขคู่จะกำหนดให้ค่า Pixel ของภาพ QR Code เป็น 0 ในขณะที่ค่า Pixel เป็นเลขคี่จะกำหนดให้ค่า Pixel ของภาพ QR Code เป็น 1 โดยผลลัพธ์ที่ได้คือภาพ QR Code ที่อยู่ในรูปแบบไบนารีที่สามารถแปลงเป็นข้อความให้ผู้รับสารสามารถเข้าใจได้



รูปที่ 6 กระบวนการกู้คืน QR Code

```
def qrcode_decode(the_secret_image,rows,cols):
    result = np.zeros([rows,cols])
    pixels = np.array(the_secret_image)
    for row in range(rows):
        for col in range(cols):
            if pixels[row,col,0] % 2 != 0 :
                result[row,col] = 1
    return result
```

รูปที่ 7 อัลกอริทึมสร้าง QR Code

4.5 การติดตั้งระบบ

ระบบอำพราง QR Code ในภาพจะติดตั้งให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบผ่านเครือข่ายของกองทัพอากาศ ซึ่งระบบจะติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Window Server 2012 และใช้ IIS เป็น Web Server โดยผู้ใช้งานสามารถลงทะเบียนและดาวน์โหลดโปรแกรมไปใช้งาน และเมื่อทำการอำพรางข้อมูลผ่านระบบแล้ว ผู้ใช้งานสามารถนำภาพที่ได้ส่งต่อให้กับผู้รับสารได้โดยที่บุคคลที่สามไม่สามารถรับรู้ว่ามีข้อมูลลับในภาพนั้น ๆ

5. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบอำพราง QR Code ในภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อการรักษาความปลอดภัย QR Code ทำให้การติดต่อสื่อสารโดยใช้ QR Code มีความน่าเชื่อถือ รวมถึงสามารถอำพรางข้อมูลลับที่บุคคลที่สามไม่สามารถรับรู้หรือเข้าใจได้ โดยระบบจะประกอบด้วย ดังนี้

5.1 ส่วนบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งาน

ซึ่งทำหน้าที่ในการรับลงทะเบียน แก้ไขและลบบัญชีผู้ใช้งาน (ตามรูปที่ 8)

The screenshot shows a web application interface for user management. At the top, there is a form with fields for 'UserName', 'Password', 'Email' (pre-filled with 'name@example.com'), and 'Group' (a dropdown menu set to 'Member'). Below the form are 'save' and 'cancel' buttons. Underneath the form is a section titled 'Information' containing a 'Show 10 entries' dropdown, a search bar, and a table of users. The table has columns for 'id', 'username', 'group', 'email', 'key', and 'manage'. There are two entries in the table. Each entry has 'Edit' and 'Del' buttons in the 'manage' column. At the bottom, it says 'Showing 1 to 2 of 2 entries' and has 'Previous', '1', and 'Next' navigation links.

id	username	group	email	key	manage
1	admin	Administrator	phummipat_d@rtaf.mi.th	f6fdffe48c908deb0f4c3bd36c032e72	Edit Del
2	bua	Member	bua@rtaf.mi.th	9bea164887d554dc7f6465dbfdc9271d	Edit Del

รูปที่ 8 ส่วนบริหารจัดการบัญชีผู้ใช้งาน

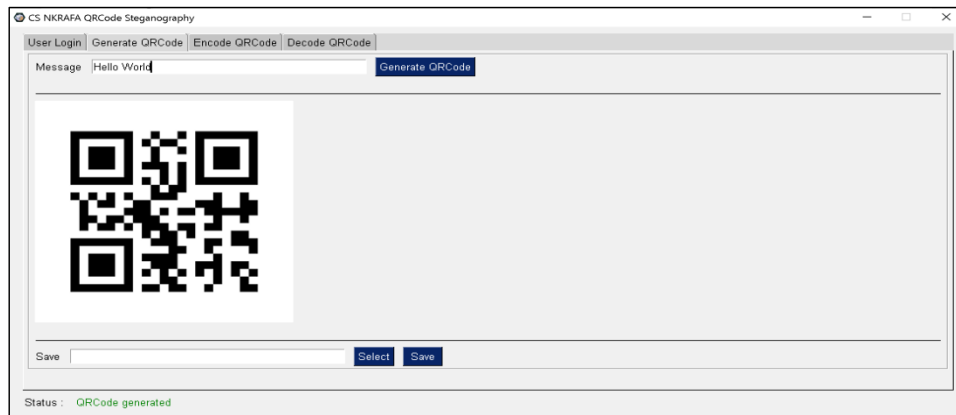
5.2 ส่วนโปรแกรมอำพราง QR Code (QR Steganography Client)

ทำหน้าที่ประมวลผลภาพสำหรับอำพราง QR Code ในภาพ โดยการทำงานจะประกอบด้วย 3 เมนูหลัก ดังนี้

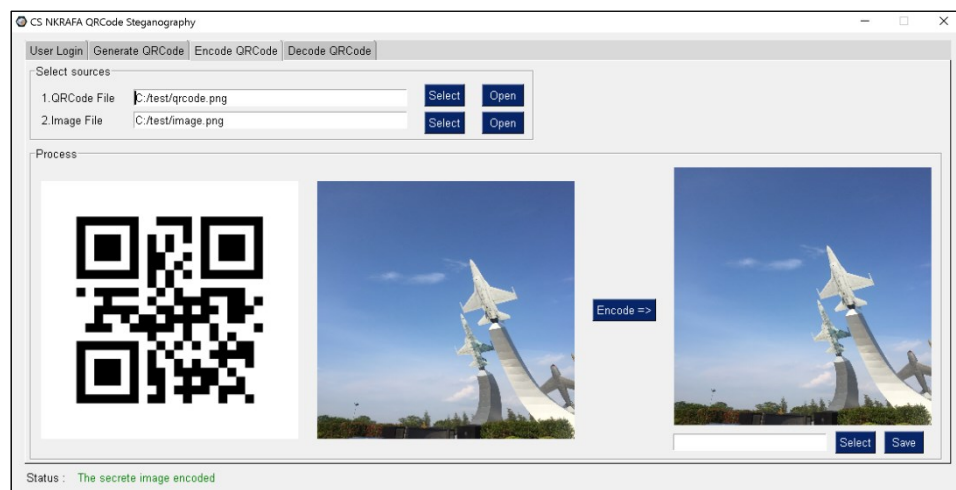
5.2.1 Generate QR Code จะทำหน้าที่ในการสร้าง QR Code (ตามรูปที่ 9)

5.2.2 Encode QR Code จะทำการประมวลผลการอำพราง QR Code ร่วมกับภาพ (ตามรูปที่ 10)

5.2.3 Decode QR Code เป็นส่วนที่จะใช้กู้คืน QR Code ที่ได้อำพรางไว้ในภาพ (ตามรูปที่ 11)



รูปที่ 9 ส่วนสร้าง QR Code



รูปที่ 10 ส่วนประมวลผลการอำพราง QR Code



รูปที่ 11 ส่วนประมวลผลการกู้คืน QR Code

6. สรุปผลการวิจัย

จากการประมวลผลอำพราง QR Code ในภาพด้วยโปรแกรม QR Steganography Client โดยใช้เทคนิค LSB พบว่า ภาพต้นฉบับก่อนการอำพราง QR Code ตามรูปที่ 12(ก) และภาพผลลัพธ์หลังอำพราง QR Code ตามรูปที่ 12 (ข) มีความคล้ายคลึงกันจนยากต่อการแยกแยะด้วยสายตาคิดว่าภาพใดมีการซ่อนพราง QR Code ในประเด็นขนาดของภาพที่ใช้เป็นสื่อสำหรับอำพราง QR Code นั้น สรุปได้ว่าภาพจะต้องมีขนาด หรือ Dimension ที่ใหญ่กว่า QR Code



รูปที่ 12 (ก) ภาพต้นฉบับ



รูปที่ 12 (ข) ภาพหลังการอำพรางข้อมูล

7. ข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบัน QR Code มีความสำคัญต่อการติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร โดยจะสังเกตได้จากผู้ใช้งานนิยมส่ง QR Code แทนการส่งข้อมูลที่มีความซับซ้อน และยากต่อการจดจำ อย่างไรก็ตามด้วยความสะดวกของการใช้ QR Code อาจทำให้ผู้ใช้งานใช้ QR Code อย่างไม่ระมัดระวังจนส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อหน่วยงานหรือถูกละเมิดความเป็นส่วนตัว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบการอำพราง QR Code ในภาพ โดยใช้เทคนิคการอำพรางข้อมูลไว้ที่ค่าพิกเซลของภาพแบบ LSB เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารด้วย QR Code ให้มีความปลอดภัยและน่าเชื่อถือ โดยระบบสามารถอำพราง QR Code ในภาพที่ให้ภาพผลลัพธ์หลังการอำพราง QR Code มีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับจนยากต่อการแยกแยะด้วยสายตามนุษย์

สำหรับการวิจัยในอนาคตเพื่อเป็นการยกระดับมาตรการให้การรักษาความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้ QR Code ได้เพิ่มมากขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอเสนอให้ทำการทดลองเข้ารหัสข้อความหรือข้อมูลก่อนการแปลงเป็น QR Code [7] รวมถึงทดลองประยุกต์การอำพรางข้อมูลไว้ที่ค่าอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ค่าพิกเซลของภาพ หรือประยุกต์ใช้การอำพราง QR Code ไว้ที่การแปลงโคไซน์ไม่ต่อเนื่อง (DCT) ของภาพ เป็นต้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรีญาทิพย์ แดงมี และ วรพล ลีลาเกียรติสกุล. (2015). การอำพรางข้อมูลลับด้วย Steganography บน QRCode. JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, 5(1) : 35-41.

- [2] ขวัญจุฑา คำบรรลือ, วิวัฒน์ มีสุวรรณ และ พิษณุภา ขวงสร้อย. (2560). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเพื่อส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับศูนย์รวมสายพันธุ์กล้วย เณลิมพระเกียรติ จังหวัดกำแพงเพชร.วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(1) : 184-193.
- [3] กิตติพงษ์ จันทรถาวร และ ชุตินาถ วาฤทธิ. (2563). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรหัสคิวอาร์เพื่อจัดทำทะเบียนพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน.วารสารวิชาการนวัตกรรมการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 7(1) : 8-19.
- [4] มนธล พรหมวิเชียร และ เกียรติศักดิ์ โยชนะง. (2010). โปรแกรมประยุกต์การอำพรางข้อมูลลงภาพโดยใช้วิธีการสลับบิตร่วมกับการเข้ารหัสข้อมูลโดยใช้มาตรฐานการเข้ารหัสลับขั้นสูง. THE 6 th NATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING AND INFORMATION TECHNOLOGY(692-679). Bangkok, Thailand.
- [5] ปรีชา พินทุศรี, จูติรัตน์ จันทรคารา, ยุทธเดช ช้อยแสง, ธนิกา กอสันประเสริฐ และ ดวงนภา บัวสันต์. (2562). การพัฒนาโปรแกรมสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการด้านทะเบียนทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม.วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน, 25(2): 79-91.
- [6] ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580) (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2563).
- [7] Simalaotao, P. (2018). The Prototype Development of Traceability System of LSB Steganography in Image Files with Base64 and MD5 Encoding. Journal of Thai Interdisciplinary Research, 14(1):29-34.
- [8] Al-Sadoon, B., Mathkour, H., and Assassa, G. (2007). On the Development of Steganographic Tools, Department of Computer Science, College of Computer and Information Sciences, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.
- [9] Bandyopadhyay, S. K., Bhattacharyya, D., Ganguly, D., Mukherjee, S., and Das, P. (2008). A Tutorial Review on Steganography, University of Calcutta, Computer Science and Engineering Department, Heritage Institute of Technology, Anandapur, Kolkata.
- [10] Dobsicek, M. (2003). Modern Steganography, Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague, Karlovo náměstí, Czech Republic.
- [11] Fridrich, J., Goljan, M., Du, R. (2001). Reliable Detection of LSB Steganography in Color and Grayscale Images, Air Force Research Laboratory, the Air Force Office of Scientific Research (AFOSR).
- [12] Hunt, K. (2005). A Java Framework for Experimentation with Steganography, The University of Wisconsin - La SIGCSE '05, St. Louis, Missouri, USA.
- [13] Johnson, N. F., and Jajodia, S. (1998). Steganalysis of Images Created using Current Steganography Software, Workshop on Information Hiding Proceedings(273-289). Portland, Oregon, USA.
- [14] Abbas, C., Joan, C., Kevin, C. and Paul, M. K. (2009), Digital Image Steganography: Survey and Analysis of Current Methods, School of Computing and Intelligent Systems, Faculty of Computing and Engineering University of Ulster at Magee, Londonderry, Northern Ireland, United Kingdom.
- [15] LENTI, J., (2000). Steganographic Methods, Department of Control Engineering and Information Technology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.
- [16] Lin, E. T. and Delp, E. J. (2000). A Review of Data Hiding in Digital Images (VIPER), School of Electrical and Computer Engineering, Purdue University, Indiana.

ระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี

Geographic Information System-Based Integrated Imagery Sensing System for Military Operations

^{1*}สุเมธ สุทธารักษ์ และ ^{2#}ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง

^{1,2} กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชภัฏวชิราวุธ

^{1*}Sumeth Sutharak and ^{2#}Phummipat Daungklang

^{1,2} Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

*sumade@rtaf.mi.th, #phummipat_d@rtaf.mi.th

Received : March 16, 2021

Revised : April 8, 2022

Accepted : April 21, 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหน่วยปฏิบัติการทางยุทธวิธีของกองทัพอากาศมีระบบตรวจจับข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปแบบ IP Web Camera สำหรับการใช้งานทางยุทธวิธีจำนวนมาก อย่างไรก็ตามข้อมูลภาพจากระบบต่าง ๆ เหล่านี้ ยังไม่ถูกนำมาบูรณาการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบ Common Operation Picture (COP) ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้การตัดสินใจของผู้บังคับหน่วยได้ ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้ทำการสร้างระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี โดยคณะวิจัยได้ทดลองใช้ระบบกับกล้องจากโทรศัพท์พกพา ซึ่งเป็นกล้องในรูปแบบ IP Web Camera เช่นเดียวกัน และใช้เฟรมเรตในการแสดงผลอยู่ที่ 30 FPS ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบสามารถใช้ได้บนพื้นฐานความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.1~0.5 Mbps สำหรับขนาดภาพ 180p ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.5~1.0 Mbps สำหรับขนาดภาพ 360p และความเร็วอินเทอร์เน็ต 1.0~2.0 Mbps สำหรับภาพขนาด 720p

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การสื่อสารทางเว็บตามเวลาจริง, การปฏิบัติการทางยุทธวิธี

Abstract

The IP Web Camera is currently used as a tactical mean for image data acquisition in many operational units of the Royal Thai Air Force. Nevertheless, those image data have not been integrated into a system called Common Operation Picture (COP), which can further contribute to a competent decision made by the commander of the units. Hence, the research team created the system by integrating the Geographic Information System (GIS) with Web Real-Time Communication (WebRTC) to support the tactical operations. The research team has experimented on mobile phone cameras with IP Web Camera and the frame rate of 30 FPS. The experiment results have shown some remarkable performance under the following circumstances; 0.1 – 0.5 Mbps internet for the image size of 180p, 0.5 – 1.0 Mbps internet for the image size of 360p and 1.0 – 2.0 Mbps internet for the image size of 720p.

Keywords: Geographic Information System, Web Real-Time Communication, Military Operational Missions

1. บทนำ

การป้องกันภัยทางภาคพื้นเป็นการรักษาความปลอดภัยพื้นที่ บุคคล ทรัพย์สิน ตลอดจนยุทธโศปกรณ์ที่อยู่ภายในพื้นที่ของกองทัพอากาศ ซึ่งการป้องกันภัยทางภาคพื้นถือเป็นภารกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความอยู่รอดของกำลังพลและทรัพย์สินภายในพื้นที่ตั้งของหน่วยทหาร โดยในทางปฏิบัติจะมีทั้งภารกิจเชิงรุกและเชิงรับ เช่น การป้องกันฐานบิน การลาดตระเวนรอบพื้นที่ตั้งทหาร ซึ่งจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของกำลังพลอาวุธ และการรับรู้สถานการณ์ทั่วไปรอบหน่วยที่ตั้ง รวมถึงการวิเคราะห์ความสามารถและท่าทีของข้าศึก อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานแต่ละระดับจะต้องศึกษาภารกิจให้เข้าใจ เพื่อจะได้หาวิธีการที่เหมาะสมมาใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ โดยจะต้องมีการจัดเตรียมแผนการป้องกันที่มีความเหมาะสมและอ่อนตัวได้ตามสถานการณ์ นอกจากนี้ความได้เปรียบทางเทคโนโลยีของเครื่องมือ และอาวุธยุทธโศปกรณ์ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จของภารกิจเช่นกัน ในปัจจุบันกองทัพอากาศมีเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยต่อกับยุคความรูปแบบใหม่ โดยสังเกตได้จากที่กองทัพอากาศมีอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูลภาพสำหรับการใช้งานทางยุทธวิธีจำนวนมาก ได้แก่ ข้อมูลภาพจากโทรศัพท์พกพาที่สามารถใช้ร่วมกับงานสายตรวจจักรยานยนต์ ตลอดจนข้อมูลภาพจากกล้องรูปแบบ IP Web Camera เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลภาพจากระบบต่าง ๆ เหล่านี้ ยังไม่ได้นำมาบูรณาการการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบ Common Operation Picture (COP)[1] ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการวางแผนและติดตามสถานการณ์ร่วมกัน โดยระบบจะแสดงภาพสถานการณ์ข้อมูลฝ่ายเรา และฝ่ายตรงข้ามไปพร้อมกันผ่านระบบแผนที่สถานการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อช่วยให้การตัดสินใจของผู้บังคับหน่วยสามารถทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการบูรณาการข้อมูลภาพและพิกัดของระบบตรวจจับภาพ สำหรับช่วยให้ผู้บังคับบัญชาและผู้ปฏิบัติงานเห็นภาพ และสามารถหยั่งรู้สถานการณ์ร่วมกันได้

2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับบูรณาการภาพจากกล้องของโทรศัพท์พกพา และกล้องจากระบบ IP Web Camera ให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบบัญชาการและความคุมทางยุทธวิธีบนพื้นฐานการแสดงผลข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ COP โดยใช้แนวทาง System Development Life Cycle (SDLC) [2]

3. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

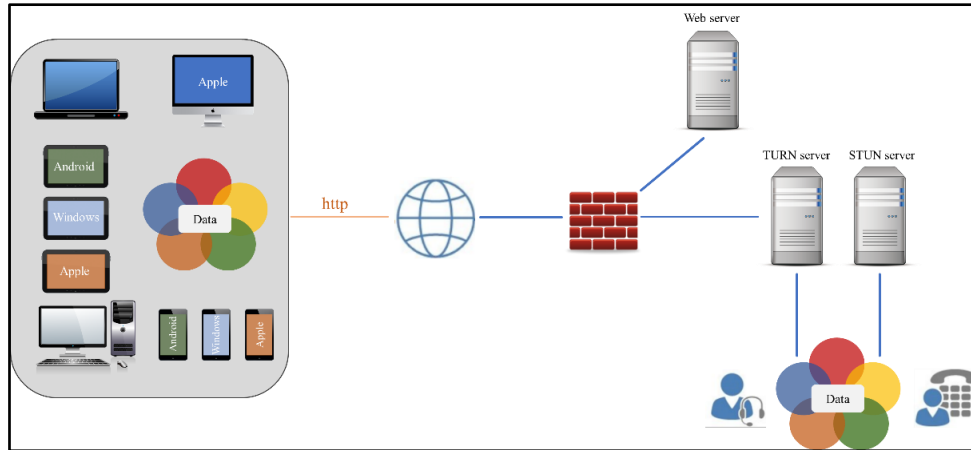
3.1 Web Real-Time Communication (WebRTC) [3]

เป็นความสามารถของ Web Browser ที่รองรับมาตรฐาน HTML5 ในการสื่อสารข้อมูล เช่น เสียง วิดีโอแบบเรียลไทม์ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือโปรแกรมเพิ่มเติมสำหรับอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูล ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารสามารถเป็นได้ทั้งคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต สมาร์ททีวี ตลอดจน อุปกรณ์เกี่ยวกับ Internet Of Thing (IOT) เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี WebRTC อย่างแพร่หลาย เช่น การประยุกต์ใช้ร่วมกับการจดจำใบหน้าแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ [4] รวมถึงการประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมสังคมนออนไลน์ เป็นต้น

3.1.1 ส่วนประกอบของ WebRTC (ตามรูปที่ 1) มีดังนี้

- 1) อุปกรณ์ต้นทาง เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น
- 2) อุปกรณ์ปลายทาง คือ อุปกรณ์ที่จะใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ต้นทาง สามารถเป็นอุปกรณ์ประเภทเดียวกันหรือต่างกับอุปกรณ์ต้นทางก็ได้
- 3) Session Traversal Utilities for NAT (STUN Server) มีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทาง และปลายทางให้สามารถสื่อสารผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

- 4) Traversal Using Relays around NAT (TURN Server) มีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทางและปลายทางในกรณีที่การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทางและปลายทางผ่าน STUN Server ไม่สำเร็จ เนื่องจากระบบเครือข่ายมีความซับซ้อน
- 5) Web Server มีหน้าที่สำหรับให้บริการ WebRTC



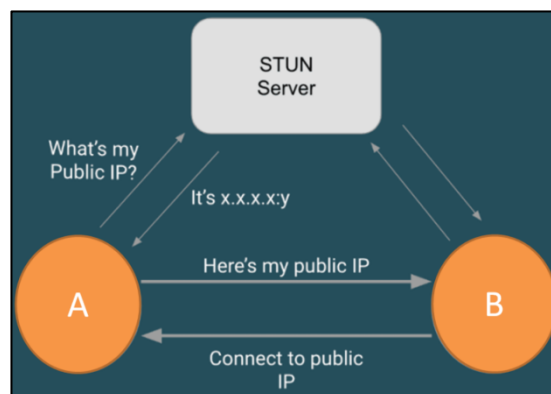
รูปที่ 1 WebRTC

3.1.2 หลักการทำงานของ WebRTC [5] โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์ต้นทางหรือปลายทางที่อยู่ต่างระบบเครือข่ายจะได้รับไอพีแอดเดรสที่ไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรง ดังนั้น ระบบ WebRTC จึงมีการใช้ STUN Server และ TURN Server สำหรับแปลงไอพีแอดเดรสภายในเครือข่าย (Private IP) เป็นไอพีของเครือข่ายสาธารณะ (Public IP) เพื่อช่วยจัดการให้อุปกรณ์ต้นทางและปลายทางสามารถสื่อสารกันได้ (รูปที่ 2) ดังนี้

- 1) อุปกรณ์ต้นทาง (A) จะทำร้องขอไปยัง STUN Server สำหรับแปลงไอพีภายในให้เป็นไอพีของเครือข่ายสาธารณะ
- 2) อุปกรณ์ปลายทาง (B) จะทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองโดยใช้ไอพีของเครือข่ายสาธารณะที่ได้จาก STUN Server

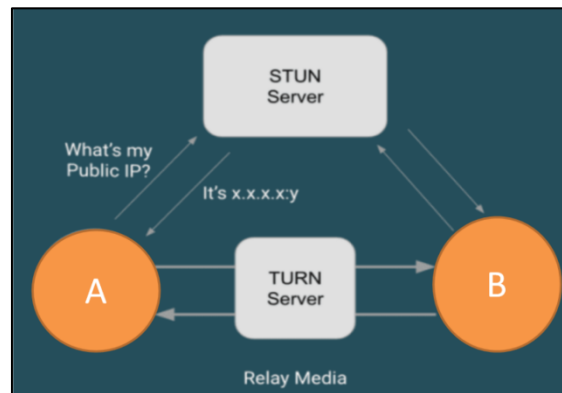
Server

- 3) ถ้าการเชื่อมต่อสำเร็จ อุปกรณ์ทั้งต้นทาง (A) และปลายทาง (B) จะสามารถสื่อสารข้อมูลกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่าน Server หรือ อุปกรณ์เสริมใด ๆ



รูปที่ 2 การทำงานของ STUN Server

4) ในกรณีที่การเชื่อมต่อไม่สำเร็จ TURN Server จะเข้ามามีบทบาทในการแจ้งไปยังทุกอุปกรณ์ให้ทำการสื่อสารข้อมูลผ่าน TURN Server แทน (รูปที่ 3)



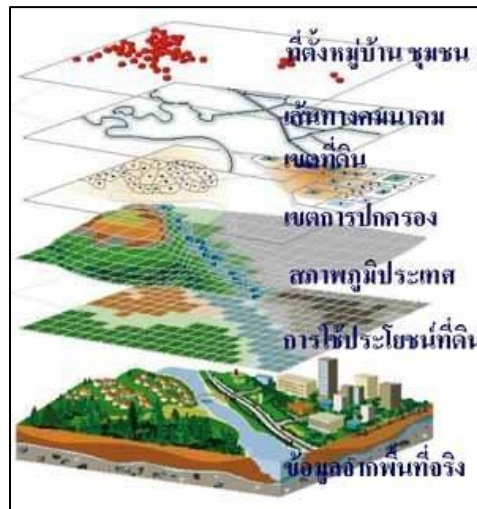
รูปที่ 3 การทำงานของ TRUN Server

จากการศึกษาเทคโนโลยี WebRTC ที่มีขีดความสามารถในการสื่อสารข้อมูลภาพและเสียงแบบเรียลไทม์ผ่าน Web Browser ที่รองรับ HTML5 รวมถึงมีสามารถในการแปลงไอพีแอดเดรสของเครือข่ายภายใน (Private IP) เป็นไอพีของเครือข่ายสาธารณะ (Public IP) ได้นั้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยี WebRTC มาประยุกต์ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลภาพร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) [6]

เป็นระบบที่นำเอาข้อมูลมารวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สามารถทำการสืบค้นข้อมูล และปรับปรุงข้อมูล รวมไปถึงการนำเอาข้อมูลที่ได้ออกการวิเคราะห์ เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้ การรวบรวมข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมเป็นชั้นของข้อมูลเทียบกับพิกัดทางภูมิศาสตร์ เช่น ชั้นข้อมูลของพื้นที่จริง ชั้นข้อมูลเขตการปกครอง ชั้นข้อมูลคมนาคม ชั้นข้อมูลที่ตั้งหมู่บ้านชุมชน เป็นต้น (ตามรูปที่ 4) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเพิ่มชั้นข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่สำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยที่ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ [7] คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทบอกตำแหน่งเชิงสัมพัทธ์ (Relative Position) เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ไม่สามารถบอกตำแหน่งได้แน่ชัด แต่สามารถเทียบเคียงได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ ได้แก่ ใกล้กับ ติดกับ ภายใน เป็นต้น และข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทบอกตำแหน่งสมบูรณ์ (Absolute Position) ที่ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถบอกตำแหน่งได้แน่ชัดโดยใช้ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ เช่น ละติจูด ลองจิจูด

ในการประยุกต์ใช้ร่วมกับภารกิจทางทหารนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นับได้ว่ามีความสำคัญในการช่วยบูรณาการข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ ให้อยู่ในรูปแบบแผนที่สถานการณ์ เพื่อดำเนินการวิธีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตีความ และประเมินสถานการณ์ของฝ่ายตรงข้ามให้ชัดเจน และเป็นรูปธรรมมากขึ้น พร้อมเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินสถานการณ์ เพื่อหาหนทางปฏิบัติของฝ่ายตรงข้ามได้ จากกรณีความไม่สงบในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข่าวจะใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบูรณาการข้อมูลความเคลื่อนไหวของแกนนำผู้ก่อความไม่สงบ ข้อมูลคร่าวเหือน เหตุการณ์ความรุนแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ และข่าวสารที่ได้รับจากหน่วยในพื้นที่ เพื่อประเมินสถานการณ์ รวมถึงใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปิดล้อมตรวจค้นพื้นที่ที่ใช้หลบซ่อนของผู้ก่อความไม่สงบอีกด้วย



รูปที่ 4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [8]

4. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

4.1 กำหนดปัญหา

เนื่องจากสาเหตุที่กองทัพอากาศมีระบบตรวจจับข้อมูลภาพสำหรับงานทางยุทธวิธีจำนวนมาก แต่ยังไม่ได้นำมาบูรณาการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบ COP อีกทั้งอุปกรณ์ตรวจจับภาพดังกล่าวยังได้รับไอพีแอดเดรสจากเครือข่ายที่แตกต่างกัน ทำให้การสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์เกิดข้อขัดข้องไม่สามารถดำเนินการได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงดำเนินการผ่านการใช้เทคโนโลยี WebRTC ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้สามารถสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี

4.2 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพให้สอดคล้องกับความต้องการการปฏิบัติงานจริง สามารถดำเนินการโดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ และความต้องการของระบบบูรณาการฯ ดังนี้

4.2.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- 1) ขั้นตอนเตรียมการ เป็นการประชุมเพื่อทำความเข้าใจการปฏิบัติการ และมอบหมายหน้าที่การปฏิบัติหน้าที่ รวมถึงตั้งค่าอุปกรณ์ด้านการสื่อสารข้อมูล
- 2) ขั้นตอนปฏิบัติการ เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จเรียบร้อย
- 3) ขั้นตอนสรุปผลการปฏิบัติงาน เป็นการประชุมเพื่อสรุปผลการปฏิบัติงาน รวมถึงจะให้โอกาสเจ้าหน้าที่ได้ทำการแจ้งข้อขัดข้อง และเสนอแนะเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อปรับปรุงการปฏิบัติในครั้งถัดไป

4.2.2 ความต้องการของระบบบูรณาการฯ

- 1) ผู้ปฏิบัติงานสามารถกำหนดอุปกรณ์สำหรับที่จะใช้ในการปฏิบัติการในแต่ละครั้งได้
- 2) ผู้บังคับบัญชาสามารถติดตามการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ได้อย่างต่อเนื่อง โดยการติดตามได้ทั้งภาพและตำแหน่งของเจ้าหน้าที่ในขณะปฏิบัติงาน
- 3) ระบบบูรณาการฯ จะต้องทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งในการปฏิบัติการเพื่อใช้ในขั้นตอนการสรุปผลการปฏิบัติงาน

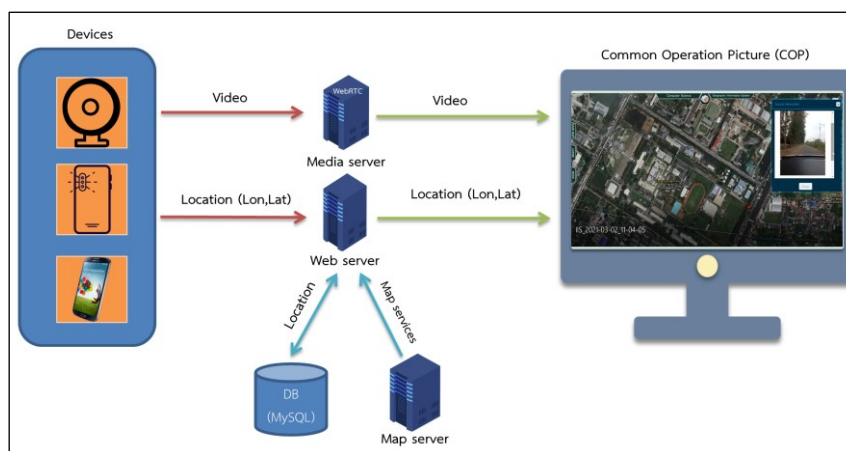
4.3 การออกแบบ

จากความต้องการของระบบบูรณาการฯ ในหัวข้อที่ผ่านมา คณะวิจัยได้ทำการออกแบบโดยแบ่งมุมมองออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.3.1 สถาปัตยกรรม การออกแบบในส่วนนี้ถือได้ว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุด เนื่องจากมีผลต่อความยากง่ายในการพัฒนา และความสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการดูแลรักษาระบบบูรณาการฯ

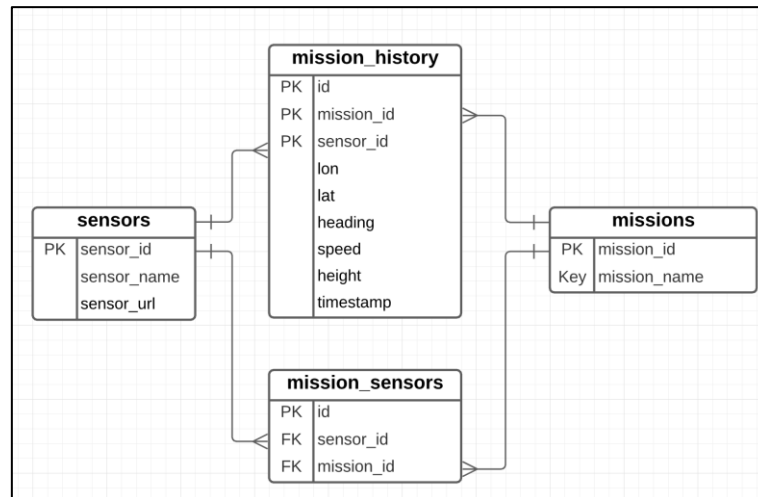
4.3.1.1 องค์ประกอบของระบบบูรณาการฯ (ตามรูปที่ 5) ประกอบด้วย

- 1) โปรแกรมและอุปกรณ์ภาคสนามที่ใช้เป็นระบบตรวจจับภาพ สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการใช้งาน IP Web Camera และกล้องโทรศัพท์พกพา
- 2) Media Server ใช้สำหรับสื่อสารข้อมูลภาพระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับภาพและโปรแกรมส่วนกลาง (Common Operation Picture)
- 3) Web Server ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการบริหารจัดการระบบบูรณาการฯ ในภาพรวม ได้แก่ เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล เชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการข้อมูลเชิงพื้นที่ (Map Server) รวมถึงการเชื่อมต่อ โปรแกรม และอุปกรณ์ภาคสนามเพื่อเข้าถึงตำแหน่ง เป็นต้น
- 4) Database เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลหลักของระบบบูรณาการฯ
- 5) Map Server มีหน้าที่ให้บริการข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของ Map Services
- 6) โปรแกรมส่วนกลางสำหรับใช้บูรณาการภาพจากอุปกรณ์ตรวจจับ เป็นส่วนที่เจ้าหน้าที่ส่วนกลางและผู้บังคับบัญชาใช้งานเพื่อตั้งค่าเริ่มต้นให้กับแต่ละภารกิจ รวมถึงติดตามภาพรวมของสถานการณ์



รูปที่ 5 สถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการฯ

4.3.1.2 ฐานข้อมูลของระบบบูรณาการฯ มีประโยชน์สำหรับให้ผู้ใช้สามารถบริหารจัดการอุปกรณ์ตรวจจับภาพตามแต่ละภารกิจ รวมถึงสามารถเรียกดูประวัติการปฏิบัติการกิจได้ ซึ่งคณะวิจัยได้มีการออกแบบตารางเพื่อจัดเก็บข้อมูลของระบบบูรณาการฯ โดยประกอบด้วย 4 ตารางหลัก คือ ตารางข้อมูลอุปกรณ์การตรวจจับ (Sensors) ตารางข้อมูลภารกิจ (Missions) ตารางจัดการข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับตามภารกิจ (Mission_Sensors) และตารางข้อมูลประวัติการปฏิบัติการกิจ (Mission_History) (ตามรูปที่ 6)

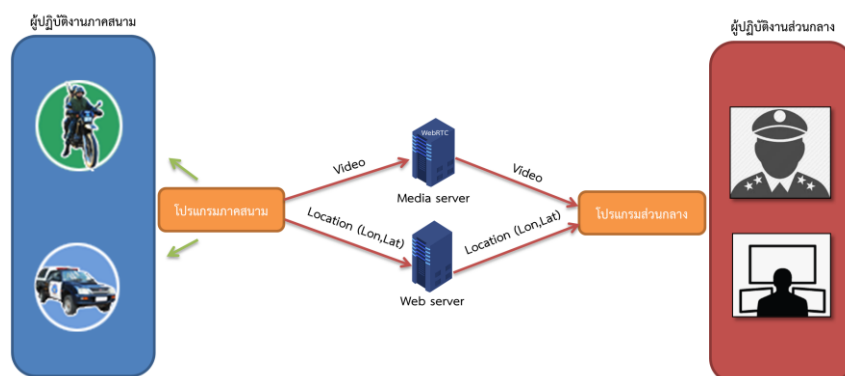


รูปที่ 6 ฐานข้อมูลของระบบ

4.3.2 หลักการทำงานของระบบบูรณาการฯ (รูปที่ 7) สรุปได้ดังนี้

1) อุปกรณ์ภาคสนาม (Devices) จะส่งข้อมูลภาพมายัง Media Server ผ่านโปรแกรมภาคสนามที่ใช้เทคโนโลยี WebRTC และในขณะเดียวกันก็ส่งข้อมูลตำแหน่งมายัง Web Server ผ่าน Application Program Interface (API) เพื่อทำการบันทึกข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ลงฐานข้อมูล

2) เจ้าหน้าที่ในศูนย์ปฏิบัติการจะใช้โปรแกรมส่วนกลางในการเรียกดูข้อมูลการปฏิบัติการกิจของเจ้าหน้าที่ภาคสนาม ซึ่งข้อมูลที่ได้จะประกอบด้วยภาพจาก Media Server ข้อมูลตำแหน่งล่าสุดของอุปกรณ์ภาคสนามจากฐานข้อมูลผ่าน API ดัดตั้งที่ Web Server และข้อมูลแผนที่จาก Map Server



รูปที่ 7 การติดต่อกับผู้ใช้งาน

4.4 การพัฒนาและทดสอบ

จากขั้นตอนการออกแบบระบบบูรณาการฯ คณะวิจัยเห็นว่าโปรแกรมจะต้องประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ โปรแกรมสำหรับเจ้าหน้าที่ภาคสนาม และโปรแกรมสำหรับผู้ปฏิบัติงานส่วนกลาง โดยจะต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติการกิจ รวมถึงมีความยืดหยุ่นในการปฏิบัติงาน สำหรับหัวข้อนี้จะอธิบายแนวทางการพัฒนาระบบโดยสังเขป ดังนี้

4.4.1 การพัฒนาระบบโปรแกรมภาคสนาม มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งข้อมูลภาพ และตำแหน่งจากอุปกรณ์ของผู้ปฏิบัติงานภาคสนามไปยัง Media Server โดยใช้เทคโนโลยี WebRTC ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะพัฒนาด้วยภาษา Javascript, MediaDevices Interface [9], RTCPeerConnection Interface [10] และใช้ STUN Server [11] ที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย สำหรับการส่งข้อมูลตำแหน่งไปจัดเก็บยังฐานข้อมูลจะใช้ API ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP ผ่าน POST Method ติดตั้งที่ Web Server ซึ่งข้อมูลที่ส่งจะประกอบด้วย พิกัด ทิศทาง ความเร็ว ความสูง และเวลา รายละเอียด ตามรูปที่ 8

```
$mission_id = $_POST["mission_id"];
$sensor_id = $_POST["sensor_id"];
$lon = $_POST["lon"];
$lat = $_POST["lat"];
$heading = $_POST["heading"];
$speed = $_POST["speed"];
$height = $_POST["height"];
$timestamp = $_POST["timestamp"];
$sql = "INSERT INTO mission_history(mission_id,sensor_id,lon,lat,heading,speed,height,timestamp)
VALUES($mission_id,$sensor_id,$lon,$lat,$heading,$speed,$height,$timestamp)";
mysql_query($sql)or die(['status':"0","message":'.mysql_error()."', "sql":'. $sql.'"]);
echo ['status':"1","message":'record sensor success']];
```

รูปที่ 8 API สำหรับการส่งข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์

4.4.2 การพัฒนาโปรแกรมบูรณาการสำหรับผู้ปฏิบัติงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการข้อมูลภาพจากอุปกรณ์ของหน่วยสนามผ่าน Media Server โดยในส่วนนี้จะใช้เทคโนโลยี WebRTC เช่นเดียวกับโปรแกรมภาคสนาม ซึ่งใช้ภาษา Javascript ในการพัฒนา นอกจากการบูรณาการภาพแล้ว โปรแกรมในส่วนนี้ยังต้องพัฒนาส่วนติดต่อฐานข้อมูลสำหรับแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ภาคสนามให้อยู่บนพื้นฐานรูปแบบ COP และสามารถใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ซึ่งการเรียกข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์ภาคสนามจะใช้ API ภาษา PHP ในการเข้าถึงตำแหน่งล่าสุดของอุปกรณ์ภาคสนาม (ตามรูปที่ 9)

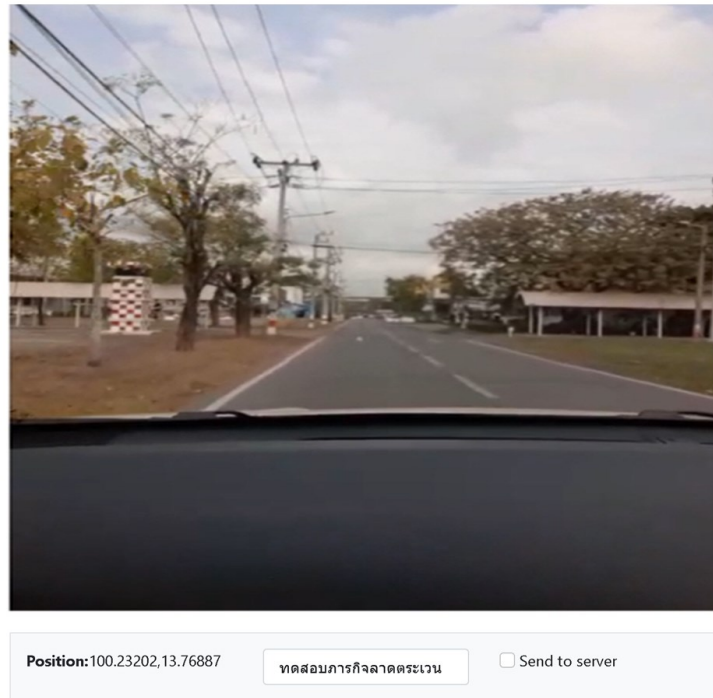
```

$sql = "SELECT mission_id,sensor_id,lon,lat,heading,speed,height,timestamp
        FROM mission_history sensor_id = ' sensor_id ' ORDER BY timestamp DESC LIMIT 0,1";
$count = 0;
$result = mysql_query($sql)or die(mysql_error());
$json_data = '[';
while($row = mysql_fetch_array($result)){
    $json_data = $json_data . '{';
    $json_data = $json_data . "id:". $count. ",";
    $json_data = $json_data . "mission_id:". $row["mission_id"]. ",";
    $json_data = $json_data . "sensor_id:". $row["sensor_id"]. ",";
    $json_data = $json_data . "lon:". $row["lon"]. ",";
    $json_data = $json_data . "lat:". $row["lat"]. ",";
    $json_data = $json_data . "heading:". $row["heading"]. ",";
    $json_data = $json_data . "speed:". $row["speed"]. ",";
    $json_data = $json_data . "height:". $row["height"]. ",";
    $json_data = $json_data . "timestamp:". $row["timestamp"]. ",";
    $json_data = $json_data . '},';
    $count++;
}
$json_data = trim($json_data,',' );
$json_data = $json_data . ']';
echo $json_data;

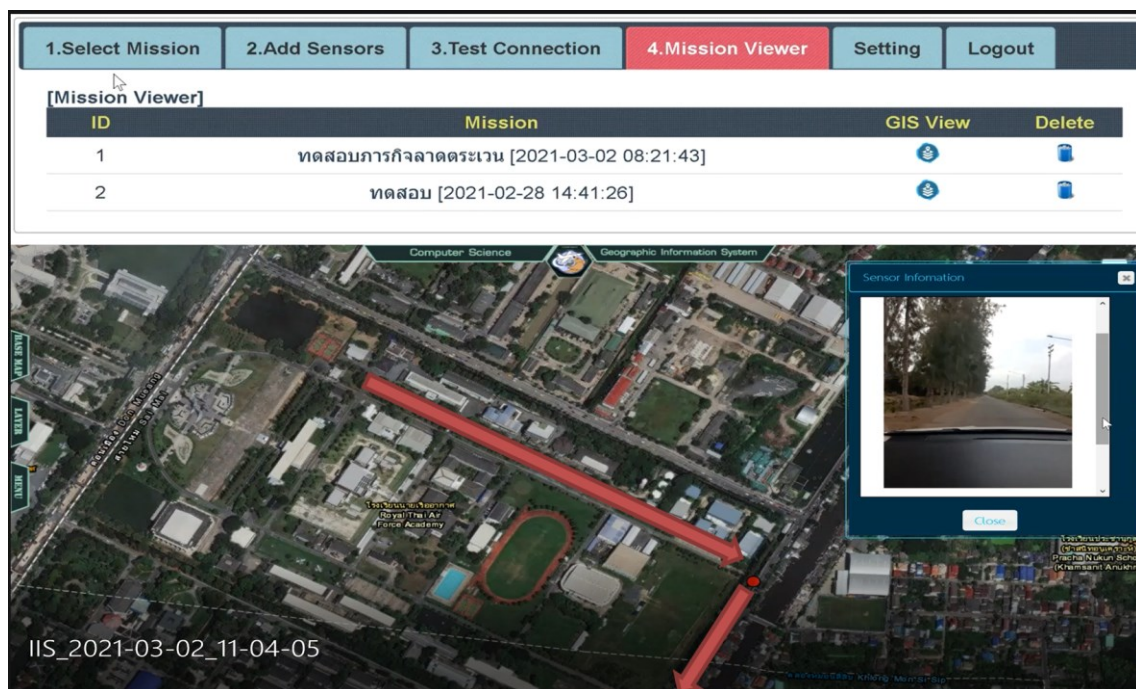
```

รูปที่ 9 API สำหรับเข้าถึงข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์ภาคสนาม

4.4.3 การทดสอบระบบบูรณาการฯ หลังจากที่ทำกรพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว คณะวิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งานระบบบูรณาการฯ โดยใช้พื้นที่โดยรอบโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช และขับขียานพาหนะที่ใช้ความเร็วไม่เกิน 60 km./hr. ใช้อุปกรณ์ตรวจจับภาพจากโทรศัพท์พกพา (Samsung A7 2018) สำหรับทดลองโปรแกรมในส่วนของเจ้าหน้าที่ภาคสนาม (รูปที่ 10) และทดสอบโปรแกรมบูรณาการข้อมูลภาพของเจ้าหน้าที่ส่วนกลางผ่านเครือข่ายกองทัพอากาศ (รูปที่ 11) อีกทั้งคณะผู้วิจัยได้เลือกขนาดภาพสำหรับการทดสอบคือ 180p, 360p และ 720p ตามลำดับ รวมถึงได้เลือกใช้เฟรมเรทในการแสดงผลอยู่ที่ 30 FPS เนื่องจากเป็นเฟรมเรทในการแสดงผลมาตรฐานของโทรทัศน์ระบบ NTSC ที่ทำให้การเคลื่อนไหวที่ดูเป็นธรรมชาติ [12]



รูปที่ 10 โปรแกรมในส่วนของผู้ใช้ที่ภาคสนาม



รูปที่ 11 โปรแกรมในส่วนของผู้ใช้ที่ส่วนกลาง

4.5 การติดตั้งระบบ

ระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการปฏิบัติการทางยุทธวิธี ได้ผ่านการทดสอบ และติดตั้งให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบฯ ผ่านเครือข่ายของกองทัพอากาศ ซึ่งได้ติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Window Server 2012 และใช้ IIS เป็น Web Server รวมถึงจะต้องทำการติดตั้งและปรับแต่ง Web Server ให้สามารถใช้โปรโตคอล https ให้มีความสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ตรวจจับของเจ้าหน้าที่ภาคสนามได้

5. ผลการวิจัย

หลังจากได้ทำการทดลองระบบบูรณาการฯ จริง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานคือความเร็วของอินเทอร์เน็ต ซึ่งผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 1 โดยความเร็วที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานที่ค่าการแสดงผล 30 FPS คือ ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.1~0.5 Mbps จะมีความเหมาะสมกับการแสดงผลภาพขนาด 180p, ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.5~1.0 Mbps เหมาะสมกับขนาดภาพ 360p และความเร็วอินเทอร์เน็ต 1.0~2.0 Mbps สำหรับภาพขนาด 720p

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความเร็วอินเทอร์เน็ตกับขนาดภาพที่มีความเหมาะสมต่อการแสดงผลที่ 30 FPS

ลำดับที่	ขนาดของภาพ	ความเร็วที่เหมาะสม
1	180p	0.1~0.5 Mbps
2	360p	0.5~1.0 Mbps
3	720p	1.0~2.0 Mbps

6. สรุปผล

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบบูรณาการอุปกรณ์ตรวจจับภาพโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยี Web Real-Time Communication (WebRTC) เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการทางยุทธวิธี ให้สามารถเพิ่มศักยภาพระบบบัญชาการและควบคุมทางยุทธวิธี รวมถึงเพิ่มขีดความสามารถการปฏิบัติการที่ใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง ซึ่งขอบเขตงานวิจัยนี้มุ่งเน้นบูรณาการข้อมูลภาพจากกล้องโทรทัศน์พกพา และ ระบบ IP Web Camera และเมื่อทำการพัฒนาและทดสอบระบบเรียบร้อยแล้ว สรุปผลได้ว่าระบบบูรณาการฯ ดังกล่าวสามารถใช้งานได้ และมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.1~0.5 Mbps สำหรับขนาดภาพ 180p, ความเร็วอินเทอร์เน็ต 0.5~1.0 Mbps สำหรับขนาดภาพ 360p และความเร็วอินเทอร์เน็ต 1.0~2.0 Mbps สำหรับภาพขนาด 720p ซึ่งจากผลการทดลองคณะผู้วิจัยจึงขอเสนอให้ทดลองใช้ระบบบูรณาการฯ ร่วมกับการปฏิบัติการกิจภาคพื้นของหน่วยทางยุทธวิธีในกองทัพอากาศต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เริ่มต้นใช้เพียงระบบตรวจจับภาพจากกล้อง IP Web Camera และจากโทรทัศน์พกพา ซึ่งเป็นระบบตรวจจับภาพทางภาคพื้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามการปฏิบัติการทางภาคพื้นในปัจจุบันมิได้มีเพียงแต่อุปกรณ์ตรวจจับทางภาคพื้นเท่านั้น แต่ยังมีอุปกรณ์ตรวจจับภาคอากาศ เช่น กล้องจากอากาศยานไร้คนขับ อีกด้วย ทำให้งานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมอุปกรณ์การตรวจจับที่สนับสนุนการปฏิบัติการทางภาคพื้นทั้งหมด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอให้พัฒนาต่อยอดร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับภาคอากาศ เพื่อความสมบูรณ์ในการปฏิบัติการกิจของกองทัพอากาศต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] พันเอก ธนบดี กรดจางูญ (2560).การอำนวยความสะดวกของศูนย์บัญชาการทางทหารในภาวะสงคราม.วิทยาลัยการทัพบก (เอกสารวิจัยส่วนบุคคล).
- [2] ปรีชา พินทุศรี, จิตติรัตน์ จันทรรดา, ยุทธเดช ช้อยแสง, ธนิกา กอสินประเสริฐ และ ดวงนภา บัวสันต์. (2562). การพัฒนาโปรแกรมสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการด้านทะเบียนทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม.วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน, 25(2): 79-91.
- [3] ภูวิช แก้วหาญ. (2561). WebRTC, Thailand. Retrived on February 15, 2021, from <http://www.callcentermaster.com/Technology/What-is-WebRTC.html>
- [4] Phankokkrud, M., Jaturawat, P., & Pongmanawut, P. (2016). A Real-time Face Recognition for Class Participation Enrollment System over WebRTC. In 8th International Conference on Digital Image Processing (100330), Chengdu, China.
- [5] Nguyen, C. (2020). WebRTC-The technology that powers Google Meet/Hangout, Facebook Messenger and Discord. Retrived on March 11, 2021, from <https://dev.to/calvinqc/webrtc-the-technology-that-powers-google-meet-hangout-facebook-messenger-and-discord-4j67>.
- [6] หนังสือเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ SPACE TECHNOLOGY AND GEO-INFORMATICS, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย.
- [7] ศุภกานต์ แก้วเหลี่ยม และ ภูมิพัฒน์ ดวงกลาง (2563).ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประยุกต์เพื่อการติดตามอากาศยานพาหนะและบุคคล กองทัพอากาศ.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ, 16(1) : 42-51.
- [8] สมบัติ อยู่เมือง. ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย.ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. Retrived on March 10, 2021, <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>.
- [9] MDN.(2021). MediaDevices. Retrived on February 10, 2021, from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/MediaDevices>.
- [10] MDN.(2021). RTCPeerConnection. Retrived on February 10, 2021, from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/RTCPeerConnection>.
- [11] Paul Gregoire.(2016).public stun list . Retrived on February 20, 2021, <https://gist.github.com/mondain/b0ec1cf5f60ae726202e>.
- [12] Peera Wongpanya. 5 เรื่องน่ารู้ของวิดีโอเฟรมเรท (fps). Retrived on February 28, 2021, <https://www.fotoinfo.online/5-เรื่องวิดีโอเฟรมเรท>.

การศึกษาและเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าและจุดคุ้มทุนของการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

The Study and Compare the Power and Break-even Point of Electricity Generation from Solar Panels

^{1*}นเรศ ลิวิรรวูธ และ ^{2#}ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม
กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

^{1*} Narade Sirivarawuth and ^{2#} Pramote Suksirisak

Received : February 3, 2022

Revised : March 27, 2022

Accepted : April 21, 2022

^{1,2} Mechanical Engineering Department, Mechanical and Industrial Engineering Division

Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

*narade_s@rtaf.mi.th, #pramote_suk@rtaf.mi.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโลกของเรามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูงขึ้นทุกปี เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามนุษย์จึงได้หาแหล่งพลังงานทางเลือกเพื่อเป็นพลังงานทดแทนมาลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า หนึ่งในทางเลือกที่เป็นที่นิยมก็คือพลังงานแสงอาทิตย์เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาดและปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาพบว่าเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานนั้นลดลง จึงได้ออกแบบระบบระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยในการทดสอบได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ 3 แบบ คือ แบบปกติ, แบบเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และแบบเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยอากาศผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยได้สูงที่สุดที่ 1.43 ยูนิต์ต่อวัน รองลงมาเป็นระบบระบายความร้อนด้วยน้ำและแบบปกติที่ 1.41 และ 1.33 ยูนิต์ต่อวัน ตามลำดับ โดยถ้าคิดการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติเป็นเกณฑ์ จะได้ว่า การระบายความร้อนด้วยอากาศสามารถเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 7.52% และการระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 6.02% ส่วนการคำนวณจุดคุ้มทุนพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติคืนทุนเร็วที่สุดที่ 4.57 ปี รองลงมาเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ 4.60 ปี และ 6.02 ปี ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์, การระบายความร้อน, จุดคุ้มทุน

Abstract

In the present, our world consumes a higher amount of electricity every year. To save electricity, humans therefore find alternative sources of energy for renewable energy to reduce the use of electricity. One of the popular alternatives is solar energy as it is a clean energy that does not pollute the environment. The researchers therefore conducted a study that found that when the solar panel works for a long time, it generates heat which causes its efficiency to decrease. Therefore, researchers designed a cooling system for solar panels. The test used a 330 watt solar panel consisting of 3 types: normal, air-cooled, and water-cooled. It was found that air-cooled solar panels produced the highest average power output at 1.43 units per day, followed by water-cooled and conventional systems at 1.41 and 1.33 units per day, respectively. If considering the normal power generation of solar panels as criteria, it was found that air cooling can increase power generation by 7.52%, and water cooling can increase power generation by 6.02%. Break-even point calculations show that conventional solar panels pay back faster. The best at 4.57 years, followed by a solar panel with a water cooling system and air cooling system at 4.60 years and 6.02 years, respectively.

Keywords: solar panel, cooling, break-even point

1. บทนำ

จากสถานการณ์ในโลกที่มีความวุ่นวาย มนุษย์ทุกคนต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต และดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าที่มนุษย์ใช้งานมาจากการใช้พลังงานฟอสซิลมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้นานาประเทศทั่วโลกเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน และส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้ต้องตระหนักถึงการนำพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น พลังงานลม พลังงานจากน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ รวมไปถึงพลังงานแสงอาทิตย์ มาเป็นพลังงานสะสมในรูปของพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เพื่อลดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดจากการแปรรูปพลังงานจากฟอสซิลลงได้ ซึ่งพลังงานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทยคือพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ซึ่งถือว่าเป็นบริเวณที่ร้อนที่สุดของโลกจึงได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยถึง 20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน [1] ทำให้หน่วยงานต่าง ๆ รวมไปถึงกลุ่มเกษตรกร และนักลงทุนสนใจที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้แทนพลังงานฟอสซิล นอกจากนี้รัฐบาลได้มีการสนับสนุนการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนจากธรรมชาติตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ที่ว่า “มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” [2]

พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานหลักที่แต่ละหน่วยงานสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดการใช้พลังงานจากพลังงานฟอสซิล และลดปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กองทัพอากาศเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ เพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานที่มากขึ้น และเพื่อเป็นพลังงานทดแทน หรือพลังงานหลักให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในกองทัพบก รวมไปถึงอากาศยานไว้คนขับอีกด้วย แต่จากการใช้งานพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันทั่วไปนั้นมีข้อเสียเช่นกัน คือเมื่ออุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง คณะผู้วิจัยจึงได้นำระบบน้ำหล่อเย็น และระบบระบายความร้อนด้วยอากาศมาใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติ ตลอดจนการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ความคุ้มค่าในการลงทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 การวิจัยนี้เป็นการวัดอัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ ที่วางทำมุม 15 องศาหันไปทางทิศใต้ โดยแบ่งเป็น 3 ชุด โดยชุดที่ 1 เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปกติ ชุดที่ 2 เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบกับระบบน้ำหล่อเย็น และชุดที่ 3 เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบกับชุดระบายความร้อนด้วยอากาศ

2.2 การวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทำการวัด 30 วัน เฉพาะวันที่ท้องฟ้าโปร่งฝนไม่ตก ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย ภายใต้สมมติฐานที่ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้เฉลี่ยวันละ 5 ชั่วโมงต่อวัน

2.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ความคุ้มค่าในการลงทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชุด ใช้อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) อัตราปกติประเภทบ้านเรือนที่อยู่อาศัย (ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน)

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) คือ พลังงานที่ได้รับการผลิตจากรังสีของดวงอาทิตย์ที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ตลอดเวลา ทั้งในรูปแบบพลังงานแสงและความร้อน จัดเป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีศักยภาพสูง พลังงานแสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาการรวมกันระหว่างไฮโดรเจน 4 อะตอม กับฮีเลียม 1 อะตอมแล้วคายพลังงานออกมาจากแกนของไฮโดรเจน พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า รังสีดวงอาทิตย์ แต่พลังงานดังกล่าวจะส่งมาถึงโลกได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากการสะท้อนกลับ การดูดซับไว้โดยชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก สำหรับประเทศไทยพื้นที่ตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรทำให้ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (kWh/m²/day) ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน [3]

3.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอนมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตเป็นแผ่นซิลิกอนบริสุทธิ์ และเมื่อแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพผลิตไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้า

3.1.3 การคำนวณพลังงานไฟฟ้า [4] พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) คือ งานหรือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่หรือถ่ายเทพลังงานไฟฟ้า Q คูณด้วยระยะทางที่เคลื่อนที่ไปยังอีกจุดหนึ่งซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาณประจุไฟฟ้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น ดังสมการที่ 1

$$W = QV \quad (1)$$

และจากนิยามของประจุไฟฟ้าและกฎของโอห์ม จะได้ว่า $Q = It$ และ $V = IR$ ตามลำดับ พลังงานไฟฟ้าจะคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$W = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t \quad (2)$$

เมื่อ	W คือ พลังงานไฟฟ้า (จูล, J)
	Q คือ ประจุไฟฟ้า (คูลอมบ์, C)
	V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์, V)
	I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์, A)
	R คือ ความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม, Ω)
	t คือ เวลา (วินาที, s)

กำลังไฟฟ้า (Electric Power) คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที (J/s) หรือวัตต์ (W) ดังสมการที่ 3 และ 4

$$P = \frac{W}{t} \quad (3)$$

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad (4)$$

เมื่อ	P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์, W)
	W คือ พลังงานไฟฟ้า (จูล, J)
	t คือ เวลา (วินาที, s)
	V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์, V)
	I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์, A)
	R คือ ความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม, Ω)

ส่วนการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในตามอาคารบ้านเรือนในปัจจุบันจะเป็นการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่ง หน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เป็นหน่วย หรือยูนิต (Unit) โดยที่ 1 หน่วยหรือ 1 ยูนิต เท่ากับ 1 กิโลวัตต์·ชั่วโมง ดังสมการที่ 5 และ 6

$$\text{จำนวนยูนิต} = \text{กิโลวัตต์·ชั่วโมง} \quad (5)$$

$$\text{จำนวนยูนิต} = \frac{\text{วัตต์}}{1,000} \times \text{ชั่วโมง} \quad (6)$$

3.1.4 การคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) [5] สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ค่าไฟฟ้าฐาน ค่าไฟฟ้าแปรผัน และภาษีมูลค่าเพิ่ม ดังนี้

1) ค่าไฟฟ้าฐาน ประกอบด้วย ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW) ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (kVAR) และค่าบริการรายเดือน ซึ่งการคิดค่าไฟฟ้าฐานจะแบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 8 ประเภท คือ บ้านที่อยู่อาศัย กิจกรรมขนาดเล็ก กิจกรรมขนาดกลาง กิจกรรมขนาดใหญ่ กิจกรรมเฉพาะอย่าง องค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร กิจกรรมสูบน้ำเพื่อการเกษตร และผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว

2) ค่าไฟฟ้าแปรผัน (Factor of Tariff: Ft) คือ ค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงต้นทุน ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ค่าซื้อไฟฟ้า รวมถึงนโยบายของภาครัฐ

3) ภาษีมูลค่าเพิ่ม เป็นค่าใช้จ่ายที่ประชาชนต้องชำระตามกฎหมาย โดยคิดเป็นร้อยละ 7 ของค่าไฟฟ้าฐาน และค่าไฟฟ้าแปรผัน คำนวณได้จากสมการที่ 7

$$\text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม} = (\text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าไฟฟ้าแปรผัน}) \times 7\% \quad (7)$$

ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้นำอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัยในอัตราปกติ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ดังตารางที่ 1 มาคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 อัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัยใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (ยูนิต)	ค่าไฟฟ้าต่อยูนิต (บาท)
15 หน่วย (กิโวลต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 15)	2.3488
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25)	2.9882
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35)	3.2405
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 100)	3.6237
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 150)	3.7171

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากสถานการณ์ของโลกที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ทำให้พลังงานทดแทนถูกนำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกอย่างแพร่หลาย ได้มีผู้ศึกษาพลังงานทดแทนที่เหมาะสม อาทิ Mehmet et al. [6] ซึ่งพบว่า พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ดี และได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบไปด้วยชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ และเงื่อนไขสภาพแวดล้อม หลังจากนั้นก็ได้มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในครัวเรือน ที่อยู่อาศัย สำนักงาน หรือ Nuchida & Prapapit [7] ที่ได้ศึกษาเรื่องพลังงานทดแทน แล้วพบปัญหาในการใช้งานคือ เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง มีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม และพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าปกติ 80% ถึง 115% อะมอฟัสซิลิกอนจะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อยลง 3% ถึง 20% จึงได้นำนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ Nuchida et al. [8] ซึ่งได้ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ พบว่าสามารถเพิ่มกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น 6.11% เมื่อเทียบกับระบบปกติ นอกจากนี้ K.A.Moharram et al [9] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งระบบทำความเย็น เพื่อรักษาอุณหภูมิการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 35 องศาเซลเซียส ผลที่ได้พบว่า ระบบทำความเย็นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ เมื่อเทียบกับระบบปกติ อนุรัตน์ และยุทธนา [10] ได้ทำการติดตั้งท่อความร้อนเพื่อระบายความร้อนให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และใช้สารระบายความร้อน 3 ชนิด ประกอบด้วยน้ำ เอทานอล และ สารทำความเย็น R-11 ผลการทดสอบพบว่า สารทำความเย็น R-11 ให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงที่สุดที่ 11.8% สมชาติ และคณะ [11] ได้ใช้ระบบน้ำระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยติดตั้งน้ำแผง และหลังแผง ผลที่ได้คือ การติดตั้งระบบน้ำระบายความร้อนที่หน้าแผงและหลังแผงสามารถลดอุณหภูมิในการทำงานได้ 42% และ 26% ตามลำดับ พศวีร์ และคณะ [12] ได้ใช้วิธีการลดอุณหภูมิและเพิ่มความเข้มแสงมาเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ 28.78% และคืนทุนในเวลา 8 ปี 3 เดือน

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 คณะผู้วิจัยได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดพอลิคริสตัลไลน์ขนาด 330 วัตต์ ในการทดลองจึงได้ออกแบบและสร้างฐานวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้รองรับกับขนาดของแผง (กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 168 เซนติเมตร) โดยทำจากเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว เอียงทำมุม 15 องศา กับแนวระดับ โดยให้ด้านที่ต่ำกว่าสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร และวางแผ่นไม้อัดด้านล่างเพื่อใช้วางอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมกับติดล้อเลื่อนเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

4.2 การทดสอบหาอัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

4.2.1 แบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปกติ โดยให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ ทำงานปกติเพียงอย่างเดียว แล้วทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยทำการวัดพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่เวลา 11.00 น. - 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุด [13] โดยวัดทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลาทั้งสิ้น 30 วัน แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน



รูปที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติ

4.2.2 แบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ ทำการติดตั้งพัดลมชนิด StormTech รุ่น STM001-002 จำนวน 10 ตัว ต่อเข้ากับ Fan Hub 4 pin Hub โดยใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาด 100 AH 12 V และใช้ไม้อัดปิดพื้นที่ทางด้านข้างเพื่อเป็นการระบายความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1



รูปที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

4.2.3 แบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 330 วัตต์ ทำการติดตั้งชุดสายพ่นน้ำสเปรย์ไปยังด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยติดตั้งห่างจากแผงเป็นระยะ 10 เซนติเมตร กระจายไปทั่วแผงรวม 25 จุด เพื่อระบายความร้อนออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 3 จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1



รูปที่ 3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

4.3 การคำนวณจุดคุ้มทุนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

4.3.1 หลังจากคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ต่อวันแล้ว ขั้นตอนต่อมาทำการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ระบบ จากนั้นนำมาคำนวณเป็นจำนวนเงินค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้อัตราการคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

4.3.2 ทำการคำนวณจุดคุ้มทุนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 ระบบ โดยคำนวณได้จากผลหารของราคาต้นทุนรวมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบกับจำนวนเงินค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบในหัวข้อ 4.3.1 ดังสมการที่ 8

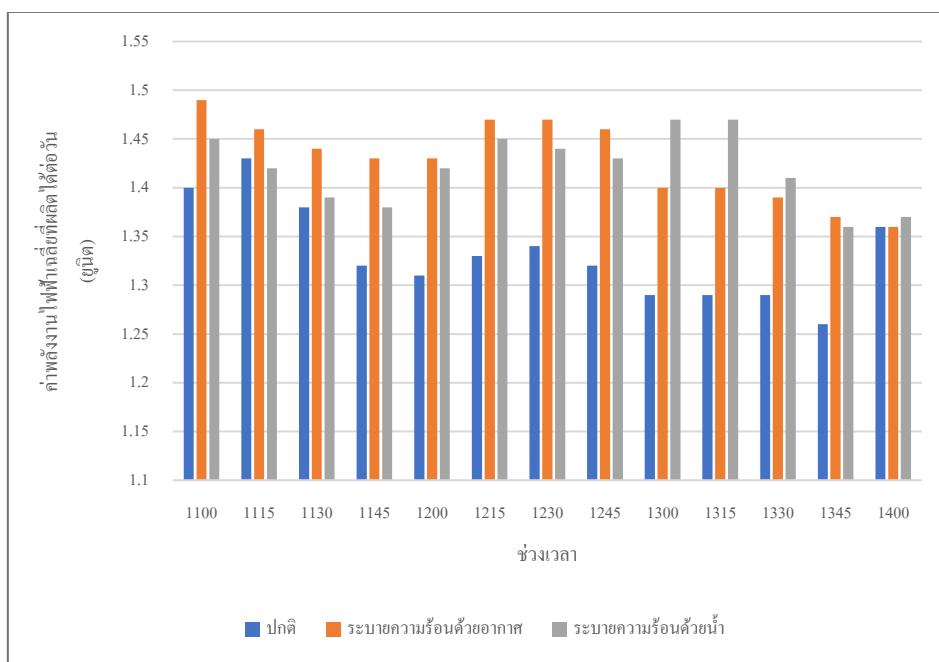
$$\text{เวลาจุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ (บาท)}}{\text{จำนวนเงินค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือนของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ (บาท)}} \quad (8)$$

5. ผลการวิจัย

5.1 คณะผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยวัดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าแล้วนำมาคำนวณพลังงานไฟฟ้าตามทฤษฎีไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นนำมาคำนวณหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (ยูนิท) โดยแบ่งเป็น 3 ระบบ ดังแสดงในตารางที่ 2 รูปที่ 4 ตารางที่ 3 และรูปที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ (คิดตามช่วงเวลา)

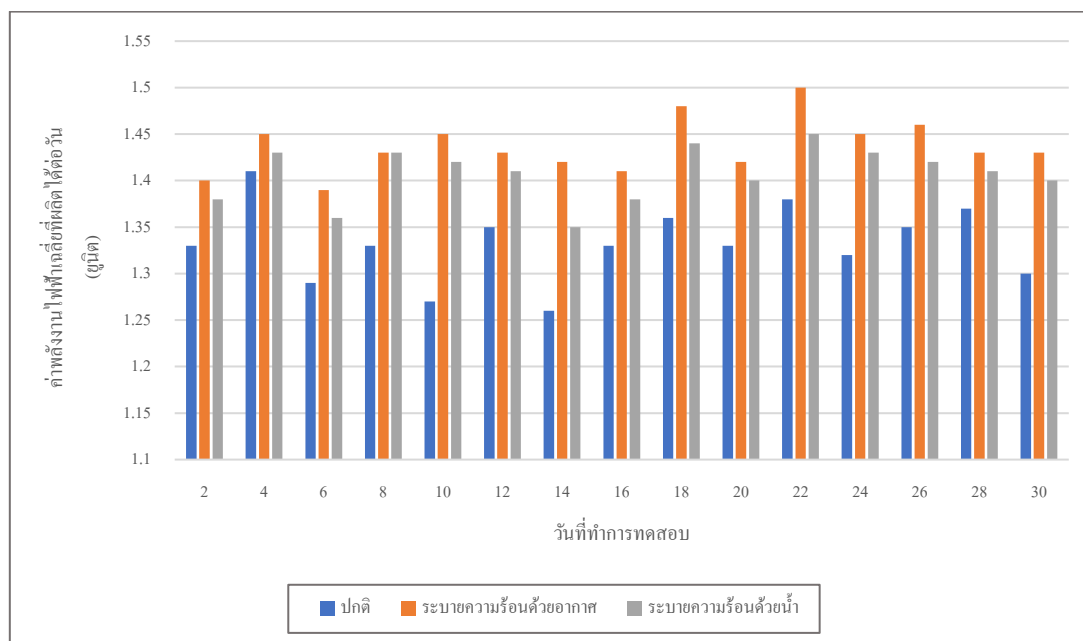
ช่วงเวลา	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ต่อวัน (ยูนิท)		
	แบบปกติ	แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ	แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ
11.00 น.	1.40	1.49	1.45
11.15 น.	1.43	1.46	1.42
11.30 น.	1.38	1.44	1.39
11.45 น.	1.32	1.43	1.38
12.00 น.	1.31	1.43	1.42
12.15 น.	1.33	1.47	1.45
12.30 น.	1.34	1.47	1.44
12.45 น.	1.32	1.46	1.43
13.00 น.	1.29	1.40	1.47
13.15 น.	1.29	1.39	1.41
13.30 น.	1.29	1.39	1.39
13.45 น.	1.26	1.37	1.36
14.00 น.	1.36	1.36	1.37
เฉลี่ย	1.33	1.43	1.41



รูปที่ 4 ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ต่อวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ (คิดตามช่วงเวลา)

ตารางที่ 3 พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ (คิดตามวันที่ทดสอบ)

วันที่ทำการทดสอบ	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ต่อวัน (ยูนิท)		
	แบบปกติ	แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ	แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ
วันที่ 1	1.35	1.43	1.37
วันที่ 2	1.33	1.4	1.38
วันที่ 3	1.42	1.44	1.42
วันที่ 4	1.41	1.45	1.43
วันที่ 5	1.38	1.45	1.42
วันที่ 6	1.29	1.39	1.36
วันที่ 7	1.32	1.41	1.36
วันที่ 8	1.33	1.43	1.43
วันที่ 9	1.3	1.43	1.4
วันที่ 10	1.27	1.45	1.42
วันที่ 11	1.33	1.41	1.38
วันที่ 12	1.35	1.43	1.41
วันที่ 13	1.33	1.45	1.43
วันที่ 14	1.26	1.42	1.35
วันที่ 15	1.33	1.41	1.38
วันที่ 16	1.33	1.41	1.4
วันที่ 17	1.38	1.43	1.41
วันที่ 18	1.36	1.48	1.44
วันที่ 19	1.24	1.45	1.42
วันที่ 20	1.33	1.42	1.4
วันที่ 21	1.33	1.43	1.36
วันที่ 22	1.38	1.5	1.45
วันที่ 23	1.34	1.43	1.44
วันที่ 24	1.32	1.45	1.43
วันที่ 25	1.33	1.43	1.4
วันที่ 26	1.35	1.46	1.42
วันที่ 27	1.33	1.43	1.41
วันที่ 28	1.37	1.43	1.41
วันที่ 29	1.33	1.46	1.42
วันที่ 30	1.3	1.43	1.4
เฉลี่ย	1.33	1.43	1.40



รูปที่ 5 ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ต่อวันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบ (คิดตามวันที่ทดสอบ)

5.2 หลังจากทำการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแบบแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวันมาคำนวณเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อเดือน จากนั้นนำมาเปลี่ยนเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดได้ต่อเดือนตามอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง หลังจากนั้น ทำการคำนวณหาต้นทุนของวัสดุอุปกรณ์ชุดทดลองต่าง ๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบ แล้วนำไปคำนวณหาจุดคุ้มทุน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคำนวณจุดคุ้มทุนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ

รายการ \ แบบแผง	แบบปกติ	แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ	แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ
ต้นทุนในการสร้าง (บาท)	6,315	9,110	6,841
พลังไฟฟ้าเฉลี่ยผลิตได้ต่อวัน (ยูนิต)	1.33	1.43	1.41
พลังไฟฟ้าเฉลี่ยผลิตได้ต่อเดือน (ยูนิต)	39.9	42.9	42.3
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ต่อเดือน (บาท)	115.275	126.146	123.972
จุดคุ้มทุน (ปี)	4.57	6.02	4.60

6. สรุป

จากการทดสอบความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดพอลิคริสตัลไลน์ขนาด 330 วัตต์ ประกอบด้วย 3 แบบ คือ แบบปกติ แบบเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และแบบเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น. มีค่าใกล้เคียงกัน โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยอากาศผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยได้สูงที่สุดที่ 1.43 ยูนิตต่อวัน รองลงมาเป็นแบบเพิ่มระบบระบายความร้อน

ด้วยน้ำและแบบปกติที่ 1.41 และ 1.33 ยูนิตต่อวันตามลำดับ โดยถ้าคิดการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ จะได้ว่าการเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยอากาศสามารถเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 7.52% และการเพิ่มระบบระบายความร้อนด้วยน้ำสามารถเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 6.02% ส่วนการคำนวณจุดคุ้มทุนพบว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบปกติคืนทุนเร็วที่สุดที่ 4.57 ปี รองลงมาเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ 4.60 ปี และ 6.02 ปี ตามลำดับ

จากผลการทดสอบ ทำให้ได้องค์ความรู้ใหม่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเพิ่มระบบระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาระบบแล้วนำไปใช้จริงในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยได้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการทำวิจัยต่อยอด และนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนรายวิชาวก 581 พลังงานทดแทนเบื้องต้น แก่นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องได้

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการระบายความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งานซึ่งสามารถนำไปศึกษาต่อยอดเพิ่มเติมได้ เช่น การเปลี่ยนชนิดของสารทำความเย็น หรือใช้วิธีการระบายความร้อนหลายวิธีร่วมกัน

7.2 ควรจะทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความชื้นในอากาศ และค่าความร้อนที่ถูกระบายออกไป

7.3 สามารถนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อ เพื่อนำไปใช้งานจริงเพื่อลดค่าไฟฟ้าได้ เช่น นำไปติดตั้งกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ในที่อยู่อาศัย หรือประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทางการเกษตร เช่น เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณกองทัพอากาศที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยบดางคุณวุฒิและคุณสมบัติอาจารย์ รร.น.น.ปี 64 รวมถึงขอขอบคุณนายประยัด ทองคำ สำหรับคำแนะนำในการผลิตและประกอบชุดเครื่องมือทดสอบ และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ กองส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ในการให้คำแนะนำในการขอรับทุนวิจัย กระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ จนสามารถปิดโครงการวิจัยได้สำเร็จ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). พลังงานแสงอาทิตย์กับประเทศไทย. สืบค้น 15 มกราคม 2565, จาก <https://ienergyguru.com/2015/07/solar-resource-map-of-thailand/>
- [2] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2563). ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี. สืบค้น 15 มกราคม 2565 จาก <http://nscr.nesdc.go.th/ยุทธศาสตร์ชาติ>
- [3] Arno, S., Klaus, J., Olindo, I., Rene, V.S., & Miro, Z. (2016). **Solar Energy**. Cambridge: UIT Cambridge Ltd.
- [4] Christopher, L. (2008). **Fundamental Electrical and Electronic Principles**. Oxford: Taylor & Francis Ltd.
- [5] การไฟฟ้านครหลวง. (2565). การคิดค่าไฟฟ้าแบบต่าง ๆ .สืบค้น 15 มกราคม 2565 จาก <https://www.mea.or.th/aboutelectric/116/280/form/11>
- [6] Mehmet, E.M., & Fukan, D. (2011). A Review of the Factors Affecting Operation and Efficiency of Photovoltaic Based Electricity Generation Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(5): 2176-2184.

- [7] Nuchida, S. & Prapapit, B. (2014). The Investigation of Produced Power Output During High Operating Temperature Occurrences of Monocrystalline and Amorphous Photovoltaic Modules. *Energy Procedia*. 52(1), 459-465.
- [8] Nuchida, S., Chhaina, S., Veekit R., & Piyachat, S. (2015). Effect of Temperature Reduction on Produced Power Performance of Solar Panels. The 6th TSME International Conference on Mechanical Engineering (1216-1219). Bangkok: Thailand.
- [9] Moharram, K.A., Abd-ElHady, M.S., Kandil, H.A., & El-Sherif, H. (2013). Enhancing the Performance of Photovoltaic Panels by Water Cooling. *Ain Shams Engineering Journal*. 4(1):869-877.
- [10] อนุรัตน์ เทวตา และ ชุณนา ศรีอุดม. (2561). การศึกษาเชิงทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ท่อความร้อนแบบแบน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 6(1): 83-94.
- [11] สมชาติ บุญศรี, สุพิชัย แสงสุวรรณ และ อธิพล หินดี. (2560). การศึกษาเทคนิคการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยระบบระบายความร้อนของน้ำที่แตกต่างกัน. ในการประชุมวิชาการระดับชาติสถาบันวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4 (391-399). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- [12] พศวีร์ ศรีโหมด, เดิมพงษ์ ศรีเทศ, วิชากร เฮงศรีธวัช และ พงศกร เจริญสุข. (2553). การศึกษาการเพิ่มสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์. ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 43 (541-544). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [13] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. สืบค้น 27 มกราคม 2565, จาก <https://webkc.dede.go.th/testmax/sides/default/files/>

ดีซีทูดีซีบูสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางสำหรับการประยุกต์ใช้ กับมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าในโหมดคืนพลังงาน

Bi-Directional DC-DC Boost Converter for Electric Bike Applications in Regenerative Mode

รุ่งวิชา ไชยยศ

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Rungwicha Chaiyot

Department of Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Rungwicha.c@ubru.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากแบตเตอรี่มีความจุไฟฟ้าที่จำกัด และรถที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จึงมีระยะทางสูงสุดที่วิ่งได้ขึ้นกับขนาดประจุแบตเตอรี่เท่านั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวงจรดีซีทูดีซีบูสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่สามารถจ่ายพลังงานคืนกลับไปยังแบตเตอรี่ได้ โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองโหมด คือ การทำงานในโหมดการขับเคลื่อน และการทำงานในโหมดส่งกำลังไฟฟ้ากลับหรือโหมดคืนพลังงาน โดยในข้อกำหนดของงานวิจัยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์จำนวน 1 ก้อน เพื่อให้รวมมีน้ำหนักเบาแล้วบูสแรงดันเอาต์พุตเป็น 48 โวลต์ ด้วยวงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางไปจ่ายให้กับวงจรเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ในงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรขนาด 48 โวลต์ การวิจัยใช้โปรแกรม Matlab/Simulink จำลองการทำงานระบบทั้งหมด ผลการวิจัยพบว่า ค่าระลอกกระแสมีค่าไม่เกิน 1 แอมป์ ค่าระลอกแรงดันมีค่าไม่เกิน 1 โวลต์ และค่าดีวีดีไอเคิลมีค่า 75% ตามที่ได้ออกแบบไว้และระบบที่นำเสนอสามารถทำงานได้ทั้งสองโหมด สำหรับการทดสอบการทำงานในโหมดคืนพลังงานสามารถคืนพลังงานได้สูงสุด 35 กิโลวัตต์

คำสำคัญ: ดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง, บูสคอนเวอร์เตอร์, รีเจนเนอเรทีฟเบรก

Received : April 25, 2022

Revised : June 7, 2022

Accepted : June 8, 2022

Abstract

The battery's capacity is limited due to its size and the vehicle runs on battery power, the maximum range is limited solely by the amount of the battery charge. This research therefore presents a bi-directional DC-to-DC boost converter circuit that can supply energy back to the battery. The operation can be divided into two modes. The first mode is drive mode and The second mode is power return mode or regenerative mode. In the requirements of the research, a 12 volt battery was selected to make the car lighter. The voltage of a single cell battery is boosted to 48 volts for use by an H-bridge inverter to drive a permanent magnet DC motor. The entire system is simulated in this study using the Matlab/Simulink tool. The ripple current is less than 1 amp, the ripple voltage is less than 1 Volt, and the duty cycle is 75 percent as specified, according to the simulation results. The proposed system can operation in both modes, especially in regenerative mode, the maximum regenerative power is 35 kilowatts.

Keywords: Bi-Directional DC-DC Converter, Boost Converter, Regenerative braking

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันทรัพยากรเชื้อเพลิงมีอยู่อย่างจำกัด และถูกใช้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมทุกภาคส่วนทั้งอุตสาหกรรม การผลิต อุตสาหกรรมการขนส่ง เป็นต้น น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อรายได้ของผู้ประกอบอาชีพขนส่งเป็นอย่างมาก รวมถึงเจ้าของธุรกิจขนส่ง และทั้งประชาชนที่ใช้ยานพาหนะในการเดินทางไปตามสถานที่ต่าง ๆ จึงมีงานวิจัยเพื่อนำพลังงานจากไฟฟ้ามาใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ ซึ่งมีข้อดีคือ ยานยนต์ไฟฟ้าไม่ปล่อยมลพิษสู่อากาศ ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยลดสภาวะโลกร้อน และลดมลภาวะทางเสียงตามท้องถนน ปัจจุบันจึงเริ่มมีการหันมาใช้พาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น จักรยานไฟฟ้า สถานีเตอร์ไฟฟ้า ยานยนต์ไฟฟ้า ฯ โดยมีผู้ประกอบการนำเข้าอะไหล่ชิ้นส่วนโมดูลควบคุม เพื่อมาประกอบเป็นพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า ทางผู้วิจัยจึงได้นำระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแปลงถ่านควบคุมด้วยวงจร เอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ ร่วมกับวงจรดิซิจูติชคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง เพื่อให้มอเตอร์สามารถจ่ายพลังงานคืนกลับไปยังแบตเตอรี่ได้ขณะทำการเบรก (Regenerative Braking) เพื่อให้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ไกลขึ้น

เพื่อลดการเกิดมลพิษทางอากาศและการใช้เชื้อเพลิง ยานยนต์ไฟฟ้าจึงได้รับการผลักดันมากขึ้นจากนักวิจัยในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก งานวิจัยของ Kasan Hamasuk และคณะ ซึ่งได้ออกแบบวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์แบบคืนพลังงานย้อนกลับไปยังแบตเตอรี่ขณะทำงานในโหมดคืนพลังงาน และจ่ายพลังงานไปยังมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เมื่อทำงานในโหมดขับเคลื่อนควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์สามเฟสที่ออกแบบให้สามารถรักษาระดับแรงดันที่คิซิปัสด้วยตัวควบคุมแบบพีโอ ซึ่งอินเวอร์เตอร์สามเฟสควบคุมแบบสเปซเวกเตอร์พัลส์วิดธีมอดูเลชัน เมื่อทำการทดสอบการทำงานทั้งระบบสามารถคืนพลังงานไปยังแบตเตอรี่ และจ่ายพลังงานไปยังมอเตอร์ รวมไปถึงควบคุมแรงดันที่คิซิปัสได้ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงของโหลดก็ตาม [1]

Mizanur Rahman และคณะ ทำการออกแบบวงจรประสิทธิภาพสูงให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้กับยานยนต์ไฟฟ้าด้วยวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์แบบสองสวิตช์ และวงจรเอช-บริดจ์ ดิซิจูติชคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง แบ่งออกเป็นด้านแรงดันต่ำและด้านแรงดันสูง เชื่อมต่อกันผ่านหม้อแปลง การทำงานในโหมดขับเคลื่อนพลังงานจากแบตเตอรี่จ่ายไปยังดิซิจูติชคอนเวอร์เตอร์ วงจรคอนเวอร์เตอร์ด้านมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นเรกติไฟเออร์ ตรงกันข้ามการทำงานในโหมดคืนพลังงาน พลังงานจากมอเตอร์จ่ายกลับไปยังแบตเตอรี่ หรือมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นเจนเนอเรเตอร์ในขณะนั้น วงจรคอนเวอร์เตอร์ด้านแบตเตอรี่ทำหน้าที่เป็นเรกติไฟเออร์ การทำงานทั้งสองโหมดมีการควบคุมแรงดันทั้งสองด้านด้วยตัวควบคุมแบบพีโอ จากการออกแบบการทำงานด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink คอนเวอร์เตอร์ที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่า เมื่อเทียบกับวงจรคอน-เวอร์เตอร์ทั่วไป [2]

Remon Das และคณะ ทำการออกแบบวงจรประสิทธิภาพสูงให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้กับยานยนต์ไฟฟ้าด้วยวงจรเอช-บริดจ์ ดิซิจูติชคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง แบ่งออกเป็นด้านแรงดันต่ำ และด้านแรงดันสูง เชื่อมต่อกันผ่านหม้อแปลง มีการทำงานในโหมดขับเคลื่อนพลังงานจากแบตเตอรี่ จ่ายไปยังดิซิจูติชคอนเวอร์เตอร์ [3] และบัสคอนเวอร์เตอร์แบบสองสวิตช์ประกอบด้วย ไอจีบีที ช่วยลด Turn on loss ของมอสเฟส และมอสเฟส ช่วยลด Turn of loss ของไอจีบีที ทำให้งานวงจรที่นำเสนอมีประสิทธิภาพสูงกว่าวงจรทั่วไป การทำงานทั้งสองโหมดมีการควบคุมแรงดันทั้งสองด้านด้วยตัวควบคุมแบบพีโอ พีโอดี และแบบไม่มีตัวควบคุม พบว่า การควบคุมแบบพีโอ ให้แรงดันที่ต้องการได้สูงกว่าการควบคุมแบบพีโอดี และแบบไม่มีตัวควบคุมตามลำดับ มีออกแบบการจำลองการทำงานทั้งระบบด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink [4]

Young-Joo Lee และคณะ ทำการรวมเอชทูติช และดิซิจูติชคอนเวอร์เตอร์แบบจ่ายพลังงานได้สองทิศทาง สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) ที่ประหยัดเชื้อเพลิง และลดมลภาวะได้ดีกว่ายานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด เนื่องจากสามารถวิ่งด้วยพลังงานไฟฟ้าได้นานกว่า เพราะมีแบตเตอรี่แพคที่มีความหนาแน่นของพลังงานสูงกว่า นอกจากนี้แบตเตอรี่แพคยังสามารถชาร์จกลับไปยังได้รับไฟฟ้าภายในบ้านได้ การทำงานแบ่งเป็น 3 โหมดคือ โหมดที่ 1 Non-Inverting Buck-Boost Mode เพื่อชาร์จประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ โหมดที่ 2 Boost Mode จ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังบัสแรงดันสูงของ PHEV โหมดที่ 3 Buck Mode จ่ายพลังงานไฟฟ้าจากบัสแรงดันสูงของ PHEV คืนกลับไปยังแบตเตอรี่ งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองและสร้างต้นแบบสำหรับการทดสอบและควบคุมด้วยตัวประมวลผลดิจิทัล TI8 DSP 320F2812 [5]

งานวิจัยนี้จึงได้นำหลักการทำงานของวงจรดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง จากงานวิจัยของ Kasan Hamasuk และคณะ รวมถึงงานวิจัยของ Mizanur Rahman และคณะ มาทำการวิจัยต่อยอดจากงานวิจัยดังกล่าว ด้วยการออกแบบวงจรใหม่ที่ระดับแรงดัน 48 โวลต์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วย เอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ ที่มีระบบควบคุมแรงดันที่ดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบพีไอ สามารถทำงานในโหมดการเบรกแบบคืนพลังงานไปยังแบตเตอรี่ ส่งผลให้ยานยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อนได้ระยะทางไกลขึ้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น จักรยานไฟฟ้า สกู๊ตเตอร์ไฟฟ้า หรือมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า เป็นต้น

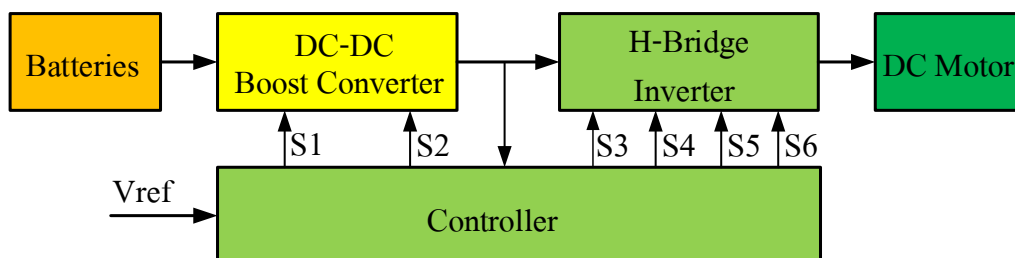
2. ขอบเขตงานวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบวงจรดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางให้มีขนาดแรงดันที่เหมาะสมกับขนาดของดิซิมอเตอร์ที่มีขนาด 48 โวลต์
- 2.2 เพื่อออกแบบระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าที่สามารถทำงานในโหมดคืนพลังงานได้
- 2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าที่สามารถทำงานในโหมดคืนพลังงาน และสามารถวิ่งได้ระยะทางไกลขึ้น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 โครงสร้างระบบควบคุม

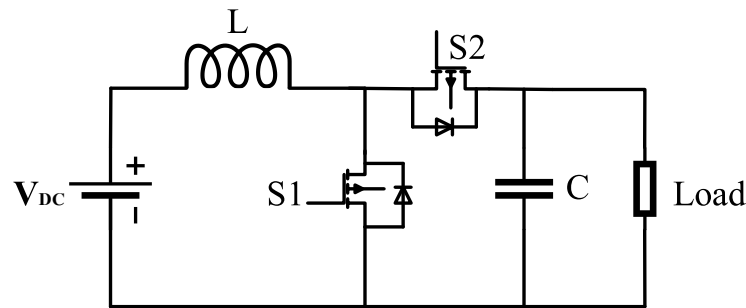
โครงสร้างระบบควบคุมทั้งหมดแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย แบตเตอรี่ วงจรวงจรดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง วงจร เอช-บริดจ์ อินเวอร์เตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และระบบควบคุม



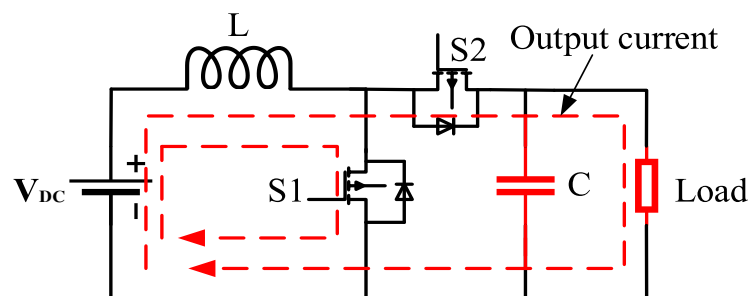
รูปที่ 1 ระบบควบคุมดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง

3.2 วงจรดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง

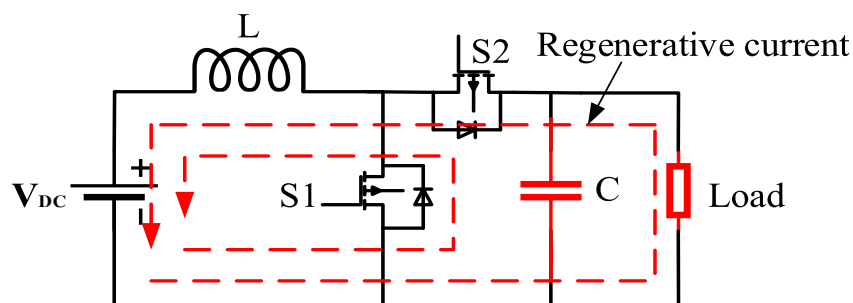
วงจรดิซิทูคิซึบสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2 มีหลักการทำงานดังนี้คือ พลังงานไฟฟ้าไหลจากแบตเตอรี่ไปยังโหลด เมื่อสวิตช์ S1 ทำงาน และสวิตช์ S2 ไม่ทำงาน วงจรทำหน้าที่เป็นวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์ เมื่อสวิตช์ S2 ทำงาน และสวิตช์ S1 ไม่ทำงาน วงจรทำหน้าที่เป็นวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์พลังงานไฟฟ้าไหลจากโหลดมายังแบตเตอรี่ แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 [1],[2],[3]



รูปที่ 2 วงจรคิซิทูคิซิกอนเวอร์เตอร์แบบสองทิสทาง



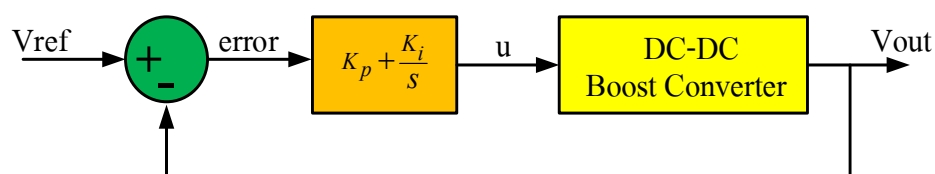
รูปที่ 3 กระแสไฟฟ้าในวงจรเมื่อสวิตช์ S1 ทำงาน และสวิตช์ S2 ไม่ทำงาน



รูปที่ 4 กระแสไฟฟ้าในวงจร เมื่อสวิตช์ S2 ทำงาน และสวิตช์ S1 ไม่ทำงาน

3.3 ระบบควบคุมแบบฟีดแบ็ค

รถไฟฟ้าที่มีการใช้งานวงจรคิซิทูคิซิกอนเวอร์เตอร์ เพื่อจ่ายแรงดันให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ สำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์นั้น ต้องได้แรงดันเอาต์พุตคงที่ ดังนั้นการควบคุมแรงดันเอาต์พุตจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้ระบบควบคุมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงใช้ระบบควบคุมแบบวงปิดด้วยตัวควบคุมแบบฟีดแบ็ค เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุต ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมตัวควบคุม ฟีดแบ็ค สำหรับวงจรคิซิกอนเวอร์เตอร์

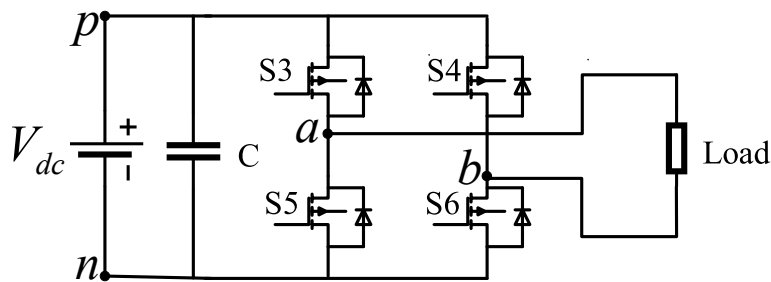
การออกแบบระบบควบคุมแบบพีไอ สำหรับวงจรสวิตชิ่งอินเวอร์เตอร์ใช้วิธีการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์แบบดั้งเดิม ด้วยวิธี Ziegler-Nichols (ZN) เนื่องจากไม่ต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการ ทำให้การปรับแต่งค่าพารามิเตอร์มีความสะดวกในการปรับค่าตัวควบคุมแบบสัดส่วน k_p และตัวควบคุมแบบอินทิกรัล k_i โดยเริ่มต้นให้กำหนดค่าคงที่ของการอินทิกรัล k_i ให้เป็น 0 กำหนดค่า k_p ให้มีค่าต่ำไว้ก่อน จากนั้นจึงเพิ่มค่าขึ้นไปทีละน้อย จนกระทั่งเอาต์พุตมีแอมพลิจูดไม่คงที่มีค่าสูงสุด k_u และมีคาบสัญญาณคงที่ T_u หาค่า k_p และ k_i ได้ ดังสมการที่ (1) และ (2) [6]

$$k_p = 0.45 \times k_u \quad (1)$$

$$k_i = \frac{1.2 \times k_p}{T_u} \quad (2)$$

3.4 เอช-บริดจ์ อินเวอร์เตอร์

การทำงานของ เอช-บริดจ์ อินเวอร์เตอร์ จากรูปที่ 6 วงจรประกอบด้วย มอสเฟตในวงจรทั้งหมด 4 ตัว ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดปิด และจะทำงานสลับกันเป็นคู่โดยที่ S3 จะทำการสวิตช์ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าพร้อมกับ S6 ขณะที่ S4 และ S5 ไม่ทำงาน และ S4 จะทำการสวิตช์ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าพร้อมกับ S5 ขณะที่ S3 และ S6 ไม่ทำงาน มีการควบคุมสวิตช์ทั้งสี่ตัวด้วยสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นแบบไบโพลาร์ (Bipolar Pulse Width Modulation) [7],[8]



รูปที่ 6 วงจรเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์

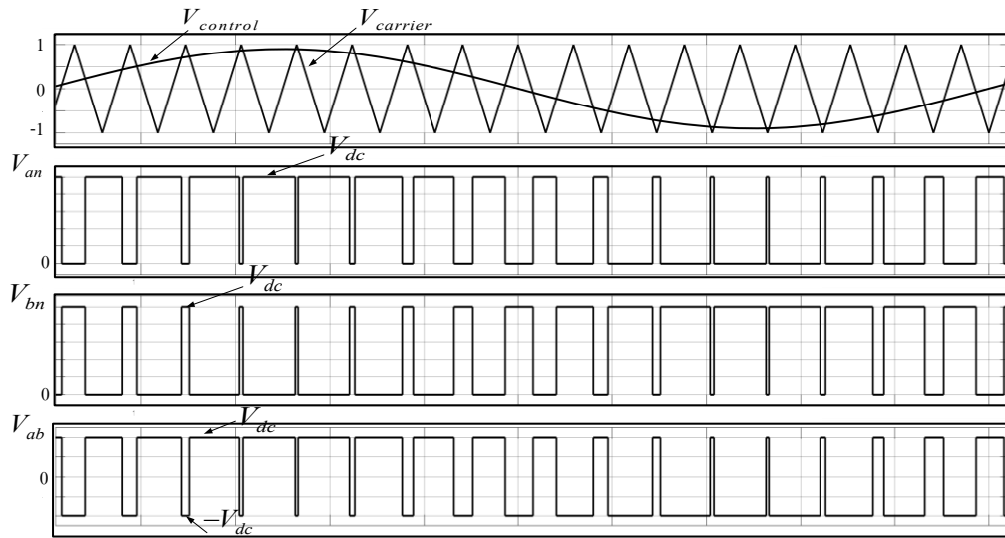
การมอดูเลตสัญญาณแบบไบโพลาร์สำหรับเอช-บริดจ์ อินเวอร์เตอร์ เพื่อให้สวิตช์แต่ละคู่คือ คู่สวิตช์ S3 และ S6 และคู่สวิตช์ S4 และ S5 ทำงานเปิดปิดพร้อม ๆ กันโดยที่ผลจากการการมอดูเลตสัญญาณแบบไบโพลาร์จะให้แรงดันเอาต์พุตมีสองขั้วคือ ขั้วบวก และขั้วลบ ไม่มีแรงดันเอาต์พุตเป็น 0 เพราะไม่มีสถานะที่ทำให้แรงดันเป็นศูนย์ หลักการของการมอดูเลตสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่นแบบไบโพลาร์ คือ เมื่อต้องการแรงดันเอาต์พุตรูปไซน์เป็น $V_{control}$ และมีความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) f_1 ให้นำ $V_{control}$ มาเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปสามเหลี่ยม $V_{carrier}$ มีความถี่การสวิตช์ (Switching - Frequency) f_s จะได้ผลลัพธ์ดังนี้คือ เมื่อ $V_{control} > V_{carrier}$ แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นบวก เมื่อ $V_{control} < V_{carrier}$ ดังแรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นลบ ดังสมการที่ 3

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{dc} \quad \text{เมื่อ} \quad V_{control} > V_{carrier} \\ V_{out} &= -V_{dc} \quad \text{เมื่อ} \quad V_{control} < V_{carrier} \end{aligned} \quad (3)$$

นิยาม	ค่าดัชนีการมอดูเลต	$m_i = \frac{V_{control}}{V_{triangle}} \quad (4)$
-------	--------------------	--

	อัตราส่วนการมอดูเลตความถี่	$m_f = \frac{f_s}{f_1} \quad (5)$
--	----------------------------	-----------------------------------

เมื่อค่า m_i คือ แอมพลิจูดสูงสุดของแรงดันเอาต์พุตหารด้วยแอมพลิจูดสูงสุดของรูปคลื่นพาห์รูปสามเหลี่ยม และ m_f คือ ความถี่ของสัญญาณคลื่นพาห์รูปสามเหลี่ยมหารด้วยความถี่ของสัญญาณควบคุมรูปไซน์



รูปที่ 7 การมอดูเลตสัญญาณพัลส์วิดธีมอดูเลชันแบบไบโพลาร์ และแรงดันเอาต์พุต

รูปที่ 7 แสดงผลการมอดูเลตสัญญาณแบบไบโพลาร์เมื่อดัชนีการมอดูเลต (m_i) เท่ากับ 0.8 และความถี่การมอดูเลต (m_f) เท่ากับ 15 จากรูปจะเห็นว่าแรงดัน V_{an} มีค่าตรงกันข้ามกับ V_{bn} เสมอ และไม่มีจุดที่แรงดันมีค่าเป็น 0 โวลต์ ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต $V_{out} = V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$ ซึ่งทำให้แรงดันเอาต์พุตมี 2 ขั้ว การเลือกอัตราส่วนการมอดูเลตความถี่ (m_f) ให้เลือกเป็นเลขคู่ จะทำให้ได้จำนวนรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตเป็นเลขคู่ และสมมาตรกับจุด 0 วิธีนี้ทำให้แรงดันเอาต์พุตไม่เกิดฮาร์โมนิกส์ลำดับคู่ [9]

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 การออกแบบพารามิเตอร์วงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

สำหรับการออกแบบวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ งานวิจัยนี้ใช้สวิตช์ควบคุมเป็นมอสเฟสทำหน้าที่ตัดต่อวงจร ไดโอดทำหน้าที่นำกระแส เมื่อสวิตช์ตัดวงจร ตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองแรงดันเอาต์พุตให้เรียบขึ้น ส่วนตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่สะสมพลังงานและจ่ายพลังงานในช่วงที่สวิตช์ต่อและตัดวงจรตามลำดับ โดยการออกแบบการคำนวณนั้นใช้โหมดกระแสต่อเนื่อง กำหนดความถี่การสวิตช์ (f_s) 10 kHz สำหรับนำไปใช้กับมอสเฟสกำลัง กำหนดค่าระลอกกระแสออก (ΔI_L) 1 แอมป์ กำหนดค่าระลอกแรงดันออก (ΔV_o) 1 โวลต์ เป็นค่าการออกแบบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของกระแส และแรงดันเอาต์พุต ค่าตัวดีไซเคิล (D) ค่าตัวเหนี่ยวนำ (L) และค่าตัวเก็บประจุ (C) คำนวณค่าได้ตามสมการที่ (6)-(8) ตามลำดับ โดยออกแบบตามขนาดดีไซมเมอร์ 48 โวลต์ 1,000 วัตต์ ดังแสดงรายการคำนวณ และออกแบบตามตารางที่ 1

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o} \quad (6)$$

$$L = \frac{V_i \times D}{\Delta I_L \times f_s} \quad (7)$$

$$C = \frac{I_o \times D}{\Delta V_o \times f_s} \quad (8)$$

ตารางที่ 1 ค่าจากการออกแบบของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์

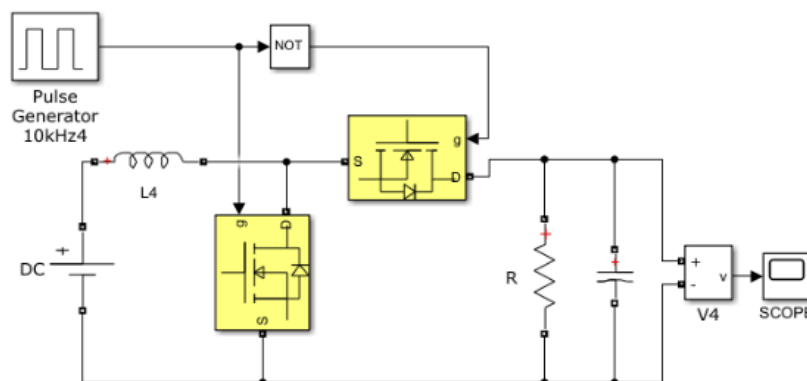
พารามิเตอร์	แรงดันอินพุต 12 โวลต์ (V_i)
	แรงดันเอาต์พุต 48 โวลต์ (V_o)
ดีวตี้ไซเคิล (D)	0.75
ความถี่การสวิตช์ (f_s)	10 kHz
ความเหนี่ยวนำ (L)	0.9 mH
คาปาซิเตอร์ (C)	2,000 μF
กำหนดค่าระลอกกระแสออก (ΔI_L)	1 แอมป์
กำหนดค่าระลอกแรงดันออก (ΔV_o)	1 โวลต์

4.2 การจำลองระบบด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink

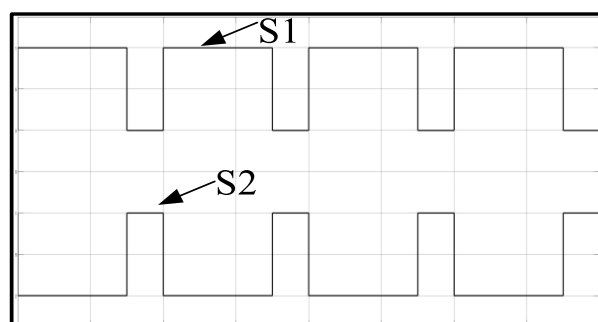
การจำลองวงจรวงจรดีซีทูดีซีบัสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง ประกอบด้วยบล็อกกำเนิดสัญญาณพัลส์, ดีซี โวลเตจ-ซอร์ส, ความเหนี่ยวนำ, ความต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, ลอจิกเกตนอต และสโคป ดังรูปที่ 8

4.2.1 วงจรดีซีทูดีซีบัสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง

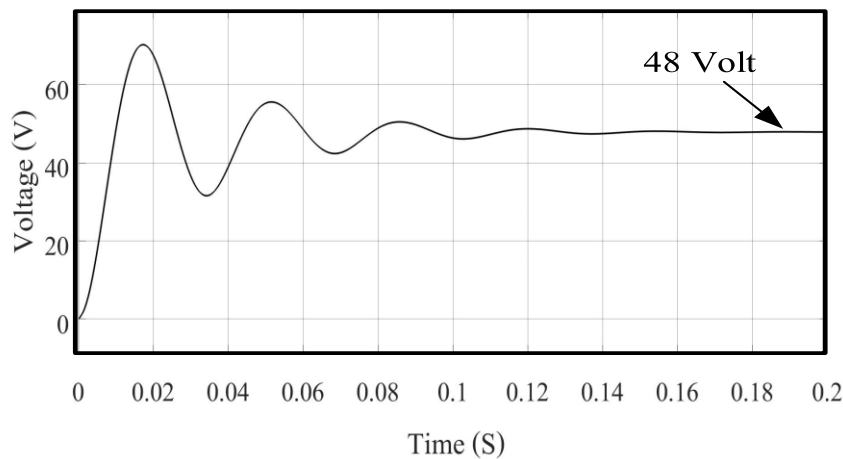
เมื่อได้ออกแบบพารามิเตอร์สำหรับวงจรดีซีทูดีซีบัสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางแล้วเสร็จดังในตารางที่ 1 ได้ทำการจำลองด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink ดังแสดงในรูปที่ 8 สัญญาณขั้วเกต S1 สัญญาณขั้วเกต S2 และแรงดันเอาต์พุต ตามที่ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 9 ดังนี้ ค่าดีวตี้ไซเคิลสัญญาณขั้วเกต S1 75% ค่าดีวตี้ไซเคิลสัญญาณขั้วเกต S2 25% และรูปที่ 10 แสดงแรงดันเอาต์พุต 48 โวลต์ ที่สภาวะสมดุล ตามลำดับ



รูปที่ 8 วงจรดีซีทูดีซีบัสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง



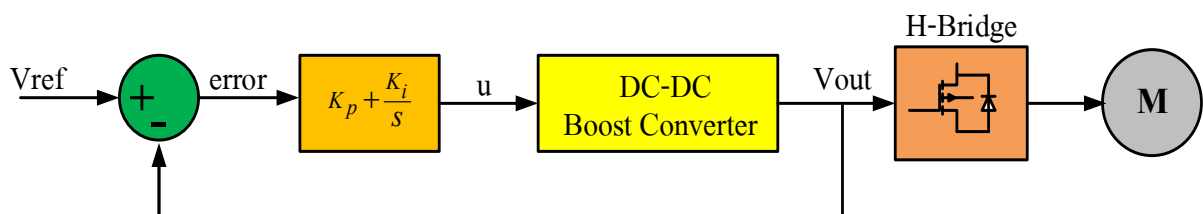
รูปที่ 9 ค่าดีวตี้ไซเคิลสัญญาณขั้วเกต S1 75 % และ S2 25%



รูปที่ 10 แรงดันเอาต์พุต 48 โวลต์

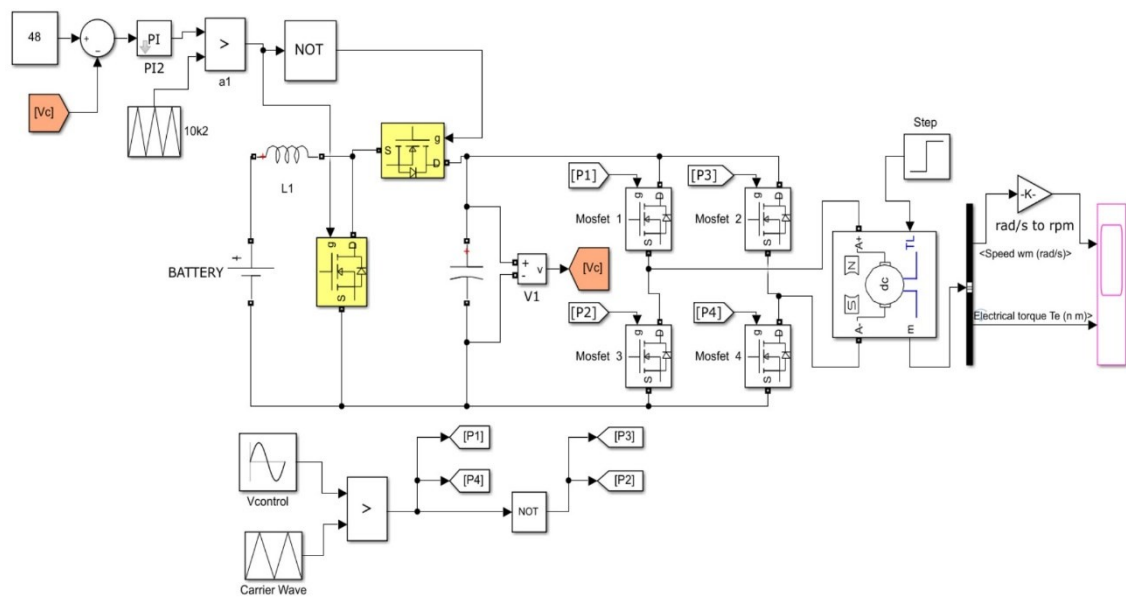
4.2.2 ระบบควบคุมวงจรถิษฐ์ชิพสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางสำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า

วงจรถิษฐ์ชิพสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยตัวควบคุมแบบพีไอวัตถุประสงค์เพื่อให้แรงดันควบคุมที่ชิปส์มีผลตอบสนองที่รวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดและสภาวะชั่วคราว วงจรเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยฟีดแบ็คลิวเอ็มแบบไบโพลาร์มอดูเลชันทั้งหมดเป็นระบบรวมดังรูปที่ 11 และจำลองระบบรวมด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink ดังรูปที่ 12 ในงานวิจัยนี้ได้ค่า k_u และ T_u สำหรับการหาค่าพีไอด้วยวิธี Ziegler-Nichols (ZN) จากแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ เมื่อทำงานแบบวงรอบเปิดได้ค่า k_p เท่ากับ 0.003 และค่า k_i เท่ากับ 0.03 สำหรับแรงดันเอาต์พุตที่ต้องการ 48 โวลต์ ในกรณีที่ k_p และ k_i เปลี่ยนแปลงมีค่าสูงขึ้น ผลตอบสนองระบบจะมีโอเวอร์ชูตสูงขึ้น และเกิดการแกว่งมากขึ้น



รูปที่ 11 ระบบควบคุมทั้งหมดของวงจรถิษฐ์ชิพสคอนเวอร์เตอร์สำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า

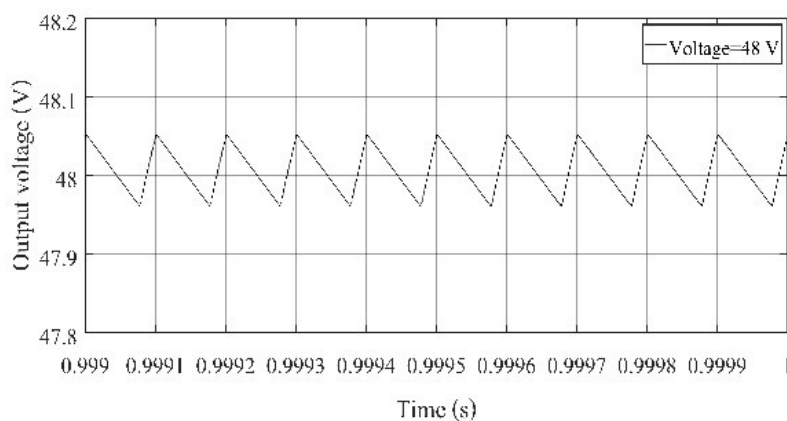
การจำลองการทำงานทั้งระบบ ดังรูปที่ 12 ประกอบด้วย ภาควิชาการควบคุมแบบพีไอโดยทำการวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรถิษฐ์ชิพสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง 48 โวลต์ เพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์ของวงจรถิษฐ์ชิพสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง ให้มีแรงดันเอาต์พุตคงที่ ภาควิชาการเอช-บริดจ์อินเวอร์เตอร์ในงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยการมอดูเลตสัญญาณแบบไบโพลาร์



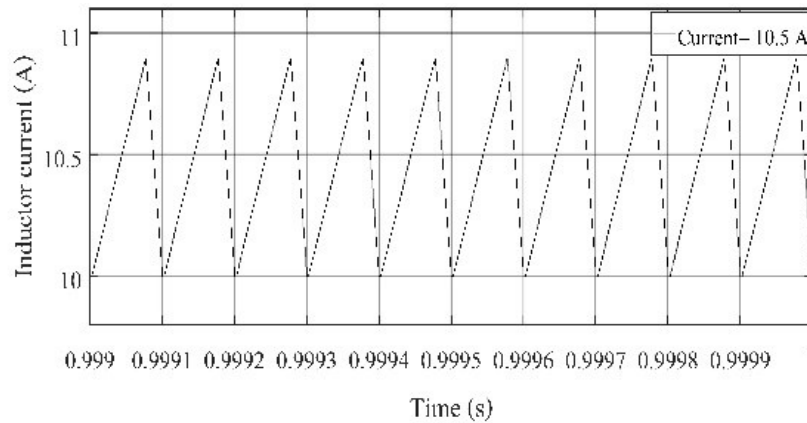
รูปที่ 12 การจำลองระบบวงจรอนุสคอนเวอร์เตอร์สำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า

5. ผลการวิจัย

จากการออกแบบวงจรดีซีฟูลดีซีอนุสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง และการออกแบบตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยตัวควบคุมแบบพีไอถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานขับเคลื่อนมอเตอร์ สำหรับรถไฟฟ้าได้รับการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink ผลการจำลองแสดงดังรูปที่ 13-14 แสดงค่า ΔV_o เมื่อทำงานที่แรงดันเอาต์พุต 48 โวลต์ มีค่า $\Delta V_o \pm 0.5$ จะเห็นได้ว่ามีค่าไม่เกิน 1 โวลต์ ตามที่ได้ออกแบบไว้ รูปที่ 14 แสดงค่า Δi_L เมื่อทำงานที่แรงดันเอาต์พุต 48 โวลต์ มีค่า $\Delta i_L \pm 0.5$ จะเห็นได้ว่ามีค่าไม่เกิน 1 แอมป์ ตามที่ได้ออกแบบไว้เช่นเดียวกัน

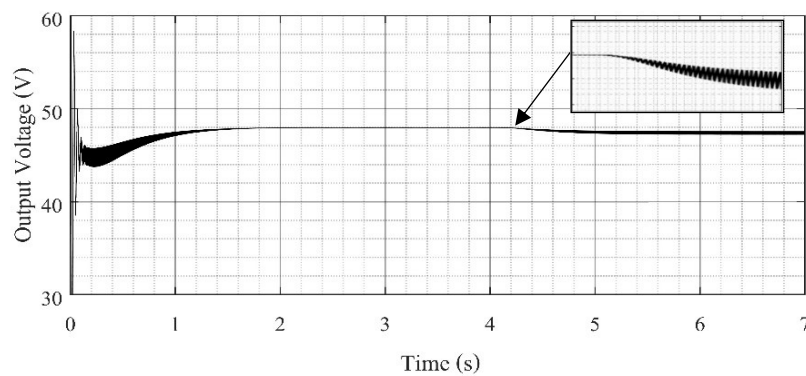


รูปที่ 13 ค่าระลอกของแรงดันเอาต์พุต 48 V

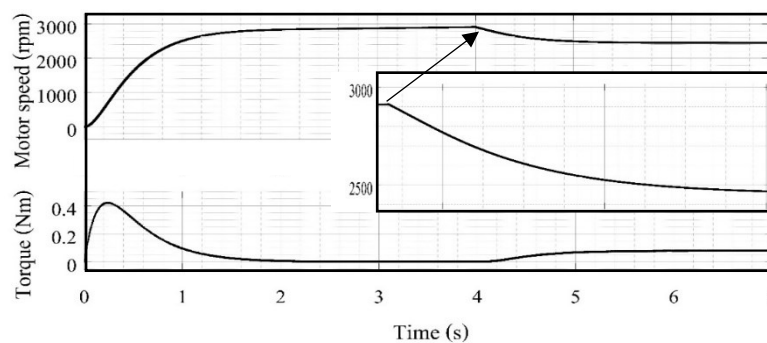


รูปที่ 14 ค่าระลอกของกระแสเอาต์พุต 10.5 A

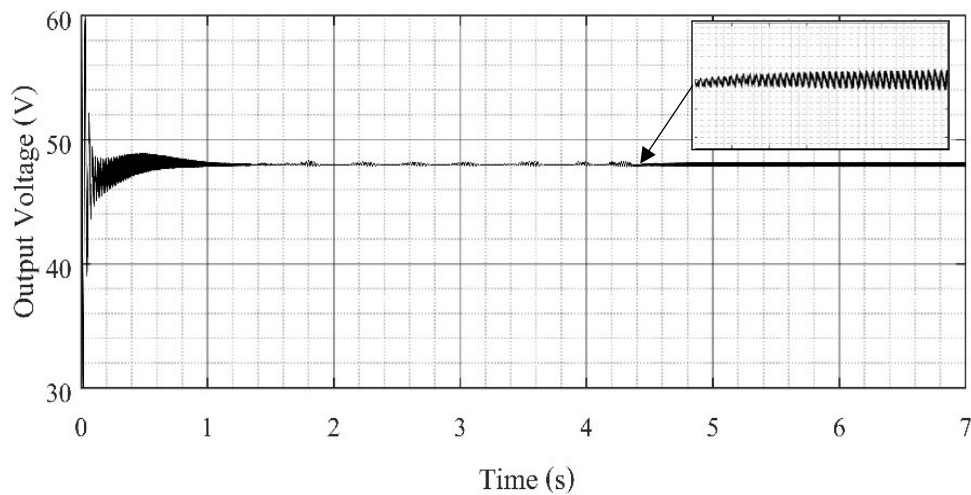
แรงดันเอาต์พุตที่ดีซีบัสเมื่อทดสอบป้อนโหลดให้กับมอเตอร์ขนาด 48 โวลต์ เปรียบเทียบระหว่างไม่มีตัวควบคุมฟิโอดีซีบัส และมีตัวควบคุมฟิโอดีซีบัส พิจารณารูปที่ 15 จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีตัวควบคุมแบบฟิโอดีซีบัส แรงดันเอาต์พุตปรับตัวเข้าสู่จุดเซตพอยท์ภายในเวลา 1.8s เมื่อทดสอบจ่ายโหลด 0.08 นิวตัน ที่เวลา 4s แรงดันที่ดีซีบัสมีค่าตกลงมาที่ 47.5 โวลต์ รูปที่ 16 แสดงกราฟของความเร็วกับแรงบิดของมอเตอร์พบว่า ความเร็วมอเตอร์ลดลงต่ำกว่า 2500 รอบต่อนาที ขณะเพิ่มโหลด เมื่อมีการควบคุมฟิโอดีซีบัสพบว่า แรงดันเอาต์พุตสามารถปรับตัวเข้าสู่จุดเซตพอยท์ ภายในเวลา 1s และเมื่อทดสอบจ่ายโหลด 0.08 นิวตัน ที่เวลา 4s แรงดันที่ดีซีบัส มีค่าคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 17 สำหรับรูปที่ 18 แสดงกราฟของความเร็วกับแรงบิดของมอเตอร์พบว่า ความเร็วมอเตอร์ลดลงมาที่ 2500 รอบต่อนาที ขณะเพิ่มโหลด



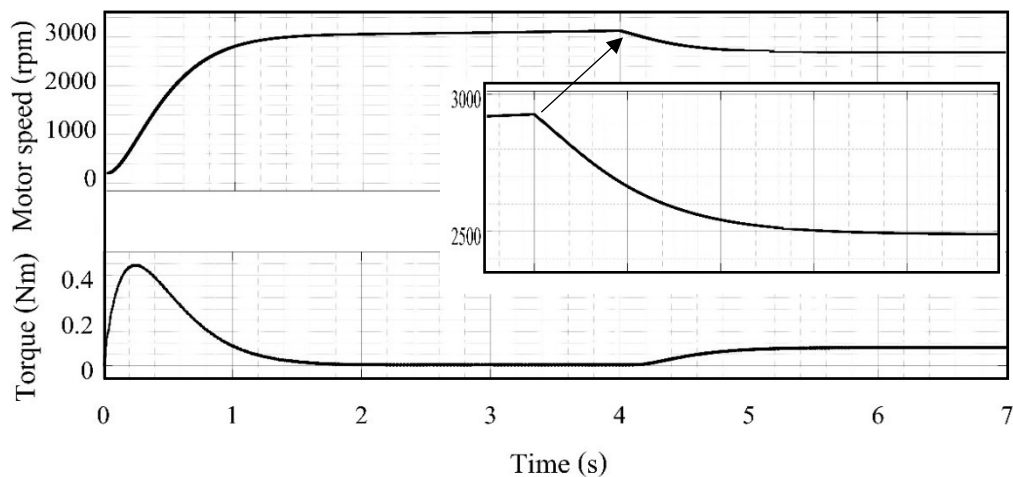
รูปที่ 15 แรงดันเอาต์พุตที่ดีซีบัส 48 โวลต์ ไม่มีมีตัวควบคุมฟิโอดีซีบัส



รูปที่ 16 กราฟของความเร็วกับแรงบิดของมอเตอร์ ไม่มีมีตัวควบคุมฟิโอดีซีบัส

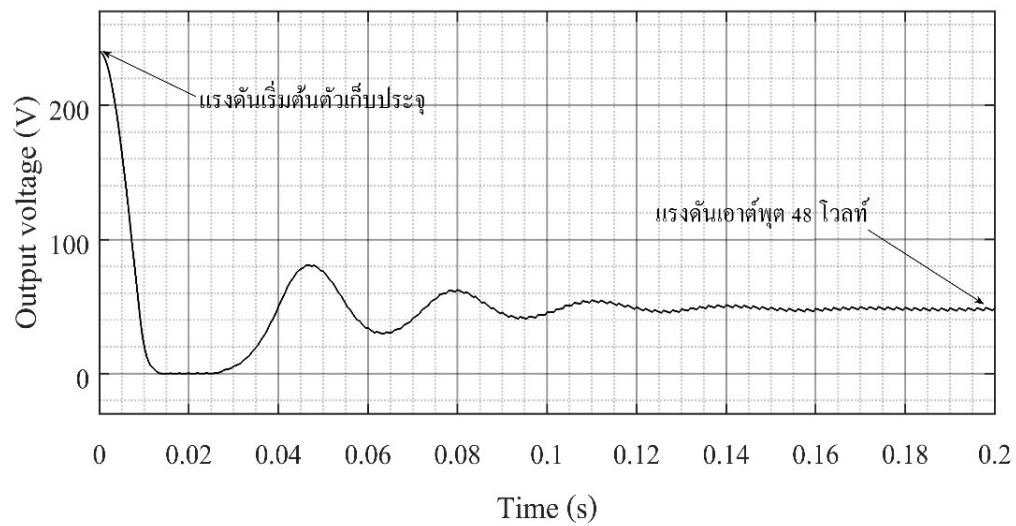


รูปที่ 17 แรงดันเอาต์พุตที่คิซิปัส 48 โวลต์ มีตัวควบคุมพีไอ

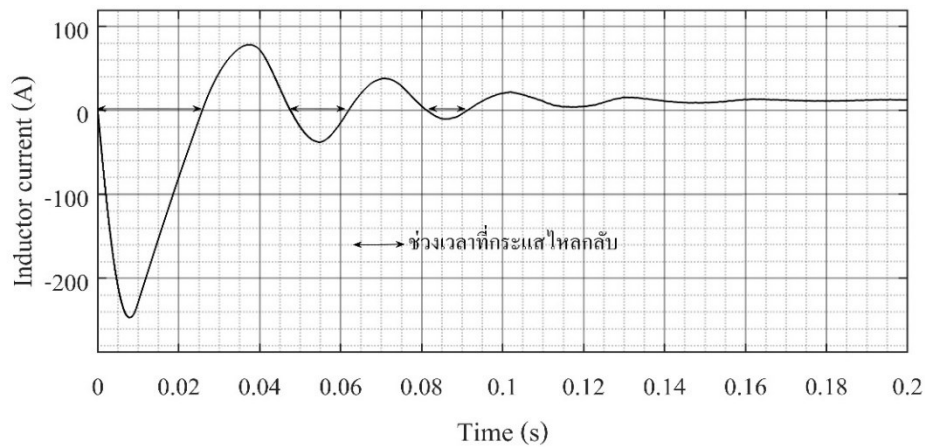


รูปที่ 18 กราฟของความเร็วกับแรงบิดของมอเตอร์ มีตัวควบคุมพีไอ

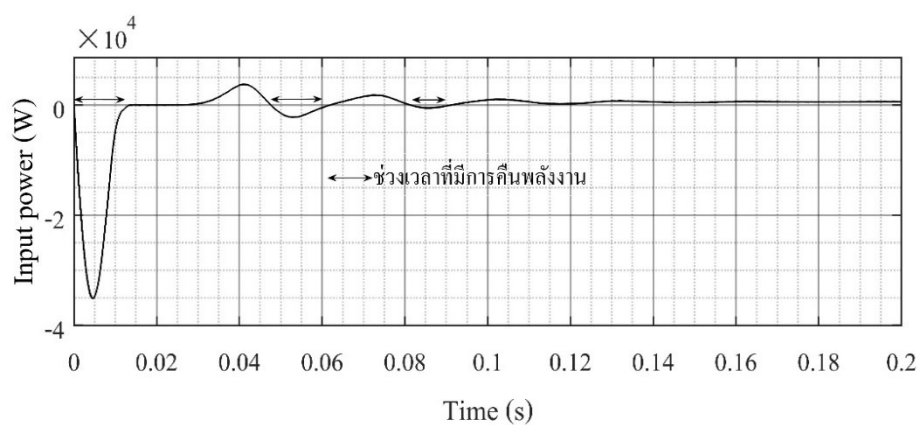
การเบรกแบบคืนพลังงานเกิดขึ้นเมื่อขับรถลงทางลาดชันและมีการเบรก การทดสอบการทำงานในโหมดคืนพลังงานทำได้โดยการกำหนดแรงดันเริ่มต้นที่ตัวเก็บประจุให้มีค่ามากกว่าแรงดันที่จุดเซทพอยต์ โดยกำหนดแรงดันเริ่มต้นไว้ที่ 240 โวลต์ ซึ่งการทำงานในโหมดนี้ตัวควบคุมแบบพีไอสามารถปรับแรงดันเอาต์พุตให้กลับเข้าสู่ค่าเซทพอยต์ได้ ภายในเวลา 0.2s ที่แรงดันเอาต์พุต 48 โวลต์ ดังรูปที่ 19 สำหรับกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะมีช่วงเวลาที่กระแสไหลผ่าน มีค่าเป็นบวก และมีค่าเป็นลบสลับกันภายในเวลา 1 วินาที โดยกระแสที่มีค่าเป็นบวก คือ กระแสที่ไหลจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์ ส่วนกระแสที่เป็นลบ คือ กระแสที่ไหลจากมอเตอร์มายังแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 20 สำหรับกำลังไฟฟ้า มีช่วงเวลาที่ เป็นบวก และมีค่าเป็นลบสลับกันภายในเวลา 1 วินาที เช่นเดียวกันกับกระแสไฟฟ้า ซึ่งช่วงเวลาที่กำลังไฟฟ้าเป็นลบ คือ ช่วงที่มีการคืนพลังงานกลับไปยังแบตเตอรี่ มีค่าสูงสุดถึง 35 กิโลวัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 21 ซึ่งจะเห็นว่าในโหมดคืนพลังงานนี้ กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสามารถไหลย้อนกลับไปยังแบตเตอรี่ได้



รูปที่ 19 แรงดันเอาต์พุตที่ติดตั้งเมื่อทดสอบในโหมดการคืนพลังงาน



รูปที่ 20 กระแสที่ตัวเหนี่ยวนำเมื่อทดสอบในโหมดการคืนพลังงาน



รูปที่ 21 พลังงานทดสอบในโหมดการคืนพลังงาน

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอการออกแบบวงจรดิจิทัลชีวสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่สามารถทำงานในโหมดขับเคลื่อนและทำงานในโหมดคืนพลังงาน เพื่อประยุกต์ใช้กับการขับเคลื่อนมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า และมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบเพื่อให้ใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ขนาด 48 โวลต์ ด้วยวงจรดิจิทัลชีวสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่สามารถจ่ายพลังงานไปยังมอเตอร์ เมื่อทำงานในโหมดขับเคลื่อน และจ่ายพลังงานกลับไปยังแบตเตอรี่ เมื่อทำงานในโหมดคืนพลังงานเป็นข้อดี ทำให้มีพลังงานไฟฟ้าใช้นานขึ้น มีระบบควบคุมแรงดันที่ดีขึ้นด้วยตัวควบคุมแบบพีโอสามารถควบคุมแรงดันได้ที่ 48 โวลต์ สอดคล้องกับค่าดีวีไอเฉลี่ย 75% ตามที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 1 และจากการออกแบบค่าแรงดันไฟฟ้าไว้ไม่เกิน 1 โวลต์ และค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 1 แอมป์ ผลการจำลองพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ จากการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตที่ดีขึ้นระหว่างไม่มีตัวควบคุมพีโอกับมีตัวควบคุมแบบพีโอพบว่า แบบที่มีการควบคุมแบบพีโอจะเกิดโอเวอร์ชhoot และเข้าสู่เซตพอยท์ได้เร็วกว่าโดยใช้เวลา 1 วินาที ขณะที่ไม่มีตัวควบคุมพีโอ จะไม่เกิดโอเวอร์ชhoot และใช้เวลาเข้าสู่เซตพอยท์ 1.8 วินาที ซ้ำกว่าแบบแรกถึง 0.8 วินาที นอกจากนี้ เมื่อทำการป้อนโหลดที่เวลาเท่ากัน การควบคุมแบบพีโอสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ ที่ดีไซส์เอาไว้ได้ ขณะที่ไม่มีตัวควบคุมพีโอ แรงดันที่ดีไซส์มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกันพบว่า ระบบที่มีการควบคุมแบบพีโอสามารถรักษาความเร็วได้ดีกว่า เมื่อโหลดเพิ่มขึ้นเท่ากัน ซึ่งเป็นข้อดีของการนำระบบควบคุมแบบพีโอเข้ามาใช้รักษาระดับแรงดันที่ดีไซส์ให้คงที่ แม้มีการเปลี่ยนแปลงของโหลดก็ตาม การทดสอบในโหมดคืนพลังงานพบว่าแรงดันของคาปาซิเตอร์ลดลงเป็นศูนย์อย่างรวดเร็ว ภายในเวลา 0.02 วินาที และเข้าสู่จุดเซตพอยท์ภายในเวลา 0.2 วินาที ส่วนกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำลดลงจนติดลบอย่างรวดเร็วสูงสุด 240 แอมป์ ภายในเวลา 0.02 วินาที ซึ่งเป็นช่วงกระแสไหลกลับเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ และยังมีส่วนที่กระแสไหลกลับอีกเล็กน้อยจนถึงเวลา 0.1 วินาที และเข้าสู่จุดเซตพอยท์ภายในเวลา 0.2 วินาที จากผลของแรงดันไฟฟ้าที่ดีไซส์ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายกลับไปยังแบตเตอรี่เมื่อทดสอบในโหมดคืนพลังงาน จากการออกแบบ การคำนวณ และการจำลองระบบที่นำเสนอ แสดงให้เห็นว่าสามารถนำวิธีดังกล่าวไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสร้างชุดทดสอบการทำงานจริงได้เป็นอย่างดี

7. ข้อเสนอแนะ

บทความนี้นำเสนอการคำนวณการออกแบบวงจรดิจิทัลชีวสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่สามารถทำงานในโหมดขับเคลื่อนและทำงานในโหมดคืนพลังงาน เพื่อประยุกต์ใช้กับการขับเคลื่อนมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าด้วยการจำลองการทำงานทั้งระบบด้วยโปรแกรม Matlab/Simulink การควบคุมวงจรชีวสคอนเวอร์เตอร์ด้วยตัวควบคุมแบบพีโอได้ถูกประเมินผลการทำงาน แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ จึงควรมีการพัฒนาต่อยอดด้านการเพิ่มระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย เพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรดิจิทัลชีวสคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางต่อระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ และควรทดสอบผลกระทบจากโหลดของมอเตอร์ที่มีต่อระบบการเบรกแบบคืนพลังงานด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hemasuk, K & Po-Ngam, S. (2017). The Simplified Regenerative Boost Converter for Electric Vehicle Applications. International Electrical Engineering Congress (iEECON) (1-4). Pattaya, Thailand.
- [2] Rahman, M. M., Uddin, M. N. & Islam, M. K.. (2015). Integration of Bi-Directional DC-DC Converter and Highly Efficient Boost Converter for Electric Vehicles Applications. IEEE 11th International Conference on Power Electronics and Drive Systems(687-691). Sydney, NSW, Australia.
- [3] Li, X., Zhang, W., Li, H., Xie, R. & D. Xu, D. (2011). Design and Control of Bi-Directional DC/DC Converter for 30kW Fuel Cell Power System. 8th International Conference on Power Electronics - ECCE Asia(1024-1030). Jeju, Korea (South).

- [4] Das, R. & UddinChowdhury, M. A. (2015). PI Controlled Bi-directional DC-DC Converter (BDDDC) and Highly Efficient Boost Converter for Electric Vehicles. 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)(1-5). Dhaka, Bangladesh.
- [5] Lee, Y., Khaligh, A. & Emadi, A. (2009) .Advanced Integrated Bidirectional AC/DC and DC/DC Converter for Plug-In Hybrid Electric Vehicles. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 58(8): 3970-3980.
- [6] Mehta, S., Mittal, H. & Venkatesan, N. (2014) .Design and Implementation of Intelligent Controller Based Boost Converter for Electric Vehicle Applications. IEEE Student Conference on Research and Development(1-6). Penang, Malaysia.
- [7] Anuja, N., & Harshal, S. (2014). Unipolar and Bipolar PWM Inverter. International Journal for Innovative Research in Science & Technology, 1(7): 237-243.
- [8] Azmi, S. A., Shukor, A. A. & Rahim, S. R. A. (2018) .Performance Evaluation of Single-Phase H-Bridge Inverter Using Selective Harmonic Elimination and Sinusoidal PWM Techniques. IEEE 7th International Conference on Power and Energy (PECon)(67-72). Kuala Lumpur, Malaysia.
- [9] Zhou, L.(2005). Evaluation and DSP Based Implementation of PWM Approaches for Single-Phase DC-AC Converters. (The degree of Master of Science, The florida state university famu-fsu college of engineering).

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน ของนักศึกษาการบินในประเทศไทย

ชนนนาถ เทพลิบ

ภาควิชาการบินพาณิชย์ สถาบันการบิน มหาวิทยาลัยรังสิต

Chanonnat Theplib

Commercial Pilot Aviation Institute Rangsit University

Chanonnat.t@rsu.ac.th

Received : April 29, 2022

Revised : June 21, 2022

Accepted : June 23, 2022

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมและสถานการณ์การสอบของนักศึกษาการบิน ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน และวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างเป็น นักศึกษาการบิน จำนวน 250 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า สภาพแวดล้อมและสถานการณ์การสอบของนักศึกษาการบินเต็มไปด้วยความอบอุ่น ความเห็นอกเห็นใจ และความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อกันและกัน ขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินในประเทศไทยมากที่สุด คือปัจจัยด้านการจิตใจของครูการบิน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินในประเทศไทย พบว่า ปัจจัยที่มีอำนาจในการทำนายความสำเร็จในการสอบได้ดีที่สุดคือ อายุ ชั้นปี และรายได้ ตามลำดับ

คำสำคัญ: นักศึกษาการบิน, ความสำเร็จ, เวชศาสตร์การบิน

Abstract

This research aimed to study the environment and exam situations of pilot students, including factors affecting the success of passing the criteria in aviation medicine and the relationship model between the value of factors affecting the success of aeronautical medicine examination criteria of pilot students in Thailand. The research participant was 250 pilot students. The researcher used a questionnaire as a research tool. The data were analyzed using descriptive statistics, including Frequency, Percentage, Mean, Standard Deviation, and Inferential statistics for Multiple regression analysis. Research analysis revealed that pilot students' environments and exam situations are full of warmth, compassion, and generosity towards each other. In comparison,

the most contributing factor to the success of aviation medicine students in Thailand was the motivation factor of flight instructors. In the aspect of relationship analysis among the values of factors affecting the passing of the aeromedical criteria of research respondents, the most potent factors predicting success in the test were age, year, and income, respectively.

Keyword: pilot student, achievement, aeronautical medicine

1. บทนำ

การจัดการศึกษาในสถาบันการบินทุกแห่งของประเทศไทยได้ยึดตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO: International Civil Aviation Organization) ซึ่งมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา ได้ก่อตั้งสำนักงานในประเทศไทยใช้เป็นสำนักงานประจำภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานระเบียบข้อบังคับสำหรับกิจกรรมการบินระหว่างประเทศ อีกทั้งใช้เกณฑ์มาตรฐานขององค์การบริหารการบินแห่งสหรัฐอเมริกา (FAA: Federal Aviation Administration) ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำแก่หน่วยงานด้านการบินพลเรือนของประเทศต่างๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรีเป็นการศึกษาเฉพาะทางที่ผลิตบุคลากรด้านการบินอย่างครบวงจร และจัดการเรียนการสอนตามเกณฑ์มาตรฐานสากลดังกล่าว เพื่อตอบสนองความต้องการทางวิชาชีพ โดยมีสมาชิกโครงการ TRAINAIR PLUS ทำการฝึกอบรมด้านการบินร่วมกับทางโรงเรียนการบินให้แก่ นักศึกษาการบิน (Student Pilots) และผู้เรียนวิชาชีพนักบินพาณิชย์ตรี (ภาคพื้นและภาคอากาศ) โดยผู้เรียนทุกคนต้องสอบผ่านเพื่อรับประกาศนียบัตรนักบินพาณิชย์ตรี (Commercial Pilot License: CPL) จากสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (กพท) (CAAT: The Civil Aviation Authority of Thailand) จึงจะสามารถไปสอบเข้าทำงานกับสายการบินพาณิชย์ทั้งในประเทศ และต่างประเทศได้ สำหรับผู้ที่เตรียมตัวไปเป็นนักศึกษาการบิน เพื่อฝึกทำการบินกับโรงเรียนการบิน ซึ่งเป็นคู่สัญญากับทางสถาบันการบินต่าง ๆ เช่น โรงเรียนการบินกรุงเทพ (BAC : Bangkok Aviation Center) ประกอบด้วย นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ของมหาวิทยาลัยรังสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ของมหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ (เอแบค) นักศึกษาการบินทุนสายการบิน และนักศึกษาการบินทุนส่วนตัว เป็นต้น (พิมพ์กานท์ โยธารมลิขิต, 2557)[1]

การจะเป็นนักบินพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพได้นั้น จำเป็นต้องมีสภาพร่างกายและจิตใจที่แข็งแรง โดยต้องผ่านการตรวจรับรองจากแพทย์เวชศาสตร์การบิน ซึ่งในขั้นแรกต้องผ่านเกณฑ์ Medical Class 2 (สภาพร่างกายที่ไม่ขัดต่อการบิน) ก่อนจึงจะเข้าไปเป็นนักศึกษาการบินได้ จากนั้นจึงเข้าฝึกทำการบินที่โรงเรียนการบินตามเกณฑ์ ที่เรียกว่า Medical Class 1 (สภาพร่างกายและจิตใจ ที่ไม่ขัดต่อการบิน) จะเป็นการวัดบุคลิกภาพภายใน การใช้เชาวน์ ปัญญา ไหวพริบ การแก้ปัญหา อุปสรรค การบริหารความเครียด และทัศนคติที่มีต่อการบิน ซึ่งนักศึกษาที่เข้ารับการตรวจกับแพทย์เวชศาสตร์การบิน จะมีทั้งผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ ทั้งประสบความสำเร็จและล้มเหลว หากการตรวจ Medical Class 1 ยังไม่ผ่าน จะอนุญาตให้มีการทดสอบซ้ำได้ทุกช่วง 6 เดือน เนื่องจากเป็นเกณฑ์ที่จะผ่านได้ยาก สำหรับนักศึกษาที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ จะได้รับการอนุโลมให้เข้าเรียนเป็นนักศึกษาการบิน ฝึกการบินที่ศูนย์ฝึกการบินและโรงเรียนการบิน โดยให้ผ่านเกณฑ์ Medical Class 2 เพียงอย่างเดียวก่อนได้ ทั้งนี้ศิษย์การบินจะต้องมีบุคลิกภาพ เชาวน์ ปัญญา ไหวพริบ สภาพร่างกายและ จิตใจที่ครบสมบูรณ์ นอกจากนี้จำเป็นต้องมีชั่วโมงการบินประมาณ 200 ชั่วโมงบิน ในฐานะศิษย์การบิน จึงจะได้สิทธิ์ไปสอบเพื่อรับประกาศนียบัตรนักบินพาณิชย์ตรี ที่เรียกว่า CPL : Commercial Pilot License เพื่อสามารถขึ้นทำการบิน และนำไปใช้ประกอบอาชีพนักบินพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่า การพัฒนามาตรฐานของนักศึกษาการบิน จึงมีความสำคัญมาก (ศุภกฤต และศราทิพย์, 2559) [2] ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ พล.อ.ต.นิรันดร์ พิเศษ ผู้อำนวยการสถาบันเวชศาสตร์การบิน กองทัพอากาศ ที่กล่าวว่า “การอนุมัติ อนุญาตให้นักบินทั้งภาคพลเรือนและของกองทัพอากาศไทย ก่อนขึ้นไปทำการบินได้นั้น

มีขั้นตอนสำคัญที่ยิ่งกว่าการเรียนรู้วิธีการบิน คือ เรื่อง เวชศาสตร์การบินที่ครอบคลุมถึง การตรวจความพร้อมทั้งสภาพร่างกาย จิตใจ ของผู้ปฏิบัติหน้าที่การบินทุกคน เวลาที่นักบินหรือผู้ทำการในอากาศต้องทำงานในพื้นที่ที่มีความสูงจากพื้นดินมาก จะมีการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย คือ มีภาวะ Hypoxia คือร่างกายมีจำนวนของออกซิเจนลดลง การขึ้นที่สูงจะทำให้เกิดแก๊สในช่องว่างต่างๆ ของร่างกายจะขยายตัว เพราะความกดดันชั้นบรรยากาศจะลดลงฉะนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ ซึ่งมีความสำคัญต่อความปลอดภัยทั้งชีวิตของนักบิน และผู้โดยสาร” (คณินทร์ สุพิริยะนันท์ และ รัตพงษ์ สอนสุภาพ, 2557)[3]

สิ่งที่ต้องการพัฒนานักศึกษาการบินหลังจากการผ่านหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี (คณินทร์ สุพิริยะนันท์ และ รัตพงษ์ สอนสุภาพ, 2557) [3] ได้แก่

- การพัฒนาพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ให้มีความพร้อมตั้งแต่ในระดับของการรู้ (Knowledge) เข้าใจ (Comprehension) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดหรือพัฒนาสติปัญญาในระดับต้นถึงระดับกลาง จนถึงระดับของการวิเคราะห์ (Analysis) สังเคราะห์ (Synthesis) และประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถทางด้านสติปัญญา ไหวพริบในการคิดแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการบิน เป็นการบูรณาการความรู้ (Knowledge integration) โดยมีความเข้าใจในศาสตร์ด้านการบินอย่างถ่องแท้

- การพัฒนาทักษะประสาทสัมผัส (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย คือ ความสามารถด้านการเคลื่อนไหว (Movement) เช่น การวิ่ง การกระโดด การเดิน ความสามารถในการรับรู้ (Perceptual abilities) ด้านการเห็น การได้ยิน ประสาทสัมผัส รวมถึงสมรรถภาพทางกาย (Physical abilities) การแสดงออกทางการสื่อสาร เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมบังคับเครื่องบิน

- การพัฒนาด้านจิตพิสัย (Affective Domain) หมายถึง พฤติกรรมด้านความรู้สึก อารมณ์ จิตใจ เช่น ความเชื่อ ความศรัทธา ทศนคติ ค่านิยม คุณค่าทางการบิน ที่หมายถึง คุณลักษณะภายในจิตใจที่เหมาะสมต่อการเป็นนักบิน ได้แก่ การมีทัศนคติที่ดี มีการตัดสินใจที่ดี สุขุม รอบคอบ ไม่มีนิสัยชอบเสี่ยงโดยไม่จำเป็น มีความกระตือรือร้น ขยันหมั่นเพียร ทำงานภายใต้ความกดดันได้ดี มีมนุษยสัมพันธ์ ตลอดจนมีแรงจูงใจในการบิน ซึ่งจะส่งอิทธิพลต่อกระบวนการคิด และการตัดสินใจ

- การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินมีความสำคัญสูงสุดสำหรับนักศึกษาการบินทุกคน ที่จะต้องได้รับการตรวจ Medical Class 1 (สภาพร่างกายและจิตใจที่ไม่ขัดต่อการบิน) และ Medical Class 2 (สภาพร่างกายที่ไม่ขัดต่อการบิน) ตามหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรีจำเป็นต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบให้ครบทั้ง 2 ด้าน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Medical Class 1 คือ การสอบด้านตรรกะการคำนวณ รวมถึงการกระจายความสามารถในการทำสิ่งต่าง ๆ พร้อมกันได้ อย่างถูกต้อง เช่น การเดินจุด การให้คูณเลข และให้จดจำข้อมูล รวมทั้งประเมินบุคลิกภาพ เชาวิน ปัญญา ไหวพริบ การแก้ปัญหา สภาพจิตใจ (ที่ไม่ขัดต่อการบิน) ทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อการบิน การบริหารความเครียด เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเป็นศิษย์การบิน โดยยึดตามมาตรฐานของ ICAO และ FAA (สถาบันการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, 2560) [4]

Medical Class 2 คือ การตรวจร่างกายเพื่อดูภาพรวมของร่างกาย จะดูว่ามีความพร้อมต่อการบินหรือไม่ และร่างกายสามารถทนทานสภาพแวดล้อมที่ต่างจากระดับพื้นโลกได้มากแค่ไหน โดยวัดค่าต่าง ๆ ในเลือดและปัสสาวะ เช่น ภาวะในเลือด การติดเชื้อ การทำงานของตับ ไต การดูดซึมสารอาหารในร่างกาย และตรวจเช็กโรคติดต่อ เช่น ซิฟิลิส วัณโรค และ HIV การตรวจเอกซเรย์ปอด กระบังลม หลอดลมและความผิดปกติในร่างกาย ตรวจการได้ยิน ตรวจสภาพของดวงตาด้วย Slit lamp ตรวจความดันลูกตา และตรวจสภาพการมองเห็น การตรวจตาบอดสี (อิชิฮาร่า) ตรวจลานสายตา (Vision field) จุดรวมสายตา (Point of convergence) ตรวจตาเหล่ (Exophoria) การกะระยะความลึก (Depth perception) ตรวจฟัน ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ EKG เป็นการตรวจเพื่อดูความเสี่ยงของโรค ตรวจการหายใจ ความจุปอดและทดสอบความแข็งแรงของปอด เป็นต้น (สถาบันการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, 2560) [4]

จากการสำรวจจำนวนนักศึกษาการบินที่ผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์ Medical Class 1, 2 จากสถาบันการบิน และ โรงเรียนการบิน รวมทั้งสิ้น 8 แห่ง พบว่า มีจำนวนนักศึกษาการบินที่ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 63.91 ได้แก่ (1) โรงเรียน

การบินกรุงเทพ (BAC: Bangkok Aviation Center) จำนวนนักศึกษา 225 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 81.25 (2) ศูนย์ฝึกการบิน สถาบันการบินพลเรือน (CATC: Civil Aviation Training Center) จำนวนนักศึกษา 42 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 81.25 (3) โรงเรียนการบินกำแพงแสน กองทัพอากาศ จำนวนนักศึกษา 60 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 75 (4) โรงเรียนการบินขอนแก่น TAC: Thai Aviation Center) จำนวนนักศึกษา 8 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 25 (5) โรงเรียนการบินร้อยเอ็ด TAA: Thai Aviation Academy) จำนวนนักศึกษา 14 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 80 (6) โรงเรียนการบินชุมพร AAA: Asia Aviation Academy) จำนวนนักศึกษา 36 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 50 (7) โรงเรียนการบินศรีราชา (SAS: SRIRACHA AVIATION ACADEMY) จำนวนนักศึกษา 15 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 40 (8) โรงเรียนการบินพิษณุโลก TIF: Thai Inter Flying) จำนวนนักศึกษา 21 คน ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 90 (สถาบันการบินและโรงเรียนการบิน, 2563) [5]

จากสถิติที่ทำการสำรวจการผ่านเกณฑ์ตรวจวัด จึงสรุปได้ว่า ประเด็นปัญหาสำคัญของจำนวนนักศึกษการบินที่ผ่านเกณฑ์ตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน จากสถาบันการบินและโรงเรียนการบินทั่วประเทศไทย ทั้งสิ้น 8 แห่ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 63.91 แสดงให้เห็นถึงการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินยังผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับดี ซึ่งต้องมากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป (สถาบันการบินและโรงเรียนการบิน, 2563) [5] ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาวิจัย เรื่อง “ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษการบินในประเทศไทย” เพื่อศึกษาถึงสภาพแวดล้อมและสถานการณ์การสอบของนักศึกษการบิน ว่า ความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินมากน้อยเพียงใด เพื่อทดสอบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของประเทศไทย และวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จและความล้มเหลวในการผ่านเกณฑ์ตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษการบินในประเทศไทย ซึ่งข้อค้นพบจากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษการบิน ให้ได้นำปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ไปใช้พัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสถาบันการบินได้นำผลการวิจัยไปใช้ปรับปรุง และส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนให้แก่ นักศึกษการบิน และเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยให้แก่วงการศึกษาด้านวิชาการด้านการบิน และสถาบันที่เกี่ยวข้องได้นำปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ไปใช้จัดทำหลักสูตรที่ตอบสนองความแตกต่างของนักศึกษการบินให้มีพัฒนาการที่ดี มีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง

2. ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตวิจัย ดังนี้

2.1 ขอบเขตด้านตัวแปร ผู้วิจัยได้ค้นคว้า รวบรวมผลงานวิจัย วารสารทั้งในประเทศและต่างประเทศ เอกสารทางวิชาการ นำมาใช้กำหนดตัวแปรการวิจัย ตามกรอบแนวคิด ดังนี้

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ประกอบด้วย ปัจจัยด้านร่างกาย (Physical Health) ปัจจัยด้านจิตใจ (Mental Health) ปัจจัยด้านการดูแลสุขภาพของครูฝึกการบิน ปัจจัยพฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษการบิน ปัจจัยจำนวนครั้งที่เข้ารับการตรวจวัด Medical Class 1 และ Class 2 ปัจจัยประเภทของหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี และปัจจัยด้านสถาบันการบิน

ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ผลสำเร็จหรือล้มเหลวของนักศึกษการบินที่เข้าตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินจากการผ่านการทดสอบ Medical Class 1 และ 2

2.2 ขอบเขตด้านระยะเวลา กำหนดการใช้ระยะเวลาเก็บข้อมูลเชิงปริมาณตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2563 ถึง มกราคม 2564

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในทุกระบบของการศึกษาจะประกอบไปด้วยระบบการทดสอบ โดยใช้วิธีการประเมินความสามารถและคุณภาพของผู้เรียนด้วยการให้คะแนนหรือเกรด (Ahmed, 1993) [5] ดังนั้นการทดสอบความสามารถของผู้เรียนจึงเป็นการค้นหามาตรฐานทางการเรียนรู้ และมาตรฐานความรู้ให้ตรงตามที่สถาบันเวชศาสตร์การบินต้องการ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

3.1 ปัจจัยด้านร่างกาย (Physical Health) โดยการศึกษาการจัดกิจกรรมทางด้านกายภาพ (Physical Activity: PA) มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาความสามารถของนักศึกษาการบิน โดย Lee et al., 2012; [6] Rhodes, et al., (2017) [7] ค้นพบว่ากิจกรรมทางด้านกายภาพได้รับความเชื่อถือว่า มีความเชื่อมโยงทั้งทางด้านร่างกายและด้าน อาทิเช่น การจัดกิจกรรมผ่อนคลายระหว่างการเรียนรู้ใน โรงเรียนการบิน มีผลต่อการช่วยผ่อนคลายสมอง (Brain breaks) ของนักศึกษาการบิน โดยจัดเป็นชั่วโมงบริหารร่างกายใช้เวลาเพียงช่วงสั้น 5-7 นาที ซึ่งกิจกรรมได้รับการยอมรับจากครูการบินว่าเป็นประโยชน์ต่อศิษย์การบินมากถึงร้อยละ 86 และช่วยปรับให้ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อการเรียนมากขึ้นถึงร้อยละ 91 จึงได้นำวิธีดังกล่าวไปจัดเสริมพื้นฐานในระดับโรงเรียน (Perera, T. et al., 2015) [8]

สรุปได้ว่าการตรวจร่างกายของนักศึกษาการบิน เป็นการตรวจการพัฒนาศักยภาพของนักศึกษาการบินว่ามีความพร้อมของร่างกาย เพื่อความปลอดภัยของทั้งผู้ปฏิบัติงานในอากาศ และผู้โดยสาร ซึ่งความพร้อมในด้านร่างกายจะใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกบุคคลเข้ามาทำการบิน ซึ่งการคัดเลือกดังกล่าวจะช่วยลดอุบัติเหตุ และงบประมาณด้านสาธารณสุขได้อีกทางหนึ่ง

3.2 ปัจจัยด้านจิตใจ (Mental Health) โดยการศึกษา ทฤษฎีบุคลิกภาพที่เกี่ยวกับลักษณะนิสัย (Trait Theories) โดย Allport G.W., (1937) [9] ได้เน้นคุณลักษณะพิเศษของบุคคลที่มองเห็นได้ชัด ซึ่งบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป จะมีบุคลิกภาพที่ไม่เหมือนกัน (Common Traits) เช่น ลักษณะเฉพาะคนเกี่ยวกับอารมณ์ จะแสดงออกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ทักษะ พฤติกรรมของบุคคลจะแสดงออกในสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป (McCrae & Costa, 1989) [10] อย่างไรก็ตามบุคลิกภาพของบุคคลสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ ตามวัยที่สามารถปรุงแต่งให้ดีขึ้นได้ Costa & McCrae (1992) [11] ได้กล่าวว่า มนุษย์ทุกคนมีโครงสร้างบุคลิกภาพพื้นฐานที่เหมือนกัน คือ ด้านอารมณ์ ความรู้สึก การเข้าสังคม การเปิดเผยตนเอง ความเห็นพ้องยินยอม และความรู้สึกลึกซึ้ง

สรุปได้ว่าปัจจัยด้านจิตใจที่เหมาะสมต่อการเป็นนักบิน ได้แก่ การมีทัศนคติที่ดี มีการตัดสินใจที่ดี สุขุมรอบคอบ ไม่มีนิสัยชอบเสี่ยงโดยไม่จำเป็น มีความกระตือรือร้น ขยันหมั่นเพียร สามารถทำงานภายใต้ความกดดันได้มีมนุษยสัมพันธ์ ตลอดจนมีแรงจูงใจในการบิน ซึ่งภาวะทางด้านจิตใจที่กล่าวมาข้างต้นจะส่งผลต่อความปลอดภัยด้านการบินโดยตรง ซึ่งผู้ที่เข้ารับการฝึกบินจะได้รับการพัฒนาทักษะด้านจิตใจ ในหลักสูตรด้านการบินที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาจิตใจ และเป็นผู้มีคุณสมบัติพึงประสงค์ทางวิชาชีพด้านการบิน (McCrae & Costa, 1989) [10]

3.3 การจูงใจของครูการบิน (Instructor's Motivation) โดยการศึกษาการจูงใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการและความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ โดยกลวิธีที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจทั้งภายในและภายนอก เพื่อมุ่งไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้นั้น สามารถทำได้โดยทำให้ผู้เรียนเชื่อมั่นว่าครูมีสมรรถภาพที่จะสอนให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จได้ ดังนั้นครูต้องมีความใส่ใจต่อความต้องการของผู้เรียน ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มของผู้เรียนในหลากหลายลักษณะ เพื่อให้ผู้เรียนนำลักษณะการเรียนรู้มาใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ (Ryan & Deci, 2000) [12]

สรุปได้ว่าการผลิตนักบินที่มีคุณภาพมาตรฐาน เป็นที่ยอมรับในวงการ ทำให้นักบินเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมการบินจะต้องการการฝึกฝนอย่างหนัก ครูเป็นบุคคลสำคัญในการจูงใจเพื่อให้ นักศึกษาการบินสามารถฝึกการบินได้จนจบหลักสูตร ซึ่งครูนั้นจะต้องใช้แรงจูงใจเป็นอย่างมากในการฝึกเพื่อผลิตบุคลากรนักบินให้เพียงพอต่อการขยายฝูงบินในอนาคต

3.4 พฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษาการบิน (Students Pilot's Adjustment) โดยการศึกษาการปรับตัวเพื่อเข้ากับการเปลี่ยนแปลงเป็นคุณสมบัติหนึ่งของบัณฑิตใหม่ที่องค์กรต่าง ๆ ต้องการให้มี เพื่อสามารถปฏิบัติงานให้กับองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ การปรับตัวในการทำงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการเป็นนักศึกษาการบินที่กำลังจะเตรียมพร้อมเข้าเป็นพนักงานของสายการบินต่าง ๆ ดังนั้นการปรับตัวของนักศึกษาในการฝึกบินจะต้องเป็นความรู้สึกสบาย หรือความผ่อนคลายของบุคคลกับความหลากหลายที่เผชิญภายใต้สภาพแวดล้อมใหม่ๆ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นในประเด็น ได้แก่ การปรับตัวเข้ากับการปรับตัวเข้ากับกฎและสภาพแวดล้อมที่ปฏิบัติ และการปรับตัวเข้ากับเพื่อน ซึ่งจะช่วยให้ นักศึกษาการบินสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความคาดหวังขององค์กร (กล้าหาญ ณ น่าน, 2557) [13] ซึ่งการปรับตัวของนักศึกษาการบิน สามารถเกิดขึ้นใน 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การปรับตัวเข้ากับการทำงาน (Arkoff, 1968) [14] (2) การปรับตัวเข้ากับกฎ และสภาพแวดล้อมที่ปฏิบัติ (Black and Gregersin, 1991) [15] และ (3) การปรับตัวเข้ากับเพื่อน (Roy and Andrew, 1991) [16] ซึ่งจะช่วยให้ นักศึกษาการบิน สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความคาดหวังขององค์กร พฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษาการบินจึงเป็นประเด็นสำคัญซึ่งสถาบันเวชศาสตร์การบิน ให้ความสนใจอย่างมาก หากนักศึกษาการบินสามารถปรับพฤติกรรมได้เร็วก็จะส่งผลให้สามารถปฏิบัติงานได้ตามที่องค์กรกำหนด

สรุปได้ว่าพฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษาการบินจะปรับตัว เมื่อต้องประสบความสำเร็จ ดังนั้นการปรับตัวของนักศึกษาในการฝึกบินจะต้องเป็นความรู้สึกสบาย หรือความผ่อนคลายของบุคคลกับความหลากหลายที่เผชิญภายใต้สภาพแวดล้อมใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้นขณะศึกษา

3.5 จำนวนครั้งที่เข้ารับการตรวจ (Frequency of examination) โดยการศึกษาปัจจัยจำนวนครั้งของการเข้ารับการตรวจวัด จำนวนความถี่ที่นักศึกษาการบินเข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์การบินด้านร่างกายและจิตใจ แยกเป็น Medical Class 1 และ Medical Class 2 โดยจำแนกเป็นจำนวนครั้งที่สอบ ตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด แบ่งเป็น 5 ลำดับ ได้แก่ 1-3 ครั้ง 4-6 ครั้ง 7-9 ครั้ง 10-12 ครั้ง และมากกว่า 12 ครั้งขึ้นไป นำมาพิจารณาว่า ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินมากน้อยเพียงใด (ชนนนาถ เทพลิบ, 2563) [17]

จึงสามารถสรุปได้ว่าจำนวนครั้งที่เข้ารับการตรวจร่างกายและจิตใจของนักศึกษาการบินจะต้องทำงานทดสอบหลายครั้ง เพื่อตรวจสอบภาวะจิตใจในแต่ละครั้ง เนื่องจากเกณฑ์ดังกล่าวส่งผลต่อการทำอาชีพนักบินในอนาคตต่อไป

3.6 ประเภทของหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี (CPI with IR and ME) โดยการศึกษาหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี มุ่งหวังให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้พื้นฐานทางด้านการบิน ตลอดจนมีทักษะ ความชำนาญในการทำการบิน มุ่งเน้นปลูกฝังการเป็นนักบินที่ดี ทั้งในด้านของความรู้และวินัย หลักสูตรนี้จะประกอบด้วยการบินแบบเดินทางระยะไกล การบินในเวลา กลางคืน การบินด้วยเครื่องวัดประกอบการบิน และการบินด้วยเครื่องบิน หลายเครื่องยนต์ จนมีความสามารถในการประกอบอาชีพนักบินได้ หลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี (Commercial Pilot License with Multi-engine and Instrument Rating) จึงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ (ชนนนาถ เทพลิบ, 2563) [17]

3.6.1 หลักสูตรสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีประสบการณ์ด้านการบิน (Full Package Commercial Pilot License with Multi-engine & Instrument Rating) คือ FAA Part 141, FAA Part 141/61 Combined

3.6.2 หลักสูตรสำหรับนักบินที่มีชั่วโมงบิน และ Requirements บางอย่าง แต่ยังไม่มียใบอนุญาตนักบินพาณิชย์ตรี (Commercial Part Only in Commercial Pilot License with Multi-engine and Instrument Rating)

3.6.3 หลักสูตรสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีประสบการณ์ด้านการบินมาก่อน เพื่อให้ได้ใบอนุญาตนักบินส่วนบุคคล (Private Pilot License)

จึงสามารถสรุปได้ว่าหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรีแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ หลักสูตรสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีประสบการณ์ด้านการบิน หลักสูตรสำหรับนักบินที่มีชั่วโมงบิน และ Requirements บางอย่าง และหลักสูตรสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีประสบการณ์ด้านการบินมาก่อน

3.7 ปัจจัยด้านสถาบันการบิน (Aviation Institutes) โดยการศึกษาสถาบันเวชศาสตร์การบินที่มีความเหมาะสมกับอาชีพนักบินพาณิชย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากสถาบันการบินต้องเป็นสถานที่อบรมสั่งสอนและส่งเสริมให้นักศึกษาการบินมีพฤติกรรมที่ดี โดยสถาบันการบินจะต้องสามารถผลิตนักบินตามมาตรฐานของสถาบันการบินที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ ครูฝึกจึงต้องมีความกระตือรือร้น ขยัน มีทักษะในการบินดีผ่านการประเมินตามมาตรฐานของสายการบิน และเสริมให้นักศึกษาการบินมีพฤติกรรมที่มีความสำเร็จต่อการเป็นนักบินที่ดีในอนาคต (พิมพ์เกานท์ โยธธรรมสิทธิ์, 2557) [1] อีกทั้งสถาบันเวชศาสตร์การบินยังต้องมีการปรับทัศนคติของนักศึกษาการบินให้มีการวางตัวที่เหมาะสม มีการตัดสินใจในการบิน ปฏิบัติการบินเป็นไปตามคู่มือการทำงานบนพื้นฐานความปลอดภัย และปฏิบัติตามนโยบายของบริษัทได้เป็นอย่างดี มีน้ำใจช่วยเหลืองานองค์กร แต่งกายถูกต้องตามระเบียบของบริษัท สามารถให้นักเรียนการบินที่ศึกษาอยู่เป็นตัวอย่างที่ดีแก่นักบินรุ่นใหม่ได้ (สถาบันเวชศาสตร์การบิน, 2563) [18]

สรุปได้ว่าสถาบันการบินเป็นหนึ่งในเหตุผลที่นักบินจะผ่านการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินเนื่องจากการอบรมสั่งสอนที่ดีจากสถาบันการบินจะส่งเสริมให้นักศึกษาการบินมีพฤติกรรมที่มีความสำเร็จต่อการเป็นนักบินที่ดีในอนาคต (สถาบันเวชศาสตร์การบิน, 2563) [18]

4. การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเรื่อง "ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินในประเทศไทย" เป็นการวิจัยเชิงผสม (Mixed Method Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 เชิงปริมาณ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาการบินที่เข้าเรียนตามหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรีจากสถาบันการบินมหาวิทยาลัยรังสิต/โรงเรียนการบินในประเทศไทย และเคยเข้ารับการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง จำนวน 8 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนการบินกรุงเทพ, ศูนย์ฝึกการบินสถาบันการบินพลเรือน/โรงเรียนการบินกำแพงแสน กองทัพอากาศ, โรงเรียนการบินขอนแก่น, โรงเรียนการบินร้อยเอ็ด, โรงเรียนการบินชุมพร, โรงเรียนการบินศรีราชา และโรงเรียนการบินพิษณุโลก ปีการศึกษา 2563 จำนวน 421 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาการบิน ปีการศึกษา 2563 จำนวน 421 คน ได้มาโดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้ตารางสำเร็จรูปของ ทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1973; อ้างใน สิทธิเดช เหมืองสิน, 2557) [19] เป็นตารางที่ใช้หาขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อประมาณค่าสัดส่วนของประชากร โดยคาดว่าสัดส่วนของลักษณะที่สนใจในประชากรเท่ากับ 0.5 และระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และทราบคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม รวมทั้งจำนวนที่ต้องการ จึงใช้วิธีการคัดเลือกแบบกำหนดโควต้า (Quota Selection) เป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการกำหนดสัดส่วนของนักศึกษาการบินแต่ละกลุ่ม ตามจำนวนรวมของนักศึกษาการบินของแต่ละสถาบันการบินแล้วจึงเลือกตัวอย่างที่มีลักษณะดังกล่าวให้ครบตามจำนวนที่กำหนดให้เท่านั้น

สำหรับสถาบันการบินที่มีจำนวนนักศึกษาน้อยกว่า 30 คน จะเก็บข้อมูลจากนักศึกษาที่มีอยู่ทุกคน ได้แก่ โรงเรียนการบินขอนแก่น ศรีราชา ร้อยเอ็ด และพิษณุโลก ซึ่งจะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 250 ตัวอย่าง ทำให้มีจำนวน

กลุ่มตัวอย่างที่ความครอบคลุมและเพียงพอ เมื่อได้จำนวนตัวอย่างแต่ละสถาบันการบินแล้วจะเลือกตัวอย่างด้วยการเลือกแบบบังเอิญ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามให้ครบตามจำนวนที่สุ่มไว้ (วิรินดา บุญวงศ์วรรณ, 2561) [20]

4.1.2 เชิงคุณภาพ

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญในครั้งนี้นี้คือ นักศึกษาการบินในประเทศไทย นักศึกษาการบินที่เข้าเรียนตามหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี ปีการศึกษา 2563 จำนวน 16 คน โดยเลือกตัวแทนนักศึกษาการบิน ตามหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรีจากสถาบันการบินพลเรือน มหาวิทยาลัยรังสิต/ โรงเรียนการบินในประเทศไทย และเคยเข้ารับการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง โรงเรียนละ 2 คน จำนวน 8 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนการบินกรุงเทพ, ศูนย์ฝึกการบินสถาบันการบินพลเรือน, โรงเรียนการบินกำแพงแสน กองทัพอากาศ, โรงเรียนการบินขอนแก่น, โรงเรียนการบินร้อยเอ็ด, โรงเรียนการบินชุมพร, โรงเรียนการบินศรีราชา และโรงเรียนการบินพิษณุโลก

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 เชิงปริมาณ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการศึกษาจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม มีลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา นักศึกษาการบินอยู่ในระดับชั้นปี รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ส่วนที่ 2 บัณฑิตที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินในประเทศไทย มีลักษณะแบบสอบถามเป็น Rating Scale จำนวน 27 ข้อ ประกอบด้วย

ปัจจัยด้านร่างกายของนักศึกษาการบิน จำนวน 5 ข้อ ได้แก่

- 1) ท่านมีความแข็งแรงสมบูรณ์ของร่างกาย (Prasetyo, et. al., 2020) [21]
- 2) ท่านสามารถในการทำสิ่งต่าง ๆ พร้อมกันได้เป็นอย่างดี (Ong, et. al., 2021) [22]
- 3) ท่านสามารถทนทานสภาพแวดล้อมที่ต่างจากระดับพื้นโลกได้ (Perera, T. et al., 2015) [8]
- 4) ท่านบริหารความเครียดได้ดี (Rhodes, et al, 2017) [7]
- 5) ท่านสามารถพัฒนาความสามารถของการเป็นนักศึกษาการบินให้ดีขึ้นได้ (Rhodes, et al, 2017) [7]

ปัจจัยด้านจิตใจของนักศึกษาการบิน จำนวน 5 ข้อ

- 1) ท่านมีการจัดกิจกรรมผ่อนคลายระหว่างการเรียนรู้ในโรงเรียนการบิน (Ong, et. al., 2021) [22]
- 2) ท่านสามารถแก้ไขปัญหาที่อยู่ตรงหน้าได้ทันที (Prasetyo, et. al., 2020) [21]
- 3) ท่านใช้การคิดวิเคราะห์ ก่อนการตัดสินใจในทุกเรื่อง (Ong, et. al., 2021) [22]
- 4) ท่านมีการประเมินความเสี่ยง ในการปฏิบัติงาน (Perera, T. et al., 2015) [8]
- 5) ท่านมีการสื่อสารที่ระบุจุดประสงค์หลักในการทำงานได้อย่างชัดเจน (Perera, T. et al., 2015) [8]

ปัจจัยด้านการงูใจของครูการบิน จำนวน 5 ข้อ

- 1) ครูการบินของท่านมีศักยภาพในการบินหลายครั้ง (Prasetyo, et. al., 2020) [21]
- 2) ครูการบินของท่านทำการสอนโดยการปฏิบัติการบินให้ดูจริง (Perera, T. et al., 2015) [8]
- 3) ครูการบินของท่านจะคอยเข้าสังเกตการณ์การฝึกบินของท่านเสมอ (Ong, et. al., 2021) [22]
- 4) ครูฝึกบินคอยให้คำแนะนำการบินที่ถูกต้องอยู่เสมอ (Perera, T. et al., 2015) [8]
- 5) ครูการบินช่วยปรับให้ท่านเกิดความสนใจต่อการเรียนมากขึ้น (Prasetyo, et. al., 2020) [21]

ปัจจัยด้านพฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษาการบิน จำนวน 5 ข้อ

- 1) ท่านใส่ใจการเข้าฝึกบินกับเครื่องบินจำลอง (Rhodes, et al,2017) [7]
- 2) ท่านทำการบินอย่างสม่ำเสมอ (Perera, T. et al.,2015) [8]
- 3) ท่านสามารถทำงานภายใต้ความกดดันได้ (Prasetyo, et. al., 2020) [21]
- 4) ท่านยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนนักศึกษาการบิน (Ong, et. al., 2021) [22]
- 5) ท่านมีความกระตือรือร้น ขยันหมั่นเพียรกับการฝึกบิน (Perera, T. et al.,2015) [8]

จำนวนครั้งที่เข้ารับการตรวจทางเวชศาสตร์การบินด้านร่างกายและจิตใจ จำนวน 1 ข้อ

ประเภทของหลักสูตรนักบินพาณิชย์ตรี จำนวน 1 ข้อ (Perera, T. et al.,2015) [8]

ปัจจัยด้านสถาบันการบิน จำนวน 5 ข้อ

- 1) สถาบันมีหลักสูตรตามที่ท่านต้องการเรียน (Ong, et. al., 2021) [22]
- 2) หลักสูตรที่สถาบันสอนสามารถนำไปต่อขอการเป็นนักบินมืออาชีพได้ (Perera, T. et al.,2015) [8]
- 3) ค่าใช้จ่ายในการเรียนไม่สูงมากนัก (Perera, T. et al.,2015)
- 4) มีสายการบินรองรับ (Ong, et. al., 2021) [22]
- 5) หลักสูตรผ่านการประเมินตามมาตรฐานของสายการบินและสำนักงานการบินพลเรือน (Prasetyo, et. al., 2020) [21]

ซึ่งแบบสอบถามส่วนที่ 2 5 ระดับ (Rating Scale) อ้างอิงใน ธนศักดิ์ เจริญธรรม (2561) [23] คือ

$$\frac{5-1}{5} = 0.80$$

มากที่สุด	ให้ค่าน้ำหนัก 5 คะแนน
มาก	ให้ค่าน้ำหนัก 4 คะแนน
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนัก 3 คะแนน
น้อย	ให้ค่าน้ำหนัก 2 คะแนน
น้อยที่สุด	ให้ค่าน้ำหนัก 1 คะแนน

การแปลผลค่าคะแนน แปลผลโดยถือตามเกณฑ์คะแนนเฉลี่ย โดยใช้สูตรอัตราภาคั่น ธนศักดิ์ เจริญธรรม (2561) [23]

$$\frac{5-1}{5} = 0.80$$

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.80	หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ย 1.81 – 2.60	หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 2.61 – 3.40	หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 3.41 – 4.20	หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 4.21 – 5.00	หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด

ส่วนที่ 3 ผลการผ่านเกณฑ์ มีลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 1 ข้อ

จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบข้อมูลด้านเนื้อหาว่าสอดคล้องกับหัวข้อวิจัย และวัตถุประสงค์ ตลอดจนกรอบแนวคิดที่กำหนดหรือไม่ จากนั้นนำมาคำนวณค่าโดยวิธี (Item Objective Congruence Index: IOC) เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ความชัดเจนของข้อคำถามและประเด็นคำถาม โดยสามารถวัดสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการได้ตามวัตถุประสงค์

4.2.2 เชิงคุณภาพ

แบบสัมภาษณ์ป้อนข้อมูลที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การbinของนักศึกษาการbinในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์ปลายเปิดเกี่ยวกับความสำเร็จและความล้มเหลวในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การbin

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3.1 เชิงปริมาณ

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเลือกวิธีสุ่มวิธีการคัดเลือกแบบกำหนดโควตา (Quota Selection) เป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการกำหนดสัดส่วนของนักศึกษาการbinแต่ละกลุ่มตามจำนวนรวมของนักศึกษาการbinของแต่ละสถาบันการbin เมื่อผู้วิจัยเก็บแบบสอบถามครบตามจำนวนพร้อมตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของแบบสอบถาม และรวบรวมแบบสอบถามมาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

4.3.2 เชิงคุณภาพ

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการนำข้อมูลตัวบทกฎหมายที่ยังไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลโดยตรงโดยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสัมภาษณ์ จำนวน 10 คน และเอกสารที่มีการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงและก่อเกิดประโยชน์ รวมถึงบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.4.1 เชิงปริมาณ

“ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การbinของนักศึกษาการbinในประเทศไทย” และอธิบายโดยใช้สถิติ ดังนี้

4.4.1.1 เชิงพรรณนา (descriptive statistic) ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.4.1.2 สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistic) ประกอบด้วย Multiple Regression แบบ Enter

4.4.2 เชิงคุณภาพ

การวิจัยเชิงคุณภาพ (แบบสัมภาษณ์) เน้นการบรรยายเป็นหลัก และการสังเกตโดยตรง (Direct Observation) โดยเก็บข้อมูลจากบุคคลที่ได้เลือกสรรมาอย่างดีแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อช่วยเสริมงานวิจัยเพราะเป็นคำตอบที่ค่อนข้างชัดเจน และหนักแน่น การสังเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย ดำเนินการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) มีขั้นตอน ดังนี้

4.4.2.1 การจัดแฟ้ม แยกแยะ และจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้

4.4.2.2 การนำข้อมูลที่ได้มาจัดหมวดหมู่ของข้อมูล

4.4.2.3 นำข้อมูลที่ได้จากการถอดเทป และการบันทึกภาคสนามมาอ่านหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในภาพรวมของข้อมูลที่ได้ และพิจารณาประเด็นที่สำคัญ

4.4.2.4 นำข้อมูลกลับมาอ่านอีกครั้ง โดยละเอียดทุกบรรทัด และจึงตีความ พร้อมทำการดึงข้อความ หรือประโยคที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับหลักการสำคัญที่ต้องพิจารณา

4.4.2.5 นำข้อความหรือประโยคที่มีความหมายเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมาไว้กลุ่มเดียวกัน โดยมีรหัสข้อมูลกำกับทุกข้อความหรือทุกประโยค แล้วจึงตั้งชื่อคำสำคัญ ซึ่งจะจัดเป็นทั้งกลุ่มใหญ่ (Themes) และกลุ่มย่อย (Sub - Theme)

ที่อยู่ภายใต้ความหมายของกลุ่มใหญ่ ซึ่งกระบวนการดังกล่าว คือ การสร้างหัวข้อสรุปและกลุ่มหัวข้อสรุปแนวคิดในตัวข้อมูล โดยศึกษาทบทวนข้อมูลปฐมภูมิที่อยู่ในรูปข้อความทางภาษา (Textual Primary Data) ที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ แล้วจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาจำแนกออกเป็นส่วนย่อย (Breaking Down) ตามหน่วยความหมาย (Meaning Unit) หรือหน่วยวิเคราะห์ (Analysis Unit) ในระดับเบื้องต้น จากนั้นทำการกำหนดข้อความสั้น ๆ เพื่อใช้เป็นมโนทัศน์หรือหัวข้อสรุปแนวคิดที่สะท้อนความหมายสำคัญ ทั้งที่ปรากฏชัดแจ้ง และแฝงอยู่ในข้อมูลส่วนย่อยนั้น แล้วจึงนำหัวข้อสรุปแนวคิดที่มีความหมายคล้ายคลึงหรือแตกต่างกัน มาจัดเป็นกลุ่มหัวข้อสรุปแนวคิด (Conceptual Categories) ต่าง ๆ กลายเป็นหน่วยความหมายของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ และมีระดับความเป็นธรรมชาติมากขึ้น

4.4.2.6 ใช้การเขียนบรรยายสิ่งที่ค้นพบอย่างละเอียดและชัดเจน โดยจะไม่มีการนำทฤษฎีไปควบคุมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างคำพูดประกอบคำหลักสำคัญที่ได้ เพื่อแสดงความชัดเจนของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 250 คน พบว่าเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง โดยเป็นเพศชาย 172 คน และเพศหญิง 78 คน เพศชายคิดเป็นร้อยละ 69 และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 31 โดยส่วนใหญ่มีอายุน้อยกว่า 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 60 จำนวน 150 คน ส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี โดยคิดเป็นร้อยละ 93 จำนวน 233 คน มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 15,000 บาท โดยคิดเป็นร้อยละ 39 จำนวน 98 คน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เข้ารับการตรวจจำนวน 1-3 ครั้ง โดยคิดเป็นร้อยละ 93 ส่วนใหญ่เรียนหลักสูตรนักบินประเภท 1 โดยคิดเป็นร้อยละ 92 จำนวน 230 คน

ทั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน โดยคิดเป็นร้อยละ 80 จำนวน 199 คน และที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน คิดเป็นร้อยละ 20 จำนวน 51 คน สำหรับระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ ปัจจัยที่ 1 ด้านร่างกายของนักศึกษาการบิน พบว่า ระดับสูงสุดได้แก่ นักศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถของการเป็นนักศึกษาการบินให้ดีขึ้นได้ ($\bar{X}=4.22$, $SD=0.831$) ปัจจัยที่ 2 ด้านจิตใจของนักศึกษาการบิน พบว่าระดับสูงสุดได้แก่ นักศึกษามีการจัดกิจกรรมผ่อนคลายระหว่างการเรียนรู้อยู่ในโรงเรียนการบิน ($\bar{X}=4.20$, $SD=0.881$) ปัจจัยที่ 3 ด้านการดูแลสุขภาพของครูการบิน พบว่า ระดับสูงสุดได้แก่ ครูการบินมีศักยภาพในการบินหลายเครื่องบิน ($\bar{X}=4.53$, $SD=0.634$) ปัจจัยที่ 4 ด้านพฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษาการบิน พบว่า ระดับสูงสุดได้แก่ นักศึกษาใส่ใจการเข้าฝึกบินกับเครื่องบินจำลอง ($\bar{X}=4.24$, $SD=0.831$) ปัจจัยที่ 7 ด้านสถาบันการบิน พบว่า ระดับสูงสุดได้แก่ สถาบันมีหลักสูตรตามที่นักศึกษาต้องการเรียน ($\bar{X}=4.28$, $SD=0.753$) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์	$\bar{X}$	SD	การแปลความหมาย
นักศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถของการเป็นนักศึกษาการบินให้ดีขึ้นได้	4.22	0.831	เห็นด้วยมากที่สุด
นักศึกษามีการจัดกิจกรรมผ่อนคลายระหว่างการเรียนรู้อยู่ในโรงเรียนการบิน	4.20	0.881	เห็นด้วยมากที่สุด
ครูการบินของท่านมีศักยภาพในการบินหลายเครื่องบิน	4.53	0.634	เห็นด้วยมากที่สุด
นักศึกษาใส่ใจการเข้าฝึกบินกับเครื่องบินจำลอง	4.24	0.831	เห็นด้วยมากที่สุด
สถาบันมีหลักสูตรตามที่นักศึกษาต้องการเรียน	4.28	0.753	เห็นด้วยมากที่สุด

การทดสอบสมมติฐานการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของคุณสมบัติที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การสอบพบว่า ตัวแปรอิสระ 3 ตัว ร่วมกันอธิบายความผันแปรของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ได้ร้อยละ 14.8 โดยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการสอบผ่าน คือ อายุ ชั้นปี และ รายได้ นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีอำนาจในการทำนายความสำเร็จในการสอบได้ดีที่สุด คือ อายุ ชั้นปี และ รายได้ ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของคุณสมบัติที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การสอบ

ตัวแปร	B	S.E.	Beta
อายุ(X_1)	-.818	-.259	-.259
ชั้นปี(X_2)	-.080	-.217	-.217
รายได้(X_3)	-.075	-.171	-.171
$R^2=.148$ SEE=.374 $F=7.140^*$			

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

$$Y_{\text{คุณสมบัติที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การสอบ}} = -0.818(X_1) - 0.080(X_2) - 0.075(X_3)$$

5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ การผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การbinของนักศึกษาการbinในประเทศไทยมีตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการผ่านเกณฑ์ ซึ่งล้วนมีอิทธิพลและมีผลกระทบโดยตรงต่อความสำเร็จของนักศึกษาในส่วนของการวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ พบว่า มีประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

5.2.1 บรรยากาศในการเรียนที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์พบว่า นักศึกษาการbinเห็นว่าบรรยากาศในชั้นเรียนส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ ทั้งนี้ ชั้นเรียนที่มีบรรยากาศเต็มไปด้วยความอบอุ่น ความเห็นอกเห็นใจ และความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อกันและกัน จะเป็นแรงจูงใจที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และพร้อมที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เพื่อนและครูผู้สอน หากบรรยากาศในห้องเรียนไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ จะทำให้นักศึกษาการbinไม่พร้อมปรับตัวตอบทเรียน และไม่สนใจการเรียน เช่น ห้องเรียนมีเสียงดังรบกวน สื่อการสอนไม่พร้อม และอาจารย์ผู้สอนไม่เชี่ยวชาญหรือไม่มีเทคนิคในการสอน เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการปรับตัวของนักศึกษาการbin สามารถเกิดขึ้นใน 3 สถานการณ์ ประกอบด้วย 1) การปรับตัวเข้ากับงาน (Arkoff, 1968) [14] 2) การปรับตัวเข้ากับกฎ และสภาพแวดล้อม (Black and Gregersin, 1991) [15] และ 3) การปรับตัวเข้ากับเพื่อน (Roy and Andrew, 1991) [16]

5.2.2 มนุษยสัมพันธ์ในการเรียน หรือทำงาน ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ พบว่า ครูเป็นบุคคลสำคัญในการจูงใจเพื่อให้นักศึกษาการbinสามารถฝึกการbinได้จนจบหลักสูตร ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่ออนาคตของนักศึกษามาก นอกจากนี้ ความสัมพันธ์กับเพื่อนในการเรียนและการทำงานก็มีผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ พบว่า การมีความจริงใจต่อกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน การพยายามสื่อสารกันเพื่อแก้ไขความขัดแย้ง การให้ความเคารพซึ่งกันและกัน และมีความสามัคคีกันเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการจูงใจผู้เรียน (Ryan & Deci, 2000) [12] ที่เชื่อว่าบุคคลล้วนความต้องการสัมพันธ์ (Relatedness needs) เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในองค์กร หรือระหว่างบุคคลในครอบครัว เช่น สมาชิกในครอบครัวเพื่อนฝูง เพื่อนร่วมงาน เพราะเป็นความต้องการทางสังคม

5.2.3 การจัดกิจกรรมส่งเสริมสมรรถภาพทางร่างกาย และจิตใจของนักศึกษาที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์พบว่า นักศึกษามีความเห็นว่า การมีสุขภาพร่างกายแข็งแรง และสุขภาพจิตที่ดี มีสติ ไม่วิตกกังวล ไม่เครียด จะส่งผลให้การทำงานราบรื่นมีคุณภาพ หากมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมสมรรถภาพทางร่างกาย และจิตใจให้แก่ผู้เรียน ก็จะส่งผลต่อ

ความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Perera, T. et al., 2015) [8] ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมส่งเสริมสมรรถภาพทางร่างกาย และจิตใจของนักศึกษามีความสำคัญ เนื่องจากนักบินที่สมควรที่จะมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง มีสุขภาพจิตที่ดี จะขาดอย่างใดอย่างหนึ่งไปไม่ได้ เพราะต้องเป็นผู้ควบคุมความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้อื่น เมื่อต้องควบคุมสถานการณ์แล้วต้องมั่นใจในตนเอง และมีทักษะในการประกอบวิชาชีพ อีกทั้งต้องมีความรับผิดชอบสูงสุด เพื่อความปลอดภัยของเที่ยวบินที่ตนดูแล ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า กิจกรรมทางด้านกายภาพมีความเชื่อมโยงและมีผลโดยตรงทั้งด้านร่างกายและด้านจิตใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรม เช่น การจัดกิจกรรมผ่อนคลายระหว่างการเรียนรู้ ในโรงเรียนการบินจะมีผลต่อการช่วยผ่อนคลายสมอง (Brain breaks) ของนักศึกษากาบิน โดยสามารถจัดเป็นชั่วโมงบริหารร่างกายใช้เวลาเพียงช่วงสั้น 5-7 นาที ซึ่งได้รับการยอมรับจากครูการบิน ว่า เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนการบินมากถึงร้อยละ 86 และช่วยปรับทัศนคติให้ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อการเรียนมากขึ้นถึงร้อยละ 91 ต่อมาจึงมีการนำวิธีดังกล่าวไปจัดเป็นกิจกรรมเสริมในโรงเรียนการบินต่าง ๆ

5.2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินพบว่า สามารถจำแนกปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ได้เป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านที่เกี่ยวกับตนเอง พบว่าประเมินตนเอง ยอมรับ และปรับปรุง เคารพกฎระเบียบ มีวินัย มีความอดทน มีสมรรถภาพทางร่างกายและจิตใจที่ดี สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ รู้จักบริหารเวลา พร้อมเรียนรู้อยู่เสมอ มีวุฒิภาวะ มีความเป็นผู้นำบุคลิกภาพดี สามารถควบคุมอารมณ์ได้ มีเป้าหมาย และวิสัยทัศน์ที่ชัดเจน และรวมถึงมีความรู้ด้านชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน 2) ด้านที่เกี่ยวกับหลักสูตร และผู้สอน พบว่า คุณภาพของหลักสูตร และผู้สอนมีความเชี่ยวชาญ มีเทคนิคและวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ และด้านอื่น ๆ พบว่า การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศในการเรียน

5.2.5 การสนับสนุนหรือส่งเสริมให้นักศึกษากาบินมีความเข้าใจกัน และให้ความร่วมมือในการการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน ส่งผลความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ พบว่าสำหรับการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกาย นอกจากการตรวจความแข็งแรงสมบูรณ์ของร่างกายและจิตใจทั่วไป ยังรวมถึงการตรวจตามแบบฟอร์มทางแพทย์ที่สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทยกำหนดไว้ และการทดสอบทางจิตวิทยา การศึกษาชิ้นนี้พบว่า สำหรับการนำเสนอแนวทางในการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน หากมีการนำเสนอในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจ ก็จะช่วยให้การเตรียมความพร้อมในการสอบเกิดขึ้นได้ง่ายขึ้นตามมา ทั้งนี้ ควรมีการถ่ายทอดประสบการณ์หรือถอดบทเรียนจากผู้มีประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จในการสอบมาแล้วในอดีต เช่น ให้นักศึกษาที่ได้ Class 1 มาแนะนำคนที่ยังไม่ผ่านเพื่อเป็นการชี้แนะแนวทางและวิธีการในการตรวจวัดเวชศาสตร์ทางการบิน นอกจากนี้ หากนำคาบ Home Room ที่มีเป็นประจำทุกอาทิตย์อยู่แล้วให้นักศึกษาทำกิจกรรมร่วมกันที่เกี่ยวกับด้านการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน เพื่อสร้างความเข้าใจกัน อีกทั้งเป็นการเตรียมพร้อมด้วยซึ่งจะเป็นประโยชน์กับทั้งนักศึกษาและผู้สอนมากขึ้น

6. สรุป

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษากาบินในประเทศไทยสามารถสรุปได้ว่า สภาพแวดล้อมและสถานการณ์การสอบของนักศึกษากาบิน บรรยากาศในชั้นเรียน ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์คือ ชั้นเรียนที่มีบรรยากาศเต็มไปด้วยความอบอุ่น ความเห็นอกเห็นใจ และความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อกันและกัน ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษากาบินในประเทศไทย ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในแต่ละด้าน ได้แก่ ปัจจัยด้านร่างกายของนักศึกษากาบินคือ การสามารถพัฒนาความสามารถของการเป็นนักศึกษากาบินได้ดีขึ้นได้ ด้านจิตใจของนักศึกษากาบิน คือ การจัดกิจกรรมผ่อนคลายระหว่างการเรียนรู้ในโรงเรียนการบิน ด้านการจูงใจของครูการบิน

คือ ครูการบินของท่านมีศักยภาพในการบินหลายเครื่องยนต์ ด้านพฤติกรรมการปรับตัวของนักศึกษาการบิน คือ ความใส่ใจ การเข้าฝึกบินกับเครื่องบินจำลอง และด้านสถาบันการบิน คือ สถาบันมีหลักสูตรตามที่นักศึกษาต้องการเรียน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่าของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของนักศึกษาการบินในประเทศไทย พบว่า ปัจจัยที่มีอำนาจในการทำนายความสำเร็จในการสอบได้ดีที่สุดคือ อายุ ชั้นปี และรายได้ตามลำดับ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ปัจจัยด้านบรรยากาศในการเรียนส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ เนื่องจาก ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า บรรยากาศในชั้นเรียน ส่งผลต่อความรู้สึกลึกซึ้งของนักศึกษา ดังนั้นจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนให้ตอบโจทย์ นักศึกษาการบิน โดยอาจทำในรูปแบบของหลักสูตรทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการพัฒนาหลักสูตร

7.2 ปัจจัยด้านมนุษยสัมพันธ์ในการเรียน หรือทำงาน ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่า นักศึกษาให้ความสำคัญกับมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้นักศึกษาร่วมกันสร้างความสัมพันธ์อันดีในชั้นเรียน เพื่อให้การปฏิบัติงานบรรลุวัตถุประสงค์ และมีความเจริญก้าวหน้าอย่างยั่งยืน รวมทั้งการอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข

7.3 ปัจจัยด้านการจัดกิจกรรมส่งเสริมสมรรถภาพทางร่างกาย และจิตใจของนักศึกษา ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ ดังนั้นจึงควรมีการเตรียมความพร้อมให้แก่ นักศึกษาการบินทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ เช่น การสนับสนุน/ส่งเสริมให้นักศึกษาทำกิจกรรมร่วมกัน เช่น กิจกรรมเกี่ยวกับเทคนิคการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน เพื่อให้ นักศึกษามีความสนุก และได้รู้ถึงเทคนิคต่าง ๆ ในการสอบ และรวมถึงการสนับสนุนด้านงบประมาณในการจัดกิจกรรมให้กับนักศึกษา

7.4 ปัจจัยด้านการสนับสนุนหรือส่งเสริมให้นักศึกษาการบินมีความเข้าใจกัน และให้ความร่วมมือในการตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบิน ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกาย และจิตใจล่วงหน้า อีกทั้ง ควรมีการนำเสนอในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจ รวมถึงจัดให้มีการถ่ายทอดประสบการณ์จากรุ่นพี่ที่ประสบความสำเร็จในการสอบมาแล้ว

ทั้งนี้ ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ข้อค้นพบจากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาการบิน และรวมถึงโรงเรียนการบิน ให้ได้นำปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการผ่านเกณฑ์ไปใช้พัฒนาต่อยอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] พิมพ์กานท์ โยธารธรรมลิขิต. (2557). การศึกษาสภาพการจัดการศึกษาของโรงเรียนการบินกรุงเทพ. วารสาร An Online Journal of Education, 9(3): 156-169.
- [2] สุกกฤต และครหาทิพย์. (2559). บุคลิกภาพของนักศึกษาสถาบันการบิน 10 ด้าน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- [3] คณินทร์ สุพิริยะนันท์, รัตพงษ์ สอนสุภาพ. (2557). การสร้างนักบินมืออาชีพของประเทศไทย. วารสารการเงิน การลงทุน การตลาด และการบริหารธุรกิจ, 4(1): 259-272.
- [4] สถาบันการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย. (2560). หลักสูตรภาคอากาศ ศิษย์การบิน. กรุงเทพฯ: สถาบันการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย.
- [5] Ahmed, L. (1993). **Women and gender in Islam: Historical roots of a modern debate**. Yale University Press.
- [6] Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T & Wells, J. C., (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. The Lancet, 380 (9838): 219–229.

- [7] Rhodes, R. E., Janssen, I., Bredin, S. S. D., Warburton, D. E. R., & Bauman, A. E., (2017). Physical activity: health impact, prevalence, correlates and interventions. *Psychology & Health*, 32(8): 942–975.
- [8] Perera, T., Frei, S., Frei, B., & Bobe, G., (2015). Promoting Physical Activity in Elementary Schools: Needs Assessment and a Pilot Study of Brain Breaks. *Journal of Education and Practice*, 6(15): 55-64.
- [9] Allport G.W., (1937). **Personality: A Psychological Interpretation**. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- [10] McCrae, R. R., & Costa Jr, P. T. (1989). **More reasons to adopt the five-factor model**. New York: Harpers and Row.
- [11] Costa, P. T., & McCrae, R. R. (1992). Normal personality assessment in clinical practice: The NEO Personality Inventory. *Psychological assessment*, 4(1): 5.
- [12] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1): 68-78.
- [13] กล้าหาญ ณ น่าน. (2557). **อิทธิพลของคุณลักษณะบุคลิกภาพ และความพึงพอใจที่มีต่อการปรับตัวในการทำงานของผู้เข้าสู่ตลาดแรงงานหน้าใหม่**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [14] Arkoff, A. (1968). **Adjustment and mental health**. New York: McGraw-Hill.
- [15] Black, J. S., & Gregersen, H. B. (1991). Antecedents to cross-cultural adjustment for expatriates in Pacific Rim assignments. *Human relations*, 44(5): 497-515.
- [16] Roy, S. C. & Andrew, H. A. (1991). **The Roy's Adaptation Model. The definitive statement**. Norwalk: CT Appleton and Lange.
- [17] ชนนนาถ เทพลิบ. (2563). **ปัจจัยที่มีผลต่อการผ่านเกณฑ์การตรวจวัดทางเวชศาสตร์การบินของศิษย์การบินในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- [18] สถาบันเวชศาสตร์การบิน. (2563). **ทักษะการบินดี**. กรุงเทพฯ: สถาบันเวชศาสตร์การบินกองทัพอากาศ.
- [19] สิทธิเดช เหมือนสิน. (2557). **การพัฒนาเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมด้านทักษะที่ไม่ใช่เทคนิคของนักบินไทย**. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ.
- [20] วิรินดา บุญวงศ์วรรณ. (2561). **อุปสรรคที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าสู่อาชีพนักบินพาณิชย์ในประเทศไทยของนักศึกษาปริญญาตรี**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [21] Prasetyo, Y. T., Castillo, A. M., Salonga, L. J., Sia, J. A., & Seneta, J. A. (2020). Factors affecting perceived effectiveness of COVID-19 prevention measures among Filipinos during enhanced community quarantine in Luzon, Philippines: Integrating Protection Motivation Theory and extended Theory of Planned Behavior. *International journal of infectious diseases*, 99: 312-323.
- [22] Ong, J. L., Lau, T., Massar, S. A., Chong, Z. T., Ng, B. K., Koek, D., & Chee, M. W. (2021). COVID-19-related mobility reduction: heterogeneous effects on sleep and physical activity rhythms. *Sleep*, 44(2), 179.
- [23] ธนศักดิ์ เจริญธรรม. (2561). **การพัฒนาโปรแกรมพัฒนาศูนย์วิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โรงเรียนมัธยมศึกษา**. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30(1): 12-16.

นักรบไซเบอร์: กำลังอำนาจแห่งชาติที่จำเป็นต่อการรบในสงครามแห่งอนาคต

Cyber Warrior: Nation Power That Needed For Future War

ดนัย ปฏิยวาท

กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Danai Patiyoot

Faculty of Engineering, Education department, Royal Thai Naval Academy

danaipatiyoot@gmail.com

Received : October 11, 2021

Revised : June 11, 2022

Accepted : June 13, 2022

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้เป็นการกล่าวถึงวิธีการในการพัฒนานักรบไซเบอร์ของกองทัพไทย เพื่อการต่อกรกับอริราชศัตรูในสงครามที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยในเบื้องต้นเป็นการกล่าวถึงเรื่องของการโจมตีทางไซเบอร์ที่เกิดขึ้นทั้งในและต่างประเทศ ต่อมาคือ การกล่าวถึงการผลิตนักรบไซเบอร์ที่กองทัพต่าง ๆ ได้กระทำอยู่ และท้ายสุดของบทความวิชาการนี้ได้เสนอการใช้ NICE Cybersecurity Workforce Framework ของกองทัพสหรัฐฯ มาเป็นกรอบความคิดและกรอบการดำเนินงานในการผลิตนักรบไซเบอร์อย่างเป็นรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน

คำสำคัญ: ไซเบอร์, กำลังอำนาจแห่งชาติ, สงครามแห่งอนาคต

Abstract

This article is to find the way to produce “Cyber Warrior” for Royal Thai Armed Forces in order to fend off enemies in the future war. Cyber attacks both in the country and around the world are mentioned in the first part. The second part is the detail of how the Royal Thai Armed Forces are doing their parts in producing the cyber warriors. The last part is the recommendation to Royal Thai Armed Forces the proper way to produce Cyber Warriors by adopting the “NICE Cybersecurity Workforce Framework” of US Armed forces.

Keywords: Cyber, National Power, Future war

1. บทนำ

ปัจจุบันมิติไซเบอร์ หรือไซเบอร์โดเมน หรือมิติที่ห้า (Fifth Domain) ของการทำสงครามทางทหารเป็นมิติการรบที่เพิ่มความสำคัญขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากเหนือจากมิติทั้งสี่ของพื้นดิน พื้นน้ำ อากาศ และอวกาศ ที่มนุษย์คุ้นเคยกันเป็นอย่างดี ประเทศมหาอำนาจ เช่น สหรัฐอเมริกา จีน จึงได้เร่งผลิตนักรบไซเบอร์อย่างจริงจัง เพื่อทำการรบในมิติการทำสงครามใหม่นี้ ประเทศไทยนับเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการโจมตีทางไซเบอร์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องผลิตนักรบไซเบอร์ (Cyber Warriors) ของตนเอง เพื่อตอบโต้ต่อภัยคุกคามดังกล่าว อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีทางไซเบอร์

จะมีความก้าวหน้าหรือทันสมัยมากเพียงใด แต่หากไม่สามารถป้องกันระบบจากการโจมตี ก็อาจจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการควบคุมสั่งการ และการวิเคราะห์จากทัศนการณ์การรบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การโจมตีทางไซเบอร์

การทำสงครามไซเบอร์นั้นประกอบด้วยการโจมตีทางรุกต่อระบบคอมพิวเตอร์ของศัตรู และการตั้งรับในที่ตั้งต่อการถูกโจมตีจากศัตรู โดยการโจมตีทางไซเบอร์อาจกระทำได้อีกโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ อาทิเช่น โรงไฟฟ้า เขื่อน สนามบิน โรงพยาบาล หรือการเข้าถึงข้อมูล อาทิเช่น หมายเลขบัตรเครดิต หมายเลขบัญชีธนาคาร รหัสผ่าน โดยผู้ไม่หวังดีที่แอบแฝงวัตถุประสงค์ที่มุ่งร้ายต่อผู้ใช้งาน หรือการเข้าถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของศัตรู โดยการทำให้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ไม่ทำงาน หรือผู้ที่มีสิทธิเข้าถึงระบบไม่สามารถเข้าถึงได้ ส่วนการโจมตีทางทหารนั้นก็เพื่อจุดประสงค์ อาทิเช่น การรู้อาวุธยุทโธปกรณ์ของกองทัพข้าศึก แผนการรบ ฯ

การโจมตีรอบโลกที่สำคัญ ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ในปี พ.ศ.2555 กลุ่มแฮกเกอร์ชาวอิหร่านที่เรียกตนเองว่า “Cutting Sword of Justice” ได้ทำการโจมตีบริษัทน้ำมันแห่งชาติของซาอุดีอาระเบีย และทำให้คอมพิวเตอร์ประมาณ 30,000 เครื่องไม่สามารถใช้งาน ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2556 คณะกรรมการวิทยาศาสตร์ทหารของสหรัฐอเมริกา ได้เปิดเผยว่าจีนได้แฮกข้อมูลเพื่อเข้าถึงโรงการอาวุธของกระทรวงกลาโหมถึง 37 ระบบด้วยกัน เช่น ระบบป้องกันขีปนาวุธเพดานบินสูง (Terminal High Altitude Area Defence) เครื่องบินรบแบบ F-35, F-22, Raptor, V-22 Osprey และ เฮลิคอปเตอร์แบล็คฮอว์ค เป็นต้น โดยในปี 2556 สหรัฐฯ ได้อ้างว่า เขื่อนขนาดเล็กใกล้รัฐนิวเจอร์ซีย์ได้ถูกอิหร่านแฮกเข้าไปในระบบ ทำให้ไม่สามารถปล่อยน้ำออกจากเขื่อนได้ การโจมตีโรงไฟฟ้าของประเทศยูเครน ต่อมาเดือน ธ.ค. ปี 2559 ทำให้มีไฟดับบางพื้นที่เป็นเวลา 1 ชม. และเมื่อเดือน ก.พ.ปี 2560 แฮกเกอร์ปากิสถานได้ทำการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ของเลขาธิการสภาความมั่นคงแห่งชาติอินเดียเพื่อเรียกร้องเอกราชของแคชเมียร์ จากนั้นเดือน มิ.ย. ปี 2562 สหรัฐฯ ได้โจมตีทางไซเบอร์ต่อระบบควบคุมขีปนาวุธของอิหร่านจนไม่สามารถใช้งานได้ (ดังแสดงในรูปที่ 1) นอกจากนี้ในเดือน ธ.ค. ปี 2563 แฮกเกอร์สัญชาติเกาหลีเหนือซึ่งมีชื่อกลุ่มว่า “Zinc and Cerium” ได้เข้าถึงข้อมูลของวัคซีน COVID-19 ที่ผลิตโดย Pfizer โดยหลายแหล่งข้อมูลระบุว่าแฮกเกอร์ในเกาหลีเหนือมีอยู่ประมาณ 1,000 - 3,000 คน โดยในช่วงปลายเดือน มิ.ย. ปี 2563 อาชญากรรมไซเบอร์ได้ใช้มัลแวร์เรียกค่าไถ่ (Ransomware) เพื่อเข้าถึงโครงข่ายภายในของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ที่ซานฟรานซิสโก ณ ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการวิจัย โควิด -19 และท้ายที่สุดมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องจ่ายเงินให้แฮกเกอร์ถึง 1.14 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เพื่อให้ทำการปลดข้อมูลที่ถูกรหัส นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์ที่เรือรบสหรัฐฯ (USS Fitzgerald, USS John S. McCain) ประสบอุบัติเหตุถูกชน 4 ครั้งในน่านน้ำเอเชีย ในช่วงปี พ.ศ.2560 - 2563 ถูกสงสัยว่าเป็นการโจมตีทางไซเบอร์ (ดังแสดงในรูปที่ 2)



รูปที่ 1 ระบบขีปนาวุธของอิหร่านที่ถูกสหรัฐฯ แฮก ทำให้ระบบใช้งานไม่ได้

ที่มา: <https://www.bbc.com/thai/international-48736849>



รูปที่ 2 เรือรบสหรัฐฯ USS Fitzgerald และ USS John S. McCain ถูกชนโดยมีข้อสงสัยว่าอาจถูกแฮกเข้าไปในระบบการเดินเรือ
ที่มา: <https://pantip.com/topic/36574764>

ในปี พ.ศ.2563 สหรัฐฯ ได้แจ้งข้อหาขายอาหาร 4 นายของจีนในข้อหาแฮกเข้าไปในระบบ Equifax และขโมยข้อมูลส่วนตัวของพลเมืองสหรัฐฯ เป็นจำนวนถึง 14.7 ล้านคน (ดังแสดงในรูปที่ 3)



รูปที่ 3 นายทหารจีน 4 นายที่ถูกกล่าวหาว่าแฮกข้อมูลของบริษัท Equifax
ที่มา: https://www.matichon.co.th/foreign/news_1963847

ส่วนในประเทศไทย จากการสำรวจของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ได้จำแนกภัยคุกคามทางไซเบอร์ตั้งแต่ พ.ศ.2554 - 2559 เป็น 3 แบบ คือ Fraud, Intrusion และ Malicious code (ดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 ภัยคุกคามทางไซเบอร์แยกตามประเภท
ที่มา: <https://www.thansettakij.com/business/136878>

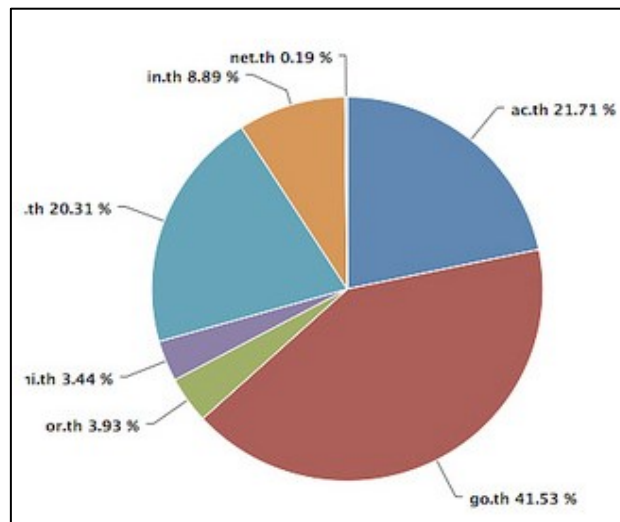
ผลสำรวจจากไซแมนเทค (Symantec) ในปี พ.ศ.2560 พบว่า ประเทศไทยตกเป็นเป้าโจมตีอันดับที่ 21 จากแรนซัมแวร์ อันดับ 11 จากเน็ตเวิร์ก และอันดับที่ 12 จากสแปม จากทุกประเทศทั่วโลก (ดังแสดงในรูปที่ 5)



รูปที่ 5 การโจมตีเครือข่ายประเทศไทยด้วยวิธีต่าง ๆ

ที่มา: <https://www.posttoday.com/economy/news/546511>

SRAN Technology ได้ทำการสำรวจภัยคุกคามทางอินเทอร์เน็ตและได้ค้นพบว่า เว็บไซต์ในประเทศไทยที่ถูกโจมตีประเภทโดเมนมากที่สุดคือ go.th ตามด้วย co.th (ดังแสดงในรูปที่ 6)



รูปที่ 6 การโจมตีโดเมนเนมของเครือข่ายประเทศไทย

ที่มา: <https://www.gbtech.co.th/sran-จัดทำระบบสถิติภัยคุกคาม>

ตัวอย่างการโจมตีในประเทศไทยที่เกิดขึ้น อาทิเช่น เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ถูกโจมตีโดยมัลแวร์เพื่อเรียกค่าไถ่ หรือในเดือนกันยายน พ.ศ.2563 โรงพยาบาลสระบุรีได้ถูกโจมตีด้วย Ransomware ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลของคนไข้ย้อนหลังในช่วง 5 ปีได้ ซึ่งเหตุการณ์ในครั้งนั้น แฮกเกอร์ได้เรียกเงินค่าไถ่สูงถึง 200,000 บิตคอยน์ หรือ 6.3 หมื่นล้านบาท (ดังแสดงในรูปที่ 7)



รูปที่ 7 ระบบเครือข่ายของโรงพยาบาลสระบุรีขัดข้องอันเนื่องมาจาก Ransomware

ที่มา: <https://bitcoinaddict.org/2020/09/09/saraburi-hospital-attacked-by-ransomware/>

ความเสียหายจากภัยคุกคามทางไซเบอร์นั้นเป็นที่ประจักษ์อย่างชัดเจน ดังนั้นการต่อต้านภัยคุกคามนี้ด้วยการใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในศาสตร์ด้านนี้หรือที่เรียกกันว่ากรุปไซเบอร์ จึงมีความสำคัญ

3. การผลิตนักกรุปไซเบอร์

ในส่วนของประเทศไทยนั้น การผลิตนักกรุปไซเบอร์ได้เริ่มดำเนินการบ้างแล้ว เช่น การตั้งหน่วยงานไซเบอร์ของกองทัพ การรับพนักงานราชการตำแหน่ง “นักตรวจสอบความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ชั้นสูง” โดยมีอัตราค่าตอบแทนสูงเดือนละ 68,350 บาท ของกองทัพบก หรือการแข่งขันทักษะทางไซเบอร์ (Cyber Contest) ของเหล่าทัพต่าง ๆ (ดังแสดงในรูปที่ 8) แต่การพัฒนาบุคลากรทางไซเบอร์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงาน หรือองค์กรยังอยู่ในวงจำกัด และผลิตไม่ได้เท่าที่ควร รัฐบาลไทยจึงวางแผนในการใช้งบประมาณ 350 ล้านบาท เพื่อผลิตนักกรุปไซเบอร์จำนวน 200 คน ภายในห้วงเวลา 3 ปี อย่างไรก็ตามนักกรุปไซเบอร์อาจจะยังไม่เพียงพอต่อความต้องการที่แท้จริง โดยภาครัฐได้ตั้งเป้าหมายการผลิตนักกรุปไซเบอร์จำนวน 1,000 คนภายในปี พ.ศ.2563 และ 4,500 - 5,000 คน ภายในปี พ.ศ.2564 โดยให้เป็นไปตามวิสัยทัศน์ของชาติในเรื่องความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน และกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมตั้งเป้าหมายในการยกระดับความพร้อมด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ให้ติดในอันดับที่ 20 ของประเทศที่มีความพร้อมจากเดิมที่ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 22

ผศ.ดร.สุระสิทธิ์ ทรงมัว อาจารย์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาบุคลากรทางไซเบอร์ดังนี้

“ส่วนใหญ่ที่ผมเห็นทางการก็จะใช้วิธีเอาคนที่มียุ่แล้วไปอบรมเพิ่ม แต่ความชำนาญที่ได้ก็จะต่างกันเมื่อเทียบกับการที่เขารับคนที่ตรงสายงาน ผมเชื่อว่าคนที่จะทำหน้าที่เป็นนักกรุปไซเบอร์ที่ดี ควรจะต้องมีความรู้มากกว่าในระดับพื้นฐานที่สอนกันในมหาวิทยาลัยหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ เด็ก ๆ ที่เรียนทางไอทีก็จะมีพื้นฐานทาง Security ป้องกันตนเองได้ แต่ถ้าไปทำงาน

เป็นนักรบไซเบอร์จริง ถ้าไม่ได้เรียน และมีประสบการณ์โดยตรงก็จะไม่มีความชำนาญ และการดูแลระบบคอมพิวเตอร์ปกติกับการดูแลความปลอดภัยไซเบอร์นั้นต่างกัน”



รูปที่ 8 การแข่งขัน Cyber Contest ของเหล่าทัพต่าง ๆ และการรับพนักงานไซเบอร์ของกองทัพบก

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=th_IgmAjoSs

ในส่วนของประเทศสหรัฐอเมริกา นั้น กองทัพสหรัฐฯ ได้มีการจัดตั้งหน่วยงานที่ฝึกอบรมในเรื่องสงครามไซเบอร์ ทั้ง 3 เหล่าทัพ โดยกองทัพบกได้ตั้งหน่วยงานที่ชื่อว่า “The Army Cyber Center of Excellence” กองทัพเรือตั้งหน่วยงานที่เรียกว่า “The Navy Center for Information Dominance” และกองทัพอากาศได้ตั้งกองบินที่ 24 เป็นกองบินไซเบอร์

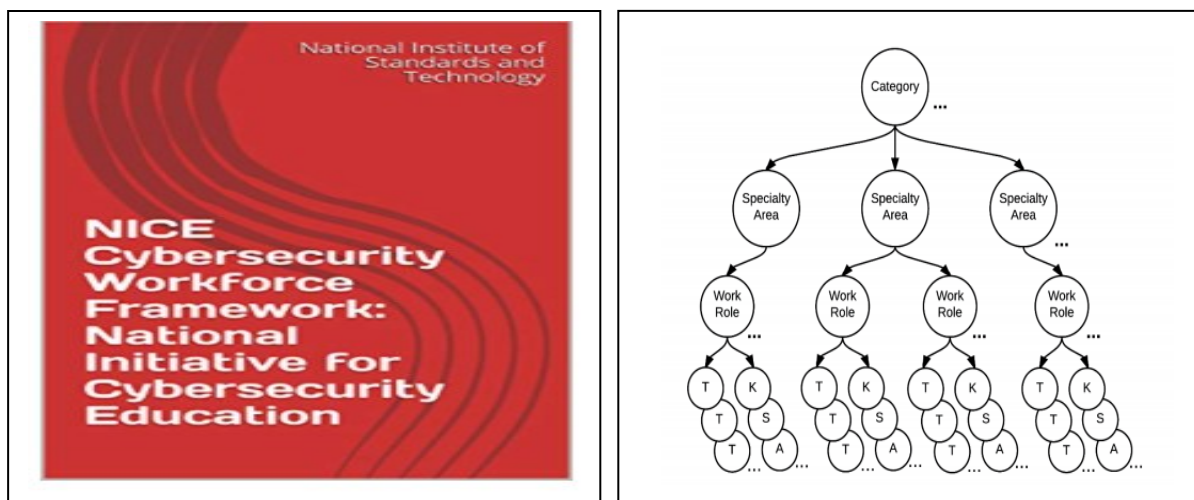
กระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาได้มีการกระตุ้นให้บุคลากรเข้ามาเป็นนักรบไซเบอร์ โดยนายลีออน พาเนตตา รัฐมนตรีกลาโหมของสหรัฐฯ ได้ประกาศออกมาว่าสหรัฐฯ เตรียมมอบเหรียญกล้าหาญให้กับทหารที่มีผลงานโดดเด่นในการต่อสู้ในสงครามบนโลกออนไลน์ และปฏิบัติการต่อต้านภัยคุกคามทางคอมพิวเตอร์ แม้ทหารเหล่านั้นไม่ต้องเสี่ยงชีวิตในการออกไปต่อสู้กับข้าศึกในแนวหน้า โดยเหรียญกล้าหาญใหม่นี้เรียกว่า “Distinguished Warfare Medal” ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 เหรียญกล้าหาญ “Distinguished Warfare Medal”

ที่มา: <https://pantip.com/topic/30178709>

จากความต้องการนักรบไซเบอร์ของสหรัฐฯ ที่มีจำนวนถึง 30,000 คน ดังนั้นรัฐบาลจึงได้ออกโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า National Initiative for Cybersecurity Education (NICE) ในปี พ.ศ. 2553 โดยให้ NICE รับผิดชอบโครงการสร้างศักยภาพให้กับบุคลากรผู้เชี่ยวชาญในด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ ซึ่ง NICE ได้ออกเอกสาร NICE Cybersecurity Workforce Framework มาเป็นกรอบความคิด และกรอบการดำเนินงานในการพัฒนานักวิชาการด้าน Cybersecurity ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆตามกรอบแนวคิดของ NICE Cybersecurity Workforce framework

ที่มา: <https://www.cybertronium.com/Trainings/Nice-Framework>

NICE Cybersecurity Workforce Framework ตามรูปที่ 10 มีการแบ่งกรอบการดำเนินงานเป็น 7 ประเภทหลัก(Category) ได้แก่ Securely Provision, Operate and Maintain, Oversee and Govern, Protect and Defend, Analyze, Collect and Operate และ Investigate และภายใต้ 1 ประเภทหลักจะประกอบด้วยความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน (Specialty Area) หลากๆ ด้านของความชำนาญจะประกอบด้วยบทบาทในการทำงาน (Work Role) จำนวนหนึ่ง ถัดมาจะเป็นการอธิบายถึงบทบาทในการทำงานแต่ละด้านต้องปฏิบัติงานอย่างไร เช่น ทางด้านความเสี่ยง (Task) ทางด้านความรู้ (Knowledge) ด้านทักษะ (Skill)

และด้านความสามารถ (Ability) ทำให้ผู้ที่นำ NICE Cybersecurity Workforce Framework สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกได้ว่าองค์กรต้องการบุคลากรประเภทใด มีความรู้ ความสามารถ ทักษะอะไร ถ้ามีความจำเป็นต้องทำสงครามไซเบอร์ ตัวอย่างเช่น บทบาทของครูสอนวิชาไซเบอร์ จะมีรายละเอียดต่าง ๆ ตามกรอบความคิดแบบ NICE จะปรากฏตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของบทบาทในการทำงานของ “ครูสอนวิชาไซเบอร์”

ประเภท (Category)	การบริหารงาน
พื้นที่ของความเชี่ยวชาญ(Specialty Area)	การฝึกหัด, การศึกษา, การตระหนัก
ชื่อของบทบาทในการทำงาน (Work role name)	ครูสอนวิชาไซเบอร์ (Cyber Instructor)
หมายเลขของบทบาทในการทำงาน (Work role ID)	OV-TEA-002
คำอธิบายของบทบาทในการทำงาน (Work role description)	พัฒนาและดำเนินการฝึกหัดหรือให้การศึกษาบุคลากรที่อยู่ภายในองค์กร
การปฏิบัติงาน (Task)	แนะนำการอัปเดตหลักสูตร, ออกแบบหลักสูตร, ออกแบบคอร์สการสอน, พัฒนาแบบฝึกหัดของหลักสูตรฯ
ความรู้ (Knowledge)	ความรู้ในเรื่องเครือข่ายคอมพิวเตอร์, ความรู้ในเรื่องความปลอดภัยด้านไซเบอร์, ความรู้ในเรื่องระบบปฏิบัติการ ฯ
ทักษะ (Skills)	ทักษะในการวิเคราะห์เครือข่าย, ทักษะในการสแกนเครือข่าย, ทักษะในการทำการเจาะเครือข่าย, ทักษะในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เครือข่าย ฯ
ความสามารถ (Abilities)	สามารถทำให้ผู้ใช้งานตระหนักถึงนโยบายและกระบวนการของการรักษาความปลอดภัยได้, สามารถวิเคราะห์มัลแวร์ได้, สามารถตอบคำถามได้อย่างกระตือรือร้นและชัดเจน, สามารถทำการสอนแบบการแก้ปัญหาแบบกลุ่มได้ ฯ

4. สรุป

หนทางที่จะนำประเทศไทยไปสู่วิสัยทัศน์ที่ตั้งไว้คือ “ประเทศมีความ มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” โดยหนึ่งในวิสัยทัศน์ด้านความมั่นคงที่ต้องการให้ประเทศไทยนั้น มั่นคงปลอดภัยจากภัยภายนอกประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากภัยทางสงครามไซเบอร์นั้น จึงต้องอาศัยกำลังอำนาจแห่งชาติ โดยเฉพาะด้านการทหารเป็นสำคัญ ซึ่งกำลังพลของกองทัพผู้เชี่ยวชาญด้านสงครามไซเบอร์หรือนักรบไซเบอร์เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งขาด การผลิตบุคลากรนั้นสามารถดูกรอบความคิดจากประเทศต่าง ๆ ที่ได้เสนอไว้แล้ว อาทิเช่น NICE Cybersecurity Workforce Framework ของสหรัฐฯ และมาประยุกต์ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทยก็จะเป็นประโยชน์อย่างมาก

การพัฒนานักรบไซเบอร์เป็นการลงทุนที่ใช้ทรัพยากรไม่มาก แต่สามารถทำหน้าที่รักษาความมั่นคงแห่งชาติได้มีประสิทธิภาพไม่แพ้อาวุธยุทโธปกรณ์อื่น ๆ ในบางกรณีนักรบไซเบอร์เพียงหนึ่งนายสามารถที่จะหยุดกองทัพศัตรูได้ทั้งกองทัพ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] NIST, National Initiative for Cybersecurity Education (NICE) Cybersecurity Workforce Framework.
- [2] นักรบไซเบอร์. (2563). สืบค้น 12 มกราคม 2563 จาก https://web.facebook.com/pp1169/posts/2655057897941012/?rdc=1&_rdr
- [3] Reuters. (2013). Are there enough cyber warriors to fight against crime? . Retrieved on October 14, 2013 from <https://businesstech.co.za/news/internet/47559/are-there-enough-cyber-warriors-to-fight-against-crime/>
- [4] C.J.Heatherly. (2019). Every Soldier a Cyber Warrior: The Case for Cyber Education in the United States Army. Retrieved on April 30, 2019 from https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/HEATHERLYMELENDEZ_CDR_V4N1.pdf?ver=105206-983
- [5] M.A.DeMuth. (2020). Creating Cyber Warriors. Retrieved on April 30, 2010 from <https://www.georgiatrend.com/2020/04/30/creating-cyber-warriors/>
- [6] BBC News. (2562). สื่อหลายแห่งเผย สหรัฐฯ “โจมตีไซเบอร์” รบกวการทำงานเครื่องยิงขีปนาวุธอิหร่าน. สืบค้น 23 มิถุนายน 2562 จาก <https://www.bbc.com/thai/international-48736849>
- [7] Pantip. (2560). เรือรบอเมริกาเกิดโรซินที่ญี่ปุ่นครับ. สืบค้น 17 มิถุนายน 2560 จาก <https://pantip.com/topic/36574764>
- [8] Matichon online. (2565). จีน ปฏิเสธข้อกล่าวหาหลังมกนตั้งข้อหา 4 จีน แสกข้อมูลชาวอเมริกัน. สืบค้น 11 มิถุนายน 2565 จาก https://www.matichon.co.th/foreign/news_1963847
- [9] ฐานเศรษฐกิจ. (2560). อาชญากรรมไซเบอร์พุ่ง เหยื่อยอีกด้านยุคดิจิทัล. สืบค้น 28 มีนาคม 2560 จาก <https://www.thansettakij.com/business/136878>
- [10] Post Today. (2561). 5 เทรนด์ใหม่บนไซเบอร์. สืบค้น 3 เมษายน 2561 จาก <https://www.posttoday.com/economy/news/546511>
- [11] Global Tech. (2562). SRAN จัดทำระบบสถิติภัยคุกคามทางอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย. สืบค้น 8 มีนาคม 2562 จาก <https://www.gbtech.co.th/sran-จัดทำระบบสถิติภัยคุกคาม>
- [12] BitcoinAddict Thailand. (2563). โรงพยาบาลถูก Ransomware หรือไวรัสเรียกค่าไถ่เป็น Bitcoin โจมตี ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ล่มจนไม่สามารถใช้งานได้. สืบค้น 9 กันยายน 2563 จาก <https://bitcoinaddict.org/2020/09/09/saraburi->
- [13] Youtube. (2563). มอบรางวัล Army Cyber Contest 2020. สืบค้น 23 ธันวาคม 2563 จาก https://www.youtube.com/watch?v=th_lGmAjoSs
- [14] Pantip. (2556). อเมริกา เตรียมออกเหรียญกลาหาญใหม่สำหรับผู้ปฏิบัติการด้านไซเบอร์/UAV Operator. สืบค้น 24 กุมภาพันธ์ 2556 จาก <https://pantip.com/topic/30178709>
- [15] Cybertronium. NIST National Initiative for Cybersecurity Education (NICE). สืบค้นจาก <https://www.cybertronium.com/Trainings/Nice-Framework>

**การศึกษาการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐาน
องค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นที่ทางวิ่งเปียก**

**A study on aircraft safety risk management while landing at the airport
according to the standards of the International Civil Aviation Organization:
A Case study of wet runway**

ธนกร เอี่ยมปาน

วิทยาลัยการบินและคมนาคม มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Thanakorn Eiampan

College of Aviation and Transportation Sripatum University

Thanakorn.ei@spu.ac.th

Received : May 25, 2022

Revised : June 19, 2022

Accepted : June 20, 2022

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการบินทางอากาศมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศมีหน้าที่กำหนด และรักษามาตรฐานความปลอดภัยด้านการบินทั่วโลก จากข้อมูลอากาศยานอุบัติเหตุขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ในปี 2016 พบว่า จำนวนอากาศยานอุบัติเหตุซึ่งมากกว่า 50% เกิดจากเครื่องบินออกนอกทางวิ่ง บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบิน ตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษาพื้นที่ทางวิ่งเปียก ขั้นตอนการดำเนินการ โดยการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการประเมินและนำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษาพื้นที่ทางวิ่งเปียก ผลการศึกษาพบว่า แนวทางการบริหารจัดการปฏิบัติการบินของเครื่องบินเมื่อพื้นที่ทางวิ่งเปียก ได้แก่ (1) กำหนดหาความเร็วในการลงสนามบินของเครื่องบิน (2) การพิจารณาสภาพพื้นที่ทางวิ่งของสนามบินปลายทาง (3) กำหนดหาความเร็วไฮโดรพลานนิ่งแบบไดนามิก (4) พิจารณาความเร็วในการลงสนามบินของเครื่องบินมีค่ามากกว่าความเร็วไฮโดรพลานนิ่งแบบไดนามิก ซึ่งการลงสนามบินครั้งนี้เป็นการลงสนามบินในกรณีไฮโดรพลานนิ่ง และ (5) นักบินใช้เทคนิคการบินสำหรับปฏิบัติการบินลงสนามบินเพื่อให้เกิดความปลอดภัย ดังนั้นผู้บริหารองค์กรการบินต้องบริหารจัดการระบบความปลอดภัยในองค์กรและจัดการอบรมให้ความรู้กับบุคลากรอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันอากาศยานอุบัติเหตุ

คำสำคัญ: การบริหารความเสี่ยงความปลอดภัย, องค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ, พื้นที่ทางวิ่งเปียก

Abstract

The air transport industry plays a very important role in the country's economy. The International Civil Aviation Organization is responsible for setting and maintaining aviation safety standards around the world. According to the International Civil Aviation Organization Air Accident Data, in 2016, more than 50% of the number of air accidents was caused by planes runway excursions. The objective of this academic article is to present guidelines for the management of aircraft safety risk management while landing at the airport according to the standards of the International Civil Aviation Organization: A Case study of wet runway. Action steps concept study related theories and conducting assessments and presenting guidelines for aircraft safety risk management while landing at the airport according to the standards of the International Civil Aviation Organization: A Case study of wet runway. The results of the study found that guidelines for the management of aircraft flight operations when wet runway are: (1) calculating the landing speed of the aircraft (2) considering the runway condition of the destination airport (3) calculating the speed for dynamic hydroplaning (4) Considering the landing speed of the aircraft is greater than the speed for dynamic hydroplaning. Therefore, landing at the airport this time is in the case of hydroplaning and (5) pilots use aeronautical techniques for landing operations to ensure safety. Therefore, the executives of the aviation organization must manage the safety system in the organization and continually organize training to educate personnel to prevent aircraft accidents.

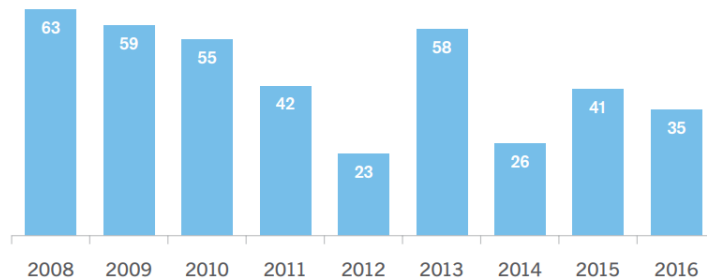
Keywords: Safety risk management, International Civil Aviation Organization, Wet runway

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการขนส่งทางอากาศสนับสนุนการค้าธุรกิจ และเป็นวิธีเดียวที่จะเชื่อมโยงผู้คนและสินค้าเข้าด้วยกันอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งคิดเป็นจำนวน 35% ของมูลค่าการค้าโลก ปัจจุบันมีผู้โดยสารมากกว่า 270 ล้านคน และเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องและจะเติบโตต่อไปอีก แอร์บัสคาดการณ์ในอีก 20 ปีข้างหน้าว่าความต้องการเครื่องบินใหม่จะค่อยๆ ไปเป็นการทดแทนเครื่องบินรุ่นเก่าที่ประหยัคน้ำมันน้อยลง โดยความต้องการเครื่องบินโดยสารและเครื่องบินขนส่งสินค้าใหม่กว่า 39,000 ลำ ซึ่งจะส่งมอบในอีก 20 ปีข้างหน้า และจะมีประมาณ 15,250 ลำ เพื่อทดแทนเครื่องบินรุ่นเก่าที่ประหยัเชื้อเพลิง [1] องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กล่าวว่า การปฏิบัติการบินนั้นความปลอดภัยเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดพร้อมกับมีบริการทางอากาศที่รวดเร็วและเชื่อถือได้ ปัจจุบันประเทศจำนวน 193 ประเทศที่มีความร่วมมือระหว่างประเทศด้านความปลอดภัยในการบิน ซึ่งรัฐบาลและกลุ่มอุตสาหกรรมได้ช่วยให้เครื่องบินพาณิชย์เป็นวิธีที่ปลอดภัยที่สุดในการเดินทาง โดยเป็นสมาชิกขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ [9] ซึ่งมีเป้าหมายว่าจะมีผู้เสียชีวิตเป็นศูนย์ภายในปี 2030 และมีการดำเนินโครงการที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนความปลอดภัยการบินทั่วโลก การกำกับดูแลและการลดความเสี่ยงการเพิ่มความแข็งแกร่งของขีดความสามารถด้านกฎระเบียบ

สถิติการเกิดอุบัติเหตุของเครื่องบินจะเกิดทุกช่วงเวลาการบิน [5] และจะเกิดจากมากที่สุด คือ การลงสนามบิน (Landing) จำนวน 24.1% และสอดคล้องกับแนวคิดของแซปเฟลและวิกแมน (2003) [12] กล่าวว่า ปัจจัยมนุษย์ส่วนใหญ่ถูกอ้างถึงอย่างต่อเนื่องว่าเป็นสาเหตุหลักของอุบัติเหตุเครื่องบินโดยสาร ประมาณการร้อยละของอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับช่วงข้อผิดพลาดของมนุษย์ตั้งแต่ 70% ถึง 80% จากข้อมูลขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ [8] พบว่า จำนวนอากาศยานอุบัติเหตุซึ่งเกิดจากเครื่องบินออกนอกทางวิ่ง (รูปที่ 1) โดยมีปัจจัยสภาพอากาศ (สภาพแวดล้อม) ที่ส่งผลให้พื้นทางวิ่งถูกปนเปื้อนด้วยหิมะ น้ำแข็ง

โคลน หรือน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการบิน การควบคุมเครื่องบิน และกรณีศึกษาการเกิดอุบัติเหตุเครื่องบินโบอิง 747-400 ออกนอกทางวิ่งของท่าอากาศยานดอนเมือง (กรุงเทพฯ) ประเทศไทย [3] เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2542 ขณะลงจอดที่สนามบิน โดยได้รับผลกระทบจากน้ำหลังฝนตกหนัก เครื่องบินได้รับความเสียหายอย่างมาก หลังจากออกจากทางวิ่ง ผลของการสอบสวนการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ พบว่า นักบินไม่ได้ใช้การบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยที่เพียงพอสำหรับการลงสนามบิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบของพื้นทางวิ่งที่จะปนเปื้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 1 สถิติอุบัติเหตุเครื่องบินออกนอกทางวิ่ง ปี 2008–2016 [8]

จากข้อมูลสถิติอุบัติเหตุเครื่องบินออกนอกทางวิ่ง ปี 2008–2016 และกรณีศึกษาการเกิดอุบัติเหตุเครื่องบินโบอิง 747-400 ดังนั้นนักบินต้องมีความรู้ความสามารถในการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยเครื่องบินขณะลงสนามบิน เพื่อให้มีความปลอดภัยได้ ทำให้ผู้เขียนดำเนินการนำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ เพื่อลดความเสียหายของการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การบริหารความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety Risk Management) [7]

องค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กล่าวว่า ความปลอดภัย (Safety) หมายถึง สภาพที่มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นอันตรายต่อบุคคล หรือความเสียหายต่อทรัพย์สินลดลงเหลือ และรักษาไว้ที่ระดับที่ยอมรับได้หรือต่ำกว่า โดยได้ผ่านกระบวนการระบุอันตราย และการบริหารความเสี่ยงด้านความปลอดภัย

อันตราย (Hazard) หมายถึง สถานการณ์หรือวัตถุที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดการเสียชีวิต การบาดเจ็บต่อบุคคล ความเสียหายต่ออุปกรณ์หรือโครงสร้าง การสูญเสียวัสดุ หรือการลดความสามารถในการปฏิบัติหน้าที่

ความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety Risk) หมายถึง ความเป็นไปได้และความรุนแรงที่คาดการณ์ไว้ของผลที่ตามมา หรือผลลัพธ์จากอันตรายที่มีอยู่

การบริหารความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety Risk Management) หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการบริหารจัดการ ให้ความเสี่ยงลดลง หรือลดผลกระทบความเสียหายจากความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

กระบวนการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัย (The process of safety risk management) มี 5 ขั้นตอน ได้แก่

3.1.1 การระบุอันตราย (Hazard identification) หมายถึง การผสมผสานวิธีการรวบรวมข้อมูลความปลอดภัยเชิงรับ ความปลอดภัยเชิงรุก และความปลอดภัยเชิงคาดการณ์ในการหาอันตราย

3.1.2 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของความเสี่ยง (Risk analysis probability) หมายถึง โอกาสหรือความถี่ของอันตราย ที่มีผลต่อความปลอดภัยหรือผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้น

3.1.3 การวิเคราะห์ความรุนแรงของความเสี่ยง (Risk analysis severity) หมายถึง ขอบเขตของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น อย่างสมเหตุสมผลอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากอันตรายที่ระบุ

3.1.4 การประเมินความเสี่ยงและความทนทาน (Risk assessment and tolerability) หมายถึง การประมวลผล ความน่าจะเป็นของความเสี่ยง (Risk Probability) และความรุนแรงของความเสี่ยง (Risk Severity) เพื่อให้ได้มาซึ่งการประเมิน ความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety risk assessment) และความทนทานต่อความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety risk tolerability) ดังตารางที่ 1

เมื่อได้ผลจากตารางที่ 1 การประเมินความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety risk assessment) แล้วให้นำข้อมูลไปใช้ในการ พิจารณาความทนทานต่อความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety risk tolerability) (รูปที่ 2)

ตารางที่ 1 การประเมินความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety risk assessment)

ความน่าจะเป็นของความเสี่ยง (Risk Probability)	ความรุนแรงของความเสี่ยง (Risk Severity)				
	ภัยพิบัติ , A	อันตราย , B	มาก , C	น้อย , D	ไม่สำคัญ , E
บ่อย , 5	5A	5B	5C	5D	5E
เป็นครั้งคราว , 4	4A	4B	4C	4D	4E
ไม่น่าเกิดขึ้น , 3	3A	3B	3C	3D	3E
ไม่น่าจะเป็นไปได้ , 2	2A	2B	2C	2D	2E
ไม่เห็นโอกาสที่จะเกิด , 1	1A	1B	1C	1D	1E

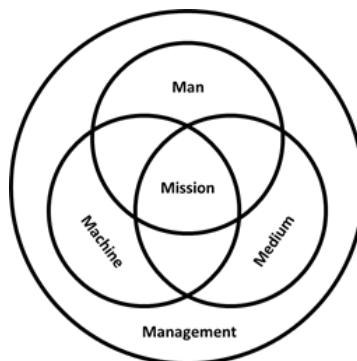
ความเสี่ยงปานกลาง , ขอมรับได้ขึ้นอยู่กับการบรรเทาความเสี่ยง
ความเสี่ยงต่ำ , ขอมรับได้

รูปที่ 2 ความทนทานต่อความเสี่ยงความปลอดภัย (Safety risk tolerability)

3.1.5 การควบคุมหรือบรรเทาความเสี่ยง (Risk control or mitigation) หมายถึง การดำเนินการควบคุมหรือลดระดับความเสี่ยงความปลอดภัยให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ โดยมีหลักการตอบสนองความเสี่ยง 3 ประการ ได้แก่ (1) การหลีกเลี่ยง (Avoidance) หมายถึง การดำเนินการยกเลิกการปฏิบัติงานการบิน เนื่องจากความเสี่ยงด้านความปลอดภัยมีมากกว่าประโยชน์ของการปฏิบัติงานการบิน (2) การลดลง (Reduction) หมายถึง การลดความถี่ของการปฏิบัติงานการบิน หรือการดำเนินการลดขนาดของผลที่ตามมาของความเสี่ยงความปลอดภัย (3) การแบ่งแยก (Segregation) หมายถึง การดำเนินการเพื่อแยกผลกระทบของความเสี่ยงความปลอดภัย หรือสร้างระบบสำรองป้องกัน

3.2 ทฤษฎีสาเหตุการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ (5M Model) [2]

E.A. Jerome (1976) ได้พัฒนาทฤษฎีสาเหตุการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ และนำมาใช้การวิเคราะห์สาเหตุหลักของการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ โดยกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ (1) มนุษย์ (Man) หมายถึง บุคลากรที่มีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมการบินตั้งแต่การออกแบบ การสร้าง การซ่อมบำรุง และการปฏิบัติงาน (2) เครื่องจักร (Machine) หมายถึง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นจากส่วนต่างๆ หลายส่วน หรือถูกสร้างขึ้นมาโดยเป็นตามมาตรฐาน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายเฉพาะเจาะจงอย่างหนึ่ง (3) สภาพแวดล้อม (Medium) หมายถึง สิ่งที่อยู่รอบตัวผู้ปฏิบัติงานในองค์กรและเครื่องจักร โดยเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงควมมีอิทธิพลต่อความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน (4) ภารกิจ (Mission) หมายถึง การกำหนดการปฏิบัติงานที่ต้องปฏิบัติให้สำเร็จเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของงาน โดยการปฏิบัติงานในแต่ละอย่างจะต้องใช้ความรู้ความชำนาญที่แตกต่างกันออกไป และ (5) การบริหารจัดการ (Management) หมายถึง กระบวนการของการมุ่งสู่เป้าหมายขององค์กรจากการทำงานร่วมกัน โดยใช้บุคคล และทรัพยากรอื่น ๆ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ทฤษฎีสาเหตุการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ (5M Model) [2]

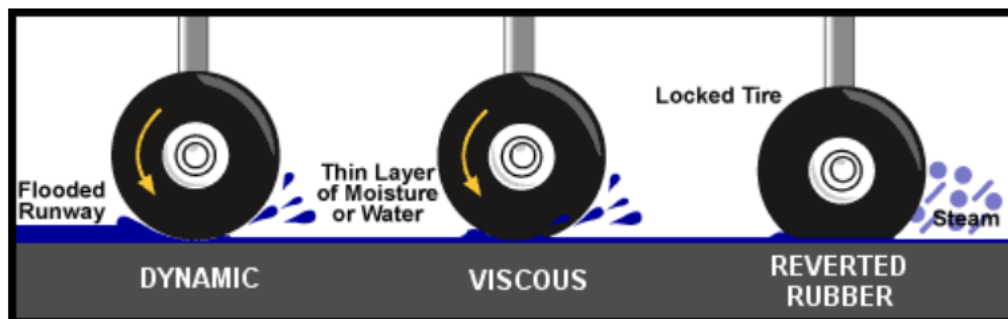
3.3 ไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning) [6]

เมื่อเครื่องบินวิ่งอยู่บนพื้นทางวิ่ง (Runway) จะเกิดแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างหน้ายางของล้อสัมผัสกับพื้นทางวิ่ง (Runway) เมื่อพื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) แรงเสียดทานยังคงอยู่จากการที่น้ำถูกรีดออกจากล้อที่หมุนและหน้ายางยังคงสัมผัสกับพื้นทางวิ่ง แต่เมื่อล้อหมุนเร็วขึ้นเวลาที่ล้อจะรีดน้ำออกจึงสั้นลง และรีดน้ำได้ไม่หมด จนถึงความเร็วหนึ่ง น้ำจะถูกรีดออกไม่ทัน จึงทำให้หน้ายางไม่สัมผัสกับพื้นผิวทางวิ่งจนเกิดการสูญเสียแรงเสียดทานหรือล้อไม่เกาะพื้นทางวิ่ง โดยเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning) ดังนั้น ไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning) หมายถึง สภาพที่เกิดขึ้นเมื่อยางของเครื่องบินลอยขึ้นจากพื้นทางวิ่งและอยู่บนพื้นผิวของสิ่งปนเปื้อน น้ำนิ่ง น้ำแข็ง หิมะ โคลน น้ำค้างแข็ง หรือสารอื่น ๆ

3.3.1 อันตรายจากไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning)

เมื่อเครื่องบินลอยอยู่บนชั้นของของเหลวหรือสารอื่น ๆ จะกีดขวางระยะห่างระหว่างยางล้อเครื่องบินกับพื้นทางวิ่ง โดยส่งผลให้สูญเสียการสัมผัสบางส่วนหรือทั้งหมด และต่อมาส่งผลให้สูญเสียการควบคุมภาคพื้นดิน

และประสิทธิภาพการเบรก เป็นผลทำให้เครื่องบินที่กำลังลงสนามบินจะใช้ระยะการลงจอด (Landing Distance) เพิ่มขึ้น และเครื่องบินอาจจะเสี่ยงต่อการออกนอกทางวิ่ง (Runway Excursion) ดังนั้นอันตรายจากไฮโดรเพลนนิ่งขึ้นอยู่กับความลึกและชนิดของสารปนเปื้อน แรงดันลมยาง ความเร็วของเครื่องบิน ประสิทธิภาพป้องกันการลื่นไถลหรือล้อล็อก



รูปที่ 4 ประเภทของไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning) [6]

3.3.2 ไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.3.2.1 ไฮโดรเพลนนิ่งแบบไดนามิก (Dynamic Hydroplaning) หมายถึง ไฮโดรเพลนนิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเครื่องบินมีความเร็วสูงในระหว่างการบินขึ้นหรือลงจอดสนามบิน สิ่งนี้สามารถเกิดขึ้นเมื่อเครื่องบินเคลื่อนที่ และมีฟิล์มน้ำที่มีความลึกอย่างน้อยหนึ่งในสิบนิ้วบนพื้นทางวิ่ง ซึ่งขณะที่ล้อยางกำลังเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวพื้นทางวิ่ง และน้ำที่อยู่ด้านหน้าล้อยางจะเริ่มสะสม เมื่อเครื่องบินมีความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้การสะสมของน้ำด้านหน้าล้อยางเพิ่มขึ้นเช่นกัน และส่งผลให้เกิดลื่นไถลระหว่างยางกับพื้นทางวิ่ง เมื่อแรงดันน้ำถึงจุดหนึ่งแล้วก็จะสามารถรับน้ำหนักของเครื่องบินได้ และล้อยางจะถูกยกออกจากพื้นทางวิ่ง โดยไม่มีการเสียดสีกับพื้นทางวิ่งอีกต่อไป ทำให้สูญเสียการเบรก การควบคุมทิศทาง และยางหยุดหมุนเนื่องจากขาดการเสียดสีกับพื้นทางวิ่ง (รูปที่ 4)

สูตรคำนวณหาความเร็วไฮโดรเพลนนิ่งแบบไดนามิก (V_p)

$$V_p = 8.6\sqrt{T_p} \quad (1)$$

โดย V_p คือ ความเร็วไฮโดรเพลนนิ่งแบบไดนามิก

T_p คือ ความดันลมยาง

กรณีศึกษา [11] เครื่องบิน Boeing 737 - 800 มีความดันลมยาง (T_p) = 200 psi.

จากสูตร (1) ความเร็วไฮโดรเพลนนิ่งแบบไดนามิก (V_p) = $8.6\sqrt{200}$ = 122 ไมล์/ชั่วโมง

ดังนั้นเมื่อเครื่องบิน Boeing 737 - 800 ลงสนามบินในสภาพที่พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) และความเร็วในการลงสนามบินของเครื่องบิน (Landing Speed) มีค่ามากกว่า 122 ไมล์/ชั่วโมง (ความเร็วไฮโดรเพลนนิ่งแบบไดนามิก) ซึ่งเครื่องบินจะได้รับอันตรายจากปรากฏการณ์ไฮโดรเพลนนิ่งได้

3.3.2.2 ไฮโดรเพลนนิ่งแบบหนืด (Viscous hydroplaning) หมายถึง ไฮโดรเพลนนิ่งที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติความหนืดของน้ำ สิ่งนี้สามารถเกิดขึ้นเมื่อเครื่องบินเคลื่อนที่ และมีฟิล์มน้ำที่มีความลึกอย่างน้อยหนึ่งในพันนิ้ว

บนพื้นทางวิ่ง ล้อยางไม่สามารถทะลุผ่านชั้นน้ำได้และยังคงลอยอยู่เหนือทางวิ่ง โดยจะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อพื้นที่ราบเรียบของทางวิ่งบริเวณจุดลงจอดที่ขาสะสมจากการลงจอดซ้ำ ๆ (รูปที่ 4)

3.3.2.3 ไฮโดรแพลนนิ่งยางแบบย้อนกลับ (Reverted Rubber Hydroplaning) หมายถึง ไฮโดรแพลนนิ่งที่ต้องใช้ฟิล์มน้ำบาง ๆ บนพื้นทางวิ่งเท่านั้น สิ่งนี้สามารถเกิดขึ้นเมื่อนักบินใช้เบรกอย่างหนักบนพื้นทางวิ่งเปียกจะทำให้ล้อล็อก และยางลื่นไถล โดยความร้อนที่เกิดจากความเสียดทานทำให้ยางอย่างน้อยหนึ่งเส้นกลับสู่สถานะหลอมละลาย ซึ่งจะกักน้ำไว้ระหว่างยางล้อกับพื้นทางวิ่ง ซึ่งจะถูกแปลงเป็นไอน้ำเนื่องจากความร้อนและยกล้อยางออกจากพื้นทางวิ่ง ซึ่งจะเป็นอันตรายอย่างยิ่งเพราะนักบินอาจไม่ทราบว่ากำลังเกิดขึ้น และอาจยังคงอยู่ที่ความเร็วต่ำมาก (20 นอต หรือน้อยกว่า) (รูปที่ 4)

4. ขอบเขตของบทความวิชาการ

ผู้เขียนศึกษาทฤษฎีสาเหตุการเกิดอากาศอูบัตินิเทศของ E.A. Jerome (1976 [2] และเลือกเฉพาะปัจจัยสภาพแวดล้อม (Medium) ที่ส่งผลต่อการเกิดอูบัตินิเทศของอากาศยาน ดังนั้นปัจจัยสภาพแวดล้อม (Medium) คือ พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) และการปฏิบัติการบินของเครื่องบินขณะลงสนามบิน

5. วิธีการดำเนินการศึกษา

บทความวิชาการมีขั้นตอนการดำเนินการศึกษา ดังนี้

5.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการวิเคราะห์และประเมินการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก

5.2 นำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก

6. การประเมินการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก

ผู้เขียนนำ อันตราย คือ พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) มาใช้วิธีประเมินการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของอากาศยานขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ และได้ผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway)

กระบวนการประเมินการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway)					
การปฏิบัติการบิน	อันตราย	การเริ่มต้นการประเมินความเสี่ยง	การลดความเสี่ยง	การประเมินความเสี่ยงที่คงเหลือ	ความทนทานต่อความเสี่ยงด้านความปลอดภัย
การลงสนามบิน	พื้นทางวิ่งเปียก	4A	แนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัย	3E	ความเสี่ยงต่ำ

จากตารางที่ 2 ผู้เขียนดำเนินการวิเคราะห์และประเมินการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) ได้แก่

1. ผู้เขียนประเมินอันตราย คือ พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) โดยการเริ่มต้นการประเมินความเสี่ยงได้ระดับ 4A ซึ่งมีเหตุผลได้แก่ ในปี 2016 มีรายงาน 59 รายการ พบว่าอุบัติเหตุซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่ง (จำนวน 35 ราย) เกิดจากเครื่องบินออกนอกทางวิ่ง [8] และสอดคล้องกับ กรณีศึกษาการเกิดเครื่องบินอุบัติเหตุเครื่องบิน Air India Express เที่ยวบิน IX 1344 ผู้โดยสารบินนานาชาติโคเซโคด ในรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย [10] ประสบอุบัติเหตุไถลออกนอกพื้นทางวิ่ง หล่นกระแทกหุบเขา ทำให้เครื่องบินขาดสองท่อน โดยเครื่องบินนี้เกิดอุบัติเหตุขณะพยายามลงจอด ทำให้เครื่องบินไถลออกนอกพื้นทางวิ่งก่อนจะหักเป็นสองท่อน มีรายงานผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 17 คน รวมถึงกัปตันและนักบินผู้ช่วย โดยสาเหตุของอุบัติเหตุครั้งนี้คาดว่า เป็นเพราะฝนที่ตกลงมาอย่างหนัก

2. ผู้เขียนมีวิธีการลดความเสี่ยง โดยการนำแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยเพื่อเป็นการลดความน่าจะเป็นของความเสี่ยง (Risk Probability) และความรุนแรงของความเสี่ยง (Risk Severity)

3. ผู้เขียนประเมินแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) โดยมีความเสี่ยงที่คงเหลือในระดับ 3E และความทนทานต่อความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในระดับความเสี่ยงต่ำ

7. แนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก

ผู้เขียนนำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบินตามมาตรฐานองค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ กรณีศึกษา พื้นทางวิ่งเปียก เพื่อให้นักบินเป็นแนวทางการบริหารจัดการปฏิบัติการบิน ได้แก่

7.1 นักบินคำนวณหาความเร็วในการลงสนามบินของเครื่องบิน (Landing speed) โดยพิจารณาจากน้ำหนักของเครื่องบินขณะลงสนามบิน และการเลือกใช้แฟลป (Flap) ในการลงสนามบิน (เครื่องบินควรมีความเร็วในการลงสนามบินต่ำที่สุด เพื่อจะช่วยลดโอกาสที่การเกิดไฮโดรแพลนนิ่ง (Hydroplaning) และใช้ระยะทางในการลงสนามบิน (Landing distance)ให้น้อยที่สุด)

กรณีศึกษา ข้อมูลเครื่องบิน Boeing 737-800 [11] ผลการคำนวณ การลงสนามบินของเครื่องบิน Boeing 737-800 มีน้ำหนัก 60,000 กิโลกรัม และนักบินเลือกใช้แฟลป 40 (Flap 40) ในการลงสนามบิน ดังนั้นความเร็วในการลงสนามบินของเครื่องบิน (Landing speed) Boeing 737-800 = 133 ไมล์/ชั่วโมง

7.2 นักบินพิจารณาสภาพพื้นทางวิ่งของสนามบินปลายทางจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้านการบินของสนามบิน (Automatic Terminal Information Service) เช่น สภาพอากาศ ลม ทิศนวิสัย ความกดอากาศ อุณหภูมิ สภาพพื้นทางวิ่ง เมื่อนักบินได้รับข้อมูลว่าสภาพของสนามบินปลายทางเป็นสภาพพื้นทางวิ่งเปียก (Wet runway) แสดงว่าการลงสนามบินครั้งนี้เป็นการลงสนามบินในกรณีไฮโดรแพลนนิ่ง (Hydroplaning)

7.3 นักบินคำนวณหาความเร็วไฮโดรแพลนนิ่งแบบไดนามิก (V_p)

กรณีศึกษา ข้อมูลเครื่องบิน Boeing 737-800 [11] มีความดันลมยาง (T_p) = 200 psi.

จากสูตร (1) ความเร็วไฮโดรแพลนนิ่งแบบไดนามิก (V_p) = $8.6\sqrt{200}$ = 122 ไมล์/ชั่วโมง

7.4 นักบินพิจารณาความเร็วในการลงสนามบินของเครื่องบิน (Landing speed) Boeing 737-800 = 133 ไมล์/ชั่วโมง มีค่ามากกว่าความเร็วไฮโดรแพลนนิ่งแบบไดนามิก (V_p) = 122 ไมล์/ชั่วโมง ดังนั้นการลงสนามบินครั้งนี้เป็นการลงสนามบินในกรณีไฮโดรแพลนนิ่ง (Hydroplaning)

7.5 เมื่อนักบินปฏิบัติการบินลงสนามบิน กรณีไฮโดรเพลนนิ่ง (Hydroplaning) โดยเทคนิคการบิน ได้แก่

7.5.1 เมื่อล้อหลัก (Main Landing Gear) ของเครื่องบินอยู่บนพื้นทางวิ่ง นักบินดึงคันบังคับหลัก (Yoke) เพื่อให้ส่วนควบคุมแนวระดับ (Elevator) ทำงาน และเกิดแรงต้านตามหลักอากาศพลศาสตร์ของเครื่องบินเพิ่มขึ้น เพื่อชะลอความเร็วของเครื่องบินให้ช้าลง และเป็นการเพิ่มน้ำหนักลงบนล้อหลัก ซึ่งจะช่วยให้โอกาสในการเจาะชั้นน้ำ และทำให้ล้อหลักเครื่องบินสัมผัสกับพื้นทางวิ่งมากขึ้น โดยส่งผลต่อประสิทธิภาพของการใช้เบรกในการหยุดเครื่องบินบนพื้นทางวิ่ง

7.5.2 นักบินวางล้อหัว (Nosewheel) ของเครื่องบินลงบนพื้นทางวิ่งแล้ว นักบินควรใช้เบรกในระดับปานกลาง และอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดที่ล้อไถลได้ ซึ่งเทคนิคการเบรกที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ

7.5.3 นักบินควบคุมทิศทางของเครื่องบินโดยใช้หางเสือ (Rudder) ตลอดเวลา และหลีกเลี่ยงการแก้ไขโดยใช้หางเสือมากเกินไป

8. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ชี้แจงถึงผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุของอากาศยานขณะกำลังลงสนามบิน จากแบบจำลองสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ [7] ได้นำเสนอให้องค์กรการบินกำหนดมาตรการการป้องกันการเกิดอากาศยานอุบัติเหตุ ได้แก่ การกำหนดกฎระเบียบการทำงานหรือแนวทางการปฏิบัติงานในสถานการณ์ต่าง ๆ และการฝึกอบรมบุคลากรให้ได้มาตรฐานการทำงาน ซึ่งผู้เขียนนำเสนอแนวทางการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของเครื่องบินขณะลงสนามบิน เพื่อให้ให้นักบินเป็นแนวทางการบริหารจัดการปฏิบัติการบินของเครื่องบินเมื่อพื้นทางวิ่งเปียก เพื่อให้การปฏิบัติการบินมีความปลอดภัย

9. ข้อเสนอแนะ

ผู้บริหารองค์กรการบินต้องบริหารจัดการระบบความปลอดภัยในองค์กร โดยการออกนโยบายความปลอดภัยขององค์กร ให้กับบุคลากรปฏิบัติงานตามคู่มือปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด มีระบบการตรวจสอบติดตามประเมินผลการปฏิบัติงาน และจัดการอบรมให้ความรู้กับบุคลากรอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันอากาศยานอุบัติเหตุ

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Airbus. (2022) Global Market Forecast 2021-2040. Retrieved on March 10, 2022, from <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/market/global-market-forecast>
- [2] Alexander T. Wells and Clarence C. Rodrigues. (2003). Commercial Aviation Safety. New York: McGraw-Hill.
- [3] Australian Transport Safety Bureau, (2009). Runway excursions. Retrieved on March 10, 2022, from <https://flightsafety.org/files/RERR/ATSB%20Report.pdf>
- [4] Colin. C. (2021). The 3 Types of Hydroplaning and How to Prevent Them. Retrieved on December 21, 2021, from <https://www.boldmethod.com/blog/lists/2019/02/the-three-types-of-aircraft-hydroplaning-and-how-to-prevent-them/>
- [5] FAA. (2016). Pilot's handbook of Aeronautical Knowledge. United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Oklahoma City.
- [6] Gleim. A. (2021). Hazards Associated with Hydroplaning. Retrieved on December 21, 2021, from Error! Hyperlink reference not valid.
- [7] International Civil Aviation Organization. (2012). Safety Management Manual (SMM) Third Edition. Retrieved on October 1, 2020, from https://www.icao.int/sam/documents/rst-smssp-13/smm_3rd_ed_advance.pdf

- [8] International Civil Aviation Organization. (2019). State of Global Aviation Safety. Retrieved on March 10, 2022, from https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2019_29082019.pdf
- [9] International Civil Aviation Organization. (2022). Safety. Retrieved on March 10, 2022, from <https://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>
- [10] MENTOUR PILOT. (2565) An analysis of air india flight IX-1344: Runway excursion. Retrieved on March 10, 2022, from <https://mentourpilot.com/an-analysis-of-air-india-flight-ix-1344-runway-excursion/>
- [11] Royal Thai Air Force. (2014). 737-800 Flight Crew Operations Manual. Seattle Washington: The Boeing Company.
- [12] Shappell, S. A. & Wiegmann, D. A. (2003). A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis. England, Ashgate Publishing Limited.



Published by
Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy
www.nkrafa.ac.th/journal