

ISSN : 2408-235X

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Volume 10 / Number 2 / July – December 2024

SAUJOURNAL.SAU.AC.TH



SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

เจ้าของ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ที่ปรึกษา

ดร.ฉัททวุฒิ พิษผล

อธิการบดี

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพันธ์ คั่งทองสุข

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

กองบรรณาธิการภายใน

รองศาสตราจารย์ ดร.วีระพันธ์ คั่งทองสุข

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาวาเอกไชโย ธรรมรัตน์

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนินภา บริบูรณ์สุขศรี

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ โอธนาทรัพย์

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรฐิติ บรรจงศิริ

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ดร.ภาณุวัฒน์ แตระกุล

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

กองบรรณาธิการภายนอก

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช อินต๊ะ

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา)

รองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี

กรรมการ (มหาวิทยาลัยบูรพา)

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายสร

กรรมการ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.จิระศักดิ์ ชาญภูมิธรรม

กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ)

รองศาสตราจารย์ มนต์รี คำเงิน

กรรมการ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรรมการบริหาร

รองศาสตราจารย์ สิริวิษ ทัศวน

(มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรฐิติ บรรจงศิริ

(มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วราธร แก้วแสง

(มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล

(มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)



SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

ฝ่ายพัฒนา ดูแลและปรับปรุงเว็บไซต์

นางณัฐภาวี จิระภาพันธุ์

นางสาวชুমณูช แยมรู้การ

นางสาวรุ่งทิวา ลังกาพันธ์

ฝ่ายเลขานุการ

นางณัฐภาวี จิระภาพันธุ์

นางสาวชুমณูช แยมรู้การ

จัดพิมพ์โดย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

ที่ติดต่อ วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 โทร 0-2807-4500-27 ต่อ 404

เว็บไซต์ saujournalst.sau.ac.th อีเมล SAUJournalST@sau.ac.th

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยและบทความวิชาการ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมอุตสาหการ อาชีวอนามัยและความปลอดภัย วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมเกษตร
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระหว่างนักวิจัย นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป
3. เพื่อเป็นเอกสารรวบรวมรายงานและบทความวิจัยที่น่าสนใจ และมีคุณค่าทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดองค์ความรู้ใหม่แก่นักวิจัยของมหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์ นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

ขอบเขต

เป็นเอกสารเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ (บทความวิชาการปริทรรศน์ บทความวิชาการเทคนิค บทความวิชาการพิเศษ) ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วาระการเผยแพร่

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY มีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 จะจัดพิมพ์ระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 จะจัดพิมพ์ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ของทุกปี

ข้อคิดเห็นในบทความของวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY เป็นทรัพย์สินส่วนตัวของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

Objectives

The main objectives of this journal are:

1. to publish research articles and academic articles in science and technology, Journal focus are Electrical Engineering, Electronics and communication Engineering, Computer Science, Computer Engineering, Civil Engineering, Mechanical Engineering, Industrial Engineering, Occupational Health and Safety, Environment Engineering and Agricultural Engineering;
2. to become a center for exchanging innovations in science and technology among researchers and interested persons;
3. to become a collection of interesting and valuable research papers and articles;
4. to promote and encourage Southeast Asia University researchers and interested persons to develop innovations.

Scope

To publish research articles and academic articles (Review articles, Technical article, Special Articles) in science and technology.

Schedule

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is published two issues annually. The first volume is published between January and June and the second is published July and December in each year.

Comments on the article of the SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is a personal opinion of the author. Editors boards may not necessarily agree.

บทบรรณาธิการ

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY ปีที่ 10 ฉบับที่ 2
ประจำเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2567 ปัจจุบันเป็นวารสารที่ได้รับรองให้อยู่ใน
ฐานข้อมูลของ TCI 2

จากผลการดำเนินงานของวารสารฉบับนี้มีบทความที่น่าสนใจทั้งหมด 8 บทความ เป็น
บทความวิจัย จำนวน 8 บทความ ซึ่งกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้
จากงานวิจัยต่าง ๆ ในวารสารเล่มนี้เป็นอย่างมาก

และในนามของ กองบรรณาธิการวารสาร ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ประเมินบทความทุก
ท่าน ที่ยอมเสียสละเวลาอันมีค่าช่วยกลั่นกรองงานวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น รวมถึง
คณาจารย์ นักศึกษา บุคคลทั่ว ๆ ไปทุกท่าน ที่ให้ความสนใจส่งบทความเพื่อเข้าสู่กระบวนการ
พิจารณาคุณภาพเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ ด้วยเหตุดังกล่าวนี้นี้ทำให้กองบรรณาธิการทุกท่านมีกำลังใจ
เป็นอย่างมากในการพัฒนาวารสารฯ ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย

หน้า

Design and Application of Smart Energy Management

Platform for Industrial Parks

1

Haitao Liu^{1,2}, Wirogana Ruengphrathuengsuka², Boonruk Chipipop²*

Thermal Conductivity of External Wall Insulation

17

Materials for Buildings

Pengsen Lei^{1,2}, Wirogana Ruengphrathuengsuka² and Boonruk Chipipop²*

อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิและ

28

อัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่ของครีบบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมและ
โปรไฟล์สามเหลี่ยมภายใต้สภาวะผิวเปียกบางส่วน

Effects of Temperature and Relative Humidity of Air on Temperature

Distributions and Local Heat Transfer Rate of Longitudinal Fins of Rectangular

and Triangular Profiles under Partially Wet Surface Conditions

ทศพล จันทร์ละออ¹ และ วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี^{1}*

Conscious Bias in Thailand Job Posting

39

*Phaphontee Yamchote, Pemika Cunaviriyasiri, Traivith Chupkum**

การวิจัยและพัฒนาาระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่

55

สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

The Research and Development on Air Conditioning System of Novel

Wheelchair for Moving the Respiratory Disease Patients

ปริญญญา เกียรติภัชช^{1}, อโณทัย สุขแสงพนมรุ่ง¹, วนชาติ บริสุทธิ¹ และ วีระพันธ์ ด้วงทองสุข²*

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย	หน้า
<p>การพัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเซนเซอร์แบบเรียลไทม์ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชันสมาร์ทฟาร์มในชุมชน</p> <p>The Development of a Real-time Data Collection System from Sensor Networks to Support Smart Farming Application Development in Communities</p> <p>สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ*, รัชเมศวร์ ดันวีณุกุล และบุญฤทธิ นกครุฑ</p>	74
<p>Sentiment Analysis of Twitter data based on Cannabis Legalization</p> <p><i>Smith Tripornkanokrat^{1*}, Ketsarin Boonkanit², Nuttachai Kulthammanit³ and Veerachai Suwatvanich⁴</i></p>	85
<p>การศึกษาการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม</p> <p>The study of product quality surveillance by the Thai Industrial Standards Institute in disaster situations</p> <p>เจนวิทย์ พรหมสัมช่า*, ศักดิ์ชัย รักการ และ พงนิย์ ศรีวิเชียร</p>	95

Design and Application of Smart Energy Management Platform for Industrial Parks

Haitao Liu^{1,2*}, Wirogana Ruengphrathuengsuka², Boonruk Chipipop²

¹Shanxi College of Applied Science and Technology

²Master of Engineering Program in Engineering Management,
Graduate School, Southeast Asia University, Bangkok 10160, Thailand

Corresponding author:s6542b10004@sau.ac.th/lhtly8690@gmail.com

Received : 23 January 2024 / Revised 1st : 30 April 2024 / Revised 2nd : 3 May 2024 /Accepted: 4 June 2024

บทคัดย่อ ขณะที่เศรษฐกิจและสังคมโลกยังคงพัฒนาต่อไป แรงกดดันด้านสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้น จำเป็นในการอนุรักษ์พลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงมีความเร่งด่วนมากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความท้าทายเหล่านี้ บทความวิจัยนี้เสนอแพลตฟอร์มการจัดการพลังงานอัจฉริยะที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับสวนอุตสาหกรรมด้วยการใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ขั้นสูงและเครือข่ายเซ็นเซอร์ในตัว แพลตฟอร์มนี้สามารถตรวจสอบอุปกรณ์พลังงานได้แบบเรียลไทม์ การประมวลผลแบบคลาวด์มีหน้าที่จัดเก็บ วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ การนำเสนอโซลูชันที่ครอบคลุมสำหรับการจัดการพลังงาน แพลตฟอร์มนี้ยังอำนวยความสะดวกในการพัฒนาเพื่อการประสานงานการจัดการพลังงาน ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างทรัพยากรไฟฟ้า ก๊าซ และน้ำ เครือข่ายอัจฉริยะเชิงโต้ตอบถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานและบำรุงรักษาอัจฉริยะแบบออนไลน์ รวมถึงบริการแบ่งปันอัจฉริยะที่ใช้งานง่าย ผลลัพธ์เชิงปฏิบัติแสดงให้เห็นว่าระบบการจัดการพลังงานอัจฉริยะแบบบูรณาการนี้ช่วยเพิ่มระดับข้อมูลภายในองค์กรได้อย่างมาก ไม่เพียงแต่ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญและลดต้นทุน แต่แพลตฟอร์มนี้ยังเพิ่มความสามารถในการสร้างกำไรขององค์กรอีกด้วย ด้วยการจัดการและควบคุมการใช้พลังงานในนิคมอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบจะลดการสิ้นเปลืองทรัพยากรให้เหลือน้อยที่สุด ช่วยให้บรรลุเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มการจัดการพลังงานอัจฉริยะ, เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT), การตรวจสอบพลังงาน, คลาวด์คอมพิวติ้ง, การอนุรักษ์พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Abstract: As the global economy and society continue to develop, environmental pressures are intensifying, making the need for energy conservation and emissions reduction increasingly urgent. In response to these challenges, a smart energy management platform specifically designed for industrial parks is proposed. By utilizing advanced Internet of Things (IoT) technology and integrated sensor networks, the platform achieves real-time

monitoring of energy devices. Cloud computing is responsible for storing, analyzing, and processing big data, offering a comprehensive solution for energy management. This platform also facilitates the coordinated development of energy management, enabling the interconnection of electricity, gas, and water resources. The interactive smart network has been constructed to facilitate online intelligent operation and maintenance, as well as user-friendly smart sharing services. Practical results demonstrate that this integrated intelligent energy management system significantly enhances the level of information within the enterprise. It not only significantly improves energy efficiency and reduces costs but also enhances the profitability of enterprises. By effectively managing and controlling energy consumption in industrial parks, the system minimizes resource waste, thereby achieving the goal of conserving energy and reducing emissions.

Keywords: Smart Energy Management Platform, Internet of Things (IoT) technology, Energy Monitoring, Cloud Computing, Energy Conservation and Emission Reduction

1. Introduction

Energy is the basis of human survival and development. Moreover, energy technology change and innovation are related to social progress and development [1-2]. The sharp increase in energy demand for social development has led to the overuse of energy, which has led to a series of environmental pollution and energy problems, thus highlighting the urgent need to strengthen energy conservation and emission reduction measures. As a significant contributor to energy consumption and carbon emissions, industrial parks are implementing sustainable management strategies [3-4]. An enterprise energy management system should not only meet the current energy management needs of the enterprise, but also significantly reduce the costs associated with data collection, maintenance, and analysis. However, existing management platforms suffer from a number of problems, including sloppy and unrefined management, inaccurate carbon

accounting and evaluation, and poor multi-energy utilization [5-6], which is the main goal of the proposed smart energy management system. The collaboration helps in aggregating data dispersed in different locations. Real-time energy consumption monitoring is the basis of the system, which is realized through enhanced measurements of major energy-consuming equipment and key production stages [7]. The measurement system enables accurate and up-to-date monitoring of energy consumption patterns. In addition, previous research efforts have focused on individual distribution systems, often neglecting the synergistic management of multiple energy sources such as natural gas and water resources [8]. Utilizing IoT capabilities, the system can collect real-time data on various energy sources in the industrial park, including electricity, water, and natural gas. This data integration is essential for comprehensive analysis and informed decision making [9].

Upon addressing the limitations of previous studies, the proposed system provides real-time energy consumption monitoring, dynamic optimization management, energy efficiency policy integration, and reliable digital evidence of safe production [10]. This paper presents a smart energy management system for industrial parks that aims to improve energy efficiency, reduce costs, and promote sustainable development practices. It promotes the long-term sustainable development of industrial parks through comprehensive data analysis and informed decision making.

2. Tools and Methods

2.1 Research tools

In this study, a range of specialized research tools were used to meticulously collect and measure key data.

A data logger [11] was used to collect data from various energy measurement devices such as electricity meters, power monitors and water meters. Its powerful features, including an Intel Atom CPU, a network interface with electromagnetic isolation, and flexible data collection modes, ensure its versatility. The data logger also excelled in system troubleshooting and diagnostics, supported by a range of interfaces including USB and serial ports, storage media and power management features. The accompanying management software further enhanced its usefulness, providing a total solution for data collection and analysis.

The Siemens Smart Controller (as shown in Figure 1) had integrated input/output points that could be expanded with signaling boards and communication

modules [12]. Its features included digital inputs and outputs, analog inputs, pulse outputs, and high-speed counters that provided sophisticated control interfaces. Additional communication interfaces allowed direct expansion using analog or digital signals. At the same time, optional extensions, including storage, PID controllers, and real-time clocks, enhanced its adaptability to a wide range of requirements.



Fig. 1 Siemens Intelligent Controller.

Online instruments, including low-range turbidimeters (as shown in Fig.2), dissolved oxygen meters, and pH meters, contributed significantly to real-time monitoring and analysis.

Turbidimeters [13] with dot-matrix LCD displays had a wide measurement range and operated at temperatures up to 45°C, providing accurate measurements with resolutions down to 0.001 NTU. The Dissolved Oxygen Meter (as shown in Fig.3) had a large LCD display that could display multiple parameters simultaneously and could operate with high accuracy and stability over a temperature range of 0 to 60°C.



Fig. 2 Online Low-Range Turbidity Instrument.



Fig. 3 Online Dissolved Oxygen Meter.

The pH meter had a large LCD display that could display multiple parameters at the same time. Meanwhile, the pH meter (as show in Fig.4) featured a large dot-matrix display for long-term stability and supported both pH and ORP measurements.

Together, these tools formed a powerful framework for comprehensive monitoring and management of the various parameters within the system. Combining accuracy, stability and flexibility, they provided an advanced and reliable infrastructure for the data collection and measurement processes that were critical to achieving project goals.



Fig. 4 Online PH Meter.

2.2 Data collection

The system utilized three main monitoring subsystems to collect and monitor resource data [14]: electricity, water and natural gas. The hierarchical structure of the monitoring system was shown in Fig5.

2.2.1 Electricity monitoring subsystem

According to the Technical Guidelines for Building Energy Efficiency Supervision System and other technical guidelines, the lighting, power, and special power supplies of the park were divided into three levels for detailed measurement and statistical analysis of energy consumption. Detailed information and statistical analysis data were based on electric energy data. Specific detailed information about electricity meters included meter number, meter class, meter code, meter name, meter location, installation time, meter gateway, communication time, and actual power consumption.

2.2.2 Water consumption monitoring subsystem

According to the actual situation of the park buildings, the real-time monitoring included total water consumption and segmented water consumption. Usually, the

municipal water supply department installed a total water meter at the main inlet of the park. Segmental water meters were also installed in different areas, functions and buildings. By collecting real-time data from these meters, the overall water usage

of the park could be monitored in real-time. This approach was effective in detecting pipeline leaks and supports the implementation of energy conservation strategies throughout the campus.

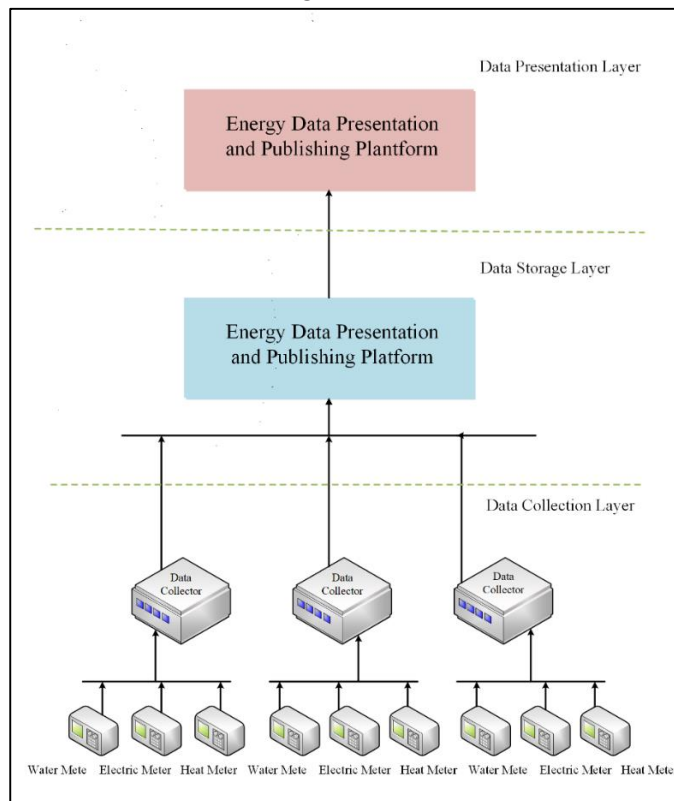


Fig. 5. Surveillance System Layered Structure.

2.2.3 Natural Gas Monitoring Subsystem

The core of the natural gas monitoring sub-system was a dedicated natural gas meter installed at the main natural gas inlet, which provided real-time information on the overall natural gas usage of the entire industrial park. Segmented meters were also installed in different zones, functional areas and individual buildings to improve accuracy. These meters continuously collected real-time data to provide a dynamic view of natural gas.

2.3 Data preparation and analysis

Data preparation and analysis were carried out by using a three-tier architecture energy regulatory platform.

2.3.1 Data Layer

An integrated end-to-end data solution provided by SQL Server provided a secure, reliable, efficient and feature-rich platform for various stakeholders within the organization. It was used to process data within the industrial park and support business intelligence applications. The database management system improved

operational efficiency by providing powerful and familiar tools for field operators and building managers while reducing the complexity of creating,

deploying, managing, and using data and analytics applications across multiple platforms. The architecture of SQL Server was shown in Fig.6.

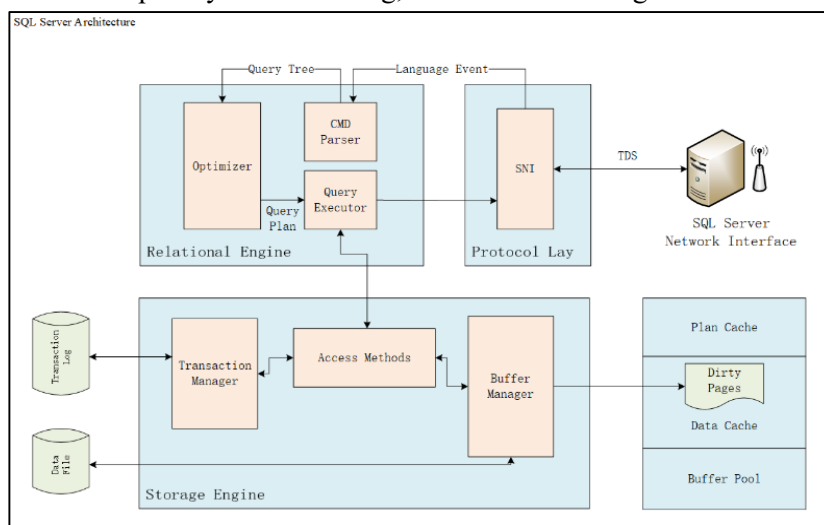


Fig. 6 SQL Server Architecture.

2.3.2 WEB Layer

The platform would leverage the Microsoft Visual Studio .NET and Microsoft .NET 4.0 frameworks, as well as the cutting-edge applications provided by Microsoft .NET, to provide developers with a suite of development tools that could be used to quickly and easily create state-of-the-art applications while providing applications with offer greater reliability. The ability to develop systems faster by using public language runtime libraries (part of the .NET Framework) dramatically increased the number of resources available to developers. NET services and other .NET building block services provide many of the core functions required by applications, such as user authentication, notification functions, contact lists, and more, without additional coding effort. Therefore, such a platform provided greater reliability for program development with rich processing

power and currently available bandwidth. NET framework enforced type safety, explicit code sharing, and application isolation.

Highly Integrated Performance: NET also had database access capabilities that allowed developers to introduce ODBC-compliant data stores into their application architecture. By allowing other departments to utilize their legacy applications and data stores, as well as providing specialized data, departments were able to reduce internal consumption and expand the functionality of the information available to multiple levels of managers.

2.3.3 Seamless Integration of Data and Network Tiers

SQL Server and Microsoft Visual Studio formed an integrated development and database platform (as shown in Fig. 7) that had been fully validated by numerous benchmark tests. Of particular note was the

strong support provided by the .NET framework, which gave the platform excellent performance characteristics. This combination not only met the requirements of critical applications in industrial parks

but also highlighted the outstanding computing power of SQL Server in benchmarks on the new generation of 64-bit processors.

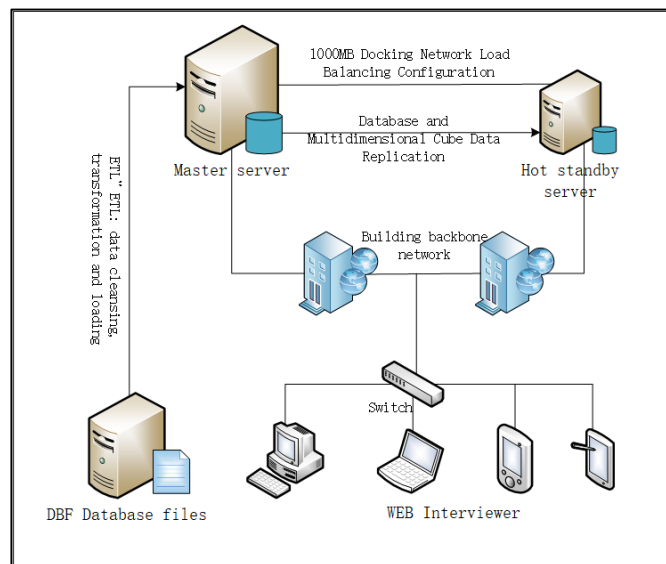


Fig. 7 Data and Web Integration Diagram.

3. Results and Discussion

3.1 Research findings

The results of the study showed that the Intelligent Energy Management System (IEMS) [15] was a pioneering and transformative approach to smart energy systems in industrial parks, providing comprehensive support to governmental agencies, the public, and industrial enterprises. As an intelligent assistant at the governmental level, IEMS provided a scientific basis for decision-making through real-time data and analytics, and facilitated the development of rational and sustainable energy policies. At the public level, IEMS was a guide for energy conservation, disseminating information, providing intelligent suggestions, encouraging the

public to actively participate in energy conservation actions, and guiding society towards sustainable development. At the enterprise level, IEMS acted as an energy therapist, conducting comprehensive energy diagnosis and proposing solutions to improve efficiency. At the same time, the platform integrated enterprise control systems, production monitoring and energy management functions, providing a centralized solution for real-time monitoring, reporting and control. This seamless integration formed a powerful energy management system that not only met current operational needs but also laid the foundation for strategic decision-making, cost reduction, and environmentally sustainable practices, making the platform a key enabler for

efficient, environmentally friendly energy management across different organizational structures and deployment scenarios.

3.2 Quantitative and qualitative analysis

3.2.1 Energy consumption structure report

Users could flexibly customize the report content, format, generation cycle and

export/send rules according to management needs. The report included data on regional energy consumption, equipment energy consumption and energy-consuming organizations (as shown in Table 1). This feature provided powerful data support for management decisions and facilitated energy audits.

Table. 1 Energy consumption statement for 2022

Months	Electrical power (10,000)	Natural gas (10,000 m ³)	Water (10,000 tons)	Equivalent standard coal (tce)
1	497.10	31.00	16.22	1001.27
2	298.41	17.40	14.69	590.62
3	493.86	130.85	16.31	2209.84
4	529.03	64.22	17.11	1444.66
5	648.26	67.10	16.19	1625.38
6	563.95	68.65	17.01	1541.29
7	744.18	66.97	15.21	1740.85
8	631.51	60.69	14.75	1525.73
9	410.06	45.61	15.77	1071.32
10	308.02	44.98	15.88	938.36
11	132.98	43.95	12.09	707.48
12	43.64	40.27	14.45	555.02
Total	5301.00	681.69	185.68	14951.82

3.2.2 Electricity management

The system's electricity consumption management relied heavily on the development of an advanced real-time data gathering and monitoring system, which was specifically developed to extract vital information from the operating data of the enterprise's electricity equipment. Its primary goal was to provide the monitoring center with a comprehensive overview of the power condition, encompassing load distribution, total power usage, and other data, while simultaneously managing power-consuming gadgets around the enterprise. The interface enabled the continuous, real-time capture of operational

data, resulting in a dynamic snapshot of the power condition. The monitoring center was able to collect and successfully analyze complex power metrics by employing data analytics and visualization capabilities. Table 2 showed the year-over-year monthly electricity use.

3.2.3 Water use management

Important information was extracted from the operational data of water-using equipment within the enterprise, aiming to provide a comprehensive understanding of the status of water resources. The platform's water monitoring system included the flow status of the distribution network, leakage detection, and total water consumption, thus

ensuring seamless integration of real-time data collection. Using data analytics tools, the monitoring center could track water use patterns and interpret complex metrics to make informed decisions for optimizing water use and improving operational efficiency [17]. The ability to respond to

water fluctuations in a timely manner enabled a balance to be struck between operational needs and sustainable resource utilization, thereby facilitating targeted water management and reducing environmental impact.

Table. 2 Year-over-year monthly electricity use

Months	Electricity consumption (10,000 kwh)	Year-over-year decline
1	497.10	32.40%
2	298.41	29.50%
3	493.86	35.20%
4	529.03	21.60%
5	648.26	30.15%
6	563.95	22.26%
7	744.18	31.70%
8	631.51	28.35%
9	410.06	17.16%
10	308.02	26.32%
11	132.98	24.37%
12	43.64	26.73%

The water use structure of industrial parks could be categorized into the following four main types (daily water use by structure was shown in Fig. 8).

(1) Cooling Water: Cooling processes required large quantities of water to lower the temperature of equipment and furnaces. The water used for cooling equipment, cooling towers and cooling circulation systems was included.

(2) Process water: Water was required at all stages of the production process, including raw material processing, smelting, steelmaking and rolling. Examples include pickling, alkaline washing, cold rolling and hot rolling.

(3) Cleaning water consumption: In industrial parks, water was needed to clean equipment, pipelines and product surfaces during the production process to ensure product quality and normal operation of the equipment. Cleaning water included equipment cleaning water, product cleaning water and equipment maintenance water.

(4) Water for domestic use: Industrial parks had to provide water for the daily life of employees, including water for toilets, drinking water and bathing. Although a small percentage of total water use, it was still an important category of water use.

3.2.4 Natural gas consumption management

The Natural Gas Management System was designed to provide comprehensive

monitoring and intelligent supervision of natural gas usage. The following were the main functions and modules that this study offers:

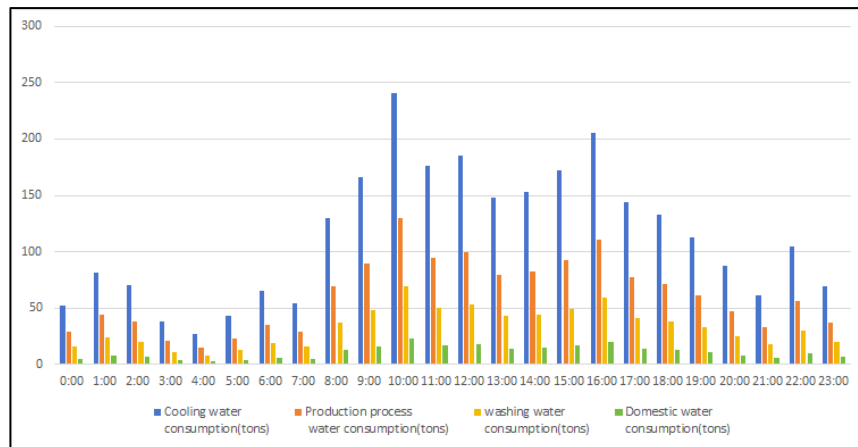


Fig. 8 Substructure Daily Water Use.

(1) Real-time parameter monitoring: Using real-time monitoring, historical data logging, and intelligent analysis, the gas management solution helped users manage and optimize gas usage more effectively, ensuring a safe and efficient system. It included the operating status of natural gas equipment (valve position, pressure, etc.), real-time monitoring of natural gas flow to ensure that the system operates within safe and efficient limits and provided real-time data on current natural gas consumption.

The real-time parameter monitoring of the natural gas equipment, including the

daily monitoring data of operation status, valve position, and pressure, was shown in Table 3.

(2) Historical data recording: The system recorded historical data on various parameters of natural gas equipment as a basis for performance evaluation and troubleshooting. Historical data was utilized to analyze trends and fluctuations in natural gas usage.

A system for trend analysis using moving averages had been implemented for natural gas usage. For example, assume a 3-month moving average was used:

Table. 3 Daily Natural Gas Monitoring Data.

Time	Operational status	Valve status	Pressure value (kPa)
08:00:00	Running	Open	345.7
09:00:00	Running	Half-open	334.8
10:00:00	Running	Open	359.2
11:00:00	Stopped	Closed	314.6
12:00:00	Running	Half-open	325.4
13:00:00	Running	Open	354.1
14:00:00	Stopped	Closed	301.2
15:00:00	Running	Half-open	333.5
16:00:00	Running	Open	362.8
17:00:00	Stopped	Closed	310.7

A moving average was calculated for each month: A moving average was calculated by taking the average of the data over a certain period and using that average

as a proxy for that period. Assume a 2-month period was selected (the first month's usage was counted as a_0):

$$\text{Moving Average} = \frac{\sum_{k=0}^1 a_k}{2} \quad \dots (1)$$

For the first month, no moving average was calculated, as no data were available for the first three months. The raw data and the calculated moving averages were plotted as a trend chart (as shown in Fig.9). The chart showed an increasing, decreasing, or steady trend.

3.2.5 Implementation effects

(1) Economic benefits

The implementation of the energy Internet project in industrial parks promoted the synergistic development of electronic information, energy conservation and environmental protection industries and industrial Internet. With the energy internet cloud platform as the core, the Internet was deeply integrated with energy production, transmission, and consumption to comprehensively manage various energy

forms. This integration ensured that the multi-energy flow system operated efficiently and safely, improving economic benefits, operational efficiency and competitiveness.

The construction of the energy internet platform was expected to improve energy utilization efficiency by about 10% and save a large amount of energy costs of about RMB 9.93 million per year for the industrial park. Through the platform, the expected profit of related industrial projects was expected to be between 15% and 20%, and by 2025, the annual revenue output would be about RMB 100 million. It was shown that the demonstration and promotion of this study were expected to accelerate the investment and construction of smart energy projects and promote the rapid and

steady development of the industrial chain, thereby promoting the synergistic growth of related industries. Details of energy cost

expenditure of energy-using units in the past three years were shown in Fig.10.

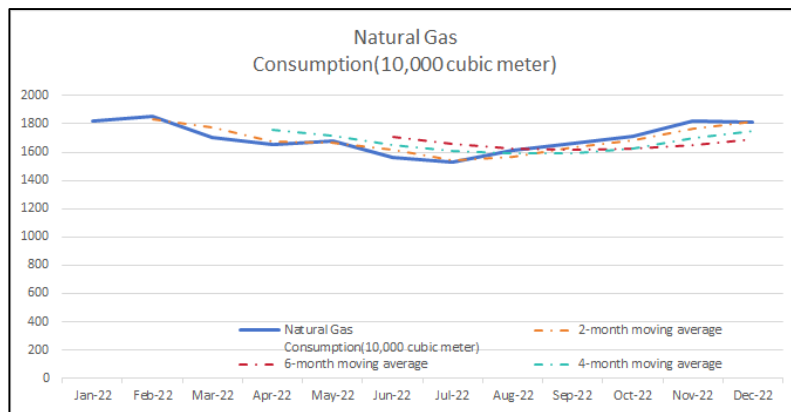


Fig. 9 The Monthly Usage of Natural Gas.

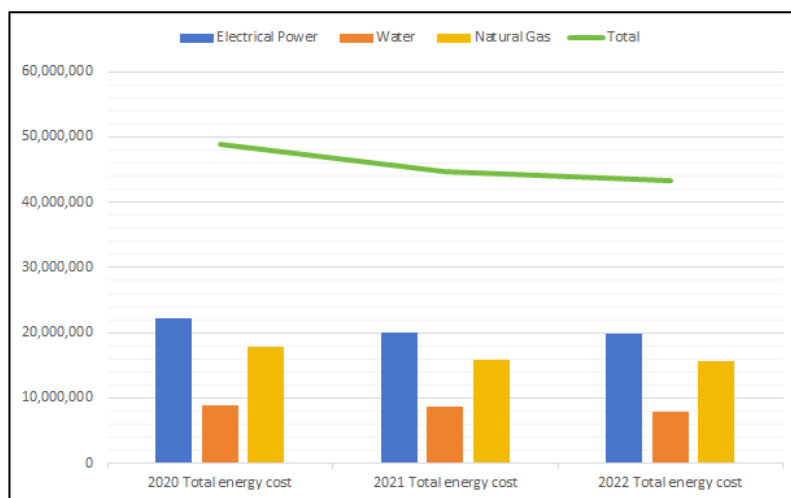


Fig. 10 Total Energy Cost (RMB).

(2) Social benefits

Through the construction of this project, it aimed to realize accurate monitoring and intelligent control of energy consumption and carbon emission activities. The goal is to reduce the intensity of energy consumption per unit of GDP and the total amount of carbon dioxide emissions in the whole zone. Integrate innovative energy-saving and low-carbon system overall

solutions, and deeply explore the energy-saving and emission reduction potential of the development zone. It was important to adjust and optimize the energy supply and consumption structure of the development zone, increase the proportion of clean and renewable energy consumption, and ultimately improve the overall energy utilization efficiency of the entire region.

In the “Citizen’s Energy Saving and Emission Reduction Handbook” of the Ministry of Science and Technology [18], the energy consumption of saving 1 kWh of electricity was explained as follows: Every 1 kWh of electricity saved was equivalent to saving 0.4 kg of standard coal and 4 liters of clean water. At the same time, it could reduce pollutants such as 0.272 kg of carbon dust, 0.997 kg of carbon dioxide, 0.03 kg of sulfur dioxide and 0.015 kg of nitrogen oxides. By 2022, the park could save 11,132,100 kWh of electricity through project construction and operation. It was equivalent to saving 0.14 million tons of coal equivalent, reducing 0.03 million tons of carbon dust emission, 11,000 tons of carbon dioxide emission, 0.033 million tons of sulfur dioxide emission, and 0.017 million tons of nitrogen oxides emission in the planning area that mainly relied on thermal power generation. Calculated by the domestic carbon emissions trading price of 67.738 RMB per ton, the reduction of carbon dioxide emissions could bring the equivalent of 220,000 RMB profit for the enterprise.

4. Conclusions

The implementation of the platform has enabled energy managers to make informed decisions, set efficiency targets and foster a culture of energy conservation in industrial parks. The deployment of smart energy management platforms in industrial parks has yielded significant results. Real-time monitoring enables energy managers to make informed decisions, identify areas for optimization and implement proactive measures. Setting

efficiency targets, establishing consumption standards, conducting regular audits, and actively managing and controlling energy use. The platform also helps to disseminate information on energy efficiency and promote services that encourage a culture of sustainability in industrial parks. These findings highlight the potential of smart energy management platforms in achieving sustainable development goals. By improving energy efficiency and reducing costs, such platforms can contribute not only to individual industrial parks but also to broader energy efficiency and environmental protection goals. The experience gained from this study provides valuable resources for future research and implementation in different industrial settings, advancing the field of energy management and facilitating the transition to a more sustainable future.

5. Acknowledgements

This study is part of the independent study for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management (International Program) at Southeast Asia University, Thailand. All the cooperative units and individuals in the Shanxi Ruixin Jiaye Technology Limited Company who provided valuable data support were greatly appreciated.

References

- [1] C. N. Zou, F. Ma, S. Q. Pan, M. J. Lin, G. S. Zhang, B. Xiong, Y. Wang, Y. B. Liang and Z. Yang, "Earth energy evolution, human development and carbon neutral strategy," *Petrol. Explorat. Dev.*, Vol. 49, no. 2, pp. 468-488, 2022.
- [2] F. Yang, C. F. Bai and Y. B. Zhang, "Research on the value and realization architecture of energy internet," *Chinese J. Elect. Eng.* Vol. 35, no. 14, pp. 3495-3503, 2015.
- [3] J. Fouladi, A. Alnouss, T. Al-Ansari, "Sustainable energy-water-food nexus integration and carbon management in eco-industrial parks," *Cleaner Production*, Vol. 418, pp. 138071, 2023.
- [4] E. Szilagyi, D. Petreus, M. Paulescu, T. Patarau, S. M. Hategan and N. A. Sarbu, "Cost-effective energy management of an islanded microgrid," *Energy Reports*, Vol. 10, pp. 4516-4537, 2023.
- [5] D. Viesi, G. Baldessari, A. polderman, S. Sala, A. Zanetti, M. Bolognese, C. Pellegrini and L. Grema, "Developing and testing an "Integrated Energy Management System" in a ski resort: The "Living Lab Madonna di Campiglio"," *Cleaner Energy Syst.*, Vol. 4, pp. 100050, 2023.
- [6] X. H. Meng, "Exploration of integrated energy services for parks," *Applied Research*, Vol. 42, no. 11, pp. 56-58, 2023.
- [7] V. Marinakis, C. Karakosta, H. Doukas, S. Androulaki and J. Psarras, "A building automation and control tool for remote and real time monitoring of energy consumption," *Sustain. Cities and Society*, Vol. 6, pp. 11-15, 2013.
- [8] K. Peng, C. Zhang, B. Y. Xu, Y. Chen and X. S. Zhao, "Status and prospect of pilot projects of integrated energy system with multi-energy collaboration," *Power automation equipment*, Vol. 37, no. 6, pp. 1-7, 2017. (in Chinese, translated abstract).
- [9] M. T. Aljburi, A. S. Albahri, O. S. Albahri, A. H. Alamoodi, S. M. Mohammed, M. Deveci and H. Tomaskova, "Exploring decision-making techniques for evaluation and benchmarking of energy system integration frameworks for achieving a sustainable energy future," *Energy Strategy Rev.*, Vol. 51, no. 2024, pp. 101251, 2023.
- [10] J. S. He, "Effectiveness of intelligent energy management systems in industrial applications," *Ecological Env.*, Vol. 17, no. 3, pp. 155-157 2023.

- [11] G. C. Zhen, Q. Wang, X. Q. Jiao, C. Q. Chu, "Design of IP core for high-speed data logger transmission interface based on Gigabit Ethernet," *Instrument. Tech. Sensors*, Vol. 10, no. 10, pp. 39-44, 2019.
- [12] K. Wen, H. L. Xu, M. Xu, Y. T. Pei, Y. F. Lu, H. W. Zheng and Z. L. Li, "Digital twin-driven intelligent control of natural gas flowmeter calibration station. Measurement," *Measurement*, Vol. 217, pp. 113140, 2023.
- [13] S. Oscar, R. S. Jose, "Turbidimeter and RGB sensor for remote measurements in an aquatic medium," *Measurement*, Vol. 68, pp. 128-134, 2015.
- [14] X. L. Zhang, Q. X. Chen, L. H. Xu, X. H. Wang, N. J. Pang, H. J. Jiang, Q. L. Lin, Z. J. Jiang and S. H. Bao, "Application of intelligent energy management system in industrial parks," *Building Energy Efficiency*, Vol. 2, pp. 89-93, 2020. (in Chinese).
- [15] X. B. Liang, K. Chen, S. L. Chen, X. Zhu, X. Q. Jin and Z. M. Dun, "IoT-based intelligent energy management system for optimal planning of HVAC devices in net-zero emissions PV-battery building considering demand compliance," *Energy Conv. Manage.*, Vol. 292, pp. 117369, 2023.
- [16] Z. W. Wang, "Analysis of device manufacturing and monitoring in new power systems," *Integrated Circuit Applications*, Vol. 40, no. 11, pp. 108-109, 2023. (in Chinese, translated abstract).
- [17] X. H. Du, X. Zhou, "Software design of intelligent water platform based on internet of things," *Industrial Control Computer*, Vol. 33, no. 6, pp. 136-137, 2020. (in Chinese, translated abstract).
- [18] Department of Science and Technology for Social Development, Ministry of Science and Technology, China Agenda 21 Management Center, Practical Manual on Energy Conservation and Emission Reduction for All, 2007, Social Science Literature Publishing House, 163 pp.

Author's Biography:



Haitao Liu graduated in 2010 from Taiyuan Normal University with a major in Mathematics and Applied Mathematics (Applied Mathematics Direction). Currently employed at Shanxi University of Applied Science and Technology, holding a teaching position. Currently, he is pursuing a master's degree in engineering management at Southeast Asian University, specializing in Computer Science and Technology.



Asst.Prof.Dr.Wirogana
Ruengphrathuengsuka
received his Ph.D.
(Chemical Engineering)
from Texas A&M
University, USA, in 1992.

At present, he is a director of the Master of Engineering Program in Engineering Management at SAU. His current research interests are in the areas of multi-phase equilibrium and transport phenomena associated with interfacial science, and renewable or alternative energy materials, as well as engineering management in energy.



Assoc. Prof. Boonruk
Chipipop has held the
position since 2000. He
received his master in
electrical engineering from

King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang in 1997. His current research
interests are fractional-order electrical
network application and fractional-order
control application applied to
engineering management.

Thermal Conductivity of External Wall Insulation Materials for Buildings

Pengsen Lei^{1,2*}, Wirogana Ruengphrathuengsuka² and Boonruk Chipipop²

¹Yangguangdadi Real Estate Co., Ltd., No.1700, North Section of Tianfu Avenue,
Hi-Tech Zone, Chengdu, Sichuan Province, China

²Master of Engineering Program in Engineering Management,
Graduate School, Southeast Asia University, Bangkok 10160, Thailand
Corresponding author: s6542b10003@sau.ac.th/2805372407@qq.com

Received : 6 February 2024 / Revised 1st : 7 April 2024 / Revised 2nd : 1 May 2024 /Accepted: 4 June 2024

บทคัดย่อ การศึกษานี้ได้ดำเนินการตรวจสอบความสำคัญเชิงปฏิบัติของเทคโนโลยีฉนวนผนังภายนอกสำหรับการก่อสร้างอาคาร การศึกษาจะบ่งชี้ว่าฉนวนผนังภายนอกช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้อยู่อาศัยและเพิ่มการปกป้องอาคาร และระบุถึงความสำคัญในการคัดเลือกวัสดุและวิธีการก่อสร้าง ด้วยกรณีศึกษาจากการวัดค่าการนำความร้อนโดยใช้วัสดุหลัก ได้แก่ แผ่นโพลีสไตรีน (EPS) แผ่นโพรโพลีสไตรีนอัดรีด (XPS) ปูนฉนวนกันความร้อน แผ่นฉนวนโพรซีเมนต์และฉนวนใยหิน ผลการศึกษาพบว่า ค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน และสำหรับวัสดุชนิดเดียวกันภายใต้สภาวะที่ต่างกันมีค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกันโดยระดับความชื้นของวัสดุฉนวนจะส่งผลต่อการนำความร้อนเช่นกัน การศึกษานี้พบว่า EPS และ XPS มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นฉนวนผนังภายนอกในประเทศจีนมากกว่าวัสดุอื่น ๆ ความจำเป็นในการเลือกวัสดุฉนวนที่เหมาะสมกับบริบทด้านสิ่งแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงชี้ให้เห็นว่า แม้ว่าฉนวนจะมีแนวโน้มที่ดี แต่ก็ยังควรมีมาตรฐานที่เข้มงวดในการก่อสร้างด้วย

คำสำคัญ : ฉนวนกันความร้อนผนังภายนอก, การนำความร้อน, วัสดุฉนวนกันความร้อน

Abstract This study examines the practical significance of external wall insulation technology in building construction. The study emphasizes that external wall insulation improves occupant comfort and increases building protection, and should focus on materials and methods, using case study methods and thermal conductivity measurements. The main materials include polystyrene panels (EPS), extruded polystyrene foam panels (XPS), thermal insulation mortar, cement foam insulation boards and rare earth insulation materials. The results of the study revealed different thermal conductivities of different materials, and the same materials under different conditions. The moisture levels of insulation materials affecting the thermal conductivities were also highlighted. The conclusion showed that EPS and XPS were more suitable for use as external wall insulation

in China. The necessity of selecting insulation materials tailored to specific environmental contexts points out that although insulation is promising, there should still be strict standards in construction.

Keywords: External Wall Insulation, Thermal Conductivity, Insulation Materials.

1. Introduction

In China, with the escalation of urbanization and the improvement of people's living standards, the average yearly national energy consumption growth rate is about 7.5 % [1] and in current construction projects, the utilization of external wall insulation technology carries significant practical value, not only meeting China's energy conservation and emissions reduction obligations but also contributing to the establishment of a sustainable society [2]. Without this technology, occupants would face considerable discomfort during varying seasons. The implementation of external insulation considerably improves living conditions, improving the indoor environment and atmosphere [3].

External wall insulation technology has been applied as a building's protective outer layer [4]. This thermal insulation layer regulated itself, reducing wall cracks and ensuring public safety. Such external wall insulation materials have been found to be applied in domestic buildings across both northern and southern regions to maintain a comfortable indoor temperature. EPS (expanded polystyrene insulation utilizes a blowing agent, steam and molds to expand the polystyrene into the final product), XPS (Extruded polystyrene insulation using blowing agents, heat, and an extruding machine to create the insulation sheets), PU (Polyurethane) foam, rock wool, and glass

wool, are commonly used for exterior wall insulation, each offering distinct advantages [5, 6, 7]. Researchers revealed that XPS and EPS insulation schemes were the compromise choices, while the rock wool insulation scheme was the last option. The study could facilitate the implementation of building envelope retrofit by providing useful guidance for the selection of external wall retrofit schemes.

Known for superior thermal insulation performance, EPS has been widely used in external wall insulation systems [8]. XPS possesses a closed-cell honeycomb structure, resulting in low water absorption, high compression resistance, and resistance to aging [6]. PU foam is excellent in insulation properties and fire resistance [7]. Rock wool and glass wool serve as inorganic fiber insulation materials with resistance to high temperatures and fire [9]. Further, thermal insulation mortar and foamed cement technology contribute to constructing building surface insulation layers and concrete structures, respectively [10]. white, heat preservation paint, when applied to surfaces, provides insulation, contributing to energy efficiency [11].

Thermal conductivity, denoted by the coefficient λ (W/m·K), indicates the amount of thermal conductivity through an object per unit area, a unit of the temperature difference, and time [12]. Insulation materials, often porous or fibrous,

are greatly influenced by density and humidity. Materials with a thermal conductivity below 0.2 (W/m·K) are generally termed thermal insulation materials, with those below 0.12 (W/m·K) considered high-efficiency thermal insulation materials [5]. The greater the thermal conductivity, the less effective the insulation. Therefore, thermal conductivity points out the inverse relationship between temperature change and insulation.

Density, represented by ρ (kg/m³), can be determined by measuring mass per unit volume. Materials with higher porosity led to increased heat transfer through pores. The porosity that is percentage volume occupied by pores (N) can be evaluated from

$$N=(V1/V2) \times 100 \quad \dots (1)$$

where V1 is pore occupied by the volume (m³) and V2 is the overall volume of material (m³). Porosity significantly impacts thermal conductivity. The higher porosity results in lower conductivity. It is critically practiced to balance density to ensure minimal moisture absorption and meet strength requirements without compromising performance.

Moisture content in insulation materials is affected by both free water and surrounding humidity. The percentage humidity (W) can be calculated using the formula,

$$W=(G1-G2)/G2 \times 100 \quad \dots (2)$$

where G1 is the wet specimen weight and G2 is the weight in a dry state [11]. Managing moisture is essential, considering its influence on material weight, volume, and water content. Maintaining optimal density, balancing porosity, and addressing

moisture concerns contribute to the effectiveness of insulation materials collectively.

Upon exposure to moisture, the material's thermal conductivity significantly increases. The pore space gas typically consists of air with a low thermal conductivity of 0.03 (W/m·K). In comparison, water exhibits much higher thermal conductivity, approximately 0.58 (W/m·K), which is 20 times that of air. Conversely, ice registers a thermal conductivity of about 2.3 (W/m·K), 78 times that of air and four times that of water, particularly when the temperature drops below zero [12]. The initial freezing involves unrestricted water in rough pores and capillaries, and as the temperature further decreases, restrained water progressively solidifies, resulting in an elevated thermal conductivity coefficient [13].

Table 1 shows the variation of the thermal conductivity of red bricks in their natural state with moisture content [14]. Change of thermal conductivity of red bricks with moisture content is common in the natural state. The wet condition of the thermal insulation material has a great influence on the thermal conductivity coefficient. Therefore, the moisture-proof construction of the enclosure is very important, and it must be ensured that the thermal insulation material is not seriously affected by moisture. And can timely discharge moisture to the outside.

Table. 1 Thermal conductivity of red bricks.

Moisture (%)	7.57	3.54	2.01	0.00
λ	1.60	1.20	0.80	0.60
λ : Thermal conductivity, W/m·k				

Examining influential characteristics such as exterior surface, brick wall thickness, brick and insulation material, and orientation differential insulation thickness has been crucial in previous investigations [15]. Researchers were concerned with the numerical simulation of external wall insulation system durability for buildings in regions with hot summers and cold winters. This study focused on the durability of EPS insulation, offering valuable insights for the design and durability assessment of other insulation materials. Common durability issues in external thermal insulation systems, like cracking, hollowing, and detachment, significantly impact safety and energy efficiency [16]. In addition, the thermal performance of the three usual insulation materials (polyurethane, polystyrene, and mineral wool) dimension at 2.4 m. \times 2.4 m. \times 2.4 m. were constructed and measured throughout a year of summer and winter conditions [17]. Further, Zhang and coworkers emphasized that extruded polystyrene (XPS) and expanded polystyrene (EPS) insulation schemes were the compromise choices, while the rock

wool insulation scheme is considered the last option. The study had the potential to ease the implementation of building envelope retrofit projects by offering useful guidance for selecting external wall retrofit schemes [18].

A significant disparity in the design standards for the heat transfer coefficient of residential building envelopes exists between China (Northern and Southern) and foreign countries [16]. Table 2 provides a brief comparison of the thermal conductivity of domestic and international building envelopes [19].

The identification of materials suitable for domestic buildings in both northern and southern regions to maintain a comfortable indoor temperature is a fascinating pursuit. This study explored different external wall insulation materials under various conditions to identify the most suitable for improving insulation efficiency. It included assessing the thermal conductivity of building materials' fresh and dry external wall insulation, as well as analyzing engineering practice cases.

Table. 2 Thermal conductivity of building envelopes.

No.	Area	Thermal conductivity, λ (W/m \cdot K)		
		Roofs	Exterior Walls	Exterior Windows
1	Beijing	1.26	1.70	6.40
2	Harbin	0.77	1.28	3.26
3	England	0.45	0.45	2.40
4	Japan	0.23	0.42	2.33
5	Sweden	0.12	0.17	2.00
6	Canada	0.17	0.27	2.22
7	Denmark	0.20	0.30	2.90
8	Germany	0.22	0.50	1.50

2. Materials and Methods

2.1 Apparatus

A thermal conductivity apparatus in our laboratory was employed to determine the thermal conductivity of a given material (Figure 1). According to Fourier's law of heat conduction, the testing procedure could be founded on the law of one-dimensional thermal conduction, which describes how heat is transferred through materials (Figure 2). The device's testing method involved precisely gauging the temperature change on a sample and utilizing the law of thermal conduction to compute the thermal conductivity.

In the conventional approach, an unknown sample was sandwiched between two known reference samples in a plate method thermal conductivity tester. Additional consideration was given to minimizing even the minute heat losses. The procedures to measure and evaluate the thermal conductivity of materials were employed as following.

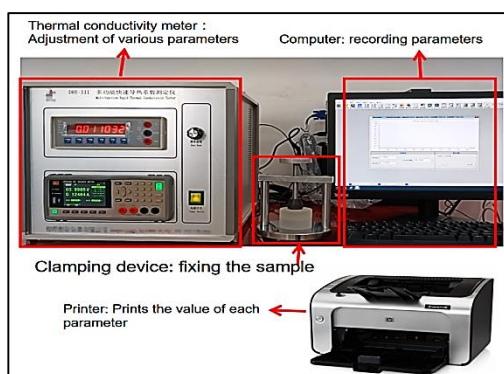


Fig. 1. Thermal conductivity meter.

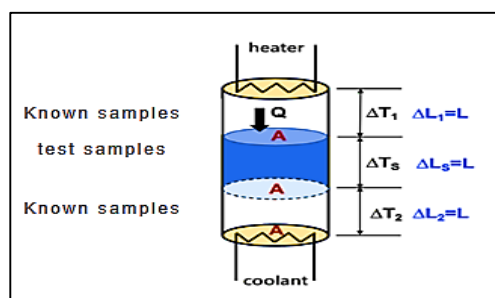


Fig. 2. The principle of conduction.

1). Pre-treatment: A thermal conductivity meter with a certificate of conformity was used. Before switching on the instrument, the whole instrument had to be pre-treated, mainly to enable the components to achieve relatively stable state, such as heaters, temperature measurement resistors and so on.

2). Sample preparation: The sample preparation was also a key step in the thermal conductivity experiment; the size and geometry of the sample must meet the requirements of the general requirements of the sample area was greater than the area of the shape of the insulation plate, in order to ensure effective heat transfer.

3). sample clamping: the sample was placed between two pieces of spacing between the insulation plate and would be clamped to ensure that the sample would not move and fall off.

4). Mounting the thermistor: The thermistor was fixed in the middle of the sample to measure the temperature difference and heat flux of the sample.

5). Apply temperature gradient: The heater was fed into the constant current source to start heating, and the temperature of the location on another holding plate was measured to ensure that a certain temperature difference was created. All tests were performed at room temperature

of 20 °C, the sampling time interval was 1,000 ms, and the over all test took 160 seconds.

6. Calculation of experimental data: The measurement data (λ) were collected to obtain the thermal conductivity of the sample.

With the previous moisture content combined with a thermal conductivity meter, we could derive different thermal conductivities.

2.2 Materials

Ten pieces of samples representing 5 major external wall insulation materials (1. EPS, 2. XPS, 3. insulation mortar, 4. fly ash or cement foam insulation board, and 5. rare earth) were prepared for experimentation. The samples, sizing 300 mm x 300 mm and with a thickness not exceeding 50 mm, were prepared according to thermal conductivity tester specifications. The insulation panel samples, and slurry materials obtained from the construction site and manufacturers, respectively, were the primary selections for building insulation material. Following the consideration of moisture absorption

effects, the materials were stored under laboratory conditions with normal temperature and humidity for over 90 days.

3. Results and Discussion

The tested thermal conductivity of various samples was shown in Table 3. Such data were calculated from fresh and dry samples.

Without considering external factors, it was evident from this dataset that thermal insulation mortar containing XPS, EPS, and polystyrene particles exhibited lower thermal conductivity and better insulation effectiveness than the others. Specifically, XPS and EPS showed the best outcomes; these materials were commonly used in construction for thermal insulation.

Another set of data would be acquired upon placing experimental blocks in a highly arid setting, completely secluded from water vapor and safeguarded against any moisture or water. The blocks would then be left to be tested for a duration of 90 days. Subsequently, the resulting thermal conductivities were also shown in Table 3.

Table.3 Thermal conductivity of the tested material.

External wall material insulation		Thermal conductivity, λ (W/m•K)		
		Before drying	After 90 days drying	The Difference
1. XPS	from A	0.027	0.028	$\cong 0.000$
	from B	0.033	0.031	$\cong 0.000$
2. EPS	Rigid from C	0.039	0.040	$\cong 0.000$
	Lightweight from D	0.070	0.069	$\cong 0.000$
3. Mortar	Interior from E	0.095	0.066	$\cong 0.030$
	Exterior from F	0.146	0.069	$\cong 0.077$
4. Fly ash	from K	0.162	0.068	$\cong 0.094$
5. Rare earth	from L	0.157	0.080	$\cong 0.077$

From the experimental data, the results were clearly indicated as follows. XPS

possessed low density (from its nature) and low thermal conductivity and provided

good strength and aging resistance. EPS also exhibited low thermal conductivity but offered poor strength and aging resistance. The EPS wall, used in building construction, was very easy to break. Measured data from the field sampling could be seen in many projects using such materials were not only a large thermal conductivity and poor strength could not meet the requirements.

While mortar (polystyrene particles thermal insulation), a big category in the building insulation materials market, was still the mainstream. Its lower prices and convenience in construction were the priority choice of customers. However, the mortar showed thermal conductivity. Finally, rare earth showed the largest thermal conductivity value of 0.080 – 0.090.

Upon comparing and analyzing the data, it was apparent that the measured thermal conductivity of both XPS and EPS panels from various manufacturers coincided well under adiabatic conditions. It was necessary to note that other external factors were not taken into consideration. Common insulation materials had varying market appeal depending on cost and construction requirements. Within the new construction sector, the XPS board held a

promising future due to its systematic and professionally supported construction team. This material had the potential for further development. Existing building renovation projects benefited from polystyrene granule thermal insulation mortar, which had practical use.

Effective management of engineering projects was a necessary prerequisite to ensure that the project ran smoothly. The construction unit had to pay great attention to it [20]. Hence, the supervision system and regulatory system were established with reference to the construction conditions and construction status. Effective management according to the regulations, especially the selection of materials [21].

Through the introduction of the mentioned types of materials and experimental calculations in different environments, while taking into account the humidity of the outside world, the common thermal insulation materials were applied to different environments. The practical experience from the construction sites' detailed recommendations was presented in Table 4.

Table.4 Commonly used materials for exterior wall insulation

No.	Name	Application	Advantages:	Disadvantages
1	XPS	Common thermal insulation materials	1. More compact 2. Low water absorption	1. Costs more than EPS
2	EPS	Common thermal insulation materials	1. Easy to cut and install 2. Effectively reduce heat loss	1. Flammable
3	PU	Buildings requiring higher insulation properties	1. Better fire resistance 2. Quality is also lighter	1. High cost
4	Rock wool	Common materials	1. Inorganic fiber insulation materials 2. Good temperature/fire resistance	1. Absorb water easily 2. Crush/crack easily

Table.4 Commonly used materials for exterior wall insulation (continue)

No.	Name	Application	Advantages:	Disadvantages
5	Glass wool	Common materials	1. Inorganic fiber insulation materials	1. Fragile 2. Single use only
6	External wall insulation coatings	Sprayed onto the surface of an exterior wall	1. Environmentally friendly 2. Convenient	1 High price 2 Poor fire performance
7	Cement Foam	Common thermal insulation materials	1. Non-combustible 2. Moisture resistant	1. Hight weight 2. High price
8	Rare earth	1. High-temperature environments 2. Special industrial buildings. 3. High-end construction projects	1. Excellent thermal insulation 2. High temperature resistance	1 Very high price 2 Resource constraints

4. Conclusion

1. It could be proved that in the natural dry state XPS, EPS sheet thermal conductivity coefficient by the material hygroscopicity effect was very small.

2. The polystyrene particles thermal insulation mortar, physical foaming of low alkali cement fly ash mechanical casting molding thermal insulation light board, rare earth perlite thermal insulation materials such as measured thermal conductivity and manufacturers in the adiabatic conditions measured thermal conductivity had a large difference, with some even showing differences of more than double. 3. The thermal conductivity of these insulation materials by the material hygroscopic influence. This discrepancy was attributed to the hygroscopic influence on the thermal conductivity of these insulation materials.

4. In essence, the thermal conductivity of these materials at room temperature was closely linked to the moisture content, with moisture content being a crucial factor affecting thermal conductivity.

5. Prospects and Shortcomings

Overall, the implementation of strict control measured at each stage of exterior wall insulation construction technology was essential to ensure that the insulation met the required standards [22]. The workforce should have a firm grounding in professional knowledge and skills, strictly adhere to specification requirements, and aim to enhance quality control and construction management [23]. A comprehensive analysis was carried out based on energy, environment, and economy criteria where the energy, environment, and economic costs of producing insulations were taken into account and mineral wool insulation with the thickness of 11 cm was the best optimum state among most investigated [24].

Further study, to guarantee the quality of the external wall insulation project, should focus on post-construction conservation and maintenance, which are vital to ensure the sustained effectiveness of external wall insulation. Such discussion primarily focuses on the application of

external wall insulation in projects; many aspects that have not been taken into account, for example, the specifics of construction processes, quality control, costs, fire prevention, and waterproofing, should be considered. Therefore, a comprehensive evaluation encompassing all these facets is necessary for refining thermal insulation comparisons and selecting appropriate materials and strategies.

In practical application, it is necessary to start more from innovative research, deepen the existing production methods and performance enhancement methods of environmentally friendly materials as much as possible, and continuously improve the energy-saving effect in the field of building materials so that the building can better contribute to society.

6. Acknowledgements

This study is part of the independent study for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management (International Program) at Southeast Asia University, Thailand. All the cooperative sections and individuals in the external wall insulation in buildings research center who provided valuable data support were greatly appreciated.

Reference

- [1] Q. Guo, Y. Wu, Y. Ding, W. Feng and N. Zhu, "Measures to enforce mandatory civil building energy efficiency codes in China," *J. Cleaner Prod.*, Vol. 19, pp. 152-166, 2016.
- [2] K. Saidjon and U. Bakhrom, "Energy-Saving Materials In Residential Architecture," *American J. Eng. Tech.*, Vol. 3, no. 1, pp. 44-47, 2021.
- [3] R. Y. Zheng and J. Yao, "The Optimum Energy Saving Measures for Retrofitting Residential Buildings," *Open House Int.* Vol. 41, no. 1, pp. 88-92, 2016.
- [4] D I. Kolaitis, E Malliotakis, D. A. Kontogeorgos, I. Mandilaras, D. I. Katsourinis and M. A. Founti, "Comparative assessment of internal and external thermal insulation systems for energy efficient retrofitting of residential buildings," *Energy Buildings*, Vol. 64, pp. 123-131, 2013.
- [5] M. S. Al-Homoud, "Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials." *Building and environment*, Vol. 40, 353-366, 2005.
- [6] B. W. Wu, "External wall thermal insulation technology and energy-saving materials," *Shanxi Architecture*, Vol. 33, no. 1, pp. 232-233, 2007. (in Chinese, translated abstract).
- [7] S. Schiavoni, F. D'Alessandro, F. Bianchi and F. Asdrubali, "Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis," *Renewable Sustain. Energy Rev.*, Vol. 62, 988-1011, 2016.
- [8] A. E. Kılıçaslan and H. Kuş, "Evaluation of the hygrothermal performance of external thermal insulation applications on the outer walls of existing buildings," *Vo.*, 36, no. 1, 89-103, 2021.

- [9] S. K. Seo, J. W. Park, H. K. Cho and Y. S. Chu, "Physical properties of cement system insulation using blast furnace slag," J. Korean Ceramic Society, Vol. 55, no. 1, 61-66, 2018.
- [10] F. Wei and S. Li, "Tentative Analysis of the Application of the Exterior Wall Insulation Technology and Energy-Saving Materials," J. Yulin Univ., Vol. 19, no. 4, pp. 43-46, 2009. (in Chinese, translated abstract).
- [11] H. Huang, Y. Zhou, R. Huang, H. Wu, Y. Sun, G. Huang and T. Xu, "Optimum insulation thicknesses and energy conservation of building thermal insulation materials in Chinese zone of humid subtropical climate," Sustain. Cities Society, Vol. 52, pp. 101840, 2020.
- [12] Knowledge, "Introduction to Insulation Materials," 2019, (in Chinese). [Online]. Available: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/84087809>,
- [13] L. D. H. Anh and Z. Pasztory, "An overview of factors influencing thermal conductivity of building insulation materials," J. Build. Eng., Vol. 44, pp. 102604, 2021.
- [14] Knowledge, "How to choose the thermal conductivity of thermal insulation materials," Oct. 21, 2022. (in Chinese). [Online]. Available: https://www.zhihu.com/question/536782608/answer/2723997386?utm_id=0
- [15] T. Li, Q. Liu, Q. Mao, M. Chen, C. Ma, D. Wang, Y. Liu, "Optimization design research of insulation thickness of exterior wall based on the orientation difference of solar radiation intensity," Applied Thermal Eng., Vol. 223, pp. 119977, 2023.
- [16] H. Xu, H. Wang, Q. Huo, Y. Qin, H. Zhou, "Comparative study of Chinese, European and ISO external thermal insulation composite system (ETICS) standards and technical recommendations," J. Build. Eng., Vol. 68, pp. 105687, 2023.
- [17] L. F. Cabeza, A. Castell, M. Medrano, I. Martorell, G. Perez, I. Fernandez, "Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean construction," Energy Build., Vol. 42, pp. 630-636, 2010.
- [18] F. Zhang, Y. Ju, E. D. R. S. Gonzalez, A. Wang, P. Dong and M. Giannakis, "A new framework to select energy-efficient retrofit schemes of external walls: A case study," J. Cleaner Prod., Vol. 289, pp. 125718, 2021.
- [19] D. Baba, "Comparison of Thermal Conductivity of Building Envelopes at Home and Abroad," Aug. 9, 2019. (in Chinese). [Online]. Available: <https://www.doc88.com/p-35829929315960.html?s=rel&id=2>
- [20] Y. L. Huang, "On construction technology of external wall heat-Insulation," Shanxi Architecture, Vol. 33, no. 4, pp. 247-248, 2007. (in Chinese, translated abstract).

- [21] H. B. Wang and A. Z. Hu, "Exploration on the Application of External Wall Thermal Insulation and Energy Saving Technology in Construction Engineering," *Henan Build. Mat.*, no. 4, pp. 271-272, 2017. (in Chinese).
- [22] H. Huang, H. Wang, Y.-J. Hu, C. Li and X. Wang, "The development trends of existing building energy conservation and emission reduction - A comprehensive review," *Energy Reports*, Vol. 8, pp. 13170-13188, 2022.
- [23] L. Peng, Z. Ni and X. Huang, "Review on the fire safety of exterior wall claddings in high-rise buildings in China," *Procedia Eng.*, Vol. 62, pp. 663-670, 2013.
- [24] E. A. Rad and E. Fallahi, "Optimizing the insulation thickness of external wall by a novel 3E (energy, environmental, economic) method," *Construct. Build. Mat.*, Vol. 205, pp. 196-212, 2019.

Authors' Biography.

Pengsen Lei, graduated from Xi'an University of Science and Technology in 2012, majoring in Engineering Management. He is in Yangguangdadi Real Estate Co, a cost engineer. He is currently studying at the Graduate School of Engineering Management, University of Southeast Asia, Thailand. His main research interest is in building exterior wall insulation technology.



Assist. Professor Wirogana Ruengphrathuengsuka received his Ph.D. (Chemical Engineering) from Texas A&M University, USA, in 1992. At present, he is a director of the Master of Engineering Program in Engineering Management at SAU. His current research interests are in the areas of multi-phase equilibrium and transport in associated with interfacial science and renewable or alternative energy materials, and engineering management in energy.



Assoc. Prof. Boonruk Chipipop has held the position since 2000. He received his master in electrical engineering from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang in 1997. His current research interests are fractional-order electrical network application and fractional-order control application applied to engineering management.



อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิ
และ อัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่ของครีบทามแนวยาวที่มีโปรไฟล์
สี่เหลี่ยมและโปรไฟล์สามเหลี่ยมภายใต้สภาวะผิวเปียกบางส่วน

Effects of Temperature and Relative Humidity of Air on Temperature Distributions and Local Heat Transfer Rate of Longitudinal Fins of Rectangular and Triangular Profiles under Partially Wet Surface Conditions

ทศพล จันทระออ¹ และ วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี^{*}

Totsapon Chanlaor and Worachest Pirompugd

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี 20131

^{*}ผู้นิพนธ์ประสานงาน : worapiro@eng.buu.ac.th

วันที่รับบทความ: 10 มิถุนายน 2567 / วันที่แก้ไขบทความ: 9 สิงหาคม 2567 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 31 สิงหาคม 2567

บทคัดย่อ ครีบทามักถูกใช้ในการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายโอนความร้อนให้กับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหลายชนิด โดยเมื่ออุณหภูมิที่ผิวครีบทามมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง จะทำให้อิอน้ำในอากาศควบแน่นมาเกาะที่ผิวครีบทาม และทำให้ครีบทามอยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน ซึ่งจะมีการถ่ายโอนมวล ความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอไปพร้อมๆกัน ในงานวิจัยนี้ จะนำเสนอผลกระทบของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิและอัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่ของครีบทามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมและโปรไฟล์สามเหลี่ยม โดยครีบทามทั้งสองจะอยู่ภายใต้สภาวะผิวเปียกบางส่วน ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จะแสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้น อุณหภูมิและอัตราการถ่ายโอนความร้อนตามความยาวครีบทามจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน อีกทั้ง สัดส่วนของผิวเปียกก็จะเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม สำหรับการเพิ่มความชื้นให้กับอากาศนั้น จะทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่บริเวณปลายครีบทามทั้งสองชนิด มีค่าลดลง

คำสำคัญ : ครีบทามแนวยาว, โปรไฟล์สามเหลี่ยม, โปรไฟล์สี่เหลี่ยม, สภาวะผิวเปียกบางส่วน

Abstract Fins are the most widely used surface that enhances the heat transfer performance of heat exchangers. When the temperature of fin surface is lower than the dew point

temperature, the water vapor in the moist air will condense and adhere the fin surface. The fin surfaces are under partially wet surface conditions. There is simultaneous mass, sensible heat, and latent heat of vaporization. In this research, the effects of air temperature and relative humidity on the temperature distributions and local heat transfer rates of the longitudinal fins of rectangular and triangular profiles under partially wet surface conditions are presented. From the results of programming, it can see that when the temperature and relative humidity of air increase, the temperature and heat transfer rate of air increase too. Additionally, the proportion of wet surface also increase. However, for the rectangular and triangular profiles, when the relative humidity increases, the local heat transfer rate at fin tip area decreases.

Keywords: Longitudinal fins, Partially wet surface conditions, Rectangular profile, Triangular profile.

1. บทนำ

ครีป เป็นชิ้นส่วนที่นิยมใช้ในการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายโอนความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดต่างๆ โดยสาเหตุที่ครีปสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายโอนความร้อนได้นั้น เนื่องจากการติดครีปจะเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของไหลที่ไหลผ่านครีปกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ อย่างไรก็ตาม ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบางประเภท เช่น อีวาโปเรเตอร์หรือเครื่องระเหยนั้น ครีปมักจะอยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน โดยจะมีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ทำให้อากาศควบแน่นมาเกาะที่ผิวของครีป การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีความซับซ้อนมากกว่าปกติ โดยจะมีทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงเกิดขึ้นพร้อมกัน

ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีนักวิจัยหลายคนที่ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะของครีป โดยในระหว่างปี ค.ศ. 1949-1972 Schmidt [1] และ Kern and Kraus [2] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณการกระจายอุณหภูมิของครีป อัตราการถ่ายโอนความร้อนผ่านครีป และประสิทธิภาพของครีป ในระหว่างปี ค.ศ. 2005-2009

Asslantu [3], Joneidi et al. [4], และ Kulkarni and Joglekar [5] ได้นำเสนออิทธิพลของค่าการนำความร้อนที่มีต่อสมรรถนะของครีป นอกจากนี้ สำหรับครีปที่อยู่ในสภาวะเปียกนั้น ในปี ค.ศ. 1970 Threlkeld [7] ได้นำเสนอวิธีศักย์เอนทัลปี (Enthalpy potential method) สำหรับคำนวณอัตราการถ่ายโอนความร้อนระหว่างอากาศและผิวเปียกซึ่งมีทั้งการถ่ายโอนความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงไปพร้อมกัน นอกจากนี้ Threlkeld [7] ยังได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีปที่อยู่ในสภาวะลดความชื้นหรือครีปเปียกอีกด้วย จากนั้น ในเวลาต่อมา ได้มีนักวิจัยหลายคนที่น่าสนใจสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีปเปียกไปใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนติดครีป เช่น ในปี ค.ศ. 2000 Liang et al. [7] ได้ศึกษาเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีป โดยมีการนำประสิทธิภาพของครีปเปียกมาใช้ในการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และมีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 1 และ 2 มิติ อีกทั้งยังได้นำเสนอประสิทธิภาพของครีปเปียกบางส่วนอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของครีปเปียกบางส่วนที่นำเสนอ

โดย Liang et al. [7] นี้ จะอาศัยการคำนวณจากประสิทธิภาพของครีบทวนและประสิทธิภาพของครีบทวนเป็ยกเท่านั้น ในปี ค.ศ. 2007 Pirompugd et al. [8] ซึ่งก็คือ ผู้วิจัยในบทความวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของ ครีบทวนกลที่ อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์จากสมการอนุพันธ์ของการถ่ายโอนความร้อน ทำให้ได้สมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบทวนกลที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนอย่างแท้จริง ในปี ค.ศ. 2013 Pirompugd and Wongwises [9] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบทวนตามแนวยาวที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์จากสมการอนุพันธ์สำหรับการถ่ายโอนความร้อน ทำให้ได้สมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบทวนตามแนวยาวที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนอย่างแท้จริง นอกจากนี้ ในปีเดียวกันนี้ คือ ค.ศ. 2013 Pirompugd and Wongwises [10] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบทวนที่ อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน และในปี ค.ศ. 2021 Pirompugd and Wongwises [11] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบทวนกลที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน นอกจากนี้ ในปี ค.ศ. 2023 Nimmy et al. [12] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนผ่านครีบทวนที่มีลักษณะเป็นหางปลาที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน โดยผลลัพธ์ของ Nimmy et al. [12] จะนำเสนอในลักษณะของการกระจายอุณหภูมิ และวิธีในการคำนวณโดยอาศัยโครงข่ายประสาทเทียม ในปี ค.ศ. 2024 Milovancevic et al. [13] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำความเย็นบนแผ่นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีบทวนซึ่งจะมีบางสภาวะที่เป็นผิวเปียกบางส่วน ทว่าในแบบจำลองของ Milovancevic et al. [13] จะอาศัยสมการของครีบทวนเปียกทั้งหมดเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Pirompugd and Wongwises [9] หรือผู้วิจัยในบทความวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอเฉพาะประสิทธิภาพของครีบทวนตามแนวยาวที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนเท่านั้น ในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้นำเสนอการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีบทวนแต่อย่างใด ดังนั้น ในบทความวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยจะนำเสนอสมการและผลลัพธ์สำหรับการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีบทวน สำหรับครีบทวนตามแนวยาวที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจพฤติกรรมของครีบทวนเปียกบางส่วนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังจะนำเสนออิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิก็คด้วย

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในปี ค.ศ. 2013 Pirompugd and Wongwises [9] ได้นำเสนอสมการสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของครีบทวนตามแนวยาวที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน ดังสมการที่ 1-4 ดังต่อไปนี้

- โปรไฟล์สี่เหลี่ยม

$$\eta_{rect} = \frac{\gamma_0 (e^{2M_1 x_{dy}} + e^{2M_1 b}) - 2\gamma_{dp} e^{M_1 (x_{dy} + b)}}{M_1 b \gamma_0 (e^{2M_1 b} - e^{2M_1 x_{dy}})} \quad \dots (1)$$

- โปรไฟล์สามเหลี่ยม

$$\eta_{tri} = \frac{I_1(2M_1 b) \left[K_0(2M_1 \sqrt{\gamma_{dp} x_{dy}}) - \frac{\gamma_{dp}}{\gamma_0} K_0(2M_1 b) \right] + K_1(2M_1 b) \left[I_0(2M_1 \sqrt{\gamma_{dp} x_{dy}}) - \frac{\gamma_{dp}}{\gamma_0} I_0(2M_1 b) \right]}{M_1 b \left[I_0(2M_1 b) K_0(2M_1 \sqrt{\gamma_{dp} x_{dy}}) - I_0(2M_1 \sqrt{\gamma_{dp} x_{dy}}) K_0(2M_1 b) \right]} \quad \dots (2)$$

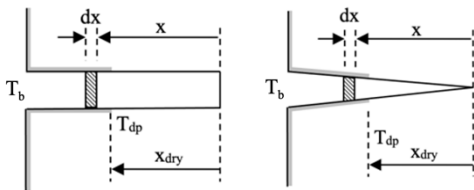
- โปรไฟล์พาราโบลาโค้งเว้า

$$\eta_{cave} = \frac{(-0.5 + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5}) b^{-1.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} \left[\gamma_{dp} b^{-0.5} - 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} - \gamma_{dp} b^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} \right]}{M_1^2 b \gamma_0 \left[x_{dy}^{-0.5} - 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} b^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} - x_{dy}^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} \right]} + \frac{(-0.5 - 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5}) b^{-1.5} - 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} \left[\gamma_{dp} b^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} - \gamma_{dp} b^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} \right]}{M_1^2 b \gamma_0 \left[x_{dy}^{-0.5} - 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} b^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} - x_{dy}^{-0.5} + 0.5(1 + 4M_1^2 b^2)^{0.5} \right]} \quad \dots (3)$$

- โปรไฟล์พาราโบลาโค้งงอ

$$\eta_{\text{even}} = \frac{\left(\frac{x_{\text{dry}}}{b}\right)^{-0.25} \frac{\gamma_{\text{dp}}}{\gamma_0} \left[I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) I_{2/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) - I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) I_{2/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) \right]}{M_T b \left[I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b^{0.25} x_{\text{dry}}^{0.75} \right) - I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b^{0.25} x_{\text{dry}}^{0.75} \right) \right]} + \frac{\left[I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b^{0.25} x_{\text{dry}}^{0.75} \right) I_{2/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) - I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b^{0.25} x_{\text{dry}}^{0.75} \right) I_{2/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) \right]}{M_T b \left[I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b^{0.25} x_{\text{dry}}^{0.75} \right) - I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b \right) I_{1/3} \left(\frac{4}{3} M_T b^{0.25} x_{\text{dry}}^{0.75} \right) \right]} \quad \dots (4)$$

อย่างไรก็ตาม Pirompugd and Wongwiset [9] ได้มุ่งเน้นไปที่การนำเสนอสมการเพื่อคำนวณประสิทธิภาพของครีบบตามแนวยาวทั้ง 4 โปรไฟล์ ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน เพื่อการประยุกต์ใช้งานทางอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ แต่ในบทความดังกล่าวไม่ได้นำเสนอการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีบบ โดยเฉพาะการกระจายอุณหภูมิในครีบบส่วนเปียกซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าครีบบส่วนแห้ง ดังนั้น ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเสนอวิธีการคำนวณการกระจายอุณหภูมิสำหรับครีบบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมและโปรไฟล์สามเหลี่ยม ที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วน



1.1 โปรไฟล์สี่เหลี่ยม 1.2 โปรไฟล์สามเหลี่ยม

รูปที่ 1 ครีบบตามแนวยาวในสภาวะผิวเปียกบางส่วน

จากรูปที่ 1 แสดงครีบบตามแนวยาวในสภาวะผิวเปียกบางส่วน ซึ่งครีบบมีอุณหภูมิฐานครีบบ เท่ากับ T_b และมีความยาว b ($b \geq x \geq 0$) โดยที่ระยะ $x = x_{\text{dry}}$ ครีบบจะมีอุณหภูมิเท่ากับ T_{dp} หรือ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ทำให้ด้านขวาของครีบบ ($x < x_{\text{dry}}$) จะอยู่ในสภาวะผิวแห้ง

ในขณะที่ด้านซ้ายของครีบบ ($x \geq x_{\text{dry}}$) จะอยู่ในสภาวะผิวเปียก เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำกว่า T_{dp}

ดังนั้น ในการสร้างสมการเพื่ออธิบายการกระจายอุณหภูมิของครีบบ รวมถึงอัตราการถ่ายโอนความร้อนและประสิทธิภาพของครีบบ จะแบ่งการพิจารณา ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของครีบบที่อยู่ในสภาวะผิวแห้ง และส่วนของครีบบที่อยู่ในสภาวะผิวเปียก ดังต่อไปนี้

- ครีบบส่วนแห้ง

สำหรับส่วนแห้ง เมื่ออาศัยความรู้ทางด้านการถ่ายโอนความร้อน จะสามารถสร้างสมการอนุพันธ์ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{โปรไฟล์สี่เหลี่ยม : } \frac{d^2\theta}{dx^2} - m\theta = 0 \quad (5)$$

$$\text{โปรไฟล์สามเหลี่ยม : } \frac{d^2\theta}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d\theta}{dx} - m^2 \frac{b}{x} \theta = 0 \quad (6)$$

$$\text{โดย } \theta = T - T_a \text{ และ } m = \sqrt{\frac{2h}{k_f \delta b}}$$

ในการแก้สมการที่ 5 และ 6 จะต้องอาศัยเงื่อนไขขอบเขต

ดังต่อไปนี้

$$\text{เมื่อ } x = 0 \text{ จะได้ } \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (7)$$

$$\text{เมื่อ } x = x_{\text{dry}} \text{ จะได้ } \theta|_{x=x_{\text{dry}}} = \theta_{\text{dp}} \quad (8)$$

$$\text{โดย } \theta_{\text{dp}} = T_{\text{dp}} - T_a$$

จากสมการอนุพันธ์ที่ 5 และ 6 และเงื่อนไขขอบเขตจากสมการที่ 7 และ 8 จะสามารถแก้สมการได้ดังต่อไปนี้

$$\text{โปรไฟล์สี่เหลี่ยม : } \theta = \frac{\theta_{\text{dp}} \cosh mx}{\cosh mx_{\text{dry}}} \quad (9)$$

$$\text{โปรไฟล์สามเหลี่ยม : } \theta = \frac{\theta_{dp} I_0(2m\sqrt{bx})}{I_0(2m\sqrt{bx_{dry}})} \quad (10)$$

จากสมการที่ 9 และ 10 จะทำให้สามารถคำนวณหา การกระจายอุณหภูมิของครีปในส่วนแห้ง หรือที่ตำแหน่ง $x < x_{dry}$ ได้ โดย $T = \theta + T_a$

- ครีปส่วนเปียก

สำหรับส่วนเปียก Threlkeld [7] ได้นำเสนอวิธีสก็อว์เอนทัลปี และเมื่ออาศัยพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนและสมการอนุพันธ์ จะสามารถสร้างสมการอนุพันธ์ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{โปรไฟล์สี่เหลี่ยม : } \frac{d^2\gamma}{dx^2} - M_T\gamma = 0 \quad (11)$$

$$\text{โปรไฟล์สามเหลี่ยม : } \frac{d^2\gamma}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d\gamma}{dx} - M_T^2 \frac{b}{x} \gamma = 0 \quad (12)$$

$$\text{โดย } \gamma = i - i_a \text{ และ } M_T = \sqrt{\frac{2h}{k_f \delta_b} \cdot \frac{b_w}{C_{p,a}}}$$

สำหรับ b_w นั้น จะขึ้นกับอุณหภูมิ โดยจะเป็นไปตามสมการที่ 13 ดังต่อไปนี้

$$b_w' = 0.001971809 \times T^2 + 0.042053208 \times T + 1.707411988 \quad (13)$$

สมการที่ 13 จะในช่วง $0^\circ\text{C} \leq T \leq 15^\circ\text{C}$ เท่านั้น โดยในสมการที่ 13 นี้ b_w' มีหน่วยเป็น kJ/kg/K และ T มีหน่วยเป็น $^\circ\text{C}$

ในงานวิจัยของ Pirompugd and Wongwiset [9] จะนำเสนอปริมาณ M_T ที่แตกต่างออกไป โดยจะคิดอิทธิพลจากความต้านทานความร้อนในส่วนของการนำความร้อนผ่านฟิล์มน้ำเข้าไปด้วย ซึ่งจะทำให้มี

ความจริงมากกว่า แต่ทว่า ทำให้เกิดความซับซ้อนในการคำนวณอย่างมาก เพราะต้องอาศัยการทำซ้ำ อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยของ Myers [12] ได้แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของความหนาของฟิล์มน้ำที่มีต่อสมรรถนะการถ่ายโอนความร้อนนั้น มีค่าน้อยมาก โดยมีค่าระหว่าง 0.5-5% อีกทั้ง งานวิจัยในอดีตเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนผ่านสภาวะผิวเปียก มักจะละทิ้งค่าดังกล่าว ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงไม่คิดความต้านทานความร้อนจากการนำความร้อนผ่านฟิล์มน้ำ

ในการแก้สมการที่ 11 และ 12 จะต้องอาศัยเงื่อนไขขอบเขต ดังต่อไปนี้

$$\text{เมื่อ } x = x_{dry} \text{ จะได้ } \gamma|_{x=x_{dry}} = \gamma_{dp} \quad (14)$$

$$\text{เมื่อ } x = b \text{ จะได้ } \gamma|_{x=b} = \gamma_0 \quad (15)$$

$$\text{โดย } \gamma_{dp} = i_{dp} - i_a \text{ และ } \gamma_0 = i_0 - i_a$$

จากสมการอนุพันธ์ที่ 11 และ 12 และเงื่อนไขขอบเขตจากสมการที่ 14 และ 15 จะสามารถแก้สมการได้ดังต่อไปนี้

โปรไฟล์สี่เหลี่ยม :

$$\gamma = \frac{\gamma_0 e^{M_T b} - \gamma_{dp} e^{M_T x_{dry}}}{e^{2M_T b} - e^{2M_T x_{dry}}} e^{M_T x} + \frac{\gamma_{dp} e^{(M_T x_{dry} + 2M_T b)} - \gamma_0 e^{(2M_T x_{dry} + M_T b)}}{e^{2M_T b} - e^{2M_T x_{dry}}} e^{-M_T x} \quad (16)$$

โปรไฟล์สามเหลี่ยม :

$$\gamma = \frac{\gamma_0 K_0(2M_T \sqrt{bx_{dry}}) \gamma_{dp} K_0(2M_T b)}{I_0(2M_T b) K_0(2M_T \sqrt{bx_{dry}}) I_0(2M_T \sqrt{bx_{dry}}) K_0(2M_T b)} I_0(2M_T \sqrt{bx}) + \frac{\gamma_{dp} I_0(2M_T b) \gamma_0 I_0(2M_T \sqrt{bx_{dry}})}{I_0(2M_T b) K_0(2M_T \sqrt{bx_{dry}}) I_0(2M_T \sqrt{bx_{dry}}) K_0(2M_T b)} K_0(2M_T \sqrt{bx}) \quad (17)$$

จากสมการที่ 16 และ 17 จะสามารถคำนวณการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีปในส่วนผิวเปียกได้ดังนี้

$$T = 2.410601395641530E-05 \times (\gamma + i_u)^3 - 5.364061204560760E-03 \times (\gamma + i_u)^2 + 6.823891300927570E-01 \times (\gamma + i_u) - 5.984605864962960E+00 \quad (18)$$

สำหรับสมการที่ 18 นี้ จะใช้ได้ในช่วง $0^\circ\text{C} \leq T \leq 15^\circ\text{C}$ เท่านั้น โดยในสมการที่ 18 นี้ γ มีหน่วยเป็น kJ/kg และ T มีหน่วยเป็น $^\circ\text{C}$

ในการคำนวณหาการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีป จะต้องอาศัยการทำซ้ำ โดยจะต้องสมมติ x_{dry} แล้วคำนวณโปรไฟล์อุณหภูมิตามความยาวครีปในส่วนแห้งและส่วนเปียก จากนั้น จะต้องตรวจสอบความถูกต้อง โดยอาศัยสมการที่ 19 ดังต่อไปนี้

$$\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_{dry}} = b'_{w,dp} \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=x_{dry}} \quad (19)$$

นอกจากนี้ สำหรับครีปตามแนวยาวทั้ง 2 ชนิด คือ ครีปที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมและครีปที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม สามารถหาอัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่หรืออัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ตำแหน่ง x ใดๆ ได้ดังนี้

$$\dot{Q}' = - \frac{k_f A}{b'_w L} \frac{dy}{dx} \quad (20)$$

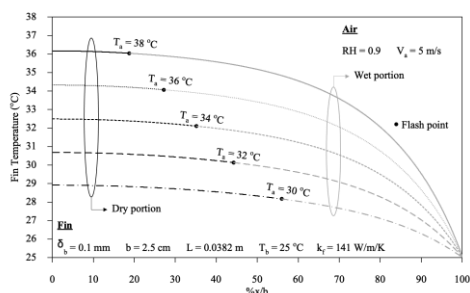
โดย \dot{Q}' คือ อัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่ หรืออัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ตำแหน่ง x ใดๆ ต่อหนึ่งหน่วยความลึกของครีป (W/m), A คือ พื้นที่หน้าตัดของครีปที่ตำแหน่ง x ใดๆ (m^2), k_f คือ ค่าการนำ

ความร้อนของครีป (W/m/K), L คือ ระยะความลึกของครีป (m)

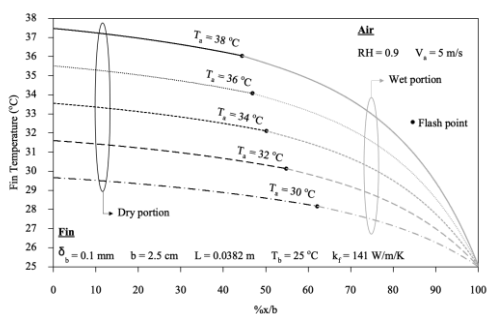
3. ผลลัพธ์และการวิเคราะห์

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้นี้ จะทำให้สามารถคำนวณหาการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีปได้ โดยในรูปที่ 2 จะแสดงการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีป โดยรูปที่ 2.1 จะเป็นครีปตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม และรูปที่ 2.2 จะเป็นครีปตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม ทั้งนี้ จากรูปที่ 2 นั้น สำหรับแกน x จะแสดงระยะไว้หน่วย x/b เป็นร้อยละ โดย $\%x/b = 0$ ก็คือ ตำแหน่งปลายครีป และ $\%x/b = 100$ ก็คือ ตำแหน่งฐานครีป ส่วนแกน y จะแสดงอุณหภูมิของครีป นอกจากนี้ จากรูป จุดสีดำที่บ (Flash point) จะแสดง ตำแหน่งที่แบ่งแยกระหว่าง บริเวณตั้งแต่ปลายครีปจนถึงจุดดังกล่าวที่อยู่ในสภาวะแห้ง และบริเวณตั้งแต่ฐานครีปจนถึงจุดดังกล่าวที่อยู่ในสภาวะเปียก จากรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นครีปที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม จะพบว่า เมื่อ $\%x/b$ ลดลงจาก 100 หรือก็คือระยะตามความยาวครีปที่ลดลงจากฐานครีป อุณหภูมิของครีปจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้น เมื่อระยะไว้หน่วย $\%x/b$ ลดลงไปอีก อุณหภูมิของครีปจะเพิ่มขึ้น ช้าลงเรื่อยๆ จนถึง $\%x/b = 0$ หรือที่ปลายครีป อุณหภูมิของครีปจะมีค่าสูงที่สุด แต่การเพิ่มของอุณหภูมิที่บริเวณปลายครีปนี้จะมีค่าน้อยที่สุด ในทำนองเดียวกัน ในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นครีปที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน แต่อุณหภูมิของครีปที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของครีปที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม สำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่มีต่อ การกระจายอุณหภูมิของครีปนั้น จะพบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของครีปแต่ละตำแหน่งก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2 ซึ่ง

ผลลัพธ์จะเหมือนกันทั้งครีบริบที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมและครีบริบที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม



2.1 ครีบริบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม

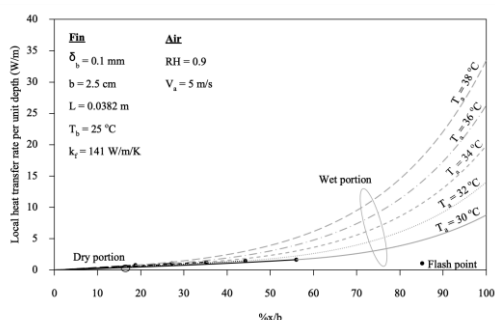


2.2 ครีบริบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม

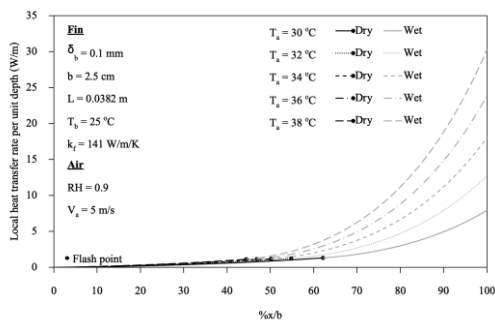
รูปที่ 2 ผลกระทบของอุณหภูมิอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีบริบ

นอกจากนี้ ยังมีข้อสังเกตสำหรับความชันของอุณหภูมิที่ฐานครีบริบ โดยจะพบว่า อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิหรือความชันของอุณหภูมิสำหรับครีบริบที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมจะสูงกว่าความชันของอุณหภูมิสำหรับครีบริบที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม โดยความชันที่กล่าวถึงนี้ จะเป็นปริมาณซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการถ่ายโอนความร้อน ดังรูปที่ 3 โดยในรูปที่ 3 นี้ จะแสดงผลกระทบของอุณหภูมิอากาศที่มีต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่ โดยจากรูปที่ 3.1 และ 3.2 จะพบว่า อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ปลายครีบริบ หรือ $\%x/b = 0$ จะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.1 และ 2.2 จะพบว่า ความชันของอุณหภูมิที่ตำแหน่งนี้ ก็จะเป็นศูนย์

เช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากสมการการนำความร้อนนั้น ความชันของอุณหภูมิจะบ่งบอกถึงอัตราการถ่ายโอนความร้อนนั่นเอง และเมื่อ $\%x/b$ เพิ่มขึ้น จะพบว่า อัตราการถ่ายโอนความร้อนจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ฐานครีบริบ หรือ $\%x/b = 100$ นั่นเอง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.1 และ 2.2 ก็พบว่า ความชันของอุณหภูมิที่ตำแหน่งนี้ จะมีค่าสูงที่สุดนั่นเอง



3.1 ครีบริบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม



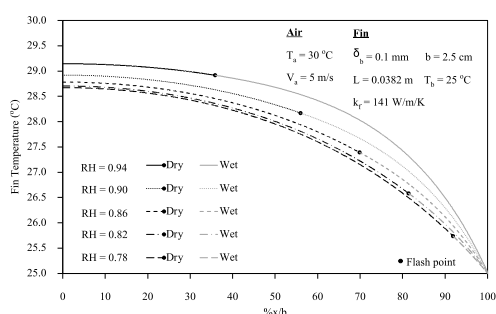
3.2 ครีบริบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม

รูปที่ 3 ผลกระทบของอุณหภูมิอากาศที่มีต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่
(Local heat transfer rate)

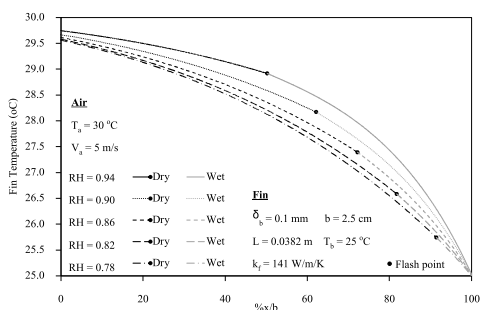
สำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศนั้น จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 จะพบว่า อุณหภูมิของอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย โดยครีบริบที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมจะให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนสูงกว่าครีบริบที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม ทั้งนี้ เนื่องจาก

พื้นที่หน้าตัดในการนำความร้อนมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดนั่นเอง โดยเฉพาะบริเวณปลายครีป ส่วนพื้นที่ผิวสำหรับพาความร้อนมีค่าต่างกันไม่มากนัก

จากรูปที่ 4 แสดงผลกระทบของความชื้นอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีป โดยจากรูปที่ 4.1 และ 4.2 จะพบว่า เมื่อความชื้นอากาศเพิ่มขึ้นอุณหภูมิครีปแต่ละตำแหน่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทว่า x_{dry} กลับมีค่าลดลง



4.1 กรอบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม

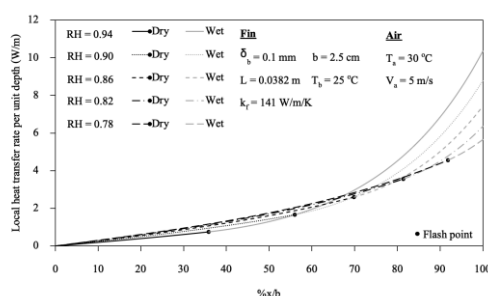


4.2 กรอบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม

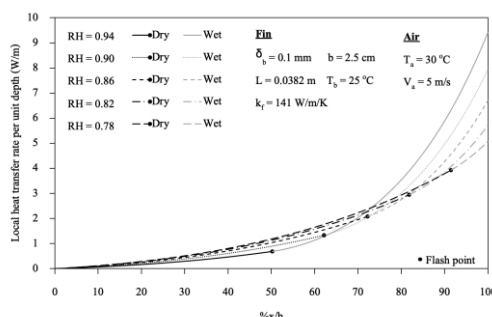
รูปที่ 4 ผลกระทบของความชื้นอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิตามความยาวครีป

นอกจากนี้ จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 จะพบว่าความชื้นของอากาศที่เพิ่มขึ้น ยังทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ฐานครีป หรืออัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ตำแหน่ง $\%x/b = 100$ มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มความชื้นในอากาศมีผลทำให้อุณหภูมิ

และเอนทัลปีของอากาศเพิ่มขึ้น โดยในส่วนของผิวเปียกนั้น ผลต่างของเอนทัลปีระหว่าง อากาศ และอากาศชื้น อิ่มตัวที่อุณหภูมิครีป เป็นปริมาณที่ผลักดันให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อน ดังนั้น เมื่อความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นจึงทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ฐานครีป หรืออัตราการถ่ายโอนความร้อนรวมเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อีกทั้ง การเพิ่มความชื้นในอากาศ ยังทำให้บริเวณผิวเปียกมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้นนั่นเอง



5.1 กรอบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยม



5.2 กรอบตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สามเหลี่ยม

รูปที่ 5 ผลกระทบของความชื้นอากาศที่มีต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่

นอกจากนี้ จากรูปที่ 5 จะสังเกตได้ว่าในบริเวณปลายครีปนั้น อัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่สำหรับอากาศที่มีความชื้นต่ำ จะมีค่าสูงกว่าเนื่องจาก อุณหภูมิครีปในบริเวณดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากกว่านั่นเอง อย่างไรก็ตาม

เมื่อพิจารณาอัตราการถ่ายโอนความร้อนรวม หรืออัตราการถ่ายโอนความร้อนที่ฐานครีป ($\%x/b = 100$) จะพบว่า อัตราการถ่ายโอนความร้อนรวมสำหรับอากาศที่มีความชื้นมากกว่า จะมีค่าสูงกว่า

จากผลลัพธ์ที่ได้นี้ ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่มีต่อการกระจายอุณหภูมิและอัตราการถ่ายโอนความร้อนเฉพาะที่ของครีป จะช่วยเติมเต็มในงานวิจัยของผู้เขียนก่อนนี้ คือ Pirompugd and Wongwiset [9] ได้เป็นอย่างดี

4. สรุปผล

จากการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายการกระจายอุณหภูมิและอัตราการถ่ายโอนความร้อนผ่านครีปตามแนวยาวที่มีโปรไฟล์สี่เหลี่ยมและโปรไฟล์สามเหลี่ยมภายใต้สภาวะผิวเปียกบางส่วน สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 สำหรับครีปทั้ง 2 ชนิดที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนนั้น อุณหภูมิของครีปจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ฐานครีป และจะค่อยๆเพิ่มช้าลงจนถึงบริเวณปลายครีป โดยความชันของอุณหภูมิจะสูงสุดที่ฐานครีป

4.2 สำหรับครีปทั้ง 2 ชนิดที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนนั้น อัตราการถ่ายโอนความร้อนจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในบริเวณปลายครีป และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณถัดไป จนมีค่าสูงสุดที่ฐานครีป

4.3 สำหรับครีปทั้ง 2 ชนิดที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนนั้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศจะทำให้อุณหภูมิตามความยาวครีป อัตราการถ่ายโอนความร้อนรวมของครีป และสัดส่วนของผิวเปียก มีค่าเพิ่มขึ้น

4.4 สำหรับครีปทั้ง 2 ชนิดที่อยู่ในสภาวะผิวเปียกบางส่วนนั้น เมื่ออากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น อัตราการถ่าย

โอนความร้อนเฉพาะที่ (local heat transfer) บริเวณปลายครีปจะมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม อัตราการถ่ายโอนความร้อนบริเวณฐานครีปหรืออัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของครีป จะมีค่าเพิ่มขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนลำดับที่ 1 ขอขอบคุณนางสาวชลยา พงพันธ์ และนายวรรณชาติ ตรีภากิจ ที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุนในด้านต่างๆ รวมถึงขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนสำหรับค่าเทอม และศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ และรองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี ที่ได้ให้โอกาสในการเป็นส่วนร่วมในทีมวิจัย และได้ให้การสนับสนุนเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายรายเดือน ผู้เขียนลำดับที่ 2 ขอขอบคุณ สวทช. ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ

6. รายการสัญลักษณ์

b	ความยาวครีป, m
b'_w	ความชื้นของเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิครีป, $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$
$b'_{w,dp}$	ความชื้นของเอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิจุดน้ำค้าง, $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$
$C_{p,a}$	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, $J\ kg^{-1}\ C^{-1}$
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, $W\ m^{-2}\ K^{-1}$
$I_{-2/3}$	modified Bessel function solution of the first kind, order -2/3.
$I_{-1/3}$	modified Bessel function solution of the first kind, order -1/3.
I_0	modified Bessel function solution of the first kind, order 0.

$I_{1/3}$	modified Bessel function solution of the first kind, order 1/3.
$I_{2/3}$	modified Bessel function solution of the first kind, order 2/3.
I_1	modified Bessel function solution of the first kind, order 1.
i	เอนทัลปีของอากาศอัดที่อุณหภูมิครีป, $J\ kg^{-1}$
i_a	เอนทัลปีของอากาศ, $J\ kg^{-1}$
k_f	ค่าการนำความร้อนของครีป, $W\ m^{-1}\ K^{-1}$
K_0	modified Bessel function solution of the second kind, order 0
K_1	modified Bessel function solution of the second kind, order 1
L	ความลึกของครีป, m
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ
T	อุณหภูมิของครีป, $^{\circ}C$
T_a	อุณหภูมิของอากาศ, $^{\circ}C$
x	ระยะจากปลายครีป, m
x_{dry}	ระยะจากปลายครีปถึงบริเวณรอยต่อระหว่างผิวแห้งและผิวเปียก, m
δ_b	ความหนาของครีปที่ตำแหน่งฐานครีป, m
γ	ผลต่างของเอนทัลปีของอากาศ, $J\ kg^{-1}$
γ_{dp}	ผลต่างของเอนทัลปีของอากาศอัดที่อุณหภูมิจุดน้ำค้างและเอนทัลปีของอากาศ, $J\ kg^{-1}$
γ_0	ผลต่างของเอนทัลปีของอากาศอัดที่อุณหภูมิฐานครีปและเอนทัลปีของอากาศ, $J\ kg^{-1}$
η	ประสิทธิภาพของครีป
θ	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิครีปและอุณหภูมิอากาศ, $^{\circ}C$
θ_{dp}	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิครีปและอุณหภูมิจุดน้ำค้าง, $^{\circ}C$

7. เอกสารอ้างอิง

1. T.E. Schmidt, "Heat transfer calculations for extended surfaces", Refrigeration Engineering, 49, 351–357, 1949.
2. D.Q. Kern, A.D. Kraus, "Extended surface heat transfer", McGraw-Hill, Inc., New-York, NY, 1972.
3. C. Arslanturk, "A decomposition method for fin efficiency of convective straight fins with temperature-dependent thermal conductivity", International Journal of Heat and Mass Transfer, 32, 831–841, 2005.
4. A.A. Joneidi, D.D. Ganji, M. Babaelahi, "Differential Transformation Method to determine fin efficiency of convective straight fins with temperature dependent thermal conductivity", International Communications in Heat and Mass Transfer, 36, 757–762, 2009.
5. D.B. Kulkarni, M.M. Joglekar, "Residue minimization technique to analyze the efficiency of convective straight fins having temperature-dependent thermal conductivity", Applied Mathematics and Computation, 215, 2184–2191, 2009.
6. J.L. Threlkeld, "Thermal environmental engineering", Prentice-Hall, Inc., New-York, NY, 1970.
7. S.Y. Liang, T.N. Wong, G.K. Nathan, "Comparison of one-dimensional and two-dimensional models for wet-surface fin efficiency of a plate-fin-tube heat exchanger", Applied Thermal Engineering, 20, 941–962, 2000.

8. W. Pirompugd, C.C. Wang, S. Wongwises, “Finite circular fin method for heat and mass transfer characteristics for plain fin-and-tube heat exchangers under fully and partially wet surface conditions”, International Journal Heat Mass Transfer, 50(3–4), 552–565, 2007.
9. W. Pirompugd, S. Wongwises, “Partially wet fin efficiency for the longitudinal fins of rectangular, triangular, concave parabolic, and convex parabolic profiles”, Journal of Franklin Institute, 350, 1424–1442, 2013.
10. W. Pirompugd, S. Wongwises, “Efficiencies for partially wetted spine fins: uniform cross section, conical, concave parabolic, and convex parabolic profiles”, Journal of Heat Transfer, 135(8), Article 081903, 2013.
11. W. Pirompugd, S. Wongwises, “Analytical methods for the efficiency of annular fins with rectangular and hyperbolic profiles under partially wet surface conditions”, Numerical Heat Transfer, Part A: Application, 80(12), 617–634, 2021.
12. P. Nimmy, K.V. Nagaraja, P. Srilatha, K. Karthik, G. Sowmya, R.S.V. Kumar, U. Khan, S.M. Hussain, A.S. Hendy, M.R. Ali, “Implication of radiation on the thermal behavior of a partially wetted dovetail fin using an artificial neural network”, Case Studies in Thermal Engineering, 51, 103552, 2023.
13. U. Milovancevic, S. Genic, B. Jacimovic, M. Otovic, “Wet cooling of air on plate finned tube heat exchangers”, International Journal of Refrigeration, 165, 133–144, 2024.
14. R.J. Myers, “The effect of dehumidification on the air-side heat transfer coefficient for a finned-tube coil”, Master thesis, University of Minnesota, Minneapolis, USA, 1967.

ประวัติผู้ประพันธ์ :

นายทศพล จันทร์ละออ



- จบการศึกษา : ปริญญาตรีจาก
มหาวิทยาลัยบูรพา (วศ.บ.
วิศวกรรมเครื่องกล)
กำลังศึกษาในระดับ : ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยบูรพา (วศ.ม.วิศวกรรมเครื่องกล)

รองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี



- จบการศึกษา : ปริญญาเอกจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าธนบุรี (วศ.ด.
วิศวกรรมเครื่องกล)
- จบการศึกษา : ปริญญาโทจาก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วศ.ม.
วิศวกรรมเครื่องกล)

- จบการศึกษา : ปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี (วศ.บ.วิศวกรรมเครื่องกล)

Conscious Bias in Thailand Job Posting

Phaphontee Yamchote, Pemika Cunaviriyasiri, Traivith Chupkum*

Department of Computer Engineering, Southeast Asia University

Corresponding author: traivith@we-stride.com

Received : 21 September 2024 / Revised : 25 October 2024 / Accepted: 4 November 2024

Abstract This research paper investigates the presence of conscious bias in LinkedIn job postings within Thailand, focusing on gendered language and its impact on recruitment practices. Conscious bias, manifested through explicit preferences in job descriptions, can perpetuate inequality in the labor market. By analyzing job postings across ten in-demand roles in the tech and data-driven sectors, this study identifies patterns of gendered language and explores their implications for gender diversity in recruitment. By tokenization techniques in Natural Language Processing (NLP) , the research reveals that masculine-coded language is more prevalent in technical roles, potentially discouraging female applicants and contributing to the underrepresentation of women in leadership and senior positions. Additionally, the paper highlights the role of educational requirements as a barrier to inclusivity, particularly in fields that favor candidates with advanced degrees. The findings underscore the need for more inclusive job postings and greater enforcement of anti-discrimination policies to promote equality in the Thai labor market.

Keywords: Conscious bias, Gendered language, Gender diversity, Anti-discrimination policies

1. Introduction

The digitalization of recruitment practices has transformed how job opportunities are posted and accessed, with LinkedIn emerging as a significant platform for both employers and job seekers. However, despite the advantages of this digital shift, there are growing concerns about the existence of conscious bias in job postings on LinkedIn, particularly in the context of Thailand. Conscious bias refers to deliberate or explicit prejudice that affects decision-making processes, often manifesting in discriminatory language or practices [1]. Previous studies highlight

how recruitment platforms can unintentionally propagate biases, particularly in terms of gender, age, and race [2]. In Thailand, these biases often reflect societal norms and cultural expectations, which can influence how employers frame job advertisements. For instance, research by Thamsuk et al. [3] underscores that job postings in Thailand may perpetuate gender-based expectations, such as preferring male candidates for technical roles, which reflects broader socio-cultural dynamics.

Moreover, conscious bias extends beyond gender, impacting areas such as educational background, age, and appearance, all of which are commonly mentioned criteria in Thai job postings [4]. This paper aims to explore how conscious bias manifests in LinkedIn job postings in Thailand and the potential implications for equality and inclusiveness in the labor market. By drawing on relevant academic literature and analyzing real-world examples, this study will shed light on the underlying factors contributing to conscious bias and propose solutions for creating more equitable recruitment practices.

While LinkedIn offers a platform where job seekers and employers can connect globally, it has also been observed that the content and structure of job advertisements may reflect conscious or implicit biases, affecting the inclusiveness of the recruitment process [5]. Conscious bias in job postings can often be subtle but impactful, especially when employers include specific requirements that may disadvantage certain groups. For example, phrases such as "young and energetic" or "male preferred" indicate clear preferences, which can discourage potential applicants from diverse backgrounds [6]. In Thailand, societal expectations, such as favoring candidates with a certain appearance or those who have graduated from well-known universities, further exacerbate these biases [3]. By examining job advertisements on LinkedIn through the lens of conscious bias, this study aims to identify recurring patterns and propose actionable steps to mitigate bias in recruitment, thus fostering a more inclusive hiring landscape.

1.1 Conscious and Unconscious Bias in Job Postings

The literature on bias in job descriptions reveals several types of biases that influence recruitment outcomes, often perpetuating inequality. Gender bias is one of the most studied forms, with research showing that language in job descriptions often favors male candidates for leadership and technical roles. For instance [7], highlight how gender stereotypes influence employers' perceptions, particularly in male-dominated industries like technology and engineering. This bias, reinforced by terms like "assertive" or "competitive," can dissuade women from applying, especially for senior roles due to stereotypes about their leadership abilities [8].

Racial and ethnic bias is similarly pervasive. Bertrand and Mullainathan's [9] landmark study demonstrated that candidates with "ethnic-sounding" names were significantly less likely to receive callbacks for interviews compared to those with traditionally "white-sounding" names, even when qualifications were identical. Such biases can be present in job descriptions through culturally specific language or assumptions that may alienate minority candidates [10].

Age bias is another form of discrimination embedded in recruitment practices, especially when job descriptions use phrases like "young, dynamic team." Older job seekers, particularly those over 50, are often viewed as less adaptable and technologically proficient compared to younger candidates [11]. This is especially prevalent in industries such as IT and marketing, where youth is often equated

with innovation and adaptability [12].

In addition, disability bias is frequently found in job descriptions that emphasize physical or sensory requirements, even when such abilities may not be essential for the role. These unnecessary requirements can discourage individuals with disabilities from applying, limiting their opportunities [13]. Finally, educational and experience bias can also be present, with job descriptions sometimes requiring degrees from prestigious institutions or an excessive number of years of experience, which disproportionately excludes candidates from diverse educational backgrounds or younger, less experienced applicants.

Addressing these biases requires a deliberate effort to revise job descriptions, focusing on neutral, inclusive language that emphasizes essential qualifications rather than perpetuating stereotypes or unnecessary requirements. Such changes are critical for fostering more equitable hiring practices and promoting diversity within organizations.

1.2 Job Posting Quantitative Analysis Methods

Building on the foundational studies of gendered word usage in job descriptions, recent research has emphasized the role of language in reinforcing gender stereotypes. For instance, Kay, Gaucher, and Friesen [14] discovered that certain masculine-coded words, particularly those representing agency and dominance, are more likely to deter female applicants. This concept aligns with Shiliang Tang's [15] work, which demonstrated that gender stereotypes could be quantified through algorithms that

analyze self-reported characteristics. Meanwhile, Matfield's [16] development of the Gender Decoder tool introduced a practical application that measures the frequency of gender-coded words in job descriptions, albeit without fully capturing the contextual meaning of those words.

More recent advancements in this field, such as Dikshit et al.'s [17] use of Natural Language Processing (NLP), provide a more comprehensive approach by categorizing job descriptions into agentic, communal, or balanced types. This method represents a significant improvement, as it enables a more nuanced understanding of how language in job descriptions either attracts or deters applicants of different genders. However, as gender bias remains an ongoing issue, particularly in specific cultural contexts like Thailand, where patriarchal values often restrict women from attaining leadership positions, these tools must be continually refined and validated for broader, more inclusive applications.

1.3 Discrimination in Hiring Practices in the Thai Labor Market

Discrimination in hiring practices is a significant issue in many countries, including Thailand. Research has shown that biases based on gender, age, and ethnicity influence employment opportunities and outcomes in the Thai labor market. Rigg and Ritchie [18] highlighted that women in Thailand face challenges in accessing leadership roles and jobs in male-dominated fields, such as engineering and technology. This is often due to stereotypes about women's

commitment to work and assumptions about their family responsibilities. Similarly, Tangkitvanich and Sasiwuttiwat [19] noted a persistent wage gap between men and women, partially attributed to discriminatory hiring practices that prevent women from securing high-paying positions. Gender norms remain deeply embedded in Thai society, as UN Women [20] reported, further limiting women's opportunities in the workforce.

Age discrimination is another prevalent issue in Thailand. Praemai and Intarakumnerd [21] found that older workers, particularly those over 40, are often overlooked in favor of younger candidates, even when they have relevant experience. This bias is rooted in perceptions that older workers are less adaptable to new technologies and workplace environments. Despite policies that encourage the employment of older individuals, as noted by Chantanusornsiri [22], these initiatives are not widely enforced, leaving many older job seekers at a disadvantage, particularly in fields like marketing and technology.

Ethnic discrimination also plays a significant role in Thailand's hiring practices, especially against migrant workers from neighboring countries like Myanmar, Cambodia, and Laos. The International Labour Organization (ILO) [23] documented instances of ethnic bias, where migrant workers are often relegated to low-wage, low-skill jobs regardless of their qualifications. Suwanarak [24] emphasized that ethnic minorities and migrant workers face barriers such as language difficulties and social exclusion,

which prevent them from accessing better job opportunities. Legal restrictions further limit the types of jobs that non-Thai workers can apply for, exacerbating their marginalization.

While Thailand has introduced legislation such as the Labour Protection Act (1998) and the Gender Equality Act (2015) to address discrimination, the enforcement of these laws remains weak. Chun [25] argues that while these laws are a step in the right direction, more stringent enforcement is necessary to combat discrimination effectively. The National Human Rights Commission of Thailand [26] has called for stronger enforcement and public awareness campaigns to challenge societal attitudes that perpetuate bias in the workplace.

1.4 Hiring Practices in the Tech Sector in Thailand and Beyond

Globally, discrimination in hiring practices within the tech sector remains a critical issue, particularly concerning gender, race, and age. Women, in particular, face substantial barriers, with 57% reporting gender-based discrimination, compared to only 10% of men. Racial discrimination is also prevalent, especially for Black and Hispanic employees, who are more likely to experience bias and are often underrepresented in higher-paying roles. Efforts to promote diversity, equity, and inclusion (DEI) have increased, but the industry still struggles to close gaps in gender and racial equality (World Economic Forum, 2023).

In Thailand, the tech sector reflects global trends of gender and age

discrimination, where women are frequently perceived as lacking the technical expertise required for leadership roles and advanced positions. This perception contributes to their underrepresentation in key decision-making roles and mirrors broader gender biases observed across multiple industries. Despite some available evidence, much of the research in this area remains qualitative, and there is a gap in rigorous academic studies that explore these biases in depth. Given the significant role job postings and recruitment practices play in shaping career opportunities and considering the rapid growth of Thailand's tech sector, this paper seeks to closely examine the prevalence and impact of discrimination in hiring practices. By doing so, it highlights the need for more systematic studies and stronger policy enforcement to promote a more equitable labor market.

2. Analysis and Methodology

This study employs a rigorous data collection process to investigate potential biases in job postings on LinkedIn, focusing on the ten most popular job positions in Thailand. The goal of this research is to uncover any patterns of bias that may exist in hiring practices based on factors such as job description language, seniority levels, and other relevant factors. The data was collected through automated web scraping using the tool Octoparse, which allowed for precise and efficient extraction of job-related information.

2.1 Scope of the Study

The research is confined to job postings within Thailand, ensuring the geographic relevance and context specificity of the data. Based on a LinkedIn article highlighting the most in-demand roles, the following ten job positions were selected for analysis: Software Engineer, DevOps Engineer, Solution Architect, Data Analytics, Data Engineer, Data Scientist, Business Analyst, Product Design (UX/UI), IT Manager, Cyber Security [28].

These roles represent a diverse array of industries, predominantly within the technology and IT sectors, making them ideal candidates for a detailed analysis of job bias in the hiring landscape.

2.2 Data Collection

The data scraping was performed using Octoparse, a powerful web scraping tool that allows for the automated extraction of data from websites. Octoparse was configured to target LinkedIn job postings, specifically focusing on jobs listed under the aforementioned ten popular positions. The tool extracted the following key fields from each job posting: Keyword: The job-related keyword used to classify and categorize positions. Location: The specific geographic location of the job, ensuring the job is based in Thailand. Job Title: The title of the position as listed by the company. Company: The name of the company offering the job. Job Location: Further details on where the job is located, such as the city or region within Thailand. Job Description: The full job description provided by the employer, which includes

required qualifications, responsibilities, and any other details. Industry: The sector or industry to which the job belongs, such as IT, healthcare, or finance. Employment Type: Whether the job is full-time, part-time, contractual, or internship-based. Valid Through: The date the job posting expires or is no longer valid. Seniority Level: The required level of experience for the job, such as entry-level, mid-level, or senior-level positions. Job Function: The main role or department within which the job falls, such as engineering, management, or design.

The following steps were applied to ensure that only relevant and high-quality data were collected: Geographic Focus: Only job postings based in Thailand were included, eliminating irrelevant listings outside the scope of this study. Keyword Selection: To ensure relevant positions were targeted, keywords were carefully chosen to reflect a variety of popular roles across different sectors, informed by market research and current job trends. Time Frame: Job postings were limited to a specific time frame, ensuring that the analysis focused on current job market trends in Thailand. Duplicate and Outlier Handling: Any job posting that appeared multiple times due to different application links was consolidated to avoid redundancy.

This comprehensive dataset was then structured to allow for further analysis. The scraping process was refined to ensure that only relevant job postings within Thailand were collected, eliminating any extraneous data from outside the geographic scope of the study.

2.3 Gender Bias Detection Using NLP

The detection of gender bias in job postings was facilitated by applying Natural Language Processing (NLP) techniques to analyze job descriptions. A predefined list of masculine-coded and feminine-coded words, derived from established research, was used to classify the language within each job posting. Text Preprocessing: Job descriptions were cleaned and tokenized to standardize the text, removing irrelevant characters and breaking the descriptions into individual words. Keyword Matching: Using NLP, each job description was analyzed to detect the frequency of masculine-coded words (e.g., "dominant", "competitive") and feminine-coded words (e.g., "supportive", "collaborative"). Bias Categorization: Descriptions were categorized as masculine-biased, feminine-biased, or neutral based on the dominance of gender-coded words. This categorization enabled the identification of unconscious gender bias trends across various job sectors and roles.

This NLP-based approach provided a systematic and data-driven method for detecting and analyzing gender bias in the recruitment process.

2.4 Data Cleaning and Preprocessing

Preprocessing the data is a critical step in ensuring the accuracy and reliability of the analysis. This process involves several stages, including data cleaning, transformation, and the application of bias-detection methodologies. The following sections outline the procedures undertaken to prepare the dataset for analysis.

2.4.1 Data Cleaning

The initial stage of preprocessing involved addressing inconsistencies, missing data, and duplicates within the dataset. Ensuring the dataset is clean and consistent is essential for producing valid results, particularly when analyzing text data for gender bias.

Missing Data Treatment: An examination of the dataset revealed some missing values across various fields. Since the focus of the analysis is on the textual content within the `job_description` field, any rows where this variable was missing were removed, as the absence of this field would prevent the detection of potential biases. Other missing values, such as in the `applicant_count` or `job_location` fields, were addressed using median imputation or left unfilled where appropriate, as they were not critical to the primary analysis.

Duplicate Removal: Duplicate entries in the dataset were identified based on several key fields, including `job_title`, `company`, and `job_description`. Importantly, the `job_link` field was excluded from this process, as different links may direct to the same job posting. This ensured that identical job postings were not counted multiple times, thereby avoiding redundancy in the analysis.

2.4.2 Gender Bias Detection

The key objective of this research is to detect unconscious gender bias in job descriptions. Drawing on prior studies of gendered language in job advertisements [14], a predefined list of masculine-coded and feminine-coded words was utilized. Masculine-coded words, such as

"dominant", "competitive", and "analytical", are often associated with leadership and assertiveness, traits culturally aligned with male stereotypes. In contrast, feminine-coded words, such as "supportive", "understanding", and "collaborative", are linked to nurturing and communal roles, which align with female stereotypes. The following steps were taken to apply gender bias labeling:

Keyword Matching: Each job description was analyzed for the presence of words from both the masculine-coded and feminine-coded lists. The frequency of these words within each description was recorded.

Bias Categorization: Based on the balance of masculine-coded and feminine-coded words, each job description was classified as either: Masculine-biased if masculine-coded words predominated, Feminine-biased if feminine-coded words were more frequent, or Neutral if neither type of word showed significant dominance. This categorization enables a systematic analysis of gender bias trends across different industries, seniority levels, and job functions.

2.4.3 Seniority Level and Job Function

The `seniority_level` field was already well-structured into distinct categories, including entry-level, mid-level, and senior-level positions. Given the structured nature of this field, no further preprocessing was required. The categorization provided a direct means of analyzing how unconscious bias may manifest differently across hierarchical levels in the workforce. For

instance, previous studies suggest that higher-level positions may feature more masculine-coded language, which could contribute to the underrepresentation of women in leadership roles [29].

2.4.4 Industry Breakdown

A statistical breakdown of the data revealed notable differences in the use of masculine and feminine-coded language across industries. Industries such as IT Services and Consulting had significantly higher counts of masculine-coded words. For example, the IT sector recorded 1,112 occurrences of masculine-coded language, compared to 826 feminine-coded terms across all job postings. This disparity suggests that the descriptions in this industry tend to emphasize traits traditionally associated with men, such as competitiveness, leadership, and analytical skills. IT Services: This industry had a masculine-coded language count of 1,112 words, compared to 826 feminine-coded

words. Consulting: Consulting roles featured a similar trend, with 940 masculine-coded terms and only 710 feminine-coded words. Retail: In contrast, the retail industry exhibited more balanced language, with 525 masculine-coded words and 498 feminine-coded terms, reflecting a more neutral approach to gendered language.

This imbalance may reflect an unconscious bias that favors male applicants for technical and leadership roles, while the more balanced language in retail could indicate a conscious effort to appeal to a broader and more diverse talent pool.

2.4.5 Job Position Breakdown

The analysis also revealed significant gendered language patterns when breaking down the data by job titles or keywords. Certain job roles, particularly in technical fields, displayed a clear skew towards masculine-coded language. For example:

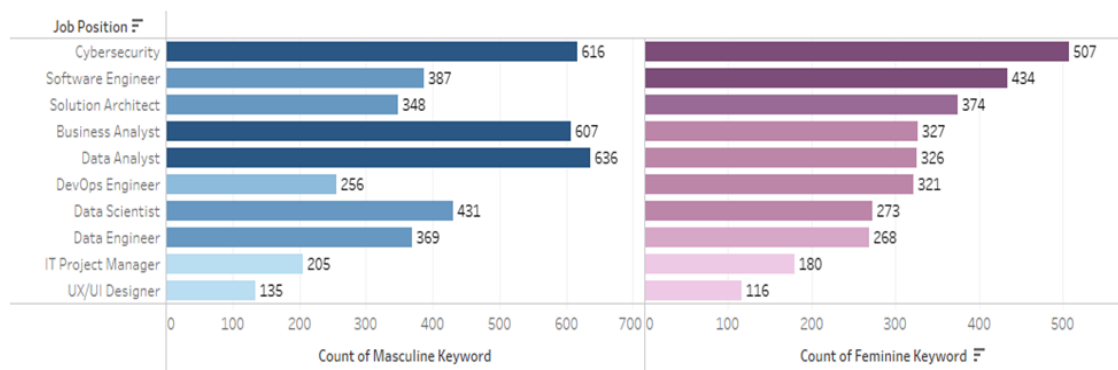


Fig.1 Masculine and Feminine Keyword Usage Across Job Positions

competitiveness are emphasized, traits that are traditionally associated with men. In contrast, positions such as Software Engineer showed a more balanced language use, with 387 masculine-coded words and 433 feminine-coded words, suggesting that there are efforts within the technology sector to reduce gender bias in job descriptions for certain roles.

For statistical analysis, we are interested in the difference in the usage of masculine and feminine words across job roles and vice versa.

ANOVA						
Source of Var	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	318024	9	35336	4.1037	0.0236	3.1789
Columns	37324.8	1	37324.8	4.3347	0.0670	5.1174
Error	77496.2	9	8610.69			
Total	432845	19				

Fig.2 ANOVA Result between Masculine and Feminine Keyword

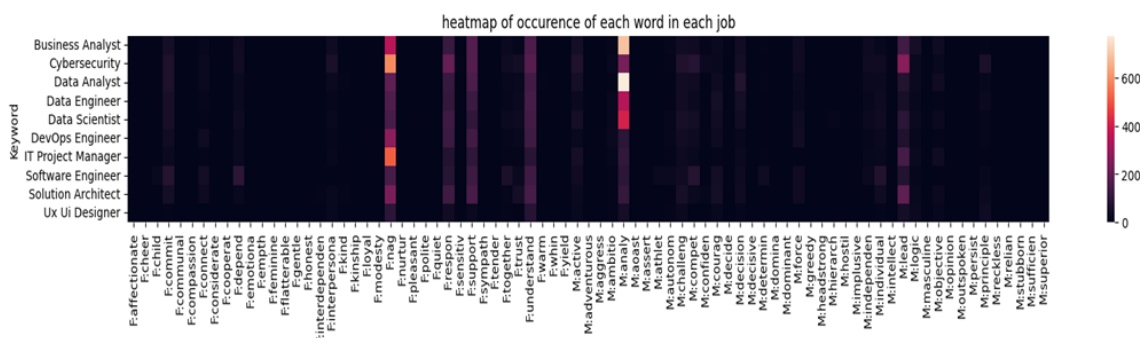


Fig.3 Dependency between Word Choice and Job

ANOVA table indicates that the difference in the usage of masculine and feminine words across different job roles is statistically significant. In other words, The job role has a significant impact on the proportion of masculine and feminine words used. In other words, the choice of job role affects how much masculine or feminine language is used. However, there is no strong evidence to conclude that the overall usage of masculine and feminine words differs significantly, but it may be worth investigating further, as it is close to the significance threshold.

2.4.6 Overall Gender Bias Trends

In total, masculine-coded words were more prevalent than feminine-coded words across most industries and job roles. Across the dataset, there were 4,560 masculine-coded words compared to 3,320 feminine-coded words, indicating a potential

unconscious bias favoring masculine traits in job descriptions. The data-driven and technical industries showed the greatest imbalance, which may suggest that these fields have a tendency to emphasize qualities traditionally associated with male candidates. On the other hand, sectors like retail demonstrated more balanced language, which could reflect conscious efforts to appeal to a wider audience.

2.4.7 Dependency Test between Word Choice and Job

Among masculine words, Chi-squared test, we get $\chi^2=2664.573$ with $df = 252$. Then $P\text{-value} = 0$. That is, no dependency between word masculine word choice and the type of job. Similarly, for feminine words, $\chi^2=1330.1$ with $df = 207$. Then $P\text{-value} = 0$. That is, no dependency between word feminine word choice and types of job

2.4.8 Graduate Degree

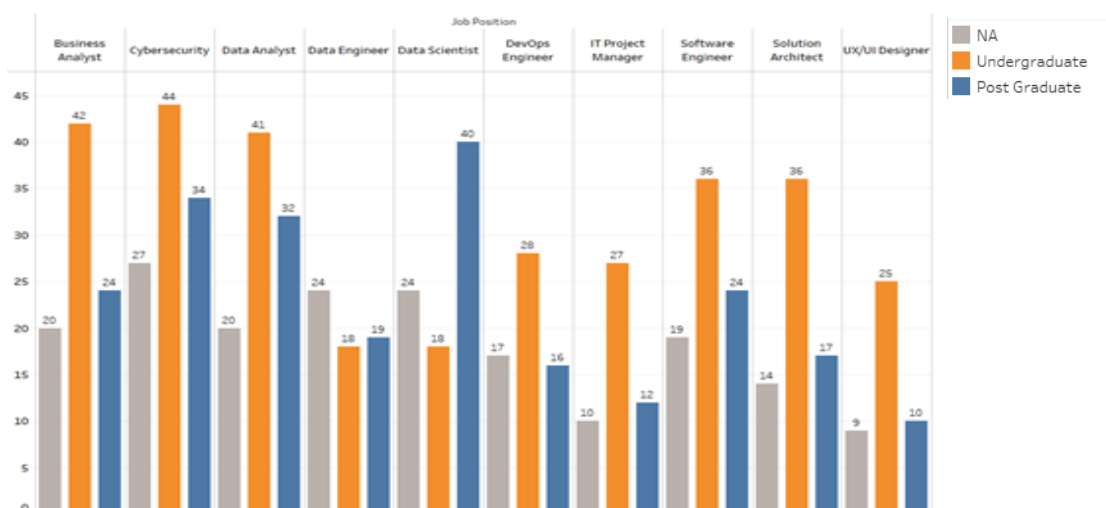


Fig.4 Distribution of Undergraduate and Postgraduate Degree Requirements Across Job Position

We count (1) not mentioning a graduate degree, (2) requiring an undergrad degree, and (3) including a postgrad degree; the

data science field tends to prefer a higher degree.

Job Position	NA	Bachelor	Master	Phd
Business Analyst	20	42	23	1
Cybersecurity	27	44	24	10
Data Analyst	20	41	31	1
Data Engineer	24	18	18	1
Data Scientist	24	18	32	8
DevOps Engineer	17	28	14	2
IT Project Manager	10	27	12	0
Software Engineer	19	36	15	9
Solution Architect	14	36	17	0
UX/UI Designer	9	25	9	1

Fig.5 Degree-Level Requirements (Bachelor, Master, PhD) Across Job Descriptions

If drilling down to master degree and PhD, PhD holders are rare across most roles, except for Cybersecurity and Software Engineering, where niche expertise may be required. Both the job roles (Rows) and education levels (Columns) show significant effects, implying that the educational requirements vary across job roles and that different education levels are distinctly distributed across the job roles. It also indicates significant differences in both factors.

3. Result and Discussion

3.1 Gender Bias in Job Postings

The analysis of job descriptions revealed a noticeable pattern of gender bias, with masculine-coded words being more prevalent than feminine-coded words across most industries and job roles. Out of the total dataset, 4,560 masculine-coded words were identified compared to 3,320 feminine-coded words. This imbalance highlights a potential unconscious bias towards masculine traits in job

advertisements, particularly within data-driven and technical fields.

Specifically, roles such as Data Analyst, Cybersecurity, and Business Analyst featured significantly more masculine-coded terms compared to feminine-coded ones, reflecting an emphasis on qualities traditionally associated with men, such as competitiveness and assertiveness. For instance, Data Analyst job descriptions contained 636 masculine-coded words compared to 326 feminine-coded words across 102 postings. Similarly, Cybersecurity roles showed 616 masculine-coded words and 507 feminine-coded words across 128 postings. This trend suggests that employers in these industries may be unconsciously favoring male candidates by highlighting traits typically associated with men.

On the other hand, certain positions, such as Software Engineer, displayed a more balanced language use, with 387 masculine-coded words and 433 feminine-coded words, indicating some progress toward reducing gender bias in technical

fields. Meanwhile, industries like retail demonstrated relatively balanced language, with 525 masculine-coded terms and 498 feminine-coded terms, reflecting a conscious effort to appeal to a broader and more diverse talent pool.

3.2 Industry Breakdown

The study found that bias patterns varied significantly across industries. The IT Services and Consulting sectors exhibited the highest masculine-coded language counts, with 1,112 and 940 occurrences, respectively. These industries tend to emphasize traits such as leadership, competitiveness, and analytical skills, which may unconsciously favor male applicants. In contrast, the retail sector displayed a more neutral approach, with a near-equal use of masculine and feminine-coded terms, suggesting that employers in retail are making a conscious effort to promote inclusivity.

3.3 Seniority Levels and Job Functions

The use of masculine-coded language was more pronounced in job descriptions for senior-level roles, particularly in technical and leadership positions. This aligns with previous research suggesting that masculine traits are often emphasized in leadership roles, potentially deterring women from applying for these positions. In contrast, entry-level roles tended to use more neutral language, which may indicate that employers are more focused on inclusivity at the early stages of the hiring process but revert to traditional stereotypes at higher levels of seniority.

3.4 Educational Bias

The analysis of educational requirements revealed that certain fields, particularly Data Science and Cybersecurity, tended to favor candidates with advanced degrees. This preference for higher education may disadvantage candidates from diverse backgrounds who may not have had access to prestigious universities or postgraduate programs. The requirement for advanced degrees was more prevalent in technical roles, while industries such as retail and consulting were more likely to list undergraduate degrees or no degree requirements at all.

3.5 Statistical Analysis of Bias

The chi-squared tests conducted to assess the dependency between word choice and job type found no significant dependency between the use of masculine or feminine-coded words and the type of job. This suggests that the language used in job descriptions is not necessarily tailored to specific roles but may reflect broader, industry-wide trends in unconscious bias. Additionally, the preference for graduate degrees in fields like Data Science further emphasizes the barriers that certain groups, such as women or candidates from underrepresented backgrounds, may face when applying for these positions.

4. Conclusion

The findings of this study underscore the prevalence of conscious and unconscious bias in LinkedIn job postings within Thailand's tech sector. Masculine-coded language dominates job descriptions, particularly in technical and data-driven

fields, where leadership, competitiveness, and analytical skills are often emphasized. Which is in accordance with the assumptions and objectives revealing that most biases tend to favor men, particularly in the technology and data-driven industries. Additionally, we discovered that job postings in Thailand still contain biases in various aspects, such as gender, age etc., which may prevent diverse groups of candidates from accessing job opportunities. This bias could contribute to the underrepresentation of women and other minority groups in these industries by discouraging them from applying to roles that emphasize qualities traditionally associated with men.

Although some industries, such as retail, have made strides toward more inclusive job advertisements, the tech sector still has significant work to do in promoting gender equality in recruitment practices. The bias observed in senior-level roles suggests that traditional gender stereotypes persist, particularly in leadership positions, further limiting the opportunities for women in male-dominated fields.

Educational requirements also present a barrier to diversity, with technical roles often requiring advanced degrees, which can disproportionately exclude candidates from less privileged backgrounds. These findings highlight the need for a concerted effort to revise job descriptions to remove unnecessary and biased requirements, focusing instead on inclusive language that promotes diversity and equality in hiring.

To address these biases, organizations must prioritize neutral and inclusive job descriptions, provide bias-awareness training for recruiters, and implement tools

that detect and mitigate unconscious bias. By fostering more equitable hiring practices, companies in Thailand's tech sector can create a more diverse and inclusive workforce, benefiting from a wider range of talent and perspectives.

For recommendations to reduce bias

1. Adopt Neutral and Inclusive Language like Review job descriptions to ensure the use of gender-neutral terms. Replace masculine-coded language (e.g., "competitive," "assertive") with more inclusive alternatives like "collaborative" or "strong communicator."
2. Use language-analysis tools to detect and remove biased language before posting.
3. Prioritize Skills Over Traits like Focus job descriptions on the essential skills and qualifications needed for the role rather than personality traits traditionally associated with one gender. And Avoid vague terms like "leadership" that may unconsciously favor men, and instead describe specific competencies relevant to the job.
4. Reconsider Educational Requirements like Reevaluate the need for advanced degrees, especially in technical roles, to avoid disproportionately excluding candidates from diverse or underprivileged backgrounds or Prioritize experience, practical skills, and potential over formal education credentials.
5. Leverage Bias Detection Tools like Utilize software tools that analyze job postings for biased language and provide suggestions for more neutral phrasing. This can help ensure that job descriptions are accessible and appealing to a broader and more diverse talent pool.
6. Implement regular training for recruiters and HR staff to recognize and mitigate conscious and unconscious biases

in recruitment practices, from writing job descriptions to screening candidates.

References

- [1]Aguinis, H., & Smith, M. A. (2021). Conscious bias in recruitment: Effects and implications in the digital age. *Journal of Organizational Behavior Studies*, 35(4), 123-145.
- [2]Barbulescu, R., & Bidwell, M. (2013). Do women choose different jobs from men? Mechanisms of application segregation in the market for managerial workers. *Organization Science*, 24(3), 737-756.
- [3]Thamsuk, S. (2019). "Analyzing the Impact of Labor Policies on Economic Development in Thailand." *Journal of Economics and Management*, 25(1), 55-72.
- [4]Srivibha, K. (2020). "The Role of Digital Technology in Enhancing Labor Market Efficiency in Thailand." *Asian Economic Policy Review*, 15(3), 102-118.
- [5]Deros, E., & Ryan, A. M. (2018). When your resume is (not) turning you down: Modality effects on resume screening. *Human Resource Management Review*, 28(3), 316-327.
- [6]Rattan, A., Goodwin, S. A., & Sweeny, K. (2019). "Bias in the Workplace: A Review and Future Directions." *Current Directions in Psychological Science*, 28(5), 481-487.
- [7]Heilman, M. E., & Eagly, A. H. (2017). "Gender Stereotypes and Workplace Bias." *Research in Organizational Behavior*, 37, 193-219.
- [8]Gaucher, D., Friesen, J., & Kay, A. C. (2011). "The Effects of Confronting Prejudice on the Expression of Stereotypes." *Journal of Personality and Social Psychology*, 101(5), 850-862.
- [9]Bertrand, M., & Mullainathan, S. (2004). "Are Emily and Greg More Employable than Lakisha and Jamal? A Field Experiment on Labor Market Discrimination." *American Economic Review*, 94(4), 991-1013.
- [10]Deros, E., & Ryan, A. M. (2019). When your resume is (not) turning you down: Modeling ethnic bias in resume screening. *Human Resource Management Journal*.
- [11]Kunze, F., Boehm, S. A., & Bruch, H. (2013). Age, resistance to change, and job performance: Testing the effects of successful aging. *Journal of Managerial Psychology*, 28(7/8), 741-760.
- [12]Rudman, L. A. (2008). Reflections on implicit bias: A cognitive perspective. In *Social Psychology and the Law* (pp. 93-120). Guilford Press.
- [13]McGinnity, F., Nelson, J., & Lunn, P. (2020). Discrimination in recruitment: Evidence from a field experiment on the intersection of gender and disability in Irish labor markets. *Labour Economics*.
- [14]Gaucher, D., Friesen, J., & Kay, A. C. (2011). Evidence That Gendered Wording in Job Advertisements Exists and Sustains Gender Inequality. *Journal of Personality and Social Psychology*.
- [15]Tang, S. (2017). "Gender Stereotypes and Their Impact on the Workplace: Evidence from Recent Research." *Journal of Organizational Psychology*, 17(2), 34-45.

- [16] Matfield, G. (2016). Gender Decoder: Quantifying Gendered Language in Job Descriptions. *Gender in Technology Review*, 12(3), 45-52.
- [17] Dikshit, S., Kumar, P., & Patel, R. (2024). Natural Language Processing for Gender Bias Detection in Job Descriptions. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 67(1), 123-145. <https://doi.org/10.1613/jair.2024>
- [18] Rigg, J. A., & Ritchie, J. (2002). "Quality of life in the UK: Recent developments in measurement and evaluation." In *Social Indicators Research* (Vol. 57, Issue 3, pp. 289-309).
- [19] Tangkitvanich, S., & Sasiwuttiwat, V. (2012). Gender inequality and wage disparity in Thailand. *Economic Research Center of Thailand*, 15(1), 45-62.
- [20] UN Women. (2020). Gender Equality and Women's Rights in Thailand: A Review. United Nations Women's Regional Office for Asia and the Pacific. Available at: <https://www.unwomen.org>
- [21] Praemai, N., & Intarakumnerd, P. (2018). Age Discrimination in Hiring Practices in Thailand. *Journal of Thai Labor Studies*, 45(2), 135-150.
- [22] Chantanusornsiri, W. (2015). The impact of age on hiring practices in Thailand's job market. *Bangkok Post*. Retrieved from <https://www.bangkokpost.com>
- [23] International Labour Organization (ILO). (2014). Employment and discrimination in Thailand: A report on migrant workers. ILO Report. Retrieved from <https://www.ilo.org>
- [24] Suwanarak, K. (2016). Ethnic minorities and labor market exclusion in Thailand. *Southeast Asian Journal of Labor and Employment*, 33(3), 87-102.
- [25] Chun, K. (2020). Enforcement of Labour Protection in Thailand: A Review. *Asia Labour Review*. Available at: <https://www.asialabourreview.com>
- [26] The National Human Rights Commission of Thailand. (2021). "Annual Report on Human Rights in Thailand 2021." National Human Rights Commission of Thailand.
- [27] World Economic Forum. (2023). "Global Competitiveness Report 2023: A New Economic Agenda." World Economic Forum.
- [28] Irfan, M. (2024). Most wanted tech jobs in 2024. *LinkedIn*. Retrieved from <https://www.linkedin.com/pulse/most-wanted-tech-jobs-2024-muhammad-irfan-p3ixf>
- [29] Born, M., Schmitz, J., & Meyer, R. (2016). "The Impact of Organizational Culture on Employee Motivation and Performance." *Journal of Organizational Behavior*, 37(4), 489-506.

Author's Biography



Mr. Phaphontee Yamchote received the B.Sc. and M.Sc. degrees in Mathematics from Chulalongkorn University, Thailand. He is currently pursuing the Ph.D. degree in Computer Science at the Faculty of Information and Communication Technology, Mahidol University, Thailand. He is also working as a Data and AI Engineer at Fusion Solution Co., Ltd. His research interests include mathematical logic, computational logic in artificial intelligence, algorithmic machine learning, and data science.



Ms. Pemika Cunaviriyasiri. Master's degree in Data Science and Analytics from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Works as a Data Engineer at YDM (THAILAND) CO., LTD., a marketing company, and part-time as a Data Analytics mentor at Westride Institute of Technology.



Mr. Traivith Chupkum. Master degree in information technology from King Mongkut's University of Technology Thonburi, Works as software engineer and instructor at Westride Institute of Technology . His current research interests are in software development areas.

การวิจัยและพัฒนาระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่ สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

The Research and Development on Air Conditioning System of Novel Wheelchair for Moving the Respiratory Disease Patients

ปริญญ์ เกียรติภัช^{1*}, อโนทัย สุขแสงพนมรุ่ง¹

วนชาติ บริสุทธิ์¹ และ วีระพันธ์ ค้วงทองสุข²

Parinya Kiatpachai^{1*}, Anotai Suksangpanomrung¹

Wanachart Borisut¹ and Weerapun Duangthongsuk²

¹กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า อำเภอเมือง นครนายก 26001

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หอนงแวม กรุงเทพฯ 10160

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : parinya.ki@crma.ac.th

วันที่รับบทความ: 14 ตุลาคม 2567 / วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1: 12 พฤศจิกายน 2567 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 26 พฤศจิกายน 2567

วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1: 15 พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ การวิจัยและพัฒนาระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเป็นการศึกษาเชิงเทคนิคสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณสุข ผลการศึกษาการออกแบบระบบปรับอากาศและการออกแบบโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่ถูกนำเสนอได้ ดังนี้ ต้นแบบของโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่สามารถหาวัสดุและติดตั้งได้ง่าย การออกแบบของโครงครอบที่ต่อเติมเป็นลักษณะไม่ทำลายโครงสร้างดั้งเดิม การวิเคราะห์ปริมาณการไหลของอากาศที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากปริมาณควันทันทีจากผู้ที่สูบบุหรี่ คือ 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที หรือ 0.0141 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ความเร็วอากาศเฉลี่ย 1.8 เมตรต่อวินาที) โดยใช้เป็นค่าออกแบบ ทั้งนี้ ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยสำหรับวีลแชร์รูปแบบใหม่ในระบบปรับอากาศ ได้ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยในช่วง 2.5-4 เมตรต่อวินาที ซึ่งทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดความเร็วลม และเมื่อคำนวณเป็นความดันสถิตได้เป็น 3.6 – 9.3 พาสคัล เพื่อยืนยันการประยุกต์ไปใช้งานจริงตามมาตรฐาน ยิ่งไปกว่านั้น วีลแชร์รูปแบบใหม่นี้มีการใช้งานที่ครอบคลุมทั้งรูปร่างและอายุของผู้ป่วย ดังนั้น รูปแบบวีลแชร์นี้จะสามารถเป็นต้นแบบเพื่อผลิตในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อรองรับวิกฤตการณ์การติดเชื้อของโรคระบบทางเดินหายใจ

คำสำคัญ : อากาศ, วีลแชร์, ระบบปรับอากาศ, โรคระบบทางเดินหายใจ

Abstract The research and development on the air conditioning system of a novel wheelchair for moving the respiratory disease patients is the technical research for the air conditioning system designed to move the patients, it will benefit public health. The results of the study on the air conditioning system design and the design of the new wheelchair structure are proposed

as : The prototype of a novel wheelchair structure is built with materials that can be found and installed easily. The new frame structure design is added without destroying the original structure. This optimal air flow is based on the maximum value of cigarette smoke from the smoker , is 30 CFM or 0.0141 m³/s (average air velocity of 1.8 m/s), which is used as the design value. The result showed that average air velocity for novel wheelchair in air conditioning system is 2.5 - 4 m/s, it is tested by the Anemometer. They also is calculated as pressure drop of 3.6 – 9.3 Pa, which is confirmed for practical application as Standard. Moreover, it covers as using for both the shape and age of the patients. Therefore, this novel wheelchair can be a prototype to be produced in larger quantities to support the infectious crisis of respiratory disease.

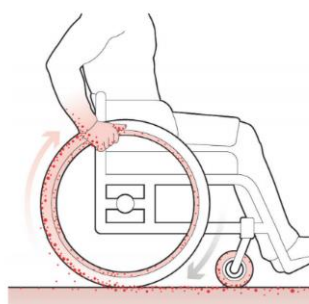
Keywords : air, wheelchair, air conditioning system, respiratory disease

1. บทนำและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องด้วย วิกฤตการณ์ของโรคอุบัติใหม่ที่ผ่าน มาทำให้กระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย มีการเตรียมความพร้อมทั้งกับโรกระบบทางเดินหายใจมากยิ่งขึ้น [1] งานวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบนวัตกรรมวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ให้มีความปลอดภัยขณะลำเลียง ลดการแพร่เชื้อระหว่างผู้ป่วยกับบุคคลทั่วไป ทั้งนี้ ยังได้นำเสนอทฤษฎีและหลักการของระบบปรับอากาศเพื่อประยุกต์ใช้กับวีลแชร์รูปแบบใหม่ การออกแบบระบบปรับอากาศและสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่นี้จะถูกศึกษาและวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบของวีลแชร์รูปแบบใหม่เพื่อประยุกต์ใช้งานจริง



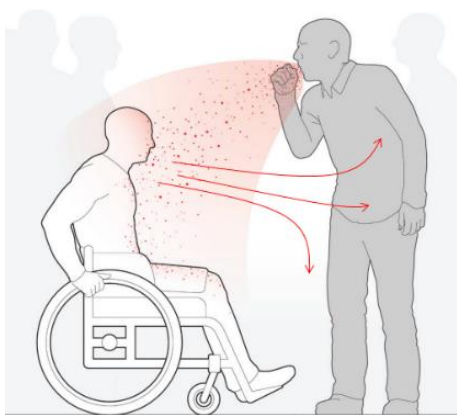
รูปที่ 1 ส่วนประกอบต่างๆ ของวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วย [2]



รูปที่ 2 ลักษณะการสัมผัสเชื้อโรคผ่านล้อวีลแชร์ [1]

การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อตอบสนองสถานการณ์โควิด-19 จึงเป็นเรื่องสำคัญ หนึ่งในอุปกรณ์ทางการแพทย์ [2] คือ วีลแชร์ (Wheelchair) หรือ เก้าอี้รถเข็น ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 วีลแชร์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้พิการหรือผู้ป่วยที่มีปัญหาในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ทำให้พึ่งพาตัวเองได้มากขึ้น ทั้งยังอำนวยความสะดวกและลดข้อจำกัดในการทำสิ่งต่างๆ งานวิจัยนี้ยังเป็นการศึกษาเชิงเทคนิคสำหรับการออกแบบและหลักการของระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ จึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อตอบสนองการใช้ประโยชน์ต่อแนวโน้มสถานการณ์การ

แพร่ระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจ รวมถึงจะมีการนำระบบ HVAC มาพัฒนาเพื่อออกแบบและแนะนำการสร้างวิลแชร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3-4] การวิจัยและพัฒนาวิลแชร์เพื่อเพิ่มศักยภาพให้เข้าถึงสถานะการณ์เป็นเรื่องท้าทายต่อนักวิจัย วิศวกร และอื่นๆ ผลการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิลแชร์ ดังรายงานใน [5] ซึ่งแสดงพฤติกรรมให้เห็นถึงโอกาสและความเสี่ยงการติดเชื้อแพร่เชื้อโรคของผู้ป่วย รวมถึงลักษณะของการสัมผัสระหว่างมือกับวิลแชร์และโอกาสของการผู้ป่วยที่สามารถแพร่เชื้อให้กับบุคคลโดยรอบผ่านตัวกลาง คือ อากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ด้วยเหตุนี้ จึงถูกนำมาพิจารณาการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับวิลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 3 ลักษณะการแพร่เชื้อโรคผ่านอากาศ [5]

Adeyeri และคณะ [6] ยังศึกษาและนำเสนอวิลแชร์สำหรับผู้ป่วยอัมพาตเพื่อประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทั้งนี้ ได้ออกแบบให้สามารถปรับโครงสร้างวิลแชร์จากทำนึ่งเป็นในลักษณะนอนราบได้เพื่อสะดวกต่อการขนย้าย ดังแสดงในรูปที่ 4 เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ได้ประดิษฐ์รถเข็นเอกซเรย์ที่สามารถ

ปรับนั่งและนอนได้โดยลดการสัมผัสระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ป่วยโรคโควิด-19 [7] ดังแสดงในรูปที่ 5

ทั้งนี้ [8] ยังได้ศึกษาวิลแชร์ติดตั้งอุปกรณ์ฟอกอากาศและปรับสภาวะภายในให้กลายเป็นความดันลบ (Negative Pressure) ทั้งนี้ ระบบปรับอากาศทำให้เกิดความดันลบแบบสมบูรณ์ จะนำ “อากาศสะอาด” หรือที่เรียกว่า “Fresh Air 100 %” เดิมเข้าสู่ระบบ (หรือปริมาตรควบคุม) ตลอดเวลา รวมถึงได้จากช่องตามจุดต่าง ๆ รอบระบบ อากาศในห้องผู้ป่วยที่มีเชื้อโรคจะถูกดูดออกจากระบบผ่านตัวกรองและผ่านแผ่นกรองอากาศ (ฟิลเตอร์) ซึ่งสามารถกรองอนุภาคได้ละเอียดที่ 0.1 ไมครอน ขณะที่เชื้อไวรัสโควิดมีขนาดเล็ก 0.125 ไมครอน โดยไม่นำอากาศเดิมภายในระบบที่มีเชื้อโรคกลับมาวนใช้ซ้ำ

ผลการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ากลุ่มนักวิจัย [5-8] ได้ทำการศึกษาปัจจัยและสาเหตุความเสี่ยงของโอกาสการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 จากการใช้วิลแชร์ รวมถึงการศึกษาวิจัยอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อลดการสัมผัสผู้ป่วยโรคโควิด-19 ด้วยเหตุนี้ การปรับปรุงลักษณะของวิลแชร์และการนำความรู้ทางวิศวกรรมมาพัฒนาระบบปรับอากาศยังเป็นเรื่องท้าทายและควรนำมาต่อยอดการวิจัยและพัฒนาในประเทศไทยในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อรองรับโรคติดเชื้อทางระบบทางเดินหายใจในอนาคตหรือโรคอุบัติใหม่ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อ



รูปที่ 4 วิลแชร์ที่สามารถปรับลักษณะจากการนั่งเป็นในรูปแบบการนอน [6]



รูปที่ 5 รถเข็นเอกซเรย์ที่สามารถปรับทำนั่งเป็นท่านอนได้เพื่อลดการสัมผัสผู้ป่วย [7]

2. ทฤษฎี

การออกแบบการลำเลียงอากาศ จะนำเสนอในตัวอย่างของผลต่างความดัน จาก สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$dm = \sum \delta \dot{m}_{in} - \sum \delta \dot{m}_{out} \quad (1)$$

เมื่อ \dot{m} = อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s

มวลสะสมในระบบจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของผลรวมของมวลขาเข้ากับผลรวมมวลขาออก ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ ดังสมการที่ 2

[มวลสะสมในระบบ] =

$$[\text{ผลรวมและมวลขาเข้า}] - [\text{ผลรวมและมวลขาออก}] \quad (2)$$

มวลสะสมในระบบ

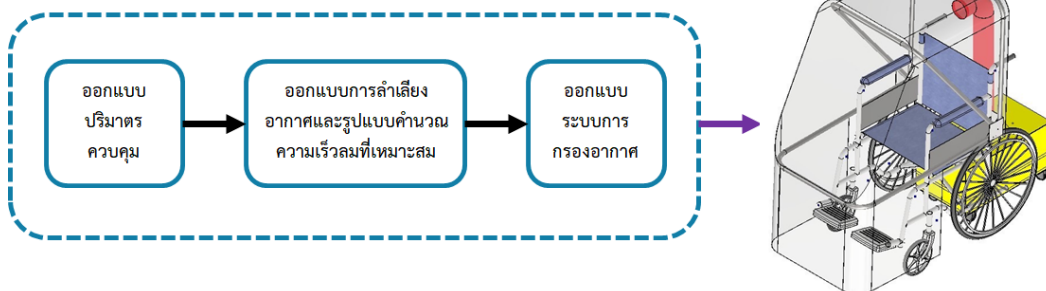
$$\sum \delta \dot{m}_{in} \left\{ \begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\} \boxed{dm} \left\{ \begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\} \sum \delta \dot{m}_{out}$$

ผลรวมของมวลขาเข้า

ผลรวมของมวลขาออก

รูปที่ 6 มวลสะสมในระบบ

การออกแบบนวัตกรรมของวิลแชร์สำหรับการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจ จะออกแบบต้นแบบ ขนาดกระบวนการทำงาน รูปแบบการคำนวณเพื่อออกแบบปริมาตรการไหลของอากาศ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างสมบูรณ์ เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตในอนาคตได้โดยง่าย ซึ่งการออกแบบจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงเป็นไดอะแกรมในรูปที่ 7 ซึ่งการออกแบบปริมาตรควบคุมจะควบคุมโดยขนาดของรูปร่างชายไทยตามมาตรฐานของวิลแชร์ที่มีการผลิตภายในประเทศ สำหรับการออกแบบการลำเลียงอากาศ จะนำเสนอในรูปของผลต่างความดันจาก สมการความต่อเนื่อง และ สมการแบร์นูลลี (Bernoulli's Equation)



รูปที่ 7 ไดอะแกรมการออกแบบนวัตกรรมวิลแชร์

รวมถึงการวิเคราะห์ความเร็วของอากาศที่อ้างอิงจากปริมาณการปล่อยควันบุหรี่ของมนุษย์ โดยการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายภายในปริมาตรควบคุมสุดท้ายนี้ การออกแบบระบบการกรองอากาศจะพิจารณาจากอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาแทนที่อากาศภายในปริมาตรควบคุม ทำให้เกิดการไหลเข้าของอากาศและเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทอากาศภายในปริมาตรควบคุม

สำหรับโครงการในลักษณะนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์นี้ จะเป็นการออกแบบโครงสร้าง รูปแบบ ขนาด และอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบเข้าด้วยกัน ทั้งนี้ อัตราการระบายอากาศ “Air Change” จะถูกกำหนดและออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานสาธารณสุข ทั้งนี้ จะสอดคล้องกับการออกแบบอัตราการไหลของอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาโดยมีการคำนวณในรูปของความเร็วอากาศเฉลี่ย ดังนั้น ก็จะได้นวัตกรรมวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

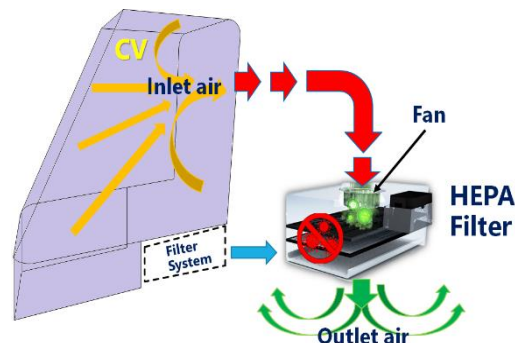
3. หลักการออกแบบและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การออกแบบระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

3.1.1 การวิเคราะห์ปริมาตรควบคุม (Control Volume, CV)

การป้องกันการรั่วไหลของอากาศติดเชื้อภายในปริมาตรควบคุม (Control Volume, CV) โดยต้องออกแบบและวิเคราะห์ปริมาตรควบคุมให้เหมาะสมกับระบบดูดอากาศ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ลักษณะของวีลแชร์เพื่อพิจารณาขอบเขตของปริมาตรควบคุมจะเป็นขั้นต้นของการออกแบบอัตราการไหลของอากาศ การออกแบบปริมาตรควบคุมจะควบคุม แผนภาพระบบการทำงาน

ของระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ที่ประกอบด้วยปริมาตรควบคุม (CV) พัดลม (Fan) ชุดระบบกรองอากาศหรือฟอกอากาศ (Air Filter System) ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภาพระบบปรับอากาศกับขอบเขตปริมาตรควบคุมของวีลแชร์

อย่างไรก็ตาม การออกแบบและวิเคราะห์ปริมาตรควบคุมกำหนดให้มีลักษณะการทำงานเหมือนห้องความดันลบ (Negative Pressure Room) ที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย [9] กำหนดไว้ ดังนี้

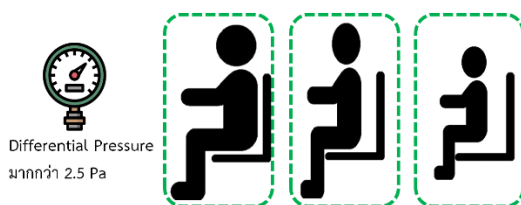
- ปริมาณการถ่ายเทอากาศ >12 ACH
- ผลต่างของความดันมากกว่า 2.5 Pa หรือ N/m^2
- อุณหภูมิภายในและภายนอก ต่างกันไม่เกิน $2^{\circ}C$
- ความชื้นสัมพัทธ์ 50-65% RH

หมายเหตุ :

- ACH (Air Changes per Hour หรือ จำนวนรอบของการไหลเวียนอากาศต่อชั่วโมง) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการตรวจสอบว่าห้องมีคุณภาพอากาศที่ดีและมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

- RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่สภาวะความดันและอุณหภูมิเดียวกัน
- ข้อระมัดระวังการต่อท่อลมกับพัดลมจะต้องไม่ให้เกิดการรั่วโดยเด็ดขาด (การทดสอบการรั่วทำได้โดยให้เปิดพัดลมแล้วตรวจสอบบริเวณรอยต่อโดยการใช้ฟองสบู่หรือโฟมล้างมือทำความสะอาด)
- ความหนาของพลาสติกที่กำหนดให้ใช้ ไม่น้อยกว่า 500 ไมครอนหรือ (0.5 มิลลิเมตร) เพื่อป้องกันการรั่วไหลตามมาตรฐานอุตสาหกรรมรองรับ

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณควบคุม ยังต้องพิจารณาถึงรูปร่างของผู้ป่วยที่อยู่ภายในปริมาณควบคุมด้วย เพื่อการออกแบบที่ครอบคลุม ซึ่งปริมาณอากาศภายในปริมาณควบคุมอาจจะส่งผลต่อการระบายอากาศภายในปริมาณควบคุม ซึ่งการออกแบบปริมาณควบคุม (Control Volume, CV) จะครอบคลุมตามมาตรฐานรูปร่างขนาดของคนไทย ซึ่งพิจารณาจากวิลแชร์ที่สร้างตามรูปร่างคนไทยตามมาตรฐานของวิลแชร์ที่มีการผลิตภายในประเทศ หลักการดูดอากาศให้มีผลต่างของความดันระหว่างปริมาณควบคุมกับสิ่งแวดล้อมภายนอกมากกว่า 2.5 Pa ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ลักษณะปริมาณอากาศภายในปริมาณควบคุม

3.1.2 การวิเคราะห์การปรับอากาศ (Air Conditioning)

ทั้งนี้ การรายงานผลการวิจัยของ [10] วิเคราะห์จากผู้สูบบุหรี่ที่พ่นปริมาณควันบุหรี่ออกมา และการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาณ 15-30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อคน (เมื่อ 1 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที เทียบเท่า 0.00047 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) ซึ่งทำให้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบอัตราการไหลของอากาศ

การคำนวณการไหลของอากาศในระบบปรับอากาศถูกกำหนดให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการนำอากาศติดเชื้อลำเลียงให้ไหลผ่านระบบกรองอากาศจากปริมาณควบคุม (CV) ผ่านทางเข้า (ตำแหน่งที่ 1) และทางออก (ตำแหน่งที่ 2) จะต้องพิจารณาทั้งความเร็วอากาศทางเข้า (V_1) กับความเร็วอากาศทางออก (V_2) และความดันของอากาศทางเข้า (P_1) กับ ความดันของอากาศทางออก (P_2) โดยนำเสนอในรูปของผลต่างความดัน (ΔP) สมการความต่อเนื่อง และ สมการแบร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ถูกนำมาจัดรูปใหม่ เพื่อสามารถคำนวณหาผลต่าง ความดันโดยแทนค่าด้วยความเร็วอากาศทางออก (V_2) ได้ดังสมการที่ (3)

สมการแบร์นูลลี

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad (3)$$

เมื่อ P = ความดัน, N/m^2

ρ = ความหนาแน่น, kg/m^3

V = ความเร็วอากาศ, m/s

Z = ระดับความสูง, m/s

เมื่อตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 2 อยู่ในระนาบเดียวกัน ทำให้ z_1 เท่ากับ z_2 จะพิจารณาได้ดังสมการที่ (4)

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (4)$$

และกำหนดให้ความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง 2 มีความเร็วมากกว่าตำแหน่ง 1 มาก ๆ ดังนั้น จะแสดงได้ดังสมการที่ (5)

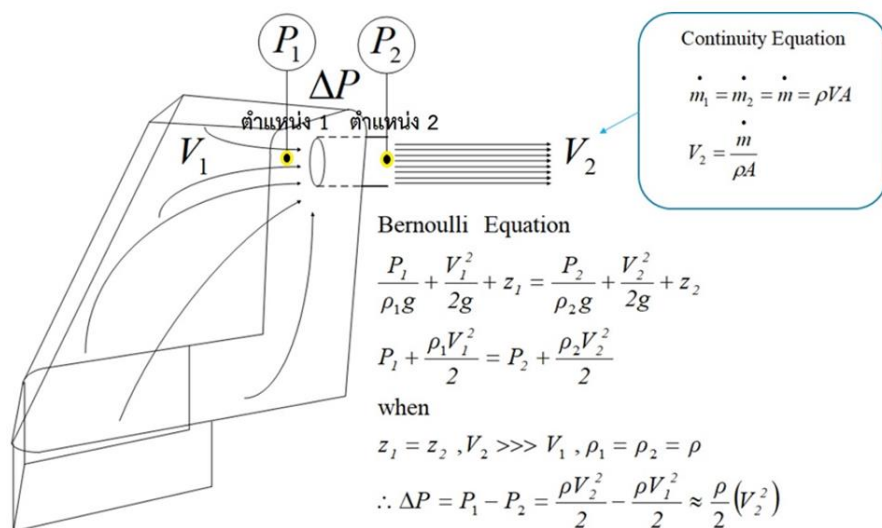
$$\frac{P_1}{\rho_1 g} = \frac{P_2}{\rho_2 g} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (5)$$

และกำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศคงที่

ไม่เปลี่ยนแปลงและจัดสมการให้อยู่ในรูปแบบผลต่างของความดัน ดังสมการที่ (6)

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{\rho V_2^2}{2} \quad (6)$$

ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 10 ทั้งนี้ สมการที่ (7) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความดันตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 2 กับความเร็วของอากาศที่ตำแหน่ง 2



รูปที่ 10 สมการผลต่างความดันจากความสัมพันธ์ของสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลี

การพิจารณาอัตราการไหลของอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายในปริมาตร 15-30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ต่อหนึ่งคน โดยการออกแบบจะวิเคราะห์ที่ค่าสูงสุด คือ 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที เพื่อเป็นการออกแบบที่ครอบคลุมของการระบายอากาศของผู้สูบบุหรี่ที่ปล่อยปริมาณควันบุหรี่สูงสุด จะเท่ากับ 0.0141 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น การออกแบบจะกำหนดให้ความเร็วอากาศเฉลี่ยอย่างน้อย 1.8 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของความเร็วอากาศเฉลี่ยกับการระบายอากาศผ่านท่อลำเลียง

อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m ³ /s)	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)	พื้นที่หน้าตัดท่อ (m ²)	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)
0.0141	0.1	0.00785	0.1796 or ≈ 1.8

ทั้งนี้ ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ได้ผลการทดสอบความเร็วอากาศเฉลี่ยในช่วง 2.5-4 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าการออกแบบที่ 1.8 เมตรต่อวินาที เพื่อขึ้นชั้นการนำไปใช้งานจริงได้ และให้ผลต่างของความดันเป็น 3.6 - 9.3 Pa ซึ่งมีค่ามากกว่า 2.5 Pa ตามการออกแบบห้องความดันลบที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกำหนด

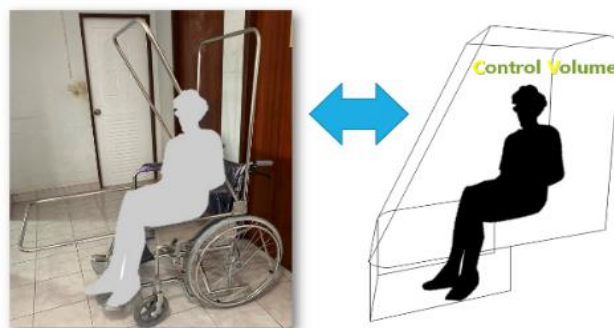
การออกแบบ โครงครอบวีลแชร์ที่ต่อเติม เพื่อให้มีขอบเขตของปริมาตรควบคุมตามลักษณะการนั่งของผู้ป่วยบนวีลแชร์รูปแบบใหม่สามารถแสดงได้ในรูปที่ 11 ทั้งนี้ โครงครอบที่ต่อเติมของวีลแชร์สามารถเปิดและปิดได้ รวมถึงการออกแบบให้เข้ากับสรีระของร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ 12, 13 และ 14 ตามลำดับ



รูปที่ 11 โครงสร้างเพื่อกำหนดปริมาตรควบคุมสำหรับวีลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 12 ลักษณะโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 13 ปริมาตรควบคุมกับลักษณะโครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่



รูปที่ 14 โครงสร้างวีลแชร์รูปแบบใหม่ถูกออกแบบให้เปิดและปิดได้

3.1.3 การวิเคราะห์การระบายอากาศ (Air Ventilation)

การออกแบบให้ความดันภายในปริมาตรควบคุมมีความดันที่ต่ำกว่าภายนอกหรือสิ่งแวดล้อมส่งผลให้อากาศโดยรอบปริมาตรควบคุมสามารถไหลผ่านเข้ามาตามช่องว่างต่าง ๆ ได้ แต่อากาศที่ติดเชื้อมีอยู่ในปริมาตรควบคุมจะไม่สามารถไหลผ่านออกมาได้เนื่องจากของไหลที่มีความดันที่สูงกว่าจะไหลไปยังที่ต่ำกว่าเสมอ ด้วยเหตุนี้ ส่งผลให้อากาศติดเชื้อที่อยู่ภายใน

ปริมาตรควบคุม ก็จะไม่รั่วไหลออกมา อีกทั้ง อากาศบริสุทธิ์ก็จะเข้ามาแทนที่อากาศภายในปริมาตรควบคุม ทำให้เกิดการไหลเข้าของอากาศและเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทภายในปริมาตรควบคุม ทั้งนี้ อัตราการระบายอากาศ “Air Change” จะถูกกำหนดและออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท.3010 และมาตรฐาน “ASHRAE” Standard 62.1 เป็นต้น เมื่ออากาศผ่านท่อลำเลียงมายังชุดกรองอากาศ โดยกรองอากาศต้องได้มาตรฐาน ซึ่งมีรายละเอียดของกรองอากาศ คือ แผ่นกรองอากาศคุณภาพสูงจะทำมาจากเส้นใยไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) ถักจนมีขนาดเล็กมาก ๆ ทำให้มีความสามารถในการกรองอนุภาคนาโนขนาดเล็กมาก ๆ (Small Particles) ให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและสาธารณสุข แผ่นกรองอากาศจะสามารถกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 0.10 ไมครอน ได้ ซึ่งมาตรฐานนี้ถูกกำหนดขึ้นเป็น ASHRAE Standard 52.2 เรียกว่าได้ว่าเชื้อไวรัส แบคทีเรียต่าง ๆ ที่ต้องลอยอยู่บนอากาศ ก็จะไม่สามารถเล็ดลอดผ่านแผ่นกรองออกไปข้างนอกได้ มีแต่เพียงอากาศเท่านั้นที่สามารถผ่านแผ่นกรองอากาศนี้ออกไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งไปกว่านั้น การออกแบบให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสมและเน้นการอนุรักษ์พลังงาน จะส่งผลให้วีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 15 ชุดระบบกรองอากาศ

3.1.4 การใช้พลังงานโดยระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System)

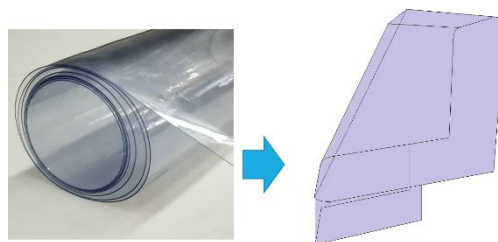
วีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยติดเชื้อโควิด-19 และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจจะใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการทำงานของมอเตอร์พัฒนาสำหรับการดูดอากาศภายในปริมาณควบคุม โดยเลือกใช้ APC BV1000I-MS Back-UPS 1100VA ซึ่งเป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าแบบ Line Interactive UPS สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ช่วยปกป้องงานที่กำลังทำอยู่ระหว่างไฟฟ้าดับ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแบตเตอรี่ (ทั้งนี้ สามารถสำรองไฟฟ้าได้นานถึง 30 นาที) ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 แบตเตอรี่สำหรับประยุกต์ใช้กับวีลแชร์

3.1.5 การใช้แผ่นพลาสติกใสสำหรับปริมาณควบคุม (Transparent Plastic Sheet)

แผ่นพลาสติกใสพีวีซี ความหนา 500 ไมครอน หรือ 0.50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานการสร้างห้องความดันลบจากการระบุงจากคู่มือการใช้ห้องความดันลบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) Engineering Institute of Thailand ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 แผ่นพลาสติกใสพีวีซี

3.1.6 การใช้ท่อลำเลียงอากาศ (Flexible Duct Hose) ท่อลำเลียงอากาศหรือท่อลูมิเนียมฟอยล์ ดังแสดงในรูปที่ 18 ที่ใช้สำหรับดูดอากาศจากปริมาณควบคุมและลำเลียงอากาศไปยังชุดกรองโดยมีแผ่นกรองอากาศคุณภาพสูงทำมาจากเส้นใยไฟเบอร์กลาส Fiberglass) ถักจนมีขนาดที่เล็กมากๆ ทำให้มีความสามารถในการกรองอนุภาคนาโนขนาดเล็ก (Small Particles) ให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม



รูปที่ 18 ท่อลูมิเนียมฟอยล์

ทั้งนี้ ความเร็วอากาศจะถูกทดสอบด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ที่มีความแม่นยำ $\pm 3\%$ ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) และ

ตำแหน่งพิกัดในการวัดความเร็วลม 3 จุด บน

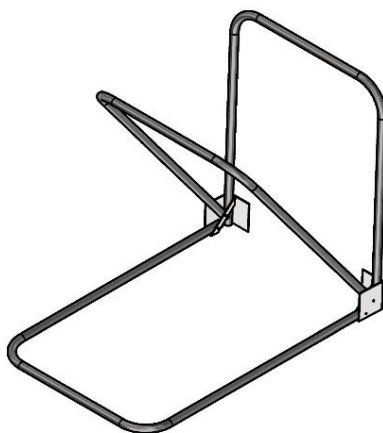
พื้นที่หน้าตัดท่อลำเลียงอากาศ

3.2 ดันแบบวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

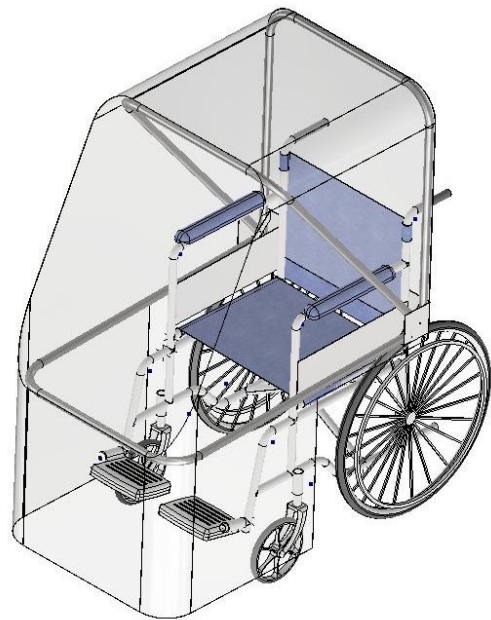
รูปที่ 20 แสดงชุดโครงสร้างวีลแชร์ที่เพิ่มเติมหรือติดตั้งโครงครอบผู้ป่วย ซึ่งสามารถเปิดและปิดได้ โครงครอบผู้ป่วยทำจากท่อสแตนเลส (stainless) ดังแสดงในรูปที่ 21 ทั้งนี้ โครงครอบผู้ป่วยจะถูกปกคลุมด้วยแผ่นพลาสติกใสพีวีซี ซึ่งปริมาตรภายในนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นปริมาตรควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 20 ชุดโครงสร้างวีลแชร์ที่ติดตั้งโครงครอบผู้ป่วย



รูปที่ 21 โครงครอบผู้ป่วย



รูปที่ 22 โครงครอบผู้ป่วยที่ปกคลุมด้วยแผ่นพลาสติกใสพีวีซี

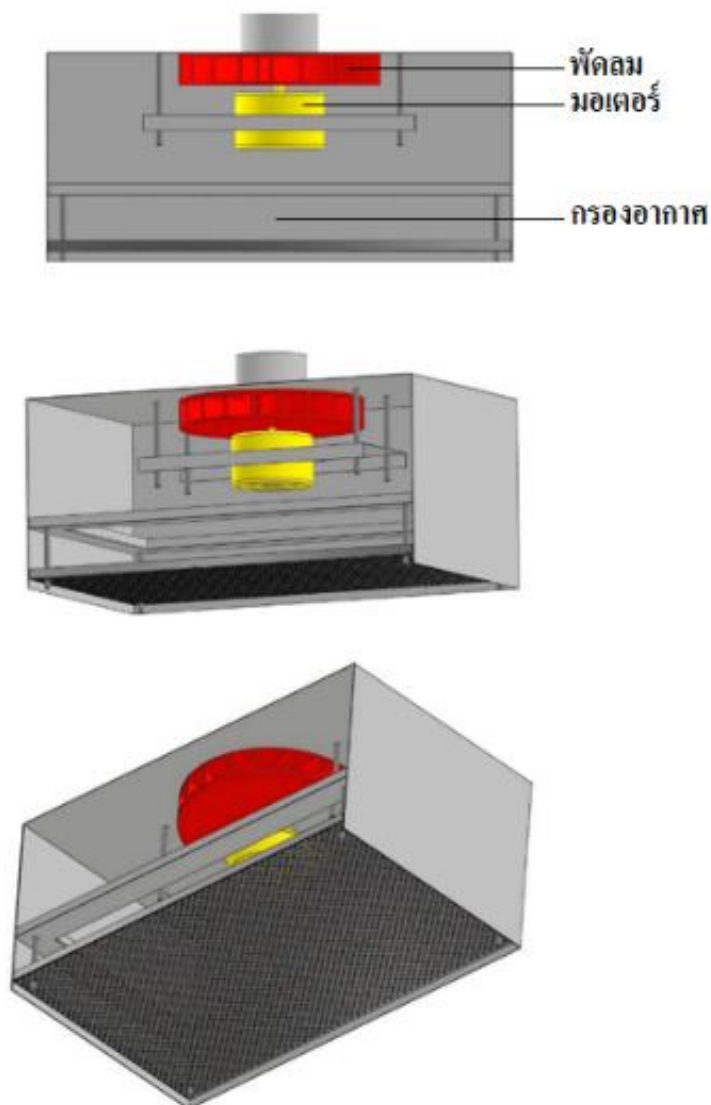


รูปที่ 23 ชุดท่อลำเลียงอากาศ

รูปที่ 23 แสดงลักษณะท่อลำเลียงอากาศโดยที่ทางเข้าจะอยู่ด้านบนและทางออกอยู่ด้านล่างเพื่อที่จะเข้าสู่ชุดกรองอากาศต่อไป ทั้งนี้ การออกแบบสามารถใช้เป็นท่ออุโมงค์นิยมนฟอยล์ได้เช่นเดียวกัน

รูปที่ 24 แสดงลักษณะของชุดระบบกรองอากาศที่เป็นกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ พัดลม และ กรองอากาศ โดยพัดลมจะทำงานในลักษณะดูดอากาศ

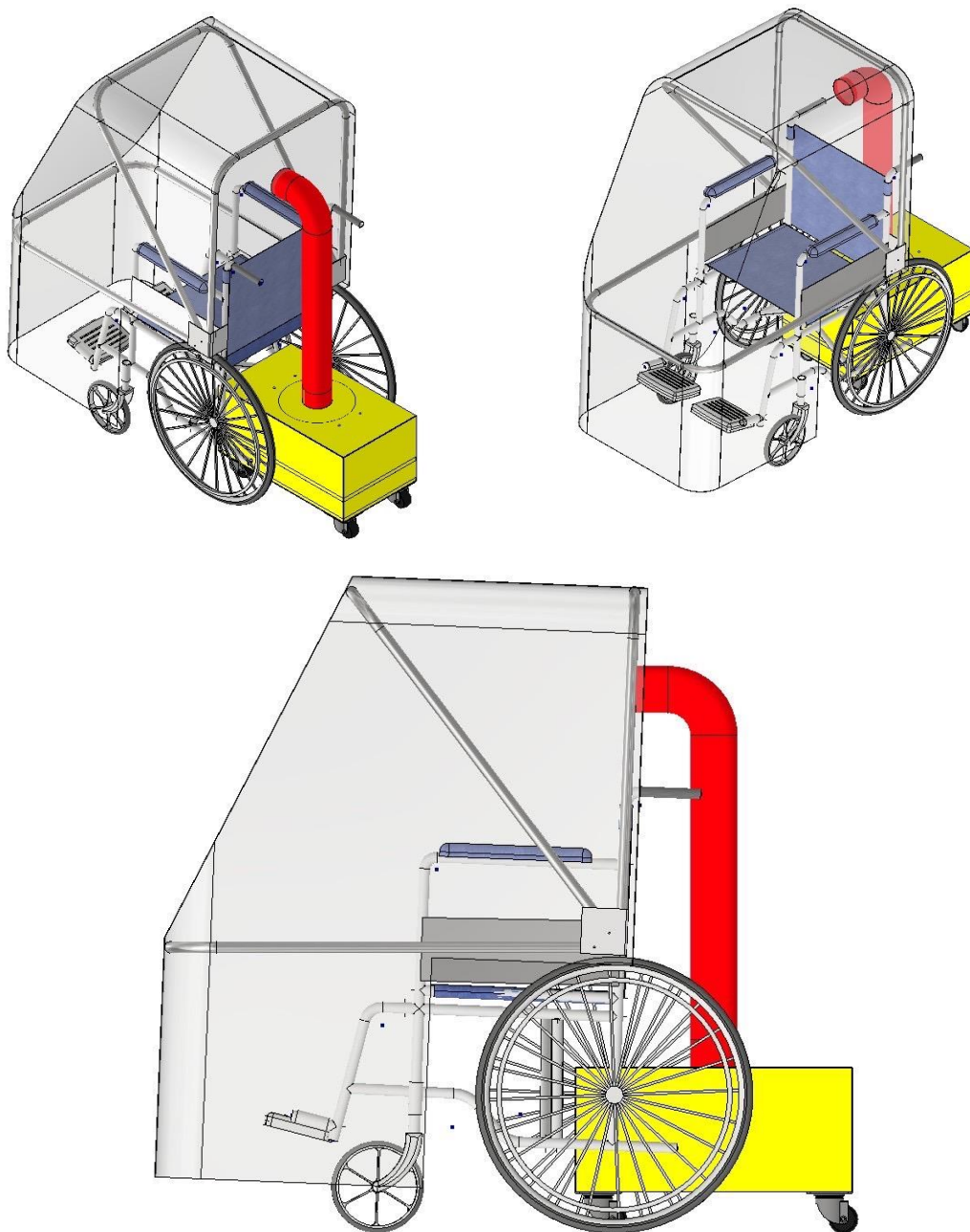
ให้ไหลผ่านแผ่นกรอง ซึ่งแผ่นกรองอากาศจะมีอายุการใช้งาน 3 - 6 เดือน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 24 ชุดระบบกรองอากาศ

รูปที่ 25 แสดงการประกอบชุดโครงสร้างวีลแชร์ที่เพิ่มเติมโครงครอบผู้ป่วย ชุดลำเลียงอากาศ และชุดระบบกรองอากาศ เข้าด้วยกันซึ่งจะเป็นนวัตกรรมหรือ

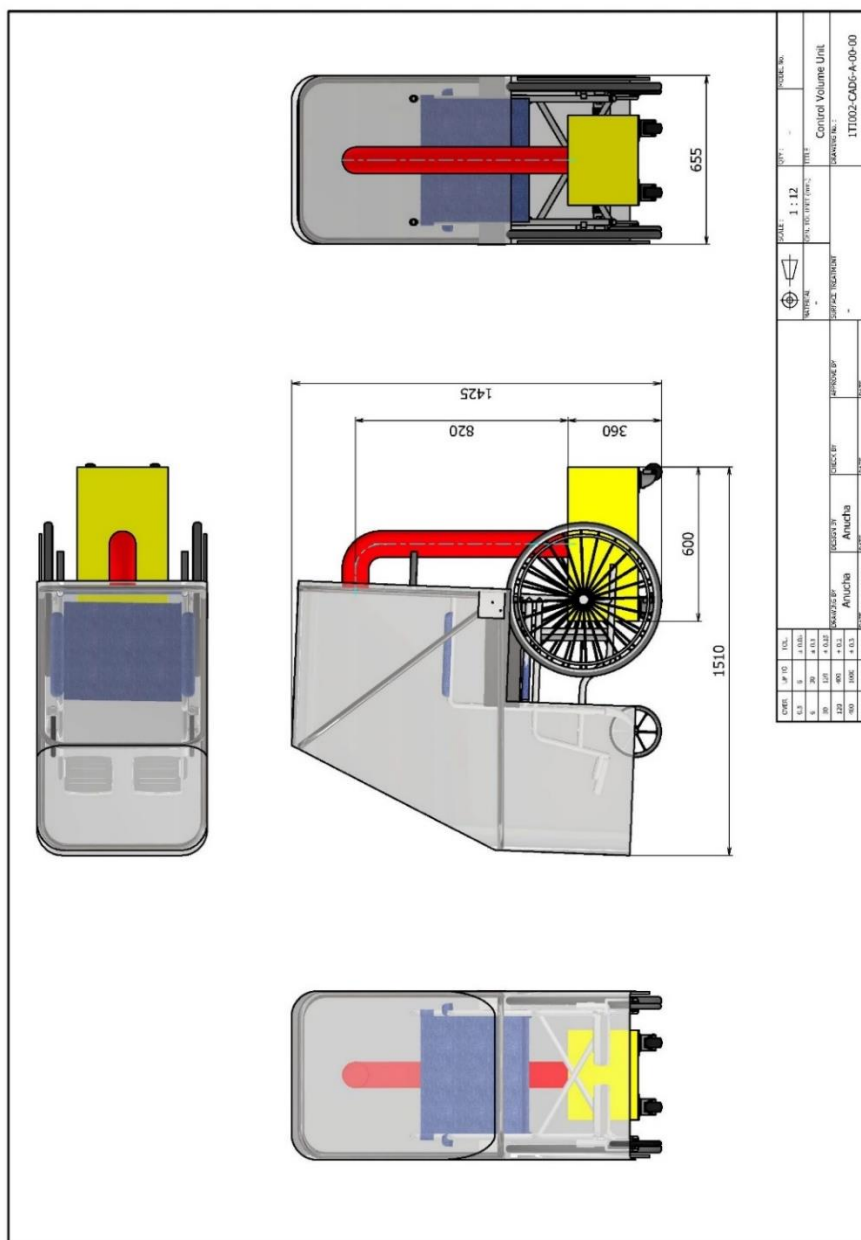
สิ่งประดิษฐ์ของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ



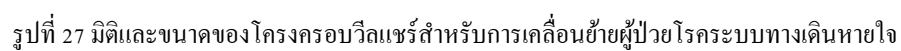
รูปที่ 25 นวัตกรรมวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ

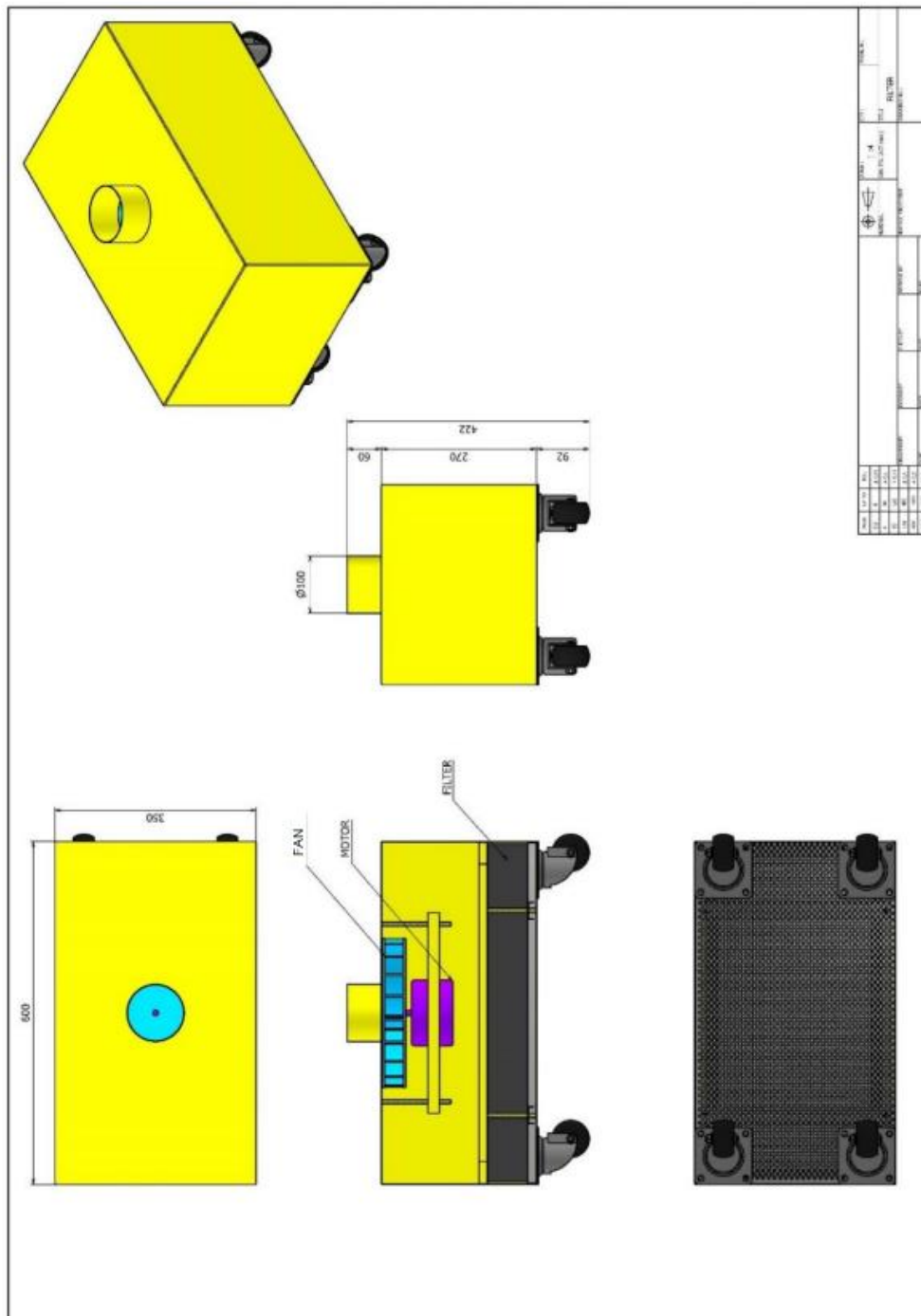
4. มิติและขนาดต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์
สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดิน
หายใจ

มิติและขนาดต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์ที่ได้ดังใน
รูปที่ 26, 27 และ 28



รูปที่ 26 มิติและขนาดของต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ





รูปที่ 28 มิติและขนาดของชุดระบบกรองอากาศ

และต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ยังได้ถูกจัดแสดงในงานนวัตกรรมและวิจัยของนักเรียนนายร้อย และอาจารย์โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ประจำปี 2566 ดังแสดงในรูปที่ 29 และ 30



รูปที่ 29 ต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์



รูปที่ 30 สาธิตการใช้งานต้นแบบนวัตกรรมวีลแชร์

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาและวิจัยระบบปรับอากาศของวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจนี้เป็นการศึกษาเชิงเทคนิคเพื่อสร้างนวัตกรรมวีลแชร์รูปแบบใหม่สำหรับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจ การออกแบบโครงสร้างและการนำเสนอระบบปรับอากาศที่ติดตั้งกับวีลแชร์รูปแบบใหม่ รวมถึงการวิเคราะห์และคำนวณอัตราการไหลของอากาศถูกอธิบายเพื่อประโยชน์ในการต่อยอดการประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถสรุปได้ คือ

5.1.1 การออกแบบปริมาตรควบคุมของวีลแชร์รูปแบบใหม่มีนัยสำคัญต่อการคำนวณความเร็วเฉลี่ยของอากาศเพื่อลำเลียงผ่านชุดกรองอากาศ เมื่อปริมาตรควบคุมมากความเร็วเฉลี่ยของอากาศจะต้องสูงขึ้นตามแต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาและวิจัยนี้ได้ออกแบบเชิงวิศวกรรมและการวิเคราะห์ปริมาตรการไหลของอากาศที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากค่ามากที่สุดจากผู้ที่สูบบุหรี่ คือ 0.0141 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ ความเร็วอากาศเฉลี่ยอย่างน้อย 1.8 เมตรต่อวินาที

5.1.2 ต้นแบบวีลแชร์รูปแบบใหม่ที่มีการออกแบบระบบปรับอากาศตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกำหนดเพื่อนำมาประยุกต์สำหรับการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยติดเชื้อโควิด-19 และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ถูกนำเสนอในรูปแบบขั้นตอนการออกแบบ กระบวนการทำงาน และแบบทางวิศวกรรมเพื่อใช้ในการผลิตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การออกแบบเชิงวิศวกรรมของวีลแชร์รูปแบบใหม่นี้ถูกออกแบบให้สามารถหาวัสดุ และติดตั้งได้ง่าย รูปแบบการออกแบบของโครงสร้างที่ต่อ

เดิมขึ้นมาโดยไม่ต้องทำลายโครงสร้างดั้งเดิม ซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนและสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก

5.2.2 การออกแบบรูปลักษณะของวีลแชร์รูปแบบใหม่ควรให้มีความทันสมัยและน้ำหนักเบามากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า กองทัพบก และ ผศ. สิทธิชัย วงศ์ธนสุภรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ บริษัท เอ.ซี.เทค จำกัด ที่ให้การสนับสนุนชุดกรองอากาศ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และกำลังพล กองวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อย พระจุลจอมเกล้า สำหรับการสนับสนุนการดำเนินการวิจัยจนครบถ้วนสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, “รายงานสถานการณ์โควิด-19”, เว็บไซต์ <https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [2] HY. Ko, Wheelchairs and Wheelchair Mobility in Spinal Cord Injuries, Management and Rehabilitation of Spinal Cord Injuries, Springer, (2022), 837–860.
- [3] Gibbons engineering group Ltd., “10 Ways UVC can Improve your HVAC System” <https://www.gibbonsgroup.co.uk/media/blog/10-ways-uvc-can-improve-your-hvac-system/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [4] การมีสุขภาพดี, วีลแชร์-ประโยชน์และวิธีใช้งาน, เว็บไซต์ <https://www.pobpad.com/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [5] P. Axelson, “Wheelchair and assistive technology users. Precautions for COVID- 19”, เว็บไซต์ https://www.ucdenver.edu/docs/librariesprovider38/ep- documents/ wheelchair- and- assistive- technology- users- precautions- for- covid- 19.pdf?sfvrsn=993009b9_2 (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ส.ค. 67)
- [6] M.K. Adeyeri, S.P. Ayodeji, A.O. Orisawayi, Development of a dual - purpose wheelchair for COVID-19 paraplegic patients using nigerian anthropometry data, Sci. Afri. 9, e00547, (2020)
- [7] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC), เว็บไซต์ <https://www.mtec.or.th/news-event/54924/> (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ส.ค. 67)
- [8] Nippon Medical & Chemical Instruments Co., Ltd., “Isolation Wheelchair CIW-1500N”, เว็บไซต์ http://nksystem.sixcore.jp/en/t/e_ciw-1500n.htm (สืบค้นเมื่อวันที่ 1ก.ย. 67)
- [9] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วศท.), คู่มือผู้ใช้ตู้ความดันลบ (Negative Pressure Cabinet), เว็บไซต์ <https://www.si.mahidol.ac.th/th/departement/pediatrics/pdf/covid-19/NegativePressureCabinet.pdf> , (สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ต.ค. 67)
- [10] กิตติพงศ์ เตมิยะประดิษฐ์ “คุณภาพอากาศภายในอาคาร Indoor Air Quality และ Indoor Air Quality”, Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, (2548), 40-52.

Authors' Biography:



Asst. Prof. Dr. Parinya Kiatpachai is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his D.Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand. His current research interests include the heat transfer performance and flow characteristics of fin-and-tube heat exchangers.



Asst. Prof. Dr. Anotai Suksangpanomrung is an assistant professor and Deputy Dean Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his Ph.D. in mechanical engineering from University of Victoria, Canada. His current research interests include the thermodynamics, energy technology and applied energy.



Asst. Prof. Wanachart Borisut is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his M. S. in mechanical engineering from the University of New Haven, USA. His current research interests include the thermodynamics and heat transfer engineering.



Assoc. Prof. Dr. Weerapun Duangthongsuk is an associate professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Southeast Asia University (SAU). He received his D.Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand. His research interests include heat transfer, fluid mechanics, and nano fluid.

การพัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเซ็นเซอร์แบบเรียลไทม์เพื่อสนับสนุน การพัฒนาแอปพลิเคชันสมาร์ทฟาร์มในชุมชน

The Development of a Real-time Data Collection System from Sensor Networks to Support Smart Farming Application Development in Communities

สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ*, รัตเมศวร์ ดันวิญญูกุล และบุญฤทธิ์ นกครุฑ

Suwit Somsuphaphrungsos, Ratsames Tanveenukool and Boonyarit Nokkruth

สาขาวิชาระบบสารสนเทศ มหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีราชภัฏสุราษฎร์ธานี

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : suwit.s@rmutsb.ac.th

วันที่รับบทความ: 16 กันยายน 2567 / วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1: 26 ตุลาคม 2567 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 28 พฤศจิกายน 2567

วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2: 10 พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ ในยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศและปัญญาประดิษฐ์ ข้อมูลเป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันคอมพิวเตอร์ ดังนั้นข้อมูลในงานนี้คือการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบของตัวเลข ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหาและตัดสินใจอย่างมีข้อมูล งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเซ็นเซอร์ของข้อมูลปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่กำหนด 2) เพื่อสร้างฐานข้อมูลกลางด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับรองรับการใช้งานสนับสนุนการเกษตรในพื้นที่ตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานข้อมูลกลาง ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมตามเวลาจริงจากการสำรวจระยะไกลด้วยเซ็นเซอร์เพื่อรวบรวมข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการแบ่งปันอย่างเปิดเผยไปยังแอปพลิเคชันสมาร์ทฟาร์ม พารามิเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ผลลัพธ์ของข้อมูลสภาพแวดล้อมที่รวบรวมได้บ่งชี้ว่ามีประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการ กว่าหนึ่งปีของการติดตั้งเซ็นเซอร์ เราพบปัญหาในทางปฏิบัติในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ความทนทานของอุปกรณ์ที่ใช้ การรบกวนจากธรรมชาติและมนุษย์ ปัญหาเหล่านี้นำไปสู่ความท้าทายในการจัดการอุปกรณ์ตรวจจับและระบบอัตโนมัติในทางปฏิบัติ การประเมินผู้ใช้ ประกอบด้วยเกษตรกร 7 ราย ตัวแทนจากอาสาสมัคร และเจ้าหน้าที่องค์กรท้องถิ่น 3 รายที่ทำงานด้านการเกษตรในพื้นที่นำร่อง หัวข้อการประเมินเกี่ยวข้องกับวิธีที่รบกวนงานที่เสนอช่วยเหลือเกษตรกรในการดำเนินการ ผลการประเมินผู้ใช้ยอมรับอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.44 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.91

คำสำคัญ : ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมเรียลไทม์, เซ็นเซอร์, เทคโนโลยีไอโอที, แอปพลิเคชันสมาร์ทฟาร์ม

Abstract In the era of information technology and artificial intelligence, data serves as a fundamental yet crucial element for computer applications functioning with various data sources. Data consists of collections in the form of numbers, which can be analyzed to identify problems and facilitate informed decision-making. This research aims to: 1) Collect data from a group of environmental sensor factors in a specified area. 2) Create a central environmental database to support agricultural applications in the Thap Nam Subdistrict of Bang Pa-in District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. 3) Assess user satisfaction with the central database. As part of this study, we examine the collection of real-time data from remote sensing to gather environmental information for open sharing with smart agricultural applications. Key environmental parameters, such as temperature, humidity, and Particulate Matter with Diameter of Less Than 2.5 micron (PM2.5) levels, are essential for smart farming initiatives. The data collected has proven valuable for stakeholders and has contributed to enhanced farming efficiency. Over a year of sensor installation, we encountered practical challenges related to equipment maintenance. The main issues included the durability of the equipment in use and interference from natural and human events, which presented additional challenges for the effective management of sensing devices and automation systems. User evaluation involved participants including seven farmers and three local officials involved in agricultural work within the pilot area. The evaluation focused on how the proposed framework benefits farmers in their operations. Results indicated strong acceptance, with an overall mean score of 4.44 and a standard deviation of 0.91.

Keywords: Real-time environmental data, Sensors, IoT technology, Smart farm applications

1. บทนำ

ในยุคของเทคโนโลยีสารสนเทศและปัญญาประดิษฐ์ ข้อมูลถือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญสำหรับสร้างแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์ หรือบนสมาร์ทโฟน เพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดสารสนเทศ ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบของตัวเลข ตัวอักษร คำ การสังเกต การวัด ฯลฯ ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหาและตัดสินใจอย่างมีรูปแบบ [1] ข้อมูลถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยมนุษย์และเครื่องจักร และถูกรวบรวมเพื่อการวิเคราะห์ในภายหลัง สำหรับข้อมูลที่มนุษย์สร้างขึ้น ข้อมูลเหล่านี้จะถูกอ้างอิงถึงข้อมูลโซเชี่ยลมีเดีย จำนวนมหาศาลที่เกิดจากพฤติกรรมการใช้งานต่าง ๆ [2]

เช่น การอัปเดตสถานะ ทวิต เนื้อหาของบล็อก ภาพถ่าย ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ไม่ได้จัดเก็บในรูปแบบที่เป็นแบบแผนส่งผลให้เป็นข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง ซึ่งจำเป็นสำหรับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ ในอีกทางหนึ่งข้อมูลที่สร้างด้วยเครื่องจักรเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ ข้อมูลที่สร้างโดยเครื่องจักรจะอ้างอิงถึงข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติจากเซ็นเซอร์ของเครื่องจักร เช่น เซ็นเซอร์กล้อง ดาวเทียม และไฟล์บันทึกจากอุปกรณ์ติดตาม [3] ข้อมูลเหล่านี้ถือเป็นข้อมูลแบบเรียลไทม์จากสถานการณ์จริงในรูปแบบข้อมูลที่มีโครงสร้างด้วยเทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สร้างโดยเครื่องจักร

Internet of Things (IoT) ถือเป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ที่แลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อรวบรวมและแบ่งปันข้อมูล เช่นเดียวกับการควบคุมอุปกรณ์แบบไร้สาย [4] ไอโอทีจึงเชื่อมต่อช่องว่างระหว่างโลกดิจิทัลกับโลกจริง ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานที่มีประสิทธิภาพและระบบอัตโนมัติได้ [5] ในระบบโครงสร้างของไอโอทีจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักสองส่วน คือ อินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์ทางกายภาพ (สิ่งของ) หรือเซ็นเซอร์ในฐานะ “สิ่งของ” ในระบบไอโอทีมีบทบาทสำคัญในการรวบรวมข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูลของวัตถุหรือสภาพแวดล้อมโดยรอบทางกายภาพแล้วเก็บรวบรวมเป็นข้อมูลดิจิทัล [6] ด้วยความสามารถในการตรวจจับข้อมูลแบบเรียลไทม์จากสภาพแวดล้อม ข้อมูลบนเซ็นเซอร์จึงเป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในระบบหุ่นยนต์ ระบบเตือนภัย แอปพลิเคชันด้านการดูแลสุขภาพ และระบบอัจฉริยะทางการเกษตร สำหรับระบบอัจฉริยะทางการเกษตร ข้อมูลที่ใช้คือข้อมูลเซ็นเซอร์ที่ตรวจพบปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการเพาะปลูก โดยทั่วไปข้อมูลที่ตรวจพบ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ระดับน้ำ ระดับฝน และแสงแดด ตัวอย่างเช่น พิมพ์พรรณ ทิพย์แสง [7] เสนอให้ใช้ข้อมูลเซ็นเซอร์เป็นอินพุตสำหรับการอนุมานแบบออนโทโลยีเพื่อแนะนำแนวทางแก้ไขปัญหาการปลูกมะขาม แสงทอง บุญยัง [8] ได้ประยุกต์เทคนิคการเรียนรู้ด้วยเครื่องเพื่อตรวจจับข้อมูลระดับน้ำจากเซ็นเซอร์เพื่อแนะนำการตั้งค่าการจัดการน้ำในการทำนาข้าว สุทธิศักดิ์ สุขจินตนา [9] ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Thing เพื่อพัฒนาระบบรายงานสภาพอากาศในสวนสาธารณะบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตและสำนักงานเทศบาลนครภูเก็ต ผ่านเว็บไซต์และนำเสนอข้อมูลรูปแบบ Dashboard ในลักษณะเรียลไทม์ ชุดอุปกรณ์ต้นแบบใช้บอร์ด NodeMCU ESP8266 เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และระดับฝุ่น PM 2.5 และเนตรดาว โทธรรัตน์ [10] นำเสนอวิธีการรวบรวมข้อมูลฟาร์มมะคา

เดเมียจากเซ็นเซอร์และใช้ข้อมูลเหล่านี้ ในระบบผู้เชี่ยวชาญตามความรู้เพื่อแนะนำขั้นตอนการเพาะปลูกที่เหมาะสม งานดังกล่าวต้องการข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่คล้ายคลึงกันเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณหาระบบ ดังนั้น ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ชนิดเดียวกันจึงถูกนำมาใช้ร่วมกันเป็นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้มากมาย

ชุมชนทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นอีกหนึ่งชุมชนที่ประชากรในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร เป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจของชุมชน ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นพืชที่อ่อนแอต่อสภาวะแวดล้อม สภาพอากาศ โดยเฉพาะผลกระทบจากการเกิดภัยน้ำท่วมและน้ำแล้งอย่างฉับพลันทำให้เกิดความเสียหายอย่างยิ่งกับพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งเป็นปัญหาซ้ำซากและเรื้อรังมาเป็นระยะเวลาหลายปีที่เกษตรกรหลายร้อยครอบครัวได้รับความเดือดร้อนจากความไม่แน่นอนของสถานการณ์น้ำในแต่ละปี ต่อมาได้มีนักวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิได้เข้าไปศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในชุมชน โดยการพัฒนานวัตกรรมสนับสนุนการจัดการน้ำทางการเกษตรเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนในเขตพื้นที่รับน้ำ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และพัฒนาระบบเฝ้าระวังและรายงานคาดการณ์ความเสียหายของเกษตรกรผู้ประสบอุทกภัยในพื้นที่รับน้ำ [11] จากงานวิจัย ระบบฯ ดังกล่าว มีข้อมูลน้ำ ข้อมูลการพยากรณ์น้ำ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่เสี่ยงน้ำแล้งน้ำท่วม แต่ยังไม่มียข้อมูลสภาพแวดล้อมในชุมชน เช่น ข้อมูลสภาพอากาศ ค่าฝุ่นละออง ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลความชื้น ข้อมูลสภาพน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่งของการเจริญเติบโตของพืช หากชุมชนทับน้ำมีข้อมูลดังกล่าวและมีการบูรณาการเทคโนโลยีที่จะช่วยเหลือเกษตรกรผู้ประกอบการ ดังนั้นคณะนักวิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการชุมชนจึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาหาวิธีเก็บ

รวบรวมข้อมูลต่างๆ สร้างเป็นเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการชุมชนให้มีเสถียรภาพและยั่งยืน

คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเทคนิควิธีการเก็บข้อมูลและพัฒนาเครื่องมือในเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม โดยอาศัยเซ็นเซอร์และเทคโนโลยีไอโอที (Internet of Things : IoT) เพื่อรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมจริงแบบเรียลไทม์จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ ที่แสดงถึงปัจจัยแวดล้อมของพื้นที่ที่กำหนด สร้างแหล่งข้อมูลสภาพแวดล้อมบนคลาวด์ สำหรับสนับสนุนการทำงานของแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะในชุมชน และเพื่อรองรับการใช้งานข้อมูลสิ่งแวดล้อมทางด้านการเกษตรในพื้นที่ตำบลทับน้ำ อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์จากปัจจัยที่วัดได้จากสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพอากาศ ค่าฝุ่นละออง อุณหภูมิ ความชื้น ระดับน้ำ คุณภาพน้ำ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยประยุกต์เพื่อรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมจากกลุ่มเซ็นเซอร์แบบเรียลไทม์เพื่อส่งเสริมการทำงานของแอปพลิเคชันฟาร์มอัจฉริยะในชุมชน : กรณีศึกษาตำบลทับน้ำ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1. ด้านฮาร์ดแวร์

ระบบควบคุมใน ส่วนของ ฮาร์ดแวร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ในการควบคุมเลือกใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล NodeMCU-ESP8266 เป็นโมดูลที่มี Wi-Fi อยู่ในตัวโมดูลทำให้สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายได้ง่าย มีขนาดเล็กทำงานร่วมกับ Arduino UNO R3

2.1.2 ด้านซอฟต์แวร์

ใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE คอมไพเลอร์และไลบรารีของ ESP8266 ซึ่งมีความสามารถในการบรรจุฟังก์ชันเพิ่มเติมสำหรับใช้ติดต่อกับฮาร์ดแวร์และเซ็นเซอร์ได้หลากหลาย รวมทั้งมีไลบรารีสำหรับใช้ใน

การติดต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทาง Wi-Fi เพื่อใช้ร่วมกับแอปพลิเคชัน Blynk แอปพลิเคชัน Blynk จะทำหน้าที่แสดงผลจากเซ็นเซอร์ในรูปแบบ เรียลไทม์ ผ่านแผงควบคุมที่สร้างขึ้น แสดงค่าเป็นตัวเลข และกราฟในแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน ไว้สำหรับดูค่าปริมาณฝุ่น PM 2.5 อุณหภูมิ และความชื้น [12] และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเป็น Backend server สำหรับจัดเก็บฐานข้อมูลและสามารถแสดงผลผ่านแดชบอร์ดบนเว็บได้

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 ศึกษาปัญหา ความต้องการ และความเป็นไปได้

จากการสัมภาษณ์ สำนวความต้องการและบทบาทของผู้บริหารและคณะกรรมการของชุมชนทับน้ำ ยังขาดการบูรณาการเทคโนโลยีที่จะช่วยเหลือเกษตรกรและขาดการรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ เก็บไว้ให้เป็นระบบ ทีมวิจัยจึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลทุกด้านเพื่อการออกแบบการเก็บข้อมูล

2.2.2 วิเคราะห์และออกแบบระบบ

เมื่อทำคัดเลือกการพิจารณาคัดเลือกระบบส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการศึกษาได้เลือกระบบส่งข้อมูลผ่านบริการแบบ WWW โดยใช้ Web base Application บนระบบอินเทอร์เน็ต เนื่องจากเป็นช่องทางการสื่อสารที่สะดวกสุด และส่งข้อมูลสู่ผู้เกี่ยวข้องได้โดยตรง ในการศึกษาพัฒนานี้ได้กำหนดขั้นตอนการศึกษาพัฒนาไว้ 4 ขั้นตอน

1). การกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรับ(ตรวจจับ)ข้อมูล จากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ตลอดจนประสานกับชาวบ้านในพื้นที่ ช่างโยธาของ อบต.ทับน้ำเพื่อประเมินพื้นที่ ที่ทำการคัดเลือกพื้นที่ทดสอบ และสำรวจภาคสนามเพื่อหาพื้นที่ทดสอบ เพื่อกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะติดตั้งเครื่องมือตรวจวัด

2). การสร้างเครื่องวัดต้นแบบสำหรับทดสอบเป็นขั้นตอนสร้างเครื่องมือวัดไม่ซับซ้อน เป็นปรับเครื่อง

มาตรฐานในการวัดอัตโนมัติตามตำแหน่งระดับ สามารถกำหนดได้โดยตัวรับรู้ (Sensor) ตลอดจนอาศัยระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) สำหรับอุปกรณ์ภาคสนาม เพื่อให้สามารถติดตั้งได้ในทุกที่โดยไม่ยุ่งยากในการเดินสายไฟ และสามารถติดตั้งในอาคารได้อีก

3).ออกแบบระบบควบคุมคอนโทรลเลอร์และระบบเครือข่าย โดยใช้เซ็นเซอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยเทคโนโลยีไอโอที เช่น เซ็นเซอร์เป็นเครื่องมือในการรับข้อมูลตามเวลาจริงไปยังเฟรมเวิร์กของเราเพื่อสนับสนุนการจัดการข้อมูลสิ่งแวดล้อมด้านการเกษตรให้กับชาวบ้าน เราออกแบบเพื่อปรับใช้เซ็นเซอร์เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับปัญหา รายการที่เลือกเซ็นเซอร์แสดงไว้ดังตารางที่ 1 ซึ่งตารางเป็นเซ็นเซอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองของโครงการวิจัย เพียงแต่บทความนี้ เราจะนำเสนอตัวอย่าง 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และค่า PM 2.5 เท่านั้น

ตารางที่ 1 แสดงรายการเซ็นเซอร์ในการตรวจรับข้อมูล

อุปกรณ์ตรวจจับ	คำอธิบายการทำงาน	การติดตั้ง
ระดับน้ำ	วัดระดับน้ำในคลองชลประทาน	ในต้นและกลางของคลองชลประทาน
ความชื้น	ตรวจหาปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ	ในพื้นที่ส่วนกลาง (อาคาร อบต.)
ความเป็นกรด/ด่าง	ตรวจหาค่าความเป็นกรดหรือด่างของน้ำในคลอง	ในน้ำของคลอง
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก	ตรวจจับอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ไมครอนหรือน้อยกว่า	ในพื้นที่ส่วนกลาง (อาคาร อบต.)
อุณหภูมิ	วัดอุณหภูมิภายนอกในหน้าของศาลาเซสซิส	ในพื้นที่ส่วนกลาง (อาคาร อบต.)

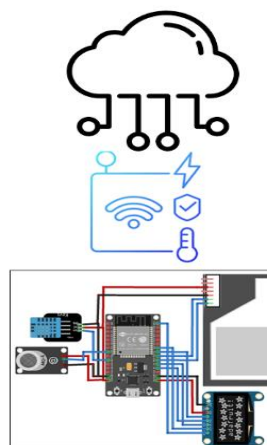
เซ็นเซอร์จะบันทึกข้อมูลทุก ๆ ชั่วโมงเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล

4) การจัดการข้อมูล ด้วยข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ที่รวบรวมจากเซ็นเซอร์ปริมาณข้อมูลมีจำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามเวลา ข้อมูลจำเป็นต้องได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเก็บรักษาไว้ มีชีวิตอยู่อย่างเหมาะสม

2.2.3 พัฒนาระบบและเขียนโปรแกรม

2.2.3.1 ออกแบบการเชื่อมต่อและวงจรต่างๆ

การพัฒนาวงจรที่จะทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) และโปรแกรมควบคุมโดยชุดอุปกรณ์สื่อสาร (อาศัยเทคโนโลยีไอโอที) ซึ่งต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบสื่อสารกับอุปกรณ์ตรวจจับ หรือส่งข้อมูลไปยังศูนย์เก็บข้อมูล (Cloud) ดังรูปที่ 1



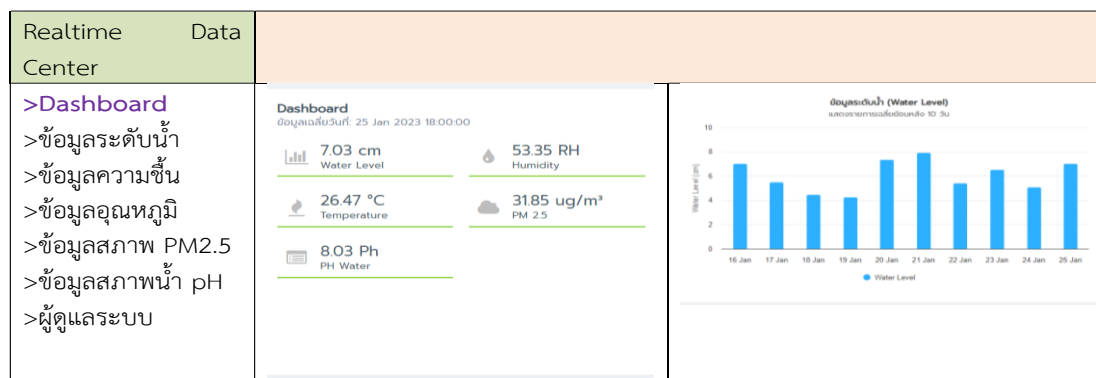
รูปที่ 1 แสดงภาพรวมการเชื่อมต่อ

จากรูปที่ 1 ตัวตรวจจับ (Sensor) รับค่าเป้าหมาย เช่น DHT11 Sensor อ่านค่าอุณหภูมิมือได้แล้วส่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้บอร์ด Arduino D1 WeMos ซึ่งมี Module WiFi ในตัวแล้วให้ทำงานคำสั่งโปรแกรมตามเงื่อนไขการควบคุม และครบตามเงื่อนไขก็ส่งค่าผ่านเครือข่ายไปยังแหล่งจัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ เพื่อให้ส่วนที่เกี่ยวข้องเรียกใช้ข้อมูลต่อไป

2.2.3.2 ออกแบบหน้าจอระบบแสดงผลรายงานข้อมูล

โดยจะเป็นพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันมาเป็นฐานในการแสดงข้อมูล ซึ่งมีการแสดงข้อมูลให้เป็นรูปที่ 2 แสดงข้อมูลหน้าหลักของระบบ และผู้สนใจยังสามารถ

เอาข้อมูลไปใช้งานได้ภายใต้เงื่อนไขการขอใช้งานผ่านพอร์ตที่ผู้วิจัยอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูลได้



รูปที่ 2 แสดงออกแบบหน้าจอหลักของระบบแสดงผลข้อมูล

Realtime Data Center				
>Dashboard	ข้อมูลสภาพอากาศ(PM2.5)			
>ข้อมูลระดับน้ำ	#	วันที่	เวลา	เซนเซอร์ T1
>ข้อมูลความชื้น	1	xx-xx-xxxx	Xxxxxx	xx.xx
>ข้อมูลอุณหภูมิ	2	xx-xx-xxxx	Xxxxxx	xx.xx
>ข้อมูลสภาพ PM2.5	3	xx-xx-xxxx	Xxxxxx	xx.xx
>ข้อมูลสภาพน้ำ pH				
>ผู้ดูแลระบบ				



รูปที่ 3 แสดงออกแบบหน้าจอแสดงผลข้อมูลระดับ PM 2.5

2.2.4 ติดตั้งและทดสอบระบบ

2.2.4.1 ติดตั้งระบบฯและระบบเครือข่าย

อินเทอร์เน็ต

หลังจากที่ทีมวิจัยได้ทำการออกแบบและได้ทำต้นแบบไปติดตั้งทดลองในสถานที่ต่างๆ และได้กำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรับค่าต่างๆ ที่เป็นในส่วนกลาง ในตัวอย่างงานนี้คือ ค่าสภาพอากาศ (PM 2.5) ค่าอุณหภูมิ (Temperature) และค่าความชื้น (Humanity) ณ อาคารที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ ดังแสดงรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ส่วนกลาง

2.2.4.2 การทดสอบความถูกต้องของระบบ

ในการทดสอบระบบใช้วิธีการทดสอบความผิดพลาดของชุดอุปกรณ์ในการตรวจวัด โดยใช้วิธีการทดสอบความผิดพลาดของค่าระดับที่วัดได้จากอุปกรณ์ที่ทางทีมงานพัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับค่าระดับที่เกิดขึ้น

ซึ่งค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าความผิดพลาด (Error) ไม่เกิน 10% เมื่อเทียบกับค่าที่เกิดขึ้นจริงซึ่งสูตรในการหาค่าจะใช้สูตรดังต่อไปนี้

การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาด

$$\text{Relative Percent Error} = ((V_{\text{observed}} - V_{\text{true}}) \div V_{\text{true}}) \times 100$$

โดยที่

Observed Value=ค่าที่วัดได้

True Value =ค่าที่แท้จริง/ค่าที่คาดหวัง

2.2.4.3 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม

รายงาน

ด้าน โปรแกรมการรายงานผล เป็นการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมรายงานผลโดยทีมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยใช้ตารางบันทึกผลการทดลองในการทดสอบความถูกต้องของระบบรายงานผล

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

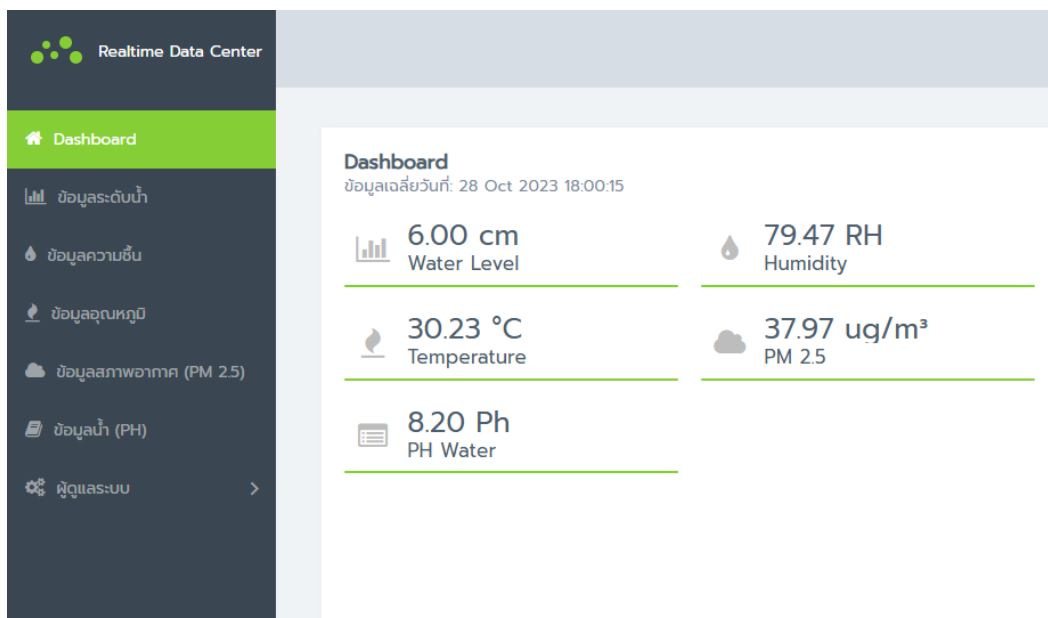
ผลการวิจัยแบ่งการนำเสนอการทำงานเป็นดังนี้

3.1 ผลการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมสำหรับรองรับการพัฒนาแอปพลิเคชันสมาร์ทฟาร์ม สำหรับใช้งานสนับสนุนการเกษตรในพื้นที่

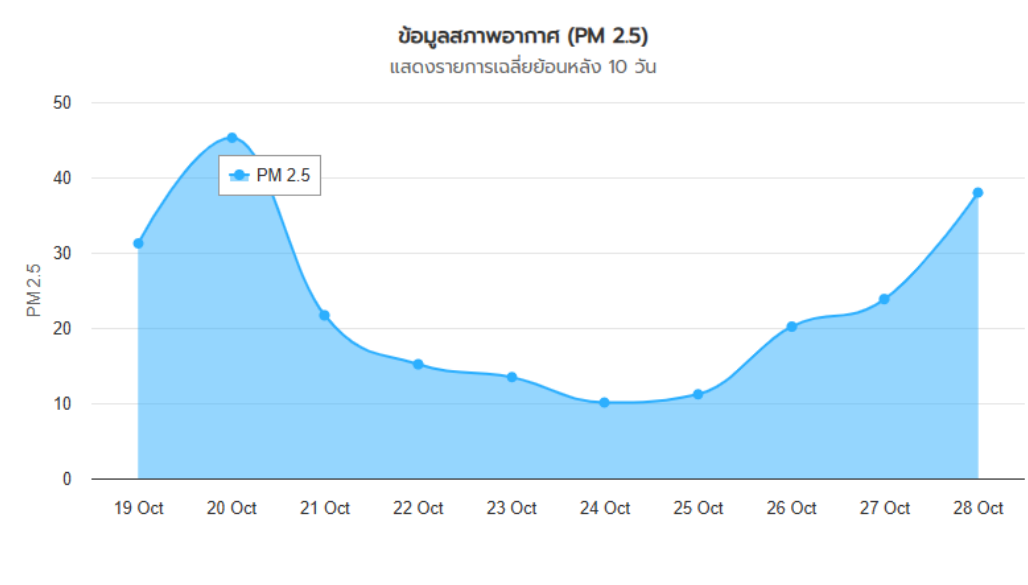
ทีมวิจัยได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรับค่าต่างๆ ตามพื้นที่ต่าง ๆ จึงได้พัฒนาระบบกลางเพื่อบริหารจัดการข้อมูลโดยมี URL ดังนี้

<https://next-tech-solution.com/water-level/charts-getdata.php> โดยจะใช้เป็นเว็บแอปพลิเคชัน ทำงานเป็น

Backend ของระบบรายงาน (Dashboard) ทั้งหมด ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5 แสดงหน้าจอ Dashboard ข้อมูลทั้งหมด



รูปที่ 6 แสดงหน้าจอ แสดงค่าสภาพอากาศ (PM 2.5)

นอกจากมีระบบแสดงข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชันแล้ว ยังสามารถสร้างระบบแสดงข้อมูลแสดงผลผ่านสมาร์ตโฟนได้ดังตาม Link ดังต่อไปนี้

<http://159.223.69.57:3000/login> โดยผู้ต้องการใช้ข้อมูลสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดได้ ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้ ดังตัวอย่างแสดงให้เห็นดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างนำเอาข้อมูลไปใช้ในสมาร์ตโฟน

หลักการติดตั้ง อุปกรณ์ในการทดสอบระบบ หากเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องอุปกรณ์ยังสามารถทำงานได้ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ได้ติดตั้งอุปกรณ์สำรองไฟ

แบบโซล่าเซลล์ด้วยและใช้วิธีการทดสอบความผิดพลาดของชุดอุปกรณ์ในการตรวจวัด โดยใช้วิธีการทดสอบความผิดพลาดของค่าระดับที่วัดได้จากอุปกรณ์ที่ทางทีมวิจัยพัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับค่าระดับที่เกิดขึ้น ซึ่งค่าที่วัดได้จะต้องมีค่าความผิดพลาด (Error) ไม่เกิน 10% เมื่อเทียบกับค่าที่เกิดขึ้นจริง หากเปรียบเทียบกับราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกับเวลาในการประมวลผล ถือว่าระยะเวลาในการประมวลผลอยู่ในระดับดี มีข้อจำกัดในเรื่องของความทนทานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ด้านโปรแกรมการรายงานผล เป็นการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมรายงานผลโดยทีมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยใช้ตารางบันทึกผลการทดลองในการทดสอบความถูกต้องของระบบรายงานผล

3.2 ผลการประเมินระบบและประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานข้อมูล

ผลการประเมินผู้ใช้ เครื่องมือสำหรับการประเมินคือแบบสอบถามที่ประกอบด้วยคำถามเพื่อประเมินประโยชน์ของข้อมูล การให้คะแนนถูกกำหนดตามคะแนน 1 ถึง 5 ในระดับ Likert [13] ผู้เข้าร่วมให้

คะแนน ได้แก่ เกษตรกร 7 คน ตัวแทนอาสาสมัคร และเจ้าหน้าที่ อบต. 3 คน ที่ปฏิบัติงานด้านการเกษตรในพื้นที่ทดลอง หัวข้อสำหรับการประเมินจะเกี่ยวกับงานที่เสนอช่วยเหลือเกษตรกร ผลการประเมินจากผู้ใช้งานแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินจากผู้ใช้งาน

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
สามารถลดเวลาในการจัดการเกษตร	4.47	0.84	ดี
สามารถวางแผนล่วงหน้าโดยใช้สิ่งที่ได้รับข้อมูล	4.33	0.92	ดี
สามารถลดความเสี่ยงที่ไม่พึงประสงค์สถานการณ์	4.42	0.94	ดี
ข้อมูลเข้าใจง่าย	4.55	0.91	ดีมาก
อุปกรณ์ที่ใช้งานมีความปลอดภัยและไม่รบกวนการทำงาน	4.42	0.94	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.44	0.91	ดี

ผลลัพธ์จากตารางที่ 2 ระบุว่าผู้ใช้งานมีระดับดี การให้คะแนนสำหรับประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบฯ ให้คะแนนสูงสุดในด้านที่เข้าใจง่าย

4. สรุปผล

การทดลองเราเก็บข้อมูลจากพื้นที่ตำบลทับน้ำ อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา เซ็นเซอร์ถูกนำไปใช้ในคลองและใช้ที่อาคารสำนักงานองค์การบริหารส่วนตำบลทับน้ำ เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดถี่ถ้วนในทางปฏิบัติ ข้อมูลจำนวนมากและไม่สามารถแสดงข้อมูลทั้งหมดได้ กำหนดเป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดตามเดือน และเวลาที่กำหนดได้แก่ 6:00 น., 12:00 น., 18:00 น. และ 24:00 น. สำหรับการเป็นตัวแทน การรวบรวมข้อมูลเซ็นเซอร์ที่แสดงคือ ตั้งแต่ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2567 ถึง 30 สิงหาคม 2567 และมีการ

ปรับขยายเวลาในการทดสอบเพิ่มเติม จนถึงวันที่ 30 กันยายน 2567 การแสดงผลลัพธ์ดังภาพที่ 6

ปัญหาและอุปสรรคที่พบเกิดจากการติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกอาคาร วางอุปกรณ์กลางแจ้งจะชำรุดเมื่อสัมผัสน้ำ ความชื้น ลม แสงแดด และฝุ่นละออง สิ่งแวดล้อมเหล่านี้ อาจทำให้ทั้งเซ็นเซอร์และแผงควบคุมวงจรชำรุดและเสียหายจากสนิมและไฟฟ้าลัดวงจรเสียหายได้ แม้จะสร้างอุปกรณ์ป้องกันปัจจัยเหล่านั้น จากการตรวจสอบอุปกรณ์ที่เสียหายเบื้องต้น แม้ว่าปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนใหม่ แต่จำเป็นต้องดำเนินการทันทีเนื่องจากข้อมูลจากแหล่งนี้จะสูญหายและจะส่งผลกระทบต่อแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้อง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาว่าข้อมูลเซ็นเซอร์มีหน้าที่เป็นอินพุตหลักในการใช้งาน ข้อมูลจะต้องมีความแม่นยำเชื่อถือได้ จากผลการปฏิบัติงานจริง เซ็นเซอร์กลางแจ้งถูกแทรกแซงด้วยปัจจัยต่างๆ รวมถึงเครือข่ายและพลังงานที่ไม่เสถียร ช่องโหว่ของอุปกรณ์ต่อสภาพอากาศและการรบกวนจากมนุษย์ ปัจจัยเหล่านี้ทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดพลาดชั่วคราวหรือถูกทำลาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าบำรุงรักษาเพิ่มเติมและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่รวบรวมได้ แนวทางแก้ไขจากผลการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับแอปพลิเคชันที่ใช้ไอโอที (IoT) ในพื้นที่สาธารณะกลางแจ้งขนาดใหญ่ต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบเกี่ยวกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ประเด็นเหล่านี้จะกลายเป็นความท้าทายในการวิจัยที่ต้องแก้ไขเพื่อให้แอปพลิเคชันบนไอโอที (IoT) สามารถนำไปใช้ได้จริงอย่างน่าเชื่อถือและนำไปใช้ในโครงการขนาดใหญ่ในสังคมได้อย่างเต็มที่

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณา มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Cheney-Lippold. J, (2023, Mar. 22). “We are data. New York University Press. SSA Network (Thailand). IoT Sensors,” [Online]. Available: <https://www.ssanetwork.co.th/sensors/>
- [2] Xiao. Y, Huang. Q, & Wu. K, “Understanding social media data for disaster management,” *Natural hazards*, 79(3): 1663-1679, 2015.
- [3] Wundersitz. D.W, Josman. C, Gupta. R, Netto. K.J, Gastin. P.B, & Robertson. S, “Classification of team sport activities using a single wearable tracking device,” *Journal of biomechanics*, 48(15): 3975-3981, 2015.
- [4] K. Ashton, “That ‘internet of things’ thing.” *RFID Journal*, Vol. 22, No. 7, pp. 97-114, 2009.
- [5] S.De, P. Barnaghi, M. Bauer, and S. Meissner, “Service modelling for the Internet of Things,” In 2011 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), Poland, pp. 949-955, 2011.
- [6] S.Fang, L. Da Xu, Y. Zhu, J. Ahati, H. Pei, J. Yan, and Z. Liu, “An integrated system for regional environmental monitoring and management based on internet of things,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol.10, No.2, pp. 1596-1605, 2014.
- [7] Thipphayasaeng. P, Phanichsiti. S, “Ontological and Sensor- Based Supporting System on Damage Prevention for Tamarind Farming: a Case Study of Phetchabun Tamarind Farms,” *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 28(3):20-31, 2018. (in Thai)
- [8] Boonying. S, “A Smart Water Management in a Paddy Field Using IOT Technology and Machine Learning,” *Information Technology Journal*, 17(1), 2021. (in Thai)
- [9] S. Huijantha, S. Pratum, S. Chusawang, P. Pensuk, “Using Internet of Things technology equipment Report of PM 2.5,” *Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward 2022*, 15th, pp 609-615, 2022. (in Thai)
- [10] Thocharat. N, (2023, Mar. 15). “Ontology-based Decision Support System for Macadamia Nut Smart Farming,” [Online]. Available: http://www2.lpru.ac.th/mgtsfac_res/research/index.php?module=view_book&id=423.
- [11] S. Somsuphaprunyos, T. Tanveenukool, B. Nokkurth, and W. Khumkom, “Development of Surveillance System and Forecasting Report for the Damage of Farmers Affected by Floods in the Watershed, Pha Nakhon Si Ayutthaya Province,” *Journal of Applied Information Technology*, Vol. 7, No.1, pp. 99-122, 2021. (in Thai)
- [12] Deecharoenchitpong. J, “The development of dust detection and warning system prototypes by Internet of Things,” *Journal of Science and Technology*, 3(1): 34-43, 2019. (in Thai)
- [13] Batterton, K. A., & Hale, K. N. “The Likert scale what it is and how to use it,” *Phalanx*, Vol50, No. 2, pp. 32-39, 2017.

ประวัติผู้ประพันธ์ :



บุญฤทธิ์ นกครุฑ

- สาขาวิชาระบบสารสนเทศ
- คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

งานวิจัยที่สนใจ :

เทคโนโลยี IoT,ระบบสารสนเทศ



สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ

- หลักสูตรวิทยาการจัดการนวัตกรรมดิจิทัล
- คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

งานวิจัยที่สนใจ :

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต,IoT,
ระบบสารสนเทศ,นวัตกรรมดิจิทัล



รัตเมศวร์ ตันวินกุล

- สาขาวิชาระบบสารสนเทศ
- คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

งานวิจัยที่สนใจ :

เทคโนโลยี IoT,ระบบสารสนเทศ

Sentiment Analysis of Twitter data based on Cannabis Legalization

Smith Tripornkanokrat^{1*}, Ketsarin Boonkanit²,

Nuttachai Kulthammanit³ and Veerachai Suwatvanich⁴

^{1,2,4}WeStride Institute of Technology

³Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering,
Southeast Asia University, Bangkok, Thailand

*Corresponding author: smith@we-stride.com

Received: 21 September 2024 / Revised 1st: 15 November 2024 / Revised 2nd: 5 December 2024 / Accepted: 7 December 2024

Abstract- This study delves into Thai public sentiment towards cannabis legalization by analyzing Twitter data from 2019 to 2024. Despite recent legalization for medical and industrial purposes, our findings reveal a persistent negative public perception and only 0.2-5.5% support for medicine based on positive tweets. Thais express significant concerns about potential societal harms, such as increased drug use and negative impacts on youth and levels of hate speech and harassment are around 31-35%, sexual content is 21-23%, and 7-11% for dangerous content were found on tweets. While proponents highlight medical benefits and personal freedoms, the broader online conversation remains dominated by negative associations linked to cannabis, including crime and societal decay. Employing advanced natural language processing and un-supervised learning techniques like RoBERTa, LDA, Word Cloud and Clustering are used to identify the group of similar content and are the core to provide score on tweets, we identified three distinct sentiment clusters: strongly opposed, mixed, and supportive. Our results clearly show that while discussions about cannabis have grown, negative sentiment continues to prevail, especially when linked to political issues and perceived threats to social order. Most common negative words are “พรรค”, “ขาย”, “ขายเสพผิด”, and “เด็ก” while positive words are “กำลังใจ”, “ฟิน” and “ดีมาก” These findings underscore the complex interplay between public opinion, policy changes, and cultural attitudes toward cannabis in Thailand.

Keywords:- policy changes, sentiment analysis, public opinion, natural language processing, sentiment clusters.

1. Introduction

The legalization of cannabis in Thailand has sparked intense debates and differing perspectives among the government and the public. While the government has presented arguments in favor of legalization, citing potential benefits in various sectors, public opinion remains divided on the issue. The timeline presented details a significant shift in Thailand's cannabis policy from 2019 to 2024. Initially, the focus was on strictly controlled medical research and utilization. However, in 2022, there was a major policy shift that decriminalized cannabis, allowing for broader usage, including in food and beverages [1,2,3,4,5,6]. Between 2019-2021, gradual liberalization, with a focus on medical research and limited personal cultivation. 2022, major policy shift decriminalizing cannabis for broader use. 2023-2024, a pushback against the initial liberalization, with discussions and legislation aimed at re-imposing stricter controls on cannabis, particularly for recreational use. The timeline highlights the dynamic and changing nature of cannabis policy in Thailand, there's a tension between the government's focus on medical applications and the public's interest in recreational use.

Public sentiment around cannabis legalization has shown notable division. Study [18] found that negative sentiment among Thai Twitter users significantly rose following legalization, while positive sentiment declined. It further highlighted public concerns over cannabis-containing food, underscoring the need for clear

regulations and public education on safe cannabis use. Cannabis legalization also impacts Thailand's tourism sector, as evolving cannabis policies shape traveler experiences and raise public health considerations. Study [19] reveals that recreational substance use among international travelers poses both direct and indirect health risks, including neuropsychiatric issues, accidents, and risky behaviors. These findings emphasize the importance of public health interventions to promote safer travel practices, especially in destinations like Thailand, where cannabis policies are evolving.

This leads us to the questions, How have public attitudes towards cannabis evolved over this period? The legalization of cannabis has sparked widespread discussions on social media platforms, highlighting diverse opinions and potential implications for society. This study exclusively uses Twitter data due to its suitability for capturing public sentiment on controversial issues like cannabis legalization. Twitter offers a unique platform where people express their opinions openly, providing a broad spectrum of perspectives. Its real-time and continuous updates allow researchers to track shifts in sentiment as they happen, a crucial feature for analyzing evolving public opinions. Additionally, Twitter is widely used for discussing social and political issues, making it a valuable source for identifying trends in public sentiment related to policy changes [20].

By examining Twitter data, this research seeks to understand the prevailing sentiment among Thai users, identifying patterns of support, opposition, or neutrality. The findings will contribute to a broader understanding of public attitudes towards cannabis legalization in Thailand, shedding light on the potential impact on policy-making and societal norms. This study aims to analyze the sentiment of Thai Twitter users regarding cannabis legalization in Thailand, utilizing natural language processing and unsupervised learning techniques including by leveraging RoBERTa (a state-of-the-art language model) [7], Latent Dirichlet Allocation (LDA) [8], and K-means clustering [9,10], Word Cloud [11] and Gemini 1.5 Flash to gain deeper insights into public opinion on this controversial topic. Chat-GPT and LLaMA can be also used for sentimental analysis, however Gemini shows significant rating difference across languages [12] which may be more suitable for Thai language. RoBERTa is used for sentiment analysis and determining the sentiment expressed in a piece of text (e.g., positive, negative, neutral). LDA is used to identify the main topics discussed in a collection of documents, here in this research is used for group clustering to classified neutral sentiment. K-means is applied to cluster the positive, negative, or neutral given from RoBERTa into a specified number of clusters (K), Elbows and Silhouette method are used to evaluate k clusters [13]. Word Clouds are visual representations of text data where the size of each word indicates its frequency of occurrence to identify common themes and keywords to list the most common top ten words. Gemini 1.5

Flash is a large language model developed by Google AI that can be used to perform this task indirectly by text classification into different categories, including sentiment categories. Due to limitations in coding, Octoparse was chosen as an efficient web scraping tool [14]. It enables the extraction of large datasets from Twitter without requiring advanced programming knowledge, facilitating data collection, organization, and analysis. Its user-friendly interface, along with support for multiple output formats like Excel and CSV, enhances accessibility and ensures compatibility with the analysis methods employed in this study.

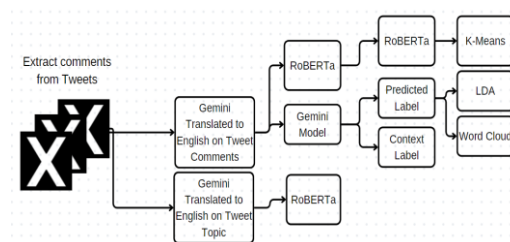


Fig.1 : The workflow methodology

2. Propose Method

This workflow demonstrates a multi-step process for conducting sentiment analysis on Thai tweets as illustrated in Fig. 1. It involves extracting comments from tweets, translating them into English, using RoBERTa for sentiment prediction, the Gemini model is applied to get the score prediction between 1 to 5 (1 means very negative, 3 means neutral and 5 means very positive) and also pull the context score including hate speech, harassment, sexual and dangerous scores between 1-5

Table 1: The top 10 common words on comments based on predicted label

Index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
word_sentiment_1	กัญชา	คน	ทำ	ดี	พรรค	ขาย	เค้า	เสรี	ประเทศ	เรื่อง
word_sentiment_2	กัญชา	คน	ทำ	พรรค	ประชาชน	ขาย	ดี	ยาเสพติด	เสรี	เด็ก
word_sentiment_3	กัญชา	คน	ทำ	เค้า	ขาย	ดี	ไทย	พรรค	ปลูก	เรื่อง
word_sentiment_4	กัญชา	คน	เลือก	พรรค	ทำ	ประชาชน	ดี	เห็นด้วย	นะกะ	เหล่า
word_sentiment_5	กก	พี	เลือก	กำลังใจ	รูป	ได้ดี	หน้าตา	ฟิน	คน	คีย์

Table 2 : The top 11-20 common words on comments based on predicted label

index	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
word_sentiment_1	ประชาชน	ยาเสพติด	เลือก	เด็ก	ปลูก	ไทย	ไอ้	จะ	แบบนี้	หนู
word_sentiment_2	เรื่อง	ประเทศ	แบบนี้	เลือก	นายก	ไอ้	สังคม	ประช	กัญชา เสรี	ไทย
word_sentiment_3	เสรี	ดู	เลือก	ยาเสพติด	ประเทศ	เด็ก	หนู	จะ	แบบนี้	ซื้อ
word_sentiment_4	สส	การแพทย์	ขาย	เค้า	ท่าน	ควบคุม	เขต	ชอบ	ไทย	สูบ
word_sentiment_5	เย	ช	Great	ทิม	ดีมาก	สะดุด	สู้	อนาคต	แน่นอน	หนู

(1 means very low and 5 means very high score), employing LDA for topic modeling when the predicted label is neutral to get deeper insight detail, and creating Word Cloud to list the most top ten common words, while K- Means help to cluster on RoBERTa score on 3 dimensions including roberta_pos, roberta_neu and roberta_neg.

2.1 Extract Comments from Tweets and ROBERTa on Tweet Topic

The data is collected from the Octoparse including 3634 comments and 85 tweet topics various times between 2019-2024 by filtering the interested year and comments on tweet topics must greater than 5 to collect data efficiency, after apply filtering, the tweet topics are selected

manually until it reaches all the available topics, considering after processing RobBERTa, we receive 5 positive tweet topics, 52 neutral tweet topics and 32 negative tweet topics or 5.6% , 58.4% , 36.0% respectively.

2.2 NLP Processing on Tweet Comments

2.2.1 Predicted and Context Label

All of the comments are translated to the English language and process separately, one goes to the gemini model to predict score and context label. This returns into json format and later to dataframe. The predicted labels are giving 50.9%, 32.0%, 11.3%, 5.5% and 0.2% on scores 3, 2, 1, 4, 5 respectively. The response comment numbers on each tweet topic type are taken into account giving 55.9% on neutral tweets, 39.4% on negative tweets and 4.7% on positive tweets. In addition to visualizing how people respond to each tweet topic type, the percentage of predicted label and tweet types are plotted in Fig. 2 left, the results are 10.4 - 12.5% very negative, 31.0 - 44.7% negative, 41.2 - 52.6% neutral, 1.8 - 6.9% positive and 0-0.4% very positive on tweets. Furthermore, the sentiment trends over time are illustrated in Fig. 2 right, the Kernel Density Estimation (KDE) is used. When comparing negative, neutral, and positive tweets with levels of hate speech, harassment, sexual, and danger content it was found that the percentages were 33-35% , 31- 33% , 21- 23% , and 7- 11% , respectively.

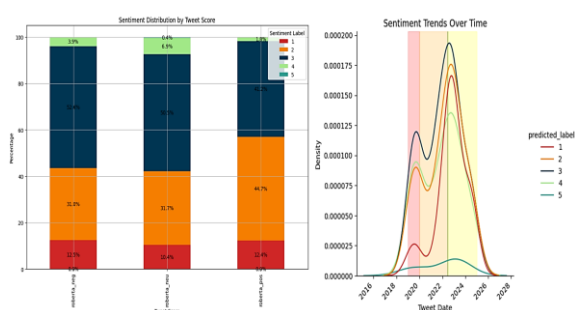


Fig.2: The visualization on how people respond to each tweet topic type (left) and the sentiment trends over time (right)

2.2.2 LDA and Word Cloud on Predicted Label

Considering that the most top 10 frequent words appear in tweet comments based on predicted labels are shown in Table 1 and Table 2 for the top 11 - 20 frequent words. Thai tweets comments are cleaned and preprocessed to remove stop words using `thai_stopwords` on `pythainlp` [15] (common words like “พี่จะ”, “ที่ใด”, “ฟัง”) and punctuations (e.g. comma, period, question mark and others) for all relative predicted label. While Gensim LDA model [16] method is considered to show the topic clusters, beside the relative predicted label on word cloud (word sentiment 1 - word sentiment 5) and the other one is unspecific, so totally 5 clusters or 5 number of topics are chosen to be compared beside the context label based on pre-processing on Thai tweets comments given $\lambda = 0.3$ since the lambda in the range of 0.3 to 0.6 is required [17]. The result of clusters density showed 73.3%, 23%, 1.5%, 1.2% and 1% of token words (e.g. cluster 0 is 73.3% and cluster 1 is 23%) and classify the noun, verb and emotion words using the gemini model, shown on Table 3.

Table 3: The LDA topic model clustering and classify noun, verb and emotions

index	Nouns	Verbs	Emotions
Cluster 0	กฎหมาย, กฎ, ที่, ร้าน, หัว, เมือง, เดิม, รัฐ	อยู่, ขาย, ปลุก, ตาม, สืบ, หมาย, ไว้, รับ, ผิดชอบ, ปลด, ควบคุม, ใต้, เชื้อ, ล้อค, หา, เสีย, ฟัง, คุม, ตั้ง	นะ, แหะ, รี
Cluster 1	ละคร, หนูผี, แม่, รุ่ง, แลนด์, เกม, ความ, นำ, เชื้อ, ถือ, สัตว์, รด, นายใหญ่, เศรษฐกิจ, ละ, เน้น, เสีย	รัก, แลก, กลับ, ไป, กลับ, มา, ขอม, รับ, เตือน, ร้อน, พลิก, ลื่น, เสีย, ต่อ, ด้าน, ปา, เอา, ใจ, เชื้อ, ถือ	เตือน, ร้อน, แม่, รุ่ง
Cluster 2	ตัว, กากี, นึ่ง, เด, หก, Marijuana, พืช, วิทยา, มีม, กอล์ฟ	ถอน, ฟ้อง, ตลก, เข้ม, แกร์, เสีย, ควบคุม, เป้, ปลิ้น, กสิ	ระ, ซ้ำ, อื้อ, อื้อ, 5555555555, นำ, สม, เพช, ไร่, คา, ญ, แม่, เชื้อ, ได้
Cluster 3	รูป, ความ, ต้องการ, ร่าง, หอย, ลำ, สิ่ง	จำ, เคลียร์, เห็น, ดี, เห็น, งาม, รับ, ฟัง	โหด, เหลือ, เจ็บ, เศษ
Cluster 4	ความ, เสีย, การ, ลง, ทุน, สนาม, กอล์ฟ, ผู้, ลง, ทุน, เขา, ใหญ่, คอน, ร้าน, อาหาร, ปาน	ลงทุน, เสด, เทร่, ชาติ, ไซ้, อ้อ, ครอบ, บัด, เตะ, แทร่, say, ฟัง, ฟิน, าศ, กลับ, กลอก, กลบ, วิเคราะห์	อี, กรัก, กั, กรัก, ก, เด็ก, หม, อี

2.2.3 K-Means on RoBERTa

K-means clustering can automatically group data and its efficiency can be improved if we know the exact number of clusters. The clustering process utilizes cluster centroids by calculating the minimum distance between the cluster centroid and the data points. Subsequently, the cluster centroid is updated to the mean position of all nearby data points, and this process is repeated until the cluster centroids converge to their optimal positions. By employing the elbow and silhouette methods to determine the optimal number of clusters. The plot often resembles an arm, with a distinct "elbow" where the curve bends sharply, and also used to avoid overfitting or underfitting. It was found that three clusters yielded the best results. The interpretation of each

cluster is as follows: Cluster 0 likely represents primarily negative sentiments, accounting for 53.6% of the data. Cluster 1 may indicate a mix of sentiments with a slight positive leaning, comprising 35.9% of the data. Cluster 2 is likely to represent primarily positive sentiments, making up 10.5% of the data, illustrated in Fig.3.

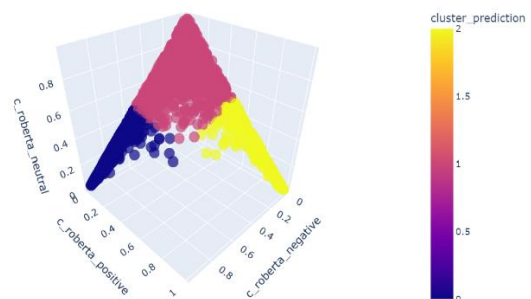


Fig.3: The visualization on cluster prediction on RoBERTa results

3. Summary and Discussion

A sentiment Analysis of public opinion on Thailand's cannabis legalization reveals a predominantly negative attitude. Many Thai citizens still view cannabis as a drug rather than a potentially beneficial substance, like for medical use. This negative perception becomes more intense when linked to political issues, particularly corruption. Fig.2 on the right shows that as cannabis legalization gained traction, so did the intensity of opposition. Most comments, regardless of the news angle, leaned towards neutral or negative. Additionally, the majority of comments expressed hate or threats rather than concerns about danger or sexual content. This study confirms the results of Study [18], showing that negative opinions are becoming more common each year, while positive opinions are becoming less frequent. Interestingly, while the distribution of news articles wasn't perfectly balanced (with more neutral news than negative or positive) , the number of comments for each type of news was fairly similar. However, there was a significant disparity in the level of agreement. A small minority of people expressed support for legalization, while most comments were negative, often targeting political parties and their credibility, as well as concerns about societal impacts, especially on children. Those in favor often cited medical and recreational uses. We understand that cannabis can be beneficial when used appropriately, and it can also stimulate both household and medical economies. The government should strictly define the scope of use for each gender and age group, based on the results of LDA and Word Cloud

analysis. These analyses reveal that the public is primarily concerned about the recreational use of cannabis and fears that uninformed children may misuse it. However, cannabis legalization policies can also be a political tool, with opponents of a particular party expressing their dissent through political comments. Therefore, to foster greater public consensus and reduce conflict, we should prioritize addressing the societal impacts of cannabis, particularly on children, before fully legalizing it. This approach would allow us to focus on the benefits of cannabis while mitigating potential negative consequences. When analyzing the language used in these comments, only a small percentage contained explicit insults or threats. Most negative comments were more subtle, like using the term 'หุญ' (a slang term often used disparagingly towards those who support legalization). Neutral comments were most prevalent for both negative and neutral news, while positive news received a relatively higher proportion of negative comments, as shown in Fig. 2 on the left. Using K- Means clustering with RoBERTa, we identified three main clusters. This analysis provides strong evidence that a majority of comments were against cannabis legalization. A significant portion expressed a mix of negative and neutral sentiments, while genuine support was relatively rare. However, the K-Means clustering with RoBERTa model can only group the sentiments of individual tweets. To gain deeper insights into the social and cultural factors influencing opinions based on location, it would be beneficial to understand how negative or positive

sentiments are distributed across different regions of Thailand. This would enable us to mitigate negative impacts or foster understanding in specific areas.

In future research, given that Twitter data may not represent the viewpoints of all population segments and we cannot always accurately collect the locations of commenters, utilizing more diverse datasets would yield more robust results. By incorporating data on gender, age, residential location, occupation, and other relevant factors, we can more precisely address the underlying causes and better comprehend the relationships between positive, neutral, and negative sentiments.

References

- [1] (2024, May 13). “Marijuana ในเจ็อมมือรัฐ คีน "กัญชา" กลับสู่บัญชียาเสพติด”: Thai PBS <https://www.thaipbs.or.th/news/content/339943>
- [2] (2024, March 1). “กัญชาเสรีไทยใกล้ถึงจุดจบหรือไม่ เมื่อรัฐบาลประกาศตั้งเป้าหมายใช้เพื่อ “สันติภาพการ” ภายในสิ้นปี 2567”: BBC NEWS ไทย <https://www.bbc.com/thai/articles/cn4lymm38myo>
- [3] (2022, Dec 05). “ร่าง พ.ร.บ.กัญชา: ส่งมาตรการควบคุมกัญชาหลังถูกปลดจากบัญชียาเสพติด”: iLaw <https://www.ilaw.or.th/articles/5534>
- [4] (2024, Jul 04). “อดีต บัณฑิต อนาคต นโยบายกัญชา”: Thai PBS Policy Watch <https://policywatch.thaipbs.or.th/article/life-43>
- [5] (2023, May 26). “ข้อรอก “กัญชา” จากปลดล็อก สู่ MOU กลับเป็นยาเสพติด”: The Active Thai PBS <https://theactive.net/read/timelines-of-cannabis/>
- [6] (2021, Mar 10). “กัญชา - กัญชง เรียบเรียงใหม่ ไลน์ อ่านง่าย สมายสมอง (2564)”: Growcery <https://theactive.net/read/timelines-of-cannabis/>
- [7] Adoma, A. F., Henry, N. M., & Chen, W. (2020, December). Comparative analyses of bert, roberta, distilbert, and xlnet for text- based emotion recognition. In 2020 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP) (pp. 117-121). IEEE.
- [8] Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. Journal of machine Learning research, 3(Jan), 993-1022.
- [9] Zul, M. I., Yulia, F., & Nurmalasari, D. (2018, October). Social media sentiment analysis using K-means and naïve bayes algorithm. In 2018 2nd International conference on electrical engineering and informatics (ICon EEI) (pp. 24-29). IEEE.
- [10] Iparraguirre-Villanueva, O., Guevara-Ponce, V., Sierra-Liñan, F., Beltozar-Clemente, S., & Cabanillas-Carbonel, M. (2022). Sentiment analysis of tweets using unsupervised learning techniques and the k-means algorithm.
- [11] Kabir, A. I., Ahmed, K., & Karim, R. (2020). Word cloud and sentiment analysis of Amazon earphones reviews with R programming language. Informatica Economica, 24(4), 55-71.

- [12] Buscemi, A., & Proverbio, D. (2024). Chatgpt vs gemini vs llama on multilingual sentiment analysis. arXiv preprint arXiv:2402.01715.
- [13] Shi, C., Wei, B., Wei, S., Wang, W., Liu, H., & Liu, J. (2021). A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm. EURASIP journal on wireless communications and networking, 2021, 1-16.
- [14] Almaqbali, I. S. H., Al Khufairi, F. M. A., Khan, M. S., Bhat, A. Z., & Ahmed, I. (2019). Web scrapping: Data extraction from websites. Journal of Student Research.
- [15] Phatthiyaphaibun, W., Chaovavanich, K., Polpanumas, C., Suriyawongkul, A., Lowphansirikul, L., Chormai, P., ... & Udomcharoenchaikit, C. (2023). Pythainlp: Thai natural language processing in python. arXiv preprint arXiv:2312.04649.
- [16] Tijare, P., & Rani, P. J. (2020, December). Exploring popular topic models. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1706, No. 1, p. 012171). IOP Publishing.
- [17] Sievert, C., & Shirley, K. (2014, June). LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics. In Proceedings of the workshop on interactive language learning, visualization, and interfaces (pp. 63-70).
- [18] Lerksuthirat, T., Srisuma, S., Ongphiphadhanakul, B., & Kueanjinda, P. (2023). Sentiment and topic Modeling analysis on twitter reveals concerns over cannabis- containing food after cannabis legalization in Thailand. Healthcare Informatics Research, 29(3), 269-279.
- [19] Charoensakulchai, S., Onwan, M., Kanchanasurakit, S., Flaherty, G., & Matsee, W. (2024). Recreational substance use among international travellers. Journal of travel medicine, 31(4).
- [20] Lamy, F. R., & Meemon, N. (2024). Exploring Twitter chatter to assess the type and availability of cannabis-related products in Thailand. Journal of ethnicity in substance abuse, 1-21.

Authors' Biography



Smith Tripornkanokrat, bachelor's degree in Computer Engineering from the Institute of Music, Science, and Engineering at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Currently, works at

WeStride as a data mentor, focusing on data science, data engineering, and data analytics. My research interests include sound, acoustics, and sentiment analysis applied to machine learning and deep learning techniques.



Nuttachai Kulthammanit, bachelor's and master's degree in Computer Engineering from Chulalongkorn University. He currently works in the Department of Computer Engineering, at Southeast

Asia University. His interests include microservice architecture and API design.



Ketsarin Boonkanit holds a bachelor's degree and a master's degree in Business Administration from Kasem Bundit University and Ramkhamhaeng University, respectively. She is currently

employed as an Assistant Marketing Manager at Dyno Paint Co., Ltd and is also affiliated with WeStride Institute of Technology. Prior to this, Ketsarin worked as a Marketing Key Account at Animal Food Bearing (Thailand) Co., Ltd., and as a Senior Sales Professional at Diethelm Co., Ltd.



Veerachai Suwatvanich, bachelor's degree in Accounting- Finance from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. He currently works as a Financial Controller at

Indian Ocean Tuna (IOT) and is also affiliated with WeStride Institute of Technology. His interests include deep learning, prompt engineering, RPA, and Fintech and Insurtech.

การศึกษาการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม The study of product quality surveillance by the Thai Industrial Standards Institute in disaster situations

เจนวิทย์ พรหมสัมช่า*, ศักดิ์ชาย รักการ และ พจนีย์ ศรีวิเชียร

Janewit Promsomsa*, Sakchai Rakkarn and Podchane Sriwichian

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน : pjanewit35@gmail.com

วันที่รับบทความ: 18 กันยายน 2567 / วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1: 4 พฤศจิกายน 2567 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 7 ธันวาคม 2567

วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2: 30 พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในสถานการณ์ภัยพิบัติ เพื่อกำหนดแนวทางและวิธีการที่ชัดเจนในการตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตเมื่อเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ ขึ้น ด้วยสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดอย่างสถานการณ์โควิด - 19 หรือสถานการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ ส่งผลให้พนักงานเจ้าหน้าที่ไม่สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้ตามแผนที่ตั้งไว้ จากข้อมูลปี 2564 มีผู้ได้รับใบอนุญาต จำนวน 416 ราย ซึ่งสามารถตรวจติดตามได้จริงเพียง 78 ราย คิดเป็น 18.75% อาจทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานเกิดขึ้น โดยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาด้วยเครื่องมือเส้นทางการเดินทางของลูกค้า (Customer Journey) พบว่า ไม่มีขั้นตอนหรือแบบแผนที่ชัดเจน ทำให้พนักงานเจ้าหน้าที่ไม่สามารถตรวจติดตามได้ จึงเป็นที่มาของการแก้ไขปรับปรุงขั้นตอนการตรวจติดตาม ผู้ศึกษาได้ให้หลักการเสนอแบบขั้นตอนการตรวจติดตามกรณีเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ ใหม่ขึ้น และนำโปรแกรม Google AppSheet มาสร้างประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลลัพธ์จากการนำโปรแกรมมาศึกษาใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้จำนวนเพิ่มมากขึ้นกว่าการตรวจติดตามแบบเดิม โดยแผนของกองตรวจการมาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 มีทั้งหมด 416 ราย ซึ่งจากการเก็บข้อมูลใน 3 เดือน ที่ผู้ศึกษาได้ศึกษา สามารถตรวจติดตามได้จำนวน 122 ราย เป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ ส่งผลให้สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้เพิ่มมากขึ้น 40.98% มีแนวโน้มอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น และทำให้งบประมาณที่ใช้ในการตรวจติดตามภายหลังปรับเปลี่ยนกระบวนการ สามารถลดลงประมาณลง 164,300 บาท คิดเป็น 73.37% เหลือลดลงเดือนละ 54,767 บาท ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ : การตรวจติดตาม, สถานการณ์ภัยพิบัติ, การพัฒนาโปรแกรม, การปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน

Abstract This research focuses on studying the product quality surveillance conducted by the Thai Industrial Standards Institute during disaster situations. Its objective is to establish clear guidelines and methods for monitoring licensed parties when unexpected disasters occur, such as the severe outbreak of COVID-19, which created obstacles in following the planned inspection processes. Data from 2021 indicates that out of 416 licensed parties, only 78 were monitored, accounting for 18.75%, potentially leading to products that do not meet the required standards. The analysis highlights the identification of obstacles by using the 'Customer Journey' tool, which revealed missing steps or frameworks, resulting in ineffective monitoring. The proposed solution is the development of a surveillance program utilizing online communication platforms that allow inspections to continue during abnormal circumstances. The Google AppSheet program was adopted to enhance the efficiency of surveillance and align with the updated workflow. A three-month trial demonstrated that the revised monitoring process significantly improved efficiency, allowing the monitoring of 122 parties out of 416, which accounts for 40.98% and the monitoring budget has been reduced by 164,300 baht, equivalent to 73.37%, with an average monthly decrease of 54,767 baht, demonstrating economic efficiency

Keywords: Surveillance, Disaster situation, Program development, Work flow improvements

1. บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่จำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคมีหลากหลายชนิด ทั้งที่ผลิตในประเทศหรือนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบางประเภทอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจของประเทศ จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล่านั้น โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เป็นหน่วยงานหลักในการดำเนินงานด้านการมาตรฐานของประเทศไทย มีภารกิจหลักในการคุ้มครองอุตสาหกรรมภายในประเทศ และการคุ้มครองผู้บริโภคให้ได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศ และการควบคุมผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทั้งที่ผลิตในประเทศและที่นำเข้าจากต่างประเทศให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งกองตรวจการมาตรฐานจะดำเนินการตรวจติดตาม

ภายหลังการอนุญาตตามที่กำหนดในหลักเกณฑ์และวิธีการในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต [1], [2]

จากข้อมูลของกองตรวจติดตามมาตรฐาน 3 กลุ่มที่ 5 ที่นำมาศึกษา ซึ่งรับผิดชอบตรวจติดตามกลุ่มผลิตภัณฑ์สีและวาร์นิช ท่อ และเครื่องเรือน หากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เมื่อนำไปใช้อาจเป็นเหตุให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิต ร่างกายหรือสุขภาพ รวมถึงความเชื่อมั่นของประชาชน จึงเป็นที่มาในการนำปัญหาการตรวจติดตามในสถานการณ์ภัยพิบัติมาศึกษา และแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่งในปัจจุบันมีการตรวจติดตามเป็นประจำทุกปี แต่เนื่องด้วยสถานการณ์โควิด - 19 ที่เกิดขึ้น ทำให้การตรวจติดตามประจำปีไม่เป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ พนักงานเจ้าหน้าที่ไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบคุณภาพที่โรงงานหรือสถานที่เก็บผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้การดำเนินการในปีที่ผ่านมาต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยแผนที่ตั้งไว้มีผู้ได้รับใบอนุญาต จำนวน 416 ราย

ซึ่งสามารถตรวจติดตามได้จริงเพียง 78 ราย ในช่วงสถานการณ์โควิด - 19 จึงเป็นปัญหาที่มาของการศึกษาในครั้งนี้

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้นำแนวคิดหลักการบริหารแบบลีนมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาขั้นตอนที่ชัดเจนในการดำเนินการตรวจติดตามกรณีที่มีสถานการณ์ภัยพิบัติเกิดขึ้น ทำให้การทำงานให้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น ดำเนินงานได้อย่างราบรื่นไม่มีสะดุดและศึกษาการออกแบบพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อจัดการฐานข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า การบริหารจัดการที่มีความพร้อมและเป็นขั้นตอนอย่างมีระบบจะมีส่วนช่วยให้ดำเนินการอย่างรวดเร็ว ถูกต้องและปลอดภัย และการนำเทคโนโลยีสารสนเทศหรือแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้สามารถช่วยจัดการฐานข้อมูล และพัฒนาให้มีการแจ้งเตือนข้อมูลให้เป็นปัจจุบันได้ ส่งผลให้ลดความล่าช้าในการค้นหาหรือเรียกดูข้อมูลต่าง ๆ [3] - [9]

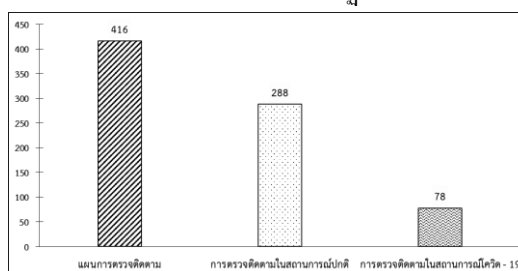
ดังนั้นในการศึกษากครั้งนี้จะศึกษาปัญหาการตรวจติดตามในสถานการณ์ภัยพิบัติ ที่สามารถดำเนินการได้เพียง 18.75% กับสถานการณ์โควิด - 19 ที่ผ่านมา โดยจะประยุกต์ใช้หลักการและทฤษฎีในการจัดการงานวิศวกรรมเข้ามาแก้ปัญหา และกำหนดแนวทางที่กล่าวจะสามารถกำหนดแนวทางวิธีการแก้ปัญหาการตรวจติดตามในสถานการณ์ภัยพิบัติของสำนักงานต่อไป โดยตั้งเป้าตรวจติดตามในสถานการณ์ภัยพิบัติได้ใกล้เคียงสถานการณ์ปกติ เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และสามารถตรวจติดตามได้ตามแผนที่กำหนดไว้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษาสภาพปัญหา

การศึกษากครั้งนี้ได้นำสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตรวจติดตามของกลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 มาเป็นกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้








- 1) เมื่อมีสถานการณ์โควิด - 19 เกิดขึ้น ทำให้สามารถดำเนินการตรวจติดตามผู้ที่ได้รับใบอนุญาตผลิตภัณฑ์ของกลุ่มได้เพียง 78 ราย จากผู้ที่ได้รับใบอนุญาตทั้งหมด 416 ราย คิดเป็น 18.75%ของผู้ที่ได้รับใบอนุญาตผลิตภัณฑ์ของกลุ่มทั้งหมด และการตรวจติดตามสถานการณ์โควิด - 19 ลดลงจากสถานการณ์ปกติ 72.92%
- 2) เนื่องจากปัจจุบันมีขั้นตอนการตรวจติดตามดังรูปที่ 1 แต่เมื่อมีสถานการณ์โควิด - 19 เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถตรวจติดตามได้ตามขั้นตอนเดิมที่กำหนดไว้ และยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนในการปฏิบัติงาน



รูปที่ 1 การดำเนินงานช่วงสถานการณ์โควิด - 19

2.2 การวิเคราะห์ปัญหา

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตรวจติดตามของกลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 ผู้ศึกษาจึงได้นำหลักการ Customer Journey มาประยุกต์ใช้ [10] โดยนำหลักการวิเคราะห์กิจกรรมการตรวจติดตามตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการเพื่อให้เห็นภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนการตรวจติดตาม เพื่อวิเคราะห์หาปัญหาที่เกิดขึ้นว่าปัญหาเกิดจากขั้นตอนใด ดังรูปที่ 2

TISI การตรวจติดตามผู้ที่ได้รับใบอนุญาตของกลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5				
การเดินทางของลูกค้า	กำหนดแผนการตรวจติดตาม	เตรียมข้อมูลก่อนเข้าตรวจติดตาม	แจ้งกำหนดการการตรวจติดตาม	เข้าตรวจติดตามที่สถานที่ผลิตหรือสถานที่เก็บ
กิจกรรม	วางแผนการตรวจติดตาม	เตรียมข้อมูล เอกสาร	ติดต่อประสานงานกับผู้ใช้ใบอนุญาต	เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์
ความพึงพอใจมาก				
ปานกลาง				
น้อย				
สิ่งที่เกิดขึ้น	มีแผนการตรวจติดตาม	ข้อมูลไม่เพียงพอ เอกสารเยอะเกินไป	ผู้ได้รับใบอนุญาตบางรายติดต่อได้ยาก	ไม่สามารถเข้าตรวจติดตามเพื่อเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้
สิ่งที่คาดหวัง	สามารถวางแผนการตรวจติดตามได้ทุกราย	ข้อมูลเพียงพอ เอกสารน้อยลง	มีหลายช่องทางการติดต่อ เช่น โทรศัพท์, E-mail, Line	เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้

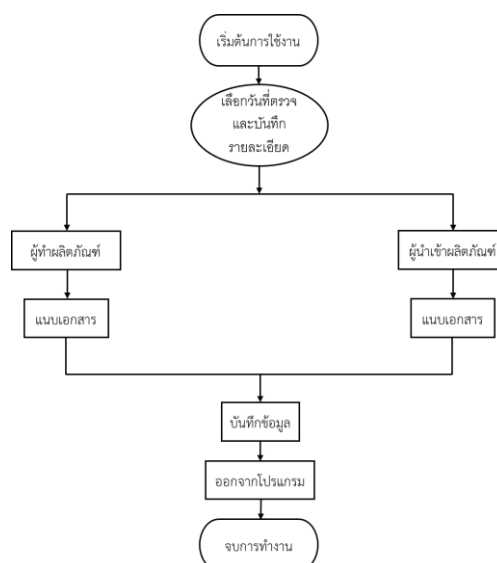
รูปที่ 2 ภาพ Customer Journey วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ด้วยสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดอย่างสถานการณ์โควิด - 19 หรือสถานการณ์ภัยพิบัติต่าง ๆ ส่งผลให้พนักงานเจ้าหน้าที่ไม่สามารถตรวจติดตามผู้ที่ได้รับใบอนุญาตได้ตามแผนที่ตั้งไว้ คือ มีผู้ที่ได้รับใบอนุญาตหลายรายที่ไม่ได้ถูกตรวจควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ อาจทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานเกิดขึ้น เนื่องจากไม่ได้มีการกำกับดูแลจากสำนักงาน และด้วยสาเหตุที่ไม่มีการขึ้นตอนหรือแบบแผนที่ชัดเจน ทำให้พนักงานเจ้าหน้าที่ไม่สามารถตรวจติดตามได้ เพราะฉะนั้นควรมีการสร้างแนวทางการตรวจติดตามในกรณีที่เกิดสถานการณ์ภัยพิบัติเกิดขึ้น เพื่อให้เกิดการแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว และพนักงานเจ้าหน้าที่จะได้ปฏิบัติไปให้ทิศทางเดียวกัน

2.3 การดำเนินการแก้ไขด้านการปฏิบัติงาน

จากการกำหนดแนวทางการดำเนินการตรวจติดตาม ผู้ศึกษาได้จัดทำโปรแกรม Google AppSheet เพื่อพัฒนากระบวนการตรวจติดตาม การสื่อสารการบันทึกข้อมูล การประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ใช้ใบอนุญาต ให้เกิดการจัดเก็บฐานข้อมูลที่ดี และลดข้อผิดพลาดในการตรวจติดตามของกองตรวจการมาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 โดยการออกแบบการทำงาน ได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

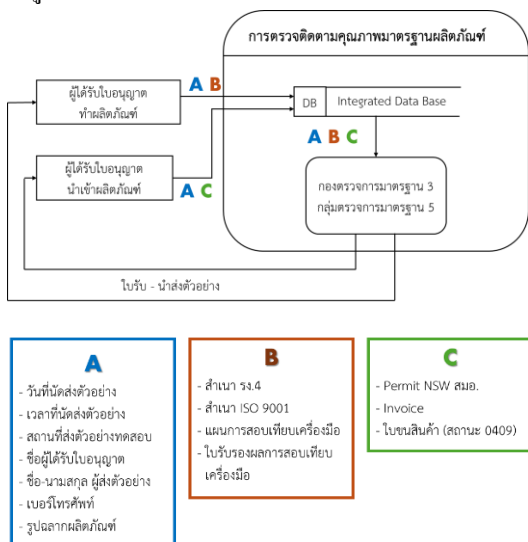
1) ออกแบบการบันทึกข้อมูล ส่วนประสานงานระหว่างผู้ได้รับใบอนุญาตกับเจ้าหน้าที่ โดยออกแบบให้ผู้ใช้ได้รับใบอนุญาตสามารถเข้าถึงการตรวจติดตามได้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยให้ผู้ใช้ได้รับใบอนุญาตสามารถกรอกข้อมูลพร้อมแนบเอกสารต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการตรวจติดตามได้ง่าย ซึ่งขั้นตอนการจัดส่งข้อมูลและเอกสาร ผู้ได้รับใบอนุญาตจะบันทึกข้อมูลผ่านโปรแกรม Google AppSheet ที่ได้ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนของผู้ได้รับใบอนุญาต

จากรูปที่ 3 เป็นขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมสำหรับผู้ได้รับใบอนุญาต โดยเริ่มจากที่ผู้ได้รับใบอนุญาตเข้าสู่โปรแกรม เพื่อเลือกวันที่ต้องการให้เจ้าหน้าที่ตรวจติดตามและบันทึกข้อมูลตามที่ระบุไว้ในโปรแกรม โดยผู้ทำผลิตภัณฑ์ภายในประเทศและผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศจะแนบเอกสารที่แตกต่างกัน จากนั้นกดบันทึกข้อมูลเพื่อจบการทำงานของโปรแกรม

2) ออกแบบให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจติดตามได้สะดวกและง่ายขึ้น โดยสามารถเรียกดูข้อมูลและเอกสารต่าง ๆ จากที่ผู้ได้รับใบอนุญาตบันทึกข้อมูลผ่านโปรแกรม Google AppSheet และข้อมูลที่ถูกบันทึกในโปรแกรม สามารถจัดทำเป็นฐานข้อมูลการตรวจติดตามของกองตรวจการมาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 ได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กระแสข้อมูลการตรวจติดตามของกองตรวจการ

มาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 (Data Flow

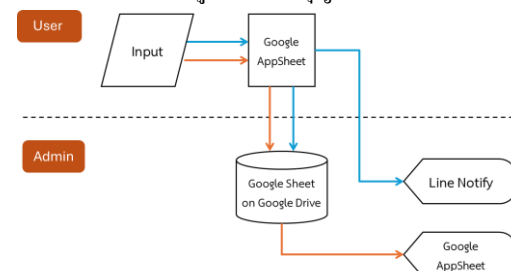
Diagram: DFD)

จากรูปที่ 4 เป็นกระแสข้อมูลการตรวจติดตามของกองตรวจการมาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 โดยเริ่มจากข้อมูลจากผู้ได้รับใบอนุญาต ซึ่งกรณีผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ทำภายในประเทศจะบันทึกข้อมูล A

ได้แก่ วันที่จัดส่งตัวอย่าง เวลาที่จัดส่งตัวอย่าง สถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบ ชื่อผู้ได้รับใบอนุญาต ชื่อ-นามสกุล ผู้ส่งตัวอย่าง เบอร์โทรศัพท์ และรูปถ่ายผลิตภัณฑ์ และแนบเอกสารข้อมูล B ได้แก่ สำเนา ร.4 สำเนา ISO 9001 แผนการสอบเทียบเครื่องมือ และใบรับรองผลการสอบเทียบเครื่องมือ ส่วนกรณีผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศจะบันทึกข้อมูล A เช่นเดียวกันกับผู้ทำ และจะแนบเอกสารข้อมูล C ได้แก่ Permit NSW สมอ. Invoice และใบขนสินค้า (สถานะ 0409) จากนั้นข้อมูลที่บันทึกโดยผู้ได้รับใบอนุญาตจะถูกส่งไปยังฐานข้อมูล และข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปยังกลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกใบรับ-นำส่งตัวอย่างให้กับผู้ได้รับใบอนุญาต

2.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Google AppSheet เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ทางผู้ศึกษาได้เลือกใช้โปรแกรม Google AppSheet ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ เนื่องจากโปรแกรม Google AppSheet เป็นเครื่องมือสร้างแอปพลิเคชันที่สามารถทำได้ง่ายและเหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นใช้โปรแกรม โดยโปรแกรม Google AppSheet สามารถรองรับได้ทั้งคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์ โดยสามารถช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับการตรวจติดตามและลดเวลาการประสานงานกับผู้ได้รับใบอนุญาต



รูปที่ 5 ข้อมูลการออกแบบการทำงานของโปรแกรม Google AppSheet เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 5 พบว่า การทำงานของโปรแกรม Google AppSheet ที่ผู้ศึกษาได้ออกแบบขึ้นมา โดยเริ่มจากกำหนดความต้องการข้อมูลที่ใช้สำหรับการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลที่ต้องการดังกล่าวจะถูกนำมาใส่ใน Google Sheet เพื่อนำไปสร้างในโปรแกรม Google AppSheet ต่อไป

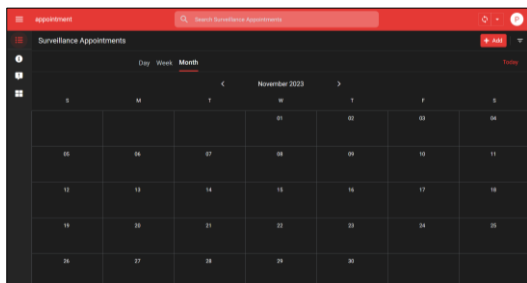
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การออกแบบโปรแกรมสำหรับผู้ได้รับใบอนุญาต

มีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1) เข้าสู่หน้าจอโปรแกรมการตรวจติดตาม ซึ่งผู้ได้รับใบอนุญาตจะได้รับลิงก์จากอีเมล โดยโปรแกรมจะแสดงหน้าจอปฏิทินขึ้นมา จากนั้นเลือกเครื่องหมายบวกหรือ Add เพื่อกรอกข้อมูลหน้าถัดไป

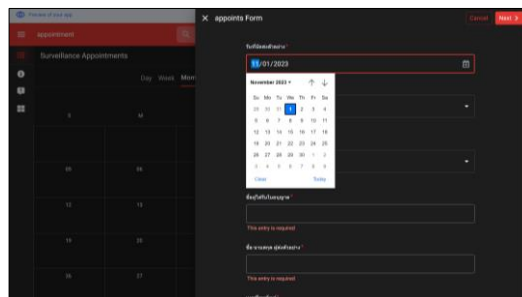
2) เมื่อผู้ได้รับใบอนุญาตเลือกเครื่องหมายบวกหรือ Add เรียบร้อยแล้ว หน้าจอจะแสดงหน้าถัดไปให้ผู้ได้รับใบอนุญาตกรอกข้อมูลสำหรับการตรวจติดตาม ได้แก่ วันที่นัดส่งตัวอย่าง เวลาที่นัดส่งตัวอย่าง สถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบ ชื่อผู้ได้รับใบอนุญาต ชื่อ - นามสกุลของผู้ส่งตัวอย่าง เบอร์โทรศัพท์ และรูปฉลากผลิตภัณฑ์ โดยผู้ได้รับใบอนุญาตต้องกรอกข้อมูลให้ครบถ้วนถึงจะสามารถเลือก Next เพื่อกรอกข้อมูลในหน้าถัดไปได้ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลเริ่มต้นโปรแกรมการตรวจติดตามบนคอมพิวเตอร์

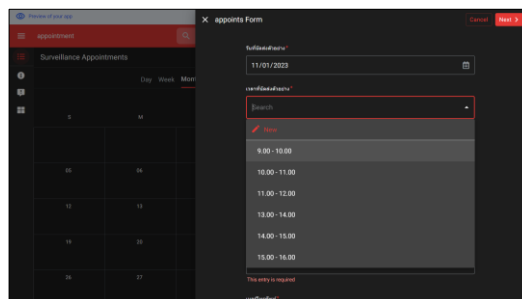
3) วันที่นัดส่งตัวอย่าง ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตเลือกที่สัญลักษณ์รูปปฏิทิน ระบบจะแสดงวันที่นัดส่ง

ตัวอย่าง เพื่อเลือกวันนัดส่งตัวอย่าง ระบบจะแสดงวันที่นัดส่งตัวอย่าง ดังรูปที่ 7



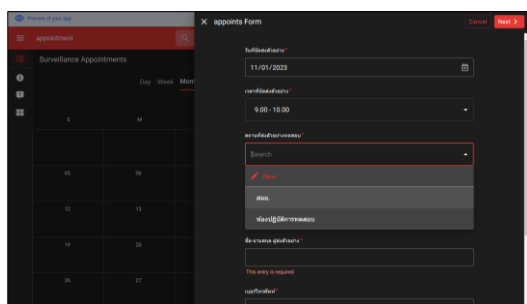
รูปที่ 7 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลวันที่นัดส่งตัวอย่างบนคอมพิวเตอร์

4) เวลาที่นัดส่งตัวอย่าง ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตเลือกที่รายชื่อแบบดึงลง (Drop-down list) เพื่อเลือกช่วงเวลาที่จะนัดส่งตัวอย่าง ซึ่งจะมีช่วงเวลาทั้งหมด 6 ช่วงเวลา หากต้องการเลือกช่วงเวลาใหม่อีกครั้งให้กดคำว่า Clear โดยช่วงเวลาที่มีผู้ได้รับใบอนุญาตรายอื่น ๆ เลือกนัดหมายแล้ว จะไม่สามารถเลือกได้อีก ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลเวลาที่นัดส่งตัวอย่างบนคอมพิวเตอร์

5) สถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบ ให้เลือกที่สัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม เพื่อเลือกสถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบ ซึ่งในระบบจะมี 2 สถานที่ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตเลือก คือ สมอ. (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) และห้องปฏิบัติการทดสอบ (Lab) หากต้องการเลือกสถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบใหม่อีกครั้งให้กดคำว่า Clear ดังรูปที่ 9

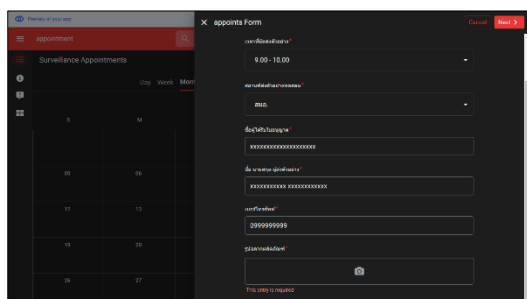


รูปที่ 9 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลสถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบบนคอมพิวเตอร์

6) ชื่อผู้ได้รับใบอนุญาต สามารถพิมพ์ข้อความลงในช่องว่าง

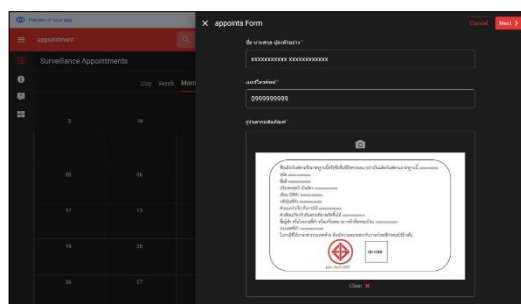
7) ชื่อ - นามสกุล ผู้ส่งตัวอย่าง สามารถพิมพ์ข้อความลงในช่องว่าง

8) เบอร์โทรศัพท์ สามารถพิมพ์หมายเลขโทรศัพท์ลงในช่องว่าง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลชื่อผู้ได้รับใบอนุญาต ชื่อ - นามสกุล ผู้ส่งตัวอย่าง เบอร์โทรศัพท์บนคอมพิวเตอร์

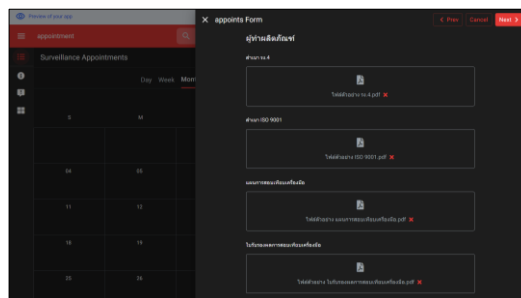
9) รูปฉลากผลิตภัณฑ์ ผู้ได้รับใบอนุญาตต้องแนบไฟล์รูปภาพฉลากของตัวอย่างที่จะนำมาส่งทดสอบคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยเลือกที่สัญลักษณ์รูปกล้อง เพื่อถ่ายภาพรูปฉลากผลิตภัณฑ์หรือสามารถเลือกรูปฉลากผลิตภัณฑ์ที่ถ่ายภาพไว้เรียบร้อยแล้วจากคลังภาพของผู้ได้รับใบอนุญาตได้ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลรูปฉลากผลิตภัณฑ์บนคอมพิวเตอร์

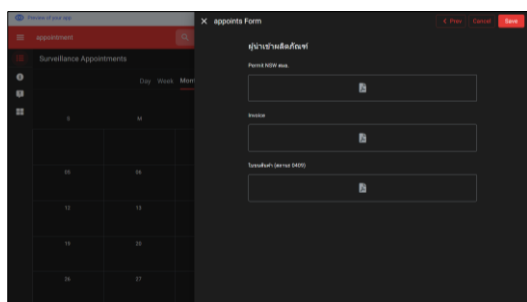
10) หลังจากกรอกข้อมูลพร้อมแนบรูปภาพครบถ้วนแล้ว ให้เลือก Next เพื่อกรอกข้อมูลในหน้าถัดไป ดังรูปที่ 11

11) กรณีผู้ทำผลิตภัณฑ์ สามารถแนบไฟล์เอกสารเพื่อให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลได้แก่ สำเนา ร.4 สำเนา ISO 9001 แผนการสอบเทียบเครื่องมือ และใบรับรองผลการสอบเทียบเครื่องมือ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลกรณีผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ทำผลิตภัณฑ์บนคอมพิวเตอร์

12) กรณีผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์ สามารถแนบไฟล์เอกสารเพื่อให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบข้อมูล ได้แก่ Permit NSW สมอ. Invoice และใบขนสินค้า (สถานะ 0409) ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลกรณีผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์บนคอมพิวเตอร์

13) หลังจากแนบไฟล์เอกสารแล้ว ให้เลือก Save เพื่อบันทึกข้อมูลในระบบ โปรแกรม Google AppSheet ข้อมูลทั้งหมดจะแสดงที่ฐานข้อมูลของเจ้าหน้าที่ภายในกองตรวจการมาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 และจะมีข้อความแจ้งเตือนไปที่ไลน์กลุ่ม Sv-G5 ผ่านระบบ LINE Notify ของเจ้าหน้าที่กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 เพื่อแจ้งเตือนให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับใบอนุญาตแจ้งนัดหมาย ดังรูปที่ 14 - 18

A	B	C	D	E	F	G
1	วันที่ส่งตัวอย่าง	เวลาที่ส่งตัวอย่าง	สถานที่ส่งตัวอย่างทดสอบ	ชื่อผู้ได้รับใบอนุญาต	ชื่อ-นามสกุล ผู้ส่งตัวอย่าง	เบอร์โทรศัพท์
2	1/11/2566	1 สบ.	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx	0999999999
3						appoints_images/2 รูปถ่ายผลิตภัณฑ์.161742.jpg
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

รูปที่ 14 หน้าจอแสดงผลฐานข้อมูลที่ได้รับใบอนุญาตบันทึกข้อมูลพร้อมแนบเอกสารใน Google Sheet บนคอมพิวเตอร์

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	ผู้แจ้งเข้าสํานัก	สำเนา รร.4	สำเนา ISO 9001	เอกสารขอขึ้น ใบรับรองการนำเข้าเข้าสํานัก Permit NSW doc Invoice				ใบรับสินค้า (สำเนา 0409)			
2	g			appoints_Files_/appoints_Files_/appoints_Files_/14 ใบรับรองการขอขึ้นทะเบียน.150734.pdf							
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

รูปที่ 15 หน้าจอแสดงผลฐานข้อมูลที่ได้รับใบอนุญาตบันทึกข้อมูลพร้อมแนบเอกสารใน Google Sheet บนคอมพิวเตอร์

AppSheet FREE

How to create an app Pricing Templates Blog My account

Here is a sample of the data read from table 'appoints'

Showing 1000 rows

_RowNumber [Number]	วันที่นัดหมาย [Date]	เวลา นัดหมาย [Ref]	สถานที่ นัดหมาย [Ref]	ชื่อผู้ได้รับใบอนุญาต [Name]	ชื่อ-นามสกุล ผู้ ส่งใบอนุญาต [Name]	เบอร์โทรศัพท์ [Text]	รูปถ่าย ใบอนุญาต [Image]	ผู้ทำ ใบอนุญาต [Show]	สำเนา ร.4 [File]
2	1/11/2566	1	สมอ.	xxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxx	0999999999			appoints_Files_/2.สำเนา ร.4.161742.4.pdf

Full size

รูปที่ 16 หน้าจอแสดงผลฐานข้อมูลที่ได้รับใบอนุญาตบันทึกข้อมูลพร้อมแนบเอกสารในโปรแกรม Google AppSheet บนคอมพิวเตอร์

AppSheet FREE

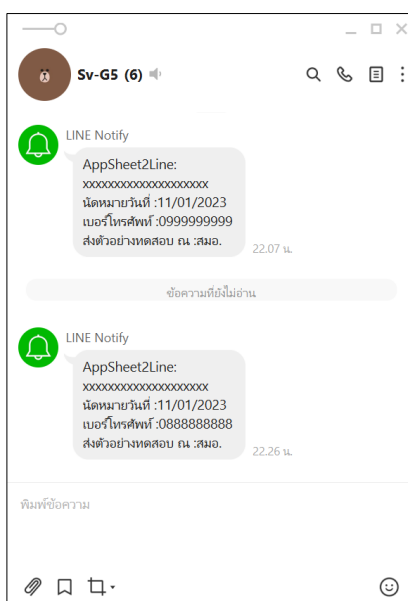
How to create an app Pricing Templates Blog My account

Here is a sample of the data read from table 'appoints'

Showing 1000 rows

ผู้ทำ ใบอนุญาต [Show]	สำเนา ร.4 [File]	สำเนา ISO 9001 [File]	แนบการสอบเทียบเครื่องมือ [File]	ใบรับรองผลการสอบเทียบ เครื่องมือ [File]	ผู้ทำ ใบอนุญาต [Show]	Permit NSW สมอ. [File]	Invoice [File]	ใบอนุญาต สินค้า (สถานะ 0409) [File]
	appoints_Files_/14.สำเนา ร.4.150729.4.pdf	appoints_Files_/14.สำเนา ISO 9001.150729.pdf	appoints_Files_/14.แนบการ สอบเทียบเครื่องมือ ร.4.150732.pdf	appoints_Files_/14.ใบรับ รองผลการสอบเทียบเครื่องมือ ร.4.150734.pdf				

รูปที่ 17 หน้าจอแสดงผลฐานข้อมูลที่ได้รับใบอนุญาตบันทึกข้อมูลพร้อมแนบเอกสารในโปรแกรม Google AppSheet บนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 18 หน้าจอแสดงผลการแจ้งเตือนการบันทึกข้อมูลของผู้ได้รับใบอนุญาตบนโทรศัพท์มือถือ

3.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการนำโปรแกรม Google AppSheet มาใช้งาน

การประเมินงบประมาณทำให้รู้ว่าการนำโปรแกรม Google AppSheet เข้ามาช่วยในการตรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์ช่วยลดงบประมาณขององค์กรกรณีศึกษาได้เป็นอย่างดี การวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากการปรับปรุงกระบวนการทำงานนี้พบว่า มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีผู้ใช้โปรแกรม (USER) มากกว่า 10 รายขึ้นไป โดยอัตราการเรียกเก็บเงินจากระบบ จะเรียกเก็บเงินจากผู้สร้างโปรแกรม \$10 USD (ประมาณ 350 บาท) ต่อผู้ใช้ในแต่ละเดือนตามจำนวนผู้ใช้โปรแกรม Google AppSheet ที่ได้รับอนุญาตแต่ละราย ในกรณีตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำมาเทียบกับค่าใช้จ่ายในการส่งเจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจติดตาม ณ สถานที่ผลิตหรือสถานที่เก็บผลิตภัณฑ์ อยู่ที่ครั้งละ 23,000 บาท (1 ครั้ง เดินทาง 5 วัน ตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาต 8 ราย) โดยส่วนใหญ่จะตรวจติดตามไม่เกินเดือนละ 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นอัตราที่ประมาณการจากแผนการตรวจต่อครั้ง โดยภายหลังการปรับปรุง ตรวจติดตามได้ 10 ราย ต่อ 5 วัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการตรวจประมาณ 3,500 บาท สามารถนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	จำนวนที่ตรวจติดตามได้ต่อ 5 วัน (ราย)	ค่าใช้จ่าย ต่อ 5 วัน (บาท)
ก่อนปรับปรุงกระบวนการ	8	23,000
หลังปรับปรุงกระบวนการ	10	3,500
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง		19,500

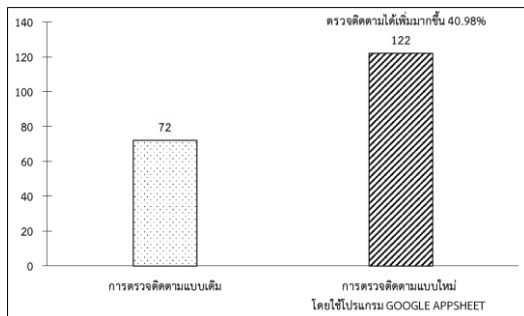
ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หลังปรับเปลี่ยนกระบวนการที่มีการนำโปรแกรม Google AppSheet มาใช้ในช่วงระยะเวลา 3 เดือน

รายการ	จำนวนที่ตรวจติดตามได้ (ราย)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ก่อนปรับปรุงกระบวนการ	72	207,000
หลังปรับปรุงกระบวนการ	122	42,700
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง		164,300

จากตารางที่ 2 พบว่า งบประมาณในการตรวจติดตามหลังปรับเปลี่ยนกระบวนการที่มีการนำโปรแกรม Google AppSheet มาใช้ในช่วงระยะเวลา 3 เดือนสามารถลดงบประมาณลง 164,300 บาท คิดเป็น 73.37% เหลือลดลงเดือนละ 54,767 บาท ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ข้อดีของการนำโปรแกรม Google AppSheet มาใช้ในกระบวนการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์คือ สามารถลดค่าใช้จ่ายในการตรวจติดตามขององค์กรกรณีศึกษาได้ และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างหน่วยงานภายนอกสร้างโปรแกรมได้อีกด้วย รวมทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ใช้ได้รับใบอนุญาต และลดข้อผิดพลาดในการติดต่อประสานงาน แต่หากมีผู้ใช้งานเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้การจัดเก็บฐานข้อมูลของโปรแกรม Google AppSheet ไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของโปรแกรมดังกล่าว ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ใช้ได้รับใบอนุญาต และลดข้อผิดพลาดในการติดต่อประสานงานกับผู้ใช้ได้รับใบอนุญาต

จากการใช้งานระบบโปรแกรม Google AppSheet สำหรับการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาในระยะเวลา 3 เดือน พบว่า สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้จำนวนเพิ่มมากขึ้นจากขั้นตอน

การตรวจติดตามแบบเดิม โดยมีผลการดำเนินการ คือ สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้จำนวนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการตรวจติดตามแบบเดิม ต้องใช้เวลาในการเดินทางและเข้าตรวจ หรือไม่สามารถเข้าตรวจได้ ทำให้สามารถตรวจได้อย่างมาก 2 รายต่อวัน แต่หากตรวจติดตามโดยใช้โปรแกรม Google AppSheet สามารถทำให้ตรวจติดตามได้อย่างมาก 6 รายต่อวัน โดยแผนของกองตรวจการมาตรฐาน 3 กลุ่มตรวจการมาตรฐาน 5 มีทั้งหมด 416 ราย ทำให้สามารถตรวจติดตามได้ตามแผนที่ตั้งไว้ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลใน 3 เดือนที่ผ่านมา ได้จำนวน 122 ราย ซึ่งเป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ของระยะเวลา 3 เดือนแรก ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 การเปรียบเทียบการตรวจติดตามแบบเดิมและแบบใหม่ในช่วง 3 เดือน

3.3 อภิปรายผล

1. การแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ระบบแจ้งเตือนนี้จะทำให้ผู้ตรวจสอบสามารถติดตามความคืบหน้าและรับการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ ลดปัญหาการขาดการสื่อสาร
2. การใช้เทคโนโลยี AppSheet ลดการพึ่งพาการประมวลผลแบบแมนนวล เช่น ระบบสามารถอัปเดตและประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ ทำให้ลดงานซ้ำซ้อนและความเสี่ยงจาก Human Error

4. สรุปผล

จากการศึกษาเรื่อง การศึกษาการตรวจติดตามคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในสถานการณ์ภัยพิบัติ โดยการนำโปรแกรม Google AppSheet มาประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตาม เพื่อให้สามารถประสานงานกับผู้ได้รับใบอนุญาตและลดเวลาในการตรวจติดตาม รวมทั้งยังสามารถจัดเก็บฐานข้อมูลสำหรับการตรวจติดตามได้ ซึ่งพบว่าผลการศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนกระบวนการการตรวจติดตาม ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้ถึงแม้จะเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติหรือสถานการณ์ที่ไม่สามารถทำให้เข้าตรวจติดตาม ณ สถานที่ผลิตและสถานที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ได้

2. นำโปรแกรม Google AppSheet มาประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตาม และออกแบบการไหลของข้อมูลด้วย Data Flow Diagram (DFD) ทำให้สามารถตรวจติดตามผู้ได้รับใบอนุญาตได้เพิ่มมากขึ้น 40.98% และสามารถนำมาเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจติดตามครั้งถัดไป

3. ออกแบบโปรแกรม Google AppSheet ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตสามารถส่งข้อมูลและเอกสารเกี่ยวกับการตรวจติดตามเข้ามาได้ ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถเก็บตัวอย่างได้ และได้ตรวจสอบเอกสารการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ของผู้ได้รับใบอนุญาตได้ เพื่อลดการเกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิต ร่างกายหรือสุขภาพ รวมถึงเพิ่มความเชื่อมั่นของประชาชน

4. โปรแกรม Google AppSheet ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน สร้างความโปร่งใส และความมั่นใจให้กับผู้ใช้งาน ระบบดังกล่าวยังช่วยเสริมศักยภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และเตรียมพร้อมรองรับการเติบโตขององค์กรในอนาคต การบูรณาการระบบเข้ากับเทคโนโลยีอื่น เช่น ERP หรือ IoT จะช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณข้อมูลจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และการสนับสนุนจากสาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ในการอนุเคราะห์ด้านข้อมูลต่าง ๆ ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thai Industrial Standards Institute, “Direction and Operational Guidelines on Standardization of the Thai Industrial Standards Institute” [Online]. Available: https://www.tisi.go.th/website/about/tisi_vision (in Thai)
- [2] Thai Industrial Standards Institute, “Announcement of the Thai Industrial Standards Institute Regarding the Criteria and Procedures for Inspection for Licensing 2023” [Online]. Available: https://www.tisi.go.th/data/stories/license/pdf/act_2559/product_cert_2566.pdf (in Thai)
- [3] Saovalak Kosonkittumporn, Thiraphat Loiwirat, Preeyanuch Watthanakul and Apaporn Juansang, “Disaster Management Approaches: From Public Sector to Communities,” Mahasarakham Rajabhat University, vol. 8, no.1, pp.348-360, 2020 (in Thai).
- [4] Suttisak Suttipan and Varanya Amthomya, (2022, Aug.) “Development of Soil Samples Management Application for Soil Analysis in the Laboratory” [Online]. Available: https://webapp.idd.go.th/AcademicConf/66/data/presentation/6d-4%20การพัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการ_นายสุทธิศักดิ์_สุทธิพันธุ์.pdf (in Thai)
- [5] Somyos Goram, “The Improvement of Monitoring and Evaluation System for Project Progress with Notification Alert Mechanism : A Case Study of Information Technology, Hatyai Technical College,” M.S. Thesis, Management of Information Technology, Prince of Songkhla University, 2021 (in Thai).
- [6] Chanusun Buakate, “Design of Surveillance Planning Process for Thai Industrial Standard Product,” M. S. Thesis, Industrial Management Engineering, King Mongkut’s University of Technology North Bangkok, 2019 (in Thai).
- [7] A. P. Chassiakos and S. P. Sakellariopoulos, “A web-based system for managing construction information,” Department of Civil Engineering, University of Patras, 2008
- [8] Sahatom Petvirojchai, (2021, Jun.) “5 Principles of the LEAN System and How to Implement It to Improve Organizational Efficiency” [Online]. Available: <https://th.hmote.asia/orgdevelopment/lean-management-210621/> (in Thai)
- [9] Wibha Daecha, “The Application of LEAN Concepts to Reduce Operational Procedures : A Case Study of The Cable Manufacturing,” M.S. Thesis, Logistics and Supply Chain Management, Burapha University, 2020 (in Thai).
- [10] Nutnaree N., (2022, Mar.) “What are Customer Journey and Customer Journey Map? Discover the guide to increasing sales by creating a lasting impression on customers.” [Online]. Available: <https://contentshifu.com/blog/customer-journey> (in Thai)

ประวัติผู้ประพันธ์ :



เจนวิทย์ พรมสัมชา ปัจจุบันดำรง
ตำแหน่ง นักวิชาการมาตรฐาน
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม
วศ.ม.การจัดการงานวิศวกรรม
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
อ.ส.บ. เทคโนโลยีการผลิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ



นางสาวพจนีย์ ศรีวิเชียร ปัจจุบัน
ดำรงตำแหน่ง เลขานุการบัณฑิต
วิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ศศ.ม. ภูมิศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร
วท.บ.ภูมิศาสตร์ (แผนที่) มหาวิทยาลัย
รามคำแหง



ศักดิ์ชาย รักการ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง
ผู้อำนวยการหลักสูตร วศ.ม. การ
จัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัย
เกษมบัณฑิต
Ph. D. systems and Control, Case
Western Reserve University, Ohio, USA
วศ.ม. วิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วศ.บ. วิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ
SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY
ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2567

ชื่อ – นามสกุล		ต้นสังกัด
รองศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา	สงวนสัตย์	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ	สายศร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์	รัตนมีชัยสกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ	กล่อมจิตร	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย	ศรีวิริยรัตน์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ	โอธนาทรัพย์	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก	สุริยะวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ	ฉิมเรศ	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรหุล	ไชยวงศา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลิดา	ชาญวิจิตร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกอร	รจนากิจ	มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช	เกตุย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต	อินทรีย์มีศักดิ์	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา	พิศาลย์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์	คงตุก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วลีพรรณ	กันเนื่อง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.เพ็ญญารัตน์	สายสิริรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.พิมพ์พรรณ	ทิพย์แสง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ดร.ภาคภูมิ	หมีเงิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ดร.ปริญญา	นาโท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY ตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ โดยมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ บทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในการพิจารณาของวารสารอื่นๆ เรื่องที่จะตีพิมพ์จะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 คน กองบรรณาธิการอาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นและทรงไว้ซึ่งสิทธิ์ในการคัดลอกตีพิมพ์หรือไม่ก็ได้

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research articles) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลของผู้เขียน หรือทีมงานผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง
2. บทความวิชาการ (Academic articles) อาจแยกเป็นบทความปริทรรศน์ (Review articles) บทความเทคนิค (Technical article) เรียบเรียงจากการสืบค้น ตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ และบทความพิเศษ (Special articles) เสนอความรู้ทั่วไปในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การเตรียมต้นฉบับบทความ

บทความหรือผลงานวิจัยที่นำเสนออาจอยู่ในรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ โดยจัดพิมพ์ด้วยโปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ สำหรับตาราง แผนภาพและภาพประกอบในส่วน of ต้นฉบับจะต้องตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อให้พร้อมตีพิมพ์ได้ทันที (Camera ready) ต้นแบบสำหรับบทความสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ saujournalst.sau.ac.th

การส่งบทความ

ส่ง “ต้นฉบับบทความ” โดยไม่ต้องระบุชื่อที่อยู่และประวัติของผู้ประพันธ์และทีมงานและส่ง “ใบรับรองบทความ” ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์นามสกุล PDF และ ไฟล์ Doc ส่งผ่านระบบ Thaijo ได้ที่ วารสาร SAUJOURNALST

บทความทุกบทความที่เสนอมายังวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จะได้รับการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ หากมีการแก้ไขหรือตอบรับการตีพิมพ์ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์นามสกุล PDF และ DOC ของบทความที่แก้ไข สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

โทรศัพท์ : 0-2807-4500-27 # 404 โทรสาร: 0-2807-4528

e-mail : saujournalst@sau.ac.th

ต้นฉบับสำหรับบทความที่เขียนเป็นภาษาไทยสำหรับวารสาร

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

ชื่อบทความ

Title of the Paper

ชื่อ-นามสกุล ผู้ประพันธ์ (ภาษาไทย)

ชื่อ-นามสกุล ผู้ประพันธ์ (ภาษาอังกฤษ)

ภาค/สาขาวิชา สถาบัน/มหาวิทยาลัย

ที่อยู่/ประเทศ

ผู้พิมพ์ประสานงาน : Your email address

วันที่รับบทความ: / วันที่แก้ไขบทความ: / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์:

บทคัดย่อ นี่คือนิตยสารต้นฉบับสำหรับบทความของคุณเพื่อเสนอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows โดยจัดระยะขอบบน 3.0 ซม. ระยะขอบขวา ขอบซ้ายและขอบล่าง 2.5 ซม. โดยมีการตั้งค่าขนาดของกระดาษ Custom size (19 ซม.x26.5 ซม.) หลัง “คำสำคัญ:” ให้กำหนดรูปแบบเป็น 2 สดมภ์ ด้วยความกว้าง 6.73 ซม. และระยะห่างสดมภ์ 0.5 ซม. พิมพ์บทความด้วยอักษร Angsana New ขนาด 13pt ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และสำหรับคำ **บทคัดย่อ คำสำคัญ** และ**เอกสารอ้างอิง** ให้กำหนดเป็นตัวเข้ม-เอียงด้วยอักษร Angsana New ขนาด 14pt

คำสำคัญ : เว้น 1 บรรทัดหลังจากบทคัดย่อ แล้วพิมพ์คำสำคัญของบทความ (4-5 คำ)

Abstract This is a template of your full paper for publishing on SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. Use Microsoft Word for Windows. Leave 3.0 cm. margins from the top, 2.5 cm. from the right side, left side and bottom. Please adjust the page setup to custom size (19 cm.x26.5 cm.) sheet. Use double-column format width of 6.73 cm. with a space of 0.5 cm. between columns after the keywords. Use 11 point Times New Roman font in typing the abstract. The length of paper should not be longer than 15 pages. For the headings, such as **Abstract**, **Keywords** and **References** use 12 point Times New Roman bold-Italic.

Keywords: Please leave one blank line after the *Abstract* and write your keywords (4-5 words).

1. บทนำ

ชื่อบทความภาษาไทย (ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 20pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) ตามด้วยชื่อบทความภาษาอังกฤษ (ใช้ตัวอักษร Times New Roman ขนาด 16pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) จากนั้นเว้น 1 บรรทัด ตามด้วยชื่อผู้ประพันธ์ (ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 13pt ตัวเข้มกลางหน้ากระดาษ) ภาควิชา/สาขาวิชา สถาบัน/มหาวิทยาลัย (ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 13pt กลางหน้า) และที่อยู่/ประเทศ(ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 13pt กลางหน้า) จากนั้นระบุ email address ของผู้พิมพ์/ประสานงาน (ใช้ตัวอักษร Times New Roman ขนาด 10pt กลางหน้า) หัวข้อเรื่องแต่ละข้อ (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 15pt หน้าชิดขอบซ้าย) โดยใช้หมายเลขแบบอินดู อารบิก (1, 2, 3,...) ไม่ใช่แบบเลขโรมัน (I, II, III, ...).

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สรุปอธิบายถึงขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์และมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับคนอื่นๆ ที่จะสามารถที่จะทำให้เกิดการทดลองซ้ำได้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

สำหรับชื่อหัวข้อใหญ่ใช้ตัวอักษรAngsana New ขนาด 15pt, ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย เรียงลำดับหัวข้อด้วย 1, 2, 3,... (ไม่ใช่ I, II, III,...) การขึ้นหัวข้อใหม่แต่ละครั้งให้เว้น 1 บรรทัด สำหรับสมการคณิตศาสตร์ให้จัดเรียงด้วย (1), (2), (3),...

3.1 หัวข้อย่อยลำดับที่ 1

หัวข้อข้อย่อยลำดับที่ 1 ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย

3.1.1 หัวข้อย่อยลำดับที่ 2

หัวข้อข้อย่อยลำดับที่ 2 ใช้ตัวอักษร Angsana

New ขนาด 13pt ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย

3.2 ตาราง รูป และการอ้างอิง

สำหรับรูปภาพตารางและการอ้างอิงตัวเลขควรเป็นเลขดังนี้ รูปที่ 1 รูปที่ 2, ... ฯลฯ (ที่กึ่งกลาง) และตารางควรจะเป็นเลขดังนี้ Table1, Table2 ... ฯลฯ (ที่ด้านซ้าย) การอ้างอิงในบทความให้ใช้เครื่องหมายวงเล็บเหลี่ยม เช่น [2] จะต้องเรียงลำดับหมายเลขอ้างอิงจากหมายเลขน้อยไปสู่หมายเลขมากให้ถูกต้อง การอ้างอิงหมายเลขที่มีลำดับติดต่อกัน ตัวอย่างเช่น[1-5]

4. สรุปผล

เพื่อให้ทุกบทความที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์มีรูปแบบที่ตรงกัน ผู้ประพันธ์จะต้องจัดทำบทความตามต้นแบบ ไม่เช่นนั้นบทความของท่านจะถูกส่งคืนเพื่อปรับปรุงรูปแบบให้ตรงกับต้นแบบนี้ขอขอบคุณท่านสำหรับการให้ความร่วมมือ

5. กิตติกรรมประกาศ

ในส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องมี แต่ท่านสามารถใช้ส่วนนี้ในการนำเสนอให้ทราบถึงผู้ที่สนับสนุนการทำงานวิจัยของท่าน เช่น นักศึกษาที่มีส่วนร่วม ผู้ที่มีส่วนร่วมจากภายในหรือภายนอก หรือองค์กรที่ให้ทุนสนับสนุน

6. หลักเกณฑ์ในการเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนเอกสารอ้างอิงกำหนดให้ใช้ ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt และเขียนตามตัวอย่างของเอกสารอ้างอิงในแม่แบบนี้ กรณีที่เป็น

เอกสารอ้างอิง [1] หมายถึง “หนังสือ”

เอกสารอ้างอิง [2] หมายถึง “รายงาน”

เอกสารอ้างอิง [3] หมายถึง “วารสาร”

เอกสารอ้างอิง [4] หมายถึง “ประชุมวิชาการ”

เอกสารอ้างอิง [5] หมายถึง “มาตรฐาน”

เอกสารอ้างอิง [6] หมายถึง “เว็บไซต์”

เอกสารอ้างอิง [7] หมายถึง “ปริญญาบัตร”

เอกสารอ้างอิง [8] หมายถึง “วิทยานิพนธ์”

เอกสารอ้างอิง [9] หมายถึง “คุณวุฒิบัตร”

โดยในกรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและใส่คำว่า “(in Thai)” ต่อท้าย

เอกสารอ้างอิง

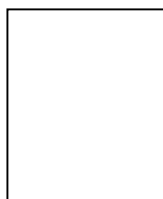
- [1] M. Ned, U. M. Tore and R. P. William, Power Electronic, John Wiley and sons, 1995.
- [2] The Federation of Thai Industries, Executive Summary: Eco-industrial development under the cost to develop green industry, 2013(in Thai).
- [3] D. Susa and H. Nordman, “A Simple model for calculating transformer hot-spot temperature,” *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 24, no.3, pp.1257-1264, Jul. 2009.
- [4] C. Tangsiriworakul, S. Tadsuan, “A Comparison of iron losses and acoustic noise supplied by pwm inverter of dm and spwm techniques,” in *Proc. International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2009)*, China, 8-11Aug. 2009, pp. 105-110.
- [5] IEEE Guide for loading mineral-oil-immersed overhead and pad-mounted distribution transformers rated 500 kVA and less with 65°C or 55°C average winding rise, ANSI/IEEE C57.91-1981.
- [6] Wikipedia. (2010, Jun. 28). “Biodiesel” [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>
- [7] K. Khianjutturut, W. Chaingam, S. Damrongnavavith, S. Nitcumharn, and A. Duangin, “The software implement for electric energy data logger of single-phase kilowatt-hour meter

with image signal processing,” Student’s Project, Dep. Elec. Eng., Southeast Asia Univ., 2014 (in Thai).

- [8] C. Bundanphrai, “A comparison of electric power and temperature on three- phase induction motor by varying wind flow with damper and pwm inverter supply,” M.S. Thesis, Southeast Asia Univ., 2014 (in Thai).
- [9] V. Kinnares, “Measurement, Analysis and prediction of harmonic power losses in pwm feed induction motors,” Ph.D. Dissertations, Univ., Nottingham, 1997.

หมายเหตุ กรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและใส่คำว่า “(in Thai)” ต่อท้าย

ประวัติผู้ประพันธ์ :



ผู้ประพันธ์ระบุประวัติโดยย่อของตนเอง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับประวัติศึกษาตำแหน่ง สถานที่ทำงาน และงานวิจัยที่สนใจ พร้อม

รูปถ่าย ขนาด 2 ซม. x 2.4 ซม.

Guidelines for Contributors

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is published two-annually by Southeast Asia University. All articles are considered for publication in this journal will have to follow the following conditions, 1) they have not been published elsewhere and 2) they are not currently being submitted for consideration in any other journals. All articles are independently assessed (peer reviewed) by at least three specialists in their relevant fields. The editor board reserves a privilege to ask the authors to improve their articles, and to decide whether submitted articles should be published or not.

Types of work published

1. Research articles by individual or team researchers.
2. Academic articles include review articles, technical articles, and special articles on science and technology.

Manuscripts

Manuscripts must be prepared to meet professional standards using word processors on Windows. The table, diagrams and illustrations in the contributed manuscripts should be in a camera-ready format. For the template article can be downloaded from the website <http://saujournalst.sau.ac.th>

Submission

The manuscripts of the prospective contributors should be submitted to the editor-in-chief. Authors must submit manuscript (without name, address and authors, biography notifications) with electronic file (PDF) and "Copyright Transfer Form".

- Directly to the editor-in-chief of SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Faculty of Engineering, Southeast Asia University.

- By mail to the editor-in-chief of SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Faculty of Engineering, Southeast Asia University, 19 / 1, Nongkhangphlu, Nongkhaem, Bangkok 10160, Thailand.

- By online at Website saujournalst.sau.ac.th

All papers submitted to SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY are subject to peer review. If revised or accepted of article should be submitted the manuscript (PDF and DOC) to the editor-in-chief. You may contact us using the information listed at Southeast Asia University, Tel.#: 0-2807-4500-27 EXT 331, FAX : 0-2807-4528 19/1, Nongkhangphlu, Nongkhaem, Bangkok 10160, Thailand; Email address : SAUJournalST@sau.ac.th

Manuscripts of paper writing as english language for
SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Title of the Paper

Author's Names

Department, University

Address, (country)

Corresponding author : e-mail address

Received: / Revised: / Accepted:.....

บทคัดย่อ นี้คือต้นแบบสำหรับบทความของคุณเพื่อเสนอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows โดยจัดระยะขอบบน 3.0 ซม. ระยะขอบขวา ขอบซ้ายและขอบล่าง 2.5 ซม. โดยมีการตั้งค่าขนาดของกระดาษ Custom size (19 ซม.x26.5 ซม.) หลัง “คำสำคัญ :” ให้กำหนดรูปแบบเป็น 2 สดมภ์ ด้วยความกว้าง 6.73 ซม. และระยะห่างสดมภ์ 0.5 ซม. พิมพ์บทความด้วยอักษร Angsana New ขนาด 13pt ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และสำหรับคำบทคัดย่อ คำสำคัญ และ**เอกสารอ้างอิง** ให้กำหนดเป็นตัวเข้ม-เอียงด้วยอักษร Angsana New ขนาด 14pt

คำสำคัญ : เว้น 1 บรรทัดหลังจากบทคัดย่อ แล้วพิมพ์คำสำคัญของบทความ (4-5 คำ)

Abstract This is a template of your full paper for publishing on SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. Use Microsoft Word for Windows. Leave 3.0 cm. margins from the top, 2.5 cm. from the right side, left side and bottom. Please adjust the page setup to custom size (19 cm.x26.5 cm.) sheet. Use double-column format width of 6.73 cm. with a space of 0.5 cm. between columns. Use 11 point Times New Roman font in typing the abstract. The length of paper should not be longer than 15 pages. For the headings, such as **Abstract**, **Keywords** and **References** use 12 point Times New Roman bold-Italic.

Keywords : Please leave one blank line after the Abstract and write your keywords (4-5 words).

1. Introduction

The title of the paper you must use 16 point Times New Roman in Bold at the center of the page. Leave one blank line and type the authors' names, department and country in capital letters with 11 point Times New Roman in Bold and centered. For the corresponding author, use 11 point Times New Roman centered. The heading of each section should be printed in small 12 point, left justified, bold Times New Roman font. Use Hindu-Arabic number (1, 2, 3,...) for the section's numbering and not the Roman Numerals (I, II, III, ...).

2. Materials and Methods

Brief description of the experimental procedure and analysis and sufficient information for others to be able to reproduce the experiments.

3. Results and Discussion

For section heading, use 12 point left justified Times New Roman in bold, numbered as follows : 1, 2, 3,... (not I, II, III,...). Please leave one blank spaces between successive sections. Mathematical equations must be numbered as follows : (1), (2), (3)....

3.1 Subsection

For subsection heading, use 11 point left justified Times New Roman in bold.

3.1.1 Sub-subsection

When including a sub-subsection, use 11 point left justified Times New Roman in bold.

3.2 Figures, Tables and Reference

Figures should be numbered as follows: Fig.1, Fig.2, ... etc.(at center) and Tables should be numbered as follows: Table.1, Table.2, ... etc.(at Left). Type the corresponding number of references in square brackets.

4. Conclusion

Please follow our instructions faithfully, otherwise, you have to resubmit your paper. This will enable us to maintain uniformity in the journal. Thank you for your cooperation.

5. Acknowledgement

This section is optional. You can use this section to acknowledge support you have had for your research from your colleagues, student's participation, internal or external partners' contribution or funding organization.

6. Rules for writing reference

The letter, in 11 point Times New Roman, will be used for writing reference and the reference in this template being subject to the condition as below :

Ref. [1] stand for "Book"

Ref. [2] stand for "Report"

Ref. [3] stand for "Journal"

Ref. [4] stand for "Conference"

Ref. [5] stand for "Standard"

Ref. [6] stand for "Website"

Ref. [7] stand for "Student' Project"

Ref. [8] stand for "Thesis"

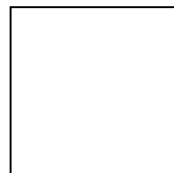
Ref. [9] stand for "Dissertation"

In case of reference written in Thai being used. It need to be translated to English and put the word "(in Thai)" at the back of reference.

References

- [1] M. Ned, U. M. Tore and R. P. William, Power Electronic, John Wiley and sons, 1995.
- [2] The Federation of Thai Industries, Executive Summary: Eco-industrial development under the cost to develop green industry, 2013. (in Thai)
- [3] D. Susa and H. Nordman, "A Simple model for calculating transformer hot-spot temperature," IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 24, no.3, pp. 1257-1264, Jul. 2009.
- [4] C. Tangsiriworakul, S. Tadsuan, "A Comparison of iron losses and acoustic noise supplied by pwm inverter of dm and spwm techniques," in Proc. International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2009), China, 8-11 Aug. 2009, pp. 105-110.
- [5] IEEE Guide for loading mineral-oil-immersed overhead and pad-mounted distribution transformers rated 500 kVA and less with 65 °C or 55 °C average winding rise, ANSI/IEEE C57.91-1981.
- [6] Wikipedia. (2010, Jun. 28). "Biodiesel" [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>
- [7] K. Khianjutturut, W. Chaingam, S. Damrongnavavith, S. Nitcumharn, and A. Duangin, "The software implement for electric energy data logger of single-phase kilowatt-hour meter with image signal processing," Student's Project, Dep. Elec. Eng., Southeast Asia Univ., 2014. (in Thai)
- [8] C. Bundanphrai, "A comparison of electric power and temperature on three-phase induction motor by varying wind flow with damper and pwm inverter supply," M.S. Thesis, Southeast Asia Univ., 2014. (in Thai)
- [9] Kinnares, "Measurement, Analysis and prediction of harmonic power losses in pwm feed induction motors," Ph. D. Dissertations, Univ., Nottingham, 1997.

Authors' Biography:



The author should include a brief introduction about his/ her interest in the research topic and a scanned 2 cm. x 2.4 cm.

photo attached the original manuscript



หมายเลขบทความ
(เฉพาะเจ้าหน้าที่กรอก)

แบบฟอร์มใบรับรองบทความ SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

1. ประเภทของบทความ (Article type)

- ☐ วิจัย (Research) ☐ วิชาการปริทรรศน์ (Periscope academic) ☐ วิชาการเทคนิค (Academic technical)
☐ วิชาการพิเศษ (Special academic) ☐ อื่น ๆ (Others).....

2. สาขาบทความที่ส่ง

- ☐ Electrical Engineering ☐ Electronic & communication Engineering ☐ Industrial Engineering
☐ Civil Engineering ☐ Computer Science & Engineering ☐ Mechanical Engineering
☐ Agricultural Engineering ☐ Occupational Health & Safety ☐ Environment Engineering
☐ Energy ☐ Etc..

3. ชื่อบทความ (Article title)

ภาษาไทย :

English :

4. ชื่อ-สกุลของผู้รับผิดชอบประสานงาน (Name-Family name of corresponding author):

:

5. สถานที่ติดต่อของผู้รับผิดชอบประสานงาน (Contact location of corresponding author)

ที่อยู่ (Address):

.....

โทรศัพท์ (Tel.) โทรสาร (Fax) E-mail:

6. รายชื่อและที่อยู่ของเจ้าของบทความทั้งหมด (List of names and addresses of all article authors)

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย ตัวบรรจง)	Name-Family name. (Scripted)	หน่วยงาน (Affiliation)	โทรศัพท์ (Tel.)	E-mail
1.				
2.				
3.				

7. เสนอรายชื่อผู้ประเมิน (Proposed a list of reviewers/evaluators)

ชื่อ-สกุล (Name-Family name)	หน่วยงาน (Affiliation)	โทรศัพท์ (Tel.)	E-mail
1.			
2.			
3.			
4.			

8. การรับรองบทความ (Certification of article)

☐ ขอรับรองว่าบทความต้นฉบับนี้ยังไม่เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อน

(I certify that this original article has not been previously published or submitted in any other journal.)

ขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นจริงทุกประการ (I hereby certify that the above statement is true in all respects.)

ลงชื่อ (Sign).....ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author)

()

วัน (date)..... เดือน (month)..... พ.ศ. (year).....

หมายเหตุ ส่งแบบฟอร์มนี้มาพร้อมกับบทความตามช่องทางในคำแนะนำสำหรับผู้เขียน (การส่งบทความ)

Note: Submit this form with your article according to the instructions for authors. (Article submission)



สมาชิกเลขที่

.....

ใบสมัครสมาชิก SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

วันที่สมัคร

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว สกุล อาชีพ

ที่อยู่ (สำหรับจัดส่งวารสาร) เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์ โทรสาร E-mail

มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิก

อัตราค่าสมาชิก

☐ ปี (2 ฉบับ/ปี)

500 บาท

พร้อมกันนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน บาท

จำนวนเงิน(ตัวอักษร)

โอนเงินเข้าบัญชีธนาคาร ชื่อบัญชี เลขที่บัญชี

หมายเหตุ 1. กรุณาส่งสำเนาใบเสร็จการจ่ายเงินมาที่ E-mail Address : saujournalst@sau.ac.th

พร้อมเขียนชื่อ-นามสกุล และหมายเลขสมาชิก (ถ้ามี)

ลงชื่อ ผู้สมัคร

(.....)

สำนักวิจัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ 19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

โทรศัพท์ 0-2807-4500-27 ต่อ 404 โทรสาร 0-2807-4528 E-mail Address : saujournalst@sau.ac.th



มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

SOUTHEAST ASIA UNIVERSITY

สาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เปิดสอน

ปริญญาเอก

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ปริญญาโท

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.ม.)

สาขาวิชาบริหารงานวิศวกรรมการก่อสร้าง (วศ.ม.)

ปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม (วศ.บ.)

สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย (วศ.บ.)

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (IoT) (วศ.บ.)

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (วศ.บ.)

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (วศ.บ.)

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ (วศ.บ.)

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (วศ.บ.)

สาขาวิชาดิจิทัลมีเดีย (วท.บ.)

สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม (วท.บ.)

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม (ติดซอยเพชรเกษม 106) เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

โทรศัพท์ : 02-8074500 – 27 ต่อ 190,192

แฟกซ์ : 02-8074528 – 30

อีเมล : info@sau.ac.th

website : www.sau.ac.th

