



**JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY ASSOCIATION OF
PRIVATE HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF THAILAND**

**วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย**

2025

ISSN : 3056-9729 (online)

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม : มิถุนายน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย

ISSN: 3056-9729 (ออนไลน์)

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2568

Vol. 14 No.1 January – June 2025

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นการพัฒนานวัตกรรมทางด้านการจัดการเรียนรู้ การวิจัยและพัฒนา บทความวิจัย บทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ความรู้เรื่องใหม่ ๆ ที่เป็นที่สนใจของบุคคลทั่วไปด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การตรวจสอบทางวิชาการ

บทความผ่านการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก (double-blinded peer review)

เจ้าของ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
ที่ปรึกษา คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

สมาคมนานาชาติของสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
บรรณาธิการ

ดร.มานิต บุญประเสริฐ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ดร.ทิพนาด ชาริรักษ์

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร กระจายศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย รัตนวงษ์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ไชยโส	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี ศุภจันทร์รัตน์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพงศ์ นิมกุลรัตน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาสุวรรณค์ งามมงคลวงศ์	วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี ไทยพานิช	มหาวิทยาลัยสยาม

ฝ่ายจัดการและเลขานุการกองบรรณาธิการ

นางสาวนราวดี เฉพาะตน

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

สามารถอ่านและดาวน์โหลดบทความได้ที่ <http://journals.apheit.org/index.php/component/users/?view=login>

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย

วาระ 1 สิงหาคม 2567 – กรกฎาคม 2569

1. ดร.สุนทรี รัตภาสกร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	ประธาน
2. ดร.เอกธิป สุขวารี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	รองประธาน
3. รศ.ดร.ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	กรรมการ
4. ผศ.ดร.อัจฉราพร โชติพิฤกษ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
5. ผศ.ดร.ปถมพร สุขปลั่ง	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
6. รศ.ดร.จอมพงศ์ มงคลวนิช	มหาวิทยาลัยสยาม	กรรมการ
7. ดร.วัลลภา ศรีทองพิมพ์	มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด	กรรมการ
8. ดร.สุรัชย์ สานติสุขรัตน์	มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่	กรรมการ
9. ดร.ธินดา บัณฑวรรณ	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	กรรมการ
10. ผศ.ดร.ปรกรณ์ ลิ้มโยธิน	มหาวิทยาลัยหาดใหญ่	กรรมการ
11. ผศ.พ.ต.ท.หญิง ดร.รังสียา วงศ์อุปปา	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล	กรรมการ
12. ดร.พรทิพย์ กวินสุพร	มหาวิทยาลัยคริสเตียน	กรรมการ
13. ผศ.ดร.อำพล นววงศ์เสถียร	มหาวิทยาลัยเซนต์อีส์ท์บางกอก	กรรมการ
14. ดร.โจนาธาน รันเต คาร์รียอน	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ	กรรมการ
15. ดร.สุรวี ศุนาลัย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
16. ผศ.ดวงทิพย์ จันทร์อ่วม	มหาวิทยาลัยเกริก	กรรมการ
17. ผศ.ดร.วัลลภา ทรงพระคุณ	มหาวิทยาลัยพายัพ	กรรมการ
18. รศ.ดร.วีระพันธ์ ด้วงทองสุข	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	กรรมการ
19. ผศ.ดร.เรวดี ศักดิ์ดุยธรรม	มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์	กรรมการ
20. ผศ.ดร.ตระกูล จิตวัฒนากร	มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ	กรรมการ
21. ดร.จวีวรรณ มณีแสง	มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น	กรรมการ
22. อาจารย์กมลวรรณ บุญสัมปทา	มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น	กรรมการ
23. ดร.ณัฐฉา ว่องทรัพย์ทวี	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
24. รศ.ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	กรรมการ
25. ดร.วิศนันท์ เดชปานประสงค์	สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ	กรรมการ
26. อาจารย์กรรณิกา ปัญญาวงศ์	สถาบันการเรียนรู้เพื่อปวงชน	กรรมการ
27. รศ.ดร.อรพรรณ ลือบุญวัชชัย	วิทยาลัยเซนต์หลุยส์	กรรมการ
28. ผศ.ยุวรัตน์ ฐิตินรินทร์กุล	วิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย	กรรมการ
29. ผศ.ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์	วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์	กรรมการ
30. ผศ.อรรถพล อาษาเอื้อ	วิทยาลัยทองสุข	กรรมการ
31. อาจารย์อัญชลี แพรกปาน	วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้	กรรมการ
32. อาจารย์รุ่งศิริ สระบัว	วิทยาลัยสันตพล	กรรมการ
33. ดร.จิรนนท์ กมลสินธุ์	มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา	กรรมการ

34. ดร.พิมล จงวรรณนท์	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย	กรรมการ
35. อาจารย์ชานนท์ ชื่นจิตร	มหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น	กรรมการ
36. อาจารย์พรจักรี พิริยะกุล	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	กรรมการและเลขานุการ
37. อาจารย์พัชรินทร์ สนิธิพงษ์	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
38. นางสาวจุฑารัตน์ วุฒิ	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



บทบรรณาธิการ

Editor's Note

Dear All,

University transformation is not unexpected because higher education institutions are constantly evolving to adapt to societal and technological changes.

The Editor's Note of the APHEIT Journal of December issue 2024 shared with you about the Modern University in the nineteenth century based on the little book prepared by Margaret Clapp, published by Cornell University Press in 1950. In the 19th century, universities underwent significant transformations influenced by political, economic, cultural, and scientific changes. The traditional roles of universities primarily served as institutions for educating the elite, often rooted in religious or classical education. The curriculum focused on classical studies (Greek, Latin, philosophy, and theology), with limited attention to the practical or scientific discipline.

In the 20th century, universities continued to evolve, responding to dramatic social, political, economic, and technological changes, the debates between preserving traditional liberal arts education and emphasizing professional, technical, or scientific fields. Computers, the internet, and online learning platforms began to transform education delivery by the late 20th century. By the end of the 20th century, universities had solidified their roles as dynamic institutions integral to scientific progress, societal development, and cultural transformation. They became both mirrors and drivers of the complexities of the modern world.

Universities in the 21st century face numerous challenges as they adapt to a rapidly changing world. These challenges stem from shifts in societal, technological, economic, and political landscapes, as well as evolving expectations from students, employers, and governments.

Universities in the AI Era

The coming of artificial intelligence has disrupted traditional paradigms, requiring universities to adapt swiftly. In the AI Era, universities assume dynamic roles that reflect the noticeable influence of AI on every aspect of human life. The expectation of university roles include:

- AI-driven education and research: Universities are now at the forefront of developing AI technologies, exploring machine learning, neural networks, and data science. Programs increasingly integrate AI literacy as a fundamental skill alongside traditional disciplines.

- Ethical and societal leadership: As AI raises questions around bias, privacy, and autonomy, universities serve as ethical stewards, guiding the development of regulations and frameworks for responsible AI use.
- Workforce readiness for AI: Institutions tailor curricula to prepare students for careers in AI-related fields, emphasizing adaptability and lifelong learning to meet rapid technological changes.
- Interdisciplinary innovation: AI's impact spans healthcare, agriculture, finance, and the arts. Universities foster interdisciplinary collaboration, bridging gaps between fields to address complex societal challenges.
- Global AI cooperation: Universities act as hubs for international collaboration, ensuring that AI advancements benefit all regions equitably rather than deepening divides.

Universities in the AI Era reflect an evolution toward dynamic adaptability and innovation. The shift emphasizes speed, ethics, and interdisciplinarity, driven by the transformative power of AI. University significance in the AI Era lies in their ability to anticipate and address the profound implications of a technology-driven world. By blending traditional strengths with forward-looking strategies, universities shall continue to solidify their place as invaluable institutions in an ever-changing world.

I do hope you still find the teaching profession in higher education institutions rewarding and challenging.

APHEIT journal is a platform for Share and Learn. We value your contributions.

Wish you all the best,

Manit Boonprasert, Ed.D

The Association of Private Higher Education Institutions of Thailand

Under the Patronage of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn

June, 2025

สารบัญ

CONTENTS

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายน 2568

บทความวิจัย

การตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล

Detection of latent fingerprints on metal surfaces by aqueous electrolyte gel

วรรณิศา กลิ่นจันทร์, อรทัย เขียวพุ่ม, ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง, และศุภชัย ศุภลักษณ์นารี.....01-11

วัคซีนเซลล์เดนไดรติกและภาวะภูมิไวเกิน

Dendritic Cell Vaccine and Hypersensitivity

เมฐิตรีรินทร์ วรวิสุทธิกุล, ปัญลักษณ์ งามเลิศนัย, ณณณิณ สลึงค์, พีรภัทร ภูริภัทรพันธุ์, พรราว พร้อมพัฒนภักดี,
อัสลีร์ชา พงษ์วิทยากาน, พิษณุดา จันทาทอง, และศุภจินน มังคลรังษี.....12-20

แนวทางการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) พัฒนาแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มี
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน

Guidelines for using Building Information Modeling (BIM) Technology to develop energy efficient
residential design approaches for home

ขจรศักดิ์ เจ้ากรมทอง, อีรวัฒน์ ลินศิริ, และอภัย ชาภิรมย์กุล.....21-32

การเพิ่มประสิทธิภาพงานโครงการการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

Enhancing the Efficiency of Installation Handover Processes for Machinery and Energy Supply Systems
in Industrial Project

วิชัย สอนอินตะ, ศักดิ์ชาย รักการ, และอัครกร กลั่นความดี.....33-44

สารบัญ

CONTENTS

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายน 2568

การพัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายใน
โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร

Development of a Dust Monitoring System Using Internet of Things (IoT) Technology for Air Quality
Control and Monitoring at Schools under the Jurisdiction of the Bangkok Secondary Educational
Service Area.

เกรียงศักดิ์ มะละกา, อนุสรณ์ สุขสุคนธ์, ขวัญวิจิตรดา ชันทะวงศ์วัฒนา, วินัย เปาเดล, กนกอร สิมิพันธ์5,
วันสนันท์ จันทรเพ็ญ, และเอกรัตน์ สุขสุคนธ์.....45-53

การตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าของผู้ต้องสงสัยด้วยเทคนิคเฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปก
โตรเมตรี

Detection of gasoline on suspects' shoes using the technique of Headspace - Gas Chromatography -
Mass Spectrometry (HS-GC-MS)

ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง, ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี, อรทัย เขียวพุ่ม, ปภังกร ราชสาวงศ์, และปิยาภา จันทรมล..... 54-66

การศึกษาเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาวด้วยเทคนิคการอบชุบเปอร์กลู และ
Wet powder

A comparative study of latent fingerprint detection on the adhesive side of tape using super glue
fuming and wet powder techniques

วัลลภา ประภาษรากุล.....67-78

รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

A model for enhancing the quality of life of elderly individuals with non-communicable diseases in
Phan Thong district, Chonburi province

พิมพ์ธิดา วัฒนพงศ์สถิต, นวสนันท์ วงศ์ประสิทธิ์, ลักษณะพร คำดี3 ,อุเทน สุทิน..... 79-90

การตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่างๆ โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล

Detection of latent fingerprints on metal surfaces by aqueous electrolyte gel

วรรณิศา กลิ่นจันทร์¹, อรทัย เขียวพุ่ม^{2*}, ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง³, ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี⁴
หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์¹, ภาควิชาฟิสิกส์² ภาควิชาเคมี^{3,4} คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์^{1, 2, 3, 4}

**Wannisa Klinchan¹, Orathai Kheawpum^{2*}, Sirirat Choosakoonkriang³,
Supachai Supaluknari³**

Forensic Science Program¹, Department of Physics^{2*}, Department of Chemistry^{3, 4},
Faculty of Science, Silpakorn University, Sanamchandra Palace Campus^{1, 2, 3, 4}

E-mail: fonu.wannisa@gmail.com¹, E-mail: Kheawpum_o@su.ac.th²,

E-mail: choosakoonkrian_s@su.ac.th, E-mail³: supaluknari_s@su.ac.th⁴

Received: May 3, 2024; Revised: March 26 2025; Accepted: April 2, 2025

บทคัดย่อ

ลายนิ้วมือแฝงเป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญซึ่งมักพบจากที่เกิดเหตุ หนึ่งในพื้นผิวที่ยากที่สุดในการตรวจสอบลายนิ้วมือแฝงคือพื้นผิวโลหะ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอิเล็กโทรไลต์แบบเจลสำหรับการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ โดยการวิจัยเลือกใช้แผ่นอลูมิเนียม สแตนเลส ทองเหลือง และโลหะผสม การทดลองได้เตรียมและใช้เจลอิเล็กโทรไลต์หลายสูตร (โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แคลเซียมคลอไรด์ และผงซิลิกา (PCS gel)) เพื่อหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะเหล่านั้น ผลการวิจัยพบว่ารอยนิ้วมือคุณภาพดีสามารถสังเกตได้บนพื้นผิวโลหะทั้งหมดหลังจากใช้เจล PCS ที่ทำจากส่วนผสมของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จำนวน 5 มิลลิลิตร สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จำนวน 5 มิลลิลิตร และผงซิลิกา 5 กรัม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเจล PCS ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้อาจใช้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะประเภทต่างๆ ในตัวอย่างทางนิติวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงได้

คำสำคัญ: นิติวิทยาศาสตร์ รอยลายนิ้วมือแฝง พื้นผิวโลหะ อิเล็กโทรไลต์แบบเจล

ABSTRACT

Latent fingerprints are the important forensic evidence usually recovered from crime scenes. One of the most difficult surfaces to develop for latent fingerprints is metal surfaces. The objective of this research was to develop an aqueous electrolyte gel for the detection of latent fingerprints on

metal surfaces. Aluminum, stainless steel, brass, and alloy sheets were selected in this study. In the experiment, several formulae of electrolyte gel (potassium permanganate, calcium chloride, and silica powder (PCS gel)) were prepared and used for recovering latent fingerprints on those surfaces. Good quality fingermarks could be observed on all of the metal surfaces after using the PCS gel made from the mixture of 5 mL of 5% w/v potassium permanganate solution, 5 mL of 1% w/v calcium chloride solution, and 5 g of silica powder. The results demonstrated that the PCS gels developed in this study may be used to detect latent fingerprints on various types of metal surfaces in authentic forensic samples.

KEYWORDS: Forensic Science; Latent Fingermarks; Metal Surfaces; aqueous electrolyte gel

บทนำ

ในการสืบสวนสอบสวนคดีอาญาปัจจุบันนี้ พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้มีบทบาท ในกระบวนการยุติธรรมมากขึ้นโดยนำพยาน หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาคดี ความในชั้นศาลได้ ซึ่งปัญหาอาชญากรรมที่เกิดขึ้น ในประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นโดย

การจะสืบสวนสอบสวนหาตัวผู้กระทำความผิดได้ ต้องอาศัยความรู้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์เข้ามา ช่วยในการรวบรวมพยานหลักฐานที่สำคัญในคดี ต่างๆ จากสถิติคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ ย้อนหลังตั้งแต่ ปี พ.ศ.2560 – ปี พ.ศ.2564 (ตารางที่ 1) พบว่าคดีอาญาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ตารางที่ 1 คดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2560 – ปี พ.ศ. 2564

พ.ศ.	จำนวนคดีที่รับร้องทุกข์		ฐานความผิดเกี่ยวกับชีวิต		ฐานความผิดเกี่ยวกับทรัพย์สิน		ฐานความผิดพิเศษ		คดีความผิดที่รัฐเป็นผู้เสียหาย
	รับแจ้ง	จับกุม	รับแจ้ง	จับกุม	รับแจ้ง	จับกุม	รับแจ้ง	จับกุม	จับกุม
2560	712,074	655,658	20,470	17,763	60,490	43,492	27,357	14,924	484,673
2561	797,063	749,432	19,270	17,352	56,188	43,677	28,086	17,872	577,449
2562	791,241	751,720	18,556	17,325	50,150	41,587	23,556	15,383	586,537
2563	729,193	691,728	16,384	15,552	47,934	40,386	18,676	12,657	629,150
2564	637,780	602,910	12,773	11,901	42,514	34,957	14,474	9,685	581,426

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง. (ม.ป.ป.).

ดังนั้นนิติวิทยาศาสตร์จึงเป็นงานที่มีบทบาทอย่างมากในกระบวนการยุติธรรม เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้เป็นหลักฐานในการยืนยันความบริสุทธิ์ และพิสูจน์หาตัวผู้กระทำความผิด หลักฐานทางกายภาพที่พบมากที่สุดก็คืออาชญากรรมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในคดีอาญา คือหลักฐานจากลายนิ้วมือ ข้อสังเกตในที่เกิดเหตุหรือวัตถุพยานที่ส่งไปยังห้องปฏิบัติการ ลายนิ้วมือที่พบมากที่สุดในห้องปฏิบัติการคือรอยนิ้วมือแฝง (“แฝง” หมายถึง ซ่อนเร้นหรือมองไม่เห็น) วัตถุพยานในที่เกิดเหตุมักไม่ทราบว่ามีอยู่จนกว่าจะมีการทำให้เห็นด้วยการทดลองในห้องปฏิบัติการ ลายนิ้วมือที่ติดอยู่กับพื้นผิวของวัตถุนั้นจะเป็นผลมาจากเหงื่อ สารอินทรีย์ และสารอินทรีย์รวมกับน้ำในร่างกายและขับออกมาตามผิวหนัง รอยลายนิ้วมือแฝงสามารถพบได้บนพื้นผิวที่แตกต่างกัน สามารถจำแนกพื้นผิวออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ พื้นผิวไม่มีรูพรุน (Non-porous), มีรูพรุน (Porous) และกึ่งรูพรุน (Semi-porous) ตามความสามารถในการดูดซับ ส่วนประกอบของลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่างๆ ไม่เท่ากัน (อรรถพล แซ่มสุวรรณ และคณะ, 2546)

ลักษณะของลายนิ้วมือในสถานที่เกิดเหตุ มี 2 ประเภท คือลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible fingerprint) และรอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นหรือเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า (Invisible fingerprint) ซึ่งการตรวจหารอยลายนิ้วมือสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การใช้แสง (Lighting technique) เช่น การใช้แสง Poly light และ Photo luminescence การปิดฝุ่น (Powdering) เช่น ผงฝุ่นดำ ผงฝุ่นขาว ผงฝุ่นอลูมิเนียม ผงฝุ่นเรืองแสง และผงฝุ่นแม่เหล็ก เป็นต้น โดยการอบชุบเปอร์กลู (Superglue Fuming) เป็นอีกวิธีหนึ่งของการเก็บรอยนิ้วมือแฝง โดย รอยลายนิ้วมือแฝงจะผ่านการอบด้วยกาวย (Cyanoacrylate) แล้วนำมาปิดด้วยผงฝุ่น

จากนั้นทำการลอกลายเก็บไว้หากวัตถุที่ต้องการหารอยลายนิ้วมือมีลักษณะรูพรุน เช่น กระดาษสามารถใช้วิธีการทาด้วยสารละลาย ได้แก่ Ninhydrin, Indanedione และ Rhodamine 6G และถ่ายภาพเก็บไว้เป็นหลักฐาน หากวัตถุที่ต้องการหารอยลายนิ้วมือแฝงที่เป็นด้านเหนียวของเทปกาววิธีที่ใช้คือ Sticky side powder ทำที่ด้านเหนียวของเทปกาว แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดและถ่ายภาพไว้เป็นหลักฐาน และยังมีวิธีการอีกอย่างหนึ่งในการลอกลายนิ้วมือเปื้อนฝุ่น คือ การใช้เจลลาดินเทป หรือเครื่องลอกลายฝุ่น (Dust mark detector) (อรรถพล เหลืองอรุณ และคณะ, 2562) ดังนั้นในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงอาจต้องใช้วิธีการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงมากกว่าหนึ่งวิธี ขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัตถุพยานนั้น ๆ

จากที่กล่าวไว้ข้างต้นการหารอยลายนิ้วมือแฝงในที่เกิดเหตุบนวัตถุพยานพื้นผิวต่าง ๆ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้โดย การใช้แสง (Lighting technique) และ การ ปิด ฝุ่น (Powdering) วิธีอื่นๆ จำเป็นต้องนำวัตถุพยานมาหารอยลายนิ้วมือแฝงในห้องปฏิบัติการ จากการศึกษาพบว่าได้มีงานวิจัยสำหรับการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งในประเทศไทย มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์สำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยวิธีการแช่สารที่ pH 2-11 ด้วยสารละลาย CuSO_4 และ ZnCl_2 (ฐิติมา ปานมณี, 2555) และมีการผลิตอุปกรณ์ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยใช้แท่งคาร์บอน มี AgNO_3 เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (อดิเรก พิทักษ์, อภิภา แสงวิมาน, เขมฤทัย ถามะพัฒน์, สุรินทร์ ชมเสาร์หัส และ ศิริประภา รัตตัญญู, 2559) ในต่างประเทศ เริ่มมีการทำวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์โดยลายนิ้วมือที่มีกรดไขมันทำหน้าที่เป็นฉนวนบนพื้นผิว

และสามารถพัฒนารอยลายนิ้วมือโดยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันบนแผ่นโลหะ (Bersellini, Garofano, Giannetto, Lusardi & Mori, 2001) มีการศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้ผงไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่มีคุณสมบัติทางแสงมาตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง พบว่า อนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดเล็กระดับไมครอนเป็นผงสีขาวให้ผลดีในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝง บนวัตถุ พื้นผิวเรียบ (Choi et al, 2007) มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะ (ทองแดง, อลูมิเนียม, เหล็ก, ทองเหลืองและสังกะสี) และพื้นผิวที่ไม่ใช่โลหะ (แก้วและพลาสติก) สำหรับการหารอยลายนิ้วมือที่แฝงโดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบน้ำ (Jasuja, Singh & Almog, 2011) ในปี ค.ศ.2013 เริ่มมีการศึกษาพัฒนาผงฝุ่นแบบใหม่โดยใช้ซิลิกา (Silica gel G) หารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่างๆ ได้แก่ พลาสติก แก้ว กระดาษธรรมดา รวมถึง กระดาษคาร์บอน, กล้องไม้ขีดไฟ, กระดาษแข็ง, พื้นผิวไม้เคลือบเงา, พื้นผิวด้านบนที่สามารถเขียนได้ของแผ่นซีดีและพื้นผิวกระดาษนิตยสาร ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากกับพื้นผิวดังกล่าว (Singh, Sharma & Garg, 2013) ได้มีการพัฒนาการใช้ซิลิกอนออกไซด์ผสมกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เพื่อพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝง (LeŚniewski, 2016) ต่อมา ได้ศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะที่คงอยู่กับที่โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เจลโดยวิธีการจุ่มเปรียบเทียบกับวิธี ผงฝุ่นดำ (Black Powdering), การอบชุบเปอร์กลู (Superglue Fuming) และวิธีการทำปฏิกิริยาของอนุภาคนาโนขนาดเล็ก (Small particle reagent) (Jasuja and Singh, 2017) ศึกษาการใช้ซิลิกอนออกไซด์โดยเป็นตัวดูดซับระหว่างโมเลกุลสีย้อมประจุบวกและไดอะตอมไมต์เมื่อเทียบกับสารผสมซิลิกาสังเคราะห์ ผงย้อมสีประจุบวกไดอะตอมไมต์ ถูกนำมาใช้เป็นผงฝุ่นชนิดใหม่

สำหรับการพัฒนา รอยนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวต่าง ๆ (Yuan, Li, Wang & Zhang, 2018) ในปี 2020 Kulvir Singh และคณะ ได้ศึกษาการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ละลายในน้ำ โดยการเตรียมจากสารเคมีที่มีธาตุที่มีค่า electronegativity สูง นำมาตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ โดยทำในรูปของการจุ่มสารละลาย สเปรย์ หยด และรูปของเจล นอกจากนี้ยังตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่มีรูพรุน กึ่งรูพรุน และไม่มีรูพรุนได้ (JASUC & SINGH, 2021) ในปี 2023 Kun-Man_Yao และคณะ ได้ใช้วิธีทางเคมีไฟฟ้าในการทำให้นิ้วมือแฝงปรากฏโดยใช้แผ่นฟิล์มทองแดง และแสดงให้เห็นว่าสามารถประยุกต์ใช้บนพื้นผิวทองแดง พื้นผิวสแตนเลส และพื้นผิวนิกเกิลได้ด้วย (Yao, Xu, Huang, Mo, & Lyu, 2023)

จากความสำคัญและปัญหาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาต่อเพื่อพัฒนาวิธีการในการหารอยลายนิ้วมือแฝงที่ ติดอยู่บนพื้นผิวโลหะ ได้แก่ สังกะสี สแตนเลส อลูมิเนียม ทองเหลือง และอัลลอยด์ โดยการใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกสามารถนำมาใช้กับรอยลายนิ้วมือแฝงที่ติดอยู่บนพื้นผิวโลหะที่เคลื่อนย้ายได้ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหารอยลายนิ้วมือแฝงในสถานที่เกิดเหตุได้ ที่สำคัญ ช่วยในการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาการเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล ในการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝง บนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สังกะสี สแตนเลส อลูมิเนียม ทองเหลือง และอัลลอยด์

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้สูตรอิเล็กโทรไลต์แบบเจลที่ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ได้ดี

2. สามารถนำเทคนิคในการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่าง ๆ ไปใช้จริงในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์และในสถานที่เกิดเหตุจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เจลที่ประกอบด้วย โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต, แคลเซียมคลอไรด์ และ ผงซิลิกา ซึ่งต่อไปนี้จะใช้คำว่า PCS gel แทน การทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างแผ่นโลหะ ชนิดต่างๆ ที่ใช้ศึกษา ได้แก่ สังกะสี สแตนเลส อลูมิเนียม ทองเหลือง และอัลลอยด์ ทำการตัดเป็นแผ่น ขนาดกว้าง 4 cm ยาว 4 cm

2. การจำลองรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวตัวอย่างวัตถุพยาน โดยทำการประทับรอยลายนิ้วมือลงบนพื้นผิวโลหะตัวอย่างที่ตัดไว้ด้วยแรงกดประมาณ 2,000 กรัม ใช้เวลาในการกด 5 วินาที

3. เตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจลดังนี้

3.1 โพแทสเซียม เปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) ช่วงความเข้มข้น 1-10 %w/v

3.2 แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ช่วงความเข้มข้น 1-10 %w/v

4. นำผงซิลิกา (SiO_2 Powder) ประมาณ 1-10 กรัม ผสมกับสารในข้อ 3 ตามอัตราส่วน

5. นำพู่กันจุ่มสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจลในข้อ 4 และทาบนพื้นผิวโลหะที่เตรียมไว้ในข้อ 1

6. ทำการบันทึกภาพรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏด้วยกล้องดิจิทัล Camera model: NIKON D5600 (F-number 4-4.5)

7. วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือพร้อมส่งให้ผู้ชำนาญด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝง จำนวน 3 ท่าน (เป็นผู้มีประสบการณ์ในการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝง 5 ปี 10 ปี และ 20

ปี) ให้คะแนนความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นดังนี้

7.1 เกณฑ์การให้คะแนนการ

ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง ดังรูปที่ 1

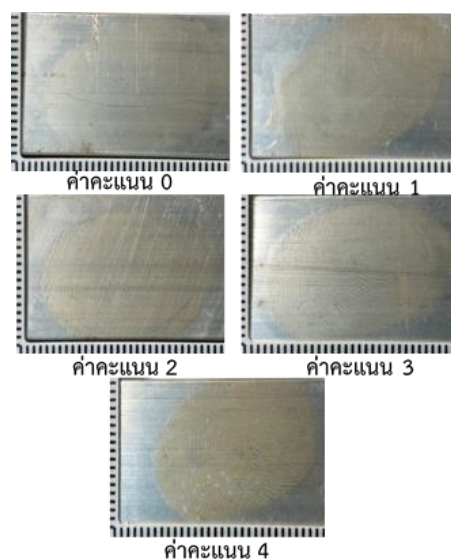
0 หมายถึง ไม่มีรอยลายนิ้วมือปรากฏ

1 หมายถึง มีรอยลายนิ้วมือปรากฏน้อยกว่าหนึ่งในสาม

2 หมายถึง มีรอยลายนิ้วมือปรากฏในช่วงหนึ่งในสามถึงสองในสาม

3 หมายถึง มีรอยลายนิ้วมือปรากฏมากกว่าสองในสาม

4 หมายถึง มีการพัฒนารอยลายเส้นสมบูรณ์



รูปที่ 1 ภาพแสดงเกณฑ์การให้คะแนนการปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงด้วย PCS gel ตามข้อ 7.1

7.2 ตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะด้วยวิธี PCS gel เปรียบเทียบกับการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยผงฝุ่นดำ

8. ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากการทดลอง

8.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือที่ได้จากวิธี PCS gel โดยการให้คะแนน

8.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือวิธี PCS gel เปรียบเทียบกับการตรวจรอยลายนิ้วมือนิ้วด้วยผงฝุ่นดำ

9. ขั้นตอนการเตรียม PCS gel

เตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในน้ำกลั่นที่อัตราส่วนต่างๆ ที่เหมาะสม (Jasuja, Singh, Kumar & Singh, 2015) โดยผสมอัตราส่วนโดยปริมาตรจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1-10 %w/v สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 1-10 % w/v นำสารละลายทั้งสองผสมเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในอัตราส่วนปริมาตร จากนั้นผสมด้วยผงซิลิกาปริมาณ 1-10 กรัม โดยทำการปรับส่วนผสมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และผงซิลิกาให้

สารละลายในลักษณะเจลโดยจะเรียกสารผสมนี้ว่า PCS gel ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

ทำการศึกษาการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวอลูมิเนียมโดยการเตรียมสารละลายอิเล็กโทรไลต์ PCS gel ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน ถ่ายรูปรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้น จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อได้อัตราส่วน PCS gel ที่เหมาะสมแล้ว นำอัตราส่วน PCS gel ที่เหมาะสมมากทำการทดลองกับโลหะชนิดต่างๆ และทำการศึกษาถึงระยะเวลาต่างๆ ที่เหมาะสมภายหลังการทำ PCS gel ก่อนที่จะถ่ายรูปรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏขึ้น

ตารางที่ 2 ช่วงของค่าความเข้มข้นและอัตราส่วนต่างๆ ของปริมาตรสารละลายผสมระหว่าง Potassium permanganate กับ Calcium chloride และปริมาณ silica powder ที่ใช้ในการทดลอง

Potassium permanganate (w/v)	Calcium chloride (w/v)	Mixture volume (10 mL) KMnO ₄ (mL) : CaCl ₂ (mL)	silica powder (g)
1%-10%	1%-10%	9:1	1-10
1%-10%	1%-10%	8:2	1-10
1%-10%	1%-10%	6:4	1-10
1%-10%	1%-10%	5:5	1-10
1%-10%	1%-10%	4:6	1-10
1%-10%	1%-10%	2:8	1-10
1%-10%	1%-10%	1:9	1-10

ผลการทดลอง

จากการศึกษาการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี PCS Gel บนพื้นผิวโลหะ ประเภทต่างๆ ได้แก่ อลูมิเนียม สแตนเลส อัลลอยด์ ทองเหลือง และ สังกะสี ผู้วิจัยได้ศึกษา ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและแคลเซียมคลอไรด์ เพื่อหารอยลายนิ้วมือ

แฝงบนพื้นผิวโลหะ เนื่องจากมีคุณสมบัติและสีในการออกซิไดซ์ได้ดี และได้พัฒนาการเติมผงซิลิกา เพื่อให้สารละลายสัมผัสกับพื้นผิวได้นานขึ้นด้วยวิธีการทา และเมื่อทา PCS Gel บนพื้นผิวแต่ละชนิด โดยศึกษาถึงผลค่าคะแนนที่ได้รับ โดยจะยกตัวอย่างอัตราส่วนของสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แคลเซียมคลอไรด์ และผงซิลิกา

ที่ใช้ เช่น 1% CaCl_2 (w/v) และใช้ (1-8%) KMnO_4 (% w/v) และมีค่า Silica Powder 5 g

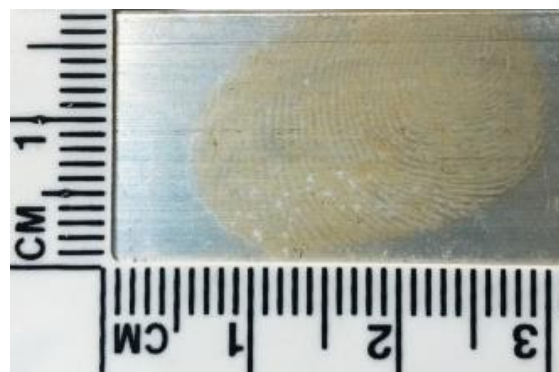
แสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 2

ตารางที่ 3 อัตราส่วนระหว่างสารเคมีในการทดลองและการให้ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิว

KMnO_4 (%w/v)	CaCl_2 (%w/v)	Mixture volume (10 mL)	Silica Powder (g)	ค่าคะแนน
1	1	5:5	5	0
2	1	5:5	5	1
3	1	5:5	5	1
4	1	5:5	5	1
5	1	5:5	5	4
6	1	5:5	5	2
7	1	5:5	5	2
8	1	5:5	5	2
9	1	5:5	5	1
10	1	5:5	5	0

จากตารางที่ 3 พบว่า จากการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1 %w/v 5 mL และสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 5%w/v 5 mL และผงซิลิกา 5 g ผสมทำให้เป็นเนื้อเดียวกันซึ่ง PCS Gel นี้ เมื่อนำมาทดลองได้ประทับรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะอลูมิเนียม เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยได้คะแนนถึงระดับ 4 แสดงดังรูปที่ 2 จึงได้ใช้อัตราส่วนผสมดังกล่าวตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะชนิดต่างๆ ซึ่งก่อนทา PCS Gel นั้น รอยลายนิ้วมือที่ประทับนั้นยังไม่เห็นรอยลายเส้นที่ชัดเจนไม่สามารถใช้ยืนยันตัวบุคคลได้จากการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในรูปที่ 3 ภายหลังการทาด้วย PCS Gel พบว่า มีรอยลายนิ้วมือแฝงที่มองเห็นได้ชัดเจนและมีคุณภาพเพียงพอที่จะเห็นจุดลักษณะสำคัญพิเศษ สามารถตรวจยืนยันตัวบุคคลได้ ซึ่งในการทดลองมีการศึกษาเวลาในการปรากฏขึ้นภายหลังการทา PCS Gel ทั้งไว้บน

พื้นผิวโลหะ ให้เกิดรอยนิ้วมือแฝงได้ชัดเจนบนพื้นผิวโลหะต่างๆ ให้ผลการศึกษาตามเวลาดังต่อไปนี้ อลูมิเนียม ทาทิ้งไว้ 15 นาที สแตนเลส 20 นาที และพื้นผิวโลหะอื่นๆ 25 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4

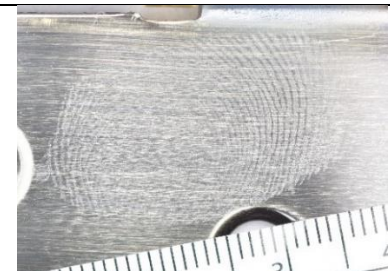


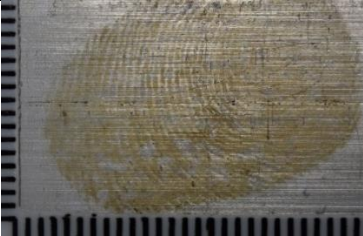
รูปที่ 2 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวอลูมิเนียม มีค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4 อัตราส่วน 1:1:1 5 mL 5% w/v KMnO_4 : 5 mL 1% w/v CaCl_2 : 5 g silica powder



รูปที่ 3 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวอัลลอยด์เปรียบเทียบกับระหว่าง (ก) ก่อนการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี PCS gel กับ (ข) หลังการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธี PCS gel

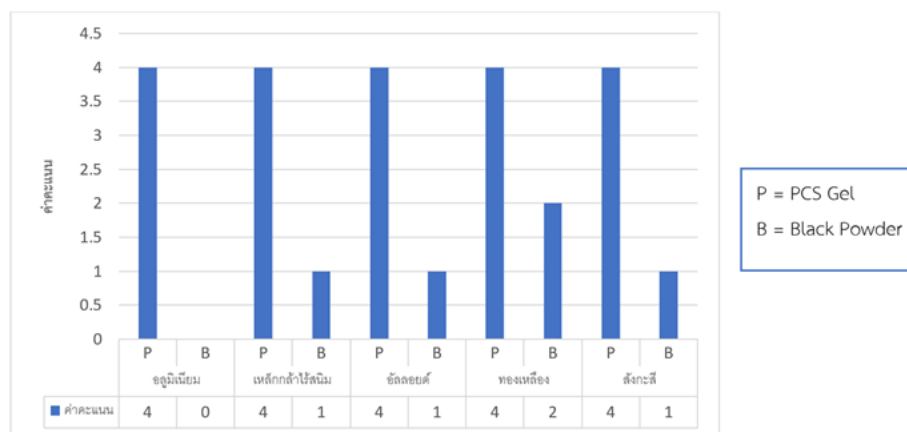
ตารางที่ 4 ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏ ด้วยวิธี PCS gel อัตราส่วน 1:1:1 5% w/v KMnO_4 :1% w/v CaCl_2 :silica powder ค่าคะแนนรอยลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวเท่ากับ 4

พื้นผิวโลหะ	เวลาที่ทา PCS Gel ทิ้งไว้บนพื้นผิวโลหะ	ภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝง
อลูมิเนียม	10 นาที	
สแตนเลส	20 นาที	
อัลลอยด์	25 นาที	

ทองเหลือง	25 นาที	
สังกะสี	25 นาที	

นอกจากนี้เมื่อนำวิธี PCS gel ที่ผสมขึ้นที่อัตราส่วนที่เหมาะสมมาศึกษาเปรียบเทียบกับการหารอยลายนิ้วมือแฝงด้วยการปัดด้วยผงฝุ่นดำซึ่ง

เป็นวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่าวิธีที่คิดค้นใหม่ในการวิจัยนี้สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ดีมาก แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสดงคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนพื้นผิวโลหะบนพื้นผิวชนิดต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างวิธี PCS gel กับวิธีผงฝุ่นดำ (Black Powder)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงได้ในที่เกิดเหตุจริงด้วยวิธี PCS gel สำหรับการหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวโลหะ ได้แก่ อลูมิเนียม สแตนเลส ทองเหลือง อัดลอยด์ สังกะสี ซึ่งเป็นวัตถุพยานที่พบบ่อยในที่เกิดเหตุ โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจล จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของ PCS gel คือ 1 (Volume) :

1 (Volume) : 1 (Weight) (5 %w/v โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 5 mL: 1 %w/v แคลเซียมคลอไรด์ 5 mL: Silica powder 5 g) โดยการทดสอบสารละลายอิเล็กโทรไลต์แบบเจลบนพื้นผิวโลหะที่ทดลองได้ดี ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถใช้ในการยืนยันตัวบุคคลได้ และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นผิวโลหะขนาดใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เนื่องจากเป็นเจลจึงเกาะติดกับรอยลายนิ้วมือแฝงได้ดี ซึ่งเมื่อได้เปรียบเทียบกับวิธีผงฝุ่นดำ ปรากฏว่าวิธีผงฝุ่นดำพบรอยลายเส้นหรือจุด

ลักษณะสำคัญพิเศษบนพื้นผิวโลหะได้โดยมีราคา ถูกหาซื้อง่าย สามารถตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง บนพื้นผิวโลหะได้ดี งานวิจัยนี้สอดคล้องกับ งานวิจัยอื่นๆ สำหรับการใช้อนุสรณ์ลายอิเล็กทรอนิกส์ โลตซ์ชนิดต่างๆ ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง บนพื้นผิวต่างๆ ได้ (Jasuja, Singh & Almog, 2011), (Jasuja and Singh, 2017), (JASUC & SINGH, 2021) แต่มีข้อดีคือสารเคมีที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ หาซื้อง่าย เตรียมได้ง่ายและสามารถใช้ กับพื้นผิวโลหะหลากหลายประเภทและเมื่อทำใน รูปเจลจึงสามารถเกาะติดบนพื้นผิวได้นาน สามารถใช้กับวัตถุขนาดใหญ่ หรือวัตถุที่ไม่สามารถ เคลื่อนย้ายได้ดี

วิธี PCS gel นับเป็นวิธีการใหม่ที่มี ประสิทธิภาพและสามารถทำในสถานที่เกิดเหตุได้ ทันที สะดวก พกพาง่าย ใช้ประโยชน์ได้จริงทางนิติ วิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- ฐิติมา ปานมณี.(2555). *การหารอยลายนิ้วมือแฝงโดยใช้สารอิเล็กทรอนิกส์* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี) มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง. (ม.ป.ป.). *สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) ทั่วประเทศ*. <https://www.crimespolice.com/portal>
- อรรถพล แซ่มสุวรรณ และคณะ. (2546). *นิติวิทยาศาสตร์ 2 เพื่อการสืบสวน.พิมพ์ครั้งที่ 4*. บริษัท ทีซีจี พริน ติ้ง จำกัด.
- อรรถพล เหลืองอรุณ, ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และ ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี. (2562). การหารอยลายนิ้วมือแฝงบน ด้านเหนียวของเทปขาวโดยใช้ผงฝุ่นดำและน้ำยาล้างจาน. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 6(3), 18-34.
- อดิเรก พิทักษ์, อภิภา แสงวิมาน, เขมฤทัย ถามะพัฒน์, สุรินทร์ ชมเสาร์หัส และศิริประภา รัตตัญญู. (2559) การหารอยลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุพยานที่เป็นโลหะโดยใช้เซลล์ไฟฟ้าเคมี. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(2)-75-90.
- Bersellini, C., Garofano, L., Giannetto, M., Lusardi, F., & Mori, G. (2001). Development of latent fingerprints on metallic surfaces using electropolymerization processes. *Journal of forensic sciences*, 46(4), 871-877.

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษากับพื้นผิวโลหะที่หลากหลาย ประเภทมากกว่านี้ และควรนำไปใช้กับตัวอย่างที่มี รูปทรงต่าง ๆ เช่น โลหะประเภทพื้นผิวหยาบหรือ พื้นผิวมีสีต่าง ๆ และนำไปใช้ตรวจกับตัวอย่างจริง ในสถานที่เกิดเหตุ เช่น รอยลายนิ้วมือแฝงบน ประตูหรือบานหน้าต่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการ หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์ จาก กองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากรในส่วนของ คณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์” จาก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สัญญา เลขที่ SC-FS-2567-01

- Choi, M. J., Smoother, T., Martin, A. A., McDonagh, A. M., Maynard, P. J., Lennard, C., & Roux, C. (2007). Fluorescent TiO₂ powders prepared using a new perylene diimide dye: applications in latent fingerprint detection. *Forensic science international*, 173(2-3), 154-160.
- LeŚniewski, A. (2016). Hybrid organic–inorganic silica based particles for latent fingerprints development: A review. *Synthetic Metals*, 222, 124-131.
- Singh, K., Sharma, S., & Garg, R. K. (2013). Visualization of latent fingerprints using silica gel G: a new technique. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 3(1), 20-25.
- JASUCA, O. P., & SINGH, K. (2021). Visualization of Latent Fingerprints by Aqueous Electrolytes: New Developments. *Adli BilimLer ve Suç Arařtırmaları*, 2(2), 155-170.
- Jasuja, O. P., Singh, G., & Almog, J. (2011). Development of latent fingerprints by aqueous electrolytes. *Forensic Science International*, 207(1-3), 215-222.
- Jasuja, O. P., Singh, K., Kumar, P., & Singh, G. (2015). Development of latent fingerprints by aqueous electrolytes on metallic surfaces: further studies. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 48(3), 122-136.
- Jasuja, O. P., & Singh, K. (2017). Visualizing latent fingerprints by aqueous electrolyte gel on fixed aluminum and steel surfaces. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 50(4), 181-196.
- Yuan, C., Li, M., Wang, M., & Zhang, L. (2018). Cationic dye-diatomite composites: Novel dusting powders for developing latent fingerprints. *Dyes and Pigments*, 153, 18-25.
- Yao, K. M., Xu, M., Huang, X. Z., Mo, D. C., & Lyu, S. S. (2023). Electrochemical deposition of copper films to develop the latent sebaceous fingerprints on metal substrates. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 941, 117526.

Dendritic Cell Vaccine and Hypersensitivity

เมธิตรินทร์ วรวิสุทธิกุล¹, ปิยาลักษณ์ งามเลิศนัย², ณณณิณ สลึงศ์³, พีรภัทร ภูริภัทรพันธุ์⁴, พราว
พร้อมพัฒนภักดี⁵, อลลิษา พงษ์วิทยานัน⁶, พิชญดา จันทาทอง⁷ และศุภิมัน มังคลรังษี⁸

โรงเรียนนิวตัน¹, โรงเรียนนานาชาติสิงคโปร์ กรุงเทพมหานคร^{2,5}, โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย³

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา⁴, โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)⁶

โรงเรียนวัฒนาวิทยาลัย⁷, นักวิจัยอิสระ⁸

Maythirin Voravisutthikul¹, Piyalux Ngamlertdanai², Nachachin Saleewong³,

Peeraphat Phuripattaraphan⁴, Proud Prompattanapakdee⁵, Alisha

Pongvittayapanu⁶, Pitchayada Chanthathong⁷, Sujimon Mungkalarungsi⁸

The Newton Sixth Form School¹, Singapore International School Bangkok^{2,5},

Samsenwittayalai School³, Triam Udom Suksa School⁴, Srinakharinwirot University

Prasarnmit Demonstration School⁶, Wattana Wittaya Academy⁷, Independent researcher⁸

Mayu.tt1717@gmail.com ¹, mukpn288@gmail.com ², chachin1903@gmail.com ³,

Phuripattaraphan2@gmail.com⁴, proud.dy.pompattanapakdee@gmail.com⁵,

Alisha.perth@gmail.com⁶, iamfine2606@gmail.com⁷, khunsujimon.m@gmail.com⁸

Received: May 3, 2024; Revised: March 26 2025; Accepted: April 2, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนบทบาทของเซลล์เดนไดรติกในการเกิดภาวะภูมิไวเกิน และ ประเมินศักยภาพของการตอบสนองแบบภูมิไวเกินชนิดล่าช้า (Delayed-Type Hypersensitivity: DTH) ในการเป็นตัวชี้วัดผลลัพธ์ของวัคซีนเซลล์เดนไดรติกในการรักษาโรคมะเร็ง เป็นการทบทวนวรรณกรรมเชิงพรรณนา (Narrative Review) โดยรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูล PubMed, Scopus, ScienceDirect และ Google Scholar โดยใช้คำสำคัญ “dendritic cell vaccine,” “hypersensitivity,” “delayed-type hypersensitivity,” และ “cancer immunotherapy” โดยเน้นบทความที่ตีพิมพ์ระหว่างปี พ.ศ. 2542–2568 ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยที่มีผล DTH เป็นบวกหลังได้รับวัคซีนเซลล์เดนไดรติก มักมีแนวโน้มการตอบสนองต่อการรักษาที่ดีในหลายชนิดของมะเร็ง เช่น melanoma, nasopharyngeal carcinoma และ มะเร็งปอด โดยการตอบสนองแบบ DTH สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของเซลล์ T จำเพาะและไซโตไคน์ เช่น IL-2 และ IFN- γ อย่างไรก็ตาม การวัด DTH แบบดั้งเดิมอาจยังขาดความแม่นยำ จึงมีข้อเสนอให้ใช้วิธีทางเนื้อเยื่อวิทยาในการประเมินผลเพิ่มเติม การตอบสนองแบบ DTH มีศักยภาพเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของวัคซีนเซลล์

เดนไดรติกในการรักษาโรคมะเร็ง แต่ยังจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาเกณฑ์มาตรฐานที่แม่นยำและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เซลล์เดนไดรติก ภูมิไวเกิน วัคซีน ภูมิไวเกินชนิดล่าช้า มะเร็ง อาการแพ้

Abstract

In recent years, dendritic cells have been developed into vaccines for cancer treatment due to their ability to induce specific immune responses. The purposes of this narrative review were to explore the role of dendritic cells in hypersensitivity reactions and to evaluate the potential of delayed-type hypersensitivity (DTH) responses as indicators of the clinical efficacy of dendritic cell vaccines in cancer therapy. Relevant literature was retrieved from PubMed, Scopus, Science Direct, and Google Scholar using keywords including “dendritic cell vaccine,” “hypersensitivity,” “delayed-type hypersensitivity,” and “cancer immunotherapy,” with a focus on studies published between 1999 and 2025. Findings suggested that patients who exhibited a positive DTH response after receiving dendritic cell vaccines tended to show better therapeutic outcomes in various cancers, such as melanoma, nasopharyngeal carcinoma, and lung cancer. DTH responses were associated with increased levels of antigen-specific T cells and cytokines, such as IL-2 and IFN- γ . However, conventional DTH measurements may lack precision, and histological methods have been proposed as a more accurate assessment approach. DTH thus holds promise as a predictive biomarker for the efficacy of dendritic cell vaccines in cancer treatment, but further research is needed to establish standardized and reliable evaluation protocols.

Keywords: dendritic cells, hypersensitivity, vaccine, delayed-type hypersensitivity, cancer, allergy

บทนำ

ระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์มีบทบาทสำคัญในการป้องกันร่างกายจากเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม โดยเซลล์เดนไดรติก (Dendritic Cells: DCs) ทำหน้าที่สำคัญในฐานะเซลล์นำเสนอแอนติเจน (Antigen Presenting Cells) ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกระตุ้นเซลล์ T ให้เกิดการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน ทั้งในรูปแบบของการ

ป้องกันการติดเชื้อ การทำลายเซลล์มะเร็ง และกระตุ้นความจำทางภูมิคุ้มกัน (Gonzalez et al., 2010; Humeniuk et al., 2017)

ด้วยศักยภาพในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันเฉพาะจำเพาะต่อแอนติเจน เซลล์เดนไดรติกจึงถูกพัฒนาเป็นวัคซีนชนิดใหม่สำหรับการรักษาโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็ง โดยเฉพาะในรูปแบบของวัคซีน

ภูมิคุ้มกันบำบัด (Cancer Immunotherapy) อย่างไรก็ตาม การใช้เซลล์เดนไดรติกในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันอาจนำไปสู่ปฏิกิริยาภูมิไวเกิน (Hypersensitivity) ได้ในบางราย ซึ่งภาวะนี้อาจมีผลกระทบทั้งเชิงบวกและลบต่อผลการรักษา (McNeil & DeStefano, 2018) ในบรรดาปฏิกิริยาภูมิไวเกินที่เกี่ยวข้องกับวัคซีนเซลล์เดนไดรติก พบว่าการตอบสนองแบบภูมิไวเกินชนิดล่าช้า (Delayed-Type Hypersensitivity: DTH) อาจมีบทบาทสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของวัคซีน โดยการศึกษาหลายฉบับรายงานว่าผู้ป่วยที่มีผล DTH เป็นบวกมีแนวโน้มให้ผลการรักษาที่ดีขึ้น (Escobar et al., 2005; López et al., 2009; Li et al., 2013) นำไปสู่แนวคิดในการใช้การตอบสนองแบบ DTH เป็นตัวชี้วัดผลลัพธ์ของการรักษาด้วยวัคซีนเซลล์เดนไดรติก

วัตถุประสงค์

การทบทวนวรรณกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของเซลล์เดนไดรติกในกระบวนการเกิดภาวะภูมิไวเกินและประเมินความเป็นไปได้ของการใช้การตอบสนองแบบภูมิไวเกินชนิดล่าช้า (DTH) เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของวัคซีนเซลล์เดนไดรติกในการรักษาโรคมะเร็ง

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเชิงพรรณนา (Narrative Review) โดยสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล PubMed, Scopus, ScienceDirect และ Google Scholar จนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 โดยใช้คำสำคัญ เช่น dendritic cell vaccine, hypersensitivity, delayed-type hypersensitivity และ cancer

immunotherapy คัดเลือกบทความที่เผยแพร่ระหว่างปี พ.ศ. 2542–2568 ซึ่งเป็นบทความวิจัย บทความทบทวน หรือรายงานผลทางคลินิกที่เกี่ยวข้องกับบทบาทของเซลล์เดนไดรติกในการตอบสนองภูมิคุ้มกันภาวะภูมิไวเกิน และการประเมินผลการรักษาด้วยวัคซีนเซลล์เดนไดรติก โดยเน้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองแบบ DTH

ผลการสังเคราะห์บททวนวรรณกรรม

1. เซลล์เดนไดรติก

เซลล์เดนไดรติก (Dendritic cells: DCs) เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดหนึ่งซึ่งมีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน โดยทำหน้าที่เป็นเซลล์นำเสนอแอนติเจน (Antigen-presenting cells: APCs) ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ถูกสร้างขึ้นจากเซลล์ต้นกำเนิดเม็ดเลือด (Hematopoietic stem cells) และพบในเลือดคิดเป็นประมาณ 0.5–1% ของจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (Humeniuk et al., 2017) ลักษณะของเซลล์ประกอบด้วยแขนงที่สามารถยืดหดได้ ส่งผลให้เคลื่อนที่ได้ดีและสามารถจับสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่เซลล์ผ่านกระบวนการ micropinocytosis, phagocytosis และ receptor-mediated endocytosis (Tarte & Klein, 1999; Humeniuk et al., 2017)

ที่เยื่อหุ้มเซลล์เดนไดรติกประกอบด้วยโมเลกุล MHC class II รวมถึง CD40, CD80 และ CD86 จำนวนมาก ทำให้สามารถกระตุ้นและควบคุมการทำงานของเซลล์ T ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [Gonzalez et al., 2010] เมื่อสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย เซลล์เดนไดรติกจะจับและย่อยแอนติเจน จากนั้นนำไปแสดงต่อเซลล์ T ชนิด CD4+ ส่งผลให้เซลล์ T พัฒนาเป็นเซลล์

ผู้ช่วยชนิดที่ 2 (Th2) ซึ่งจะหลั่งไซโตไคน์กระตุ้นเซลล์ B ให้สร้างแอนติบอดีชนิด IgE จำเพาะต่อแอนติเจน และกระตุ้นเซลล์มาสต์ให้หลั่งสาร histamine ทำให้เกิดอาการแพ้ เช่น ลมพิษ บวม น้ำ หรือผิวหนังอักเสบ (Humeniuk et al., 2017)

ในด้านการพัฒนาและจำแนกชนิดของเซลล์เดนไดรติก สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักได้แก่

Plasmacytoid DCs (pDCs) – มีลักษณะคล้ายเซลล์พลาสมา สามารถผลิตอินเตอร์เฟอรอนชนิดที่ 1 (Type I IFNs) ในปริมาณมาก โดยเฉพาะเมื่อเกิดการติดเชื้อไวรัส [Perez & De Palma, 2019]

Myeloid หรือ Conventional DCs (cDCs) – แบ่งย่อยเป็น cDC1 และ cDC2 โดย cDC1 ใช้ MHC class I ในการกระตุ้นเซลล์ T ชนิด CD8+ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต่อต้านเซลล์มะเร็ง ในขณะที่ cDC2 ใช้ MHC class II กระตุ้นเซลล์ T ชนิด CD4+ [Collin & Venetia, 2018; Gonzalez et al., 2010]

นอกจากนี้ยังมีเซลล์เดนไดรติกชนิด mDC (Monocyte-derived dendritic cell) ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์โมโนไซต์ในภาวะอักเสบ ซึ่งมีบทบาททั้งในระบบภูมิคุ้มกันโดยกำเนิดและภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (Adaptive immunity) [Humeniuk et al., 2017]

2. ภาวะภูมิไวเกิน

ภาวะภูมิไวเกิน (Hypersensitivity) คือ ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ตอบสนองต่อแอนติเจนอย่างรุนแรงเกินความจำเป็น แม้ว่าแอนติเจนเหล่านั้นจะไม่เป็นอันตราย ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อและระบบการทำงานของ

ร่างกาย [Pallardy & Bechara, 2017] ภาวะนี้เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ โดยเฉพาะในรูปแบบของการแพ้สัมผัส ซึ่งพบได้ในประชากรทั่วไปประมาณร้อยละ 15–20

ตามเกณฑ์การจำแนกของ Gell and Coombs ภาวะภูมิไวเกินแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

- **ประเภทที่ 1:** เกิดจาก IgE และเซลล์มาสต์ ทำให้เกิดอาการแพ้แบบทันที เช่น ลมพิษ และอาการรุนแรงแบบ anaphylaxis

- **ประเภทที่ 2:** เกี่ยวข้องกับ IgG หรือ IgM ทำให้เกิดความเสียหายของเนื้อเยื่อ เช่น autoimmune hemolytic anemia

- **ประเภทที่ 3:** เกิดจาก immune complex ส่วนเกิน เช่น systemic lupus erythematosus

- **ประเภทที่ 4:** เป็นภูมิไวเกินแบบล่าช้า (Delayed-type hypersensitivity, DTH) ขับเคลื่อนโดยเซลล์ T และ macrophages ทำให้เกิดโรค เช่น multiple sclerosis และโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (Momtazmanesh & Rezaei, 2022; Mikami et al., 2014)

การเกิดภาวะภูมิไวเกินมีสองระยะหลักได้แก่

1. **ระยะ Sensitization:** ระบบภูมิคุ้มกันสัมผัสกับแอนติเจนและสร้างความจำ โดยเซลล์ T จะเปลี่ยนสภาพเพื่อจดจำแอนติเจน โดยยังไม่แสดงอาการ

2. **ระยะ Elicitation:** เมื่อร่างกายได้รับแอนติเจนซ้ำ ระบบภูมิคุ้มกันจะตอบสนองอย่างรวดเร็วและรุนแรง เกิดอาการทางคลินิก เช่นในกรณีของ allergic contact dermatitis ที่อาการมักเกิดภายใน 48–72 ชั่วโมง (Rustemeyer, 2022)

สำหรับอาการแพ้รุนแรง (Anaphylaxis) ซึ่งจัดเป็นภาวะภูมิไวเกินประเภทที่ 1 พบได้ประมาณ 4–5 รายต่อประชากร 100,000 คน และอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตหากไม่ได้รับการรักษาทันเวลาที่ [Choi et al., 2018]

เซลล์เดนไดรติกมีบทบาทสำคัญในการเริ่มต้นกระบวนการภูมิไวเกิน โดยทำหน้าที่จับแอนติเจนหรือ hapten ที่รวมตัวกับโปรตีนในร่างกายแล้วกระตุ้นการสร้าง co-stimulatory molecules และไซโตไคน์อักเสบ เช่น IL-12 และ type I interferons นอกจากนี้ เซลล์เดนไดรติกยังสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตัวเอง เช่น ลด E-cadherin และสร้าง matrix metalloproteinase-9 เพื่อเคลื่อนผ่านเยื่อชั้น basement membrane ไปยังต่อมน้ำเหลืองเพื่อกระตุ้นเซลล์ T ชนิด CD4+ และ CD8+ (Aiba, 2007; Stoitzner et al., 2022) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของปฏิกิริยาภูมิไวเกินที่จำเพาะเจาะจงต่อแอนติเจน

3. วัคซีนเซลล์เดนไดรติก

เซลล์เดนไดรติก (Dendritic cells: DCs) มีบทบาทสำคัญในการนำเสนอแอนติเจนต่อเซลล์ T ทั้งชนิด CD4⁺ และ CD8⁺ เพื่อกระตุ้นกระบวนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในการกำจัดสิ่งแปลกปลอม ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว เซลล์เดนไดรติกจึงได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นวัคซีนเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันเฉพาะต่อแอนติเจน โดยเฉพาะในการรักษาโรคร้ายแรง เช่น มะเร็ง ซึ่งยังไม่มีวิธีการรักษาที่ให้ผลลัพธ์อย่างยั่งยืน

การรักษาด้วยวัคซีนเซลล์เดนไดรติกเป็นรูปแบบหนึ่งของภูมิคุ้มกันบำบัดที่ออกแบบให้จำเพาะกับผู้ป่วยแต่ละราย โดยเน้นการกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้สามารถจดจำและทำลายเซลล์มะเร็ง

เฉพาะชนิดในร่างกายผู้ป่วย นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการสร้างเซลล์หน่วยความจำของระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้สามารถตอบสนองต่อเซลล์มะเร็งที่กลับมาใหม่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การเตรียมวัคซีนเซลล์เดนไดรติกสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมคือ การแยกเซลล์โมโนไซต์จากเลือดของผู้ป่วย แล้วเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการโดยใช้สารกระตุ้น เช่น Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) และ Interleukin-4 (IL-4) เพื่อเหนี่ยวนำให้เปลี่ยนเป็นเซลล์เดนไดรติก ซึ่งกระบวนการนี้ใช้เวลาประมาณ 14 วัน (Tarte & Klein, 1999; Perez & De Palma, 2019)

แม้ว่าวัคซีนเซลล์เดนไดรติกที่ผลิตจากเซลล์โมโนไซต์ (MoDC) จะได้รับการยืนยันว่ามีความปลอดภัยในการใช้งานมาหลายทศวรรษ แต่ประสิทธิภาพในการรักษายังคงมีข้อจำกัด จึงมีการศึกษากลุ่มย่อยของเซลล์เดนไดรติกที่มีศักยภาพสูงกว่า โดยเฉพาะเซลล์เดนไดรติกชนิด cDC1 ซึ่งสามารถกระตุ้นเซลล์ T พิฆาต (cytotoxic T cells) รวมถึงเซลล์นักฆ่าธรรมชาติ (NK) และเซลล์ T แบบ NKT ที่มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองภูมิคุ้มกันต่อต้านเนื้องอก (Calmeiro et al., 2020)

ปัจจุบันมีความพยายามอย่างต่อเนื่องในการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ cDC1 ตั้งแต่กระบวนการกำเนิด การควบคุมการทำงาน จนถึงการประยุกต์ใช้ในภูมิคุ้มกันบำบัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัคซีนเซลล์เดนไดรติกในการรักษา มะเร็งให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

4. ภาวะภูมิไวเกินหลังการฉีดวัคซีนเซลล์เดนไดรติก

แม้ว่าวัคซีนจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน แต่ก็อาจก่อให้เกิดอาการแพ้หรือภาวะภูมิไวเกินในผู้รับวัคซีนได้ โดยทั่วไป อาการเหล่านี้มักมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตวัคซีน เช่น โปรตีนไข่ เจลาติน หรือสารเสริมฤทธิ์ต่าง ๆ ซึ่งแม้จะมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะกระตุ้นปฏิกิริยาในบุคคลทั่วไป แต่ในผู้ที่มีระดับ IgE สูงอยู่ก่อนแล้ว การสัมผัสเพียงเล็กน้อยก็สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาภูมิไวเกินที่รุนแรงได้ เช่น ภาวะ anaphylaxis ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต (McNeil & DeStefano, 2018)

ในกรณีของวัคซีนเซลล์เดนไดรติก มักมีการใช้ สารอย่าง Fetal Calf Serum (FCS) หรือ Bovine Serum Albumin (BSA) ในการเพาะเลี้ยงเซลล์ เมื่อเตรียมวัคซีนเสร็จแล้วแม้จะมีการล้างเซลล์หลายขั้นตอน แต่ยังพบการกระตุ้นการสร้าง IgG และ IgM ต่อ FCS หรือ BSA ในผู้รับวัคซีน แสดงว่าการล้างไม่สามารถกำจัดโปรตีนจากซีรัมได้ทั้งหมด ดังนั้นการเตรียมวัคซีนเซลล์เดนไดรติกควรใช้วิธีที่ปราศจากซีรัม หรือใช้ซีรัมจากผู้ป่วยเองเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดภูมิไวเกิน (McNeil & DeStefano, 2018)

อย่างไรก็ตาม การตอบสนองแบบภูมิไวเกินชนิดล่าช้า (Delayed-Type Hypersensitivity: DTH) ที่เกิดหลังการฉีดวัคซีนเซลล์เดนไดรติก อาจมีบทบาทเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการรักษา โดยพบว่าผู้ป่วยมะเร็งที่มีผลการทดสอบ DTH เป็นบวก มักแสดงผลการรักษาที่ดี ซึ่งสะท้อนถึงการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะที่มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น Escobar และคณะ (2005) รายงานว่าผู้ป่วย

melanoma ระยะที่ 3 และ 4 ที่ได้รับวัคซีนเซลล์เดนไดรติกร่วมกับ IL-2 และมีผล DTH เป็นบวก มีแนวโน้มการรอดชีวิตที่ยาวนานขึ้น แม้ IL-2 เองจะไม่มีผลเสริมประสิทธิภาพวัคซีนอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ López และคณะ (2009) ซึ่งใช้วัคซีนเซลล์เดนไดรติกกระตุ้นด้วย TRIMEL ในผู้ป่วย melanoma และพบว่า การตอบสนอง DTH ที่ดีมีความสัมพันธ์กับการลดลงของ TGF- β ในเซลล์ T ที่กดภูมิคุ้มกัน

ในมะเร็งชนิดอื่น เช่น Li และคณะ (2013) ใช้วัคซีน DC ที่กระตุ้นด้วย EBV LMP2A peptide ในผู้ป่วย nasopharyngeal carcinoma ระยะที่ 2–3 พบว่าผู้ป่วยที่มีผล DTH เป็นบวก มีการเพิ่มขึ้นของ IL-2 และ IFN- γ และมีระดับ EBV-DNA ลดลง ซึ่งสะท้อนการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่มีประสิทธิภาพ

Nagai และ Karube (2023) รายงานผลที่สอดคล้องกันในผู้ป่วยมะเร็งปอดและมะเร็งตับอ่อน ระยะลุกลามที่ได้รับวัคซีน DC กระตุ้นด้วย WT1 โดยพบว่าค่าการตอบสนอง DTH และ immune profile status (IPS) มีความสัมพันธ์กับผลการรักษา

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการวัด DTH โดยใช้ค่า degree of induration จะเป็นวิธีที่นิยมเนื่องจากความง่ายในการประเมิน แต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องความแม่นยำ ตัวอย่างเช่น de Vries และคณะ (2005) แสดงให้เห็นว่าในผู้ป่วย melanoma ที่ได้รับวัคซีน DC กระตุ้นด้วย gp100 และ tyrosinase ผลการตอบสนอง DTH อาจไม่สอดคล้องกับผลทางคลินิก จึงมีการแนะนำให้เก็บชิ้นเนื้อบริเวณที่ทดสอบ DTH เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ T จำเพาะ ซึ่งพบว่ามี ความสัมพันธ์กับผลการรักษามากกว่า

จากหลักฐานทั้งหมดนี้ ชี้ให้เห็นว่า DTH อาจเป็นตัวชี้วัดที่มีศักยภาพในการทำนายความสำเร็จของการรักษาด้วยวัคซีนเซลล์เดนไดรติก แต่ยังคงจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อเนื่องเพื่อพัฒนาวิธีการวัดที่แม่นยำและมีความจำเพาะสูงขึ้น

บทสรุป

เซลล์เดนไดรติกมีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน โดยทำหน้าที่นำเสนอแอนติเจนเพื่อกระตุ้นการตอบสนองของเซลล์ T ทั้งชนิด CD4⁺ และ CD8⁺ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเซลล์เดนไดรติกให้เป็นวัคซีนในการรักษาโรคมะเร็ง เนื่องจากมีศักยภาพในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะต่อแอนติเจนของเซลล์มะเร็ง อย่างไรก็ตาม การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้นหลังการฉีดวัคซีนยังมีความหลากหลายระหว่างบุคคล

หนึ่งในประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากคือ ภาวะภูมิไวเกินชนิดล่าช้า (Delayed-Type Hypersensitivity: DTH) ซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังการได้รับวัคซีนเซลล์เดนไดรติก โดยพบว่าการ

ตอบสนองแบบ DTH ในผู้ป่วยมะเร็งมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการรักษา กล่าวคือ ผู้ป่วยที่แสดงผล DTH เป็นบวกมักมีการตอบสนองทางคลินิกที่ดีและมีแนวโน้มการรอดชีวิตที่ยาวนานขึ้น

อย่างไรก็ตาม การประเมินผลการตอบสนอง DTH ในปัจจุบันยังคงอาศัยการวัดขนาดบวมแข็ง (degree of induration) ซึ่งอาจไม่สะท้อนภาพรวมของกระบวนการภูมิคุ้มกันได้อย่างชัดเจน จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการตรวจที่แม่นยำและมีความจำเพาะมากขึ้น เช่น การตรวจเนื้อเยื่อบริเวณที่ทดสอบ DTH เพื่อประเมินปริมาณและลักษณะของเซลล์ T จำเพาะ

จากการทบทวนวรรณกรรมในครั้งนีชี้ให้เห็นว่า DTH อาจเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพที่มีศักยภาพในการทำนายผลลัพธ์ของวัคซีนเซลล์เดนไดรติกในผู้ป่วยมะเร็ง อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อยืนยันความถูกต้องและพัฒนาเกณฑ์มาตรฐานในการใช้ DTH เป็นเครื่องมือประเมินผลทางคลินิกในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Aiba S. (2007). Dendritic cells: importance in allergy. *Allergology International*. 56(3):201-208.
- Calmeiro J, Carrascal MA, Tavares AR, Ferreira DA, Gomes C, Falcão A, Cruz MT, Neves BM. (2020). Dendritic Cell Vaccines for Cancer Immunotherapy: The Role of Human Conventional Type 1 Dendritic Cells. *Pharmaceutics*. 12(2), 158.
- Choi HW, Suwanpradid J, Kim IH, Staats HF, Haniffa M, MacLeod AS, Abraham SN. (2018). Perivascular dendritic cells elicit anaphylaxis by relaying allergens to mast cells via microvesicles. *Science*. 362(6415), 0666.
- Collin M, Bigley V. (2018). Human dendritic cell subsets: an update. *Immunology*. 154(1), 3-20.
- Escobar A, López M, Serrano A, Ramirez M, Pérez C, Aguirre A, González R, Alfaro J, Larrondo M, Fodor M, Ferrada C, Salazar-Onfray F. (2005). Dendritic cell immunizations alone or

- combined with low doses of interleukin-2 induce specific immune responses in melanoma patients. *Clinical and Experimental Immunology* 142(3), 55-68.
- Gonzalez Brenda, Guerra Carlos, Morris Devin, Gray Dennis, Venketaraman Vishwanath. (2010). Dendritic cells in infectious disease, hypersensitivity, and autoimmunity. *International Journal of Interferon, Cytokine and Mediator Research*. 2, 137–147.
- Humeniuk P, Dubiela P, Hoffmann-Sommergruber K. (2017). Dendritic Cells and Their Role in Allergy: Uptake, Proteolytic Processing and Presentation of Allergens. *International Journal of Molecular Science*. 18(7),1491.
- Li F, Song D, Lu Y, Zhu H, Chen Z, He X. (2013). Delayed-type hypersensitivity (DTH) immune response related with EBV-DNA in nasopharyngeal carcinoma treated with autologous dendritic cell vaccination after radiotherapy. *Journal of Immunotherapy*. 36(3), 20-14.
- López MN, Pereda C, Segal G, Muñoz L, Aguilera R, González FE, Escobar A, Ginesta A, Reyes D, González R, Mendoza-Naranjo A, Larrondo M, Compán A, Ferrada C, Salazar-Onfray F. (2009). Prolonged survival of dendritic cell-vaccinated melanoma patients correlates with tumor-specific delayed type IV hypersensitivity response and reduction of tumor growth factor beta-expressing T cells. *Journal of Clinical Oncology*. 27(6), 45-52.
- McNeil MM, DeStefano F. (2018). Vaccine-associated hypersensitivity. *J Allergy Clin Immunol*. 141(2), 463-472.
- Mikami N, Sueda K, Ogitani Y, Otani I, Takatsuji M, Wada Y, Watanabe K, Yoshikawa R, Nishioka S, (2014). Hashimoto N, Miyagi Y, Fukada S, Yamamoto H, Tsujikawa K. Calcitonin gene-related peptide regulates type IV hypersensitivity through dendritic cell functions. *PLoS One*. 9(1), 86367.
- Momtazmanesh S, Rezaei N. (2022). Hypersensitivity. *Encyclopedia of Infection and Immunity*.1, 243-258.
- Nagai H, Karube R. (2023). Delayed-Type Hypersensitivity: An Excellent Indicator of Anti-tumor Immunity With Wilms' Tumor 1 (WT1) Dendritic Cell Vaccine Therapy. *Cureus*. 15(11), 49221.
- Pallardy M, Bechara R. (2017). Chemical or Drug Hypersensitivity: Is the Immune System Clearing the Danger? *Toxicological Sciences*. 158(1), 14-22.
- Perez CR, (2019). De Palma M. Engineering dendritic cell vaccines to improve cancer immunotherapy. *Nature Communications*. 10(1), 5408.
- Rustemeyer T. (2022). Immunological Mechanisms in Allergic Contact Dermatitis. *Current Treatment Options in Allergy*. 9, 67-75.

- Stoitzner P, Romani N, Rademacher C, Probst HC, Mahnke K. (2022). Antigen targeting to dendritic cells: Still a place in future immunotherapy? *European Journal of Immunology*. 52(12), 1909-1924.
- Tarte K, Klein B. (1999). Dendritic cell-based vaccine: a promising approach for cancer immunotherapy. *Leukemia*. 13(5), 53-63.

แนวทางการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) พัฒนาแนวทางการ
ออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน

Guidelines for using Building Information Modeling (BIM) Technology to develop energy efficient residential design approaches for home

ขจรศักดิ์ เจ้ากรมทอง¹, อีรวรรณ สิ้นศิริ², อภัย ชาภิรมย์³

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี^{1,2,3},

Kajohnsak Chaokromthong¹, Terawat Sinsiri², Aphai Chapirom³

Suranaree University of Technology^{1,2,3}

E-mail: m6602727@g.sut.ac.th¹, E-mail: Sinsiri@sut.ac.th²,

E-mail: aphai_ch@g.sut.ac.th³

Received: March 4, 2025; Revised: May 30, 2025; Accepted: May 6, 2025

บทคัดย่อ

การใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ในช่วงเวลา
ออกแบบได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถสนับสนุนการออกแบบบ้านพักอาศัยให้มีประสิทธิภาพด้าน
พลังงานตั้งแต่ระยะต้นของกระบวนการออกแบบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น
สำหรับการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อส่งเสริมการออกแบบบ้านพักอาศัยที่คำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
โดยมุ่งเน้นเฉพาะช่วงเวลาออกแบบ เพื่อใช้เป็นกรอบทางทฤษฎีในการสนับสนุนการวิเคราะห์และตัดสินใจ มิได้มุ่ง
หมายทดสอบหรือยืนยันผลลัพธ์เชิงประจักษ์ การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน โดยประกอบด้วยการ
ทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่มกับผู้เชี่ยวชาญด้าน BIM และพลังงาน เพื่อสังเคราะห์
องค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง เช่น การเลือกใช้วัสดุ การจัดวางทิศทางอาคาร การใช้ระบบระบายอากาศธรรมชาติ และการ
ผนวกแหล่งพลังงานหมุนเวียน ทั้งหมดนี้ถูกรวมเข้าใน แบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิง
โครงสร้างในการออกแบบที่เน้นประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ผลการศึกษาให้กรอบแนวคิดที่สามารถใช้เป็นพื้นฐาน
สำหรับการพัฒนาแนวทางการประยุกต์ใช้ BIM ในการออกแบบบ้านพักอาศัยอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะในกลุ่ม
ผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าวยังอยู่ในระดับแนวคิดเบื้องต้นซึ่งต้องได้รับการ
ตรวจสอบเพิ่มเติมผ่านการประเมินเชิงสถิติและการทดสอบภาคสนามในงานวิจัยระยะต่อไป

คำสำคัญ: เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) บ้านพักอาศัยประหยัดพลังงาน แบบจำลองแนวคิด
การออกแบบอาคาร ผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน

ABSTRACT

The application of Building Information Modeling (BIM) technology during the design phase has gained increasing attention due to its potential to support energy-efficient residential design from the early stages. This study aimed to develop a preliminary conceptual model for integrating BIM into the design of energy-conscious residential buildings, with a particular focus on the early design phase. The model serves as a theoretical basis for supporting design analysis and decision-making, rather than providing an empirically tested standard or guideline. A mixed-methods research approach was employed, incorporating literature review, in-depth interviews, and focus group discussions with experts in BIM and energy efficiency. Key design elements—such as material selection, building orientation, natural ventilation, and renewable energy integration—were synthesized into a preliminary conceptual model that represented the interrelationships among these components within the BIM context. The study offered a foundational theoretical direction for applying BIM to sustainable residential design, particularly for small- and medium-scale home builders. However, the proposed model remains conceptual and requires further statistical validation and field testing in subsequent research to determine its practical applicability.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Energy-Efficient Residential Buildings, Conceptual Model, Building Design, Construction Companies

บทนำ

การใช้พลังงานในภาคที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของประเทศ โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว การเติบโตของภาคอสังหาริมทรัพย์และการเพิ่มขึ้นของประชากรในเมือง ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (International Energy Agency [IEA], 2021) การใช้พลังงานที่ไม่มีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ทำให้ต้นทุนพลังงานของผู้อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emissions: GHGs)

ซึ่งนำไปสู่ปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2022)

ตามข้อมูลจากสำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (IEA, 2020) ระบุว่า ภาคอาคารและการก่อสร้างคิดเป็นสัดส่วนถึง 36% ของการใช้พลังงานทั้งหมดทั่วโลก และปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึง 39% ของทั้งหมด แนวทางในการลดการใช้พลังงานในอาคาร โดยเฉพาะในช่วงการออกแบบ จึงถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่สามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นรูปธรรม

แม้ว่าการพัฒนาอาคารที่มี แนวทางออกแบบที่เน้นการลดการใช้พลังงาน จะได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แต่อาคาร

ประเภทบ้านพักอาศัยยังคงเผชิญกับข้อจำกัดด้านการวางแผน การออกแบบ และการวิเคราะห์พลังงานที่ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานเกินความจำเป็น เช่น การวางทิศทางอาคาร (Building Orientation) ที่ไม่เหมาะสม การเลือกวัสดุที่ไม่มีคุณสมบัติประหยัดพลังงาน เช่น ผนังที่ไม่มีฉนวน หรือกระจกที่ไม่สามารถกันความร้อนได้ (Low-E Glass) ตลอดจนการขาดกระบวนการวิเคราะห์พฤติกรรมพลังงานในช่วงเวลาออกแบบ ส่งผลให้ไม่สามารถปรับปรุงแบบบ้านให้มีประสิทธิภาพพลังงานอย่างสูงสุดได้

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) ได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถช่วยนักออกแบบในการวิเคราะห์ ปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารได้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของการออกแบบ (Wong & Fan, 2013) โดย BIM ช่วยให้สามารถจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงาน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก และพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดก่อนเริ่มการก่อสร้างจริง ปัจจุบัน BIM-Based Energy Analysis ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะจากความสามารถในการวิเคราะห์พลังงานผ่านซอฟต์แวร์ เช่น Autodesk Insight, Green Building Studio และ IES VE (Azhar, 2011)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการนำเสนอ แนวทางการพัฒนาแบบจำลองต้นแบบ (Model) ที่เป็นต้นแบบแนวคิดเชิงระบบ ที่ใช้ BIM เป็นเครื่องมือวิเคราะห์พลังงานในช่วงเวลาออกแบบ สำหรับบ้านพักอาศัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างกรอบแนวคิดเบื้องต้น ที่สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย โดยไม่ได้มุ่งทดสอบหรือพิสูจน์ประสิทธิภาพเชิงผลลัพธ์ของแบบจำลอง แต่เน้นการ

จัดวางโครงสร้างเชิงแนวคิดเพื่อให้สามารถนำไปใช้พัฒนาและต่อยอดในงานวิจัยขั้นถัดไปหรือในการทดลองจริงในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) และแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยประหยัดพลังงาน ทั้งในระดับสากลและระดับประเทศ เพื่อสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้น

2. เพื่อพัฒนา แบบจำลองแนวคิดต้นแบบ (Preliminary Conceptual Model) สำหรับการประยุกต์ใช้ BIM ในช่วงเวลาออกแบบ (Design Phase) ที่บูรณาการปัจจัยด้านสถาปัตยกรรมและพลังงาน ให้สอดคล้องกับบริบทการทำงานของผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน

3. เพื่อจัดทำแบบจำลอง BIM-Based Energy Analysis ที่สะท้อนความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน เช่น การเลือกวัสดุ ทิศทางอาคาร ระบบระบายอากาศ และการผสมผสานพลังงานหมุนเวียน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางเชิงทฤษฎีสำหรับการออกแบบและการพัฒนาต่อยอดในอนาคต

ประโยชน์ที่ได้รับ

ด้านองค์ความรู้และการสังเคราะห์แนวทางเชิงวิชาการได้องค์ความรู้ที่เป็นระบบเกี่ยวกับมาตรฐาน BIM และแนวทางการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน ทั้งในระดับสากลและในประเทศ ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญในการต่อยอดงานวิจัยด้านพลังงานและการออกแบบที่อยู่อาศัยในอนาคต

ด้านการพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบ ได้แบบจำลองแนวคิดต้นแบบ (Conceptual Model) สำหรับการใช้ BIM ในช่วงเวลาออกแบบ ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสำคัญ เช่น วัสดุ ทิศทางอาคาร ระบบระบายอากาศ และพลังงานหมุนเวียน อันเป็นเครื่องมือทางวิชาการสำหรับนักออกแบบ วิศวกร และผู้ที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนาแนวคิดเบื้องต้นเพื่อการออกแบบบ้านพักอาศัยอย่างเป็นระบบ

ด้านการประยุกต์ใช้ในภาคปฏิบัติของอุตสาหกรรมก่อสร้าง แบบจำลอง BIM-Based Energy Analysis ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นกรอบแนวทางเบื้องต้นในการวางแผน ออกแบบ และบริหารจัดการพลังงานในบ้านพักอาศัย สำหรับผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน ช่วยลดข้อผิดพลาดในการก่อสร้าง ลดต้นทุนพลังงานในระยะยาว และสนับสนุนการเข้าสู่มาตรฐานการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Building) และการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทย

วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบบ้านพักอาศัยให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงานนับเป็นเป้าหมายสำคัญในยุคที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมและต้นทุนพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการช่วยวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานของอาคารตั้งแต่ช่วงการออกแบบ (Wong & Fan, 2013; Azhar, 2011) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาเน้นไปที่การประยุกต์ใช้ BIM ในโครงการขนาดใหญ่ หรือการประเมินผลหลังการออกแบบ มากกว่าการพัฒนา

แบบจำลองแนวคิดเพื่อสนับสนุนการออกแบบในโครงการขนาดเล็กโดยเฉพาะในภาคที่อยู่อาศัย

1. BIM และการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน BIM ช่วยให้นักออกแบบสามารถจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคาร วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก และเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดก่อนการก่อสร้าง (Eastman et al., 2011) ซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ Autodesk Insight, Green Building Studio และ IES VE ซึ่งสามารถคำนวณพลังงานความร้อนสะสม แสงธรรมชาติ และการไหลเวียนของอากาศ (Crawley et al., 2008; Autodesk, 2022) อย่างไรก็ตาม ความสามารถดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบกระบวนการเชิงระบบที่เชื่อมโยงกับปัจจัยการออกแบบ เช่น ทิศทางอาคาร วัสดุ ระบบเปิดรับแสง และการระบายอากาศ (Attia et al., 2013)

2. กรอบแนวคิดเพื่อการพัฒนาโมเดล BIM-Based Energy การใช้ BIM ในงานด้านพลังงานได้รับ การ ต่ อ ย อ ด ใน ลั ก ษ ณะ ของ **Energy Performance Optimization Frameworks** โดยมีการผสมผสาน BIM เข้ากับการวิเคราะห์พลังงานเพื่อหาจุดสมดุลในการออกแบบ (Fumo, 2014) งานของ Pan et al. (2022) ได้นำเสนอแนวทางการใช้ Machine Learning ร่วมกับ BIM เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานอย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลจำลองและการปรับปรุงแบบจำลองให้ตอบสนองเป้าหมายด้านพลังงาน

ในปีหลัง ๆ มีการพัฒนาแนวทางเชิงระบบที่รวม Simulation, Integration, Optimization เข้าด้วยกันเป็นกรอบการออกแบบ เช่น Venn Framework ที่ใช้ในงานของ Alsharif & Al-Hussein (2023) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบ

กรอบแนวคิดแบบองค์รวมในการวางแผนจำลอง
ก่อนสร้างจริง

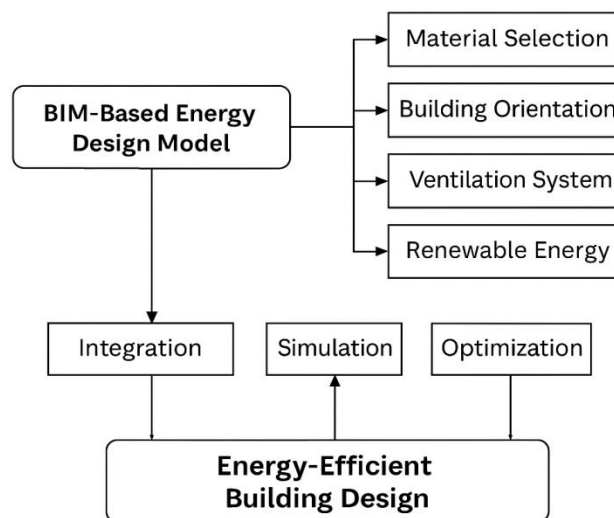
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยโดย
Alsofiani (2024) ระบุว่า แม้ BIM จะมีศักยภาพใน
โครงการโครงสร้างพื้นฐาน แต่การประยุกต์ใช้ในที่อยู่
อาศัยยังพบอุปสรรค เช่น ขาดมาตรฐานเฉพาะด้าน
พลังงานในบริบทของผู้ประกอบการรายย่อย
นอกจากนี้งานวิจัยในประเทศไทยยังค่อนข้างจำกัด
ในมิติของการพัฒนาแบบจำลอง (Model
Development) ที่สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่าง
ปัจจัยด้านพลังงานแบบองค์รวม

Chaokromthong (2024) เสนอว่าการ
ประยุกต์ใช้ BIM ในบริบทของนโยบายภาครัฐยังขาด
กลไกด้านมาตรฐานที่จะผลักดันให้ผู้ประกอบการราย
ย่อยเข้าถึงเครื่องมือด้านดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพ
จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาแนวทางที่ยืดหยุ่นและ

เหมาะสมกับบริบทของอุตสาหกรรมก่อสร้างขนาด
เล็กถึงกลางในประเทศกำลังพัฒนา

4. ช่องว่างขององค์ความรู้และความจำเป็น
ในการพัฒนาแบบจำลอง จากการศึกษาวรรณกรรม
ที่ผ่านมา พบว่าแม้จะมีการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อการ
วิเคราะห์พลังงานในเชิงปฏิบัติจริงอยู่มาก แต่ยังขาด
การพัฒนาแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual
Model) ที่ผสาน BIM กับองค์ประกอบการออกแบบ
บ้านพักอาศัยในลักษณะที่สามารถประยุกต์ใช้ใน
ระดับโครงการขนาดเล็กได้อย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้จึง
มุ่งพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นที่เชื่อมโยงปัจจัยด้าน
พลังงานกับเทคโนโลยี BIM ในช่วงเวลาออกแบบ
(Design Phase) เพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบ
บ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพพลังงาน และสามารถ
นำไปต่อยอดสู่การใช้งานจริงในอนาคต

FOR RESIDENTIAL PROJECTS



รูปที่ 1 โครงสร้างแนวคิด (Conceptual Framework) ของการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพพลังงาน
โดยใช้เทคโนโลยี BIM ในช่วงเวลาออกแบบ (Design Phase)

จากรูปที่ 1 แบบจำลองแนวคิดเบื้องต้นของ
การออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพพลังงาน
โดยใช้เทคโนโลยี BIM ในช่วงเวลาออกแบบ (Design

Phase) ซึ่งเชื่อมโยงองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การ
เลือกวัสดุ ทิศทางอาคาร ระบบระบายอากาศ และ
พลังงานหมุนเวียน เข้ากับกระบวนการ Integration,

Simulation และ Optimization เพื่อสนับสนุนการออกแบบที่ประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบโดยผู้วิจัยสังเคราะห์จากแนวคิดของ Wong & Fan (2013); Azhar (2011); Pan et al. (2022); Alsharif & Al-Hussein (2023)

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้มีขอบเขตในการพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น (Preliminary Conceptual Model) สำหรับการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ในช่วงเวลาออกแบบ (Design Phase) ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถกำหนดทิศทางการใช้พลังงานของอาคารได้อย่างมีนัยสำคัญ

การวิจัยมุ่งเน้นการใช้ BIM เพื่อสนับสนุนการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมโดยพิจารณาปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อพลังงานของอาคาร เช่น

การวางตำแหน่งและทิศทางของอาคาร (Building Orientation)

การเลือกวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ (Low Thermal Conductivity)

การออกแบบหลังคาและผนังเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน

การบูรณาการระบบระบายอากาศธรรมชาติ และพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy)

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองได้มาจากการศึกษาวรรณกรรม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่มกับผู้เชี่ยวชาญด้าน BIM และพลังงาน โดยไม่มีการทดลองในภาคสนามหรือการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับอาคารจริง

ข้อจำกัดของการวิจัย

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เป็นเพียงแบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น (Conceptual Model) ที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งยังไม่ได้รับการทดสอบหรือพิสูจน์ผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์ในโครงการก่อสร้างจริง

การวิเคราะห์ผลลัพธ์เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในแบบจำลองเป็นการประมาณการจากซอฟต์แวร์ BIM-Based Simulation โดยยังไม่มีข้อมูลเปรียบเทียบกับอาคารที่ไม่ได้ใช้ BIM อย่างเป็นระบบ

แบบจำลองที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จัดอยู่ในลักษณะของแนวคิดเชิงทฤษฎี (Theoretical Conceptual Framework) ซึ่งยังไม่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องในเชิงสถิติและการทดสอบในบริบทภาคสนาม จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการออกแบบ ไม่ใช่เป็นมาตรฐานตายตัวที่สามารถใช้แทนกระบวนการวิเคราะห์เชิงเทคนิคหรือการตัดสินใจเชิงวิศวกรรมในระดับโครงการได้โดยตรง

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น (Preliminary Conceptual Model) สำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี BIM ในการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานในช่วงเวลาออกแบบ (Design Phase) โดยมีขั้นตอนหลักดังนี้

การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data Analysis) ผู้วิจัยได้รวบรวมและวิเคราะห์เอกสารทางวิชาการ มาตรฐานสากล และมาตรฐาน

ในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร ประหยัดพลังงาน การใช้เทคโนโลยี BIM และ แนวทางตามมาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงานของ ไทย (Building Energy Code: BEC) เพื่อสังเคราะห์ เป็นแนวทางเบื้องต้นในการพัฒนาแบบจำลอง

การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data Collection) ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) กับผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรม ก่อสร้าง ด้าน BIM และด้านพลังงาน เพื่อให้ได้ข้อมูล เชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการออกแบบ บ้านพักอาศัยที่ประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะในบริบท ของผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน

การวิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาแบบจำลอง แนวคิด (Model Development) นำข้อมูลจาก การศึกษาทั้งสองส่วนมาสรุป สังเคราะห์ และ จัดระบบ เพื่อพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น (Conceptual Model) ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยด้านการออกแบบ เช่น วัสดุ ทิศทาง อาคาร ระบบระบายอากาศ และการใช้พลังงาน หมุนเวียน กับกระบวนการใช้ BIM ในการวิเคราะห์ และสนับสนุนการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มี ประสิทธิภาพพลังงาน

การตรวจสอบความเหมาะสมของ แบบจำลอง (Model Validation: เชิงเนื้อหา) แบบจำลองที่ได้จากการพัฒนานำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ ร่วมพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงความ ชัดเจนและความเหมาะสมของแนวทางก่อนการ นำไปใช้หรือต่อยอดในงานวิจัยเชิงประจักษ์ใน อนาคต

ทั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้ไม่ได้มุ่งประเมินผล สมฤทธิ์เชิงตัวเลขหรือทดสอบประสิทธิภาพของ BIM

ในการลดการใช้พลังงานจริง แต่เป็นการพัฒนา แนวทางต้นแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือ ทดลองต่อไปในบริบทจริงได้ต่อไป

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองแนวคิด เบื้องต้น (Preliminary Conceptual Model) สำหรับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศ อาคาร (Building Information Modeling: BIM) เพื่อสนับสนุนการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มี ประสิทธิภาพด้านพลังงานในช่วงเวลาออกแบบ (Design Phase) โดยการพัฒนาแบบจำลองนี้อาศัย การสังเคราะห์จากเอกสารวิชาการ มาตรฐานที่ เกี่ยวข้อง และข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญใน อุตสาหกรรม

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 กลุ่มแนวคิดหลักที่สัมพันธ์กันในเชิงระบบ ได้แก่

1. แนวคิดด้านปัจจัยการออกแบบเริ่มต้น (Design Determinants) ประกอบด้วยองค์ประกอบ สำคัญที่สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของการ ออกแบบ เช่น การวางตำแหน่งอาคาร (Building Orientation), การเลือกวัสดุที่มีค่าการนำความร้อน ต่ำ (Material & Thermal Performance), และการ ออกแบบให้มีระบบระบายอากาศธรรมชาติ

2. แนวคิดด้านการวิเคราะห์และบูรณาการ ข้อมูล (Integration & Simulation) ใช้เทคโนโลยี BIM ในการจำลองพฤติกรรมพลังงานของอาคาร ผ่าน ซอฟต์แวร์ เช่น Autodesk Insight, Green Building Studio และ IES VE เพื่อให้สามารถ ประเมิน ประสิทธิภาพพลังงานเบื้องต้นและปรับปรุงแบบได้ อย่างแม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Pan et al. (2022) และ Azhar (2011) ว่าการบูรณาการ

ข้อมูล BIM กับเครื่องมือจำลองพลังงานช่วยยกระดับการตัดสินใจเชิงออกแบบ

3. แนวคิดด้านผลลัพธ์ของการออกแบบ (Expected Performance Outcomes) แสดงถึงศักยภาพของแนวทางที่สามารถช่วยให้การออกแบบบ้านพักอาศัยมีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น เช่น การลดภาระระบบทำความเย็น การลดต้นทุนพลังงานระยะยาว และการส่งเสริมมาตรฐานการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Design) ซึ่งเป็นการขยายผลตามแนวคิดของ Wong & Fan (2013), Fumo (2014) และ Ghaffarianhoseini et al. (2017)

โดยองค์ประกอบทั้งหมดในแบบจำลองได้เชื่อมโยงเข้ากับกระบวนการวิเคราะห์แบบองค์รวม ได้แก่ Simulation, Integration และ Optimization ซึ่งถูกรวบรวมและแสดงเป็นโครงสร้างภาพรวมที่สะท้อนการวางแผนเพื่อประสิทธิภาพพลังงานอย่างเป็นระบบ

ผลจากการสังเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของแบบจำลอง ได้แก่

1. BIM-Based Energy Simulation แสดงบทบาทของการใช้ซอฟต์แวร์ BIM ในการประเมินค่าพลังงานเบื้องต้นและขึ้นนำการเลือกตัวเลือกด้านการออกแบบที่เหมาะสม

2. Building Orientation & Passive Design การวางทิศทางของอาคารและการใช้หลักออกแบบเพื่อการถ่ายเทอากาศและลดความร้อนจากแสงแดด

3. Material & Thermal Properties การเลือกวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ เช่น ฉนวนและกระจก Low-E ซึ่งมีผลต่อการลดการใช้พลังงานในการควบคุมอุณหภูมิภายใน

4. Data Integration for Optimization การบูรณาการข้อมูลด้านวัสดุ พลังงาน และสภาพแวดล้อมผ่านระบบ BIM เพื่อให้สามารถประเมินและปรับเปลี่ยนแบบได้ในเชิงระบบแบบเรียลไทม์

บทสรุปของแบบจำลอง แบบจำลองที่นำเสนอสามารถใช้เป็นกรอบแนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยใช้เทคโนโลยี BIM เป็นเครื่องมือหลัก แบบจำลองนี้มีลักษณะยืดหยุ่นและสามารถปรับให้เหมาะสมกับบริบทของผู้ประกอบการรับสร้างบ้าน โดยเฉพาะในโครงการขนาดเล็กถึงกลาง ซึ่งมักประสบปัญหาการเข้าถึงแนวทางที่เป็นระบบในการวางแผนด้านพลังงาน

การพัฒนาแบบจำลองนี้สอดคล้องกับทฤษฎีระบบ (Systems Thinking) และกรอบการพัฒนาแนวทาง BIM ที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่าง “ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์” โดยไม่มุ่งยืนยันผลสัมฤทธิ์ทางสถิติ แต่เน้นการจัดระบบความคิดเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติและต่อยอดในการวิจัยเชิงประจักษ์ในระยะต่อไป

สรุปและอภิปรายผล

จากการพัฒนาแบบจำลองแนวคิดเบื้องต้น BIM-Based Energy Analysis เพื่อใช้ในการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มีประสิทธิภาพพลังงานในช่วงเวลาออกแบบ (Design Phase) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการข้อมูลด้านพลังงานเข้าสู่กระบวนการออกแบบผ่านเทคโนโลยี BIM สามารถจัดระบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อพลังงานของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบเหล่านี้ประกอบด้วย การวางทิศทาง

อาคาร วัสดุ ระบบระบายอากาศ และพลังงานหมุนเวียน ซึ่งแบบจำลองได้จัดลำดับความสัมพันธ์เชิงระบบที่ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำและมีข้อมูลสนับสนุนในระดับการวิเคราะห์

1. ศักยภาพของ BIM-Based Energy Analysis แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นช่วยให้เห็นภาพชัดเจนว่า BIM สามารถเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์พลังงานเชิงรุกตั้งแต่ต้นแบบ (early design stage) โดยช่วยให้นักออกแบบสามารถจำลองสถานการณ์พลังงานในแบบจำลองก่อนการก่อสร้างจริง ลดความเสี่ยงจากการตัดสินใจผิดพลาดเกี่ยวกับวัสดุและการออกแบบ

2. การสนับสนุนแนวทางออกแบบเชิงมาตรฐาน โมเดลนี้มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้เป็น BIM Template สำหรับผู้ประกอบการ โดยเฉพาะกลุ่มธุรกิจรับสร้างบ้านที่ไม่มีระบบวิเคราะห์พลังงานที่เป็นทางการ การใช้โมเดลนี้จึงสามารถสร้างแนวปฏิบัติที่ใช้ได้จริงในการออกแบบและเป็นแนวทางมาตรฐานร่วมกับข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม เช่น BEC ของไทยหรือมาตรฐานสากลอย่าง LEED และ ASHRAE 90.1 และผลที่ได้ในงานนี้สอดคล้องกับ Azhar (2011) ที่ระบุว่า BIM สามารถใช้วิเคราะห์การใช้พลังงานได้ตั้งแต่ช่วงออกแบบ แต่โมเดลของงานนี้ขยายผลสู่การใช้งานในบริบทของผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งยังไม่เคยปรากฏในงานก่อนหน้า

3. การเชื่อมโยงกับแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน แบบจำลองสะท้อนให้เห็นถึงการลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัยซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดต้นทุนพลังงานในระยะยาว ลดการปล่อยคาร์บอน และเพิ่มความสามารถในการออกแบบบ้านที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงมีศักยภาพในการสนับสนุนการ

ดำเนินงานตามแนวทาง Green Building และ Sustainable Development Goals (SDGs)

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติในการนำแบบจำลองไปใช้จริง

1. พัฒนา BIM Template สำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็กและกลางเพื่อนำโมเดลไปพัฒนาเป็นไฟล์ต้นแบบ (Template) ที่รวมค่าตั้งต้นของวัสดุ ค่า U-value มาตรฐาน การวางทิศทาง และระบบแสงสว่างธรรมชาติ ให้ผู้ใช้งานสามารถปรับใช้ได้ทันทีในซอฟต์แวร์ BIM เช่น Revit หรือ ArchiCAD

2. จัดทำคู่มือการใช้งานแบบจำลองในรูปแบบคู่มือปฏิบัติ (Practice Guide) สร้างคู่มืออธิบายการนำแบบจำลองไปปรับใช้ในกระบวนการออกแบบบ้านจริง โดยให้ครอบคลุมลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์พลังงาน การอ่านค่า BIM Simulation และการเลือกวัสดุที่มีประสิทธิภาพ

3. ส่งเสริมการฝึกอบรมร่วมระหว่างนักออกแบบและผู้ประกอบการ จัดกิจกรรมอบรมหรือความร่วมมือระหว่างผู้พัฒนาแบบจำลองกับกลุ่มผู้ใช้งานจริง เพื่อสร้างความเข้าใจในการใช้ BIM-Based Energy Analysis สำหรับการออกแบบที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน

4. การทดลองใช้งานในโครงการนำร่องควรมีการนำแบบจำลองไปใช้จริงในโครงการนำร่อง (Pilot Project) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ความแม่นยำ และผลลัพธ์ในภาคสนาม ซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาแบบจำลองในเชิงประจักษ์ต่อไป

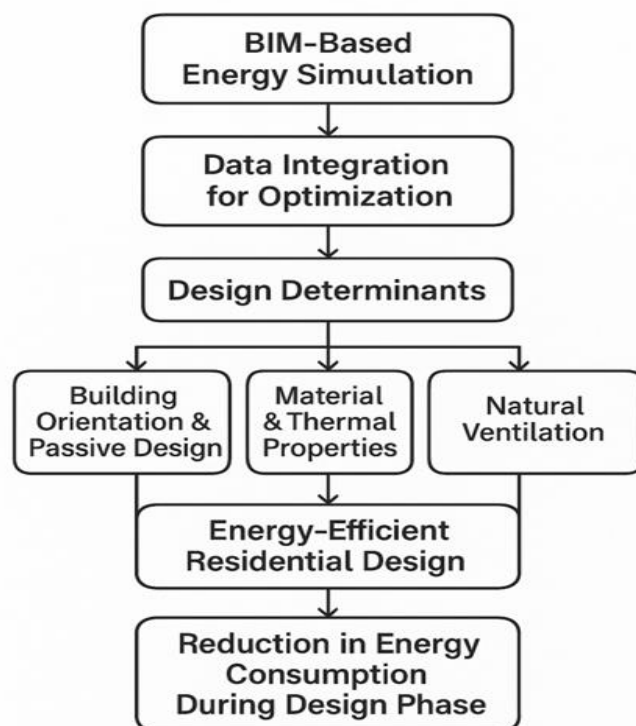
5. ผลักดันเข้าสู่ข้อกำหนดมาตรฐานในระดับนโยบาย เสนอให้หน่วยงานรัฐหรือองค์กรวิชาชีพ เช่น สภาสถาปนิก หรือกรมพัฒนาพลังงานฯ นำ

แบบจำลองนี้ไปพิจารณาในการกำหนดมาตรฐานการ
ออกแบบบ้านประหยัดพลังงานในระดับประเทศ

นอกจากนี้ แบบจำลองแนวคิดเบื้องต้นที่
พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่าง
จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ในหลายประการ โดยเฉพาะ
เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Azhar (2011)
และ Wong et al. (2020) ที่มุ่งเน้นการใช้ BIM ใน
เชิงเทคนิคเพื่อการวิเคราะห์พลังงานหรือการประเมิน
ประสิทธิภาพในระดับโครงการ วิจัยครั้งนี้ได้
ออกแบบแบบจำลองเพื่อเป็น **กรอบแนวคิดเชิงกล
ยุทธ์ในบริบทของผู้ประกอบการรับสร้างบ้านราย
ย่อยในประเทศไทย** ซึ่งมักประสบข้อจำกัดด้าน
งบประมาณ ความรู้ความเข้าใจด้านพลังงาน และ

การเข้าถึงเครื่องมือดิจิทัล การวิจัยจึงเน้นการ
ประยุกต์ใช้ BIM ในลักษณะที่เหมาะสมกับบริบท
ท้องถิ่นและทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด

โดยสรุปของงานวิจัยนี้ยังให้ความสำคัญกับ
การออกแบบในช่วงต้น (early design phase) ซึ่ง
เป็นช่วงเวลาที่สามารถกำหนดทิศทางของ
ประสิทธิภาพพลังงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ต่างจาก
งานบางชิ้นที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลหลังการ
ออกแบบแล้วเสร็จหรือในช่วงก่อสร้าง แบบจำลองที่
พัฒนาขึ้นจึงมีจุดเน้นที่ “การตัดสินใจเชิงออก
แบบอย่างมีข้อมูล (informed design decision)”
โดยใช้ BIM เป็นเครื่องมือเสริม ไม่ใช่เพียงซอฟต์แวร์
วิเคราะห์เทคนิคเท่านั้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้จริง (Practical Application) ของการใช้ BIM เพื่อสนับสนุนการออกแบบบ้านพักอาศัยที่มี
ประสิทธิภาพพลังงานในช่วงเวลาออกแบบโดยแสดงกระบวนการเชิงลำดับจากการจำลองพลังงาน การบูรณาการข้อมูล การ
กำหนดองค์ประกอบการออกแบบจนถึงการออกแบบที่ลดการใช้พลังงานตั้งแต่ต้นทางของโครงการ

ที่มา: ผู้วิจัยสังเคราะห์จากแนวคิดของ Azhar (2011); Wong & Fan (2013); Pan et al. (2022); Alsharif & Al-Hussein
(2023)

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2566). *มาตรฐานการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน* (BEC).
- Alsharif, M. A., & Al-Hussein, M. (2023). Revisiting what factors promote BIM adoption more effectively: An integrated framework. *Journal of Building Engineering*, 73, 106694. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106694>
- Alsofiani, M. A. (2024). *Digitalization in infrastructure construction projects: A PRISMA-based review of benefits and obstacles*. arXiv preprint arXiv:2405.16875. <https://arxiv.org/abs/2405.16875>
- Attia, S., De Herde, A., & Knaack, U. (2013). Energy performance simulation for net zero energy buildings (NZEBs). *Energy and Buildings*, 67, 405–413. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.08.037>
- Autodesk. (2022). *Autodesk Insight: Energy and performance analysis for building design*. <https://www.autodesk.com/products/insight/overview>
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Chaokromthong, K. (2024). Development of building information modeling (BIM) innovation from a public policy and strategic management perspective: Opportunities for policy formulation and implementation in the government sector, Thailand. *International Journal of Research in Commerce and Management Studies*, 6(5), 160–170.
- Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., & Griffith, B. T. (2008). Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs. *Building and Environment*, 43(4), 661–673. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.027>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Fumo, N. (2014). A review on the basics of building energy estimation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.040>
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., & Ghaffarianhoseini, A. (2017). Thermal performance characteristics of advanced building envelopes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 837–856. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.108>

- Green Building Studio. (2022). *Autodesk Green Building Studio: Whole building energy analysis*. <https://www.autodesk.com/solutions/green-building-studio>
- Integrated Environmental Solutions (IES). (2021). *IES Virtual Environment (IESVE) for energy simulation and analysis*. <https://www.iesve.com>
- International Energy Agency (IEA). (2020). *Energy efficiency 2020*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>
- International Energy Agency (IEA). (2021). *Buildings: A source of enormous untapped efficiency potential*. <https://www.iea.org/topics/buildings>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate change 2022: Mitigation of climate change*. Cambridge University Press.
- Pan, Y., Zhang, X., Wong, J. K. W., Wang, J., & Yi, P. (2022). Applying machine learning in BIM-based energy analysis: A review. *Building and Environment*, 219, 109136. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109136>
- Wong, J. K. W., & Fan, Q. (2013). Building information modelling (BIM) for sustainable building design. *Facilities*, 31(3/4), 138–157. <https://doi.org/10.1108/02632771311299412>

การเพิ่มประสิทธิภาพงานโครงการการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่าย
พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

Enhancing the Efficiency of Installation Handover Processes for Machinery and Energy Supply Systems in Industrial Project

วิชัย สอนอินตะ¹, ศักดิ์ชาย รักการ², อรรถกร กลั่นความดี³

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต^{1,2,3}

Vichai Sorninta¹, Sakchai Rakkan², Atthakorn Klankwamdee³

Master of Engineering Program in Engineering Management

Graduate School Kasem Bundit University^{1,2,3}

E-mail: vichaisornin@gmail.com¹, sakchai.rak@kbu.c.th^{2,3}

Received: April 24, 2024; Revised: May 23 2025; Accepted: June 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 8% โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และแนวทางการบริหารจัดการเชิงวิศวกรรม กรณีศึกษาจากบริษัท เมิร์จ 3 ซิตแอนด์ เซอร์วิส จำกัด พบว่า 3 โครงการจาก 5 โครงการมีความล่าช้า คิดเป็นความเสียหาย 4.20%, 5.90% และ 2.43% โดยเฉพาะโครงการที่ 1 ล่าช้า 30 วัน หรือ 4.20% ของระยะเวลาที่กำหนด จากการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภูมิพาเรโตและแผนภาพความคิด พบว่า สาเหตุหลักมาจากการสื่อสารที่ไม่มีประสิทธิภาพ (40%) วัสดุไม่เพียงพอ (20%) และเครื่องมือไม่พร้อมใช้งาน (15%) ผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้หลักการการออกแบบสร้างรูปแบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อรองรับข้อมูลเข้ามาแก้ปัญหาด้านการสื่อสาร ด้วยการปรับปรุงผังการไหล (Work Flow) และ ปรับปรุงแก้ไขข้อมูล (Data Validation) ก่อนการพัฒนาแอปพลิเคชัน App Sheet เพื่อจัดเก็บและติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ พร้อมกำหนดสัญญาข้อตกลงในการเข้าซ่อมตามเวลา (Service Level Agreement: SLA) เพื่อควบคุมคุณภาพและกำหนดกรอบเวลาให้ชัดเจน ผลลัพธ์ของการดำเนินงานในโครงการใหม่ พบว่า ความเสียหายที่เกิดจากความล่าช้าลดลงเหลือ 1.14% จาก 4.20% ลดลงคิดเป็น 72.85% ของความเสียหายก่อนปรับปรุง และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 441%

คำสำคัญ: การเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล ประสิทธิภาพของโครงการ การส่งมอบงานติดตั้ง การจัดการงานวิศวกรรม App Sheet, ข้อตกลงระดับการให้บริการ

ABSTRACT

This research aimed to enhance the delivery efficiency of machinery and power supply system installations in industrial factories, targeting an improvement of no less than 8% through the integration of digital technologies and engineering management approaches. A case study of Merge 3 Site and Service Co., Ltd. revealed that 3 out of 5 projects experienced delays, with losses of 4.20%, 5.90%, and 2.43%, respectively. Notably, Project 1 was delayed by 30 days, representing 4.20% of the planned timeline. Through analysis using a Pareto chart and mind mapping, the primary causes were identified as ineffective communication (40%), insufficient materials (20%), and unavailable tools (15%). The researcher applied digital design principles to create a solution addressing communication inefficiencies by improving the workflow and validating data prior to developing a real-time tracking application using AppSheet. Furthermore, a Service Level Agreement (SLA) was introduced to set clear service response commitments and ensure quality control. Implementation of these improvements in a subsequent project resulted in a delay-related loss reduction from 4.20% to 1.14%, equivalent to a 72.85% decrease. The return on investment (ROI) was calculated at 441%, indicating high cost-effectiveness and significant process optimization.

Keywords: Digital Transformation, Project Efficiency, Installation Delivery, Engineering Management, AppSheet, Service Level Agreement (SLA)

บทนำ

การบริหารโครงการติดตั้งเครื่องจักรและระบบแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ความล่าช้าในการส่งมอบงานเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งต้นทุน เวลา และความพึงพอใจของลูกค้า งานวิจัยของ ณีภูฐา ประดิษฐ์สุขถาวร (2566) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการพัฒนาระบบรายงานผลการติดตั้งวิศวกรรมโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งช่วยให้การจัดการข้อมูลมีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ งานของ Egodawe et

al. (2022) ยังเสนอแนวคิด Digital Transformation Framework ที่ช่วยให้การปรับเปลี่ยนกระบวนการภายในองค์กรสามารถขับเคลื่อนได้อย่างเป็นระบบ ขณะที่ Ballard & Howell (2003) ได้กล่าวถึง Lean Project Management ที่เน้นการลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ซึ่งแนวทางเหล่านี้มีความสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้ App Sheet และ SLA ในการจัดการโครงการของงานวิจัยฉบับนี้ ดุสิตา ยอดเรือน และ พิเศษ ชัยดิเรก (2564) ชี้ให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมี

ผลต่อคุณภาพของงาน แรงจูงใจ และการสื่อสารของบุคลากรในโครงการอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ Goo et al. (2009) และ Mussadiq Abdul Rahim et al. (2022) ที่เน้นการใช้ SLA Framework ในการควบคุมคุณภาพบริการให้ได้ตามที่ตกลงไว้ ในประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีงานของจุมพล กิจสุขกาย, ภาวัต ไชยชาณวาทิก, ศักดิ์ชาย รักษการ และ จีรวัดน์ ปล้องใหม่ (2564) ที่เสนอแนวทางการพัฒนาระบบงานพัสดุไปรษณีย์ของนิติบุคคลอาคารชุด โดยอาศัยระบบดิจิทัลในการจัดเก็บ ติดตาม และให้บริการผ่านแพลตฟอร์มที่สามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งแนวทางนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับการปรับปรุงระบบรายงานในโครงการติดตั้งของผู้วิจัยที่เน้นการใช้เครื่องมือดิจิทัลในการสื่อสาร ติดตามสถานะ และลดความล่าช้า งานของจุมพล กิจสุขกาย, ศักดิ์ชาย รักษการ, , ภาวัต ไชยชาณวาทิก, และ จีรวัดน์ ปล้องใหม่ (2564) พบว่า ระบบการแจ้งเตือนพัสดุแบบเดิมที่ใช้เอกสารกระดาษ มีข้อจำกัดทั้งในด้านเวลา ความแม่นยำ และความสามารถในการติดตามผล ส่งผลให้เกิดพัสดุตกค้างและปัญหาด้านความเชื่อมั่นของผู้พักอาศัยต่อระบบบริหารจัดการของนิติบุคคล ในการบริหารจัดการโครงการที่มีลักษณะซับซ้อนและมีผลิตภัณฑ์เฉพาะโครงการ เช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์แบบ Built-in สำหรับโครงการคอนโดมิเนียม พบว่าการขาดระบบรวมศูนย์และการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดความล่าช้า ต้นทุนสูงขึ้น และประสิทธิภาพโดยรวมลดลง งานวิจัยของ Rakkarn และ Dersingh (2018) ได้เสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพผ่านการบูรณาการกระบวนการ (Integrated Processes) และการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อใช้ควบคุม ตรวจสอบ และสื่อสารในกระบวนการทุกขั้นตอนแบบเรียลไทม์ ผลการใช้งาน

จริงกับ 40 โครงการพบว่า สามารถลดความสูญเสียได้มากกว่า 70% และเพิ่มโอกาสในการส่งมอบงานตรงเวลา งานของ ธราธิป คำวงศ์ (2561) การเพิ่มประสิทธิภาพงานก่อสร้างสายการผลิต จากการศึกษาบทความและงานวิจัยข้างต้นทั้งหมดสะท้อนให้เห็นว่างานวิจัยฉบับนี้ได้เชื่อมโยงแนวคิดเชิงวิชาการและการประยุกต์ใช้จริงอย่างครบถ้วน เพื่อเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการส่งมอบงาน โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่สามารถตอบโจทย์ทั้งด้านคุณภาพ ต้นทุน และเวลา

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานของบริษัท เมิร์จ 3 ไซต แอนด์เซอร์วิส จำกัด ในการปฏิบัติงานและการส่งมอบ ทั้งหมดจำนวน 5โครงการ ในช่วงเวลาและมูลค่าที่แตกต่างกัน พบว่า มีจำนวน 3 โครงการที่ส่งมอบงานล่าช้า คิดเป็นความเสียหายต่อต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับโครงการ 4.2%, 5.9%, 2.43% ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบกับเวลาในการทำงาน จะเห็นโครงการที่ 1 มีปัญหาในการส่งมอบค่อนข้างสูงจากสัญญาการส่งมอบ วันที่ 30 เมษายน 2567 มีความล่าช้าเกิดขึ้นคิดเป็น 4.20% จากวันที่ตกลงทำสัญญา หากปล่อยให้มีการจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพ และขาดการวางแผนที่ดี จะทำให้เกิดความเสียหายต่อบริษัท และผู้ว่าจ้างอย่างมาก ผู้ศึกษาเห็นปัญหาที่เกิดขึ้น จึงมีแนวคิดว่า “การเพิ่มประสิทธิภาพโครงการการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม” ทำให้สามารถลดภาระค่าใช้จ่ายและต้นทุน วัสดุ แรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโครงการการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเป้าหมายให้เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 8%

วิธีการวิจัย

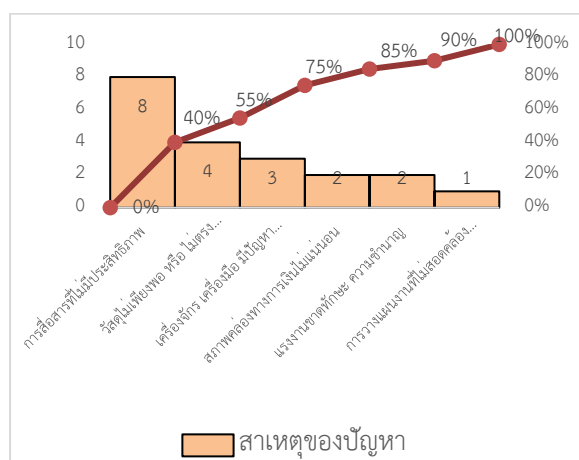
การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ผสมผสานระหว่างวิธีวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะหลัก ดังนี้:

ระยะที่ 1: การวิเคราะห์สภาพปัญหาและการวางแผน

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการส่งมอบงาน การจัดการโครงการ ระบบ SLA และเทคโนโลยีดิจิทัล

เก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการติดตั้งจริง 5 โครงการของบริษัท เมิร์จ 3 ซิต์แอนด์เซอร์วิส จำกัด ที่ประสบปัญหาความล่าช้าในการดำเนินงาน

วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภาพ Mind Map และแผนภูมิพาเรโต เพื่อจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ ตามภาพประกอบที่ 1 และภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบที่ 1 สาเหตุของปัญหาที่เกิดจากผู้รับเหมา

ตารางที่ 1 สภาพปัญหาที่พบจากรายงาน

สภาพปัญหา	จำนวนครั้ง	เปอร์เซ็นต์
การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพ	8	40%
เครื่องมือเครื่องจักร	4	20%
วัสดุไม่เพียงพอ ไม่ตรงสเปก	3	15%
สภาพคล่องทางการเงินไม่แน่นอน	2	10%
แรงงานขาดทักษะ ความ	2	10%
ชำนาญงาน	1	5%
การวางแผนไม่สอดคล้องกับ	1	5%
เจ้าของโครงการ	1	5%



ภาพประกอบที่ 2 Mind Map Diagram สาเหตุของความล่าช้าของการส่งมอบ

ระยะที่ 2: การพัฒนาระบบต้นแบบและการนำไปใช้จริง

พัฒนาเครื่องมือดิจิทัล เช่น ระบบติดตามสถานะด้วย AppSheet และ Web Application สำหรับรายงานสถานะงานแบบเรียลไทม์

ออกแบบขอบเขต SLA ที่เหมาะสมกับกระบวนการติดตั้ง โดยกำหนดระยะเวลาการตอบสนอง คุณภาพการส่งมอบ และการประเมินผล

จัดฝึกอบรมและทดลองใช้ระบบในหน่วยงานต้นแบบ (Pilot Project)

ระยะที่ 3: การประเมินผลและวิเคราะห์ความคุ้มค่า

เก็บข้อมูลผลการดำเนินงานหลังการนำระบบไปใช้ เช่น อัตราความล่าช้า ความเสียหาย และระดับความพึงพอใจของลูกค้า

เปรียบเทียบผลก่อนและหลังโดยใช้ดัชนีชี้วัด เช่น ร้อยละของเวลาล่าช้า ค่าเสียหายเฉลี่ยต่อโครงการ และผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)

วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการขยายผลในอนาคต

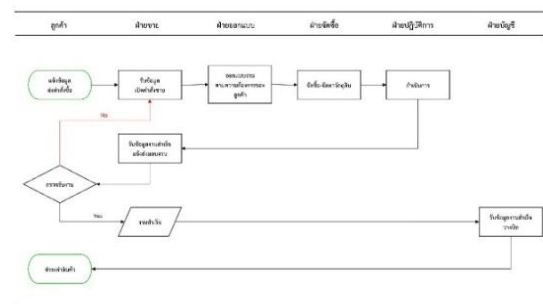
ผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุพบว่า ประเด็นสาเหตุปัญหาหลักที่ผู้ศึกษานำมาดำเนินการแก้ไขต่อไปประกอบไปด้วยประเด็นด้าน

การสื่อสาร ด้านวัสดุไม่เพียงพอและไม่ตรงกับความต้องการ และด้านอะไหล่เครื่องจักร โดยผู้ศึกษากำหนดแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับประเด็นต่างๆ ที่เป็นเรื่องของข้อมูลที่ต้องรวดเร็ว และแม่นยำ จึงได้สร้างรูปแบบดิจิทัลเพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหา พร้อมทั้งการกำหนดสัญญาข้อตกลงในการเข้าซ่อมตามเวลา (SLA) เพื่อยกระดับคุณภาพและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า โดยมีรายละเอียด ๆ ดังต่อไปนี้

การออกแบบสร้างรูปแบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อรองรับข้อมูลเข้ามาแก้ปัญหาด้านการสื่อสาร

จากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการบริหารการสื่อสารในโครงการมากที่สุด คือ ด้านช่องทางการสื่อสาร รองลงมาคือ ด้านเนื้อหาของสาร ด้านผู้ส่งสาร ด้านผู้รับสาร และด้านสิ่งรบกวนในการส่งสาร ตามลำดับ (วรวิทย์ แก้วมณี, ดันดุสิต โปราณนท์, 2566) นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถช่วยในประเด็นที่ได้รับการแสดงความคิดเห็นที่สามารถช่วยแก้ปัญหาในการติดต่อสื่อสารได้อย่างสะดวกรวดเร็ว โดยเทคโนโลยีดิจิทัล นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อปัจจัยผลการปฏิบัติงานในส่วนของคุณภาพของงาน ส่งผลต่อการรับรู้ ความง่ายในการใช้งาน แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน และความรู้ความสามารถ ทักษะของบุคคลที่มีความสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากร (ณัฏฐา ประดิษฐ์สุขถาวร, 2566) (ดุสิตา ยอดเรือน และ พิเศษ ชัยดิเรก, 2564) ดังนั้นผู้ศึกษาจึงวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการไหล (Work Flow) ในการทำงานเพื่อสร้างให้การสื่อสารด้านข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังภาพประกอบ 3

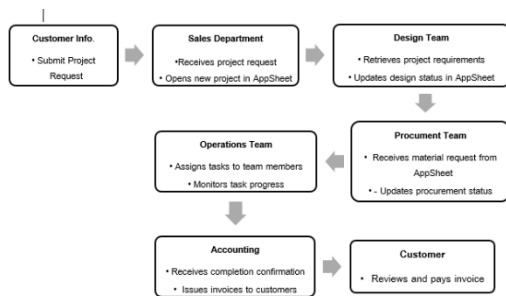


ภาพประกอบที่ 3 กระบวนการทำงาน (Work Flow) ของบริษัทฯ

การออกแบบรูปแบบข้อมูลบน App Sheet เข้ามาช่วยในการทำงานโครงการ

ธนวรรษ มีสง่า (2565) การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันยืมและคืนอุปกรณ์ด้วย App Sheet. เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันบน App Sheet เพื่อจัดการการยืมและคืนอุปกรณ์ภายในองค์กร โดยใช้ Google Sheets

ในการประยุกต์สร้าง App Sheet ในโครงการบริการงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายไฟฟ้า สามารถเขียนแผนภาพการทำงานของกรไหลของข้อมูลใน App Sheet ซึ่งจะส่งผลทำให้ข้อมูลโครงการและงานถูกจัดเก็บและอัปเดตในตารางกลาง (Centralized Tables) ที่สามารถเข้าถึงได้โดยทุกฝ่าย ระบบช่วยให้ผู้ใช้งานติดตามความคืบหน้าของโครงการและสถานะงานได้แบบเรียลไทม์ App Sheet รองรับการแจ้งเตือน เช่น การส่งอีเมลแจ้งสถานะงานหรือคำขออนุมัติ และแต่ละแผนกสามารถเข้าถึงข้อมูลเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องตามบทบาทหน้าที่ในระบบดังกล่าว ภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ที่ 4 Information Flow Diagram

จากภาพประกอบที่ 4 สามารถอธิบายได้ว่า

กระบวนการเริ่มต้น (Customer Submission) : ลูกค้าเป็นจุดเริ่มต้นของการทำงานในระบบ โดยลูกค้าสามารถส่งข้อมูลคำขอหรือข้อกำหนดของโครงการผ่านแบบฟอร์มที่สร้างใน App Sheet หรือส่งข้อมูลไปยังฝ่ายขายโดยตรง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดเก็บไว้ใน Project Table ซึ่งเป็นฐานข้อมูลหลักของระบบ

การจัดการคำขอ (Sales Department): ข้อมูลคำขอจากลูกค้าถูกส่งต่อไปยังฝ่ายขาย ซึ่งเป็นผู้เปิดงานโครงการใหม่ในระบบ App Sheet โดยบันทึกข้อมูลสำคัญ เช่น ชื่อโครงการ รายละเอียด และสถานะเริ่มต้น จากนั้นฝ่ายขายจะทำการส่งข้อมูลไปยังฝ่ายออกแบบเพื่อดำเนินการตามความต้องการของลูกค้า

การออกแบบโครงการ (Design Team): ฝ่ายออกแบบรับข้อมูลโครงการและข้อกำหนดจาก App Sheet เพื่อเริ่มต้นการออกแบบ โดยข้อมูลสถานะการทำงาน เช่น "กำลังดำเนินการ" หรือ "เสร็จสมบูรณ์" จะถูกอัปเดตใน Task Table เพื่อให้ทุกฝ่ายสามารถติดตามความคืบหน้าของงานได้

การจัดซื้อวัสดุ (Procurement Team): เมื่อฝ่ายออกแบบต้องการวัสดุ ฝ่ายจัดซื้อจะตรวจสอบข้อมูลคำขอที่บันทึกไว้ใน App Sheet และดำเนินการจัดซื้อหรือจัดหา จากนั้นจะอัปเดต

สถานะของการจัดซื้อใน Approval Table เพื่อให้ฝ่ายอื่น ๆ ทราบว่ากระบวนการจัดซื้อเสร็จสิ้นแล้ว

การปฏิบัติงาน (Operations Team): ฝ่ายปฏิบัติงานทำหน้าที่จัดการและมอบหมายงานให้กับทีมงาน โดยข้อมูลการมอบหมายงานและกำหนดส่งจะถูกบันทึกใน Task Table เพื่อให้ทีมงานสามารถเข้าถึงและอัปเดตสถานะงานได้แบบเรียลไทม์ ฝ่ายนี้จะติดตามความคืบหน้าและประเมินงานจนถึงขั้นตอนที่งานเสร็จสมบูรณ์

การออกใบแจ้งหนี้ (Accounting Department): เมื่อโครงการเสร็จสิ้น ฝ่ายปฏิบัติงานจะยืนยันสถานะความสำเร็จของงานในระบบ App Sheet จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังฝ่ายบัญชี ฝ่ายบัญชีทำหน้าที่ออกใบแจ้งหนี้และบันทึกสถานะการชำระเงินของลูกค้าใน App Sheet

การชำระเงิน (Customer Payment): สุดท้าย ลูกค้าจะตรวจสอบใบแจ้งหนี้ที่ส่งจากระบบ App Sheet และดำเนินการชำระเงิน กระบวนการทั้งหมดเสร็จสมบูรณ์เมื่อฝ่ายบัญชีได้รับการยืนยันการชำระเงิน และระบบจะอัปเดตสถานะโครงการเป็น "Completed" ใน Project Table

การสร้างตารางข้อมูลหลัก App Sheet นี้จะใช้ตารางข้อมูลบน Google Sheet เป็นฐานข้อมูลในการทำงาน ตามภาพประกอบที่ 5, 6, 7 ดังนั้นเริ่มต้นด้วยการสร้างตารางที่ครอบคลุมกระบวนการใน Work Flow

Project_ID	Customer_Name	Project_Details	Status	Assigned_To
P001	บริษัท ISUZU MOTOR CO.,THAILA	DEMOLISH AND IMPROVE TENT AREA	Complete	ผู้ดำเนินการ
P002	บริษัท ISUZU MOTOR CO.,THAILA	INSTALLATION EV CHARGER TIA	Complete	ผู้ดำเนินการ
P003	บริษัท ISUZU MOTOR CO.,THAILA	DEMOLISH PIPE BODY RHT50	Complete	ผู้ดำเนินการ
P004	บริษัท ISUZU MOTOR CO.,THAILA	REPLACEMENT CHILLER ED 2 SET	Complete	ผู้ดำเนินการ
P005	บริษัท ISUZU MOTOR CO.,THAILA	IMPROVE MAIN PIPE SUPPLY CHILLER	Complete	ผู้ดำเนินการ
P006	บริษัท SK INTER TRADING	INSTALLATION PROCESS DECK	Complete	ผู้ดำเนินการ
P007	บริษัท THAI YAZAKI ELECTRIC	INSTALLATION BE7-SE10	Complete	ผู้ดำเนินการ
P008	บริษัท THAI YAZAKI ELECTRIC	INSTALLATION BOOSTER PRESSURE	Complete	ผู้ดำเนินการ
P009	บริษัท THAI YAZAKI ELECTRIC	INSTALLATION BOOSTER PRESSURE	Complete	ผู้ดำเนินการ
P010	บริษัท CNA INTER SUPPLY	STRUCTURE AND UT INSTALLATION	Complete	ผู้ดำเนินการ
P011	บริษัท ISUZU TECHNO THAILAND	CV LINE UTILITY SUPPLY	Pending	ผู้ดำเนินการ

ภาพประกอบที่ 5 ข้อมูล Project ID ในฐานข้อมูลที่สร้างจาก Google Sheet

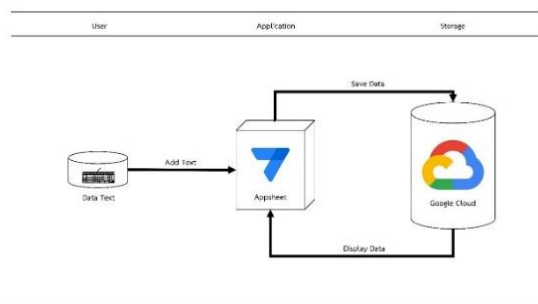
Merge 3 PM				
File Edit View Insert Format Data Tools Extensions Help				
G10				
A	B	C	D	E
Procurement_ID	Project_ID	Material_Name	Status	Supplier
PR001	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR002	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR003	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR004	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR005	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR006	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR007	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR008	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR009	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR010	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
PR011	P010	เหล็กพรรณ	Ordered	บริษัท สลิมแมคส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

ภาพประกอบที่ 6 ข้อมูล Procurement Table ในฐานข้อมูลที่สร้างจาก Google Sheet

Merge 3 PM				
File Edit View Insert Format Data Tools Extensions Help				
H9				
A	B	C	D	E
Invoice_ID	Project_ID	Amount	Payment_Status	Due_Date
INV001	P010	223,373.20	Paid	24/4/2024
INV002	P010	875.00	Pending	24/4/2024
INV003	P010	6,955.00	Paid	6/3/2024
INV004	P010	438,379.00	Paid	6/3/2024
INV005	P010	157,504.00	Paid	19/3/2024
INV006	P010	397,392.65	Paid	5/4/2024
INV007	P010	6,955.00	Paid	5/4/2024
INV008	P010	29,703.20	Paid	17/5/2024
INV009	P010	132,931.45	Paid	3/4/2024
INV010	P010	27,873.41	Paid	3/4/2024
INV011	P010	97,682.44	Paid	3/4/2024
INV012	P010	33,112.22	Paid	3/4/2024

ภาพประกอบที่ 7 ข้อมูล Invoice Table ในฐานข้อมูลที่สร้างจาก Google Sheet

รายละเอียดการใช้งานของ App Sheet การใช้งานจะดำเนินไปตามขั้นตอนและบทบาทของแต่ละแผนกในองค์กร โดยสามารถอธิบายการใช้งานตามภาพประกอบที่ 8

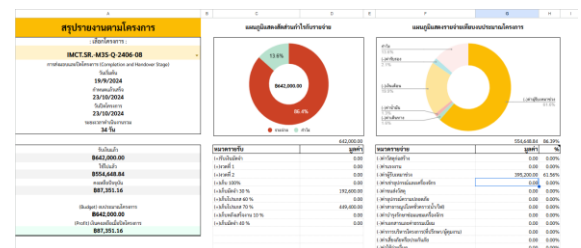


ภาพประกอบที่ 8 รูปแบบการทำงานของ App Sheet ผ่านฐานข้อมูล Google Sheet การประมวลผลบนระบบ Back-end ในการบริหารโครงการ

การประมวลผลหลังบ้าน (Backend) มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการทำงานของระบบ Frontend ในการบริหารจัดการโครงการติดตั้งระบบ

ไฟฟ้า โดยทำหน้าที่ในการจัดการข้อมูล การเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ และการสนับสนุนการทำงานอัตโนมัติของระบบ

ระบบ Backend ของการบริหารจัดการโครงการทำหน้าที่เป็นกลไกที่เชื่อมโยง Frontend และฐานข้อมูล เพื่อให้การทำงานของระบบทั้งหมดเป็นไปอย่างราบรื่น มีประสิทธิภาพ และปลอดภัย พร้อมสนับสนุนการอัปเดตข้อมูลแบบเรียลไทม์และการแจ้งเตือนอัตโนมัติที่ช่วยเพิ่มความสะดวกให้ผู้ใช้งานในทุกฝ่าย ดังนั้นการวิเคราะห์การจัดการผ่านระบบฐานข้อมูลในการประมวลผลผ่าน Google Sheet จัดทำรายงานผ่าน Dash Board ก็สามารถทำให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายสามารถเข้าใช้ระบบในการบริหารจัดการได้อีกทาง ดังภาพประกอบที่ 9



ภาพประกอบที่ 9 รายงานสรุปโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าต่าง ๆ ด้วย Dash Board ผ่าน Google Sheet

การกำหนดสัญญาข้อตกลงในการเข้าซ่อมตามเวลา (SLA)

ข้อกำหนด SLA สำหรับงานโครงการบริการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอุตสาหกรรม Service Level Agreement (SLA) เป็นเอกสารสำคัญที่กำหนดมาตรฐานการให้บริการ ระยะเวลาการดำเนินงาน และข้อกำหนดคุณภาพในโครงการบริการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอุตสาหกรรม เพื่อลดข้อขัดแย้งระหว่างผู้ให้บริการและลูกค้า และเพิ่มความชัดเจนในความรับผิดชอบร่วมกัน การจัดทำ SLA ที่มีโครงสร้างชัดเจนจะช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ข้อตกลงระดับการ

ให้บริการ (SLA) นี้จัดทำขึ้นระหว่าง บริษัทผู้
ให้บริการติดตั้งระบบไฟฟ้า และลูกค้า
ผลการเปรียบเทียบปัญหาความเสียหายก่อน
ปรับปรุงและหลังปรับปรุง

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูล
ระหว่างโครงการติดตั้งเครื่องจักรและระบบ
ตารางที่ 2 ก่อนปรับปรุงโครงการติดตั้งเครื่องจักรโดยใช้ Appsheet

แหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมก่อนและ
หลังการปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานด้วยการ
นำระบบ App Sheet และเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามา
ช่วยในการบริหารจัดการ ตามตารางที่ 2 และ 3

ลำดับ	ชื่อโครงการ	มูลค่าโครงการ	ระยะเวลาการทำงาน		ระยะเวลาการส่งมอบ		เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย	หมายเหตุ
			เริ่มโครงการ	สิ้นสุดโครงการ	ทันเวลา	เกินเวลา (วัน)		
1	500 UR & SM zone 3	7,190,000.00	15/2/2024	30/5/2024	NG	30	4.20%	
2	Installation sunscreen type wind	423,800.00	12/3/2024	13/4/2024	NG	2	5.90%	
3	Installation utility robot line common A	801,115.00	8/4/2024	11/4/2024	Ok			
4	Supply generator for DB panel	390,000.00	12/4/2024	13/4/2024	Ok			
5	Service and inspection DB panel and transformer	1,850,000.00	12/4/2024	14/4/2024	NG	1	2.43%	

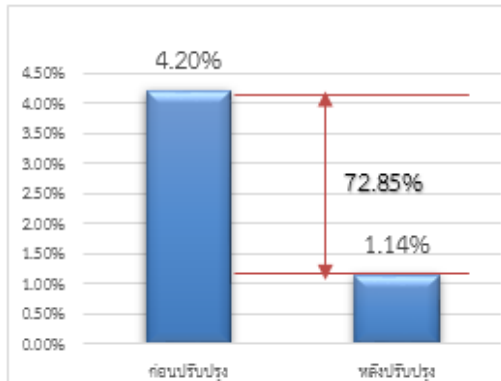
ตารางที่ 3 หลังปรับปรุงโครงการติดตั้งเครื่องจักรโดยใช้ Appsheet

ลำดับ	ชื่อโครงการ	มูลค่าโครงการ	ระยะเวลาการทำงาน		ระยะเวลาการส่งมอบ		เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย	หมายเหตุ
			เริ่มโครงการ	สิ้นสุดโครงการ	ทันเวลา	เกินเวลา (วัน)		
1	INSTALLATION M/C SE7-SE10	3,021,386.45	1/8/2024	15/10/2024	NG	1	1.14 %	
2	INSTALLATION EV CHAGER TIA	288,793.00	27/7/2024	1/8/2024	OK			
3	REPLACEMENT CHILLER ED 2 SET	642,000.00	19/9/2024	23/10/2024	Ok			

หลังจากการดำเนินการปรับปรุงการทำงาน
ได้เก็บรวบรวมข้อมูลโครงการจาก 3 โครงการเพื่อ
วัดผลการปรับปรุง จากข้อมูลแสดงให้เห็นอย่าง

ชัดเจนว่าการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับ
กระบวนการติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงาน
สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดความ

ผิดพลาด และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าได้อย่างเป็นรูปธรรม



ภาพประกอบที่ 10 กราฟเปรียบเทียบความเสียหายก่อนและหลังการปรับปรุง

จากภาพประกอบที่ 10 พบว่า ลักษณะโครงการที่มีความใกล้เคียงกันในระยะเวลา และความเหมือนของโครงการ สามารถลดเวลาความล่าช้าของโครงการได้ จากความเสียหายจากก่อนการปรับปรุงของโครงการที่ 1 อยู่ที่ 4.2% โดยได้นำเทคโนโลยีมาใช้ในโครงการหลังจากการปรับปรุงโครงการสามารถลดความล่าช้าของโครงการโดยค่าความเสียหาย ลดลงเหลือเพียง 1.14% คิดเป็น 72.85% ของเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุน

การลงทุนพัฒนาแพลตฟอร์มระบบควบคุมและติดตามงานโดยใช้ App Sheet ซึ่งเชื่อมโยงกับ Google Drive มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการลดระยะเวลาในการส่งมอบงานจากเดิมใช้เวลาประมาณ 30 วัน ลดลงเหลือเพียง 1 วัน หรือคิดเป็นการประหยัดต้นทุนค่าเสียเวลาได้สูงถึง 960,000 บาทต่อปี (จากต้นทุนความล่าช้าวันละ 30,000 บาท)

$$ROI = \left(\frac{\text{ผลตอบแทนจากการลงทุน} - \text{ต้นทุนการลงทุน}}{\text{ต้นทุนการลงทุน}} \right) \times 100$$

$$ROI = \left(\frac{960,000 - 177,340}{177,340} \right) \times 100$$

$$ROI = \left(\frac{782,660}{177,340} \right) \times 100$$

$$ROI \approx 441.22\%$$

ในการวิเคราะห์ต้นทุน จากการศึกษาพบว่ามูลค่าการลงทุนรวมในปีแรกอยู่ที่ประมาณ 177,340 บาท ซึ่งรวมถึงค่าพัฒนาแอป ค่าซื้ออุปกรณ์ ค่าใช้บริการ Cloud Platform (AppSheet และ Google Drive) ค่าป้อนข้อมูล และค่าอบรมการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าที่สามารถประหยัดได้จากการลดความล่าช้า แสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) สูงถึง 441%

การประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นถึง การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่มีต้นทุนต่ำแต่มีความยืดหยุ่นสูง เช่น App Sheet นั้นไม่จำเป็นต้องใช้ความสามารถด้านการเขียนโปรแกรมขั้นสูง (no-code/low-code platform) ถือเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าอย่างยิ่งสำหรับองค์กรขนาดกลางถึงขนาดเล็กในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารโครงการ

นอกจากนี้ การบูรณาการข้อมูลด้วย Google Sheets ซึ่งเป็นเครื่องมือบนระบบ Cloud ยังช่วยลดความซับซ้อนในการจัดเก็บและเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้สามารถลดความซ้ำซ้อนของเอกสารและลด carbon footprint ในระบบเอกสารได้อีกด้วย

สรุปผลการดำเนินการ

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในโครงการการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเป้าหมายให้ได้เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 8% ของโครงการ

ก่อสร้างติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานของบริษัท เมิร์จ 3 โซต์แอนด์เซอร์วิส จำกัด โดยใช้ App sheet เพื่อเป็นระบบบริหารจัดการข้อมูลด้านการสื่อสาร และการบันทึกข้อมูลบน Google Sheet และเป็นฐานข้อมูลในการทำงาน เริ่มต้นด้วยการสร้างตารางที่ครอบคลุมกระบวนการใน Work Flow รวมถึงการสร้าง Application บนมือถือ เพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูล การตรวจสอบและการดูแลรักษา โดยกำหนดโครงการที่มีลักษณะ และ เวลาใกล้เคียงกันในแต่ละโครงการ พบว่าการดำเนินการเพิ่ม

ประสิทธิภาพในโครงการการส่งมอบงานติดตั้งเครื่องจักรและแหล่งจ่ายพลังงานโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเป้าหมายให้ได้เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 8% สามารถลดเวลาความล่าช้าของโครงการได้ จากความเสียหายจากก่อนการปรับปรุงของโครงการที่ 1 อยู่ที่ 4.2% โดยได้นำเทคโนโลยีมาใช้ในโครงการหลังจากการปรับปรุงโครงการสามารถลดความล่าช้าของโครงการโดยค่าความเสียหายลดลงเหลือเพียง 1.14% ตามตารางที่ 4 คิดเป็น 72.85%ของเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ประเด็นเปรียบเทียบ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ค่าความเสียหายของโครงการที่ 1	4.20%	1.14%
ความล่าช้า	30 วัน (สูงสุด)	0-1 วัน
ความพึงพอใจลูกค้า	ไม่สามารถประเมินได้ตรงเวลา	มีระบบแจ้งสถานะแบบเรียลไทม์ผ่าน App Sheet
การบริหารติดตามงาน	ใช้การโทรศัพท์และเอกสาร กระดาษ	ใช้ แอป พลิก เช้น และ Google Sheet Dashboard
ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)	ไม่สามารถวัด	441%

อภิปรายผล

จากผลการดำเนินโครงการก่อนและหลังการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยบริหารจัดการ พบว่าค่าความเสียหายเฉลี่ยลดลงจาก 4.20% เหลือเพียง 1.14% ของมูลค่าโครงการ ซึ่งคิดเป็นการลดลงถึง 72.85% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการนำระบบ App Sheet และ แนวทางการบริหารโครงการด้วย SLA มาประยุกต์ใช้

ผลการลดความเสียหายดังกล่าว สอดคล้องกับแนวคิดของ Ballard และ Howell (2003) ที่เสนอว่า การบริหารโครงการแบบลีน

(Lean Project Management) ช่วยลดความสูญเสียในกระบวนการและเพิ่มความคล่องตัวของโครงการ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางของ Egodawe et al. (2022) ที่ระบุว่ากรอบแนวคิด Digital Transformation Framework มาประยุกต์ใช้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งมอบโครงการและลดความผิดพลาดเชิงระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในด้านปัจจัยที่มีผลต่อการลดปัญหา พบว่า การบูรณาการข้อมูลแบบ Real-time ผ่าน App Sheet ช่วยให้สามารถติดตามความคืบหน้าของงานได้อย่างแม่นยำ ลดความล่าช้าในการส่ง

ข้อมูล และสามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหาหน้างานได้รวดเร็วขึ้น ขณะเดียวกัน การกำหนด Service Level Agreement (SLA) อย่างชัดเจนในแต่ละขั้นตอนส่งผลให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับรู้ขอบเขตงาน ความรับผิดชอบ และระยะเวลาดำเนินการได้ตรงกัน ลดความสับสนและข้อผิดพลาดที่เกิดจากการสื่อสารคลาดเคลื่อน

เมื่อเปรียบเทียบกับโครงการในอดีตที่ขาดระบบติดตามข้อมูลและมีการจัดการแบบ Manual พบว่าโครงการที่ปรับปรุงแล้วสามารถลดต้นทุนความเสียหายได้อย่างมีนัยสำคัญ และยังส่งผลทางบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าผู้ว่าจ้างในด้านระยะเวลาส่งมอบ คุณภาพงาน และความโปร่งใสในการบริหารโครงการ

ผลการวิจัยนี้ยืนยันถึงความสำคัญของการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาเป็นเครื่องมือในการบริหารงานวิศวกรรม และสนับสนุนแนวคิดของ

การเปลี่ยนแปลงองค์กรสู่ยุคดิจิทัลอย่างเป็นรูปธรรม

ข้อเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้

1) ควรขยายผลการใช้ App Sheet และ SLA ไปยังแผนกอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น งานซ่อมบำรุง งานวิศวกรรมระบบ หรือโลจิสติกส์ในโรงงานอุตสาหกรรม

2) ควรบูรณาการระบบกับ ERP หรือ CMMS ขององค์กรเพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องและส่งต่อกันได้แบบอัตโนมัติ

3) เสนอให้นำข้อมูลจาก Dashboard ไปใช้ประกอบการประชุมติดตามผลโครงการในระดับผู้บริหารเพื่อเพิ่มความโปร่งใส

4) พัฒนาระบบแจ้งเตือน (Notification System) ให้สามารถแจ้งผ่าน LINE หรือ Email ได้แบบอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

- ดุสิตา ยอดเรือ, พิเศษ ชัยดิเรก. (2564, มกราคม-มิถุนายน) ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เทคโนโลยีกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของบุคลากรสำนักศาลยุติธรรมประจำภาค 7. *วารสารละครี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี*, 5(1), 27-41.
- ธนวรรษ มีสง่า. (2565). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันยืมและคืนอุปกรณ์ด้วย AppSheet. สหกิจศึกษาสำหรับนักวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.
- ธราธิป ดำวงศ์. (2561). การเพิ่มประสิทธิภาพงานก่อสร้างสายการผลิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- ณัฐฐา ประดิษฐ์สุขถาวร. (2566). การพัฒนาระบบรายงานผลการดำเนินงานวิศวกรรมโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในภาคอุตสาหกรรม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- จุมพล กิจสุขกาย, ภาวัต ไชยชาวนาทิก, ศักดิ์ชาย รักการ และ จีรวัฒน์ ปล้องใหม่. (2564). การปรับปรุงระบบงานพัสดุไปรษณีย์ในอาคารชุดด้วยระบบดิจิทัล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*, 1(2), 54-69.
- วรวิทย์ แก้วมณี, ดันดุสิต โปราณานนท์. (2566). รูปแบบการสื่อสารในงานติดตั้ง ระบบอุตสาหกรรมและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. *วารสารวิศวกรรมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย*, 29(2), 52-64.

- Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119–133. <https://doi.org/10.1080/09613210301996>
- Goo, J., Kishore, R., Rao, H. R., & Nam, K. (2009). The role of service level agreements in relational management of information technology outsourcing: An empirical study. *MIS Quarterly*, 33(1), 119–145.
- Egodawe, A. P., Perera, B. A. K. S., & Mallawaarachchi, H. (2022). A conceptual framework for digital transformation in project delivery. *International Journal of Construction Management*, 22(5), 442–456.
- Mussadiq Abdul Rahim, Nor Azilah Mustapha, & Wong, K. Y. (2022). Service level agreement practices and customer satisfaction in IT project outsourcing. *Journal of Information and Communication Technology*, 21(1), 1–25.
- Rakkarn, S., & Dersing, A. (2018). Mobile application to integrated processes for improving performance of project management in furniture industry. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 8(2), 93–103.

การพัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร

Development of a Dust Monitoring System Using Internet of Things (IoT) Technology for Air Quality Control and Monitoring at Schools under the Jurisdiction of the Bangkok Secondary Educational Service Area.

เกรียงศักดิ์ มะละกา¹, อนุสรณ์ สุขสุคนธ์², ขวัญวิจิตรดา ชันทะวงศ์วัฒนา³, วินัย เปาเดล⁴
กนกกร สิมิพันธ์⁵, วันสนันท์ จันทรเพ็ญ⁶, เอกรัตน์ สุขสุคนธ์^{7*}

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์, โรงเรียน Wachirathamsatit School^{1,2,3,4,5,6}

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ⁷

Kriangsak Malaka¹, Anusara Suksukon², Kwanwichitrada

Khantawongwattana³, Winai Paudel⁴, Kanokon Seemeephan⁵,

Wanatsanan Junpen⁶, Aekkarat Suksukont^{7*}

Learning Area of Mathematics, Wachirathamsatit School^{1,2,3,4,5,6}

Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi⁷

E-mail: aekkarat.s@rmutsb.ac.th^{1,2,3,4,5,6,7}

Received: May 3, 2024; Revised: March 26 2025; Accepted: April 2, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ พัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับการควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร และประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ กระบวนการวิจัยประกอบด้วย การติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าฝุ่นเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งข้อมูลแบบเวลาจริงเข้าสู่ระบบคลาวด์ ระบบสามารถแจ้งเตือนและควบคุมการทำงานของเครื่องฉีดพ่นละอองน้ำแรงดันสูงแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน จากผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถควบคุมปริมาณฝุ่นให้ไม่เกินค่ามาตรฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.57) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการบริหาร

จัดการคุณภาพอากาศในโรงเรียนอย่างยั่งยืน จากผลการศึกษาสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาโรงเรียนอัจฉริยะและสนับสนุนการวางแผนนโยบายสิ่งแวดล้อมเชิงรุกในอนาคต

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โรงเรียนอัจฉริยะ

ABSTRACT

This research aimed to design, develop a dust monitoring system utilizing the internet of things (IoT) to control and monitor air quality, specifically targeting particulate matter smaller than 10 microns (PM10) in schools under the Bangkok Metropolitan, and to evaluate users satisfaction towards the developed system. The design of the system integrates dust sensors with microcontrollers to transmit real-time data to a cloud-based platform and automatically activates a high-pressure mist spray system when dust levels exceed a predefined threshold through notifications delivered via a smartphone application. Research instruments included a user satisfaction questionnaire and an expert evaluation form. The findings revealed that the system effectively maintained dust levels within safe limits and achieved a high level of user satisfaction ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.57). These results highlight the potential of IoT in promoting sustainable air quality management in schools and suggest its applicability as a prototype for smart school development and proactive environmental policy planning.

KEYWORDS: Dust, Internet of Things, Smart School

บทนำ

การเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพระบบทางเดินหายใจและคุณภาพชีวิตของประชากรทั่วโลก (World Health Organization, 2021) ได้กำหนดค่ามาตรฐานระดับฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ อยู่ในเกณฑ์คุณภาพอากาศดี และเมื่อระดับฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิน $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะผลกระทบต่อสุขภาพในเด็กและนักเรียน โดยที่เมื่อเด็กใช้เวลาในพื้นที่ปิด อาทิ สถานศึกษาหรือโรงเรียนมากกว่าหนึ่งในสามของวัน การจัดการคุณภาพอากาศภายใน

สถานศึกษาจึงเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง (Park, J.Y., et al., 2024) ในช่วงที่ผ่านมาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้เพื่อตรวจวัดและจัดการคุณภาพอากาศแบบเวลาจริง ระบบเซ็นเซอร์แบบกระจายตัวที่เชื่อมต่อกับคลาวด์ทำให้สามารถแจ้งเตือนและวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันทีซึ่งจำเป็นต่อการควบคุมปริมาณ PM10 ในพื้นที่ภายในอาคาร (Shahid, S., et al., 2025) ประเทศไทยเผชิญกับวิกฤตฝุ่นในหลายภูมิภาค โดยเฉพาะในเขตเมืองใหญ่และพื้นที่ใกล้แหล่งก่อสร้าง จึงทำให้รัฐบาลต้องออกมาตรการเชิงนโยบายเพื่อแก้ไขปัญหา (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) อย่างไรก็ตาม การติดตั้งระบบตรวจวัดกระจายทั่วโรงเรียนยังมีอยู่อย่างจำกัด

ทำให้ขาดข้อมูลเชิงลึกในการจัดการคุณภาพอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, 2566) งานวิจัยในต่างประเทศหลายฉบับชี้ให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง สามารถทำนายและควบคุมระดับฝุ่นละอองขนาดเล็กได้อย่างแม่นยำมากขึ้น (Mustamin, S. B., et al., 2024) แม้กระทั่งการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียน (Suksukont, A., et al., 2024) โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและแจ้งเตือนผ่านไลน์ ถือเป็นตัวอย่างสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในสถานศึกษาให้ปลอดภัยและยั่งยืน (Zhang, L., et al., 2021) นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งประยุกต์ในระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายและรักษาระดับคุณภาพอากาศภายในอาคารได้สม่ำเสมอ โดยรายงานของสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมเน้นย้ำความสำคัญของการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเรียน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบ พัฒนา และประเมินผล ระบบตรวจวัดและควบคุมค่าฝุ่นด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่เหมาะสมกับบริบทกับโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในโรงเรียนอื่น ๆ นอกจากนี้ ระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยส่งเสริมให้โรงเรียนสามารถบริหารจัดการคุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัยต่อสุขภาพของนักเรียน บุคลากร และชุมชนโดยรอบ

วัตถุประสงค์

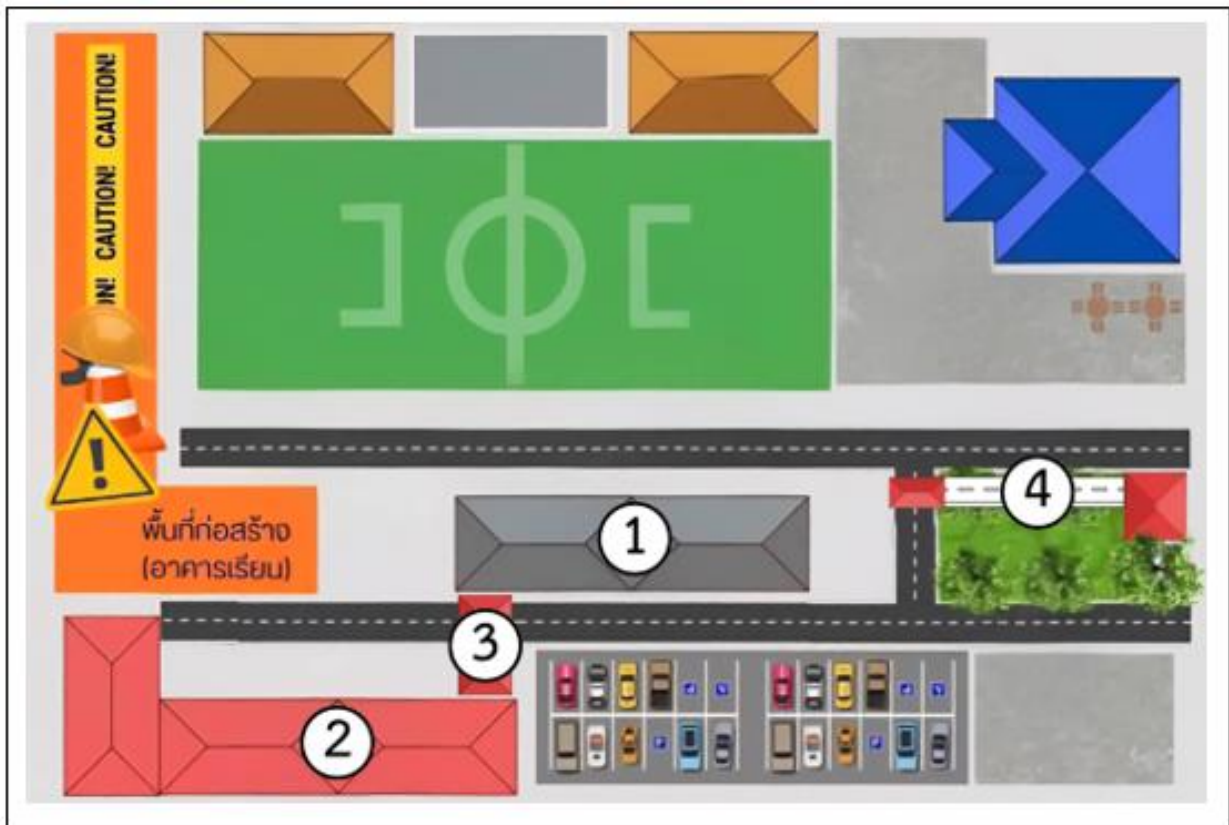
1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับการควบคุมและติดตามระดับคุณภาพของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ภายในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร

2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียน

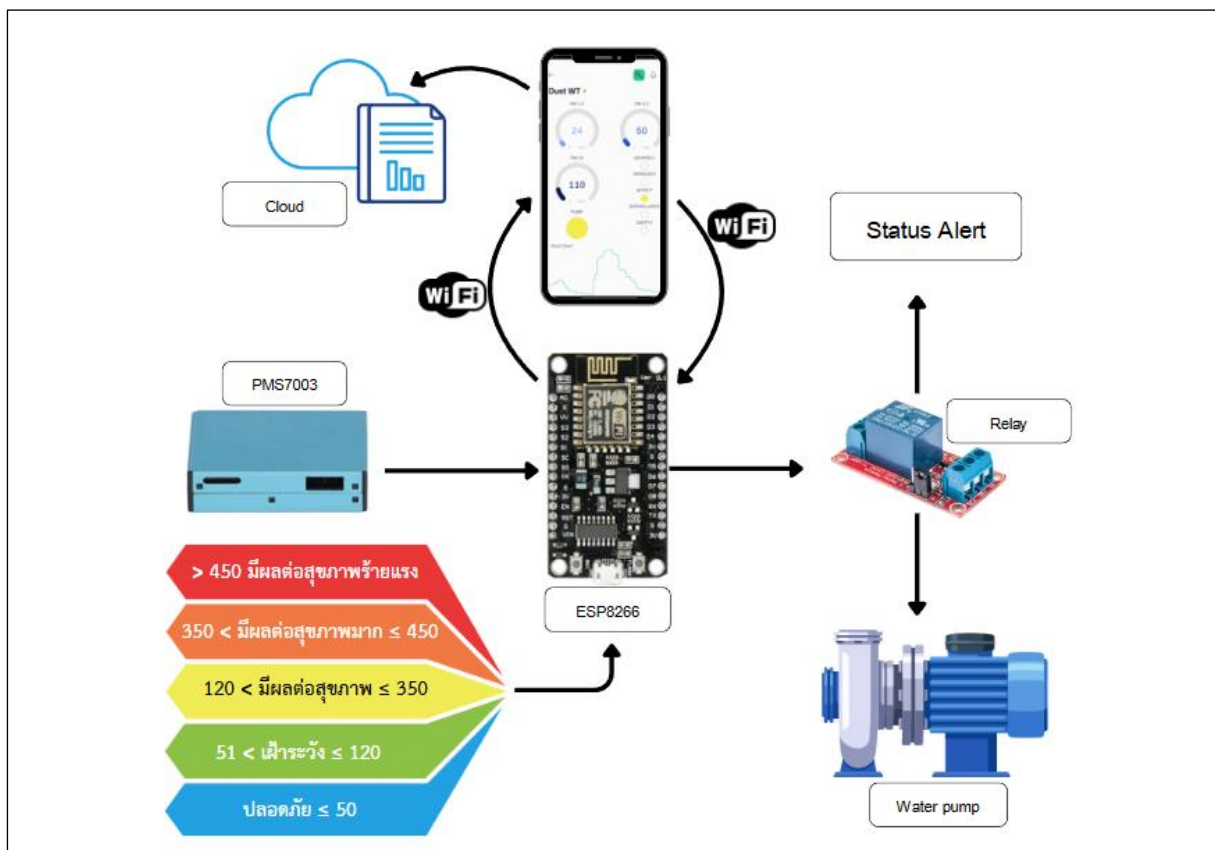
วิธีดำเนินการวิจัย

1) สำรวจสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง เพื่อวิเคราะห์และระบุพื้นที่เสี่ยงสำหรับการติดตั้งระบบตรวจวัดและควบคุมค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กให้เหมาะสม ในบริเวณหน้าห้องเรียน บริเวณโรงอาหาร บริเวณสวน และบริเวณทางเดินระหว่างอาคาร ดังรูปที่ 1

2) ออกแบบระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียน โดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PMS7003) ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP8266) เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลเข้าสู่ระบบคลาวด์ซึ่งสามารถเก็บบันทึกค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กและแสดงผลแบบเวลาจริง โดยที่ระบบมีการตรวจค่าฝุ่นเกินค่าที่กำหนดไว้ เครื่องฉีดพ่นละอองน้ำแรงดันสูงจะเริ่มทำงาน เพื่อทำการระงับฝุ่นและแจ้งเตือนสถานะผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยกำหนดค่ามาตรฐานในการการทำงานของเครื่องฉีดพ่นในกรณีที่ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิน $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แผนผังการติดตั้งระบบภายในโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2 การออกแบบระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

จากรูปที่ 2 การติดตั้งระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก จำนวน 4 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 บริเวณหน้าห้องเรียน ใช้หัวพ่นละอองน้ำ จำนวน 25 หัว จุดที่ 2 บริเวณโรงอาหาร ใช้หัวพ่นละอองน้ำ จำนวน 20 หัว จุดที่ 3 บริเวณทางเดินระหว่างอาคาร ใช้หัวพ่นละอองน้ำ จำนวน 5 หัว และจุดที่ 4 บริเวณสวนสนามหญ้า ใช้หัวพ่นละอองน้ำ จำนวน 10 หัว รวมทั้งสิ้น 60 หัว ครอบคลุมบริเวณโรงเรียนที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

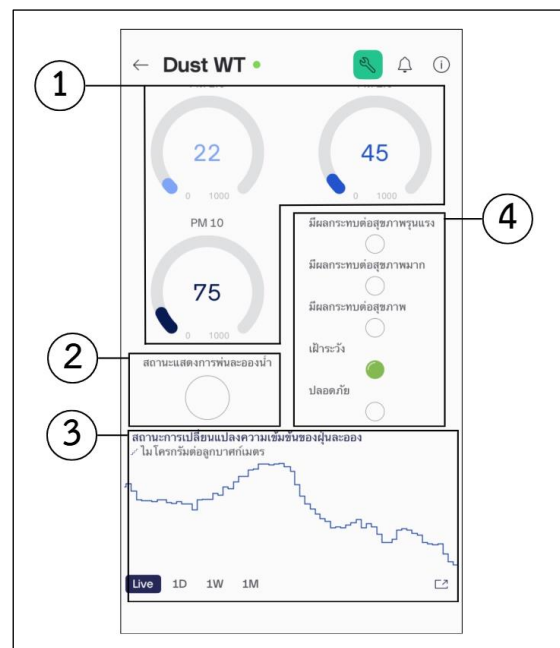
หน้าต่างแอปพลิเคชันแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 3 ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แสดงสถานะของค่าฝุ่น PM1, PM2.5 และ PM10 มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) แสดงค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบเวลาจริง

ส่วนที่ 2 แสดงสถานะ การทำงานของเครื่องพ่นละอองน้ำแรงดันสูง โดยที่เครื่องพ่นละอองน้ำแรงดันสูงจะทำงานเมื่อค่าฝุ่นละอองเฉลี่ยมากกว่า $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

ส่วนที่ 3 แสดงสถิติปริมาณความเข้มข้นของค่าฝุ่นละออง จำนวน 4 แบบ ได้แก่ ค่าเวลาจริง, ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง, ค่าเฉลี่ย 1 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ย 1 เดือน

ในกรณีที่ค่าฝุ่นละอองอยู่ในระดับ มีผลกระทบต่อสุขภาพ (สีเหลือง) ระบบฉีดพ่นละอองน้ำแรงดันสูงจะทำงาน (On) และเมื่อตรวจวัดแล้วค่าฝุ่นลดระดับลงมาต่ำกว่าระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพ (สีเหลือง) ระบบจะสั่งการให้เครื่องพ่นละอองน้ำแรงดันสูงหยุดทำงานทันที เพื่อประหยัดค่าไฟฟ้าและค่าน้ำประปา



รูปที่ 3 รายละเอียดบนหน้าต่างแอปพลิเคชัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) การสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ประกอบด้วย นักเรียน ครู และผู้บริหารของโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย นักเรียน 353 คน ครู 123 คน และผู้บริหาร 5 คน รวม

ทั้งสิ้น 481 คน (Taro Yamane, T., 1967) จากจำนวนนักเรียน ครู และผู้บริหาร จำนวนทั้งหมด 3,193 คน ตอบข้อคำถามลงในแบบประเมินและเสนอข้อคิดเห็น โดยผู้วิจัยได้กำหนดระดับการให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละระดับชั้น ประยุกต์ใช้เทคนิค

ในการคำนวณความกว้างของชั้นของข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง โดยสามารถแปลความหมายของระดับความสำคัญของคะแนน ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{พิสัย} &= \frac{\text{คะแนนสูงสุด}-\text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} \quad (1) \\ &= \frac{5-1}{5} \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

ระดับ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ปรับปรุง

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการให้ปรับปรุงระบบ

2) ประเมินการออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จำนวน 5 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาแล้วมีค่า IOC=1 หมายถึง เครื่องมือและแบบประเมินมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดอย่างสมบูรณ์

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ระบุถึงประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีผลการเก็บข้อมูลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นช่วงที่โรงเรียนมีการรื้อถอนอาคารเรียน เพื่อเตรียมการสร้างอาคารเรียนใหม่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติตค่าฝุ่นละอองก่อนใช้ระบบ

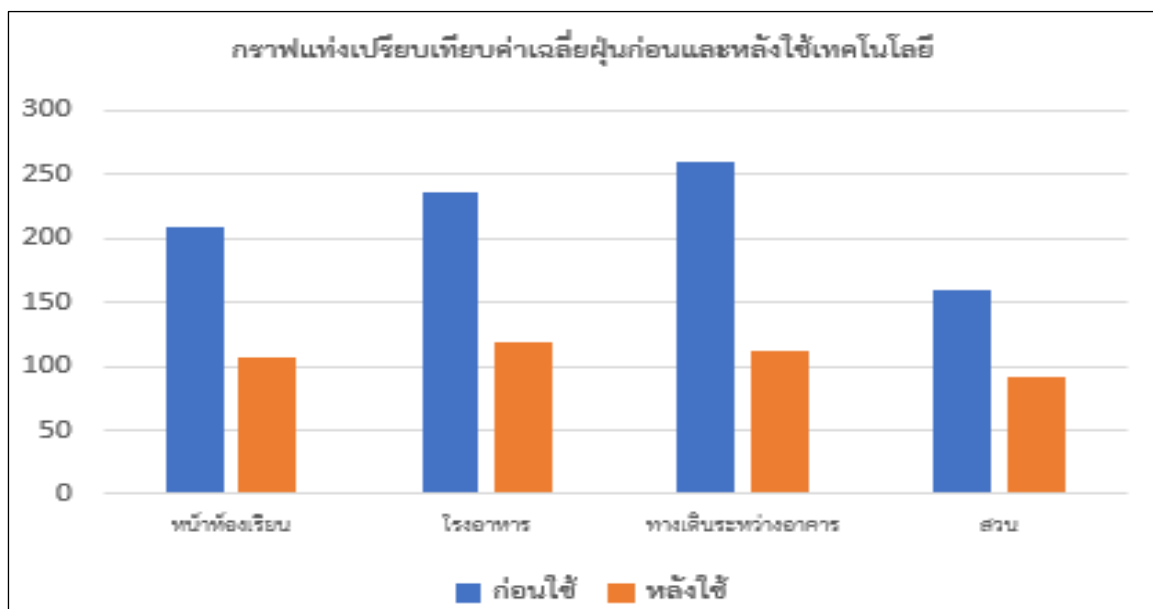
สถิติตค่าฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ใน 7 วัน				
สถานที่	หน้าห้องเรียน	โรงอาหาร	ทางเดินระหว่างอาคาร	สวน
ค่าเฉลี่ย ก่อนใช้	209	236	259	160

จากตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกินค่ามาตรฐานภายในโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง โดยทำการเก็บผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยในทุกสถานที่ภายในโรงเรียนที่ใช้ในการทดลองมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่า 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพ

ตารางที่ 2 สถิติค่าฝุ่นละอองระหว่างใช้ระบบ

สถิติค่าฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ใน 7 วัน				
สถานที่	หน้าห้องเรียน	โรงอาหาร	ทางเดินระหว่างอาคาร	สวน
ค่าเฉลี่ย หลังใช้	108	118	113	93

จากตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กภายในโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งได้ดำเนินการเปิดใช้งานระบบควบคุมค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยระบบสามารถควบคุมให้ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ทั้งนี้ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลตรงกับช่วงเดือนที่มีการรื้อถอนอาคารเรียนอย่างต่อเนื่องทุกวัน พร้อมกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ โดยสามารถเปรียบเทียบค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กก่อนและระหว่างการใช้ระบบควบคุมผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กก่อนและหลังใช้ระบบ

จากผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสามารถควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจ ชี้ให้เห็นว่าระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียนได้รับการตอบรับที่ดีเยี่ยมจากผู้ใช้งาน โดยมีค่าระดับคะแนนเฉลี่ยสูงและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำในหลายหัวข้อ ซึ่งเป็นการบ่งชี้ถึงความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบดังกล่าว

ตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ประสิทธิภาพของการทำงาน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความเสถียรของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการควบคุมระบบ	4.56	0.67	พึงพอใจมากที่สุด
2. ความแม่นยำของเซ็นเซอร์ในการตรวจจับค่าฝุ่นภายในห้องเรียน	4.86	0.37	พึงพอใจมากที่สุด
3. ความสะดวกในใช้งานระบบผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน	4.92	0.27	พึงพอใจมากที่สุด
4. ระบบช่วยลดความเสี่ยงด้านสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กได้	4.40	0.62	พึงพอใจมากที่สุด
5. ความสะดวกในการเข้าถึงและควบคุมระบบจากอุปกรณ์ต่าง ๆ	4.17	0.76	พึงพอใจมาก
6. ความถูกต้องของข้อมูลคุณภาพอากาศที่ระบบแสดงผล	4.81	0.46	พึงพอใจมากที่สุด
7. ความเข้าใจง่ายของคู่มือการใช้งานระบบ	4.75	0.43	พึงพอใจมากที่สุด
8. ประสิทธิภาพของระบบในการควบคุมปริมาณฝุ่นภายในโรงเรียน	4.44	0.51	พึงพอใจมากที่สุด
9. ระบบไม่รบกวนต่อบรรยากาศในการเรียนรู้ของบุคลากร	4.73	0.45	พึงพอใจมากที่สุด
10. ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง	4.65	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.63	0.57	พึงพอใจมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดค่าฝุ่นผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อควบคุมและติดตามคุณภาพอากาศภายในโรงเรียนมีการตรวจวัดและควบคุมค่าฝุ่นละออง การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงมาก ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.57) สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อความแม่นยำของ

ข้อมูลและประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณฝุ่นภายในโรงเรียน

ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรพิจารณาเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความแม่นยำและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ, (2565). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2565, <https://www.pcd.go.th/publication/30311/>.
- สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, (2566). วิกฤตฝุ่นละอองในประเทศไทยที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ, <https://www.cri.or.th/th/articles-20240320/>.
- Mustamin, S. B., Atnang, M., Sahriani, S., Fajar, N., Sari, S. K., Pahlawan, M. R., and Amrullah, M., (2024). The application of machine learning and intelligent sensors for real-time air quality monitoring: a literature review, *Journal of Scientific Insights*, 1(3), 119–130, doi: 10.69930/jsi.v1i3.183.

- Park, J.Y., Gal, W. M., Bae, G.E., Han, S.Y., Kang, I.S., Lee, W. S., and Kwon W. T., (2024). Indoor air quality analysis and improvement in universities, *Journal of Wellbeing Management and Applied Psychology*, 7(5), 27–38, doi: 10.13106/jwmap.
- Rovinelli, R. J., and Hambleton, R. K., (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity, *Journal of Educational Measurement*, 14(4), 293–296.
- Shahid, S., Brown, D. J., Wright, P., Khasawneh, Taylor, A. M. B., and Kaiwartya, O., (2025). Innovations in air quality monitoring: sensors IoT and future research, *Sensors*, 25(7), 1-39, doi: 10.3390/s25072070.
- Suksukont, A., Singlor, W., Malaka, K., and Suksukon, A., (2024). An intelligent energy management system for air conditioners using Internet of Things (IoT) in educational institutions, *Journal of the Association of Private Higher Education Institutions of Thailand*, 13(2), 1–11.
- Zhang, L., Wu, J., & Chen, H. (2021). Smart building air quality control using IoT and ML. *Building and Environment*, 200, 107928. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107928>.
- World Health Organization, (2021). *Ambient (outdoor) air pollution*, WHO. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- Yamane, T., (1967). *Statistics: An introductory analysis*, 2nd ed., Harper and Row.

การตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าของผู้ต้องสงสัยด้วยเทคนิค
เฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

Detection of gasoline on suspects' shoes using the technique of Headspace - Gas Chromatography – Mass Spectrometry (HS-GC-MS)

ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง¹, ศุภชัย ศุภลักษณ์นาริ², อรทัย เขียวพุ่ม³, ปังกร ราชสาวงค์⁴,
ปิยาภา จันทรมล⁵

ภาควิชาเคมี^{1,2,5}, ภาควิชาฟิสิกส์³, หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์⁴ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร^{1,2,3,4,5}

Sirirat Choosakoonkriang¹, Supachai Supaluknari²,

Orathai Kheawpum³, Papangkon Rachsawong⁴, Piyapa Junmon⁵

Department of Chemistry^{1,2}, Department of Physics³,

Forensic science Program⁴, Faculty of Science, Silpakorn University^{1,2,3,4,5}

E-mail: sirath157@gmail.com^{1,2,3,4,5}

Received: March 11, 2025; Revised: April 31, 2025; Accepted: June 21, 2025

บทคัดย่อ

ศึกษาการคงอยู่ของคราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าทำจากวัสดุ 6 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ อีวีเอ พียู โฟล่อน และพีวีซี เหยี่ยบนแผ่นกระเบื้องที่มีหยดน้ำมันเบนซิน 100 μ l เก็บตัวอย่างคราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าภายหลังจากการเหยี่ยบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมง โดยใช้ activated carbon ที่บรรจุในถุงชา นำไปตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันเบนซินด้วยเทคนิค HS-GC-MS พบว่า เวลาที่ 0 ตัวอย่างพื้นรองเท้าทั้ง 6 ชนิด พบโครมาโทแกรมที่มีพีคบ่งชี้องค์ประกอบของน้ำมันเบนซินจำนวน 12 พีค เวลาที่ 3 ชั่วโมง มีตัวอย่างพื้นรองเท้า 4 ชนิด และเวลาที่ 6 ชั่วโมง มีตัวอย่างพื้นรองเท้าเพียง 2 ชนิด ที่ยังคงให้โครมาโทแกรมที่มีพีคบ่งชี้องค์ประกอบของน้ำมันเบนซินจำนวน 12 พีค คือ พื้นยางสังเคราะห์และโฟล่อน และเมื่อเก็บตัวอย่างหลังจากเหยี่ยบนพื้นกระเบื้องนานขึ้นจะพบโครมาโทแกรมมีจำนวนพีคและพื้นที่ใต้พีคลดลง ผลการศึกษาการเก็บตัวอย่างคราบน้ำมันบนพื้นรองเท้าสามารถนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อเชื่อมโยงผู้กระทำความผิดกับสถานที่เกิดเหตุได้

คำสำคัญ: เฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี น้ำมันเบนซิน การวางเพลิง

ABSTRACT

This study aimed to investigate the persistence of gasoline residues on six types of shoe sole materials, including natural rubber, synthetic rubber, ethylene-vinyl acetate (EVA), polyurethane (PU), nylon, and polyvinyl chloride (PVC). Volunteers wore shoes made with each sole type and stepped onto ceramic tiles containing 100 μ L of gasoline droplets. Samples of gasoline residues were collected from the soles at 0, 3, and 6 hours after contact using activated carbon enclosed in tea bags. The collected samples were analyzed for gasoline components using Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry (HS-GC-MS). The analysis found that at 0 hr. all six samples of shoe sole materials were detected the presence of gasoline components in 12 peaks, at 3 hr. four samples of shoe sole materials were detected the presence of gasoline components in 12 peaks, and at 6 hr, only synthetic rubber and phylon were detected the presence of gasoline components in 12 peaks. The results also showed that gasoline residues remained on the shoe soles even after 6 hours of stepping on the tile, evidenced by the decrease in both the number of peaks and the area under the peaks in the chromatogram. This method could be applied in forensic science to detect gasoline residues on footwear and help link the perpetrator to the crime scene.

KEYWORDS: HS-GC-MS, Gasoline, Arson

บทนำ

การเกิดเหตุอัคคีภัยหรือเพลิงไหม้ มักเกิด ความรุนแรงและนำความเสียหายต่อชีวิตและ ทรัพย์สินอย่างยิ่ง ในปี พ.ศ. 2565 พบการเกิดเพลิง ไหม้คิดเป็นร้อยละ 70.93 หรือ 737 ครั้งเมื่อเทียบ กับสาธารณภัยอื่น (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณ ภัย, 2566) การตรวจสอบสาเหตุของการเกิดเพลิงไหม้ ในทางนิติวิทยาศาสตร์ จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ เพื่อตรวจพิสูจน์หาตัวผู้กระทำความผิดหรือ ผู้รับผิดชอบในการลอบวางเพลิง ดังนั้นการหา พยานหลักฐานเพื่อยืนยันบุคคลที่กระทำความผิดเป็นสิ่ง สำคัญ ในการจุดไฟนั้น มีองค์ประกอบหลักเพียง ออกซิเจน (Oxygen) ความร้อน (Heat) และ เชื้อเพลิง (Fuel) (J. Fan & L. Lau, 2009) ตาม ทฤษฎีของ Locard พบว่าเมื่อวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนพื้นที่ผิวระหว่างกัน ดังนั้น

มักจะตรวจพบร่องรอยของผู้กระทำความผิด หรือ เหยื่อ ในสภาพแวดล้อมที่เป็นสถานที่เกิดเหตุทั้ง ทางตรงและทางอ้อมเสมอ (Jaquet-Chiffelle & Casey, 2021) สำหรับเชื้อเพลิงหรือสารไวไฟที่มัก พบได้ในสถานที่เกิดเหตุและมักพบในเหตุการณ์ วางเพลิง คือ น้ำมันเบนซิน (Gasoline) เนื่องจาก น้ำมันเบนซินหาซื้อง่าย อุดมหมู่จุดติดไฟต่ำ ทำให้มี ความไวไฟสูง ระเหยเป็นไอได้ง่าย มีจุดวาบไฟต่ำกว่า ที่อุณหภูมิห้อง ติดไฟได้ง่ายในทุกสภาวะอากาศ เมื่อเทียบกับน้ำมันประเภทอื่น ประกอบด้วย คาร์บอน (Carbon) และ ไฮโดรเจน (Hydrogen) ที่ ต่อกันเป็นสายโซ่ โดยสายไฮโดรคาร์บอนที่มีความ ยาวต่างกันทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน (ปราโมทย์ ไชยเวช, 2552) น้ำมันเชื้อเพลิงอาจจะ กระเด็นติดตามเสื้อผ้าหรือรองเท้าของผู้กระทำ ความผิดมาจากที่เกิดเหตุ ร่องรอยที่ปรากฏแสดงถึง

ความสัมพันธ์ ช่วยในการสืบสวนในการยืนยันตัวผู้กระทำผิดได้ ตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM E1618) ซึ่งใช้เป็นแนวทางมาตรฐานในการวิเคราะห์และสกัดน้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ ร่วมกับเทคนิค GC-MS และตัวดูดซับในการเก็บตัวอย่างคดีเพลิงไหม้ให้เป็น ถ่าน กัมมันต์ (Activated carbon) ตามมาตรฐาน ASTM E1412 (ธีรวัฒน์ อังสิทธิพูนพร และคณะ, 2564)

การตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานในคดีเพลิงไหม้โดยวิธีทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันผู้กระทำผิดมีความสำคัญมาก มีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ในการตรวจหาสารระเหยจากเศษซากเพลิงไหม้ในหลายรูปแบบในการวิเคราะห์ในคดีเพลิงไหม้ซึ่งแต่ละเทคนิค มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ในทางนิติวิทยาศาสตร์ สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในเรื่องนี้

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการศึกษาในเรื่องนี้ Almirall et al. (2000) ได้ทำการทดลองศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงที่ผิวหนังของมนุษย์ โดยใช้เทคนิค SPME/GC โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography- Mass spectrometry พบว่าเป็นวิธีที่มี sensitivity ดีมากวิเคราะห์ได้ถึงระดับ 10 μL แต่ต้องทำในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ในการศึกษาของ Coulson and Morgan-Smith (2000) ได้ศึกษาทำการทดลองศึกษาหาปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตรวจพบบนเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายและรองเท้า ขณะที่เทน้ำมันเชื้อเพลิงลงบนพื้นห้อง โดยได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากปัจจัยที่แตกต่างกัน คือ ความสูงในการเทน้ำมัน (ระดับเข่าและสะโพก) และชนิดของพื้นห้องที่แตกต่างกัน (พรมและคอนกรีต) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า

การเทน้ำมันที่ความสูงระดับสะโพกจะมีปริมาณของน้ำมันที่ตรวจพบได้มากที่สุด บนพื้นห้องที่แตกต่างกัน โดยพบมากที่สุดที่รองเท้า กางเกงและเสื้อตามลำดับ

S.A. Coulson et al. (2008) ศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงบนเสื้อผ้าและรองเท้าของพยานวัตถุที่เก็บได้ พบว่าการตรวจพบร่องรอยของน้ำมันเชื้อเพลิงบนเสื้อผ้า และรองเท้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ที่ทำกับพยานวัตถุนั้น เช่น มีการเคลื่อนย้ายหรือตัดแบ่งวัตถุพยาน เป็นต้น และ Melinda Darrar et al. (2008) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมัน เบนซินที่หลงเหลืออยู่บนมือของผู้ต้องสงสัย พบว่าการตรวจพบน้ำมันเบนซินบนมือได้นานถึง 4 ชั่วโมงเมื่อมีการใช้น้ำมันเบนซินไม่เกิน 1000 μL เท่านั้น และจากการศึกษาตรวจหาความคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนฝ่ามือโดยใช้ถุงมือชนิดต่าง ๆ เช่น PVC, PE, Latex และกระดาษกรองความชื้น โดยใช้ Charcoal strip (DFLEX) ในการดูดซับและวิเคราะห์ด้วย GC-FID พบว่าถุงมือ PVC สามารถเก็บตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด นอกจากนี้ จันทนา วรรณรัมย์ (2551) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันเบนซินของ Activated carbon และ Charcoal strip ที่มีขายสำเร็จรูปในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิงพบว่า Activated carbon มีประสิทธิภาพการดูดซับใกล้เคียงกับการใช้ Charcoal strip โดยมีประสิทธิภาพการดูดซับ เท่ากับ 67.76% และ 69.74% ตามลำดับ ต่อมาการศึกษาของ Ferreira-González et al. (2015) ได้ตรวจเก็บน้ำมันเบนซินด้วย Activated charcoal strip (ACS) และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography -Mass spectrometry เทียบกับ

การสกัดด้วย Dichloromethane แล้ววิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography-Mass spectrometry พบว่าผลการทดลองทั้งสองวิธีสามารถเทียบเคียงกันได้ และ ธนัญญา ศูนย์คุ้ม (2557) ได้ทำการทดลองศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและฝ่ามือที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ น้ำยาล้างจาน และบนเสื้อผ้า โดยเทคนิค Gas Chromatography ซึ่งมีการใช้ Activated carbon ในการดูดซับ ผลการทดลองพบว่าปริมาณที่ตรวจพบนั้นมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงบนมือ ในขณะที่บนเสื้อผ้านั้นจะตรวจพบน้ำมันเบนซินที่เวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมง Nizio and Forbes (2018) ได้พัฒนาการเก็บตัวอย่างซากเพลิงไหม้โดยใช้เทคนิค dynamic headspace และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TD-GC×GC-TOFMS พบว่าสามารถวิเคราะห์และยืนยันชนิดที่ออกมาว่าเป็นเชื้อเพลิงประเภทไหน ชนิดไหนได้ Pandohee et al. (2020) ใช้ เทคนิค two-dimensional gas chromatography ร่วมกับการใช้ flame ionization และ ใช้ สถิติ multivariate analysis ในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษาหาสารเคมีที่ยืนยันการวางเพลิง พบว่าสามารถหาโปรไฟล์สารเคมีที่บ่งชี้ถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่จุดไฟ Büchler et al. (2021) ศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำมันบนมือของผู้ต้องสงสัยวางเพลิง โดยใช้ Activated Charcoal Strips (ACS) และ Activated Carbon Cloth (ACC) ผลการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเก็บตัวอย่างที่หลงเหลืออยู่จากการวางเพลิงได้ดี นอกจากนี้ Yadav et al. (2021) ศึกษาความแตกต่างของซากวัสดุที่เป็นต้นเพลิงและวิธีการสกัดด้วยสารละลายที่มีผลต่อการตรวจพบน้ำมันดีเซลที่ตกค้างในซากเพลิงไหม้ ด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์

พบว่าอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางคดีได้ Capistran and Sisco (2022) พบว่าการใช้ GC-MS เป็นเครื่องมือในการตรวจเบื้องต้นในตัวอย่างซากที่หลงเหลือจากกรณีเพลิงไหม้ โดยใช้เวลาในการตรวจไม่เกิน 1 นาที ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อย ๆ ในระดับความเข้มข้น ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถใช้ยืนยันว่าเป็นน้ำมันหรือของเหลวประเภทอื่นได้

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ของผู้ต้องสงสัยที่ได้สัมผัสกับน้ำมันเบนซินปริมาณเล็กน้อยในหน่วยไมโครลิตรบนพื้นกระเบื้อง โดยใช้เทคนิค HS-GC-MS ซึ่งเป็นเทคนิคที่เหมาะสม ง่ายสะดวก ในการตรวจวิเคราะห์น้ำมันเชื้อเพลิงหรือสารเคมีที่อยู่ในสถานะก๊าซได้ง่ายและสามารถตรวจได้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อยในระดับ ppm หรือ ppb เท่านั้น โดยจะทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินที่ตรวจพบบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆซึ่งเป็นรองเท้าที่นิยมใช้มาก ภายหลังการเหยียบหรือสัมผัสกับน้ำมันเบนซินบนพื้นกระเบื้อง โดยตรวจเก็บตัวอย่างโดยใช้ Activated carbon ที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดมีคุณสมบัติดูดซับสารประเภทนี้ได้ดี เพื่อความสะดวกในการใช้งาน เพื่อที่จะได้พัฒนาวิธีในการเก็บตัวอย่างได้จริงสามารถใช้ในสถานที่เกิดเหตุได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย มีราคาถูก สะดวก มีขั้นตอนง่าย และรวดเร็ว เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หาหลักฐานเพื่อใช้ในการยืนยันตัวต้นผู้กระทำความผิด และเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสืบสวนสอบสวนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการคงสภาพของคราบน้ำมันเนซิบนบนพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ที่สัมผัสกับหยดน้ำมันเบนซิน

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบตัวอย่างชนิดพื้นรองเท้าที่เหมาะสมสำหรับประยุกต์ในการใช้เก็บตัวอย่างคราบน้ำมัน ในเหตุการณ์ไฟไหม้

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถหาเทคนิคที่เหมาะสม ง่ายสะดวก ในการตรวจวิเคราะห์น้ำมันเชื้อเพลิงได้ง่ายและสามารถตรวจได้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย

2. สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจพิสูจน์หาหลักฐานเพื่อใช้ในการยืนยันตัวตนผู้กระทำความผิดในคดีเพลิงไหม้ และเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสืบสวนสอบสวน

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ HS-GC-MS

พื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อีวีเอ (EVA) ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ พียู (PU) พีวีซี (PVC) และไพล่อน ซื้อมาจากตลาดนครปฐม แผ่นกระเบื้องสีขาวจากร้านวัสดุก่อสร้าง ตลาดนครปฐม ถุงใส่ชา (Tea Bag) ขนาด 9.5x0.1x7 ซม. จากร้าน Daiso ถุงพลาสติกใสขนาด 10x15 นิ้ว จากร้านทีเคพลาสติกนครปฐม ไม้แป้นมียี่ห้อ Xiaomi ความเร็วมอเตอร์ 20,000 รอบ/นาที ขวด vial ขนาด 20 มล. จาก CeiExpert น้ำมันเบนซินจากปั้มน้ำมันเชลล์ Activated carbon ชนิดผงละเอียดพิเศษ (40.615 µm) จากบริษัท Amouriq

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (Gas Chromatography-Mass spectrometer) รุ่น Trace 1310 GC จากบริษัท

Thermo SCIENTIFIC ประกอบด้วยคอลัมน์ TraceGOLD TG-5MS GC Columns (30m x 0.25mm x 0.25µm), Head space-Vial ขนาด 20 mL จากบริษัท Thermo SCIENTIFIC ประกอบด้วยอุปกรณ์ฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ ITEX Dynamic Headspace Tool for TriPlus™ RSH Autosampler โดยจะศึกษาตามสภาวะการทดลองดังนี้

Incubation parameter

Agitator temperature : 100 °C

Incubation time: 10 min

Agitator on/off : 10 min / 2 min

Injection parameter

Injected volume : 100 µl

Injection temperature : 200 °C

Chromatograph parameter

Carrier gas : Helium

Carrier gas flow rate : 1ml/min

Oven temperature : 60 °C to 100 °C

เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 10 °C

: 100 °C to 200 °C

เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 15 °C

Mass Spectrometry parameter

Transfer line temperature : 250 °C

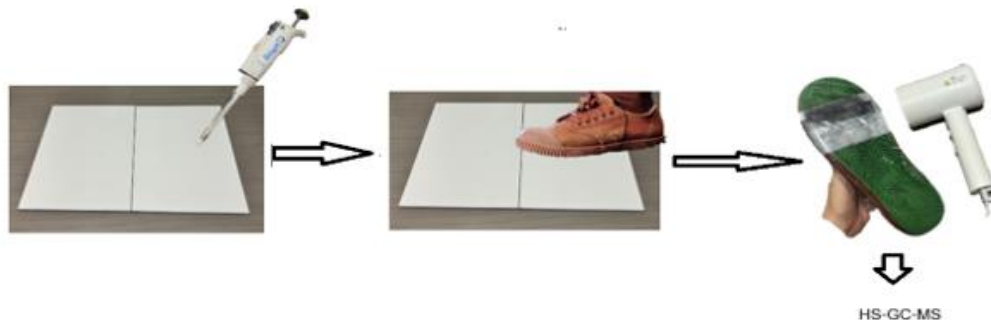
Full scan mass range : 50–500 amu

การเก็บตัวอย่างน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้า

หยดน้ำมันเบนซินปริมาตร 100 µl บนแผ่นกระเบื้องที่ทำความสะอาดแล้ว ให้อาสาสมัครเพศหญิง (น้ำหนัก 59 kg ส่วนสูง 164 cm) สวมรองเท้าที่มีพื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ได้แก่ พื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางธรรมชาติ พื้นยางสังเคราะห์ พื้นพียู (PU) พื้น

พีวีซี (PVC) และพื้นโฟล่อน เหยียบบนแผ่นกระเบื้องเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างทันที โดยวางถุงชาที่บรรจุ Activated carbon 0.2000 g ที่เตรียมพร้อมใช้งานแล้วบนพื้นรองเท้า แล้วนำมาสวมด้วยถุงพลาสติกใสและปิดปากถุงให้สนิท เป่าให้ ความร้อนด้วยไดร์เป่าผมเป็นเวลา 30 นาที จากนั้น นำถุงชาที่บรรจุ Activated carbon ใส่ลงในขวด

vial ปิดฝาให้สนิทโดยทันทีและนำไปวิเคราะห์โดย เทคนิค HS-GC-MS ทำการทดลองซ้ำโดยศึกษาความ คงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ ภายหลังการเหยียบน้ำมัน ที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมง โดยจะถอดรองเท้าวางไว้ในห้องที่มีการถ่ายเท และอยู่ในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 1 แผนผังการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากโครมาโทแกรมที่แสดงพีกต่างๆ ที่ตรวจพบองค์ประกอบของน้ำมันเบนซินที่เก็บจาก พื้นรองเท้าชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมงภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซิน เมื่อนำมา วิเคราะห์หาสารประกอบโดยใช้ฐานข้อมูล (MS Libraries) จาก Replib และ Mainlib พบว่าโครมา โทแกรมมีพีกที่สำคัญ สามารถระบุสารประกอบได้

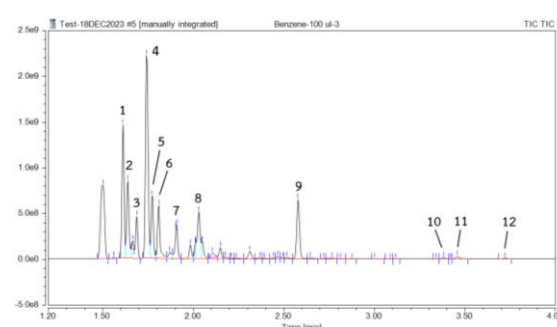
12 ชนิดที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเบนซิน ดัง แสดงในตารางที่ 1 สอดคล้องกับการศึกษาของ Naggar et al. (2017) ที่พบว่าน้ำมันเบนซินมี ส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจุด เดือดต่ำหลายชนิด ซึ่งความเข้มข้นสัมพัทธ์จะมีความ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาและกระบวนการ กลั่นของน้ำมัน

ตารางที่ 1 สารประกอบ 12 ชนิดที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมง

No.	สารประกอบ	Retention time (min)
1	i-Pentane	1.61
2	n-Pentane	1.64
3	2,2-Dimethylbutane	1.69
4	2-Methylpentane	1.74
5	3-Methylpentane	1.78
6	n-Hexane	1.81
7	Methylcyclopentane	1.91
8	Benzene	2.03
9	Toluene	2.58
10	Ethylbenzene	3.39
11	p-Xylene	3.47
12	o-Xylene	3.73

ในการวิเคราะห์โครมาโทแกรมน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ ภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซินบนพื้นกระเบื้องทันที (0 ชั่วโมง) แสดงดังตัวอย่างในภาพที่ 2 เป็นโครมาโทแกรมของน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าที่ทำจากอีวีเอ (EVA) ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่เวลา 0 ชั่วโมง พบว่านอกจากสารประกอบทั้ง 12 ชนิดแล้ว ยังพบพิกของสารประกอบอื่นของน้ำมันเบนซิน เช่น i-Butane ที่ 1.56 min methylcyclohexane ที่ 2.31 min เป็นต้น บนพื้นรองเท้าทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบพิกอีก 2 พิก ที่ถือว่าเป็นพิกเอกลักษณ์ที่สามารถบ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซิน (Jhaumeer-Laulloo et al., 2013) ของ 3-Ethyltoluene ที่ เวลา 4.52 min พบบนพื้นรองเท้าที่ผลิตจากพื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางสังเคราะห์ พื้นพียู (PU) และพื้นโฟล่อนและ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่เวลา 4.92 min พบ

บนพื้นรองเท้าที่ศึกษาทุกชนิด ยกเว้นพื้นพีวีซี (PVC) สอดคล้องกับการศึกษาของ จุฑามาศ ยิ้มนุ่น (2559) ระบุว่าคุณสมบัติที่แตกต่างกันของพื้นรองเท้าทำให้การยึดเกาะบนพื้นรองเท้าของสารเคมีได้ไม่เท่ากัน (จุฑามาศ ยิ้มนุ่น, 2559)

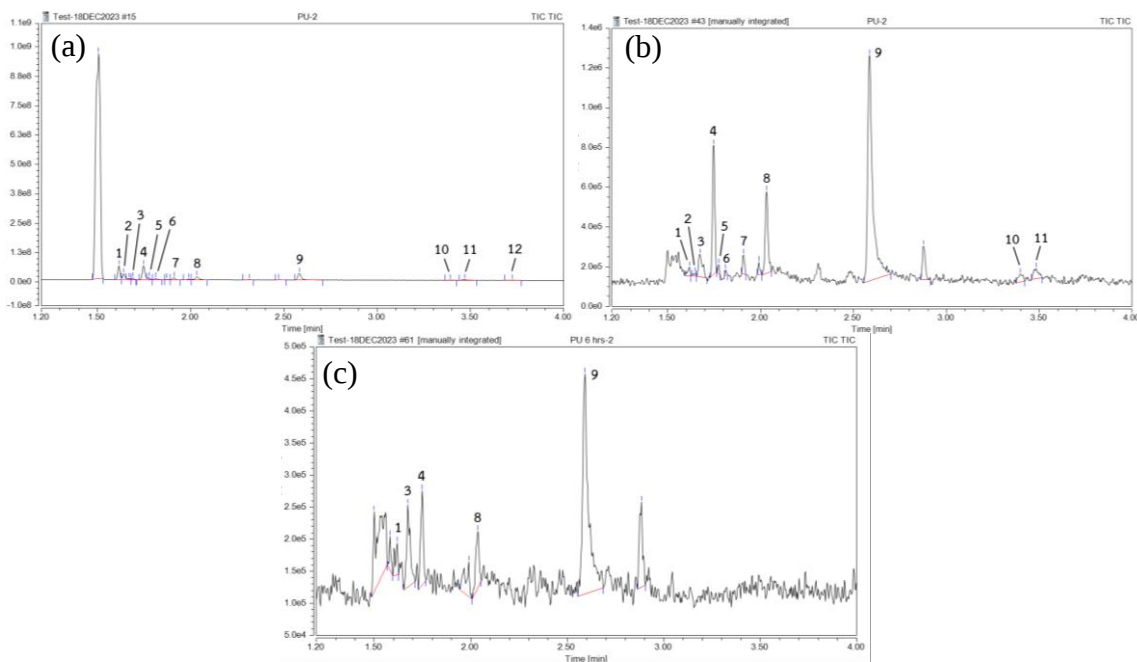


ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมของน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าทำจากอีวีเอ (EVA) ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่เวลา 0 ชั่วโมง

จากการวิเคราะห์โครมาโทแกรมภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซินบนพื้นกระเบื้องที่ระยะเวลา

3 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันเบนซินที่เก็บได้บนพื้นรองเท้า
 พียู (PU) ตรวจไม่พบพีคของ o-Xylene (12) และ
 บนพื้นโฟล่อนตรวจไม่พบพีคของEthylbenzene
 (10), p-Xylene (11) และ o-Xylene (12) และเมื่อ
 เปรียบเทียบผลการทดลองจากโครมาโทแกรมของ
 น้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าชนิดต่างๆ
 ภายหลังการเหยียบน้ำมันเบนซินบนพื้น กระเบื้องที่
 ระยะเวลา 6 ชั่วโมง จะพบว่าสารประกอบที่สามารถ
 บ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินถูกพบลดน้อยลง มีเพียงพินัย
 สังเคราะห์และพื้นโฟล่อนเท่านั้นที่มีการตรวจพบ
 สารประกอบหลักที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมัน
 เบนซินทั้ง 12 ชนิด โดยคราบน้ำมันเบนซินพื้นพีวีซี
 (PVC) ตรวจไม่พบสารประกอบ 3 ชนิด ได้แก่ 3-
 methylpentane (5), n-hexane (6) และ methylcyclopentane (7) ส่วนคราบน้ำมันที่ติด

บนพื้นอีวีเอ (EVA) ตรวจไม่พบสารประกอบ 4 ชนิด
 ได้แก่ i-Pentane (1), 3-methylpentane (5), n-
 hexane (2) และ methylcyclopentane (7)
 สำหรับน้ำมันที่ติดบนพื้นยางธรรมชาติตรวจไม่พบ
 พีคของประกอบ 2 ชนิด ได้แก่ 3-methylpentane
 (5) และ n-hexane (2) ในส่วนน้ำมันที่ติดบนพื้นพียู
 (PU) ตรวจพบสารประกอบของน้ำมันเบนซินได้น้อย
 ที่สุด เพียง ได้แก่ i-Pentane (1), 2,2-
 dimethylbutane (3), 2-methylpentane (4),
 Benzene และ Toluene (9) แสดงตัวอย่างของโคร
 มาโทแกรม ดังภาพที่ 3 เป็น โครมาโทแกรมของ
 น้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าพียู (PU) ภายหลัง
 การเหยียบน้ำมันพื้นกระเบื้องที่เวลาต่าง ๆ คือ (a) ที่
 เวลา 0 ชั่วโมง (b) ที่เวลา 3 ชั่วโมง (c) ที่เวลา 6
 ชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมของน้ำมันเบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าพียู (PU) ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้อง
 ที่เวลาต่าง ๆ คือ (a) ที่เวลา 0 ชั่วโมง (b) ที่เวลา 3 ชั่วโมง (c) ที่เวลา 6 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบโครมาโทแกรมของน้ำมัน
 เบนซินที่เก็บจากพื้นรองเท้าที่ทำจากยู (PU)

ภายหลังการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องที่เวลา
 ต่าง ๆ จากการเก็บทันที เก็บตัวอย่างแล้วทิ้งไว้ 3

และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าพิกของสารประกอบที่สามารถบ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินนั้นถูกพบในปริมาณที่ลดน้อยลงตามลำดับและยังพบว่ามีความเสี่ยงรบกวน (Noise) มากขึ้นบนโครมาโทแกรมเมื่อตัวอย่างถูกเก็บภายหลังจากการเหยียบน้ำมัน 3 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์โครมาโทแกรมของทุกพื้นรองเท้าที่ระยะเวลาตั้งแต่ 0 ชั่วโมง ถึง 6 ชั่วโมง ยังคงสามารถตรวจพบสารประกอบที่สามารถบ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินได้อยู่

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินที่ติดอยู่บนพื้นรองเท้าที่ทำจากวัสดุชนิดต่าง ๆ 6 ชนิด ได้แก่ พื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางธรรมชาติ พื้นพียู (PU) พื้นยางสังเคราะห์ พื้นพีวีซี (PVC) และพื้นโฟล่อน โดยใช้เทคนิค HS-GC-MS จากการวิเคราะห์โครมาโทแกรมที่ได้พบว่าสามารถพบพิกที่บ่งชี้ถึงสารประกอบที่อยู่ในน้ำมันเบนซินจำนวน 12 ชนิด ได้แก่ i-Pentane n-Pentane 2,2-Dimethylbutane 2-Methylpentane 3-Methylpentane n-Hexane Methylcyclopentane Benzene Toluene Ethylbenzene p-Xylene และ o-Xylene ซึ่งการ

พบพิกดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Naggar et al. (2017) และ Dorgerloh et al. (2018)

นอกจากนี้ยังพบพิก 3-Ethyltoluene และ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่ใช้ระบุถึงน้ำมันเบนซินสอดคล้องกับการศึกษาของ Stauffer et al. (2007) เนื่องจากพิกดังกล่าวจะไม่พบในน้ำมันชนิดอื่น (พิกของ Benzene Toluene p-Xylene o-Xylene และ 3-Ethyltoluene) และเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง พิกที่ระบุถึงน้ำมันเบนซินมีแนวโน้มที่ถูกลดน้อยลง และเห็นได้ว่าตัวอย่างโครมาโทแกรมของน้ำมันภายหลังจากการเหยียบน้ำมันบนพื้นกระเบื้องและเก็บตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง เป็นไปตามการศึกษาของศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง และคณะ (2563) ที่สามารถตรวจพบสารประกอบที่บ่งชี้ถึงน้ำมันเบนซินจากพื้นรองเท้าผ้าใบภายหลังจากการเหยียบน้ำมันเบนซินไปแล้วได้ถึงเวลาที่ 24 ชั่วโมง เมื่อตรวจด้วยเทคนิค Gas Chromatography- Flame Ionization Detector (GC-FID)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนพีคหลักของโครมาโทแกรมจากการตรวจวิเคราะห์คราบน้ำมันเบนซินบนพื้นรองเท้า ณ เวลาที่ 0,3 และ 6 ชั่วโมง หลังจากสัมผัสน้ำมันเบนซิน

เวลาที่ทำการตรวจวิเคราะห์	จำนวนพีคของคราบน้ำมันบนพื้นรองเท้า					
	ยางธรรมชาติ	ยางสังเคราะห์	อีวีเอ (EVA)	พียู (PU)	โฟล่อน	พีวีซี (PVC)
ชั่วโมงที่ 0	12*	12*	12*	12*	12*	12*
+ i-Butane	+	+	+	+	+	+
+ methylcyclohexane	+	+	+	+	+	+
+3-Ethyltoluene						
+1,2,3-Trimethylbenzene	-	+	+	+	+	-
	+	+	+	+	+	-
ชั่วโมงที่ 3	12	12	12	11	9	12
				-(11)	-(10,11,12)	
ชั่วโมงที่ 6	10	12	8	4	12	9
	-(2, 5)		-(1,2,5,7)	-(2,5,6,7, 8,10,11,12)		-(5,6,7)

หมายเหตุ

1. จำนวนตัวเลข = จำนวนพีค

2. เครื่องหมาย + = พบพีคเพิ่ม

3. เครื่องหมาย - = พบพีคลดลง

* มาตรฐานจำนวนพีคที่บ่งชี้คราบน้ำมัน = 12 พีค

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของพื้นรองเท้าในตารางที่ 2 พบว่าเมื่อเก็บน้ำมันเบนซินจากพื้นโฟล่อนและพื้นยางสังเคราะห์ ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ภายหลังการเหยียบน้ำมัน ยังพบพีคที่ระบุถึงน้ำมันเบนซินได้ครบทั้ง 12 พีค อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บตัวอย่างจากรองเท้าที่ผลิตจากพื้นพียู (PU) พบพีคของสารประกอบน้ำมันลดลงตั้งแต่เก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมงภายหลังการเหยียบน้ำมัน และเมื่อพิจารณาโครมาโทแกรมของน้ำมันที่เก็บจากรองเท้าที่ผลิตจากพื้นอีวีเอ (EVA) พื้นยางธรรมชาติ และพื้น PVC พบว่า พีคที่พบก็มีจำนวนลดลงเช่นกัน เมื่อเก็บตัวอย่างระยะเวลา 6 ชั่วโมงภายหลังการ

เหยียบน้ำมัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าวัสดุที่ผลิตพื้นรองเท้ามีผลต่อการยึดเกาะ ซึ่งพื้นรองเท้าที่มีลักษณะมันหรือพื้นผิวเรียบอาจส่งผลให้น้ำมันเบนซินยึดเกาะได้น้อยและระเหยออกไปได้ง่ายกว่า

จากผลการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่า สามารถนำ activated carbon มาใช้พัฒนาการเก็บตัวอย่างน้ำมันเบนซินร่วมกับเทคนิค HS-GC-MS เนื่องจากมีขั้นตอนที่ง่าย รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้สารละลายในการสกัด (Ferreiro-González et al., 2015) และสามารถนำไปประยุกต์ในทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อการตรวจพิสูจน์ยืนยันความ

เกี่ยวข้องกับสถานที่เกิดเหตุเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำ
ความผิดได้

ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป ควร
ทำการศึกษาการเก็บน้ำมันเบนซินจากร่องเท้าที่พื้น
รองเท้าผลิตจากวัสดุชนิดต่างๆ เพิ่มขึ้น และควรเพิ่ม
ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างภายหลังการเหยียบน้ำมัน
เบนซิน

เอกสารอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2566). *สถิติสาธารณภัย. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย*.

<https://dpmreporter.disaster.go.th/portal/disaster-statistics>.

จันทนา ระรินรัมย์. (2551). การประยุกต์ใช้ Activated Carbon ในการตรวจพิสูจน์น้ำมันเชื้อเพลิง
(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร). Silpakorn University Repository
(SURE). <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/11779>.

จุฑามาศ ยิ้มนุ่น. (2559). การตรวจคราบโลหิตของมนุษย์ด้วยวิธีฟีนอลฟอสฟอรัส ลูมินอลและฟลูออเรสเซนต์บนพื้น
รองเท้าชนิดต่างๆ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร). Silpakorn University
Repository (SURE). <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/25997>.

ธนัญญา ศูนย์คุ้ม. (2557). การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและเสื้อผ้าของผู้วางเพลิง โดยเทคนิค Gas
Chromatography—Flame Ionization Detector (GC-FID) (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยศิลปากร). Silpakorn University Repository (SURE).

ธีรวัฒน์ อังสิทธิพนพร เอกฉนัย ธิมาชัย และสมศักดิ์ ฟองสุภา. (2564). การประยุกต์ใช้ตัวดูดซับในการเตรียม
ตัวอย่างสำหรับการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินจากวัตถุพยานด้วยเทคนิคเฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-
แมสสเปกโตรเมตรี. *วารสารวิชาการอาชีวศึกษาและนิติวิทยาศาสตร์*, 7(2), 57-74.

ปราโมทย์ ไชยเวช. (2552). *ปิโตรเลียมเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง, ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี, และอรทัย เขียวพุ่ม. (2563). การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบน
รองเท้าของผู้ต้องสงสัยโดยใช้เทคนิค Gas Chromatography—Flame Ionization Detector (GC-
FID). *วารสารวิจัย มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, 13(1), 48-58.

Almirall JR., Wang J., Lothridge K. and Furton KG. (2000). The detection and analysis of
ignitable liquid residues extracted from human skin using SPME/GC. *Journal of
Forensic Science International* 45(2), 453-461.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ “ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการ
หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขานิติวิทยาศาสตร์
จากกองทุนพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากรในส่วนของ
คณะวิทยาศาสตร์ สาขานิติวิทยาศาสตร์”
จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สัญญา
เลขที่ SC-FS-2567-02

- Büchler, L., Werner, D., & Delémont, O. (2021). Detection of gasoline on suspects' hands: Study of different sampling alternatives. *Forensic science international*, 318, 110590.
- Capistran, B. A., & Sisco, E. (2022). Rapid GC–MS as a screening tool for forensic fire debris analysis. *Forensic chemistry*, 30, 100435.
- Coulson, S., & Morgan-Smith, R. (2000). The transfer of petrol on to clothing and shoes while pouring petrol around a room. *Forensic science international*, 112(2-3), 135-141.
- Coulson, S., Morgan-Smith, R., Mitchell, S., & McBriar, T. (2008). An investigation into the presence of petrol on the clothing and shoes of members of the public. *Forensic science international*, 175(1), 44-54.
- Darrer, M., Jacquemet-Papilloud, J., & Delémont, O. (2008). Gasoline on hands: Preliminary study on collection and persistence. *Forensic science international*, 175(2-3), 171-178.
- Dorgerloh, U., Becker, R., & Nehls, I. (2018). Volatile hydrocarbons in contaminated soil: robustness of fractional quantification using headspace gas chromatography-mass-spectrometry. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 27(1), 1-12.
- Ferreiro-González, M., Ayuso, J., Álvarez, J. A., Palma, M., & Barroso, C. G. (2015). Application of an HS–MS for the detection of ignitable liquids from fire debris. *Talanta*, 142, 150–156.
- J. Fan & L. Lau. (2009). 10—Flammability of fabrics and garments in J. Fan & L. Hunter, *Engineering Apparel Fabrics and Garments* (261–282). Woodhead Publishing.
- Jaquet-Chiffelle, D.-O., & Casey, E. (2021). A formalized model of the Trace. *Forensic Science International*, 327, 110941. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110941>.
- Jhaumeer-Laulloo, S., Maclean, J., Ramtoola, L. L., Duyman, K., & Toofany, A. (2013). Characterisation of background and pyrolysis products that may interfere with forensic analysis of fire debris in Mauritius. *Pure Appl. Chem. Sci*, 1(2), 51-61.
- Naggar, A. E., Elkhateeb, A., Altalhi, T., El Nady, M. M., Alhadhrami, A., Ebiad, M., Salem, A., & Elhardallou, S. (2017). Hydrocarbon compositions and physicochemical characteristics for the determination of gasoline quality: An implication from gas chromatographic fingerprints. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(15), 1694-9.
- Nizio, K. D., & Forbes, S. L. (2018). Developing a method for the collection and analysis of burnt remains for the detection and identification of ignitable liquid residues using body bags, dynamic headspace sampling, and TD-GC× GC-TOFMS. *Separations*, 5(3), 46.

- Pandohee, J., Hughes, J. G., Pearson, J. R., & Jones, O. A. (2020). Chemical fingerprinting of petrochemicals for arson investigations using two-dimensional gas chromatography-flame ionisation detection and multivariate analysis. *Science & Justice*, 60(4), 381-7.
- Stauffer, E., Dolan, J. A., & Newman, R. (2007). *Fire debris analysis*. Academic Press.
- Yadav, V. K., Das, T., Harshey, A., Yadav, M. M., Nigam, K., & Srivastava, A. (2021). A forensic approach to evaluate the effect of different matrices and extraction solvents for the identification of diesel residue in simulated arson by GC–MS. *Chromatographia*, 84, 413-23.

การศึกษาเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาว
ด้วยเทคนิคการอบชุบเปอร์กลู และ Wet powder

A comparative study of latent fingerprint detection on the adhesive side of tape using super glue fuming and wet powder techniques

วัลลภา ประภัษรากุล

นักวิทยาศาสตร์ (สบ 3) พิสูจน์หลักฐานจังหวัดสระบุรี

Wanlapa Prapatsarakul

Scientist (Level 3) Saraburi provincial forensic science

E-mail: uttapanza_bb@yahoo.co.th

Received: June 2, 2025; Revised: June 26, 2025; Accepted: June 30, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียว ของ เทปกาว ระหว่างการใช้เทคนิคการอบชุบเปอร์กลูรวมกับการใช้ Wet powder และการใช้เพียง Wet powder ประเมินประสิทธิภาพของการตรวจรอยลายนิ้วมือแฝงแต่ละวิธี ใช้เกณฑ์การนับจำนวนจุดลักษณะ สำคัญพิเศษ (minutiae points) ตัวอย่างเทปกาวที่ใช้ในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง ได้แก่ เทปใส เทปกาว เทป แล็กซีน และเทปพัสดุ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบชุบเปอร์กลูตรวจพบรอยลายนิ้วมือได้ ชัดเจนมากกว่า ทั้งในด้านความคมชัดของเส้นสันลายนิ้วมือและจำนวนจุดลักษณะสำคัญที่ตรวจนับได้ เมื่อ เทียบกับกลุ่มที่อบชุบเปอร์กลูรวมกับการใช้ Wet powder เนื่องจากการอบชุบเปอร์กลูลดความเหนียวของ พื่นผิว และอาจส่งผลให้ด้านเหนียวของเทปกาวเกิดรวมตัวกัน ทำให้จุดลักษณะสำคัญพิเศษเลือนหายไป การ ตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวด้านเหนียวเหมาะสำหรับการใช้ Wet powder เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจ นำแต่ละเทคนิคไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของเทปกาว และนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหารอย ลายนิ้วมือแฝงเกี่ยวทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำสำคัญ: รอยลายนิ้วมือแฝง เทปกาว การอบชุบเปอร์กลู Wet powder

ABSTRACT

This research aimed to compare methods for detecting latent fingerprints on the adhesive side of adhesive tapes, specifically between the use of superglue fuming combined with wet powder and the use of wet powder alone. The objective was to evaluate the efficiency of each fingerprint detection method based on the number of identifiable minutiae points. The types of adhesive tapes used in this study included clear tape, masking tape, electrical tape, and parcel tape—commonly used in fingerprint recovery. The experimental results revealed that samples not subjected to superglue fuming provided clearer fingerprint impressions, both in terms of ridge clarity and the number of observable minutiae points, compared to those treated with superglue fuming followed by wet powder. This is likely because the superglue fuming process reduced the adhesiveness of the surface and may cause the adhesive side of the tape to bond, resulting in the loss of fingerprint details. The findings suggest that using wet powder alone is more suitable for developing latent fingerprints on the adhesive side of tapes. This technique can be adapted for different types of adhesive tapes and applied in forensic fingerprint analysis.

KEYWORDS: Latent fingerprint, Adhesive tape, Supercooling fuming, Wet powder

บทนำ

รอยลายนิ้วมือแฝงถือเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ และมีบทบาทอย่างมากในการระบุและพิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสืบสวนทางคดีอาญา เนื่องจากลักษณะเฉพาะ และไม่สามารถเปลี่ยนแปลง รอยลายนิ้วมือในแต่ละบุคคลได้ (Lee & Gaensslen, 2001) อย่างไรก็ตามการตรวจสอบและเก็บรักษารอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ นั้นยังคงเป็นความท้าทาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพื้นผิวที่มีความเหนียวและเปราะบาง เช่น ด้านเหนียวของเทปกาว ซึ่งมักถูกนำมาใช้ในกระบวนการก่อเหตุอาชญากรรมเพื่อยึดจับวัตถุหรือปิดผนึกสิ่งของ (Ramotowski et al., 2012)

เทคนิคการตรวจหารอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวดังกล่าวนั้นมีข้อจำกัดเนื่องจากความเหนียวของเทป

กาวทำให้สารเคมีหรือผงฝุ่นสำหรับการตรวจรอยลายนิ้วมือที่ใช้ในการพัฒนารอยนิ้วมืออาจถูกดูดซับหรือเคลื่อนย้ายไปจากตำแหน่งเดิม ส่งผลให้รอยลายนิ้วมือสูญเสียความชัดเจนและรายละเอียดที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ (Liu et al., 2019) การพัฒนาวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวชนิดนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบสวนและการตรวจพิสูจน์หลักฐาน

เทคนิคการอบซูเปอร์กลู (Superglue Fuming) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “การอบกาวซีเอตี” ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนารอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวที่มีลักษณะหลากหลาย เนื่องจากกาวไซยาโนอะคริเลตที่ระเหยออกมาในกระบวนการอบจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ภายในรอยนิ้วมือก่อให้เกิดฟิล์มโพลีเมอร์ที่มีลักษณะขุ่นขาว ครอบคลุมและทำให้รอย

ลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่ามองเห็นได้อย่างชัดเจนขึ้น (Almirall et al., 2003; Roux et al., 2012) แม้ว่าการอบชุบเปอร์กลูจะได้รับการใช้ในงานพิสูจน์หลักฐานอย่างแพร่หลาย แต่การประยุกต์ใช้เทคนิคนี้กับพื้นผิวเหนียว เช่น ด้านเหนียวของเทปกาว ยังมีข้อจำกัดและท้าทายที่ต้องการการศึกษาเชิงลึก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของผลการตรวจสอบ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาประสิทธิภาพและความเหมาะสมของเทคนิคการอบชุบเปอร์กลูในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างวิธีที่ผ่านการอบชุบเปอร์กลูและวิธีที่ไม่ผ่านการอบ ทั้งในแง่ของคุณภาพและความชัดเจนของรอยลายนิ้วมือ รวมถึงการนำเสนอแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมในการตรวจสอบหลักฐานที่มีลักษณะซับซ้อนนี้ เพื่อสนับสนุนกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์ให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาวระหว่างการใช้นิ่วเทคนิคการอบชุบเปอร์กลูร่วมกับการใช้ Wet powder และการใช้เพียง Wet powder
3. เพื่อประเมินจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae points) ที่ตรวจพบจากแต่ละวิธีการพัฒนาและตรวจลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวเหนียว

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รอยลายนิ้วมือเป็นลักษณะทางชีวภาพที่มีความเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ซึ่งเกิดจากการยกดทับของเส้นสันผิวหนังบริเวณปลายนิ้วมือ โดยรูปแบบ

ของเส้นสันนั้นจะคงอยู่ตลอดชีวิต และไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้บุคคลนั้นจะมีอายุเพิ่มขึ้นหรือได้รับบาดเจ็บในระดับที่ไม่ลึกถึงชั้นเนื้อเยื่อที่สร้างเส้นสัน (บุญส่ง องค์กรชัยศักดิ์, 2553) ความสำคัญของรอยลายนิ้วมือในงานนิติวิทยาศาสตร์คือ การนำมาใช้เป็นหลักฐานในการพิสูจน์บุคคล เนื่องจากลายนิ้วมือของมนุษย์ไม่มีทางที่จะซ้ำกันได้ ทั้งในบุคคลเดียวกันและในระหว่างบุคคลต่าง ๆ ด้วยกัน อีกทั้งยังสามารถเก็บรอยลายนิ้วมือจากสถานที่เกิดเหตุเพื่อตรวจสอบเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุรัชย์ นิลวรรณ, 2549) การตรวจสอบและวิเคราะห์รอยลายนิ้วมื่อยังถือเป็นกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และมีการนำมาใช้ในระบบยุติธรรมมาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องการระบุตัวผู้กระทำผิดจากหลักฐานที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีอื่น เช่น กรณีไม่มีพยานบุคคลหรือดีเอ็นเอ

การตรวจหารอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (latent fingerprints) นั้นเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคและสารเคมีช่วยพัฒนา โดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้ผงฝุ่นดำ การอบชุบเปอร์กลู (superglue fuming) และการใช้สารเคมีต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความคมชัดของลายนิ้วมือบนพื้นผิวที่หลากหลาย (Ramotowski et al., 2012) เทคนิคการอบชุบเปอร์กลูเป็นวิธีการพัฒนารอยลายนิ้วมือที่ใช้การระเหยของกาวไซยาโนอะคริเลต (cyanoacrylate) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่อยู่ในรอยนิ้วมือ ก่อให้เกิดฟิล์มโพลิเมอร์ที่มีลักษณะขุ่นขาวเคลือบอยู่บนรอยนิ้วมือ ส่งผลให้สามารถมองเห็นรายละเอียดของรอยลายนิ้วมือได้ดีขึ้น (Almirall et al., 2003; Roux et al., 2012) เทคนิคนี้เหมาะกับพื้นผิวที่ไม่ดูดซับ เช่น โลหะ แก้ว

พลาสติก และได้รับความนิยมในงานพิสูจน์หลักฐานทั่วโลก ซึ่งพื้นผิวที่มีความเหนียว เช่น ด้านเหนียวของเทปกา มีลักษณะเฉพาะที่ทำให้การตรวจหารอยลายนิ้วมือด้วยเทคนิคมาตรฐานเป็นเรื่องยาก เนื่องจากสารเคมีหรือผงฝุ่นที่ใช้ในการพัฒนาลายนิ้วมืออาจถูกดูดซับหรือเคลื่อนย้ายจากตำแหน่งเดิม ทำให้อาจตรวจหาลายนิ้วมือเสียหายหรือไม่ชัดเจน (Liu et al., 2019) งานวิจัยที่ศึกษาเทคนิคการตรวจสอบบนพื้นผิวเหนียวจึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อพัฒนาวิธีการและขั้นตอนที่เหมาะสม

สุพิชฌาย์ สติวัฒนานนท์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัสดุต่าง ๆ ด้วยวิธีอบชุบเปอร์กลู (Cyanoacrylate fuming) และพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความคมชัดสูงโดยเฉพาะบนพื้นผิวไม่ดูดซึม เช่น พลาสติก แก้ว และโลหะ อย่างไรก็ตาม พื้นผิวบางประเภท เช่น พื้นผิวเหนียวหรือมีลักษณะยืดหยุ่น ยังให้ผลลัพธ์ที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบของรอยนิ้วมือ

กัลยาณี เกียรติดำเนินงาม (2567) ได้เสนอการประยุกต์ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium Permanganate; KMnO_4) ที่ความเข้มข้น 10% w/v ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาหลากหลายชนิด โดยประเมินผลการปรากฏของรอยลายนิ้วมือผ่านการนับจุดลักษณะสำคัญ (minutiae) เพื่อวิเคราะห์ความคมชัดของลายนิ้วมือและศักยภาพในการพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคล ทั้งนี้งานวิจัยได้คำนึงถึงประสิทธิภาพในเชิงเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย จากผลการทดลองพบว่าสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถพัฒนาให้เกิดภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความคมชัด เหมาะสมต่อการใช้งานด้านนิติ

วิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังมีข้อดีในด้านความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถหาได้ง่ายในราคาประหยัด จึงนับเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากพื้นผิวเหนียวที่มีความซับซ้อนเช่น เทปกาในงานตรวจพิสูจน์หลักฐานทางอาชญาวิทยา

Anderson (2023) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายโอนรอยลายนิ้วมือแฝงระหว่างด้านเหนียวและด้านไม่เหนียวของเทปพันสายไฟ โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิคการอบชุบเปอร์กลู (Cyanoacrylate Fuming) ร่วมกับกระบวนการย้อมสี รวมถึงวิธีการแยกชั้นของเทปด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น การแช่แข็งและการใช้สารละลายกา เพื่อป้องกันการสูญเสียรอยลายนิ้วมือ งานวิจัยพบว่ารอยลายนิ้วมือสามารถถ่ายโอนได้ทั้งจากด้านเหนียวไปยังด้านไม่เหนียว และในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งยังสามารถพัฒนาให้เห็นได้อย่างชัดเจนหากเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสม ผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนถึงความเป็นไปได้ในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงจากเทปกา แม้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นผิวหรือมีการปะปนระหว่างด้านเหนียวและด้านไม่เหนียวของเทป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเทปในคดีอาญา

Bouzin (2024) ได้พัฒนาสารเคมีที่เรียกว่า WET UCIO เป็นผงแขวนลอยชนิดคาร์บอนราคาประหยัดที่มีประสิทธิภาพในการตรวจจברอยนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาโดยใช้สารละลายโซเดียมโอดีเตซิลซัลเฟตที่เตรียมเองในน้ำเอทานอล 5% แทนสารละลาย surfactant เดิม ภายใต้แนวทาง “frugal forensic” ซึ่งเป็นแนวคิดในการพัฒนาเทคนิคทางนิติวิทยาศาสตร์ที่มีต้นทุนต่ำ ผล

การเปรียบเทียบกับ Wetwop™ บนเทปกาว 8 ชนิด พบว่าสูตรปรับปรุงใหม่นี้มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า และบางกรณีดีกว่าเทคนิคทั่วไป จึงช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพของเทคนิคตรวจจับรอยนิ้วมือในพื้นที่ ที่มีข้อจำกัดด้านการจัดหาอุปกรณ์และวัสดุต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับ

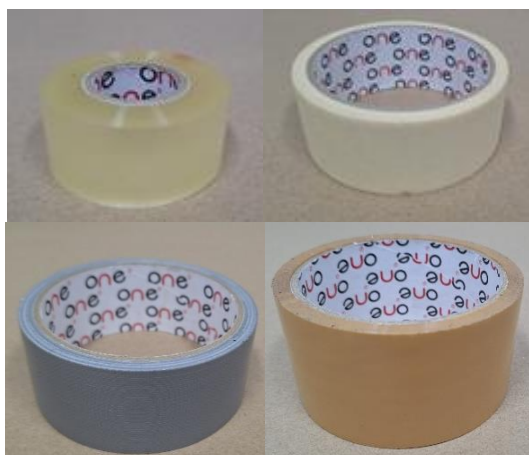
1. ได้แนวทางหรือเทคนิคใหม่ที่มี ประสิทธิภาพในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบน พื้นผิวเหนียว เช่น ด้านเหนียวของเทปกาว ซึ่งปกติ ยากต่อการตรวจสอบด้วยวิธีทั่วไป

2. เพิ่มโอกาสในการตรวจพบและระบุ อัตลักษณ์ของบุคคลจากพยานหลักฐานที่มักพบใน สถานที่เกิดเหตุ เช่น เทปกาวที่ใช้ในการก่อ อาชญากรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

ในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย กาวซูเปอร์ กลู และตูบซูเปอร์ Wet powder สีดำ สำเร็จรูป แปรงทาสารเคมี กล้องดิจิทัล ยี่ห้อ Nikon รุ่น D7500 โดยเทปตัวอย่างที่ใช้ ได้แก่ เทปใส เทปกาว เทปแลกซัน และเทปพัสดุ



ภาพที่ 1 เทปกาวตัวอย่าง

a) เทปใส b) เทปกาว c) เทปแลกซัน d) เทปพัสดุ

ขอบเขตการวิจัย

การดำเนินการทดลองในงานวิจัยนี้ใช้ ระยะเวลาในการดำเนินการทั้งสิ้นประมาณ 3 เดือน โดยในช่วงเวลาดังกล่าวได้ดำเนินการเก็บรวบรวม ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนการ ประทับลายนิ้วมือและเก็บรักษาตัวอย่างไว้ภายใต้ ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลกระทบของ ระยะเวลาในการทิ้งรอยนิ้วมือ ได้แก่ ระยะเวลา 30 วัน, 15 วัน, 7 วัน และ 1 วัน โดยแต่ละช่วงเวลาถูก กำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของ การตรวจสอบลายนิ้วมือในสภาพแวดล้อมและ เงื่อนไขต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วนและมีความเป็น วิทยาศาสตร์ และภายหลังการประทับรอยลายนิ้วมือ ทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ได้แก่ 1 วัน 7 วัน 15 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ และทำการทดลองทำซ้ำ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยเปลี่ยนชนิดของเทปกาว เมื่อ ทดลองถึงขั้นตอนสุดท้าย วิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้ วิธีการบันทึกภาพลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนเทปกาว ด้วยกล้องดิจิทัล

ขอบเขตของตัวอย่างในการศึกษานี้จะ ทำการศึกษาหารอยลายนิ้วมือแฝง ที่มาจากบุคคล เดียวกันตลอดการทดลอง เนื่องจากแรงที่ใช้ในการ ประทับนิ้วมือลงบนเทปกาว และรอยลายนิ้วมือจาก บุคคล 1 คน ซึ่งจะควบคุมได้ง่าย และสาเหตุที่เลือก เป็นเพศชาย เนื่องจากอาชญากรรมที่ก่อเหตุมักจะเป็น เพศชาย ลายนิ้วมือที่ปรากฏจะได้ เหมือนกับ ตัวอย่างที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์จริง โดยเลือก อาสาสมัครเพศชาย อายุ 54 ปี สำหรับใช้ในการ ประทับรอยลายนิ้วมือเพื่อใช้ในการจำลองรอย ลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาว

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างลายนิ้วมือแฝง

ให้อาสาสมัครเพศชาย อายุ 54 ปี ทำการประทับรอยลายนิ้วมือ ในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 25-30 องศาเซลเซียส

ตัดเทปกาวตัวอย่างประมาณ 5 เซนติเมตร วางไว้บนเครื่องชั่ง โดยหยาด้านเหนียวขึ้น ใช้นิ้วโป้งสัมผัสบริเวณใบหน้าที่มีความมัน แล้วประทับนิ้วมือบนด้านเหนียวของเทปกาว ควบคุมน้ำหนักแรงกดนิ้วมืออยู่ที่ 800 – 1,000 กรัม ค้างไว้ 5 วินาที โดยทำการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงทันที และภายหลังการประทับรอยลายนิ้วมือทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ได้แก่ 1 วัน 7 วัน 15 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ



ภาพที่ 2 รอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวตัวอย่าง

2. การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

สำหรับการทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลองเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

2.1 การทดลองชุดที่ 1

นำเทปกาวที่ทำการเก็บรอยลายนิ้วมือที่ระยะเวลาต่างๆ มาทาน้ำยา Wet powder ลงบนด้านเหนียวของเทปกาวที่ประทับรอยลายนิ้วมือที่เวลา 0, 2, 5 และ 10 นาที โดยไม่ผ่านการอบชุบเปอร์กลู แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด โดยใช้น้ำประปาไหลผ่านจนกระทั่งน้ำยาส่วนเกินถูกชะล้างออกไปจนหมด และเห็นเป็นรอยลายนิ้วมือ สังเกตผลการทดลองและทำการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล นำ

ภาพลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจำนวนจุด minutiae ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยเปลี่ยนชนิดของเทปกาว

2.2 การทดลองชุดที่ 2

นำเทปกาวที่ทำการเก็บรอยลายนิ้วมือที่ระยะเวลาต่างๆ มาอบชุบเปอร์กลูที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 5 นาที 15 นาที 30 นาที จากนั้น ใช้แปรงทาล้างน้ำยา Wet powder ลงบนด้านเหนียวของเทปกาวที่ประทับรอยลายนิ้วมือไว้ทันที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด โดยใช้น้ำประปาไหลผ่านจนกระทั่งน้ำยาส่วนเกินถูกชะล้างออกไปจนหมด และเห็นเป็นรอยลายนิ้วมือ สังเกตผลการทดลองและทำการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัล นำภาพลายนิ้วมือแฝงที่ได้ไปนับจำนวนจุด minutiae ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยเปลี่ยนชนิดของเทปกาว

3. เกณฑ์การนับจำนวนจุด minutiae ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS)

“เพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์” หมายถึง จำนวน minutiae มากกว่าหรือเท่ากับ 10 จุด

“ไม่เพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์” หมายถึง จำนวน minutiae น้อยกว่า 10 จุด

เกณฑ์การนับจำนวนจุด Minutiae ด้วยเครื่องตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นเกณฑ์เฉพาะที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิชาการ โดยได้อ้างอิงแนวทางจากข้อมูลเชิงประจักษ์และแนวปฏิบัติที่ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ซึ่งปฏิบัติงานในกลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ

ทั้งนี้ เกณฑ์จำนวน 10 จุด minutiae ถือเป็นมาตรฐานขั้นต่ำที่ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ใช้ในการยืนยันตัวบุคคลจากลายนิ้วมือ โดยอาศัยหลักความ

น่าจะเป็นและความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้ งานวิจัยนี้จึงยึดแนวทางดังกล่าวในการประเมินผลข้อมูลจากระบบ AFIS อย่างเป็นระบบและมีหลักฐานรองรับ

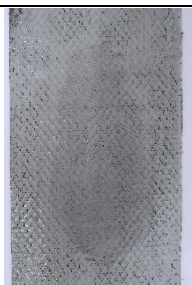
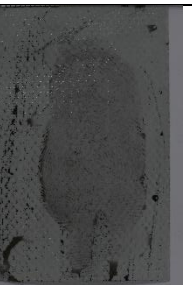
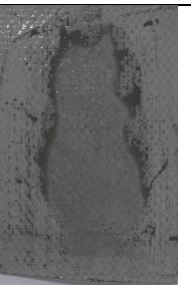
ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

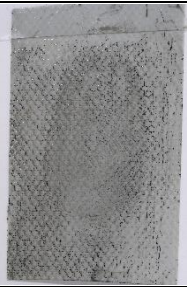
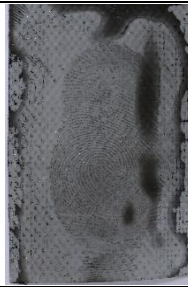
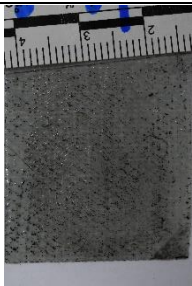
ผลการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนือของเทปขาว โดยใช้วิธีการอบชุบเปอร์กลูที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 5 นาที 15 นาที 30 นาที หลังจากนั้นใช้วิธีการทา Wet powder สำเร็จรูปที่ประทับลายนิ้วมือไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนือของเทปขาว ที่ไม่ใช้วิธีการอบชุบเปอร์กลู

อาศัยเกณฑ์การนับจำนวนชนิดเทปขาวที่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งจะแสดงผลของตัวอย่างที่ใช้เพียงน้ำยา Wet powder ทาลงบนเทปขาวที่ประทับรอยลายนิ้วมือเท่านั้น ดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

สำหรับผลการทดลองชุดที่ 1 ได้ศึกษาวิจัยการตรวจหาจุดลักษณะสำคัญ โดยใช้เพียงน้ำยา Wet powder ทาลงบนเทปขาวที่ประทับรอยลายนิ้วมือ โดยกำหนดระยะเวลาในการทาน้ำยา Wet powder ที่เวลา 0, 2, 5 และ 10 นาที เป็นผลการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง กับระยะเวลาที่ทาน้ำยา Wet powder ยกตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาพเปรียบเทียบรอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปแลกซีน ที่ผ่านการใช้น้ำยา Wet powder โดยไม่ได้ทำการอบชุบเปอร์กลู ที่ระยะเวลาต่างๆ และจำนวนจุด minutiae ที่นับได้

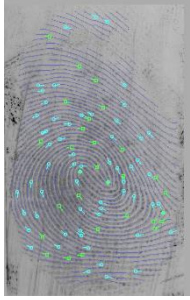
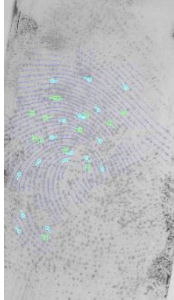
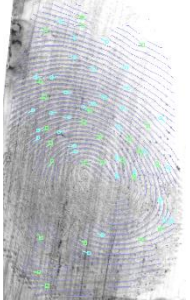
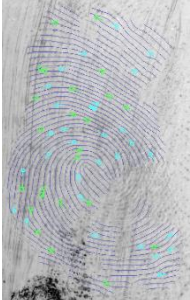
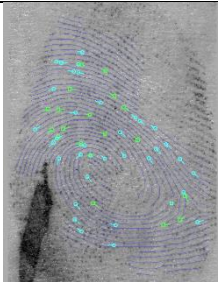
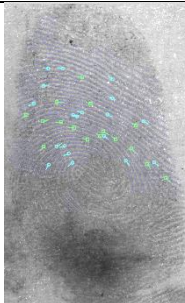
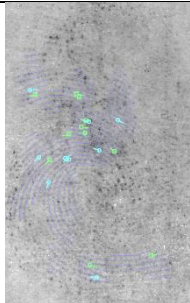
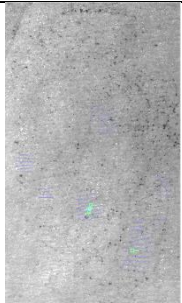
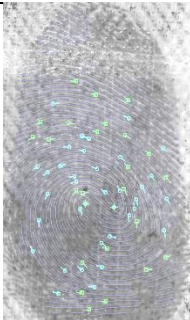
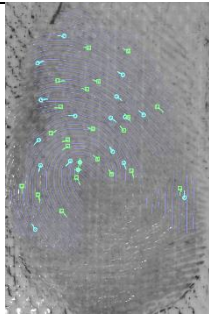
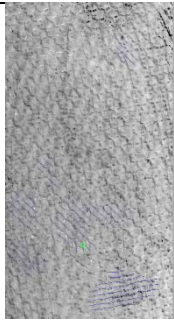
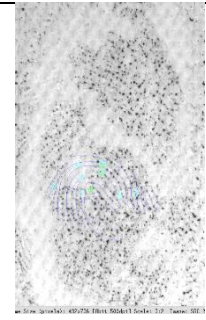
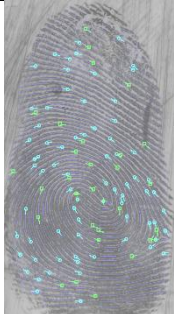
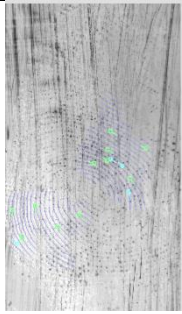
ระยะเวลาการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง	ระยะเวลาในการทา Wet powder			
	0 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที
1 วัน				
	68 ± 9.29	89 ± 5.03	88 ± 11.59	55 ± 33.05
7 วัน				
	63 ± 4.16	58 ± 3.51	42 ± 2.52	34 ± 6.56

ระยะเวลาการเก็บรอยลายนิ้วมือแฝง	ระยะเวลาในการทา Wet powder			
	0 นาที	2 นาที	5 นาที	10 นาที
15 วัน				
	21 ± 14.73	45 ± 12.22	52 ± 5.69	49 ± 27.79
30 วัน				
	5 ± 4.73	16 ± 1.00	7 ± 4.73	18 ± 15.37

ผลการทดลองของตัวอย่างเทปแลกซีนพบว่าเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลา 1 วัน เมื่อทำการทาน้ำยา Wet powder ที่ระยะเวลาต่างๆ ให้ผลการนับจำนวนจุด minutiae ได้ไม่แตกต่างกัน คือ เมื่อทาน้ำยาทันทีแล้วล้างออก จะนับได้เฉลี่ย 68 จุด ถ้าทิ้งน้ำยาไว้ 2 นาที จะนับได้ 89 จุด เมื่อทิ้งไว้ที่เวลา 5 นาที นับได้ 88 จุด และเมื่อทิ้งน้ำยาไว้ 10 นาที นับได้ 55 จุด อย่างไรก็ตามเมื่อทิ้งรอยลายนิ้วมือไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น จำนวนจุด minutiae ที่นับได้จะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บไว้ จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บ

ตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝงไว้ที่ 30 วัน แล้วนำมาทดลอง ยังคงหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ แต่ให้ผลไม่เพียงพอต่อการตรวจพิสูจน์ และถึงแม้จะสามารถหาจุดลักษณะสำคัญพิเศษได้ เมื่อสังเกตภาพถ่ายด้วยตาเปล่า ที่ระยะเวลา 30 วัน และทาน้ำยา Wet powder 10 นาที ภาพที่ถ่ายได้ไม่เห็นเป็นรอยลายนิ้วมือปรากฏ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกันในทุกตัวอย่างเทปกาที่ใช้ในการทำการทดลอง

ตารางที่ 2 การนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Minutiae) ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนเทปกาวทั้ง 4 ชนิด

ชนิดของเทป	ไม่อบชุบเปอร์กลู	ระยะเวลาในการอบชุบเปอร์กลู		
		5 นาที	15 นาที	30 นาที
เทปใส				
	56 ± 27.71	55 ± 33.94	47 ± 11.15	35 ± 18.18
เทปกาว				
	48 ± 5.29	18 ± 14.74	29 ± 15.59	12 ± 15.31
เทปแลกซีน				
	36 ± 26.85	34 ± 6.43	0 ± 0.58	7 ± 6.11
เทปพัสดุ				
	90 ± 10.44	90 ± 4.62	47 ± 3.61	14 ± 1.15

สำหรับผลการทดลองชุดที่ 2 เป็นการ
เปรียบเทียบจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ

(minutiae) ที่สามารถตรวจพบได้จากรอย
ลายนิ้วมือบนเทปกาวชนิดต่าง ๆ 4 ประเภท ได้แก่

เทปใส เทปกาว เทปแลกซีน และเทปพัสดุ โดยพิจารณาผลลัพธ์จากการใช้เทคนิค Wet powder เพียงอย่างเดียว และการใช้ร่วมกับการอบชุบเปอร์กลูเป็นเวลา 5, 15 และ 30 นาที พบว่าการไม่อบด้วยชุบเปอร์กลูและใช้เฉพาะ Wet powder ให้ผลการตรวจจับจุดลักษณะสำคัญได้สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการอบชุบเปอร์กลูในทุกระยะเวลา ระยะเวลาในการอบชุบเปอร์กลูที่นานขึ้น โดยเฉพาะเมื่ออบเป็นเวลา 30 นาที จำนวน minutiae ลดลงอย่างชัดเจนในทุกชนิดของเทปกาว เนื่องมาจากการอบชุบเปอร์กลูอาจทำให้พื้นผิวเหนียวของเทปเปลี่ยนแปลง เช่น สูญเสียความเหนียวหรือเกิดการรวมตัวของเนื้อกาว ส่งผลให้รอยลายนิ้วมือไม่สามารถพัฒนาได้ชัดเจน และระยะเวลาการอบที่มากเกินไปทำให้รายละเอียดของรอยนิ้วมือเลือนหายไป

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาวโดยเปรียบเทียบระหว่างสองเทคนิค ได้แก่ การอบชุบเปอร์กลูร่วมกับการใช้ Wet powder และ การใช้ Wet powder เพียงอย่างเดียว พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้เฉพาะ Wet powder ให้ผลการตรวจพบรอยลายนิ้วมือที่ชัดเจนกว่าอย่างชัดเจน ทั้งในด้านความคมชัดของเส้นสันลายนิ้วมือและจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษ (minutiae points) ที่สามารถตรวจนับได้ ในทางตรงกันข้าม กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการอบชุบเปอร์กลูก่อนการใช้ Wet powder มีจำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้อาจไม่เหมาะสมกับพื้นผิวบางประเภท เนื่องจากการอบชุบเปอร์กลูอาจลดความเหนียวหรือทำให้เกิดการรวมตัวของกาว ส่งผลให้รายละเอียดของ

รอยลายนิ้วมือเลือนหายไป (Ramotowski, 2012; Girod et al., 2016) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ Wet powder เพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่เป็นด้านเหนียวของเทปกาว และควรได้รับการพิจารณาเลือกใช้ในงานตรวจพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสมของลักษณะตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ

การตรวจพิสูจน์หลักฐานที่เกี่ยวข้องกับวัตถุพยานประเภทเทปกาว ควรพิจารณาเลือกใช้เทคนิคที่ไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติของพื้นผิว โดยเฉพาะด้านที่มีความเหนียว เช่น การใช้ Wet powder โดยตรง เพื่อรักษารายละเอียดของรอยลายนิ้วมือให้คงอยู่มากที่สุด

นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของเทคนิคการพัฒนาอื่น ๆ ที่อาจใช้ร่วมกับวัสดุประเภทเหนียว เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหารอยลายนิ้วมือในสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงการทดสอบกับเทปชนิดอื่นหรือในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจพิสูจน์หลักฐานในทางปฏิบัติ

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำงานวิจัยเรื่องการศึกษเปรียบเทียบการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนียวของเทปกาวด้วยเทคนิคการอบชุบเปอร์กลู และ Wet powder สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิดและความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ พลตำรวจตรีหญิง
สุเจตนา ไสตติพันธ์ ผู้บังคับการ ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน
1 ที่อนุเคราะห์ใช้เครื่องตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบ
ลายนิ้วมือและฝ่ามือ (Mini AFIS) ทำให้งานวิจัยนี้มี
ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและ
ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ พันตำรวจเอกหญิง
เสาวภา พลานนท์ นักวิทยาศาสตร์(สบ 4) พิสูจน์
หลักฐานจังหวัดสระบุรี ที่ให้โอกาสและสนับสนุนใน
การทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ พันตำรวจโทหญิงบัณฑิต
สมพงษ์ นักวิทยาศาสตร์(สบ 3) กลุ่มงานตรวจ

ลายนิ้วมือแฝง ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 1 ที่สละเวลาใน
การตรวจสอบรอยลายนิ้วมือในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ร้อยตำรวจตรีโฆษิต
งามประเสริฐ รองสารวัตร (อำนวยการ) พิสูจน์
หลักฐานจังหวัดสระบุรี ที่สละเวลาให้ตัวอย่าง
ลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอบคุณ พี่ เพื่อนๆ และน้อง ๆ
ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและ
ประสานงานในส่วนต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้ประสบ
ผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Almirall, J. R., Cantu, A. A., & Green, J. P. (2003). The use of superglue fuming in latent fingerprint development. *Journal of Forensic Sciences*, 48(2), 366–372.
- Anderson, E. (2023). Transfer of latent prints on duct tape. *Journal of Forensic Identification*, 73(2), 143–155.
- Bouzin, J. T., Sauzier, G., & Lewis, S. W. (2024). Wet SPF: a Wet powder suspension for the detection of latent fingermarks on the sticky side of adhesive tape for use in Seychelles. *Forensic Science International*, 360, 112044.
- Girod, A., Ramotowski, R., & Weyermann, C. (2016). Composition of fingerprint residue: A qualitative and quantitative review. *Forensic Science International*, 262, 212–226. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.03.007>
- Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S. (2004). An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14(1), 4–20.
- Lee, H. C., & Gaensslen, R. E. (2001). *Advances in Fingerprint Technology (2nd ed.)*. CRC Press.
- Liu, Y., Wang, X., & Zhao, Y. (2019). Challenges in latent fingerprint detection on adhesive surfaces: A review. *Forensic Science International*, 301, 141–150.
- Ramotowski, R., Lee, H. C., & Gaensslen, R. E. (2012). *Fingerprint Detection with Physical Developer*. CRC Press.

Roux, C., Leclerc, S., & Kintz, P. (2012). Superglue fuming: chemical principles and applications in forensic science. *Forensic Science International*, 220(1-3), 81-86.

กัลยาณี เกียรติดำเนินงาม และวรรัช วิชชุวานิชย์. (2024). การปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนด้านเหนือของเทปกาวต่างชนิดกันโดยการประยุกต์ใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มีความเข้มข้น 10%w/v. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*, 13(1), 1-13.

บุญส่ง องค์กรชัยศักดิ์. (2553). *นิติวิทยาศาสตร์เบื้องต้น*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุรัชย์ นิลวรรณะ. (2549). *รอยลายนิ้วมือ: ความรู้พื้นฐานและการนำไปใช้ในงานพิสูจน์หลักฐาน*. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพิชฌาย์ สิริวัฒนานนท์. (2560). *การพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิววัสดุต่าง ๆ ด้วยวิธีอบชุบเปอร์กลู*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยมหิดล.

รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

A model for enhancing the quality of life of elderly individuals with non-communicable diseases in Phan Thong district, Chonburi province

พิมพ์ธูตา วัฒนพงศ์สถิต¹, นวสนันท์ วงศ์ประสิทธิ์², ลักษณะพร คำดี³, อุเทน สutin⁴

การจัดการเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์^{1,2,3}

วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรี คณะสาธารณสุขและสหเวชศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก⁴

Pimtada Wattanapongsatit¹, Nawasanan Wongprasit²,

Laksanaporn Kamdee³ Uten Sutin⁴

Management for Development Program, Rajabhat Rajanagarindra University^{1,2,3}

Sirindhorn College of Public Health, Chonburi Province, Faculty of Public Health and Allied Health Sciences, Praboromarajchanok Institute. ⁴

Received: June 1, 2025; Revised: June 21, 2025; Accepted: June 27, 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี 2) พัฒนารูปแบบคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่างวิจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ ผู้สูงอายุโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจำนวน 377 คน กลุ่มตัวอย่างวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ กลุ่มบุคลากรทางสาธารณสุขจำนวน 23 คน และ ผู้สูงอายุจำนวน 11 คน คัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามคุณภาพชีวิต ทักษะชีวิต และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ถดถอยพหุ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่ทำให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น ได้แก่ อายุ ฐานะทางการเงิน ผู้ดูแลหลัก ส่วนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง ปัจจัยทักษะชีวิตเชิงบวก ด้านร่างกาย (AOR=2.88) เศรษฐกิจ (AOR=2.67) สัมพันธภาพทางสังคม (AOR= 2.10) จิตใจ (AOR=2.78) และสิ่งแวดล้อม (AOR=4.65) ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น การพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ควรได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว ภาครัฐหรือหน่วยงานในชุมชน และนโยบายภาครัฐ

คำสำคัญ: คุณภาพชีวิต ผู้สูงอายุ กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

ABSTRACT

The objectives of this study were: 1) to examine factors influencing the quality of life (QOL) among elderly individuals with non-communicable diseases (NCDs) in Phan Thong District, Chonburi Province, and 2) to develop a QOL model for elderly with NCDs. The mixed-method of study was employed. A sample consisted of 377 elderly with NCDs, 23 public health personnel and 11 elderly participants, selected by purposive sampling. Research instrument included questionnaire assessing the QOL, attitudes, and personal factors. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics and multiple regression analysis. Qualitative data were analyzed using content analysis. The findings revealed that personal factors such as age, financial status, and the presence of a primary caregiver positively associated with QOL among the elderly. Conversely, diabetes and hypertension significantly associated with poorer QOL. Positive attitude factors such as physical (AOR = 2.88), economic (AOR = 2.67), social relationships (AOR = 2.10), psychological (AOR = 2.78), and environmental domains (AOR = 4.65) were significantly associated with enhanced QOL. The improvement of QOL among elderly with NCDs should be supported by family members, community-based networks, and governmental policies.

Keywords: Quality of Life, Elderly, Non-Communicable Diseases (NCDs)

บทนำ

ประชากรโลกกำลังเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ สถิติประชากรโลกทั้งหมดในปี 2019 มีประชากรทั้งหมดจำนวน 7,713 ล้านคน เป็นประชากรผู้สูงอายุจำนวน 1,016 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 13 ของประชากรโลกทั้งหมด (United Nations, 2019) และประมาณการณ์ว่าในปี 2040 จะมีประชากรโลกทั้งสิ้น 9,200 ล้านคน และประชากรในจำนวนนี้จะเป็นผู้สูงอายุจำนวน 1,738 ล้านคน จากจำนวนและสัดส่วนประชากรสูงอายุโลกได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กล่าวโดยสรุปคือ 1 ใน 5 ของประชากรโลกจะมีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป หมายความว่าสังคมโลกกำลังจะกลายเป็นสังคมผู้สูงอายุ ทั้งนี้กระบวนการเกิดสังคมผู้สูงอายุในแต่ละ

ประเทศจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม อาทิ ความเจริญมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ การสุขาภิบาล การโภชนาการอาหาร การศึกษาเป็นต้น ซึ่งล้วนส่งผลต่อสุขภาพ และการมีอายุยืนยาวของประชากรทั้งสิ้น องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO)

สถานการณ์ดังกล่าวภาครัฐจึงนำข้อมูลการเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุ มากำหนดแผนและนโยบายเพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566- 2570) ที่มีกลยุทธ์ย่อยที่ 1.5 ระบุว่า จะพัฒนาผู้สูงอายุให้เป็นพลเมืองมีคุณค่าของสังคม (ภูษิต

ประกอบสาย, 2565) โดยพัฒนาผู้สูงอายุให้เป็นพลังของสังคม ให้ผู้สูงอายุเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ที่สั่งสมมาตลอดช่วงชีวิตสู่คนรุ่นหลัง ส่งเสริมและเปิดโอกาสให้ผู้สูงอายุได้ทำงานตามศักยภาพ รวมทั้งพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ทันสมัย และหลักสูตรระยะสั้นเพื่อพัฒนาความรู้ สมรรถนะทางดิจิทัล ทักษะทางธุรกิจ และการใช้ชีวิตที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ จึงทำให้เกิดการเจ็บป่วย โดยเฉพาะการเจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Noncommunicable diseases : NCDs)

(สถานการณ์ ผู้สูงอายุไทย, 2564)

จากรายงานข้อมูลกระทรวงสาธารณสุข (2565) พบว่า ประเทศไทยมีอุบัติการณ์ผู้สูงอายุป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ปี พ.ศ. 2564-2565 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยอัตราป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงมากที่สุด ในปี พ.ศ. 2564 มีจำนวนผู้ป่วย 5,530,403 คน เพิ่มขึ้นเป็น 5,911,461 คนในปี พ.ศ.2565 รองลงมาได้แก่ โรคเบาหวาน 2,570,495 คน เพิ่มขึ้นเป็น 2,790,150 คน โรคหลอดเลือดสมอง 630,013 คน เพิ่มขึ้นเป็น 680,758 คน และโรคหัวใจและหลอดเลือด 456,928 คน เพิ่มขึ้นเป็น 468,628 คน ตามลำดับ แนวคิดของรูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคเรื้อรัง (Chronic Care Model) 6 องค์ประกอบ คือ การสนับสนุนการดูแลตนเอง นโยบายและทรัพยากรของชุมชน ระบบขององค์กรสุขภาพ การออกแบบระบบบริการ การสนับสนุนการตัดสินใจ และระบบสารสนเทศทางคลินิก จากการศึกษา หน่วยงานที่ได้ นำ Chronic Care Model (CCM) มาดำเนินการ ได้แก่ กรมควบคุมโรค โดยสำนักโรคไม่ติดต่อ (จารุเพ็ญ ภูจอมจิตร; 2565) ได้พัฒนาการดำเนินงานคลินิก NCD คุณภาพเป็นการบูรณาการระหว่างเครือข่ายของคลินิกในสถานบริการที่

เชื่อมโยงการบริหารจัดการและดำเนินการทางคลินิก เพื่อให้เกิดการเพิ่มคุณภาพบริการในกระบวนการป้องกัน ควบคุม ดูแล และจัดการกับสาเหตุของปัญหาโรคเรื้อรังอย่างเป็นระบบ การออกแบบระบบบริการ ที่ให้ความสำคัญกับการบูรณาการคลินิก ผู้สูงอายุที่เป็นโรคไม่ติดต่อจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านสุขภาพร่างกาย จิตใจ และสังคมที่อาจส่งผลให้คุณภาพชีวิตลดลงได้โดยมีการศึกษาพบว่าคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีอายุ ตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป (Reem Sulaiman,2021) เบื้องต้นพบว่ากิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมาย โดยเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรับบทบาทดำรงชีวิต สามารถปรับปรุงความเป็นอยู่ที่ดี และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่มีอายุ 80 ปีขึ้นไปได้ ผู้ดูแลในการสนับสนุนผู้สูงอายุให้เข้าถึงบทบาททางสังคมที่มีจุดมุ่งหมายมากขึ้น และสร้างโอกาสในการช่วยเหลือ (Rebecca Owen, Katherine Berry,2022)

อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี มีจำนวนผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงทั้งหมด 10,224 คน มีผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง จำนวน 6,645 คน คิดเป็นร้อยละ 64.99 ของผู้สูงอายุทั้งหมดของอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี คิดเป็นลำดับที่ 6 ของจังหวัดชลบุรี (กลุ่มงานพัฒนายุทธศาสตร์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี; 2567) ซึ่งผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีปัญหาการเจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และนอกจากนี้แล้วส่วนใหญ่ผู้สูงอายุยังมีโรคไม่ติดต่อเรื้อรังหลายโรคร่วมด้วย โดยผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิต ด้านบุคคล ครอบครัวและสังคม ซึ่งผู้สูงอายุที่เจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจะมีคุณภาพชีวิตที่แตกต่างจากผู้สูงอายุที่ไม่ได้เจ็บป่วยด้วย

โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง แม้จะมีการดูแล NCDs ในชุมชน แต่ยังขาดรูปแบบที่บูรณาการครอบครัว-ชุมชน-สุขภาพจิต

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษารูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี โดยมีตัวแปรที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่สำคัญ คือ 1) ปัจจัยด้านครอบครัว 2) ปัจจัยด้านการจัดกิจกรรมทางสังคม 3) ปัจจัยด้านสุขภาพ และตัวแปรคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรีประกอบด้วย 5 ด้าน คือ 1) ด้านจิตใจ 2) ด้านร่างกาย 3) ด้านสัมพันธภาพทางสังคม 4) ด้านสิ่งแวดล้อม และ 5) ด้านเศรษฐกิจ มาใช้เป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนารูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรีที่ดีและยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

2. เพื่อพัฒนารูปแบบการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในอ.พานทอง จ.ชลบุรี โดยศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตใน 5 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านจิตใจ 2. ด้านร่างกาย 3. ด้านสัมพันธภาพทางสังคม 4. ด้านสิ่งแวดล้อม และ 5. ด้านเศรษฐกิจ

สมมติฐานการวิจัย

ปัจจัยด้านครอบครัวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณควบคู่กับเชิงคุณภาพ ตามแนวทางของ Creswell (2015, p.172) โดยมีการดำเนินการเชิงปริมาณและคุณภาพควบคู่กันคู่ (Convergent Parallel Design) ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนมีนาคม 2566 ถึงมีนาคม 2568 ในพื้นที่อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลเชิงปริมาณ

ประชากรคือผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ทั้งเพศชายและหญิง รวมจำนวน 6,645 คน ผู้วิจัยคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 377 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling)

กลุ่มตัวอย่างเชิงคุณภาพ

กลุ่มตัวอย่างเชิงคุณภาพประกอบด้วยผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informants) จำนวน 34 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งเป็นบุคลากรทางสาธารณสุข จำนวน 23 คน ได้แก่ แพทย์ 1 คน พยาบาลที่ดูแลผู้ป่วย NCDs ตำบลละ 1 คน รวม 11 คน อสม. ที่ดูแลผู้ป่วย NCDs ตำบลละ 1 คน รวม 11 คน ผู้สูงอายุที่เป็นผู้ป่วย NCDs จำนวน 11 คน เป็นตัวแทนจากแต่ละตำบล รวม 11 ตำบล

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือก

1. มีบทบาทในการดูแลผู้สูงอายุ
2. อาศัยหรือทำงานในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ปี
3. มีทักษะการสนทนาและกล้าแสดงออก

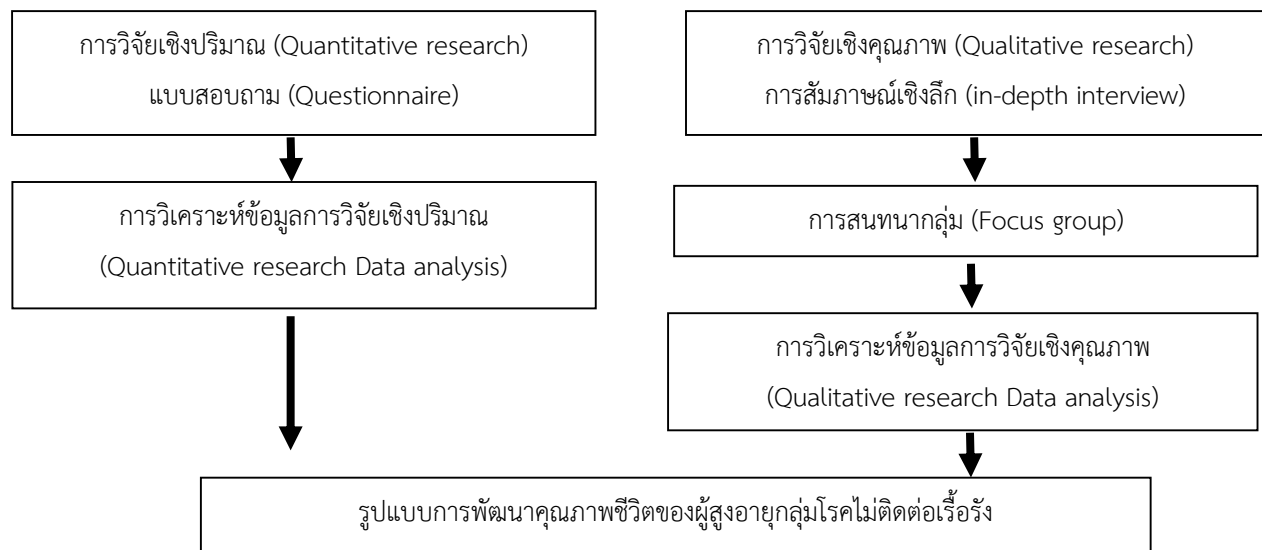
เกณฑ์การคัดออก:

1. ไม่สมัครใจเข้าร่วม
2. ย้ายที่อยู่อาศัยหรือย้ายงานระหว่างการศึกษา

วิธีการดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) ระหว่างการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) และ วิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) ซึ่งการวิจัย รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการวิจัย



เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยวิธีวิจัยเชิงปริมาณ ครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง จำนวน 377 คน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ เป็นคำถามให้เลือกตอบ (check list) ลักษณะส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา ศาสนา ฐานะการเงิน ใครทำหน้าที่หลักในการดูแล และโรคประจำตัวตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามที่

เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังนี้ 1) ปัจจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างครอบครัว 2) ปัจจัยด้านการจัดกิจกรรมทางสังคม 3) ปัจจัยด้านสุขภาพ ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ 1) ด้านจิตใจ 2) ด้านร่างกาย 3) ด้านสัมพันธภาพทางสังคม 4) ด้านสิ่งแวดล้อม 5) ด้านเศรษฐกิจ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (interview guide) เป็นเครื่องมือหลักในการเก็บข้อมูล เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน และปัญหาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Creswell, 2013, p. 31) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (interview guide) และอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกการสัมภาษณ์ ได้แก่ เครื่องบันทึกเสียง และสมุดจดบันทึกที่เกี่ยวข้อง

คุณภาพของเครื่องมือ เครื่องมือเชิงปริมาณ ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ค่า IOC เท่ากับ .74 และนำแบบสอบถามไป Tryout ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยและนำมา วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่า 0.85 เครื่องมืองานเชิงคุณภาพเป็นแบบสัมภาษณ์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน เพื่อช่วยในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และภาษาที่ใช้ให้มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์และวัตถุประสงค์ของการวิจัย และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำหาข้อดีข้อเสีย ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา และวัตถุประสงค์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณ 1.การวิเคราะห์ลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ และร้อยละ (percentage) 2.การวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต ใช้การหาค่าเฉลี่ย

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลการสนทนากลุ่มมาจัดหมวดหมู่โดยการกำหนดรหัส (Code) และการลงรหัส (Code Mapping) ตัดรายละเอียดของสาระที่อยู่ในหัวข้อเดียวกันมารวมกันเป็นหมวดหมู่ จากนั้นทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และสรุปเป็นรูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และหลังได้รับอนุญาตให้เข้าเก็บ ดำเนินการเก็บข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

ข้อมูลเชิงปริมาณ

1.ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยการแนะนำตนเองพร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์วิจัยให้กลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งการอธิบายการพิทักษ์สิทธิ์แก่กลุ่มตัวอย่าง

2.ผู้วิจัยและผู้ช่วยดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 25-30 นาที โดยผู้วิจัยจะช่วยเหลือในการอ่านและเขียนตอบในแบบสอบถามให้กรณีผู้สูงอายุบางท่านมองไม่เห็นหรือต้องการให้ช่วยเหลือ

3.ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลและนำข้อมูลมาลงรหัสให้ผู้อ่านคะแนน

ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไป

ข้อมูลเชิงคุณภาพ

1. ผู้วิจัยถามคำถามให้โดยให้ผู้สูงอายุตอบคำถามจากการสัมภาษณ์ประมาณ 15-20 นาที โดยใช้คำถามปลายเปิด ผู้วิจัยขออนุญาตผู้ให้ข้อมูลในการขอทำการบันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์จะสิ้นสุดเมื่อข้อมูลครอบคลุมและสมบูรณ์ (Data saturation) และตลอดการสัมภาษณ์ ผู้ช่วยวิจัยทำการบันทึกภาพสนทนาร่วมด้วย

2. ผู้วิจัยจะสนทนากลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุขผู้วิจัยขออนุญาตผู้ให้ข้อมูลในการขอทำการบันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์ การสัมภาษณ์จะสิ้นสุดเมื่อข้อมูลครอบคลุมและสมบูรณ์ (Data saturation) และตลอดการสัมภาษณ์ ผู้ช่วยวิจัยทำการบันทึกภาพสนทนาร่วมด้วย

การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ตารางที่ 1 ตารางร้อยละทัศนคติทางด้านปัญหาต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี (n=377)

ปัญหาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ	น้อย		ปานกลาง		มาก	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ด้านร่างกาย	90	23.87	98	25.99	109	50.14
ด้านเศรษฐกิจ	165	43.76	169	44.83	43	11.41
ด้านสิ่งแวดล้อม	50	13.26	171	45.36	156	41.38
ด้านจิตใจ	40	10.61	91	24.13	248	65.26
ด้านสัมพันธภาพทางสังคม	123	32.62	136	36.07	118	31.31

X=2.71, S.D.=0.60

จากตารางที่1 พบว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีทัศนคติทางด้านร่างกายในระดับดี

ผ่านการรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ เลขที่โครงการวิจัย 1/2567

ผลการศึกษา ผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังพบว่า เพศชาย ร้อยละ 37.70 เพศหญิงร้อยละ 62.30 อายุ 60 – 65 ปี ร้อยละ 44.88 รองลงมา อายุ 66-70 ปี ร้อยละ 38.20 สถานภาพสมรส ร้อยละ 60.20 รองลงมา หม้าย/หย่า/แยก ร้อยละ 30.20 ระดับการศึกษา พบว่า ต่ำกว่าประถมศึกษาตอนต้น (ป.4) ร้อยละ 58.40 รองลงมา ประถมศึกษาตอนปลาย (ป.6) ร้อยละ 22.20 ด้านศาสนา พบว่านับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 99.80 ศาสนาคริสต์ ร้อยละ 0.80 ฐานะการเงินของผู้สูงอายุโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง พบว่า พออยู่พอกิน หรือมีเงินออม ร้อยละ 64.20 อยู่กับคู่สมรส ร้อยละ 38.20 บุตร โรคประจำตัวของผู้สูงอายุ พบว่ามีโรคความดันโลหิตสูง พบร้อยละ 65.0 ไขมัน 36.90 โรคหัวใจ 13.80 โรคไต ร้อยละ 6.90 โรคหลอดเลือดสมอง ร้อยละ 2.40 และโรคมะเร็ง ร้อยละ 1.1

จำนวน 109 คน คิดเป็นร้อยละ 50.14 ด้านเศรษฐกิจในระดับปานกลาง จำนวน 169 คน คิด

เป็นร้อยละ 44.83 ด้านสิ่งแวดล้อมในระดับปานกลาง จำนวน 171 คน คิดเป็นร้อยละ 45.36 ด้านจิตใจในระดับดี จำนวน 248 คน คิดเป็นร้อยละ

65.26 และด้านสัมพันธภาพทางด้านสังคมในระดับปานกลาง จำนวน 136 คนคิดเป็นร้อยละ 36.07

ตารางที่ 2 ร้อยละปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี (n=377)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิต	น้อย		ปานกลาง		มาก	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ด้านกิจกรรมทางสังคม	93	24.67	142	37.40	143	37.93
ด้านครอบครัว	58	15.38	112	29.70	207	54.91
ด้านสุขภาพ	46	12.20	125	33.16	206	54.64

X= 2.62, S.D.= 0.67

จากตารางที่ 2 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางด้านกิจกรรมทางสังคมอยู่ในระดับดี จำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 37.93 ปัจจัยทางด้านครอบครัวอยู่

ในระดับดี จำนวน 207 คน คิดเป็นร้อยละ 54.91 และปัจจัยด้านสุขภาพพบว่าอยู่ในระดับดี จำนวน 206 คน คิดเป็นร้อยละ 54.64

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี
(n=377)

	ปัจจัย	Crude OR	95% CI	P value	Adjust OR	95% CI	P value
อายุ	60 – 65 ปี	1			1		
	66 -70 ปี	0.52	0.59 - 4.44	0.36	0.93	0.81- 3.16	0.08
	71 ปีขึ้นไป	0.76	0.11 - 0.97	0.03*	0.35	0.14-0.64	0.00**
ฐานะทาง การเงิน	ไม่พอใช้ หรือมีหนี้สิน	1					
	เหลือกินเหลือใช้	3.45	2.26-6.74	0.00	2.96	2.24-6.95	0.00*
	พออยู่พอกิน หรือมีเงินออมด้วย	1.29	0.43 - 0.85	0.028*	1.28	1.12-4.69	0.006*
	ไม่ค่อยพอใช้ แต่ไม่มีหนี้สิน	0.58	0.56-6.78	0.56	1.68	0.30-1.52	0.34
ผู้ดูแลหลัก	ไม่มีใคร	1			1		
	หลาน	1.45	1.26-2.88	0.04*	2.31	1.15-4.64	0.00**
	คู่สมรส	1.77	1.39-3.42	0.06	2.33	1.14-3.78	0.01*
	พี่น้อง	0.22	0.49-3.67	0.67	0.86	0.25-3.03	0.82
	บุตร	2.55	1.89-3.53	0.08	6.09	1.83-9.28	0.00*
	ไตวายเรื้อรัง	0.67	0.58-2.45	0.56	0.81	0.67-2.11	0.39
	โรคประจำตัว						
โรคประจำตัว	ความดันโลหิตสูง	0.55	0.67-0.43	0.07*	0.64	0.23-8.86	0.0*5
	หัวใจ	0.92	0.57-3.42	0.67	1.85	0.71-4.78	0.21
	หลอดเลือดในสมองตีบ	0.53	0.42-3.89	0.59	0.91	0.34-2.44	0.85
	ปัจจัย	Crude OR	95% CI	P value	Adjust OR	95% CI	P value
	ไขมันในเลือด	2.45	1.72-4.35	0.78	1.76	0.61-5.04	0.30
	มะเร็ง	1.34	0.42-3.21	0.88	1.71	0.35-8.39	0.51
	เบาหวาน	0.28	0.23-0.73	0.06*	0.58	0.22-0.66	0.04**
	หอบหืด/ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	1.67	0.76-4.54	0.84	0.91	0.34-2.44	0.85

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปัญหาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ		Crude OR	95% CI	P value	Adjust OR	95% CI	P value
ด้านร่างกาย	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	2.8	1.83-6.13	<0.001*	5.76	2.64-12.56	0.00**
	มาก	5.7	2.43-8.48	<0.001*	2.88	1.95-3.70	0.0*5
ด้านเศรษฐกิจ	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	4.56	2.13-7.87	<0.001*	5.88	2.64-6.42	0.05*
	มาก	8.76	2.78 - 13.48	<0.001*	2.67	1.55-3.47	0.00*
ด้านสิ่งแวดล้อม	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	2.77	0.88-5.23	0.67	0.99	0.78-2.54	0.75
	มาก	3.45	2.63-8.43	0.03	4.65	2.55-5.44	0.04*
ด้านจิตใจ	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	2.55	2.21-4.78	0.06	1.74	0.54-1.10	0.78
	มาก	7.56	2.64-3.45	0.05	2.78	1.89-3.56	0.02*
ด้านสัมพันธภาพทางสังคม	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	1.12	0.73-1.70	0.61	1.60	0.81- 3.16	0.18
	มาก	4.36	1.67-11.36	0.03	2.10	2.64-8.94	0.00**
ด้านกิจกรรมทางสังคม	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	1.24	1.15-2.11	0.43	1.88	1.36-3.54	0.02*
	มาก	1.26	1.12-3.55	0.00**	2.10	1.03-4.33	0.00**
ครอบครัว	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	2.55	2.54-8.45	0.35	2.44	1.45-6.84	0.05*
	มาก	3.45	2.45-8.64	0.00**	3.64	1.25-5.76	0.00*
ด้านสุขภาพ	น้อย	1			1		
	ปานกลาง	2.19	1.12-3.47	0.00**	1.21	1.18-2.94	0.05*
	มาก	5.54	2.74-7.87	0.00**	2.52	1.42-3.74	0.00**

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเมื่อป่วยอายุมากขึ้น อายุมากกว่า 71 ปี (AOR=0.35 CI 0.14-0.64) จะมีคุณภาพชีวิตน้อยกว่าร้อยละ 65 เมื่อเทียบกับผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อ

เรื้อรังที่มีอายุ 60-65 ปี ผู้สูงอายุที่ฐานะทางการเงินเหลือกินเหลือใช้ (AOR= 2.96 CI 2.44-6.95) พออยู่พอกิน หรือมีเงินออม (AOR= 1.28 CI 1.12-4.69) จะมีคุณภาพชีวิตดีกว่า 2.96 เท่า เมื่อเทียบกับผู้สูงอายุ

กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีฐานะทางการเงินไม่พอใช้ หรือมีหนี้สินด้วย ผู้สูงอายุที่มีผู้ดูแลหลัก ได้แก่ หลาน (AOR =2.31 , CI 1.15- 4.64) คู่สมรส (AOR=2.33, CI. 2.55-3.03) บุตร (AOR=6.09, CI 1.83-9.28) จะมีคุณภาพชีวิตมากกว่า 6.09 เท่าเมื่อเทียบกับไม่มีผู้ดูแล ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน (AOR=0.58 CI0.22-0.66) ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง (AOR=0.64 CI 0.23-8.86) มีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่เจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังอื่นๆ ร้อยละ 42

ทัศนคติต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ทางด้านร่างกาย ผู้สูงอายุที่มีทัศนคติทางด้านร่างกายในระดับปานกลาง (AOR= 5.76 CI 2.64-12.56) ระดับมาก (AOR=2.88 CI 1.95-3.70) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีทัศนคติทางด้านร่างกายในระดับน้อย 5.76 เท่า ผู้สูงอายุที่มีทัศนคติทางด้านเศรษฐกิจในระดับปานกลาง (AOR= 5.88 CI 2.64-6.42) ระดับมาก (AOR=2.67 CI 1.55-3.4) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีทัศนคติทางด้านเศรษฐกิจในระดับน้อย 2.67 เท่า ทัศนคติทางด้านสิ่งแวดล้อม ในระดับมาก (AOR=4.65 CI 2.55-5.44) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีทัศนคติทางด้านสิ่งแวดล้อมในระดับน้อย 4.65 เท่า ทัศนคติทางด้านจิตใจในระดับมาก (AOR=2.78 CI1.89-3.56) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีทัศนคติทางด้านจิตใจในระดับน้อย 2.78 เท่า และ ทัศนคติทางด้านสัมพันธภาพทางสังคมในระดับมาก (AOR= 2.10 CI 2.64-8.94) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีทัศนคติทางด้านสัมพันธภาพทางสังคมในระดับน้อย 2.10 เท่า

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง พบว่าปัจจัยด้านกิจกรรมทางสังคม ระดับปานกลาง (AOR= 1.88 CI 1.36-3.54) ระดับมาก (AOR=2.10 CI1.03-4.33) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีปัจจัยด้านกิจกรรมสังคมในระดับน้อย 2.10 เท่า ปัจจัยด้านครอบครัวระดับปานกลาง (AOR= 2.44 CI 1.45-6.84) ระดับมาก (AOR= 3.64 CI 1.25-5.76) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีปัจจัยด้านครอบครัวในระดับน้อย 3.64 เท่า และ ปัจจัยด้านสุขภาพ ระดับปานกลาง (AOR= 1.21 CI1.18-2.94) ระดับมาก (AOR= 2.52 CI 1.42-3.74) จะมีคุณภาพชีวิตที่ดีกว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีปัจจัยด้านสุขภาพในระดับน้อย 2.52 เท่า

ผลการวิจัยข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้สูงอายุ จำนวน 11 คน ถาถามถึงปัจจัยอื่นๆ โดยการวิเคราะห์โดยคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์นั้น มี 3 ประเด็น ดังนี้ 1) ด้านกิจกรรมทางสังคม 2) ประเด็นด้านครอบครัว และ 3) ประเด็นด้านสุขภาพ โดยมีผลการสัมภาษณ์ดังนี้

1. ด้านกิจกรรมทางสังคม พบว่า ผู้สูงอายุเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม หรือชมรมที่เหมาะสมทำให้การดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้รับการยอมรับ ได้มีการเสนอแนะมองการจัดกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุ โดยให้มีส่วนร่วมในการออกแบบกิจกรรม โดยมีเจ้าหน้าที่สาธารณสุขเป็นฝ่ายอำนวยความสะดวก สนับสนุนเครือข่ายในชุมชนเข้ามาร่วมในการสนับสนุนกิจกรรมทางชมรมผู้สูงอายุ ดังคำกล่าวของผู้สูงอายุต่อไปนี้

“ยาย ชอบนะกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุ เวลาไปเข้าร่วมกับเขา หมอ (เจ้าหน้าที่ รพ.สต.) จะมีกิจกรรมให้ทำรู้สึกสนุก ได้เจอคนอายุเท่าๆกัน ได้คุยแลกเปลี่ยนเรื่องโรคเบาหวาน ความดัน ยายก็เอามาปรับดูแลตัวเองได้นะ (ผู้สูงอายุ 5)

“สนุกดีนะเข้ากลุ่มกิจกรรม มีเดือนละ 1 ครั้ง กำลังดีนะ ลูกจะพามาส่ง (เหมือนเราเคยส่งเขาไปโรงเรียน ตอนเด็ก) ผมชอบนะได้มาคุยกันสนุกดี (ผู้สูงอายุ 6)

2.ประเด็นด้านครอบครัว พบว่า จำเป็นต้องคอยดูแลผู้สูงอายุทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ครอบครัวมีศักยภาพในการดูแลผู้สูงอายุลดลง เป็นผลมาจากขนาดครอบครัวที่เล็กลง การเคลื่อนย้ายแรงงานจากชนบทเข้าสู่เมือง ทำให้ครอบครัวไม่สามารถดูแลผู้สูงอายุได้ตลอดเวลา ดังคำกล่าวของผู้สูงอายุต่อไปนี้

“ตอนนี้ก็อยู่กับลูก ๆ หลาน ๆ ดูแลกันเองส่วนใหญ่ดูแลจัดยา ดูเวลากินยา พาไปตรวจ และลูกหลานส่งเงินให้ใช้จ่าย เดือนหนึ่ง 1,000 ถึง 2,000 บาท (ผู้สูงอายุ 7)

“ตอนนี้ อยู่กับสามี ลูก ๆ หลาน ๆ ก็แยกไปมีครอบครัว จะมาก็ช่วงเราป่วย เราจะไปโรงพยาบาล หรือมีกิจกรรมที่เขาจัดให้ผู้สูงอายุ แต่บางครั้งเขาย่าง ก็มาพร้อมกับสามี แก่ก็ยังขับรถไหวอยู่ (ผู้สูงอายุ 11)

“ไม่ค่อยเคยมา เคยอบรมเกี่ยวกับการดูแลผู้สูงอายุที่เป็นทางชุมชนจัด ไม่ค่อยได้มาร่วม ไม่ค่อยมีใครว่างไปส่ง ลูกเขาทำงาน (ผู้สูงอายุ 8)

3. ด้านสุขภาพ พบว่า การที่ผู้สูงอายุสามารถดำเนินชีวิตประจำวัน โดยสามารถดูแลตนเองหรือควบคุมโรคได้ และคงไว้ซึ่งภาวะสุขภาพที่ดีในยามที่มี

อายุมากขึ้น รวมถึงการได้รับข้อมูลข่าวสารทางสุขภาพจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุข ในการดูแลสุขภาพ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่ถูกต้อง การที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ที่เข้ามาช่วยเหลือและสนับสนุนในเรื่องการดูแลสุขภาพ เป็นผลสำเร็จอย่างเห็นได้ชัด ดังคำต่อไปนี้

“คนเราอายุมากขึ้นไม่ต้องการความมั่นคง รวย อะไรมากมาย นอกจากขอให้สุขภาพแข็งแรงเหมือนทุกวันนี้ก็พอ ไม่เจ็บป่วยเพิ่มก็พอ (ไม่เป็นโรคอื่นๆเพิ่ม) ไม่อยากเป็นภาระใคร” (ผู้สูงอายุ 8)

“ป่วยได้ ไข้ได้ หรือป่วยเล็ก ๆ น้อยๆ ให้รักษาหาย ดูแลตัวเองให้ได้มากที่สุด อยากให้มีสุขภาพมั่นคงแบบนี้” (ผู้สูงอายุ 1)

“ทุกวันนี้หากไม่เจ็บไม่ไข้ คือพอใจแล้ว เดียวนี้หมอก็มีการสอน บอกการป้องกัน ทุกครั้งเวลาไปตรวจเบาหวาน ฉันก็เอามาทำตามหมอบอก จะได้ไม่เป็นโรคอะไรอีก (ผู้สูงอายุ 6)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสนทนากลุ่ม กลุ่มบุคลากรทางสาธารณสุข จำนวน 23 คน ประกอบด้วย แพทย์ที่รักษาผู้ป่วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง 1 คน พยาบาล 11 คน อาสาสมัครสาธารณสุขที่ดูแลผู้ป่วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง 11 คน ถ้ามถึงปัจจัยอื่นๆ โดยใช้คำถามในการสนทนากลุ่มนั้น โดยใช้ 3 ประเด็น ดังนี้ 1) ด้านกิจกรรมทางสังคม 2) ประเด็นด้านครอบครัว และ 3) ประเด็นด้านสุขภาพ โดยมีผลการสัมภาษณ์ดังนี้

ด้านกิจกรรมทางสังคม พบว่า ในหน่วยบริการทางด้านสุขภาพ โรงพยาบาลพานทอง และ รพ.สต. พบว่าได้มีการจัดกิจกรรมตามนโยบายของกระทรวงสาธารณสุข โดยพบว่า 1) มีชมรมผู้สูงอายุ

ทุกตำบลแต่การจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการดูแลผู้สูงอายุ
น้อย บางตำบลที่มีการจัดกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง และไม่
สม่ำเสมอ 2) มีโรงเรียนผู้สูงอายุ 3 ตำบล 3) มีการ
บริจาคสิ่งของเครื่องใช้จากวัด/ผู้มีจิตศรัทธา โดยมีการ
แสดงความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูล ไว้ดังนี้

“กิจกรรมทางสังคมของกลุ่มผู้สูงอายุทั่วไป
เรามีชมรมผู้สูงอายุ มีการดูแลตรวจประเมินภาวะ
สุขภาพ มีกิจกรรมประจำเดือน ให้ผู้สูงอายุมีส่วนร่วม
ในการออกแบบกิจกรรม ค่ะ ส่วนกลุ่มที่มีโรคไม่ติดต่อ
เรื้อรัง จะมีคลินิกโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ รพ.สต. หากมี
ภาวะแทรกซ้อนทาง รพ.สต.จะส่งต่อโรงพยาบาลพาน
ทอง ค่ะ และเรามีทีมเยี่ยมบ้านดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่
บ้านร่วมกับ อสม. ค่ะ (เจ้าหน้าที่สาธารณสุข คนที่ 1)

“มีโรงเรียนผู้สูงอายุ ด้วยค่ะ เราจะให้เขา
มาร่วมกิจกรรม ออกแบบกิจกรรม ให้ผู้สูงอายุที่มีความ
เชี่ยวชาญด้านสุขภาพ (ผู้สูงอายุที่เป็นพยาบาลเกษียณ)
มีการสอนเรื่องการทำอาหารสุขภาพ ในกลุ่มผู้สูงอายุ
ด้วยกัน (เจ้าหน้าที่สาธารณสุข คนที่ 3,อสม. คนที่ 6)

ประเด็นด้านครอบครัว พบว่า ผู้สูงอายุที่
อาศัยอยู่กับครอบครัวไม่มีปัญหาในเรื่องการมาตรวจ
ตามนัด มาเข้าร่วมกิจกรรมชมรม โรงเรียนผู้สูงอายุ
กลุ่มผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่อาศัยอยู่
เป็นครอบครัวใหญ่ จะมีคนคอยดูแล แต่บางส่วนอยู่กับ
พี่น้อง อยู่ลำพัง จะมีปัญหาเรื่องการเดินทาง การมา
ตรวจตามนัด รวมถึงปัญหาด้านการสนับสนุนด้านอื่นๆ
ด้วยเช่นค่าใช้จ่าย ค่าอุปกรณ์การแพทย์บางตัวที่
จำเป็นต้องใช้ และต้องหาซื้อ เช่นผ้าอ้อมสำเร็จรูป นม
สำหรับผู้สูงอายุ เป็นต้น โดยมีการแสดงความคิดเห็น
ของผู้ให้ข้อมูล ไว้ดังนี้

“มุมมองการดูแลของครอบครัว ของผู้สูงอายุ
ที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง สำคัญมากๆถ้ามีครอบครัว
ที่สนับสนุนช่วยผู้สูงอายุดูแลด้านการจัดยา กินยา มา
ตรวจตามนัดหมาย หรือช่วยสนับสนุนด้านการหา
อาหารที่เหมาะสม และสนับสนุนด้านจิตใจ คิดว่าจะทำ
ให้ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมี
ประสิทธิภาพทางการรักษาค่ะ (แพทย์ คนที่1)

“ผู้สูงอายุที่มีลูก มีหลาน จะมีคนมาส่ง
โรงพยาบาลประจำ ผู้สูงอายุก็สะดวก แต่ที่ รพ.สต. ก็มี
ผู้นำชุมชน หารณาส่งผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อ
เรื้อรัง เพื่อตรวจรักษา เพราะกลุ่มนี้เขาไม่มีลูกหลาน
อาศัยอยู่กับญาติ ห่าง ๆ (อสม.คนที่ 7)

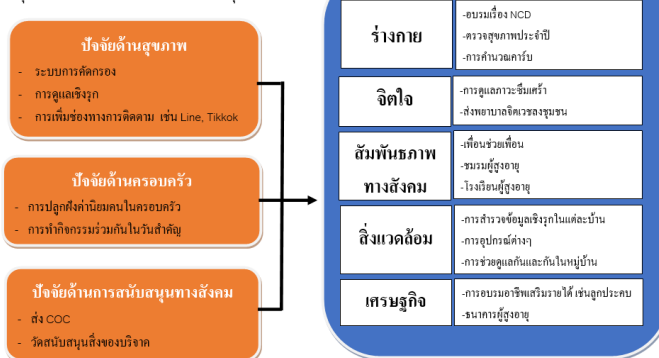
ประเด็นด้านสุขภาพ พบว่า ผู้สูงอายุที่ป่วย
ด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ยังไม่มีอาการรุนแรง สามารถ
ควบคุมโรคได้ดี จะไม่พบปัญหาด้านสุขภาพ ในกลุ่มที่
มีญาติดูแล มีรายได้ ก็จะสนับสนุนในการมาตรวจตาม
นัด มาเข้าร่วมกิจกรรม ชมรม โรงเรียนผู้สูงอายุ ได้ดี
รวมถึงกลุ่มที่อาศัยในชุมชนที่เข้มแข็ง มีการสนับสนุน
ก็ทำให้ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังก็สามารถ
เข้าถึงระบบสุขภาพได้รวดเร็ว และต่อเนื่อง โดยมีการ
แสดงความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูล ไว้ดังนี้

“คลินิกโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มีอยู่ทุก รพ.สต.
ช่วยลดการเดินทางของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง
ในคลินิกเรามีทีมสหวิชาชีพลงไปปฏิบัติหน้าที่ครบ
คล้ายกับโรงพยาบาล ภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุที่มีโรค
ประจำตัว ถ้าเขายังดูแลตัวเองได้ คิดว่าไม่น่ามีปัญหา
หากมีครอบครัวสนับสนุนก็ยิ่งดี แต่บางรายที่ไม่มีคน
ดูแลปัญหาที่ตามมาคือการดูแลสุขภาพที่ไม่ดีค่ะ ดังนั้น
คิดว่าการสนับสนุนด้านครอบครัวสำคัญ พอกับตัว
ผู้สูงอายุเองด้วยค่ะ (แพทย์ คนที่ 1 , พยาบาลคนที่ 7)

“ปัญหาสุขภาพของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง สำคัญมาก ปัจจัยที่น่าจะสนับสนุนผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง คือนโยบายทางด้านผู้สูงอายุ การสนับสนุนงบประมาณ เทศบาล ผู้นำ รวมถึงครอบครัว ผู้สูงอายุบางที่เขาต้องพึ่งพาคนอื่น ๆ ในการดูแลสุขภาพของเขาด้วย (พยาบาลคนที่ 9)

จากการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่มพบประเด็นที่สำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง พบประเด็นปัจจัยทางด้านสุขภาพ ปัจจัยทางด้านครอบครัว และปัจจัยด้านการสนับสนุนจากสังคม ที่สามารถนำมาสร้างเป็นกรอบในการดำเนินกิจกรรมเพื่อส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังให้สูงขึ้น ดังรูปที่ 1

Model : รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 1 รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี การเชื่อมต่อจากโรงพยาบาลถึงชุมชน (Continuity of Care center : COC) เป็นรูปแบบการดูแลต่อเนื่องผู้ป่วยที่บ้านด้วยทีมสหสาขาวิชาชีพ

การอภิปรายผล

ผลจากการวิเคราะห์จะพบว่าคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี ด้านร่างกาย ด้านจิตใจ อยู่ในระดับดี ส่วน ด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในระดับปานกลาง ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง หากมีอายุมากขึ้นจะพบว่ามีความรู้ที่ต่ำลง (วาสนา หลวงพิทักษ์, และ จิตติมา ดวงแก้ว, 2562) เนื่องจาก

ปัญหาทางสุขภาพร่างกาย และจิตใจ รวมถึงการขาดปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเข้ากลุ่มชมรมผู้สูงอายุลดลง เนื่องจากสภาพร่างกายที่เปลี่ยนไป ส่วนฐานะทางการเงินหากมีรายได้ ไม่มีหนี้สิน และมีพอเหลือเก็บ ก็จะทำให้ผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นตามมา ส่วนการดูแลพบว่าหากผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้รับการดูแลจาก บุตร หลาน และคู่สมรส ก็จะส่งผลทำให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (พิมพ์พิชยา อินทร์โสภณ, 2562) ร่วมกับผลการสนทนากลุ่ม

บุคคลากรทางสาธารณสุขก็พบว่าหากผู้สูงอายุที่มีญาติดูแล การรักษามีผลที่ดีขึ้น มีการมาตรวจตามนัด มีการรับประทานยาที่ถูกต้อง รวมถึงสามารถปฏิบัติตนเองในการดูแลสุขภาพเพื่อให้เป็นผลดีต่อการรักษา

ชนิดของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ผู้สูงอายุเจ็บป่วยนั้นโรคที่ยังคงพบว่าผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังยังคงมีคุณภาพชีวิตที่ดี คือโรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง เนื่องจากทั้งสองโรคมีกระบวนการรักษาที่ไม่ซับซ้อนมีตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพทางการรักษา และมีการส่งเสริมพฤติกรรมที่สามารถลดปัจจัยความรุนแรงของโรคลงได้ง่ายกว่าโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่นๆ เช่น โรคไต โรคกระดูก โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ เป็นต้น (European Union, 2020)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิต ปัจจัยด้านกิจกรรมทางสังคม พบว่าหากผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม (Beard J, et al, 2016) ได้แก่กิจกรรมชมรมผู้สูงอายุ โรงเรียนผู้สูงอายุ กิจกรรมทางศาสนา จะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สอดคล้องในส่วนการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่มที่ผู้สูงอายุมีความต้องการให้มีกิจกรรมชมรมอย่างต่อเนื่อง ในกลุ่มบุคคลากรทางสาธารณสุขสะท้อนการทำกิจกรรมแบบมีส่วนร่วมให้กลุ่มผู้สูงอายุมีการออกแบบกิจกรรมด้วยตนเอง มีการสร้างกิจกรรมต่อเนื่องในชุมชน นำภาคีเครือข่ายเข้าร่วมสนับสนุนทางการเงิน อุปกรณ์ สาธารณูปโภคที่จำเป็น ปัจจัยทางด้านครอบครัว เป็นปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ มีบุตร หลาน และคู่สมรสในการดูแล (Li Z, et al, 2021) กลุ่มนี้มีระดับคุณภาพชีวิตที่ดี และสามารถดูแลสุขภาพ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ

รวมถึงการเข้าร่วมกิจกรรมชมรม แต่บางกลุ่มของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ได้อยู่กับครอบครัว แต่หากอยู่กับพี่น้อง อยู่กับญาติสามี หรืออยู่ลำพังพบว่ากลุ่มนี้ยังคงมีสุขภาพร่างกาย จิตใจ และสิ่งแวดล้อมที่ยังไม่เหมาะสม

ปัจจัยด้านสุขภาพ ส่วนนี้เป็นส่วนหลัก (Vu LG, Nguyen LH, 2022) ที่ผู้สูงอายุทุกคนสะท้อนว่าตนเองอยากมีสุขภาพที่แข็งแรง ไม่เจ็บ ไม่ป่วย ในโรคที่รักษาไม่หาย รวมถึงไม่อยากมีโรคแทรกซ้อนไม่อยากเป็นหลายๆ โรค อยากใช้ชีวิตอยู่กับลูกหลาน แบบไม่เป็นการระแวง เช่นเดียวกับนโยบายของอำเภอพานทอง (พขอ.) ต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิต ลดการเจ็บป่วยที่รุนแรง และให้ผู้สูงอายุมีความสุข

รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1.ปัจจัยทางด้านสุขภาพ ในส่วนนี้ประกอบด้วยนโยบายภาครัฐ เช่น ระบบการคัดกรองสุขภาพ ที่เชิงรุก และเชิงรับ ในกลุ่มผู้สูงอายุ ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาขับเคลื่อนการทำงานทางด้านสุขภาพการเข้าถึงระบบบริการสุขภาพ (Thuy LQ, Thanh NH; 2021) ของภาครัฐในพื้นที่ 2.ปัจจัยทางด้านครอบครัว การกระตุ้นค่านิยมของสังคมในการสนับสนุนดูแลผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Yu J, Jin Y, 2024) สังคมไทยวัฒนธรรมที่สำคัญในการสนับสนุนดูแล เช่นการแบ่งเวลาดูแลผู้สูงอายุ เช่นมีกิจกรรมในชุมชนกระตุ้นให้คนในครอบครัวเข้าร่วมกิจกรรม มีการประสานข้อมูล แลกเปลี่ยนข้อมูลทางสุขภาพให้กับผู้ดูแลผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง และมีกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุที่ให้คนในครอบครัวเข้าร่วมกิจกรรมได้ 3.ปัจจัยด้านการสนับสนุนทางสังคม หน่วยงานรัฐต้องสร้างพลังชุมชน

สร้างเครือข่ายที่เข้ามาช่วยเหลือคนในชุมชนด้วยกัน จัดหาสนับสนุน ในสิ่งที่ผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง มีความจำเป็น มีการตรวจเยี่ยมโดยทีมสหวิชาชีพดูแล ผู้สูงอายุในชุมชน รวมถึงมีระบบส่งต่อผู้ป่วยเข้าตรวจ รักษาตามนัดในกลุ่มที่ไม่มีผู้ดูแล หรือทีมแพทย์ลง ตรวจที่บ้านผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

ส่วนการกระตุ้นผลักดันด้านคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ทั้งทางด้านร่างกายที่ต้องไม่ทำให้ผู้สูงอายุมีภาวะแทรกซ้อนจากโรคเรื้อรัง จิตใจ มีการติดตามพูดคุยมีกิจกรรมที่สนับสนุนให้กลุ่มผู้สูงอายุได้แสดงความคิดเห็น ทางด้านสัมพันธภาพจากการศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการมีกิจกรรมชมรม โรงเรียนผู้สูงอายุ แต่ต้องเอื้อต่อการเข้าถึงในการทำกิจกรรม ในกลุ่มที่ไม่มีผู้ดูแล สิ่งแวดล้อม การจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็น มีการสำรวจ ห้องน้ำที่บ้าน ลักษณะทางเดินในบ้าน รอบบ้าน เตียนนอน เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้สูงอายุหกล้ม ด้านเศรษฐกิจ คงเป็นปัญหาที่สะท้อนถึงปากท้อง แต่ในการศึกษาพบว่าหากผู้สูงอายุไม่มีหนี้สิน มีรายได้ที่พอใช้กับค่าใช้จ่าย ก็สามารถทำให้คุณภาพชีวิตของเขาอยู่ในระดับดีได้

ข้อเสนอแนะ

1. ด้านบริการสุขภาพ ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถทำให้เกิดความเข้าใจและความตระหนักถึง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2565). คลังข้อมูลสุขภาพ.

<https://hdcservice.moph.go.th/hdc/main/index.php>.

กลุ่มงานพัฒนายุทธศาสตร์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี. (2567). รายงานประจำปี. สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดชลบุรี

ปัจจัยส่วนบุคคลเช่น อายุ รายได้ และโรคประจำตัว นั้นมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ รัฐควรมีควร ดำเนินการผ่านกลไกในระดับชุมชน เช่น อสม., รพ. สต., อบต., หรือ พชอ. สนับสนุน งบประมาณ อุปกรณ์ เทคโนโลยี การติดตามและประเมินผล ดัชนีคุณภาพชีวิต หรือการลดอัตราผู้สูงอายุที่มีภาวะแทรกซ้อน

2. เสริมบทบาทพยาบาลเวชปฏิบัติ (Nursing implication) ในการประเมิน ติดตาม โดยใช้รูปแบบ การพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี รวมถึงเพิ่มทักษะ พยาบาลชุมชนในระบบบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิ

3. ควรมีการนำรูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ไปดำเนิน กิจกรรมเพื่อผลักดันการสนับสนุนให้เกิดคุณภาพชีวิต ของผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เพื่อทำให้เกิด ความยั่งยืน และมีกิจกรรมชมรมที่เหมาะสมให้ผู้สูงอายุ ที่มีข้อจำกัดสามารถเข้าถึงนโยบายชุมชน รวมถึง นโยบายจากภาครัฐ

4. จากผลการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุที่มีรายได้ พอเพียง ไม่มีหนี้สิน และได้รับการดูแลจาก ครอบครัว มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ดังนั้น จึงควรมีมาตรการส่งเสริมการสร้างรายได้หรือสวัสดิการให้ผู้สูงอายุโดยเฉพาะกลุ่มเปราะบาง

- จารุเพ็ญ ภูจอมจิตร (2565). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ ในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารวิจัยและพัฒนาระบบ สาธารณสุข*. 5(1),86–100.
- พิมพ์อพิชา อินทร์โสภณ.(2562). คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในประเทศไทยเขตจังหวัดสมุทรปราการ. (การศึกษาระบบบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ภูษิต ประคองสาย. (2565). ปี 65 ไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ สสส.ผนึกภาคี ผลักดันนโยบายเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุทั่วประเทศ.
- วาสนา หลวงพิทักษ์, และ จิตติมา ดวงแก้ว. (2562).ปัจจัยทำนายคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขต จังหวัดสุพรรณบุรี.*วารสารพยาบาลมหาวิทยาลัยสยาม*, 20(38),67-81.
- พรพจน์ บุญญสิทธิ. (2564).การพัฒนาโปรแกรมการสร้างเสริมสุขภาพผู้สูงอายุที่เป็นโรค ความดันโลหิตสูง ตำบลโคกโคเฒ่า อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี*. 4(2). 111-130.
- Beard J, et al.(2016). The World report on ageing and health: A policy framework for healthy ageing. *Lancet*. 387:2145–2154. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00516-4.
- Li Z, et al.(2021). Aging and age-related diseases: From mechanisms to therapeutic strategies. *Biogerontology*. 22, 165–187. doi: 10.1007/s10522-021-09910-5.
- Johnston M, Crilly M, Black C, Prescott G, Mercer S.(2019) Defining and measuringmultimorbidity: A systematic review of systematic reviews. *Eur. J. Public Health*. 29,182–189. doi: 10.1093/eurpub/cky098.
- Reem Sulaiman, Hanan Aldowah.(2021). *Virtual and augmented reality applications to improve older adults' quality of life: A systematic mapping review and future directions*. Digital Health. <https://doi.org/10.1177/20552076221132099>.
- Rebecca Owen, Katherine Berry.(2022). Enhancing Older Adults' Well-Being and Quality of Life Through Purposeful Activity: A Systematic Review of Intervention Studies. *Gerontologist*. 15;62(6). DOI: 10.1093/geront/gnab017.
- Thuy LQ, Thanh NH, Trung LH, Tan PH, Nam HTP, Diep PT, An TTH, Van San B, Ngoc TN, VanToan N.(2021).Blood Pressure Control and Associations with Social Support among Hypertensive Outpatients in a Developing Country (2021). *Biomed Res Int*.<https://doi: 10.1155/2021/7420985>. eCollection

- Vu LG, Nguyen LH, Nguyen CT, Vu GT, Latkin CA, Ho RCM, Ho CSH.(2022). *Quality of life in Vietnamese young adults: A validation analysis of the World Health Organization's quality of life (WHOQOL-BREF) instrument. Front Psychiatry.* [https:// doi: 10.3389/fpsyt.2022.968771](https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.968771).
- World Health Organization The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): (1995) Position paper from the World Health Organization. **Soc. Sci.** 41, 1403–1409. [https://doi: 10.1016/0277-9536\(95\)00112-k](https://doi.org/10.1016/0277-9536(95)00112-k).
- Yu J, Jin Y, Si H, Bian Y, Liu Q, Li Y, & Wang C.(2023). Relationship between intrinsic capacity and health-related quality of life among community-dwelling older adults: the moderating role of social support. *Qual Life Res.* 33(1):267-280. [https://doi: 10.1007/s11136-023-03520-z](https://doi.org/10.1007/s11136-023-03520-z).

ขอเชิญส่งบทความ (Call for Paper)

คณะกรรมการจัดทำวารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) มีความยินดีที่จะรับผลงานทางวิชาการเพื่อนำเสนอและเผยแพร่ในวารสารวิชาการ โดยเปิดรับบทความสายวิทยาศาสตร์/เทคโนโลยี ในสาขาต่อไปนี้

1. สาขาวิชาพยาบาลศาสตร์
2. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
4. สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ
5. สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
6. สาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์
7. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
8. สาขาวิชาการเกษตร
9. สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์
10. สาขาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประเภทของผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย หมายถึง เป็นการนำเสนอผลการวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ การดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) เอกสารอ้างอิง
2. บทความวิชาการ หมายถึง งานเขียนซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล สรุป เช่น หนังสือ วารสารวิชาการ ฐานข้อมูล Online ประกอบการวิเคราะห์วิจารณ์ เสนอแนวทางการแก้ไข

องค์ประกอบบทความ

บทความวิจัย (Research Article)

1. ชื่อเรื่อง ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. ชื่อผู้พิมพ์ พร้อมทั้งตำแหน่งทางวิชาการและสังกัด
3. บทคัดย่อทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 200 คำ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ รูปแบบการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง ช่วงเวลาทำวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยและสรุปผลการวิจัย ระบุคำสำคัญของเรื่อง (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ
4. เนื้อหาของบทความประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.1 ความสำคัญของปัญหาการวิจัย
 - 4.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย
 - 4.3 ขอบเขตการวิจัย

- 4.4 สมมติฐานการวิจัย
- 4.5 การทบทวนวรรณกรรม และแนวคิด
- 4.6 วิธีดำเนินการวิจัย (ระบุวิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ปี พ.ศ. ที่ทำการวิจัย วิธีวิเคราะห์ข้อมูล)
- 4.7 ผลการวิจัยโดยอาจมีรูปภาพ ตารางและแผนภูมิประกอบเท่าที่จำเป็น
- 4.8 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ
(ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ข้อเสนอแนะสำหรับปฏิบัติ และข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป)
- 4.9 เอกสารอ้างอิง ต้องอ้างอิงในระบบ APA ตลอดเรื่อง
- 4.10 บทความที่สรุปมาจาก วิทยานิพนธ์ ดุษฎีนิพนธ์ ให้ใส่ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมตำแหน่งวิชาการ และสังกัด หลังชื่อผู้นิพนธ์ รายงานการวิจัย หรือบทความวิชาการที่ปฏิบัติตามคำแนะนำ จะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

บทความวิชาการ (Academic Article)

บทความวิชาการเป็นการนำเสนอเรื่องราวทางวิชาการที่อยู่ในความสนใจของบุคคลทั่วไปในปัจจุบัน ประกอบด้วย

1. ชื่อเรื่อง ชื่อผู้นิพนธ์ ที่อยู่ผู้นิพนธ์ ผู้นิพนธ์สำหรับติดต่อ (Corresponding author) และบทสรุป (Conclusion) เพื่อเป็นการสรุปเรื่องโดยย่อ พร้อมระบุความสำคัญของเรื่อง (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ
2. เนื้อหาของบทความ ประกอบด้วย
 - 2.1 บทนำ (Introduction) เพื่อกล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่น่าสนใจ
 - 2.2 เนื้อหาเป็นการแสดงรายละเอียดของเรื่องที่เขียนในแต่ละประเด็น
 - 2.3 บทสรุป (Conclusion) ของเรื่องที่เขียนเพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจ
 - 2.4 ข้อเสนอแนะจากผู้นิพนธ์เกี่ยวกับเรื่องที่เขียนในประเด็นที่น่าสนใจ

ทั้งนี้ ผู้นิพนธ์ควรตรวจสอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทความที่น่าสนใจอย่างละเอียด บทความวิชาการต้องนำเสนอพัฒนาการของเรื่องที่น่าสนใจ ข้อมูลที่น่าสนใจจะต้องนำเสนอในวงกว้าง โดยให้ผู้อ่านในต่างสาขาทั้งอาจารย์และนักศึกษา สามารถเข้าใจได้

กระบวนการพิจารณาบทความ

บทความที่จะได้รับการพิจารณาลงตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน โดยบทความจะต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร และผ่านการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง ไม่น้อยกว่า 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิจะไม่สามารถทราบข้อมูลของผู้ส่งบทความ (double-blind peer review)

รายละเอียดวิธีการเขียนบทความ

- บทความมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า กระดาษ A4 (รวมบทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษและเอกสารอ้างอิง)
- การตั้งค่าน้ำกระดาษ ให้กำหนดขอบบน 1 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว และขอบขวา 1 นิ้ว
- ตัวอักษรให้ใช้ TH SarabunPSK และ Times new roman โดยกำหนดขนาด ดังนี้
 - ชื่อเรื่องภาษาไทย ขนาด 20 point และภาษาอังกฤษ ขนาด 18 point ตัวหนา ชิดซ้าย
 - ชื่อผู้เขียนภาษาไทย ขนาด 16 point และภาษาอังกฤษ 12 point ตัวหนา
 - สถานที่ทำงาน และ E-mail address ของผู้เขียนภาษาไทย ขนาด 15 point ตัวธรรมดา ภาษาอังกฤษ ตัว 12 point
 - หัวข้อเรื่อง ขนาด 16 point ตัวหนา ชิดซ้าย
 - รายละเอียด/เนื้อเรื่อง ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย
- ตาราง ให้วางตารางใกล้ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา พิมพ์ลำดับของตารางและชื่อตารางเหนือตาราง และพิมพ์ที่มาของตารางใต้ตาราง
- ภาพประกอบ ให้วางภาพประกอบใกล้ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา พิมพ์ลำดับของภาพและชื่อภาพ และพิมพ์ที่มาของภาพไว้ใต้ภาพ
- เนื้อเรื่องแบ่งออกเป็น 2 คอลัมน์/ ตาราง และภาพประกอบให้แทรกในเนื้อเรื่อง โดยจัดเป็น 1 คอลัมน์
- ส่วนประกอบหลักในหัวข้อประเด็นต่างๆ ประกอบด้วย

บทความวิจัย	บทความวิชาการ
- ชื่อเรื่องภาษาไทย และภาษาอังกฤษ - ข้อมูลผู้เขียน (ชื่อ-นามสกุล/สังกัด/E-mail) - บทคัดย่อ/ABSTRACT - คำสำคัญ/KEYWORDS - บทนำ - วัตถุประสงค์ - สมมติฐาน (ถ้ามี) - ประโยชน์ที่ได้รับ - วิธีดำเนินการวิจัย (ประชากรตัวอย่าง/เครื่องมือ/การวิเคราะห์ข้อมูล) - สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล - ข้อเสนอแนะ - กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) - เอกสารอ้างอิง	- ชื่อเรื่องภาษาไทย และภาษาอังกฤษ - ข้อมูลผู้เขียน (ชื่อ-นามสกุล/สังกัด/E-mail) - บทคัดย่อ/ABSTRACT - คำสำคัญ/KEYWORDS - บทนำ - บทสรุป - ข้อเสนอแนะ - เอกสารอ้างอิง

8. การอ้างอิงในเนื้อหาให้ใช้วิธีการอ้างอิงแบบนามปี (author-date in-text citation) โดยจะจัดวางไว้ข้างหน้าหรือข้างหลังข้อความที่ต้องการอ้าง เพื่อบอกแหล่งที่มาของข้อความนั้น
9. ให้รวบรวมรายการเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนได้ใช้อ้างอิงในเนื้อหา รวมถึงข้อมูลในตาราง และภาพประกอบ จัดเรียงรายการตามลำดับอักษร กรณีภาษาไทย เรียงตามอักษรชื่อผู้แต่ง กรณีภาษาอังกฤษ เรียงตามอักษรนามสกุลผู้แต่ง โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association)

รูปแบบ (Template) การเขียนบทความ

ชื่อเรื่องภาษาไทย ขนาด 20 point ตัวหนา ชิดซ้าย

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ขนาด 18 point ตัวหนา ชิดซ้าย

ชื่อ-นามสกุล¹ , ชื่อ-นามสกุล² (ขนาด 16 point ตัวหนา)

สถานที่ทำงาน¹ , สถานที่ทำงาน² (ของผู้เขียน ขนาด 15 point ธรรมดา)

Firstname Lastname¹, Firstname Lastname² (ขนาด 12 point ตัวหนา)

Affiliations¹, Affiliations² (ของผู้เขียน ขนาด 11 point ธรรมดา)

E-mail:¹ (ผู้เขียนคนที่ 1 ขนาด 11 point ธรรมดา)

E-mail:² (ผู้เขียนคนที่ 2 ขนาด 11 point ธรรมดา)

received: April 12, 2024; Revised: May 14, 2024; Accepted: May 24, 2024

บทคัดย่อ ขนาด 16 point ตัวหนา ชิดซ้าย

บทความวิจัยและบทความวิชาการมีรูปแบบเดียวกัน และจะต้องเขียนตามข้อกำหนดการเตรียมบทความข้างล่างนี้ เพื่อความชัดเจนของบทความ ส่วนแรกของบทความคือบทคัดย่อ ความยาวหนึ่งย่อหน้า ความยาวของบทคัดย่อควรอยู่ระหว่าง 200 ถึง 300 คำ และไม่ควรมีการอ้างถึงเอกสารอ้างอิง ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

คำสำคัญ: โปรดระบุคำสำคัญ ไม่เกิน 5 คำ ไม่ต้องมีเครื่องหมายคั่นระหว่างคำ ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

ABSTRACT ขนาด 16 ตัวหนา ชิดซ้าย

The first section of the manuscript is to be a short single paragraph abstract outlining the aims, scope, methods, results and conclusion of the paper. Authors should aim for an abstract length of between 200 and 300 words. Abstract should not refer to the references.

KEYWORDS: โปรดระบุ KEYWORDS ไม่เกิน 5 คำ เป็นภาษาอังกฤษ ตัวธรรมดา อักษรแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค “,” ขนาด 16 point ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

หมายเหตุ: ดาวน์โหลดแบบฟอร์มได้ที่หน้าเว็บไซต์

1. รายละเอียดทั่วไป

กำหนดให้บทความมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า ของกระดาษ A4 (รวมบทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และเอกสารอ้างอิง) โดยให้ตั้งค่าน้ำกระดาษ ขอบบน 1 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว และขอบขวา 1 นิ้ว

2. การเขียนตาราง

ให้วางตารางไว้ที่ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา โดยลำดับเลขของตาราง (ตัวหนา) และชื่อตาราง (ตัวธรรมดา) เหนือตารางและชิดซ้าย เช่น “ตารางที่ 1 ...” และระบุแหล่ง “ที่มา: ...” ไว้ใต้ตาราง พร้อมคำอธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาใต้ตาราง เช่น “ดังตารางที่ 1”

ตารางที่ 1 ขนาดและลักษณะของตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์บทความ

รายการ	ขนาดตัวอักษร (point)	ลักษณะตัวอักษร
ชื่อบทความ	20	ตัวหนา ชิดซ้าย
ชื่อผู้เขียน	16	ตัวหนา ชิดซ้าย
สถานที่ติดต่อผู้เขียน/Email	15	ธรรมดา ชิดซ้าย
หัวข้อเรื่อง	16	ตัวหนา ชิดซ้าย
เนื้อเรื่อง/เนื้อความทั่วไป	16	ตัวธรรมดา ชิดซ้าย

ที่มา: ...ระบุที่มาของตาราง....

3. ภาพประกอบ

ให้วางภาพประกอบไว้ที่ตำแหน่งที่อ้างถึงในเนื้อหา โดยลำดับเลขของภาพ (ตัวหนา) และพิมพ์ชื่อภาพ (ตัวธรรมดา) “ภาพที่ 1” และระบุแหล่ง “ที่มา: ...” ไว้ใต้ภาพ พร้อมคำอธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาใต้ภาพ เช่น “ดังภาพที่ 1”



ภาพที่ 1 โลโก้สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (สสอท.)

ที่มา: สสอท. (2561)

4. การอ้างอิงในเนื้อหา

การอ้างอิงในเนื้อหาให้ใช้วิธีการอ้างอิงในเนื้อหาแบบนามปี (author-date in-text citation) โดยจะจัดวางไว้ข้างหน้าหรือข้างหลังข้อความที่ต้องการอ้าง เพื่อบอกแหล่งที่มาของข้อความนั้น

4.1 ผู้เขียนมีคนเดียวหรือ 2 คน

กรณีภาษาไทย ใช้ชื่อ-นามสกุลผู้แต่งทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น ฤทธิรงค์ จุฑาพฤตกร และ อันธิดา สวัสดิ์ศรี (2556) หรือ (ฤทธิรงค์ จุฑาพฤตกร และ อันธิดา สวัสดิ์ศรี, 2556)

กรณีภาษาอังกฤษ ใช้นามสกุลทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Holder and Matter (2008) หรือ (Holder & Matter, 2008)

4.2 ผู้เขียนมี 3 ถึง 5 คน

กรณีภาษาไทย - ครั้งแรก ใช้ชื่อ-นามสกุลผู้แต่งทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น ชินวัฒน์ ศาสนนันท์, สัญญา สัญญาวิวัฒน์, และ โกมล ไพศาล (2556) หรือ (ชินวัฒน์ ศาสนนันท์, สัญญา สัญญาวิวัฒน์, และ โกมล ไพศาล, 2556)

- ครั้งต่อไป ใช้ชื่อ-นามสกุลผู้แต่งคนแรกตามด้วย “และคณะ” ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น ชินวัฒน์ ศาสนนันท์ และคณะ (2556) หรือ (ชินวัฒน์ ศาสนนันท์ และคณะ, 2556)

กรณีภาษาอังกฤษ - ครั้งแรก ใช้นามสกุลทุกคน ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Martin-Consuegra, Molina, and Esteban (2007) หรือ (Martin-Consuegra, Molina, & Esteban, 2007)

- ครั้งต่อไป ใช้นามสกุลคนแรกตามด้วย “et al.” ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Martin-Consuegra et al. (2007) หรือ (Martin-Consuegra et al., 2007)

4.3 ผู้เขียนมีตั้งแต่ 6 คนขึ้นไป

กรณีภาษาไทย ใช้ชื่อ-นามสกุลคนแรก ตามด้วยปีที่พิมพ์ พ.ศ. เช่น มารยาท โยทองยศ และคณะ (2560)

กรณีภาษาอังกฤษ ใช้นามสกุลคนแรกตามด้วย “et al.” ตามด้วยปีที่พิมพ์ ค.ศ. เช่น Harris et al. (2001) หรือ (Harris et al., 2001)

4.4 การอ้างอิงจาก 2 แหล่ง

กรณีภาษาไทย เรียงรายการเอกสารตามตัวอักษรและค้นเอกสารออกด้วยเครื่องหมาย (;) เช่น (ชินวัฒน์ ศาสนนันท์, สัญญา สัญญาวิวัฒน์, และ โกมล ไพศาล, 2556; มารยาท โยทองยศ และคณะ 2560) หรือ (Harris et al., 2001; Martin-Consuegra, Molina, & Esteban, 2007)

5. เอกสารอ้างอิง

ให้รวบรวมรายการเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนได้ใช้อ้างอิงในเนื้อหา รวมถึงข้อมูลในตาราง และภาพประกอบ จัดเรียงรายการตามลำดับอักษร กรณีภาษาไทย เรียงตามอักษรชื่อผู้แต่ง กรณีภาษาอังกฤษ เรียงตามอักษรนามสกุลผู้แต่ง โดยใช้รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association) ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิงมีดังนี้

5.1 หนังสือ

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง (ฉบับพิมพ์). ผู้จัดพิมพ์.

ตัวอย่าง: ประมว สตะเวทิน. (2546). *หลักนิเทศศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 10). ภาพพิมพ์.

5.2 บทในหนังสือ

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ (บรรณาธิการ), ชื่อเรื่อง (ฉบับพิมพ์, หน้าที่ปรากฏในบทความ). ผู้จัดพิมพ์.

ตัวอย่าง: เสรี ลีลาภัย. (2542). เศรษฐกิจชาตินิยมในประเทศไทยกำลังพัฒนาและสถานการณ์ในประเทศไทย. ใน ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ (บรรณาธิการ), 1999 *จุดเปลี่ยนแห่งยุคสมัย* (น. 90-141). ศูนย์ศึกษาศาสตร์การเมือง คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

5.3 บทความในวารสาร

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, ปีที่(ฉบับที่), เลขหน้าที่ปรากฏในบทความ.

ตัวอย่าง: ฤทธิรงค์ จุฑาพฤตกร, และ อันธิกา สวัสดิ์ศรี. (2556). การจัดการน้ำท่วมด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนรายได้น้อย. *วารสารนักบริหาร*, 33(4), 72-85.

5.4 วิทยานิพนธ์

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์ (ระดับวิทยานิพนธ์หรือปริญญาโท) ชื่อมหาวิทยาลัย.

ตัวอย่าง: เบญจรัช เวชวิรัช. (2541). การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อมูลค่าการให้สินเชื่อเพื่อการส่งออก และนำเข้าของสถาบันการเงินไทย (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

5.5 แหล่งสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ต

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. สืบค้นเมื่อวันที่ เดือน ปี, จากแหล่งที่อยู่บนอินเทอร์เน็ต

ตัวอย่าง: Holder, B. J., & Matter, G. (2008). The innovative organization.
<http://www.geocities.com/CollegePark/Library/1048/innova.html>

5.6 เอกสารการประชุมวิชาการ

รูปแบบ: ชื่อ นามสกุลผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน การประชุมวิชาการเรื่อง..... (หน้าที่ปรากฏ). สถานที่พิมพ์: ผู้จัดพิมพ์.

ตัวอย่าง: จีระเดช มโนสร้อย, สุดา เสาวคนธ์, และ อภิญา มโนสร้อย. (2543). หน้าหวาน ใน การสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพเกษตรกรรมครั้งที่ 2 เรื่องการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการแพทย์แผนไทย (น. 42-50). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยและพัฒนาวัตถุดิบยาเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.