

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์

Journal of Applied Informatics and Technology

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2567

Volume 6 Number 1 (2024) January-June

กองบรรณาธิการ

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.โอฬาริก สุรินตะ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ.ดร.สุวิช ธีระโคตร

ผศ.ดร.มนัสวี แก่นอำพรพันธ์

ผศ.ดร.ปฏิวดี ฤทธิเดช

ผศ.ดร.แกมกาญจน์ สมประเสริฐศรี

ผศ.พวงชมพู ไชยอาลา แสงรุ่งเรืองโรจน์

ดร.นภัสกร กรวยสวัสดิ์

เลขานุการ

นางสาวสุวิชา ไชยเมือง

เจ้าของ

คณะวิทยาการสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สำนักงานกองบรรณาธิการ

คณะวิทยาการสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย

จังหวัดมหาสารคาม 44150

อีเมล jit@msu.ac.th

Editorial

Journal of Applied Informatics and Technology

Editor-in-Chief

Asst. Prof. Dr. Olarik Surinta

Associate Editors

Asst. Prof. Dr. Suwich Tirakoat

Asst. Prof. Dr. Manasawee Kaenampornpan

Asst. Prof. Dr. Patiwat Littidej

Asst. Prof. Dr. Gamgarn Somprasertsri

Asst. Prof. Phuangchompu Chaijala Sangrungruengroj

Dr. Napassakorn Kruysawat

Secretary

Miss Suwicha Chaimuang

Owner

Faculty of Informatics

Maharakham University

Editorial Office

Faculty of Informatics

Maharakham University

Khamriang Sub-district, Kantarawichai District

Maharakham 44150

email jit@msu.ac.th

ISSN: 2586-8136 (Online)

กองบรรณาธิการในประเทศ

เกรียงศักดิ์ เตมีย
ไกรศักดิ์ เกษร
คชาภุช เหลี่ยมไธสง
จิตตราภรณ์ สุทธิวรเศรษฐ์
จิตติมนต์ อังสกุล
จุฑารัตน์ ศราวณะวงศ์
ธนสนี เพียรตระกูล
นิยม วงศ์พงษ์คำ
นุชนาฏ บัวศรี
ปรีชา สาคร
พยุ่ง มีสัง
พิพจน์ เรื่องแสง
ไพบุลย์ เกียรติโกลม
ภัทริรา สุวรรณโค
มหศักดิ์ เกตุฉำ
ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
รัชดา คงคะจันทร์
รัตนโชติ เทียนมงคล
ฤทัย นิ่มน้อย
วิมลมาศ ปฐมวนิชกุล
วีรพงษ์ พลนิกรกิจ
สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
สัญญา สราภิรมย์
สายชล ใจเย็น
สายสุนีย์ จับโจร
สิริพร กมลธรรม
สุชาดา น้าใจดี
สุรพล บุญลือ
เสกสรร สายสีสด
เสกสรรค์ แยมพินิจ
หนึ่งหทัย ขอมผลกลาง
อนันตพร พรรัชคุณาพัฒน์

มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประเทศไทย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กองบรรณาธิการต่างประเทศ

Abhaya Nayak
Akhilesh Kumar Sharma
Antonis Bikakis
Christopher Khoo Soo Guan
Joyce Chao-chen Chen
Laxman Rao Nagubandi
Manik Sharma
Mohd Shahrizal Sunar
Richard Booth
Riri Fitri Sari
Suhaidi Hassan
Thiri Haymar Kyaw
Tin Myat Htwe
Tusar Kanti Mishra
Macquarie University, Australia
Manipal University Jaipur, India
University College London, United Kingdom
Nanyang Technological University, Singapore
National Taiwan Normal University, Taiwan
Osmania University, India
DAV University Jalandhar, India
University of Technology Malaysia, Malaysia
Cardiff University, Wales
University of Indonesia, Indonesia
Universiti Utara Malaysia, Malaysia
University of Information Technology, Myanmar
University of Computer Studies, Myanmar
Vellore Institute of Technology, India

Editorial Board Members

National Members

Anantaporn Hanskunatai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Jitimon Angskun	Suranaree University of Technology, Thailand
Jitraporn Sudhivoraseth	National Institute of Development Administration, Thailand
Jutharat Sarawanawong	Kasetsart University, Thailand
Khachakrit Liamthaisong	Maharakham University, Thailand
Kreangsak Tamee	Naresuan University, Thailand
Kraisak Kesorn	Naresuan University, Thailand
Mahasak Ketcham	King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Neunghathai Khoponklang	Suranaree University of Technology, Thailand
Niyom wongphongkham	Khonkaen University, Thailand
Nutchanat Buasri	Maharakham University, Thailand
Paiboon Kiattikomol	King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Phattthira Suwannako	Maharakham University, Thailand
Phayung Meesad	King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Pipat Reungsang	Khonkaen University, Thailand
Preecha Sakorn	Maharakham University, Thailand
Rachada Kongkachandra	Thammasat University, Thailand
Ratanachote Thienmongkol	Maharakham University, Thailand
Rapeepan Pitakaso	Ubon Ratchathani University, Thailand
Ruethai Nimnoi	Maharakham University, Thailand
Saichon Jaiyen	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
Saisunee Jabjone	Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Thailand
Saksun Yampinij	King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Seksun Saiseesod	Udon Thani Rajabhat University, Thailand
Siripon Kamontum	Suranaree University of Technology, Thailand
Sornnuk Puangpronpitag	Maharakham University, Thailand
Suchada Namjaidee	Nakhonratchasima Rajabhat University, Thailand
Sunya Sarapirome	Suranaree University of Technology, Thailand
Surapon Boonlue	King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
Tanasanee Phienthrakul	Mahidol University, Thailand
Weerapong Polnigongit	Suranaree University of Technology, Thailand
Wimonmas Pathomwanic	Rajabhat Maharakham University, Thailand

International Members

Abhaya Nayak	Macquarie University, Australia
Akhilesh Kumar Sharma	Manipal University Jaipur, India
Antonis Bikakis	University College London, United Kingdom
Christopher Khoo Soo Guan	Nanyang Technological University, Singapore
Joyce Chao-chen Chen	National Taiwan Normal University, Taiwan
Laxman Rao Nagubandi	Osmania University, India
Manik Sharma	DAV University Jalandhar, India
Mohd Shahrizal Sunar	University of Technology Malaysia, Malaysia
Richard Booth	Cardiff University, Wales
Riri Fitri Sari	University of Indonesia, Indonesia
Suhaidi Hassan	Universiti Utara Malaysia, Malaysia
Thiri Haymar Kyaw	University of Information Technology, Myanmar
Tin Myat Htwe	University of Computer Studies, Myanmar
Tusar Kanti Mishra	Vellore Institute of Technology, India

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ (JIT) ได้เผยแพร่บทความในวารสารเล่มปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (2567) จำนวนทั้งสิ้น 8 บทความ โดยเป็นบทความวิจัย (Research Article) จำนวน 7 บทความและบทความวิชาการ (Academic Article) จำนวน 1 บทความ ทั้งนี้ แบ่งเป็นบทความภาษาอังกฤษจำนวน 3 บทความ และอีก 5 บทความเป็นบทความภาษาไทย โดยทุกบทความที่เผยแพร่ในวารสารได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 ท่าน และผู้แต่งได้แก้ไขบทความตามข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจนกระทั่งผู้ทรงคุณวุฒิตอบรับการเผยแพร่บทความ (Accepted) ในวารสาร จากนั้นกองบรรณาธิการได้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา การอ้างอิง และการใช้ภาษาของแต่ละบทความเพื่อให้บทความมีความสมบูรณ์มากที่สุด ทั้งนี้ กองบรรณาธิการวารสารขอแสดงความขอบคุณแก่ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้พิจารณาบทความและให้คำแนะนำแก่ผู้แต่ง โดยบทความที่เผยแพร่ในวารสารฉบับนี้ประกอบด้วย

1) Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code. Authors: Utumporn Sriyom and Pornsin Buangam (Sriyom & Buangam, 2024)

2) Mapping of Literature in the Field of Chemo-informatics. Authors: Rajani Mishra and Vinod Kumar Gautam (Mishra & Gautam, 2024)

3) Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images. Authors: Ei Ei Khaing and Thu Zar Aung (Khaing & Aung, 2024)

4) การพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์เส้นทางในการเข้าถึงสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและ Open Route Service ผู้แต่งคือ ฤทัยรัตน์ หะทัยธาระ, กัมปนาท ปิยะดำรงชัย และสิทธิชัย ชูสำโรง (Hataitara, Piyathamrongchai, & Choosumrong, 2024)

5) ระบบการแจ้งเตือนการล้มอัจฉริยะเพื่อการระบุตัวตนและทำการการล้ม ผู้แต่งคือ นโรตม์ นิลสุขุม และวิดา ยะไทย์ (Nilsukhum & Yawai, 2024)

6) การหาคู่ออนไลน์สำหรับการผสมพันธุ์แมวโดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ผู้แต่งคือน สุซานนถ ฆมภู, ยศกร ศักดิ์เศรณี และณัฐชมา สุรเดช (Chomphu, Sakseranee, & Suradet, 2024)

7) โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด ผู้แต่งคือ วิมลลักษณ์ พินธุศิริกุล, ระพีพัฒน์ เนตรพลับ, ทิวา โกศล และวิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ (Pintusirakun *et al.*, 2024)

8) การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify ด้วย MVC Framework ผู้แต่งคือ วิสูตร เพชรรัตน์, เตชิตา สุทธิรักษ์, ธีรวัฒน์ พูลผล, กุลวดี จันทรวีเชียร, พัชรนันท์ อธิติง และวรารพร กาญจนคลอด (Petcharat *et al.*, 2024)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ (Journal of Applied Informatics and Technology) หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความทั้งสิ้น 8 บทความนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านและนักวิจัยที่จะได้นำองค์ความรู้ที่ได้จากบทความไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยต่อยอดในอนาคต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาริก สุรินตะ
บรรณาธิการ

The Journal of Information Science and Applied Technology (JIT) has published a total of 8 articles in Volume 6, No 1 (2024), of which 7 are research articles and one academic article—divided into three articles in English language and another five articles in Thai language. Each article in the journal undergoes a thorough review process, during which the author incorporates feedback from three experts before publication. After reviewing the article, the editorial team checks for the accuracy of content, references, and language usage to ensure completeness. The journal editors would like to thank the reviewers who reviewed the article and provided feedback to the authors. The articles published in this journal are:

1) Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code. Authors: Utumporn Sriyom and Pornsin Buangam (Sriyom & Buangam, 2024)

2) Mapping of Literature in the Field of Chemo-informatics. Authors: Rajani Mishra and Vinod Kumar Gautam (Mishra & Gautam, 2024)

3) Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images. Authors: Ei Ei Khaing and Thu Zar Aung (Khaing & Aung, 2024)

4) Development of an Emergency Notification System with GPS Sensors to Analyze Access Routes for Emergency Medical Services using IoT and Open Route Service. Authors: Rhutairat Hataitara, Kampart Piyathamrongchai, and Sitichai Choosumrong (Hataitara, Piyathamrongchai, & Choosumrong, 2024)

5) Intelligent Fall Alert System for Identification and Fall Detection. Authors: Narote Nilsukhum and Wiyada Yawai (Nilsukhum & Yawai, 2024)

6) Online Dating for Breeding Cats using Gale-Shapley Algorithm. Authors: Shuchanat Chomphu, Yotsakorn Sakseranee, and Natsima Suradet (Chomphu, Sakseranee, & Suradet, 2024)

7) Knee Joint Muscle Measurement Application for Physical Therapy Treatment. Authors: Wimonluk Pintusirakun, Raphiphat Netphlap, Tiwa Koson, and Wisan Tangwongcharoen (Pintusirakun *et al.*, 2024)

8) The Development of Information System for The Management of Materials via QR Code and Line Notify With MVC Framework. Authors: Wisut Petcharat, Taechita Sutthirak, Teerawat Poolphol, Kunwadee Janwichian, Pat-tanun Atitang, and Waraporn Kanjanaklod (Petcharat *et al.*, 2024)

Assist.Prof. Olarik Surinta, Ph.D.
Editor-in-Chief

References

- Chomphu, S., Sakseranee, Y., & Suradet, N. (2023). Online Dating for Breeding Cats using Gale-Shapley Algorithm . *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 84–97. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/253956>
- Hataitara, R., Piyathamrongchai, K., & Choosumrong, S. (2023). Development of an Emergency Notification System with GPS Sensors to Analyze Access Routes for Emergency Medical Services using IoT and Open Route Service. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 52–64. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/253930>
- Khaing, E. E., & Aung, T. Z. (2023). Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 33–51. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/254062>
- Mishra, R., & Kumar Gautam, V. (2023). Mapping of Literature in the Field of Chemo-informatics. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 16–32. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/253183>
- Nilsukhum, N., & Yawai, W. (2023). Intelligent Fall Alert System for Identification and Fall Detection. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 65–83. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/251838>
- Petcharat, W., Sutthirak, T., Poolphol, T., Janwichian, K., Atitang, P., & Kanjanaklod, W. (2023). The Development of Information System for The Management of Materials via QR Code and Line Notify With MVC Framework. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 113-131. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/253509>
- Pintusirakun, W., Netphlap, R., Koson, T., & Tangwongcharoen, W. (2023). Knee Joint Muscle Measurement Application for Physical Therapy Treatment. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 98–112. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/251883>
- Sriyom, U., & Buangam, P. (2023). Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 1–15. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/253288>

จุดมุ่งหมาย

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ (JIT) เป็นวารสารที่ทุกบทความที่จะเผยแพร่ในวารสารจะต้องพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer-reviewed) และเป็นวารสารที่เป็นแหล่งเผยแพร่บทความที่มีนโยบายแหล่งสารสนเทศแบบเสรี (Open-access) โดยมีเงื่อนไขคือผู้แต่งและผู้อ่านไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ในการเผยแพร่บทความและอ่านบทความ โดยวารสารมีจุดมุ่งหมายที่จะเผยแพร่บทความวิจัย บทความปริทัศน์ และบทความวิชาการที่อยู่ในขอบเขตของวิทยาการสารสนเทศ เทคโนโลยี และหัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยเปิดรับทั้งบทความที่มุ่งเน้นทางด้านทฤษฎี และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ ทำการเผยแพร่บทความวิจัยจำนวน 2 ฉบับต่อปี (issues/year) ในเดือนมกราคม - มิถุนายน และกรกฎาคม - ธันวาคม โดยเป็นการเผยแพร่ทางออนไลน์ หมายเลข ISSN: 2586-8136 (online) และ 2630-094X (print) ทั้งนี้ตั้งแต่ปี 2563 ทางวารสาร JIT ได้เผยแพร่บทความเฉพาะ ออนไลน์ เท่านั้น สำหรับการเผยแพร่บทความในวารสาร กองบรรณาธิการวารสารไม่มีนโยบายเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการเผยแพร่บทความ ดังนั้น ผู้แต่งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ขอบเขตของงานวิจัย

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์พิจารณาเปิดรับบทความที่มุ่งเน้นทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ โดยหัวข้องานวิจัยที่เปิดรับประกอบด้วย

- เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology)
- วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science)
- ภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics)
- สารสนเทศศาสตร์และการจัดการ (Information Science and Management)
- สื่อดิจิทัล (Digital Media)
- นิเทศศาสตร์ (Communication Arts)

ประเภทของบทความ

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์เปิดรับบทความ 3 ประเภทประกอบด้วย

- บทความวิจัย (Research Article)
- บทความปริทัศน์ (Review Article)
- บทความวิชาการ (Academic Article)

กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ (JIT) ทำการ
เผยแพร่บทความวิจัยจำนวน 2 ฉบับต่อปี (issues/year) ในเดือนมกราคม - มิถุนายน
และกรกฎาคม - ธันวาคม โดยเป็นการเผยแพร่ทางออนไลน์เท่านั้น

- ฉบับที่ 1: มกราคม - มิถุนายน
- ฉบับที่ 2: กรกฎาคม - ธันวาคม

การพิจารณาบทความ

บทความที่นำมาเผยแพร่ในวารสาร JIT จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในเว็บไซต์ การประชุมวิชาการ หรือวารสารอื่นใดมาก่อน บทความที่ “คัดลอกผลงาน” จากบทความอื่นจะไม่ถูกตีพิมพ์ลงในวารสาร JIT

วารสาร JIT ใช้วิธีการพิจารณาบทความแบบ double-blind review โดยผู้แต่งจะต้องพิมพ์ชื่อและสถาบัน (Author name and affiliation) ลงในบทความที่จะจัดส่งด้วย แต่ทั้งนี้กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) จะไม่สามารถมองเห็นข้อมูลของผู้แต่ง การพิจารณาบทความจะพิจารณาโดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน

เมื่อได้รับผลการพิจารณาจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ จะเข้าสู่ขั้นตอนการพิจารณาจากบรรณาธิการ (Editor-in-Chief) โดยผลการพิจารณาประกอบด้วย ผ่านการพิจารณา (Acceptance) ขอให้ปรับแก้ไขบทความตามข้อเสนอแนะ (Revision) และปฏิเสธการเผยแพร่บทความ (Rejection)

นโยบายแหล่งสารสนเทศแบบเสรี

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 วารสาร JIT กำหนดให้เป็นวารสารประเทศ open-access ดังนั้น บทความสามารถเข้าถึงได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ทุกคนสามารถที่จะอ่านบทความ ดาวน์โหลด คัดลอก แจกจ่าย พิมพ์ ค้นหา หรือลิงก์ไปยังบทความ หรือใช้ด้วยวัตถุประสงค์อื่นที่ขอบด้วยกฎหมาย โดยไม่ต้องขออนุญาตจากคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (publisher) หรือผู้แต่ง (author)

บทความที่เผยแพร่ในวารสารวิทยาการสารสนเทศ (JIT) สามารถเข้าถึงได้เว็บไซต์ของวารสาร JIT ผ่านระบบ ThaiJO ได้ทันทีภายใต้นโยบายของ open access

- ทุกคนสามารถเข้าถึงบทความที่เผยแพร่โดยวารสาร JIT โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
- ทุกคนสามารถใช้เนื้อหาของบทความที่เผยแพร่ ทั้งนี้ ต้องอ้างอิง (citation) ถึงบทความต้นฉบับ

Journal of Applied Informatics and Technology (JIT) is a peer-reviewed and open-access journal that aims to publish leading edge researches on any possible topic in informatics, technology, and other related areas, both from theoretical and empirical perspectives.

JIT was founded in 2017. JIT published the first online and print issue in August, 2018 using ISSN: 2586-8136 (online) and 2630-094X (print). JIT has 2 issues/year (January-June and July-December). Since 2020, JIT decided to publish all manuscripts only online version. There is absolutely no charge for the authors/visitors for all the processes of submitting, reviewing, publishing, accessing and downloading the articles with/from the JIT journal.

Scope of the Research

Topics of interest include, but are not limited to, the following:

- Information Technology
- Computer Science
- Geo-Informatics
- Information Science and Management
- Digital Media
- Communication Arts

Types of Manuscripts

The JIT journal welcomes submissions in three academic formats:

- Research article
- Review article
- Academic article

Publication Frequently

JIT has 2 issues/year (January-June and July-December).
JIT decided to publish all manuscripts only online version.

- No. 1: January-June
- No. 2: July-December

Review Process

The articles must be original and never be published in any other websites or other journals before. The articles which are considered as “plagiarism” articles are strongly prohibited to be published in the JIT journal.

Authors are required to include their names and affiliations in their manuscripts, whereas reviewers are not visible to authors. All submitted manuscripts are subjected to peer-review by at least three independent reviewers. Peer reviews are done by a double-blind review method where the identity of the reviewers and the authors are not disclosed to either party.

The final decision regarding acceptance, revision, or rejection rests with the Editor-in-Chief.

Open Access

JIT journal is open access journal since 2018 which means that all contents is freely available without charge to the user or his/her institution.

Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles, or use them for any other lawful purpose, without asking prior permission from the publisher or the author.

All articles published by journal of applied informatics and technology (JIT) are made immediately available worldwide under an open access policy.

- everyone has free access to the manuscript of all articles published in JIT journals.
- everyone is free to use the published material if proper citation of the original publication is given.

Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code <i>Utumporn Sriyom, Pornsin Buangam</i>	1
Mapping of Literature in the Field of Chemo-informatics <i>Rajani Mishra, Vinod Kumar Gautam</i>	16
Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images <i>Ei Ei Khaing, Thu Zar Aung</i>	33
การพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ เส้นทางในการเข้าถึงสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยอินเทอร์เน็ต ของสรรพสิ่งและ Open Route Service <i>ฤทัยรัตน์ หะทัยทาระ, กัมปนาท ปิยะธำรงชัย, สิทธิชัย ชูสำโรง</i>	52
ระบบการแจ้งเตือนการล้มอัจฉริยะเพื่อการระบุตัวตนและทำทางการล้ม <i>นโรตม์ นิลสุขุม, วิดา ยะไวทย์</i>	65
การหาคู่ออนไลน์สำหรับการผสมพันธุ์แมวโดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley <i>สุชานาถ ขมภู, ยศกร คักดีเศรณี, ณัฐษิมา สุรเดช</i>	84
โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข้าขณะกายภาพบำบัด <i>วิมลลักษณ์ พินธุศิริกุล, ระพีพัฒน์ เนตรพลับ, ทิวา โกศล, วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ</i>	98
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify ด้วย MVC Framework <i>วิสูตร เพชรรัตน์, เตชิตา สุทธิรักษ์, อีรวัดน์ พูลผล, กุลวดี จันทรวีเชียร, พัทธนันท์ อธิติง, วราพร กาญจนตลอด</i>	113

Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code <i>Utumporn Sriyom, Pornsin Buangam</i>	1
Mapping of Literature in the Field of Chemo-informatics <i>Rajani Mishra, Vinod Kumar Gautam</i>	16
Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images <i>Ei Ei Khaing, Thu Zar Aung</i>	33
Development of an Emergency Notification System with GPS Sensors to Analyze Access Routes for Emergency Medical Services using IoT and Open Route Service <i>Rhutairat Hataitara, Kampart Piyathamrongchai, Sittichai Choosumrong</i>	52
Intelligent Fall Alert System for Identification and Fall Detection <i>Narote Nilsukhum, Wiyada Yawai</i>	65
Online Dating for Breeding Cats using Gale-Shapley Algorithm <i>Shuchanat Chomphu, Yotsakorn Sakseranee, Natsima Suradet</i>	84
Knee Joint Muscle Measurement Application for Physical Therapy Treatment <i>Wimonluk Pintusirakun, Raphiphat Netphlap, Tiwa Koson, Wisan Tangwongcharoen</i>	98
The Development of Information System for The Management of Materials via QR Code and Line Notify With MVC Framework <i>Wisut Petcharat, Taechita Sutthirak, Teerawat Poolphol, Kunwadee Janwichian, Pattanun Atitang, Waraporn Kanjanaklod</i>	113

Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code

Utumpon Sriyom^{1,*}, Pornsin Buangam¹

¹ Digital Business Computer, Faculty of Management Science, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280, Thailand

* Corresponding Author: Utumpon Sriyom, utumpon_sri@nstru.ac.th

Received:

28 June 2023

Revised:

30 August 2023

Accepted:

27 September 2023

Keywords:

Traceability, QR Code System,
Chemical-free Vegetables

Abstract: Farmers at Ban Kaset Jun La Pan require the cultivation of chemical-free vegetables with less pesticides and bio stimulants in order to provide safety for farmers and consumers. An information system was designed and implemented to meet this requirement by taking advantage of a QR code. This system enables traceability of agricultural products, from production to storage. The research objectives were as follows. - 1) to develop traceability of chemical-free vegetables via a QR code system and 2) to evaluate the efficiency of traceability of agricultural products using experts. The system was designed in a way that the administrator had full access to the system, and farmers were given permission to manage their own data. Both smartphones and computers were supported. The consumer could access the stored data using an application that supported a QR code to scan and show the farm's name, phone number, vegetable profiles, cultivation details, origins of products, and profiles of vegetables in the same batch. The application could then direct consumers to the web application. Evaluation by the experts indicated that the average score was at the highest level ($\bar{X}=4.60$, $SD=0.51$); the system could provide a production data center that meets a variety of user requirements.

1. Introduction

A QR is a machine-readable square-shaped code that holds information and has a wide range of uses. Several sectors have implemented such a code for different purposes, for example, implementing traceability for peanut industrial chains, according to the Thai agricultural standard (Ta-Kham, Chaiwongsar, & Chumjai, 2021), an organic traceability system using blockchain technology and coffee products (Ta-Kham *et al.*, 2021). Owing to the recent trends of health consciousness and food safety, traceability has become increasingly important. This is in line with the advocacy of Kasikorn Research Center (2022), which pointed out that over the next 10 years, traceability will help create credibility and expand market opportunities for Thai organic products at home and abroad, especially for super-foods and free-foam foods. The market value of Thai organic products is expected to grow at 6.5% (CAGR) during 2020-2024 and 8.7% (CAGR) during 2025-2029 because of their broad-based commercial production. In addition, the progressive advancement of technology will result in behavioral changes in consumers. Access to information, goods, and services is now at their fingertips and tailored to their different needs. Nowadays, several programs and applications have been developed and allow users to have easier access to abundant information, with simple camera-supported applications that can “scan QR codes”. The statistics provided by the Food Sanitation Division Health Department BMA (2022), there

was an increase in pesticide usage as well as overusing of chemical substances. This has resulted in health problems for farmers and consumers who are unconsciously affected by chemical residues, and the consequence is unavoidably a tarnished branding image and a decrease in the prices of Thailand’s agricultural products. Most consumers do not even recognize the difference between organic and chemical-free vegetables.

In this study, the researcher initiated the idea to implement a QR code on the products of farmers at Ban Kaset Jun La Pan, Hua Sai District, in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. This was for traceability of chemical-free vegetables, working on the Client Server architecture, which is compatible with all devices that support QR code scanning. The system can display information that leads users to the origin of vegetables, keeping them assured of the quality of what they are buying. Such information is considered necessary because it ensures the safety of food products as well as the origin of agricultural products, which maintains the perception of trustworthiness by consumers. Besides, implementing a QR code brings a helpful innovation to the community, makes the products outstanding, promotes competitiveness, and increases farmers’ income. The system was technically divided into two main modules. 1) The Administrator module enables the management of plots of fields, vegetable profiles, consumption information, farmer profiles, cultivation details, harvest details, as well as storage of vegetables.

2) The consumer module displays the farm's name, phone number, vegetable profiles, cultivation details, origins of products, and profiles of vegetables in the same batch. These data are accessible via a QR code, which increases competitiveness, encourages farmers to apply such technology to their routine work, and adds qualitative value to their products.

2. Materials and Methods

Agricultural data from 10 farmers in the community were collected to implement a pilot model of QR code-assisted traceability of chemical-free vegetables.

2.1 Literature Review

Nowadays, consumers strive to eat better, exercise more, and focus on living a longer and healthier life. Eating vegetables every day is vital for health. They provide essential vitamins, minerals, and other nutrients, such as antioxidants and fiber. chemical-free vegetables are without pesticide residues, resulting in market opportunities Phetcharat *et al.* (2022). customers are willing to pay a premium price for chemical-free vegetables (Kaewtathip *et al.* 2022) and the factors affecting consumers' decision to purchase chemical-free vegetables are product, price, distribution channels, and promotional marketing (Wongyos, 2021). Sansaeng *et al.* (2019) also confirmed that health, price, store cleanliness, and product certification marks are essential.

Traceability of edible plant cultivation is a system that keeps consumers assured of the goods they purchase (Tantidontanet & Boonying, 2021) and can guarantee the quality of the products, ensuring that they are all clean and free of residues (Zhang *et al.*, 2021). Consumers can trace vegetables from upstream to downstream processes, ranging from cultivation, harvesting, processing, storage, transportation, and distribution. These offer the utmost convenience for consumers to help reduce excessive expenses on product return, which is expected to be processed more precisely with the shortest duration possible (Mahawang, 2017). Tracking and Traceability are two major process in the syste. (Tantidontanet & Boonying, 2021). The system can achieve these objectives by systematically recording data and applying information technology that transfers the data electronically. The recorded data are in XML format to prevent potential abuse (Janekarn *et al.*, 2019). Necessary input is recorded in the database. This conforms to the protocol of the Global GS1 Traceability Standard (GS1) (Sukchareonpong & Thammasiri, 2018), which is responsible for regulating and promoting the global standards of traceability and setting standards of autosaving and data communications in the industrial sector. Traceability is used worldwide, including in Thailand. GS1 Thailand and the Federation of Thai Industries are manage this system in Thailand. rtraceability processes are run with two steps. - 1) searching for product origin, and 2) tracing back to where delivery of products

is initiated. The latter is aimed to facilitate the case where the products are made of defective materials, or the production process is later found harmful to consumers. Effective traceability reduces the number of disqualified products, which can help reduce the chance of distributing defective products to consumers, thereby significantly decreasing product returns. Rotsios *et al.* (2022) point out that food labels alone cannot guarantee product quality. In summary, traceability is the technology developed upon a system and a mechanism for tracing goods, products, materials, or data from one point to another within the supply chain. The primary purpose is to ensure openness and responsibility for consumer health. It enables users to precisely look back at the origin of products from the beginning to the destination, which keeps them assured of food safety.

The ADDIE model is a model for design framework used in the development of practical learning experiences. It includes.

- 1) Analysis: analyzing the learning needs of farmers and consumers and considering any constraints or limitations.
- 2) Design: The design phase is crucial for establishing the overall structure of a system.
- 3) Development: Applying the design results to develop the system.
- 4) Implementation: testing the system as a whole, and
- 5) Evaluation: Evaluation of the quality of the system that has been developed. Both improve and fix to get a quality system.

Chaiyasut (2021) developed Aui Sorn Larn applications for learning about inheritance of local wisdom of Kuet Chang

Community and Chaipattanamatee (2021) used the ADDIE model for designing interactive multimedia: dietary approaches to stop Hypertension (DASH) for Elderly.

A QR code contains representatives of data and is quickly responsive (Yao, Wang, & Shen, 2022), using a black-and-white rectangular pattern to represent information that is interpreted by a scanning tool. Furthermore, Zhang *et al.* (2021) and Al Dallal & Al Mukhtar (2023) indicated that it is a versatile innovation that can be used for various purposes, for example, marketing campaigns (Ta-Kham *et al.*, 2021), traceability in the food industry (Sutopo, Susmartini, & Herdima, 2021; Thongkaem *et al.*, 2023), traceability of rice and vegetables (Sukchareonpong & Thammasiri, 2018; Khaocha, Runglum, & Srisawang, 2020) and traceability of agricultural products (Sukchareonpong & Thammasiri, 2018; Jitjak, Taothachana, & Nakornpa, 2021). With no fees, consumers can scan a QR code so the system displays profiles of farmers and locates the sources of products, product quantity, and the conditions of products they have. Implementation of QR codes can add value to Thai agricultural products, promote competitiveness against foreign counterparts (Jedsadanurak, 2018; Jitjak, Taothachana, & Nakornpan, 2021) and lessen environmental problems. Using a QR code reduces the need for paper documents, prevents the accidental loss of documents, and can be accessible in real time. Users can also store data in the URL format on websites (Imanullah & Reswan, 2022).

A QR code is a two-dimensional barcode that stores an incredible amount of data and can be used many times. It is also affordable and compatible with all devices that support QR code scanning. This technology facilitates accessibility of information and offers an better experience (Radhi, 2022). To illustrate, using a QR code can enable the traceability of chemical-free vegetables and agricultural products. Information systems support the traceability of dairy products and vegetables, which benefits manufacturers and consumers as it provides a dependable tool. The system processes data to satisfy each stage of the production procedure and enhances traceability efficiency. It displays the data in the form of Hypertext Markup Language (HTML), and it functions on two different sides. - 1) web client or web browser, which generates requests for data access from the web server, and 2) web server, which is an application that receives and processes requests from users and then displays the output on the web browser. Five major components of the system include hardware, software, user, data, and procedure. These components cooperate to render the output that best meets user requirements (Tarapitakwong, 2021). Improvement of the

information system for the production and distribution of rice seeds managed to maintain records of purchases, orders, disbursements, production costs, sales, and other relevant orders, and meanwhile, the system also generated other reports. Using the information system is not complicated because of its accuracy and efficiency. This resembles the study, which developed the information system for organic garlic harvest and utilized it to support a decision in the expansion of the area (Chitiyaphol & Dornpinij, 2022). In such a study, MySQL was set as the database and developed on the Bootstrap framework, CSS, and PHP to record and render the data on the website.

2.2 Methods

The procedure of design and development of traceability of chemical-free vegetables through QR code was based on the theory of ADDIED (Chaiyasut, 2021), which consisted of 5 steps as follows.

Step 1: Analysis and Planning.

Farmer data and data involving cultivation plots, growth, together yield were analyzed. Figure 1 shows the conceptual framework as well as details of these data.

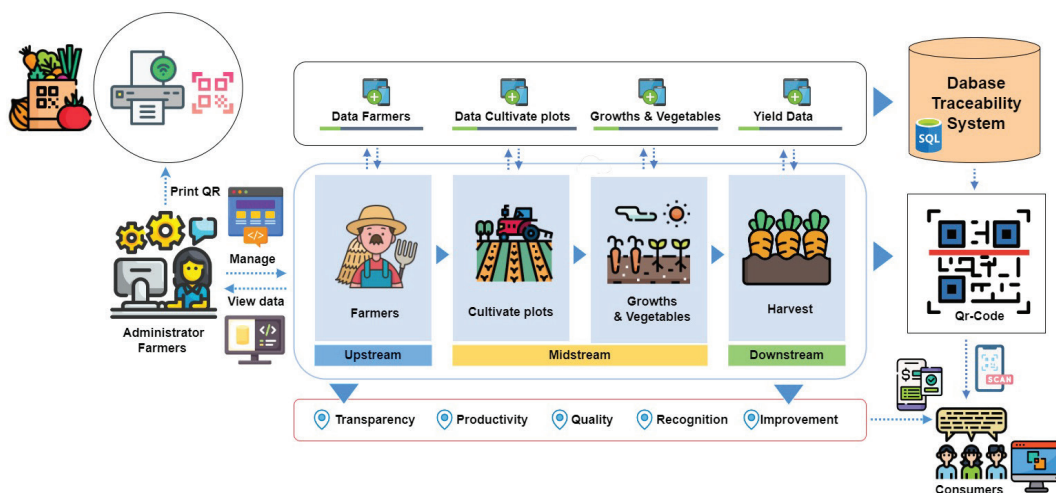


Figure 1. Purpose conceptual framework

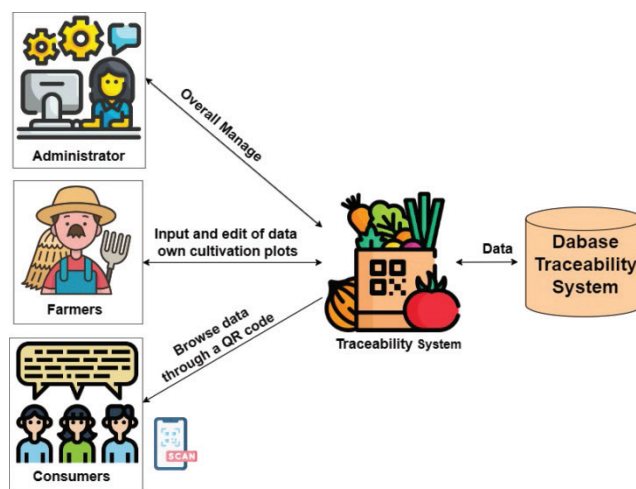


Figure 2. System permission

As illustrated in Figure 1, the system has three major parts. *(Part 1) System permission.* Three types of users are categorized. 1) an Administrator is assigned to manage data regarding cultivation plots, vegetables, farmer profiles, growths, accessibility, harvest time, as well as distributions. 2) Farmers are responsible for inputting and editing data regarding their cultivation plots, vegetables, growths, harvest

time, as well as distributions. 3) Consumers are given access to browse particular data through a provided QR code (See Figure 2).

(Part 2) Traceability of chemical-free vegetables database. This database was developed on the phpMyAdmin program. It stores data regarding growths, vegetables, consumer profiles, farmer profiles, harvest time, storage recommendations, and QR code generation.

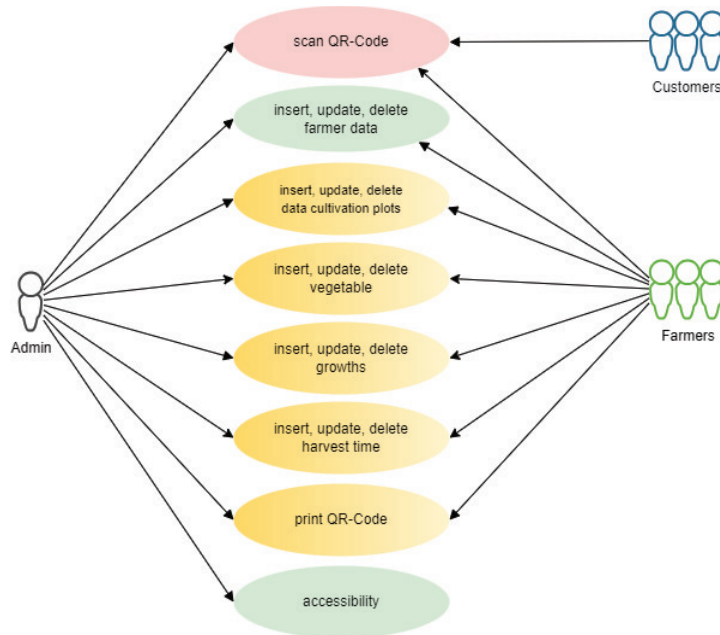


Figure 3. Use case diagram

(Part 3) A QR code. A generated QR code is the medium of communication between farmers and consumers. Consumers can use their smartphones to scan a QR code and access the products' traceability, which could keep them assured of what they have bought.

Step 2: Design solutions. The data retrieved in Step 1 were analyzed to design a Use Case Diagram so the system can best meet users' needs. As shown in Figure 3, the three main stakeholders are the administrator, farmers, and consumers. This design solution consists of 3 modules as follows. - Module A: the system administrators, Module B: the farmers, and module C: the customers or consumers. This solution is similar to that illustrated in (Tantidontanet & Boonying, 2020).

According to Figure 3, the Use Case Diagram shows functions in the following ways.

1. The Administrator is assigned to manage data regarding cultivation plots, vegetables, farmer profiles, growths, accessibility, harvest time, as well as storage.
2. Farmers are responsible for inputting and editing data regarding their own cultivation plots, vegetables, growths, harvest time, as well as storage.
3. Consumers are given access to browse such data via a provided QR code.

Step 3: Development. The program was written in PHP, while the database ran on MySQL. Bootstrap front-ended framework handled data, which was then rendered on the web client (See Figure 4).

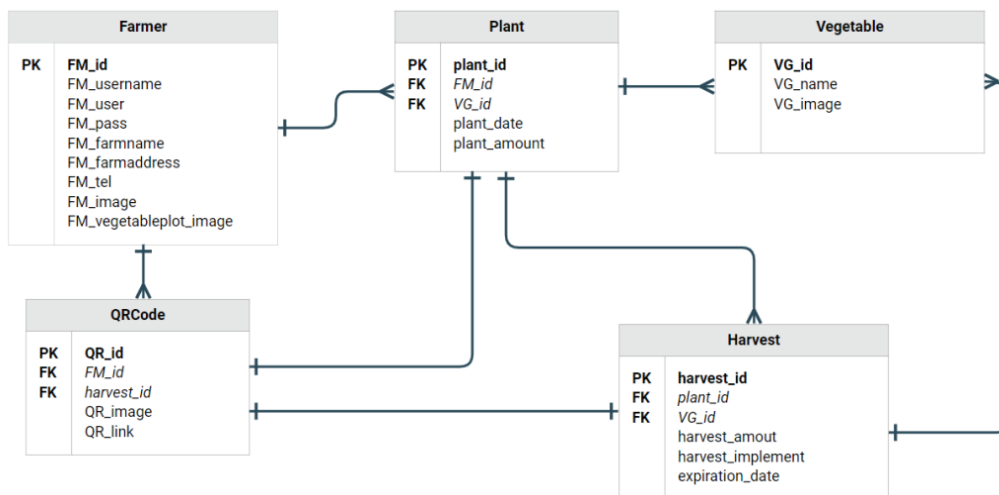


Figure 4. Entity relationship diagram

Step 4: Implementation. The system was implemented using existing data samples. Its was compatible with smartphones that support QR code scanning.

Step 5: Evaluation. The efficiency of the system samples was evaluated by 5 experts. The evaluaten results were then analyzed using mean and standard deviation.

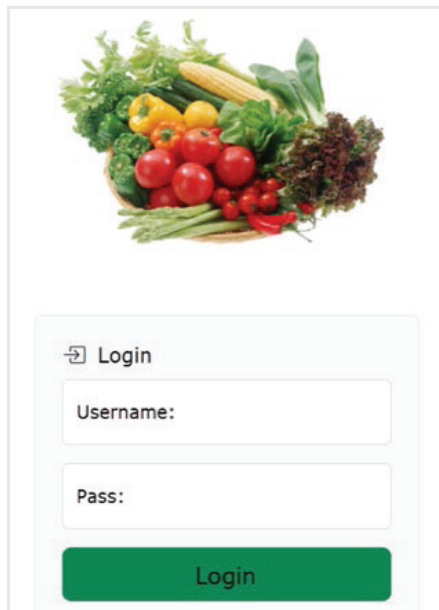
3. Results and Discussion

A traceability system of chemical-free vegetables using QR codes was designed and developed. In order to support a variety of devices and window or screen sizes on both Android and iOS smartphones, the responsive design was chosen. The QR codee were printed on sticker papers in size mm using A6 paper printers with a resolution of 200 dpi. The research results were as follows.

For the ADDIED-based development, a QR code-assisted traceability of chemical-free vegetables had three sections.

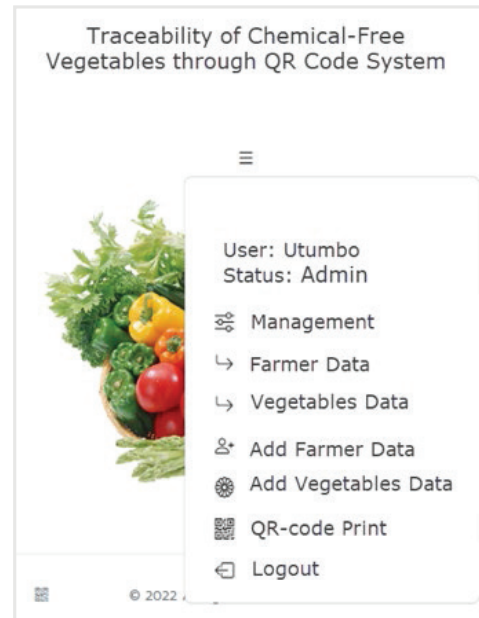
1) An administrator section responsible for the management of data regarding cultivation plots, vegetables, farmer profiles, growth, accessibility, harvest time, as well as storage. Signing into the system requires a registered email address and password. The system is accessible either through a smartphone or web client. As illustrated in Figure 5 and Figure 6, the administrator has permission to manage the data listed in the menu.

2) A farmer section allows registered farmers to input and edit data regarding their cultivation plots, vegetables, growths, harvest time, as well as storage (see Figures 7-9). Farmers may generate and print out a QR code and paste it on their own vegetable products as shown in Figure 10.



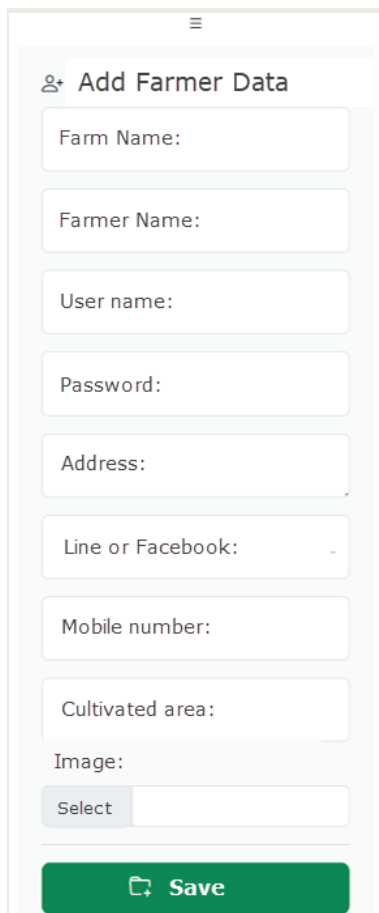
The sign in screen features a header image of a basket of fresh vegetables. Below the image is a 'Login' button with a key icon. Underneath the button are two input fields: 'Username:' and 'Pass:'. At the bottom is a large green 'Login' button.

Figure 5. Sign in



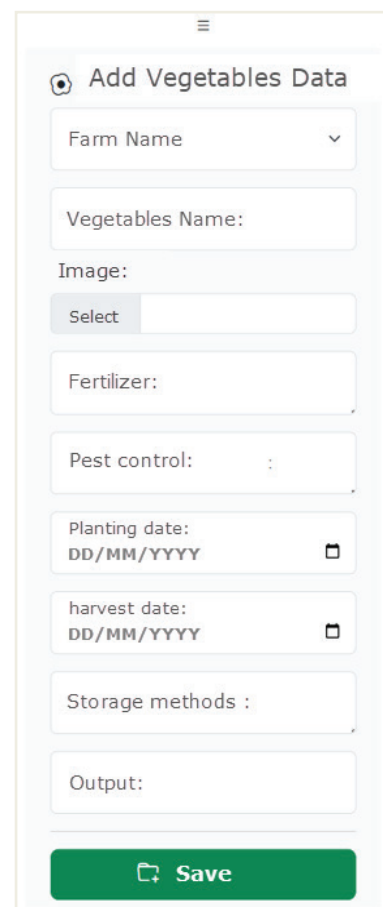
The system management screen has a header with the title 'Traceability of Chemical-Free Vegetables through QR Code System'. It features a hamburger menu icon in the top left. A dropdown menu is open, showing the user's profile ('User: Utumbo', 'Status: Admin') and a list of management options: 'Management', 'Farmer Data', 'Vegetables Data', 'Add Farmer Data', 'Add Vegetables Data', 'QR-code Print', and 'Logout'. A footer shows a copyright notice '© 2022'.

Figure 6. System management



The 'Add Farmer Data' screen includes a hamburger menu icon and a title 'Add Farmer Data' with a person icon. It contains several input fields: 'Farm Name:', 'Farmer Name:', 'User name:', 'Password:', 'Address:', 'Line or Facebook:', 'Mobile number:', 'Cultivated area:', and 'Image:' with a 'Select' button. A large green 'Save' button is at the bottom.

Figure 7. Insert farmer data



The 'Add Vegetables Data' screen features a hamburger menu icon and a title 'Add Vegetables Data' with a magnifying glass icon. It includes input fields for 'Farm Name' (a dropdown), 'Vegetables Name:', 'Image:' (with a 'Select' button), 'Fertilizer:', 'Pest control:', 'Planting date:' (with a date picker), 'harvest date:' (with a date picker), 'Storage methods:', and 'Output:'. A large green 'Save' button is at the bottom.

Figure 8. Insert vegetable data

 Edit Vegetables Data

Vegetables Name: Tomatoes

Image :



Select

Fertilizer : compost

Pest control : pluck grass

Planting date : 06/02/2023 

Harvest date : 13/02/2023 

Storage methods :

Output : 10 kg.

 Edit Data

Figure 9. Edit vegetable data



 Print QR-code

----- Farmer Name ----- 

----- Vegetables Name ----- 

harvest date :

Expiration date 

Output:

 Print QR-code

Figure 10. Print a QR code



orange	
Farmer name :	PB Farm
Tel :	xxx-xxx-xxxx
Planting date :	06/02/2023
Expiration date :	06/03/2023
Output :	10 Kg.
 storage method : keep refrigerated	

Figure 11. QR code



Vegetables Name : Tomatoes
Farmer Name : PB Farm
Tel : xxx-xxx-xxxx
Best Before : 15/06/2023

Figure 12. Output of QR code

Table 1. Results of efficiency evaluation by experts

Criterion	$\bar{X}$	S.D.	Interpreted
1. Compatibility with all devices.	4.80	0.45	Highest
2. Comprehensiveness of data	4.40	0.55	High
3. Preciseness of working permissions	4.40	0.55	High
4. Accuracy of QR code generator	4.80	0.45	Highest
5. QR code printing	4.80	0.45	Highest
6. Convenience and compatibility with compact printers	4.60	0.55	Highest
7. Enhanced trustworthiness of agricultural products	4.60	0.55	Highest
8. Security	4.40	0.55	High
Total	4.60	0.51	Highest

3) In the consumer section, consumers are allowed to browse information about products via a QR code by scanning it with a smartphone that supports QR code scanning. Consumers can also trace any products of their interest. In Figure 11, the sticker attached to each product contains a QR code, a vegetable name, a farm or garden name, a phone number, and an expiration date. As shown in Figure 12, if customers scan a QR code, additional information of a vegetable photo, a vegetable name, a farm or garden name, a phone number, a cultivation date, a harvest date, quantity of products in the same lot, together with storage method will be shown. This information could contribute to increasing customer trust and promoting values-based farming.

QR code-assisted traceability was evaluated by 5 experts, and the result indicated that the average score was 4.60, SD=0.51, which was at the highest level.

4. Conclusion

This study aimed to develop traceability of chemical-free vegetables via QR codes. It involved farmers at Ban Kaset Jun La Pan, Hua Sai District, in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand, from which the agricultural data were collected to generate a pilot model of the system. There were three main sections of the system which functioned differently. 1) System permissions were granted to three groups of users. First, the administrator was assigned to manage data overall. Second, farmers were responsible for inputting and editing data regarding their own cultivation plots, vegetables, growth, harvest time, as well as storage. Third, consumers were given access to browse particular data through a provided QR code. 2) Application software was based on freeware, so there were no additional costs, as planned initially. 3) A QR code can be scanned using a smartphone as an approach to obtain sufficient and accurate

data that leads to the traceability of vegetable products. Thus, this research achieved traceability of chemical-free vegetables via QR codes. The system can store all the data, from cultivation to harvest procedures. Also, farmers may generate a QR code indicating product quality, and consumers can have it scanned by compatible smartphones. The system provides production data and meets different farmer's requirements from different areas and products. The evaluation of the system by the experts indicated that the average score was at the highest level.

A recommendation for further studies is to integrate Google Maps API into the system. Doing so could keep farmers and consumers notified via their smartphones when the system detects an anomaly. With the integration of Google Maps API, the system could promote smart farming, adding value to agricultural products and increasing the opportunity for farmers to be involved more in setting their product prices without relying on middlemen.

Acknowledgements

The researcher would like to express thanks to farmers at Ban Kaset Jun La Pan, Hua Sai district, in Nakhon Si Thammarat province for their provision of data used

in this study. This study was supported by Research, Innovation, and Creativity Funds, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, in the fiscal year of 2022 B.E.

References

- Al Dallal, H. R. H. & Al Mukhtar, W. N. M. (2023). A QR code used for personal information based on multi-layer encryption system. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 17 (9), 44-56. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i09.38777>
- Chaipattanamatee, P. (2021). Interactive multimedia: Dietary approaches to stop hypertension (DASH) for elderly. *Journal of Information Science*, 40 (1), 57-73. <https://doi.org/10.14456/jiskku.2022.4> [In Thai]
- Chaiyasut, K. (2021). *Aui Sorn Lam application for learn to inheritance the local wisdom of Kuet Chang community* (Research Report). Chiang Mai Rajabhat University. <http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/2229> [In Thai]
- Chitiyaphol, J. & Dornpinij, P. (2022). Development of information systems for organic garlic harvesting. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 7 (8), pp. 18-29. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKS/article/view/257687> [In Thai]

- Food Sanitation Division Health Department BMA. (2022). *Summary of academic conference on pesticide warnings in 2020 move forward create a safe agriculture and food system*. Retrieved 20 November 2022. Retrieved from http://foods sanitation.bangkok.go.th/assets/uploads/activity/20201218_48927.pdf [In Thai]
- Imanullah, M. & Reswan, Y. (2022). Randomized QR-code scanning for a low-cost secured at tendance system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12 (4), 3762-3769. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i4.pp3762-3769>
- Janekarn, C., Sang-arun, N., Ueranantasun, A., & Chaimontri, S. (2019). The pilot e-justice system and data exchange standardization for the criminal justice of insurgency offence in the Southern boarder province. *Journal of Thai Justice System*, 12 (2), 1-25. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JTJS/article/view/247021> [In Thai]
- Jedsadanurak, T. (2018). *Factors affecting the adoption of QR payment technology of Krungthai Next users in Bangkok* [Master's thesis, Silpakorn University]. <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/2036> [In Thai]
- Jitjak, U., Taothaichana, K., & Nakornpan, S. (2021). Development of agricultural product traceability application using QR code technology of Mahachanok mango growers and processors community enterprises, Kalasin province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49 (Suppl), 671-676. [In Thai]
- Kaewtathip, W., Muangkaewngam, A., Phetrat, P., Bueraheng, N., & Wetosot, S. (2023). Buying pesticide residue free vegetables at higher prices than general vegetables of the people of the three provinces in the lowest Southern Thailand. *Journal of Yala Ragabhat University*, 18 (2), pp. 83-91. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yrh/article/view/265446> [In Thai]
- Kasikorn Research Center. (2022). *Traceability in agricultural products to bolster Thai organic product market*. Retrieved 20 November 2022. Retrieved from <https://www.kasikornresearch.com/EN/analysis/k-econ/business/Pages/z3045.aspx>
- Khaocha, C., Runglum, P., & Srisawang, K. (2020). Traceability system to buy fresh vegetables with technology QR code of Phakin fresh vegetable shop. *Proceedings of the 12th NPRU National Academic Conference Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, Thailand, July 9-10, 2020*, 1847-1854. [In Thai]

- Mahawang, N. (2017). *Designing of traceability system in *Gymnema inodorum* Decbe supply chain for commerce* [Master's thesis, Maejo University] [In Thai]
- Phetcharat, P., Muangkaewngam, A., Kaewtathip, W., wetosot, S., & Bueraheng, N. (2022). Production of pesticide free vegetables in Mae Lant district, Pattani Province. *YRU Journal of Science and Technology*, 7 (3), 928736. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/yrjst/article/view/254721> [In Thai]
- Radhi, A. A. (2022). Use QR code and IoT mobile devices to prevent the spread of an epidemic (COVID-19). *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 16 (12), 127-136. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i12.32125>
- Rotsios, K., Konstantoglou, A., Folinas, D., Fotiadis, T., Hatzithomas, L., & Boutsouki, C. (2022). Evaluating the use of QR codes on food products. *Sustainability*, 14 (8), 4437. <https://doi.org/10.3390/su1408443>
- Sansaeng, S., Rossoda, K., Kotchomphu, K., & Wiseansat, A. (2019). Behavior and factors influencing consumers on hydroponic vegetable consumption in Mueang district, Udon Thani province. *Prawarun Agricultural Journal*, 16 (1), 129-141. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/article/view/249058> [In Thai]
- Sukchareonpong, S. & Thammasiri, D. (2018). The development of traceability system using QR code technology and retail packaging of pomelos in Nakhon Pathom province. *Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University*. 5 (1), 67-78. <https://doi.org/10.14456/jmsnpru.2018.6> [In Thai]
- Ta-Kham, T., Chaiwongsar, S., & Chumjai, J. (2021). The development of traceability system in peanut industry supply chain with Thai agricultural standard: TAS 4702-2014. *RMUTI Journal Science and Technology*, 14 (1), 103-118. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutijo/article/view/242858> [In Thai]
- Ta-Kham, T., Tauwsakul, S., Khwamman, N., & Jitjaroen, W. (2021). The development of traceability system for specialty coffee: A case study of coffee go green café. *Silpakorn University Journal*, 41 (6), 80-92. <https://doi.org/10.14456/sujthai.2021.47> [In Thai]
- Tantidontanet, N. & Boonying, S. (2020). Traceability model for growing food safety in community using RFID technology. *Journal of Applied Information Technology*, 6 (1), 83-98. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/240389> [In Thai]

- Tarapitakwong, J. (2021). The development of information system for managing off-season longan production prosst). Chiang Mai: Chiang Mai Rajabhat Universit. <http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/2178> [In Tha]
- Thongkaem, A. *et al.* (2023). Agricultural products traceability system of riceberry manufacturer in borderland Udonthani and Sakonnakhon province. *Santapol College Academic Journa*, 9 (1), 55-61. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/scaj/article/view/260733> [In Thai]
- Wongyos, N. (2021). Factors affecting the consumer decision to purchase organic vegetables in Phayao province agricultural market. *SAU Journal of Social Sciences and Humanitie*, 5 (1), 133-145. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/saujournalssh/article/view/253067> [In Thai]
- Yao, Y., Wang, L., & Shen, J. (2022). Features and applications of QR codes. *International Journal for Innovation Education and Research*, 10 (5), 166-169. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss5.3762>
- Zhang, S., Liao, J., Wu, S., Zhong, J., & Xue, X. (2021). A traceability public service cloud platform incorporating IDcode system and colorful QR code technology for important product. *Mathematical Problems in Engineerial*, 202, 5535515. <https://doi.org/10.1155/2021/5535535>

Mapping of Literature in the Field of Chemo-informatics

Rajani Mishra^{1,*}, Vinod Kumar Gautam¹

¹ Department of Library & Information Science, Banaras Hindu University Campus (BHU), Varanasi, Uttar Pradesh 221005, India

* Corresponding author: Rajani Mishra, rajanimishra5@gmail.com

Received:

20 June 2023

Revised:

29 August 2023

Accepted:

27 September 2023

Keywords:

Chemical Informatics, Feature Map, Content Map, Concept Map, Visualization, Annual Growth Rate, Collaboration Coefficient, International Cooperation Index

Abstract: Chemo-informatics is a recent development in the field of chemistry. It has helped scientists develop various chemical structures using computers, leading to the solution of some intricate problems in chemistry, including in medical chemistry.

Objective: The mapping of literature in chemo-informatics was performed to reveal publication trends, authorship trends, core journals, and collaborative authors at the national, international, and institutional levels. The annual growth rate revealed the growth pattern of publications. The data of collaboration was visualized using the VOS Viewer tool.

Methodology: The methodology used for this study was citation analysis of the publications downloaded from the SCOPUS database for the years 2017 to 2022. A total of 1425 data items were downloaded based on the keywords used for searching. Out of these 1425 after cleaning the data, only 1,413 citations were used for further study. Out of these 1,413 citations, 13 citations were anonymous so they were also ignored for authorship analysis.

Findings: The findings of the study were that the annual growth rate of publications as shown by the highest number of publications (276) was in 2021 and the lowest 195 (13.80%) in 2018. Articles (65.46%) were the preferred publications by the authors. Multiple author (5 or more) publications show the prevalence of teamwork, which was further substantiated by the Av.

Collaboration Index of 4.48; Av. Degree of collaboration was 0.926 and Av. collaboration coefficient was 0.179. J. Medina-Franco of Universidad Nacional Autónoma de México was the most prolific author with 53 publications during the 5 years of the study period. The Journal of Chemical Information and Modeling headed the list of publications with 48 publications while the Journal of Chemical Education received the highest number of citations (1052). In the list of countries with maximum contribution, the USA headed the list with 327 publications receiving 7735 citations. The international link strength was 211, which was revealed by the International Cooperation Index (ICI) of 64.52. China was placed in second place in international collaboration.

All these papers could be only possible through the use of computers, as the 21st century has allowed the use of computers in general studies which have become precursors to develop various models and theories based on computers. The present study reveals the collaborative nature of research which is very much prevalent nowadays and which can also be seen in the visualization report. The study also reveals that authors are adopting team research and have a wider perspective of their research.

1. Introduction

Chemo-informatics, with its modest origins in 1978 as chemical informatics, is the study of chemical information with the help of computers. It involves the use of

computers and information technologies to solve chemistry problems. All sorts of methodologies used in information science, like Image processing, data mining, signal processing, modelling and simulation, computational theory, software engineering, etc., are used in chemo-informatics to generate new knowledge in chemistry. This recent field of study had its modest origin in 1998 when Frank K. Brown defined “chemical informatics as the mixing of information resources to transform data into information and information into knowledge”. D. Mendeleev is supposed to be the father of chemo-informatics because he created a visualization tool called a ‘Periodic table of the elements.’ chem-informatics, chemo-informatics, or chemical informatics, used synonymously, helped scientists develop various chemical structures with the help of computers. Chemo-informatics is storage, indexing, searching and retrieving chemical compounds’ information (Brown, 1998).

In this study mapping of literature was performed to reveal the extent of the spread of roots of a discipline into other disciplines. Mapping is a vital strategy to represent knowledge of a field while conducting literature reviews, to know the evolutionary stages of primary specialties in disciplines and intellectual milestones in developing critical things in the domain (Chen, 2017). Mapping has been described variously as a ‘graphic blueprint’ by Heinrich (2001), ‘a geographical metaphor’ by Kamler & Thomson (2006) or ‘Diagrammatic representation’ (Hart, 1998)

and helps in understanding the discipline and its characteristics. It allows researchers to know the various hidden patterns and identify the gaps in studies. It will enable students to identify potential research areas in a discipline that has been untouched 'till now (Heinrich, 2001; Kamler & Thomson, 2006). Mapping is done either through deduction or through induction (Heinrich, 2001) or by using descriptors (using keywords) or authors who are experts in the field, by referencing and citing, using their quotations (Machi & McEvoy, 2008).

Various ways of mapping, as given by Hart (1998), include-

Feature Map represents specific features of the entity.

Subject Tree Map showing different levels of subject development.

Content Map showing the organization of content through hierarchical classification.

Taxonomic Map showing classes of standards taxonomies.

Concept Map indicates the evolution of concepts and processes of their development.

Also relevant are rhetorical mapping and citation mapping.

The present mapping study used descriptors and attempted to map the well-known authors, journals and institutions in the field and the country at the top of the list of international collaborations based on the data downloaded from the SCOPUS database.

The study addressed the following research questions.

1. What is the growth rate of publication and also who is the most prolific author in the field of chemoinformatics?
2. Which country and institutions are the highest contributors in the field of chemoinformatics?
3. Which are the highest contributing journals and the publication type publishing the chemoinformatics research output?

2. Literature Review

A literature review is a comprehensive, systematic analysis of literature in a field to identify and evaluate the work of researchers, scientists and practitioners to reveal some trend or pattern or to provide an understanding of the field. It provides a solid starting point to start a work in a particular area or topic (Mulrow, 1987). Mapping techniques are used to understand the trend of development of the subject and its concepts (Concept Mapping) as well as to clarify critical arguments or issues. Mapping collects data on kinds of activity, locations where it occurs, and media where it is published (Cooper, 2016).

Mapping studies has been carried out in almost all disciplines ranging from medicine (Potter, 2010; Venable *et al.*, 2014; Gautam & Mishra, 2020) nursing (Guenther, 2006), health care management (Taylor, Gebremichael, & Wagner, 2007), social sciences and is very much used in library & information science too.

Various areas of mapping study include individual journals to identify core topics (Lamba & Madhusudhan, 2019), core journals in the field, coverage in various indexes as well as databases (Taylor, Gebremichael, & Wagner, 2007; Potter, 2010), various research methods used in the discipline (Ngulube, 2010) or the emergence of new field of study or paradigm shift like the discipline (Janssens, Glänzel, & De Moor, 2008). These types of studies are known as bibliographic mapping, which aims to reveal intellectual connections with the continuously changing system of scientific knowledge (Small, 1999). Hung has also used the bibliographic mapping method in 2012, Hsu, Hung, & Ching (2013) in 2013 and Bond (2018) in 2018 with different subjects and analysis methods. Donthu *et al.* (2021) opined that bibliometric analysis helps decipher and map the cumulative scientific knowledge and evolutionary nuances of well-established fields by making sense of large volumes of unstructured data in rigorous ways.

Analysis of large amounts of data on complex research topics becomes very difficult for literature review. However, visualization techniques using bibliographic data can give a clear literature overview. They also show the current trends of literature and its properties. Rodrigues *et al.* (2013) used visualization techniques to map 'patient safety'. A study was also carried out in Information science using a hybrid method of the linear combination of distance metrics, revealing three large traditional sub-disciplines. - information retrieval, bibliometrics/scientometrics &

patent analysis and webometrics (Janssens, Leta, Glänzel, & De Moor, 2006; Janssens, Glänzel, & De Moor, 2008).

Mapping studies have been abundantly performed in various disciplines like medicine, nursing, health, educational technology, and social science although there have been few such studies in chemoinformatics, which is why this topic has been chosen for the current study. Although there are several bibliometric studies based on a single journal, "chemoinformatics", using WoS as the database (Willett, 2020; Willett, 2022), the present mapping of chemo-informatics literature is a citation mapping of the publications available in the field of chemoinformatics based on SCOPUS database (not on a single journal) trying to find the growth of publications, core journals, well-known authors and their affiliations both at national and international levels, the country with the highest production of literature in chemoinformatics and visualization of the result using VOSviewer. Using a bibliographic mapping tool enables the researchers to save time and cost as it makes fewer efforts to systematically filter large amounts of text data, select the most related articles, and cluster them with a specified criterion (Bardakci *et al.*, 2021).

3. Objectives and Methodology

The current mapping study identified the number and types of publications, growth trend of the publication, core journals in the field, and collaboration of authors with national

and international authors and institutions in chemo-informatics.

The comprehensive SCOPUS database was used for downloading the literature on chemo-Informatics since it includes data that are part of the other databases like WoS, Medline, Google Scholar, etc., side by side SCOPUS rigorous selection process of the publications by the team of experts, to include in the database differentiates from other databases in quality resources (Zyoud *et al.*, 2023). For bibliometric analysis, data was downloaded and interpreted at a fixed time (2017-2022) to present a static field picture.

The bibliographic and citation data was downloaded and curreted for the required parameters, using the following search string-

(TITLE-ABS-KEY (chemical AND informatics) OR TITLE-ABS-KEY (Chemoinformatics) OR TITLE-ABS-KEY (Chem-informatics)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMITTO (PUBYEAR, 2017))

Data was downloaded on April 5, 2023. A total of 1,425 citations were downloaded. After cleaning the data (whose source, publisher, and affiliation were unavailable), 1,413 were suitable for study. Of these 1,413 citations, 13 were anonymous, so they were also ignored in the authorship study.

Analysis of data was performed to find

the annual growth rate of the publications (Sweileh *et al.*, 2017) using formula-

$$AGR = \frac{\text{end value} - \text{first value}}{\text{first value}} \times 100$$

Compound annual Growth Rate has been calculated using formula given at www.investopedia.com/calculator/cagr.aspx.

Types of publication and author count were made on the basis of simple mathematical calculations and percentage calculations. Authorship pattern based on collaboration between authors was calculated using the formula of Collaboration Index suggested by Lawani (1980) and Elango & Rajendran (2012) for Degree of collaboration (formula by Subramanyam (1983)) and Collaboration Coefficient (using formula of Ajiferuke, Burell, & Tague (1988)). Data was also analysed for the top 10 authors in the field with their affiliated institutions and publications. Top productive journal were identified by the name of the journal with highest number of publications and the citations received by them. Countries which were at the top in chemoinformatics research were also studied and the International Collaboration Index of the countries has been calculated using formula given by Frame & Carpenter (1979).

$$ICI = \frac{\text{Number of international links}}{\text{Total number of papers published by country}} \times 100$$

In the last data has been visualized using the VOS Viewer Tool.

4. Result Analysis and Interpretation

4.1 Annual growth of publications

During 2017-2022, a total of 1,413 publications were published on chemo-informatics research (Table 1 and Figure 1). The highest number of publications was 276 (19.53%) published in 2021, while the lowest number of publications, (195, 13.80%) was in 2018. The average number of publications per year was 235.50. Years 2017, 2018 and 2019 had less than average papers published, while more than the average number of articles were published in 2020, 2021 and 2022. It is clear from the given Table 1 that there was a consistently increasing growth trend of literature except in 2018. Annual Growth Rate (AGR) is defined as the percentage change in the number of publications in a year (Sweileh

et al. 2017) which is calculated using the formula-

$$AGR = \frac{\text{end value} - \text{first value}}{\text{first value}} \times 100$$

For the years 2019, 20 and 2021, AGR was positive, while it was negative for the years 2018 and 2022. Table 1 provides the Yearly Growth of the documents for 2017-2022 globally. Figure 1 presents the growth and dissemination of publications in chemo-informatics. The compound annual growth rate or CAGR calculated using the given formula (www.investopedia.com/calculator/cagr.aspx) was 26.46 % for the duration of 2017-2022. There were also some fluctuations during the entire period of study (Figure). The changes can be attributed to the absence of constant publication growth. The annual growth rate was either declining or increasing.

Table 1. Year-wise Growth of Publication and % Annual Growth

Year	TNP	TNP (%)	Cumulative	AGR (%)
2017	206	14.57%	206	00
2018	195	13.80%	401	-5.34%
2019	224	15.85%	625	14.87%
2020	250	17.69%	875	11.60%
2021	276	19.53%	1151	10.40%
2022	262	18.54%	1413	-5.07%
Total	1413	Av 16.63%	4671	Av. 4.41%

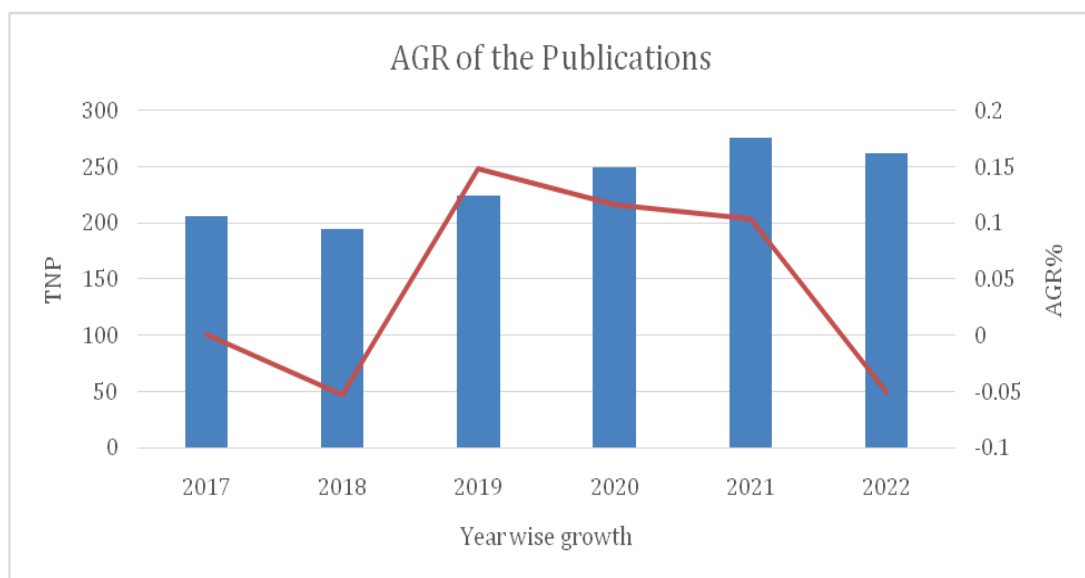


Figure 1 Bar chart showing AGR of the publications

Table 2. Publication type (Number and Percentage of Publications by Type)

S. No.	Type of Publication	Total No. of Publications	Publication (%)
1	Article	926	65.46
2	Review	181	12.74
3	Conference Paper	143	10.04
4	Book Chapter	96	7.28
5	Editorial Material	27	1.69
6	Book	16	1.13
7	Conference Review	7	0.49
8	Note	5	0.35
9	Erratum	4	0.21
10	Data Paper	3	0.21
11	Short Survey	3	0.35
Total		1413	100.00

4.2 Publication type

Table 2 shows the significant publication types available in the Scopus database on chemo-informatics research, with the number of journal articles being 926 (65.46%)

and review 181 (12.74%) publications. Conference papers, with 143 (10.04%) publications, ranked third, Book chapters with 96 (7.28%) publications was in fourth place with editorial material and books, with 27 and

16 (1.69 & 1.13 %) publications, respectively, while other publication types were below 1%. Significant research output was in the form of journal articles for the entire study period. This data is represented through in a pie chart as shown in Figure 2.

4.3 Authorship pattern in chemo-informatics publications

To measure the authorship trend of the literature, the entire publication was categorized into single, double, multi and mega-authored. Table 3 presents that of the

total 1,413 Chemo-informatics publications, 13 publications were anonymous, 103 (7.25%) were single-authored, 232 (16.34%) joint-authored, 456 (32.13%) were multi-authored and 609 (42.91%) mega-authored papers. The authorship analysis revealed that 75.04 % of papers were contributed by multiple authors, while 23.59% of publications were by single and joint two authors. The study indicates the dominance of multi and mega-authored publications for the entire study period.

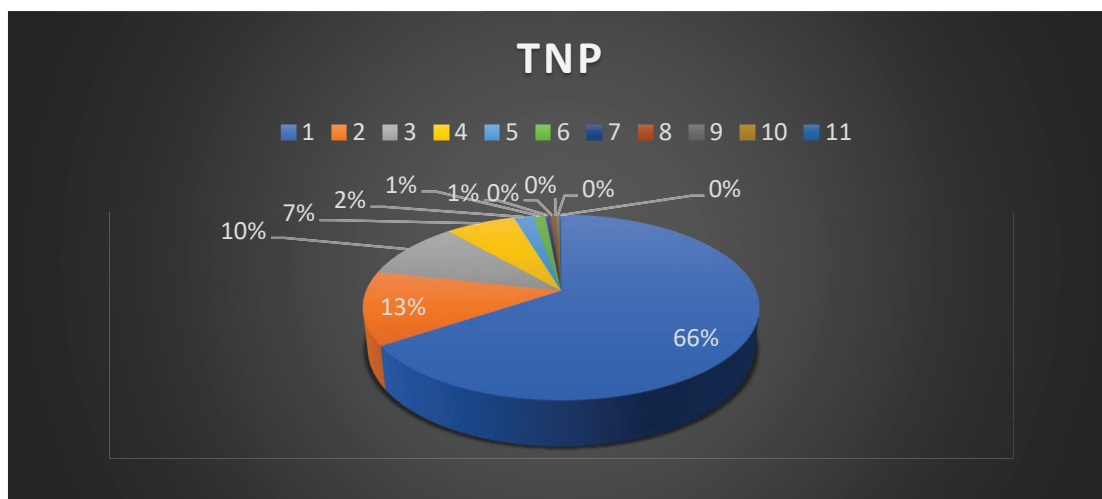


Figure 2. Types of publication (Percentage-wise Differentiation)

Table 3. Total number, %age and type of authorship

S. No.	Authors	Value	%age
1	Single Author	103	7.29
2	Joint Author	232	16.42
3	Multi Author	456	32.27
4	Mega Author	609	43.09
5	No Author	13	.92
Total		1413	100

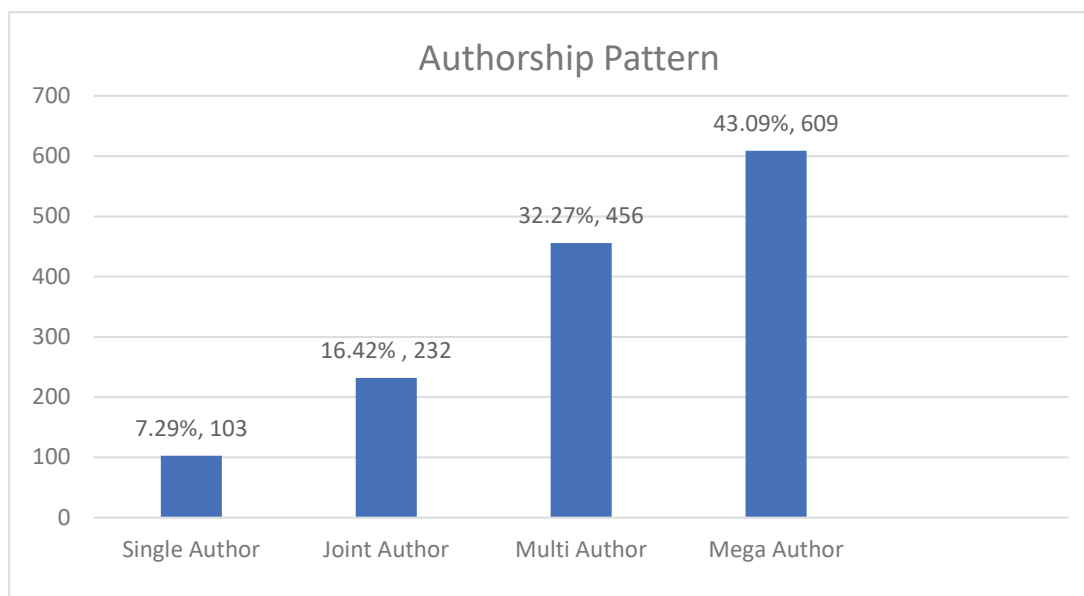


Figure 3. Authorship Pattern (%Age, Number and Type of Authorship)

4.4 Measures of authorship pattern

The advent of ICTs in the 21st Century facilitated collaboration of authors with their peers not only at the institutional level but within different disciplines at a global level. Applying ICTs has paved the way for the fast dissemination of innovative information, boosting information production and utilization.

Collaborations by authors were measured using various collaboration measures. The **Collaborative Index (CI)** is the ratio of authors to their collaborated papers (Elango & Rajendran, 2012; Elango, 2018).

In measuring CI, single-author papers have been ignored deliberately and are always taken to be equal to 1. The formula used to measure the CI is -

$$\text{Collaborative Index} = \frac{\text{Total Authors}}{\text{Total Joint Papers}}$$

Table 4 shows that CI varied between 4.16 to 4.91, 4.48 being the average, indicating maximum cooperation of researchers to have a CI of 4 to 5, in chemo-informatics research.

Degree of Collaboration (DC), which is the ratio of single authored and joint authored papers, is determined by the formula (Subramanyam, 1983) -

$$DC = \frac{Nm}{Ns + Nm}$$

whereas, DC = Degree of Collaboration, Nm = Number of multiple-authored Papers and Ns = Number of single-authored papers.

Table 4 shows the average value of CC was 0.0179 for the study period. During 2017 to 2018, the Collaborative Coefficient (CC) was higher than the average overall

value, while it was below average for the years 2019, 2020, 2021 and 2022, indicating a mixed trend of collaboration.

DC gives 0 weights to single-authored papers and 1 for maximum collaboration.

$$DC = \frac{1297}{1297+103} = 0.926$$

Hence, the degree of collaboration for the chemo-informatics publication was found to be 0.926, which reveals the dominance of team research in the field. Of the total publications, 92.64 % of the contributions were by multiple authors, while only 7.35 % were without collaboration.

The degree of collaboration varies from discipline to discipline. It leaves behind single-authored articles, thereby creating a gap in study. It also does not differentiate levels of multiple authorship. This discrepancy can be removed by another measure

called **collaboration-coefficient**. It helps in measuring the collaborative research pattern. Collaboration Co-efficient is the measure of the number of joint research papers during a given time period. CC is calculated using a formula (Ajiferuke, Burell, & Tague, 1988) -

$$CC = 1 - \sum (1/j) P(X=j)$$

4.5 Measure of authors' productivity

Table 5 presents the top ten authors in the field. It reveals that Medina-Franco J., with 53 articles, ranks at first place in the list of productive authors, Varnek A. (16) ranks second and Torshin, I. Y. with 14 articles, third place and Bajorath J. & Gromova, O. A. shares the 4th position by publishing 13 articles each.

Table 4. Measures of authorship pattern

Year	No Author	Single	Double	Three	Four	Five	Six	Seven	Eight	Total Authors	Total Articles	CI	DC	CC
2017	2	15	39	41	35	19	16	10	5	873	206	4.16	.93	.0226
2018	1	21	30	33	31	21	21	17	6	882	195	4.52	.89	.0227
2019	4	19	45	37	36	25	19	9	10	935	224	4.17	.92	.0170
2020	4	18	33	49	31	29	30	23	12	1117	250	4.47	.93	.0167
2021	1	15	43	44	45	26	28	21	15	1266	276	4.62	.95	.0123
2022	1	15	42	37	37	26	24	21	24	1286	262	4.91	.94	.0165
Total	13	103	232	241	215	146	138	101	72	6359	1413	Av. 4.48	Av. 926	Av. .0179

Table 5. Top 10 productive authors, institutions and their publications

S.N.	Authors	Institutions	publications
1.	Medina-Franco, J.	Universidad Nacional Autónoma de México	53
2.	Varnek, A.	Professor of Chemistry, University of Strasbourg, France	16
3.	Torshin, I. Y.	Federal Research Center Informatics and Management of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation	14
4.	Bajorath, J.	Department of Life Science Informatics and Data Science, University of Bonn, Germany	13
5.	Gromova, O. A.	Moscow Institute of Physics and Technology and Ivanovo State Academy of Medicine Ivanovo, Russia	13
6.	Hassan, M.	Institute of Molecular Biology and Biotechnology, The University of Lahore, Lahore, Pakistan	11
7.	Nite-Kang, F.	Faculty of Science, Department of Chemistry, University of Buea, Cameroon	11
8.	Ramprasad, R.	School of Materials Science and Engineering, Georgia Tech, Atlanta, USA	10
9.	Saldivar-Gonzalez, F. I.	Faculty of Chemistry, National Autonomous University of Mexico	10
10.	Schneider, G.	Department of Chemistry and Applied Biosciences, Vladimir-Prelog-Weg 4, Switzerland	10

4.6 Journals' productivity measures

Table 6 lists prolific journals in chemo-informatics literature. The highest productivity (48, 3.39%) of total chemo-informatics literature was published in the Journal of Chemical Information and Modeling, followed by the Journal of Chemical Education with 45 (3.18%), Molecular Informatics with 44 (3.11%), and the remaining journals had less than 2 per cent publications.

4.7 Most collaborating countries

Table 7 reveals that the USA is the most prolific country with a share of 327 (23.14%) papers, followed by the People's Republic of China with 134 (9.48%) papers, Japan with 117 (8.28%) papers, Germany and India with 95 (6.72%), UK with 81 (5.73%) papers and Mexico with of 59 (4.17%) papers stood at 7th position. At the same time, France, Russia and Spain have 50, 49 and 39 publications, respectively. Yet France, with 1044 citations, had link strength = 87 (more than India), showing a robust international collaboration Index.

Table 6. Most productive journals and citations received

S. no.	Title of the Periodicals	TNP	%	Citations	ACP
1	Journal of Chemical Information and Modeling	48	3.39	997	30.29
2	Journal of Chemical Education	45	3.18	1052	31.96
3	Molecular Informatics	44	3.11	347	10.54
4	Molecules	25	1.77	130	3.95
5	Journal of Chem-informatics	21	1.49	331	10.06
6	Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science	21	1.49	24	0.73
7	Studies in Health Technology and Informatics	18	1.27	36	1.09
8	Scientific Reports	18	1.27	23	.70
9	Methods in Molecular Biology	13	.92	184	5.59
10	Biomolecules	12	.85	167	5.07

Table 7. Top collaborating countries citations received and ICI

Countries	TNP	TNP (%)	Citations	International link strength	ICI
USA	327	23.14	7735	211	64.52
PEOPLES R CHINA	134	9.48	2124	69	51.49
JAPAN	117	8.28	1153	54	46.15
GERMANY	95	6.72	2001	147	154.73
INDIA	95	6.72	678	35	36.84
UNITED KINGDOM	81	5.73	1359	119	146.91
MEXICO	59	4.17	907	32	54.23
FRANCE	50	3.53	1044	87	174
RUSSIA	49	3.47	634	49	100
SPAIN	39	2.76	457	70	179.48

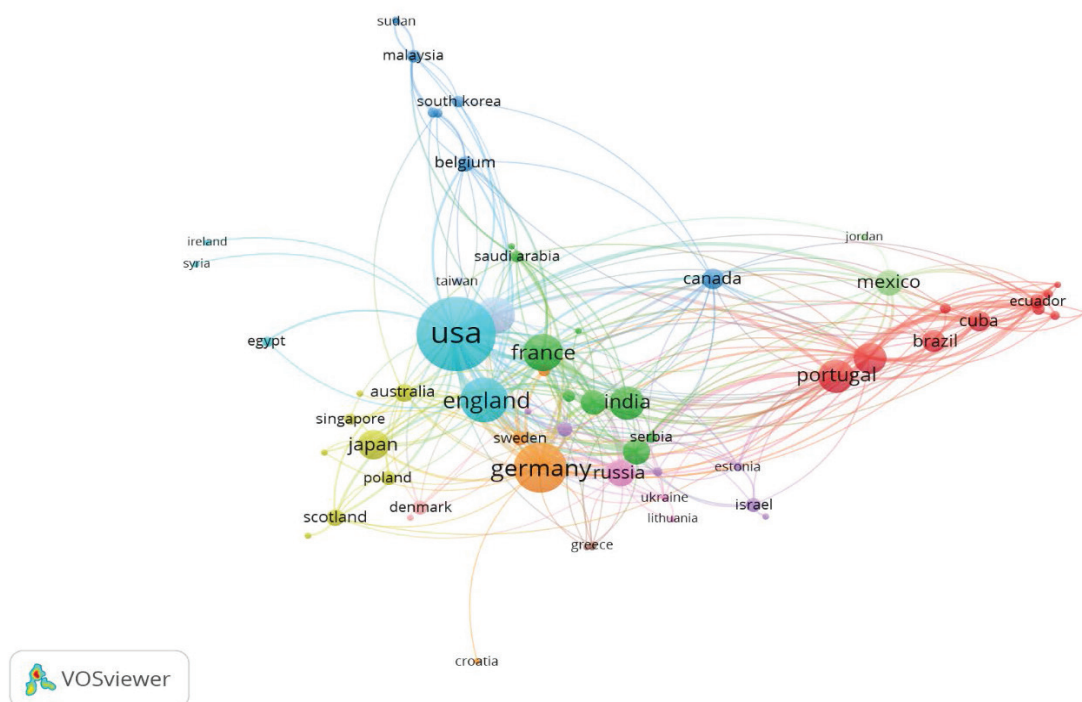


Figure 4. The VOS viewer that visualization map of the collaborating countries

4.8 International cooperation index (ICI)

The International Cooperation Index (ICI), also called the Internationalization Index, was suggested by Frame and Carpenter (1979) and measures the international links between countries for a specific publication. According to the formula, ICI is calculated in percentage of the total as follows. -

$$ICI = \frac{\text{Number of international links}}{\text{Total number of papers published by country}} \times 100$$

The USA had the highest number of citations, followed by China, Germany and the UK. India, with 678 citations, is in 8th position. Here, it can be seen that both Germany and India had an equal number of publications, but Germany had higher citations (2001) than

India. The figure shows that the USA was the central point regarding collaboration links. Spain's International Cooperation Index (ICI) was the highest at 179.48, followed by France at 174.00, Germany at 154.73, UK at 146.91, USA with 64.52, Mexico with 54.23 and the lowest 36.84 ICI was for India. A visualization map of the collaborating countries is given below (Figure 4).

5. Conclusion

This study of literature mapping in chemo-informatics revealed that periodicals are the significant source for publications in the field, followed by Reviews. The annual growth rate for the publication was found to be 26.46%. In the area of authorship, multi and mega-authorship patterns were

found to be prevalent (75.04 %), which was clear from the Collaborative Index (4.48 av.), and the degree of collaboration which was found to be 0.926. The Collaboration Coefficient was 0.179 on average for the entire study period, showed the prevalence of team research. Medina-Franco J. of the University of México was the most prolific author, followed by Varnek A. Professor of Chemistry, University of Strasbourg, France, and Torshin, I. Y. of the Federal Research Center Informatics and Management of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation. The core journal was shown to be the Journal of Chemical Information and Modeling, with 48 publications (although the Journal of Chemoinformatics also featured), followed by the Journal of Chemical Education and Molecular Informatics. In the collaborative countries section, the USA ranked at the top with 327 papers, followed by the People's Republic of China with 134 papers and Japan with 117 papers. India was in the 5th rank 95 papers. Spain's International Cooperation Index (ICI) was the highest at 179.48, followed by Germany and the United Kingdom at 154.73 and 146.91, respectively, while India had the lowest ICI (36.84). This shows that Indian contribution needs improvement in terms of internationally collaborative papers.

Some **suggestions** inferred from the study are as follows. Co-citation and co-occurrence analysis, could be carried out to find the more comprehensive result of bibliographic mapping as bibliographic mapping tools can search concepts, subjects,

and approaches inside the chosen texts that have been left accidentally by the authors of the text. A further study taking the top 5 journals identified in this study can be analyzed with a wider time span and dataset, using co-word analysis to achieve a comprehensive result.

A **limitation** of this study was the data collection as SCOPUS, although being a very comprehensive database, is not subscribed to by every library.

Acknowledgement

I acknowledge the contributions of Dr. Vinod Kumar Gautam, who participated in the early stage of this study.

References

- Ajiferuke, I., Burell, Q., & Tague, J. (1988). Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, 14, 421-433. <https://doi.org/10.1007/BF02017100>
- Bardakci, S., Soylu, M. Y., Akkoyunlu, B., & Deryakulu, D. (2021). Collaborations, concepts, and citations in educational technology: A trend study via bibliographic mapping. *Education and Information Technologies*, 27, 4321-4346. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10785-9>
- Bond, M. (2018). Helping doctoral students crack the publication code: An evaluation and content analysis of the Australasian Journal of Educational Technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 34(5), 167-181. <https://doi.org/10.14742/ajet.4363>

- Brown, F. K. (1998). Chapter 35- Chemoinformatics: What is it and how does it impact drug discovery. *Annual Reports in Medicinal Chemistry*, 33, 375-384. [https://doi.org/10.1016/S0065-7743\(08\)61100-8](https://doi.org/10.1016/S0065-7743(08)61100-8)
- Chen, C. (2017). Science mapping: A systematic review of the literature. *Journal of Data and Information Science*, 2(2), 1-40. <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0006>
- Cooper, I. D. (2016). What is a “mapping study?” *Journal of Medical Library Association*, 104(1), 76-8. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.104.1.013>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Elango, B. (2018). A Bibliometric Analysis of Authorship and Collaboration Trend in Nature Nanotechnology. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 1(1), 56-63. <https://doi.org/10.14456/jait.2018.4>
- Elango, B. & Rajendran, P. (2012). Authorship trends and collaboration pattern in the marine sciences literature: a scientometric study. *International Journal of Information Dissemination and Technology*, 2(3), 166-169.
- Frame, J. D. & Carpenter, M. P. (1979). International research collaboration. *Social Studies of Science*, 9(4), 481-497. <https://doi.org/10.1177/030631277900900405>
- Gautam, V. K. & Mishra, R. (2020). Measuring growth and impact of neuroscience researches in India: A scientometric analysis based on Scopus. *Library Philosophy and Practice*, 1-20.
- Guenther, J. T. (2006). Mapping the literature of nursing informatics. *Journal of Medical Library Association*, 94(2Suppl), 92-98. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1463042/>
- Hart, C. (1998). Doing a Literature Review: Releasing the Social Science Research Imagination. London, UK : SAGE.
- Heinrich, K. T. (2001). Mind-mapping: A successful technique for organizing a literature review. *Nurse Author & Editor*, 11(2), 4-8. <https://doi.org/10.1111/j.1750-4910.2001.tb00460.x>
- Hsu, Y.-C., Hung, J.-L., & Ching, Y.-H. (2013). Trends of educational technology research: More than a decade of international research in six SSCI-indexed refereed journals. *Educational Technology Research and Development*, 61, 685-705. <https://doi.org/10.1007/s11423-013-9290-9>
- Hung, J. -L. (2012). Trends of e-learning research from 2000-2008: Use of text mining and bibliometrics. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), 5-16. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01144.x>
- Janssens, F., Glänzel, W., & De Moor, B. (2008). A Hybrid Mapping of Information Science. *Scientometrics*, 75 (3), 607-631. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-2002-7>

- Janssens, F., Leta, J., Glänzel, W., & De Moor, B. (2006). Towards mapping library and information science. *Information Processing & Management*, 42(6), 1614-1642. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2006.03.025>
- Kamler, B. & Thomson, P. (2006). Helping Doctoral Students Write: Pedagogies for Doctoral Supervision. London, UK : Routledge.
- Lamba, M. & Madhusudhan, M. (2019). Mapping of topics in DESIDOC journal of library and information technology, India: a study. *Scientometrics*, 120, 477-505. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03137-5>
- Lawani, S. (1980). Quality, Collaboration and Citations in Cancer Research: A Bibliometric Study. (Ph.D. Dissertation). Florida State University.
- Machi, L. A. & McEvoy, B. T. (2008). The Literature Review: Six Steps to Success. Thousand Oaks, Calif. : Corwin Press.
- Mulrow, C. D. (1987). The medical review article: State of the science. *Annals of Internal Medicine*, 106(3), 485-488. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-106-3-485>
- Ngulube, P. (2010). Mapping mixed methods research in library and information science journals in Sub-Saharan Africa 2004-2008. *International Information & Library Review*, 42, 252-261, <https://doi.org/10.1080/10572317.2010.10762870>
- Potter, J. (2010). Mapping the literature of occupational therapy: an update. *Journal of Medical Library Association*, 98(3), 235-42. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.98.3.012>
- Rodrigues, S. P., van Eck, N. J., Waltman, L., & Jansen, F. W. (2013). Mapping patient safety: A large-scale literature review using bibliometric visualization techniques. *BMJ Open*, 4(3), 4:e004468. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-004468>
- Small, H. (1999). Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(9), 799-813. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(1999\)50:9%3C799::AID-ASI9%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(1999)50:9%3C799::AID-ASI9%3E3.0.CO;2-G)
- Subramanyam, K. (1983). Collaborative publication and research in computer science. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 30(4), 228-230.
- Sweileh, W. M., Al-Jabi, S. W., AbuTaha, A. S., Zyoud S. H., Anayah F. M. A., Sawalha, A. F. (2017). Bibliometric analysis of worldwide scientific literature in mobile-health: 2006-2016. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 17, 72. <https://doi.org/10.1186/s12911-017-0476-7>
- Taylor, M. K., Gebremichael, M. D., & Wagner, C. E. (2007). Mapping the literature of health care management. *Journal of Medical Library Association*, 95(2), e58-65. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1852631/>

- Venable, G. T. *et al.* (2014). Bradford's law: Identification of the core journals for neurosurgery and its subspecialties. *Journal of Neurosurgery*, 124(2), 569-79. <https://doi.org/10.3171/2015.3.JNS15149>
- Willett, P. (2020). The literature of chemoinformatics: 1978-2018. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 5576. <https://doi.org/10.3390/ijms21155576>
- Willett, P. (2022). Commentary: The first twelve years of the *Journal of Chemoinformatics*. *Journal of Chemoinformatics*, 14, 38. <https://doi.org/10.1186/s13321-022-00617-4>
- Zyoud, S. H., Shakhshir, M., Abushanab, A. S., Koni, A., Shahwan, M., Jairoun, A. A., & Al-Jabi, S. W. (2023). Bibliometric mapping of the landscape and structure of nutrition and depression research: visualization analysis. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 42, 33. <https://doi.org/10.1186/s41043-023-00378-2>.

Modeling Deep Feature for Lung Disease Classification in Chest X-ray Images

Ei Ei Khaing^{1,*}, Thu Zar Aung²

¹ Faculty of Computer System and Technologies, University of Computer Studies (Taungoo), Myanmar

² University of Technology (Yatanarpon Cyber City), PyinOoLwin, Myanmar

* Corresponding Author: Ei Ei Khaing, eekhaingct@gmail.com

Received:

10 July 2023

Revised:

7 September 2023

Accepted:

14 October 2023

Keywords:

CNN, AlexNet, LSTM, SVM
Classifier, Lung Disease,
Classifier Performance

Abstract: An accurate method of diagnosis is needed as lung disease spreads around the globe. Since COVID-19 spreads so quickly, diagnosing lung disease can be challenging for medical professionals. Clinical diagnosis is distinguished by the accuracy of its diagnosis and treatment because they typically depend on a doctor's skill and knowledge. This is the most challenging aspect of diagnosing COVID-19 and pneumonia patients. Therefore, for the time being, the deep learning technology's major objective is to create a way to detect lung problems early and stop the virus from spreading quickly. The lung disease classification system offers a categorization framework for a challenging image analysis task in the medical field, where chest X-ray images are assessed. The pre-trained Alex Net was utilized to generate the feature map that was taken from the x-ray image. The LSTM model models the extracted feature map to extract a feature vector for a Support Vector Machine (SVM) classifier to categorize lung diseases. In the method of convolutional neural network (CNN) classification, a large number of layers, values, thresholds, and parameters are required to be defined for classification. Since the pre-trained Alex Net is used in our proposed framework, the parameter values for CNN don't need to be defined, reducing processing time effectively. This paper proposes the modeling of feature maps using LSTM and the application of machine learning techniques gave the accuracy of 98.8% for the categorization of lung diseases

in the form of 10-fold cross validation. Three diseases are distinguished in the proposed framework: normal, viral pneumonia, and COVID-19. In experiments, accuracy, true positive, false negative, positive predictive, and false discovery rates were used to evaluate classifier performance.

1. Introduction

Object recognition is a type of vision technology used to categorize things in photographs or video data. Deep learning and machine learning algorithms produce outcomes for object recognition. Diagnosis is a crucial part of a doctor's job, and it requires competent evaluation skills. Early identification of the disease's name allows for a straightforward diagnosis. Due to the rapid advancement of intelligent healthcare systems and the rise in COVID-19 cases, object identification is essential in the medical sector.

Ouyang *et al.* (2020) proposed the use of CT scans, and a dual-sampling attention network was created to quickly identify COVID-19. When establishing diagnosis determinations, it was advised to concentrate on disease areas inside the lungs using an online care system with a 3D CNN. A CNN, SVM, and Sobel filter fusion were recommended for the detection of COVID-19 utilizing X-ray images. A new dataset of X-ray images was obtained and processed using a high-pass filter that used a Sobel filter to extract the image contours. Sharifrazi *et al.* (2021) proposed a fusion classification system in which the loading of the images into a CNN deep transfer

learning, and an SVM classifier employing a ten-fold validation set approach was used to classify the images. The performance of CNN was improved by the Sobel filter and CNN-SVM combo.

Wang *et al.* (2020) implemented deep features and machine learning classification to provide a novel and efficient diagnostic method which utilized a thorough diagnostic methodology. The effectiveness of the recommended approach is demonstrated by the fact that it was evaluated on two datasets and performed remarkably well on each of them. When compared to the baseline technique, the diagnostic effectiveness of Xception and SVM were statistically significant. In the work of Tomar & Agarwal (2015), the extracted deep features were injected into machine learning approaches and utilized to introduce the COVID-19 and TB classification methods from X-ray pictures. This was done to address computational challenges in image identification and health-care smart systems. Machine learning approaches were utilized to choose the proper attributes and forecast COVID-19 patients after the features were developed. For illness and lung information, all pictures were normalized for field fragmentation, from which location-specific characteristics were then extracted. With the introduction of the infection-size-aware random forest (iSARF) approach, subjects were automatically divided into groups based on the sizes of the infected carcinomas, and random forests were then used to categorize each group.

Mohammad-Rahimi *et al.* (2021) proposed research into illness screening using automated machine learning which remains a primary objective despite several studies examining conventional CT radiological signals in COVID-19 patients to direct medical therapy. In medicine, a misdiagnosis has the potential to be fatal. Recent medical investigations have found that interpreting CT images incorrectly is a major cause of pharmacological errors that harm health. One of the biggest problems with this treatment is the growing radioactive contamination that patients accumulate as a result of the extensive use of CT. Medical professionals have effectively used digital image processing and machine learning techniques to solve these medical issues. In order to facilitate image classification algorithms, CNN trains characteristics with fewer dimensions and abstract concepts. The main difficulties faced during CNN model instruction are excessive fitting, class discrepancy, and rising rates. The computational cost and speed of the model may be impacted by these issues. Deep transfer learning is a superior method for tackling these CNN feature extraction problems. It also has the ability to extract features without a GPU.

Kanjanasurat *et al.* (2023) employed the combination of CNNs and RNNs to enhance the classification outcome. This decision was made due to the CNN's proficiency in extracting features efficiently, albeit lacking connectivity between nodes within the same layer. On the other hand, the RNN possesses the ability to analyze dependencies and continuity in

preceding information, thereby facilitating pattern recognition based on the extracted features. The study aimed to determine the optimal combination of CNN architectures, including VGG19, ResNet152V2, and DenseNet121, with a recurrent neural network (RNN) variant that includes long-short-term memory (LSTM) and gated recurrent units (GRU). The objective was to identify the most effective CNN-RNN architecture in terms of performance outcomes. The experimental results did not include a comparative analysis of the performance of different CNNs when paired with various RNN versions. The integration architecture of CNN and RNN models, which rely on high-resource devices, necessitates the utilization of GPUs and a minimum of 16 GB of RAM for model training.

In the work of Xia *et al.* (2023), instead of utilizing authentic chest X-rays and CT scan images, the system incorporated images generated through diverse radionics methodologies to train CNNs for the purpose of diagnosing COVID-19. The radionics methodology employed various image processing techniques, including the gray-level run length matrix, gray-level covariance matrix, and discrete wavelet transform, to get modified versions of radiomic images for the purpose of training CNNs. The segmentation of the lung region from CT scan images was performed using a pre-trained U-Net model. Subsequently, ACE2-RGF was utilized as a surrogate biomarker to assess ACE2 expression. The AUC feature selection approach was employed to

identify the optimal features for representing lung information in the categorization of lung diseases.

To prevent patient fatalities, it is necessary to forecast both chronic pulmonary illnesses and COVID-19 infections, as explained by new methods. In order to answer the aforementioned concerns and accomplish multi-class classification from online public repositories, Bhosale & Patnaik (2023) concentrated on finding datasets relevant to chronic pulmonary disorders using COVID-19. The ulDi-COVID framework was devised by integrating various DL model snapshots to classify lung illnesses. The utilization of the framework has played a crucial role in the identification of COVID-19 cases among individuals with chronic lung diseases as well as in the generation of CXI through the implementation of the SSE approach. A diversity of transfer-learning models, such as VGG16, ResNet152V2, VGG19, DenseNet169, DenseNet201, NAS Net Mobile, ResNet50, and MobileNetV2, have been employed in training for the purpose of chronic lung diseases and COVID-19 cases in the context of CXI.

Alshmrani *et al.* (2023) deployed a pre-trained model, VGG19, which was afterward accompanied by the use of three blocks of a CNN for the purpose of feature extraction. Additionally, a fully connected network was employed to carry out the classification task. The proposed intelligent systems used a feedback mechanism to enhance their performance iteratively. The task of

analyzing substantial volumes of clinical data is a significant challenge. The use of data mining, artificial intelligence (AI), and deep learning methodologies proves advantageous in the advancement of intelligent computer-aided diagnostic systems, enabling precise diagnosis of diverse illnesses and medical situations.

Khan *et al.* (2023a) proposed a deep dual-patch attention mechanism (D²PAM) to predict epileptic seizures. The proposed methodology for the processing of brain signals aims to transform the impulses into discrete units of data. The combination of Deep Neural Network (DNN) and D²PAM has proven to be effective in pre-ictal classification. This approach facilitates the identification of patients who are at a higher risk of experiencing epileptic seizures, even when there are variations among them. The value of the projected model for distinguishing between seizure and healthy signals is assessed using EEG signals. Bonn University, a public and open-source website, provided the dataset for their research. Khan *et al.* (2023b) described a method for diagnosing the source of pneumonia, such as COVID-19 or other infections, from radiography pictures by employing three Convolution Neural Networks (CNNs). The dataset of healthy and pneumonia-infected individuals was compiled using Kaggle and other online resources, as well as pulmonologists in Pakistan. Based on the intricacy of the data, Kujur *et al.* (2022) explored the dependence of brain MRI on multiple CNN predictive models for brain tumors and Alzheimer's disease. Four

CNN models were implemented using the methodologies presented on two brain MRI image datasets to compare the classifiers' performance over five-fold cross-validation.

Vishnoi *et al.* (2023) employed a deep learning model to address the challenges associated with storage and processing resources in the identification of plant diseases using leaf photos. This study presented the development of a convolutional neural network (CNN) with a reduced number of layers, resulting in a decreased computational load. The PlantVillage dataset was utilized for the purpose of detecting Scab, Black rot, and Cedar rust diseases in apple leaves.

In this research, we provide a comprehensive framework for lung disease classification. The proposed approach uses machine learning techniques, feature modeling, and deep transfer learning approaches. During the research that was carried out, a model called a long-short-term memory (LSTM) was utilized for the purpose of processing deep features. After that, it was normalized to generate a feature vector that could be effectively utilized in machine-learning actions. The main contributions of the proposed system are as follows:

- In convolutional neural networks, convolution and pooling layers, and thus the goal is to get a feature map of an image.

- The CNN-based feature is modeled by LSTM to form a feature vector to represent image information.
- The extracted feature vector is trained by a Support Vector Machines (SVM) classifier to get efficient and effective training time for better results.

The paper covered various topics, including an introduction, a proposed theoretical framework, a dataset with related experimental findings, and a conclusion.

2. Materials and Methods

2.1 Lung disease classification

The COVID-19 illness categorization system is a crucial component of healthcare advancement and has an effect on global healthcare. If a COVID-19-positive patient is found at an early stage, associated diseases can be swiftly identified and treated. The manual monitoring of COVID-19-positive cases is exceedingly challenging and necessitates a lot of physical labor, medical knowledge, and lengthy processing periods. A good feature is crucial in computer vision and image processing to accurately capture the traits of a typical image with a limited set of parameters. The suggested system seeks to provide a system that uses image processing methods, deep features, and the SVM algorithm to find COVID-19 in X-ray pictures of the lungs. The suggested system consists of four key steps, as shown in Figure 1.

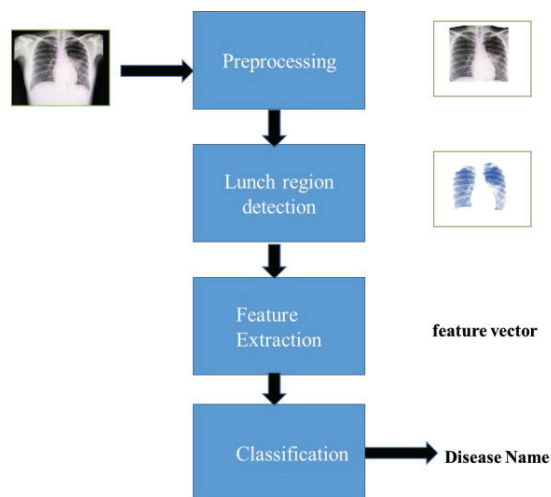


Figure 1. Scheme of Chest X-ray Image Classification

2.2 Preprocessing step

The input of the preprocessing step is chest X-ray images and the output is masked images where lungs regions are extracted using image processing methods as follows.

- **Color thresholding.** The gray level thresholding method is used as the foundation for the color thresholding approach, with a few minor modifications. The Otsu thresholding method is used in which the observation of gray scale value in lung regions generates the threshold value. The grey level of color is taken when the value of level is greater than or equal to threshold value.
- **Morphological operation.** The resulting image obtained through the process of color thresholding exhibits the presence of small regions with holes in both the lung area and the backdrop. Therefore,

to eliminate these small zones, a morphological operation known as the open method is employed in which the connectivity value is 8. This method involves the removal of all related objects from a binary image that contain fewer than a specified number of pixels. The result of this procedure is the elimination of diminutive entities from a binary image.

- **Region filling.** The method that is referred to as region filling is applied to complete the image that was produced because of the morphological process by filling in the blank regions that were left over. The process of filling in portions of an image that are missing data is referred to as region filling, and it is done with the goal of filling any holes that may exist.

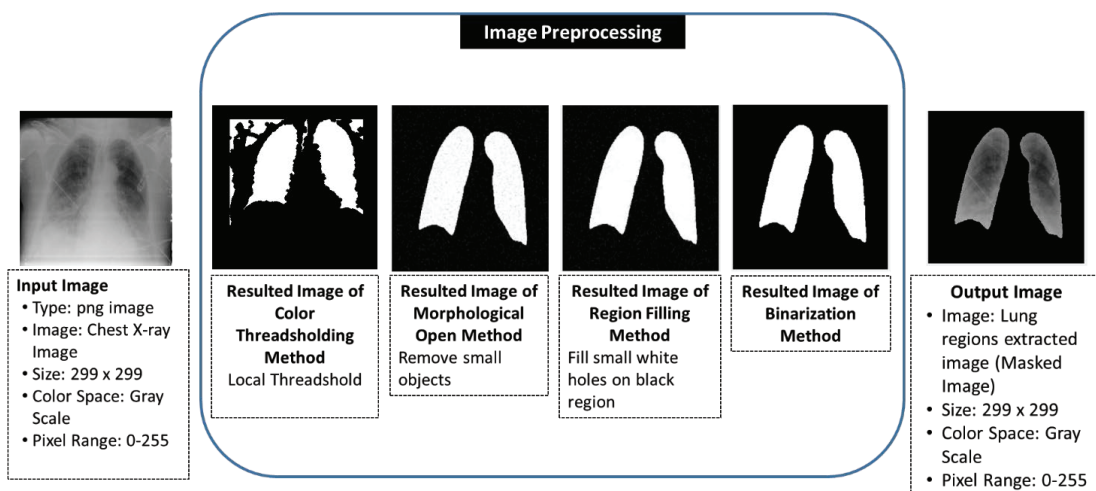


Figure 2. Preprocessing Step of Chest X-ray Image

- **Binarization.** A picture is binarized by changing each pixel's value to '0' or '1' based on whether it is lower than or greater than a threshold value, respectively.
- **Mask.** Image masking is used to describe **hiding and revealing some parts of an image**. Finally, mask the binarized image to obtain a clear mask X-ray image. The visualization of image pre-processing is shown in the following Figure 2.

2.3 Feature extraction step

The models that the previous network learned to extract the important features from fresh data were then used in feature extraction in neural networks. The newly created classifier, which has already been trained from scratch, is then applied to the features. In the case of convolutional networks, feature extraction entails taking the convolutional base of the previously

trained network, feeding fresh input through it, and then training a new classifier on top of the network's output. The convolution base of the model refers to the first portion of conv-nets, which includes a number of pooling and convolution layers before connecting with a classifier. Convolutional bases are typically utilized for feature extraction since they are more versatile than tightly coupled layers.

Regardless of the computer-vision problem or any other problem, the feature maps of the network are the presence maps of generic ideas across an image. It is not possible to extract features from tightly linked layers because they lose the ability to explain the position of objects in the input picture. Convolutional feature maps continue to represent the location of objects in densely connected layers. The extracted feature maps can be utilized to enhance an image's deep characteristics. There are two main feature extraction steps in our proposed system. The first step is the generation of a feature map

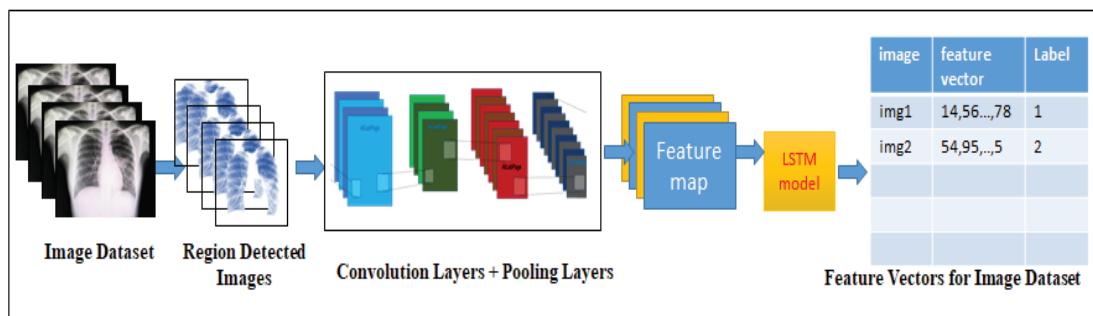


Figure 3. Flow of proposed feature extraction for chest X-ray image dataset

for the preprocessed image using a pre-trained conv-net and the rest is the generation of a feature vector using the LSTM model.

- **Extract feature map.** In this step, the preprocessed image is used as input and its RGB color spaces are used as the input for the input layers of pre-trained conv-net. The pre-trained Alex Net is used to extract the feature map of the input image.
- **Extract feature vector.** In this step, the LSTM model is used to model the extracted feature map to form the feature vector to symbolize the reasonable information of an image for the coming training step.

The characteristic retrieval procedure sequence is presented in Figure 3 in which the input is the image dataset consisting of chest X-ray images. The preprocessed images serve as inspiration for the projected feature process. The output of this step is the feature vectors that represent the image information efficiently.

2.4 Deep feature extraction

Convolution bases are typically utilized for feature extraction since they are more versatile than tightly coupled layers. Convolution bases can also be reused. Regardless of the computer-vision problem or any other problem, the feature maps of the conv-net are the presence maps of generic ideas across an image. It is not possible to extract features from tightly linked layers because they lose the ability to explain the position of objects in the input picture. Convolutional feature maps continue to represent the location of objects in densely connected layers. The deep features of an image are created using the extracted feature maps.

To accommodate the input layers of Alex Net, the input photos are shrunk to a 299x299 matrix size. From the initial grayscale picture, which has a pixel value range of 0 to 255, the RGB color space is produced. The representations that the previous network learned to extract the important features from fresh data are used in feature extraction in neural networks. As CNN has the deep transfer learning (DTL) property in feature extraction, the pre-trained Alex Net is employed in the

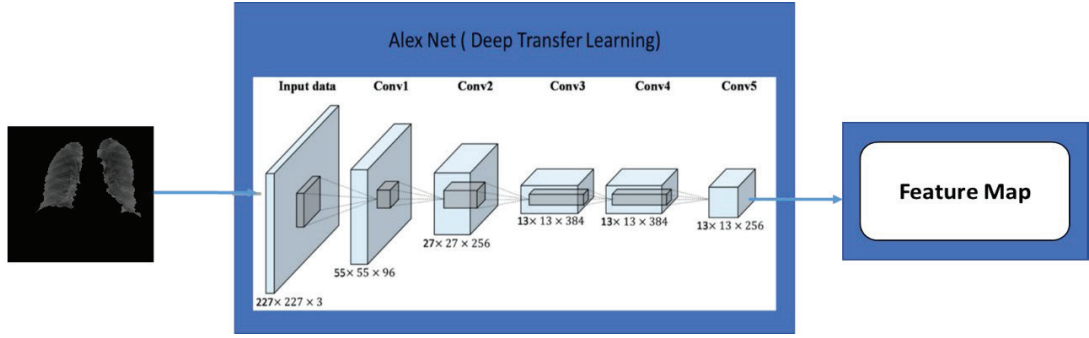


Figure 4. Feature Map Extraction of an image

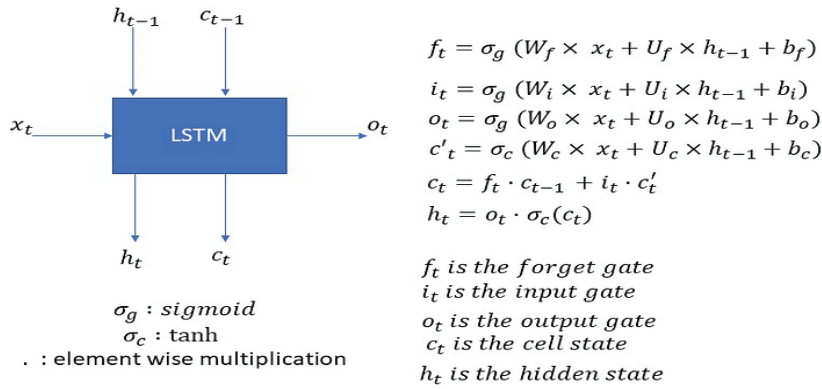


Figure 5. LSTM Model

proposed method to extract the deep features of an input. The 13x13x256 extracted feature maps are utilized as the deep features in an image. Eight layers make up the pre-trained Alex Net architecture: three fully linked layers and five convolutional layers.

- Without padding formula

$$- \frac{n-f}{s} + 1 * \frac{n-f}{s} + 1$$

- With padding formula

$$- \frac{n+2p-f}{s} + 1 * \frac{n+2p-f}{s} + 1$$

The flow of deep feature extraction for images is shown in following Figure 4.

2.5 LSTM model

The extracted feature maps model by Long Short-Term Memory (LSTM) to form a feature vector. LSTM can be used to model time series forecasting problems and LSTM is a recurrent neural network that can be used to a variety of sequential data with high levels of accuracy. In the work of Mohammad-Rahimi, et. al. (2021), the input data to LSTM was a three-dimensional array that was. Output Data of LSTM was a two-dimensional array. The LSTM model consists of time-step calculation for input data to model the data into relevant data representation. One time-step LSTM model is as follows:

One time-step input, output, and the equations for data representation are shown in Figure 5. The CNN output or the source string itself can both be used as the LSTM's input. The inputs from the preceding time-step LSTM are $h(t-1)$ and $c(t-1)$ and the result of the LSTM during that time-step is $o(t)$. Additionally, the LSTM produces the $c(t)$ and $h(t)$ for use by the subsequent time period LSTM. Kumar *et al.* (2023) effectively applied the LSTM model with RSARM to propose a hybrid model combining for time series forecasting system.

Data in Figure 5 may only be calculated once; it must be computed again for the subsequent time step. The definition of 10-time phases in this work means that the preceding calculations will be calculated 10 times, once for every phase in the sequence of 10-time steps. The biases (b_f, b_i, b_o, b_c) and weight matrices ($W_f, W_i, W_o, W_c, U_f, U_i, U_o, U_c$) remain constant from one time period to the next. In this case, identical weight matrices are employed to calculate the results of many time steps.

2.6 Classification step and dataset

Support Vector Machine (SVM) is the name of a supervised machine learning technique. Since SVM provides a thorough solution for the categorization of the data, it has an advantage over other existing classification algorithms. Unlike other data categorization methods now in use, it develops a single hyper-plane worldwide to divide information sources into several groups. According to the

work of Cristianini & Shawe-Taylor (2000), the flow of Support Vector Machines Classification is as follows.

Select support vector. Support vectors are observations corresponding to strictly positive estimates.

Training SVM. To find the maximum margin separator, we solve the following optimization problem:

$$\begin{aligned} & \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}^c + b > +1 \quad \text{for positive cases} \\ & \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}^c + b < -1 \quad \text{for negative cases} \\ & \text{and } ||\mathbf{w}'||^2 \text{ is as small as possible} \end{aligned}$$

This is tricky but it's a convex problem. There is only one optimum and we can find it without fiddling with learning rates weight decay or early stopping. The optimization problem, it has been solved by quadratic programming. In quadratic programming, a polynomial kernel is used:

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = (\mathbf{x} \cdot \mathbf{y} + 1)^p$$

where the value of p is 2 in our classifier training and it takes time proportional to N^2 which is really bad for very big datasets.

Testing SVM: The separator is defined as the set of points for which:

$$\begin{aligned} & \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 0 \\ & \text{so if } \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}^c + b > 0 \text{ say its a positive case} \\ & \text{and if } \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}^c + b < 0 \text{ say its a negative case} \end{aligned}$$

Chowdhury *et al.* (2020), and Rahman, Chowdhury, & Khandakar (2021) contributed a free-to-use collection called COVID-19_

Table 1. Number of images in dataset

No.	Label	No. of images
1	COVID-19	3616
2	Viral Pneumonia	1345
3	Normal	10192
Total		15153

Radiography_Dataset images which has more than 10,000 chest X-ray images for COVID-19, Pneumonia, and Normal classes. Doctors have annotated the majority of the images in the collection. The development of freely available neural network algorithms that can precisely categorize COVID-19 illnesses for chest X-ray images is made possible by the increasing and maturing COVID-19 pictures database. All images have a resolution of 299x299 pixels and are stored as Portable Network Graphics (PNG) files. Table 1 displays the number of images for each label of Dataset.

3. Experiment and Performance Evaluation

By utilizing readily accessible ground truth-labeled datasets, evaluation was carried out in this study to indicate how correctly the classification task had been carried out. Comparable to analyzing labeling techniques used in machine learning and other

research disciplines, the process of evaluating classification is comparable. On three distinct types of chest X-ray images, our system also assessed the suggested feature extraction and classification algorithms. K-fold cross-validation was used to accomplish the evaluation.

k -fold cross-validation divides the dataset into k sections and validates them 10 times. One subset is the training set, while the rest of the $k-1$ subsets form the test set each validation time. The average classification accuracy, training duration, and prediction speed for all k are calculated. To assess classifier performance, this k -fold cross validation calculates true positive and false positive rates. This study evaluates classifier performance using different k values. 2-5-10 are k values. Our lung disease categorization removes theoretical values because k -fold cross-validation is bias-free. Figure 6 shows 10-fold cross-validation for classifier assessment.



Figure 6. Partition of training and testing data in 10-fold cross validation

3.1 Classifier performance

By categorizing and assigning predefined names to untested or tested images, this research predicts the names of lung diseases. The accuracy of classification is predicted by the percentage of correct labels used by the trained classifier. In Chen *et al.* (2024), the classification equations for this system were computed accuracy, sensitivity, specificity, false positive rate, and false negative rate.

True Positive Rate. Sensitivity, recall, and percent of properly identified are other names for this. It gauges the proportion of positive labels that are really genuine labels. The ratio of properly recognized true labels over the total number of correctly categorized true and false cases is the value of sensitivity. The Sensitivity value ranges from 0 to 1. As described by Widmann (2019), the classifier's performance is greater if the sensitivity value is higher.

$$\text{True Positive Rate} = \frac{TP}{TP + FN}$$

where TP is the label that was correctly identified as true, and is the label that was wrongly classified as true.

False Negative Rate. The number of data that are mistakenly excluded as members of the class is measured by a statistic known as the missed rate. The value of specificity ranges from 0 to 1. The classifier's performance is worse as shown by the greater False Negative Rate value.

$$\text{False Positive Rate} = \frac{FN}{TP + FN}$$

where is the label that is correctly categorized as false and is the label that is wrongly categorized as negative.

Positive Predictive Value. This is also known as precision, and it assesses the proportion of relevant facts that are properly and incorrectly classified. A positive classifier

test result is more likely to be accurate if the *PPV* is high. The range of the positive predictive value is 0 to 1. A classifier with a greater Positive Predictive Value performs better.

$$\text{Positive Predictive Value} = \frac{TP}{TP + FP}$$

False Discovery Rate. This counts the number of wrong rejections among data that was properly and incorrectly categorized. The false negative rate has a value between 0 and 1. The classifier has better performance, according to the False Discovery Rate.

$$\text{Positive Discovery Rate} = \frac{FP}{FP + TP}$$

Accuracy. This is the proportion of samples that are accurately classified as having true or false labels. The accuracy value ranges from 0 to 1 in terms of probability and from 1 to 100 in terms of percentage. Higher accuracy numbers indicate a more accurate classifier.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

3.2 A comparison of proposed and based frameworks

Deep features from based framework. As the CNN has the deep transfer learning (DTL) property in feature extraction, the pre-trained Alex Net is employed in the proposed method to extract the deep features of an input. The 13x13x256 extracted

feature maps are utilized as the deep features in an image. A fully connected layer uses this feature map to create a feature vector with weighted learning rate factor 1 and bias learning rate factor 2 and the output size is 4096.

Deep features from proposed framework. The extracted deep feature (1x4096) is inputted into a flattened layer to convert the feature map into a sequence feature vector. Then LSTM model is used to model the deep feature into the feature vector to represent the image information effectively. In the LSTM model, the biases (b_f, b_i, b_o, b_c) matrix size is (900x1) and weight matrices ($W_f, W_i, W_o, W_c, U_f, U_i, U_o, U_c$) size are (900x225) with a number of hidden units 225. The size of the feature vector is 225. The comparison of classification accuracy for the based framework and proposed framework is presented in Table 2.

3.3 A comparison of proposed features and state-of-the-art features

The proposed features is compared with the Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and the erosion feature ensemble (EFE).

- **GLCM.** Mall, Singh, & Yadav (2019) recommended the use of GLCM for image detection and categorization for Chest X-ray images. The function $P(i, j, d)$ is used to represent the GLCM, where

Table 2. A comparison of classification accuracy for proposed and based frameworks

Image	No. of Images	Labels	Deep Feature	Classification Accuracy	True Positive Rate	False Negative Rate	Positive Predictive Value	False Discovery Rate
Chest X-ray	15153	3	Proposed Framework	98.8%	95.3%	4.7%	97.6%	2.4%
			Based Framework	96.5%	94.4%	5.6%	93.5%	6.5%

Table 3. A comparison of classification accuracy for proposed and based frameworks

Image	No. of Images	Labels	Deep Feature	Classification Accuracy	True Positive Rate	False Negative Rate	Positive Predictive Value	False Discovery Rate
Chest X-ray	15153	3	Proposed Framework	98.8%	95.3%	4.7%	97.6%	2.4%
			GLCM	72.5%	70.4%	29.6%	69.5%	30.5%
			EFE	83.3%	81.7%	18.3%	83.1%	16.9%

i stands for the (x, y) gray level of the location and i represents the gray level of the pixel that is d pixels away from the place and a direction. The values in their investigation are 0, 45, 90, and 135 with $d = 1$. The feature vector for the GLCM texture feature has 36 dimensions.

- **EFE.** Neumann *et al.* (2014) proposed to use the amalgamation of gradient magnitude LBP (Gmag LBP) and RGB color channels along with erosion band texture descriptors with $d = 1$. There are 112 dimensions in the feature vector (EFE). The comparison of

classification accuracy for the proposed feature and other features is presented in Table 3.

By using a quadratic Support Vector Machine (SVM) classifier and 10-fold cross validation, we were able to accomplish our comparative findings. Pneumonia and Normal chest X-ray images were utilized in COVID-19 experiments to compare several aspects. Additionally, combinations of all chest X-ray images were used to demonstrate the database reliability of the benefits of our suggested feature. The suggested feature is contrasted with GLCM and EFE in this experiment. The suggested feature had greater classification accuracy than the competition, and the experiment's results for its true positive rate

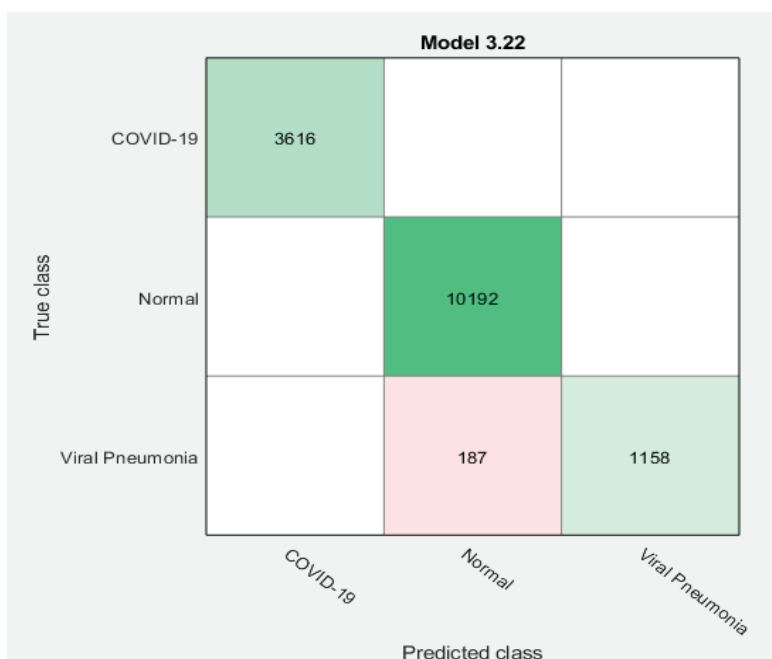


Figure 7. Confusion matrix of overall classification results in 10-fold cross-validation

were acceptable. To simplify the detailed results for the classification accuracy of the proposed feature, confusion matrix for classification results of proposed feature is presented in Figure 7. The confusion matrix now shows summary rows underneath the table. Positive predictive values are shown in green for the correctly predicted points in each class, and false discovery rates are shown below it in red for the incorrectly predicted points in each class.

4. Results and Discussion

In this experiment, using the chest X-ray images data set, the top row of Figure 7 shows all chest X-ray images with true class COVID-19. The columns show the predicted classes. In the top row, 100% of the chest X-ray images from COVID-19 are correctly

classified, and also 100% for Normal diseases are correctly classified but the 86% of Viral Pneumonia diseases are correctly classified. Therefore, overall classification accuracy is 98.8% and 95.3% is the true positive rate for correctly classified points in this class, shown in the green cell in the True Positive Rate column of Figure 8.

The other chest X-ray images in the Viral Pneumonia row are misclassified: 14% of the chest X-ray images are incorrectly classified as from Normal, and 86% are correctly classified as Viral Pneumonia. 14% is the false negative rate for incorrectly classified points in this class, shown in the red cell in the False Negative Rate column of Figure 8. Although the false negative rate is 14%, the overall false negative rate is 4.7% and the overall classification accuracy of our proposed



Figure 8. Confusion matrix of True Positive Rate and False Negative Rate results in 10-fold cross-validation

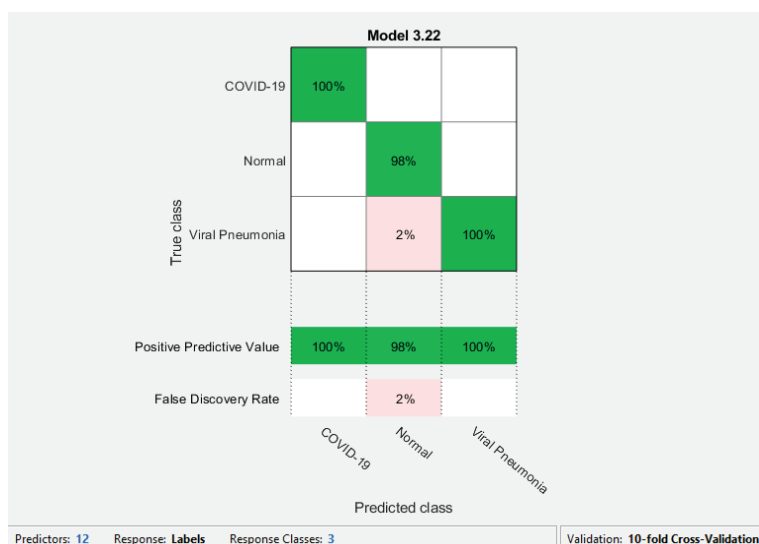


Figure 9. Confusion matrix of Positive Predictive Value and False Discovery Rate results in 10-fold cross-validation

framework is acceptable we also need to try to get a more effective true positive rate and less false negative rate.

As shown in Figure 9, a column-normalized column summary displays the percentages of correctly and incorrectly classified observations for each predicted class. For Covid19 and Viral Pneumonia labels, all of chest X-ray images are correctly classified. But for predicted label of Normal observations, 2% of Normal

observations are misclassified as shown in the red cell of Figure 9. Therefore, the overall Positive Predictive Value is 97.6% with 2.4% of False Discovery Rate in this 10-fold cross validation. Although, the false negative rate is 14%, the overall false negative rate is 4.7% and the overall classification accuracy of our proposed framework is acceptable, but we also need to try to achieve a more effective true positive rate and less false negative rate.

5. Limitations

Our proposed system is only intended for the lung disease classification system and the input image must be a chest X-ray image. The background of the input image must be gray color and not complex. In the future, the focus of image pre-processing will be on performing operations on lung disease images with various backgrounds. A mobile application will be developed to serve as a real-time system for the recognition of lung diseases.

6. Conclusions

Diagnosing lung disorders is a challenging task in the field of medicine. Accurately classifying lung diseases is essential for medical advancement and aiding professionals. This problem is addressed by applying image processing techniques to chest X-ray images to identify lung diseases. For the identification of lung diseases, we present a novel model-based feature derivation approach that uses the deep features (Feature map) and LSTM models. We conducted an experiment using the COVID-19_Radiography_Dataset images to demonstrate the invariance of our suggested characteristics to scale and lighting. Although the features we suggest is typical, it makes a trade-off between classification accuracy and training duration. Although our suggested features can accurately model the deep features and be used to recognize lung disorders, we still need to work with and explore other image-processing techniques to enhance our proposed features. Additionally,

the proposed framework will be used for a system to detect lung disease, which may aid in and support a serious danger to people's health. For further extension, we also need to develop and implement other sequential models that have a better distribution than the LSTM model to model the deep features with a more efficient representation of the feature vector. Although our research has acceptable classification accuracy, we need to develop other statistically based or semantical features to represent image information more effectively for classification. In the future, the classification of lung diseases will likely involve the consideration of a combination of symptoms specific to the lung region to achieve a higher level of accuracy in classification.

Acknowledgments

I wish to express my profound gratitude to Dr. Thu Zar Aung, ProRector of the University of Technology in Yatanarpon Cyber City, who is my supervisor. Without her excellent suggestions, guidance, consideration, and constant support, this research paper would not have been possible.

References

- Alshmrani, G. M. M., Ni, Q., Jiang, R., Pervaiz, H., & Elshennawy, N. M. (2023). A deep learning architecture for multi-class lung diseases classification using chest X-ray (CXR) images. *Alexandria Engineering Journal*, 64, 923-935. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.10.053>

- Bhosale, Y. H. & Patnaik, K. S. (2023). PulDi-COVID: Chronic obstructive pulmonary (lung) diseases with COVID-19 classification using ensemble deep convolutional neural network from chest X-ray images to minimize severity and mortality rates. *Biomedical Signal Processing and Control*, 81, 104445. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.104445>
- Chen, Z, *et al.* (2024). A novel imbalanced dataset mitigation method and ECG classification model based on combined 1D_CBAM-autoencoder and lightweight CNN model. *Biomedical Signal Processing and Control*, 87(Part B), 105437. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2023.105437>
- Chowdhury, M. E. H. *et al.* (2020). Can AI help in screening viral and COVID-19 pneumonia?. *IEEE Access*, 8, 132665-132676. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010287>
- Cristianini, N. & Shawe-Taylor, J. (2000). An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-Based Learning Methods. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511801389>
- Kanjanasurat, I., TENGHONGSAKUL, K., PURAHONG, B., & LASAKUL, A. (2023) CNN-RNN network integration for the diagnosis of COVID-19 using chest X-ray and CT images. *Sensors*, 23(3), 1356. <https://doi.org/10.3390/s23031356>
- Khan, A. A., Madendran, R. K., Thirunavukkarasu, U., & Faheem, M. (2023a). D²PAM: Epileptic seizures prediction using adversarial deep dual patch attention mechanism. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 8(3), 755-769. <https://doi.org/10.1049/cit2.12261>
- Khan, A. A., Shahid, M. M. A., Bashir, R. N., Iqbal, S., Shahid, A. Sh. A., Maqbool, J., & Wechtaisong, C. (2023b). Detection of omicron caused pneumonia from radiology images using convolution neural network (CNN). *Computers, Materials & Continua*, 74(2). 3743-3761. <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.033924>
- Kujur, A., Raza, Z., Khan, A. A. & Wechtaisong, C. (2022). Data complexity based evaluation of the model dependence of brain MRI images for classification of brain tumor and Alzheimer's disease. *IEEE Access*, 10, 112117-112133. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3216393>
- Kumar, B., Sunil, & Yadav, N. (2023). A novel hybrid model combining β SARMA and LSTM for time series forecasting. *Applied Soft Computing*, 134, 110019. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110019>
- Mall, P. K., Singh, P. K., & Yadav, D. (2019). "GLCM based feature extraction and medical X-RAY image classification using machine learning techniques". Proceeding of the IEEE Conference on Information and Communication Technology (CICT), IEEE, Allahabad, India, December 6-8, 2019, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CICT48419.2019.9066263>

- Mohammad-Rahimi, H., Nadimi, M., Ghalyanchi-Langeroudi, A., Taheri, M., & Ghafouri-Fard, S. (2021). Application of machine learning in diagnosis of COVID-19 through X-ray and CT images: A scoping review. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 638011. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.638011>
- Neumann, M., Hallau, L., Klatt, B., Kersting, K., & Bauckhage, C. (2014). Erosion band features for cell phone image based plant disease classification. Proceeding of 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR), IEEE, Stockholm Sweden, August, 24-28, 2014, 3315-3320. <https://doi.org/10.1109/ICPR.2014.571>
- Ouyang, X. *et al.* (2020). Dual-sampling attention network for diagnosis of COVID-19 from community acquired pneumonia. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(8), 2595-2605. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.2995508>
- Rahman, T., Chowdhury, M., & Khandakar, A. (2021). COVID-19 Radiography Database. Retrieved 10 February 2023. Retrieved from <https://www.kaggle.com/datasets/tawsifurrahman/covid19-radiography-database>
- Rahman, T. *et al.* (2021). Exploring the effect of image enhancement techniques on COVID-19 detection using chest X-ray images. *Computers in Biology and Medicine*, 132, 104319. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104319>
- Sharifrazi, D. *et al.* (2021). Fusion of convolution neural network, support vector machine and Sobel filter for accurate detection of COVID-19 patients using X-ray images. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102622. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102622>
- Tomar, D., & Agarwal, S. (2015). A comparison on multi-class classification methods based on least squares twin support vector machine. *Knowledge-Based Systems*, 81, 131-147. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.02.009>
- Vishnoi, V. K., Kumar, K., Kumar, B., Mohan, S., & Khan, A. A. (2023). Detection of apple plant diseases using leaf images through convolutional neural network. *IEEE Access*, 11, 6594-6609. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3232917>
- Wang, D., Mo, J., Zhou, G., Xu, Liang, & Liu, Y. (2020). An efficient mixture of deep and machine learning models for COVID-19 diagnosis in chest X-ray images. *PLoS ONE* 15(11), e0242535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242535>
- Widmann, M. (2019). *Let's talk confusion matrix and class statistics*. Retrieved 16 March 2023. Retrieved from <https://www.knime.com/blog/from-modeling-to-scoring-confusion-matrix-and-class-statistics>
- Xia, T., Fu, X., Fulham, M., Wang, Y., Feng, D., & Kim, J. (2023). CT-based radiogenomics framework for COVID-19 using ACE2 imaging representations. *Journal of Digital Imaging*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10278-023-00895-w>

การพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์เส้นทาง ในการเข้าถึงสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ Open Route Service

Development of an Emergency Notification System with GPS Sensors to Analyze Access Routes for Emergency Medical Services using IoT and Open Route Service

ฤทัยรัตน์ หะทัยธาระ¹, กัมปนาท ปิยะธำรงชัย¹, สิตติชัย ชูสำโรง^{1,*}

Rhutairat Hataitara¹, Kampart Piyathamrongchai¹, Sittichai Choosumrong^{1,*}

¹ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

¹ Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Nature Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

* Corresponding Author: Sittichai Choosumrong, sittichai@nu.ac.th

Received:

25 August 2023

Revised:

26 September 2023

Accepted:

2 October 2023

คำสำคัญ:

ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉิน, การเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทาง, แอปพลิเคชันแผนที่บนเว็บ, เทคโนโลยี Geo-IoT

Keywords:

Emergency Notification System, Route Optimization, Web Map Application, Geo-IoT Technology

บทคัดย่อ: ในสังคมปัจจุบัน การเกิดอุบัติเหตุหรือการเจ็บป่วยฉุกเฉินมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นปัญหาอย่างหนึ่งของสังคม โดยสาเหตุเกิดจากการไม่ได้รับการรักษาพยาบาลอย่างถูกต้องและทันเวลาที่ ซึ่งปัญหาเกิดจากผู้แจ้งเหตุบอกตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินไม่ชัดเจนหรือการเดินทางของรถโรงพยาบาลหรือรถกู้ชีพประสบปัญหาเกี่ยวกับทางจราจรที่คับคั่ง ส่งผลให้ผู้ป่วยฉุกเฉินได้รับข้อบกพร่องทางร่างกาย จนกลายเป็นเหตุให้เสียโอกาสในการรอดชีวิตได้ การศึกษาครั้งนี้จึงได้พัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งและพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบน Web Map Application โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1) ออกแบบระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินเพื่อใช้ในการติดตามตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุได้แบบเรียลไทม์โดยใช้การ Geo-IoT และ 2) เพื่อพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินบน Web Map Application และ pgRouting การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางนี้ได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open-Source Software for Geospatial: FOSS4G) มาใช้ในการพัฒนาระบบทั้งหมด ส่วนเงื่อนไขในการสืบค้นและวิเคราะห์โครงสร้างถนนผู้วิจัยได้ใช้ pgRouting Library เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนงานด้านการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินได้ ทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินได้รวดเร็วกว่าเดิมและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเหตุฉุกเฉินได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้ผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินจะได้รับการรักษาพยาบาลที่ทันเวลาและรวดเร็ว

Abstract: In present-day society, the occurrence of accidents and emergency illnesses has been consistently increasing, to the point where it has become a significant social issue. The cause is due to the lack of proper and timely medical treatment. The problem arises from the informer stating the location of the emergency caller is not clear or the journey of the ambulance car or emergency rescue vehicle was having problems with congested traffic. As a result, emergency patients suffer physical defects, leading to a reduced chance of survival. This study therefore developed an emergency notification system with positioning sensors and developed a system to find the most suitable route to reach emergency patients via Web Map Application. The goals of this study are 1) creating a Geo-IoT based emergency notification system to track the informant's whereabouts in real time, and 2) To develop a route search system for emergency medical services on Web Map Application and pgRouting. The development of this route search system uses the Free and Open-Source Software for Geospatial (FOSS4G) to develop the entire system. As for searching and analyzing road structures, the researcher used the pgRouting Library to help analyze the shortest path. The result of this study revealed that the developed system can be used to support the work of providing emergency medical services. It helps locate the emergency caller faster than before and improves efficiency in real-time emergency notification. As a result, the whistleblower will receive timely and rapid medical treatment.

1. บทนำ

ในปัจจุบันหลายประเทศกำลังเผชิญกับปัญหาสังคมสูงวัยอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร เช่นเดียวกับประเทศไทย ประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผู้สูงอายุคือกลุ่มผู้พิการส่วนใหญ่ ซึ่งกลุ่มของผู้สูงอายุนี้จะมีความพิการทางการเคลื่อนไหวหรือทางร่างกายมากที่สุด อันเนื่องมาจากสาเหตุการเสื่อมและการถดถอยของร่างกาย อีกทั้งจากโรคภัยไข้เจ็บ เป็นผลให้การทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ลดลง ทำให้ผู้สูงอายุมีความต้องการที่พึ่งพาที่เพิ่มสูงขึ้นในด้านการใช้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน (Kaewwilai, 2022)

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical System: EMS) เป็นหนึ่งในหลายระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อช่วยลดจำนวนการสูญเสีย การทุพพลภาพ และการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย อันเกิดจากความล่าช้าในการลำเลียงเคลื่อนย้ายผู้ป่วย โดยการจัดทำ

ระบบรับแจ้งเหตุที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความรู้ในการดำเนินการ และเข้าใจในระบบการแพทย์ฉุกเฉิน จึงต้องอาศัยความร่วมมือของผู้นำท้องถิ่นหรือชุมชน เพื่อให้ปฏิบัติการฉุกเฉินได้อย่างถูกต้อง ทันทีและสามารถช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉินไม่ให้เสียชีวิต เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์จากระบบการแพทย์ฉุกเฉินที่มีคุณภาพและมาตรฐานในการเข้าถึงระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินอย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน ตามพระราชบัญญัติการแพทย์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2551 ได้กำหนดเป้าหมายที่สำคัญ คือ ลดการเสียชีวิต ความพิการ และอาการแทรกซ้อนจากการเจ็บป่วยฉุกเฉิน จึงต้องมีการพัฒนาระบบการแพทย์ฉุกเฉิน (Wangsri, 2013)

ปัจจุบันในประเทศไทยมีหลายช่องทางการติดต่อการใช้บริการสถานบริการแพทย์ฉุกเฉินได้หลายช่องทาง เช่น ทางโทรศัพท์สายด่วน 1669, การใช้แอปพลิเคชัน ThaiEMS 1669, Mobile Applica-

tion 1669 และ Application TTRS Video (call center) ใช้สำหรับผู้ปกครองทางการได้ยินและการพูด) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้โทรศัพท์ทางสายด่วน 1669 หรือ Mobile Application 1669 เพื่อแจ้งจุดเกิดเหตุฉุกเฉิน สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุอาจมีปัญหาและใช้เวลานานในการสื่อสารเพื่อหาจุดเกิดเหตุ สาเหตุคือผู้แจ้งเบาะแสอาจควบคุมสติไม่ได้ การบอกสถานที่เกิดเหตุไม่ถูกต้องครบถ้วน ทำให้พนักงานขับรถเลือกใช้เส้นทางที่เข้าถึงตำแหน่งของผู้ป่วยได้ล่าช้า ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาพยาบาลที่ล่าช้าและไม่ทันเวลา อาจทำให้เสียชีวิตหรือทำให้อวัยวะต่างๆ บกพร่อง ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานตามปกติ และยังอาจทำให้การบาดเจ็บหรืออาการเจ็บป่วยเล็กน้อยรุนแรงขึ้น ดังนั้นปัญหาเหล่านี้จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องหาทางแก้ไขเพื่อให้กลุ่มผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงบริการการแพทย์ฉุกเฉินได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้รถโรงพยาบาลหรือรถกู้ชีพฉุกเฉินเลือกใช้เส้นทางที่ใกล้ที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินได้โดยเร็วที่สุด

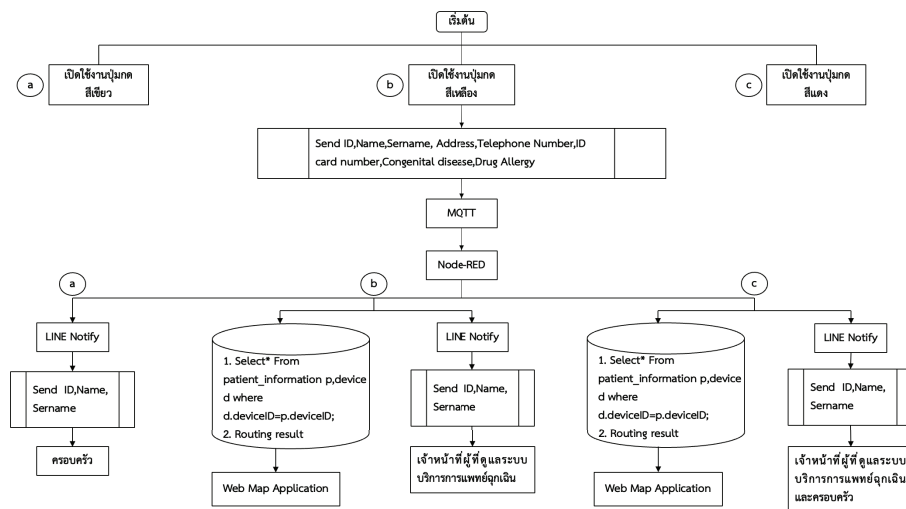
โดยในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เข้ามามีบทบาทกับวิถีชีวิตและสังคมมนุษย์มากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์ที่มากับอุปกรณ์ smart ต่างๆ ที่รู้จักกันในนาม อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) รวมถึงเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศหรือ Geo-Informatics เป็นสารสนเทศอีกประเภทหนึ่งที่เป็นที่รู้จักและใช้งานมากในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่นแผนที่ออนไลน์ (Web GIS) และระบบอินเทอร์เน็ตหรือจะเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด (OpenSource) เช่น PostgreSQL/PostGIS, pgRouting, QGIS, Apache, PHP, HTML, OpenStreetMap และอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันมนุษย์เราได้นำเทคโนโลยีมาเหล่านี้ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้ในทางด้านทางการแพทย์ หรือด้านการค้นหาเส้นทาง เป็นต้น (Patchara, 2016)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยการใช้ Dijkstra's algorithm ใน pgRouting ร่วมกับ Web Map Application และอุปกรณ์ Geo-IoT โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งบนอุปกรณ์ IoT และพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดไปยังจุดเกิดเหตุโดยใช้ OpenSource เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการติดตามตำแหน่งที่ตั้งของจุดผู้แจ้งเหตุได้แบบเรียลไทม์พร้อมกับค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดไปยังจุดแจ้งเหตุฉุกเฉินโดยแสดงผ่าน Web Map Application

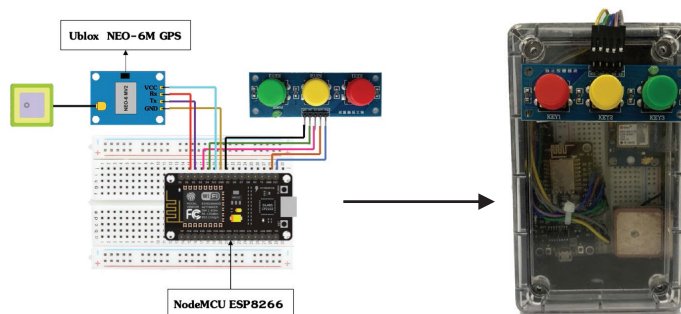
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบการทำงานของระบบ

ภาพประกอบ 1 แสดงภาพรวมการพัฒนา ระบบ Smart Emergency Notification System based on IoT (SENS-IoT) ด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อใช้ในการติดตามจุดแจ้งเหตุฉุกเฉินในการเข้าถึงบริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยโมดูล Ublox NEO-6M GPS และ Web Map Application มีรูปแบบการทำงานดังนี้ (a) เมื่อผู้ใช้ประสบอุบัติเหตุและเปิดใช้งานปุ่มกดสีแดง อุปกรณ์ SENS-IoT จะแจ้งเตือนไปยังระบบและส่งการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ไปยังโทรศัพท์มือถือของครอบครัวทันที (b) เมื่อผู้ใช้เกิดอุบัติเหตุฉุกเฉินแล้วทำการเปิดใช้งานปุ่มกดสีแดง อุปกรณ์ SENS-IoT แจ้งเหตุเข้ามาในระบบและข้อความจะแจ้งเตือนผ่าน Line Notify เข้าสู่โทรศัพท์มือถือของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินทันที รวมถึงจะมีการส่งตำแหน่งพิกัดไปในระบบด้วย เมื่อระบบได้รับละติจูด ลองจิจูด และรายละเอียดผู้ใช้แล้ว ระบบจะค้นหาเส้นทางที่พัฒนาด้วย pgRouting และคำนวณเส้นทางจากโรงพยาบาล



ภาพประกอบ 1 ภาพรวมของระบบ SENS-IoT กับ Web Map Application



ภาพประกอบ 2 การต่อวงจรระหว่างบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ Ublox NEO-6M GPS

หรือรถกู้ภัยฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุด ไปที่จุดแจ้งเตือนโดยเร็วที่สุด ข้อมูลจะแสดงบน Web Map Application และ (c) เมื่อผู้ใช้ประสบอุบัติเหตุและเปิดใช้งานปุ่มสีแดง อุปกรณ์ SENS-IoT จะแจ้งเหตุให้ระบบทราบและจะส่งข้อความทาง Line Notify ไปยังโทรศัพท์มือถือของบุคลากรที่รับผิดชอบจัดการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินและสมาชิกในครอบครัวทันที เมื่อระบบได้ตำแหน่งผู้แจ้งเหตุแล้ว ระบบจะทำการคำนวณเส้นทางจากโรงพยาบาลหรือรถกู้ภัยฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุด ไปที่จุดแจ้งเหตุฉุกเฉินโดยเร็วที่สุด ข้อมูลจะแสดงบน Web Map Application ดังผังงานในภาพประกอบที่ 1 ด้านล่าง

2.2 การออกแบบการทำงานของระบบแจ้งตำแหน่งด้วยเซนเซอร์ Ublox NEO-6M GPS และ NodeMCU ESP8266

การพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งบน IoT ที่แสดงข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของผู้แจ้งเหตุแบบเรียลไทม์ ได้ออกแบบการทำงานของเซนเซอร์ที่เป็นในส่วนของจีพีเอส โดยมีรายละเอียดของการออกแบบการทำงานของเซนเซอร์ Ublox NEO-6M GPS ขั้นตอนแรกในการจัดการกับการทำงานของเซนเซอร์ คือ โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับเขียนภาษา C เพื่อกำหนดคำสั่ง

เงื่อนไขการทำงานให้กับเซนเซอร์ด้วยการอัปโหลดคำสั่งที่เขียนไปยังตัวเซนเซอร์ (NodeMCU ESP8266 + Ublox NEO-6M GPS) ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด NodeMCU ESP8266 และ Ublox NEO-6M GPS ดังภาพประกอบ 2

2.3 การวิเคราะห์โครงข่ายถนนด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open-Source Software for Geospatial: FOSS4G) pgRouting

ซอฟต์แวร์รหัสเปิด pgRouting Library เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) โดยมีการพัฒนามาจาก dijkstra's algorithm pgRouting เป็นส่วนขยายของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ PostgreSQL/PostGIS โดยเพิ่มฟังก์ชันการคำนวณหาระยะทาง และการวิเคราะห์โครงข่ายอื่นๆ โดยวัตถุประสงค์หลักของ pgRouting คือ จัดหาฟังก์ชันสำหรับการใช้งานใน PostgreSQL/PostGIS เพื่อสร้างเครื่องมือในการคำนวณหาระยะทาง (Mali *et al.*, 2012) ซึ่งจะทำงานคล้ายๆ กับชุดคำสั่งในโปรแกรมบางโปรแกรม เช่น คำสั่งการค้นหาเส้นทางที่ใกล้ที่สุดในโปรแกรม ArcGIS Desktop หรือการขอเส้นทางใน Google Direction ที่ใช้ Dijkstra's algorithm ในการคำนวณเช่นกัน แต่ไม่ว่าจะ ArcGIS หรือ Google Direction เราไม่สามารถที่จะทำการเพิ่มเงื่อนไขในการค้นหาเส้นทางได้ด้วยตนเอง จึงมีแนวคิดที่จะนำ pgRouting มาใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทาง โดยเฉพาะเส้นทางในการเข้าถึงผู้ป่วยเพื่อช่วยเหลือทางการแพทย์ฉุกเฉิน ที่ไม่เฉพาะในเรื่องของระยะทางบนถนนเท่านั้น แต่สามารถใช้ได้กับข้อมูลอะไรก็ได้ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง การสิ้นเปลืองเวลา น้ำมัน เงิน ความปลอดภัย เช่น การเลือกที่จะไปเส้นทางที่เร็วที่สุด ไปเส้นทางที่ใกล้ ที่สุด ไปเส้นทางที่ผ่านทางลาดชันน้อยที่สุด เป็นต้น (Humhong *et al.*, 2016) นอกจาก pgRouting สามารถคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดและเร็วที่สุดแล้ว pgRouting

ยังสามารถช่วยในการวางแผนการเดินทางในการเข้าถึงหลายๆจุดในการเดินทางครั้งเดียว รู้จักกันในชื่อ The travelling salesman problem (TSP) เช่น จะไปส่งของให้ลูกค้าทั้งหมด 4 ที่ โดยเริ่มต้นเดินทางจากโรงงานผู้ผลิตควรจะไปส่งของให้ลูกค้ารายใดก่อนหลัง ตามลำดับ เพื่อช่วยในการประหยัดเวลาและน้ำมัน (Choosumrong *et al.*, 2014) ก็สามารถที่จะเอามาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการเดินทางไปเยี่ยมผู้ป่วยหลายๆจุดในวันเดียวได้เช่นกัน

การทำงานของ pgRouting ฟังก์ชันอัลกอริทึมไดจ์สตรา

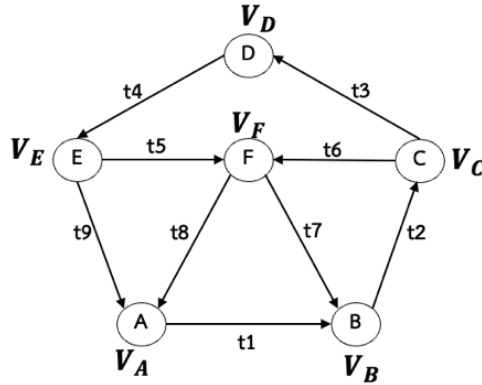
อัลกอริทึมของไดจ์สตรา (Dijkstra's algorithm) เป็นหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของ Dijkstra (E.W. Dijkstra, 1959) ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีกราฟมาใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่เร็วที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดของรถพยาบาลและรถกู้ภัยฉุกเฉินไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินและขณะเดียวกันก็คำนวณหาเส้นทางจากจุดเกิดเหตุไปยังโรงพยาบาล โดยใช้เวอร์เท็กซ์ (Vertex) และเส้น (Edge) แทนถนนที่เชื่อมต่อกัน กำหนดระยะทางระหว่างจุดเป็นตัวเลขลงไปในกราฟ โดยเรียกกราฟดังกล่าวว่ากราฟถ่วงน้ำหนัก (Weighted Graph) คือกราฟที่เส้นเชื่อมทุกเส้นมีค่าน้ำหนักที่มีค่าเป็นจำนวนจริงที่ไม่ติดลบ (Klawwikarn & Jirakajohnkool, 2014) สำหรับการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้น (start_vid) ไปยังจุดสิ้นสุด (end_vid) ซึ่งสามารถคำนวณเส้นทางได้ทั้งแบบ directed graph และ undirected graph (pgRouting Contributors, 2013) ดังสูตร

จากสูตร

$$G = (V, E) \quad (1)$$

เมื่อ

$V(G)$ คือ เซตของเวอร์เท็กซ์ (Vertex) ในกราฟ



ภาพประกอบ 3 การทำงานของกราฟ Dijkstra

$E(G)$ คือ เซตของเส้น (Edge) ในกราฟ

คำสั่งการคำนวณ pgr_dijkstra (Shortest Path Dijkstra)

$$V(x) = \min\{V(x), W(x) + d(y)\} \quad (2)$$

pgr_dijkstra(sql,,directed)

เมื่อ $sql = \{(id, source, target, cost, reverse_cost)\}$

• $d(y) = \text{dist}(v,y) \mid \min\{\text{distance from node start to node } y\}$

และ $source = U source_i$,

• $W(x) = \text{weight}(i,j) \mid \text{Distance from } i \text{ to } j: \text{edge}(i,j)$

$target = U target_i$,

$d(y)$ คือ ระยะทางของ Node ที่นำมาคำนวณ โดยจะเลือก Node ที่น้อยที่สุดของค่าที่นำมาคำนวณ ในครั้งนั้น และ $W(x)$ คือ ค่าระยะทางจาก Node i ไปยัง Node j

กราฟถ่วงค่าน้ำหนัก $G_d = (V,E)$ จะถูก กำหนดโดย

เซตของเวอร์เท็กซ์ (V)

$$V = source \cup target \cup start_{vid} \cup end_{vid}$$

$$G = (V, E)$$

เซตของเส้น (E)

$$V(G) = \{A, B, C, D, E, F\}$$

$$E(G) = \{t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9\}$$

โดย $V(G)$ คือ เซตของจุดต่อ (node) และ

$E(G)$ คือ เซตของเส้น (edges)

$$E = \left\{ \begin{array}{l} \{(source_i, target_i, cost_i) \mid \text{เมื่อ } cost_i \geq 0\} \\ \quad \text{if } reverse_cost = \emptyset \\ \{(source_i, target_i, cost_i) \mid \text{เมื่อ } cost_i \geq 0\} \\ \cup \{(source_i, target_i, reverse_cost_i) \mid \text{เมื่อ } \\ \quad reverse_cost_i \geq 0\} \text{ if } reverse_cost \\ \neq \emptyset \end{array} \right.$$

2.4 กระบวนการพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งและการค้นหาเส้นทางสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินบน Web Map Application

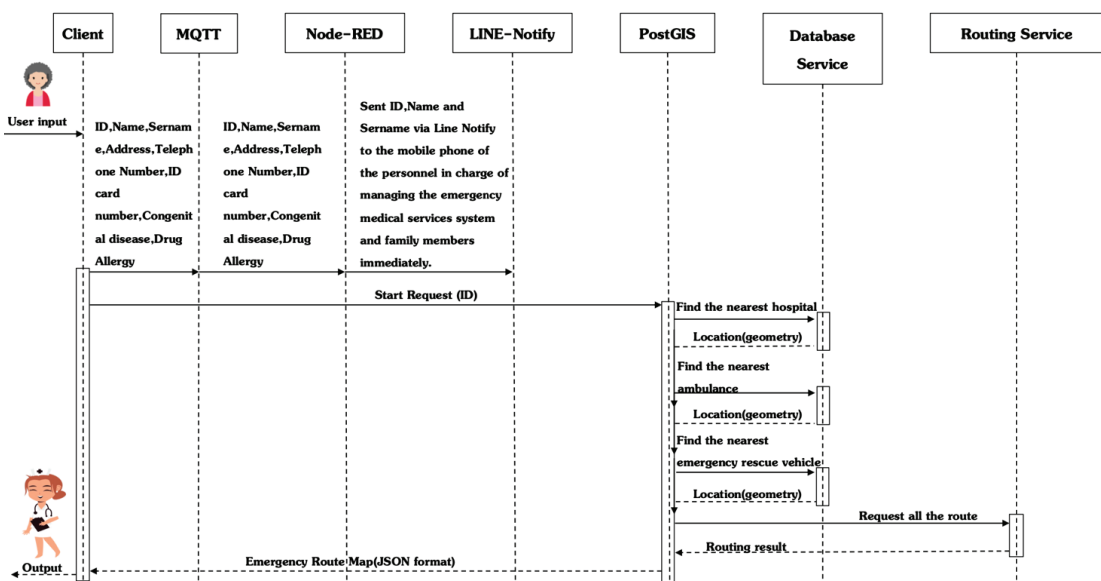
การศึกษานี้ได้พัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งและข้อมูลฉุกเฉินด้านสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการ ในภาพประกอบ 4 ในขั้นตอนที่ 1 เมื่อผู้สูงอายุหรือผู้พิการกดปุ่มบนอุปกรณ์ SENS-IoT เพื่อขอความช่วยเหลือ ขั้นตอนการทำงานของระบบจะเริ่มต้นขึ้น ตำแหน่งและรหัสอุปกรณ์จะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล จากนั้นระบบจะค้นหารายละเอียดของผู้ป่วยโดยค้นหาจากรหัสอุปกรณ์ในฐานข้อมูลของผู้ป่วย ในขั้นตอนที่ 2 หลังจากได้รับรายละเอียดของผู้ป่วย รวมทั้งอาการและตำแหน่งแล้ว ตำแหน่งนั้นจะถูกกำหนดเป็นจุดสิ้นสุด ในขั้นตอนที่ 3-5 ระบบจะค้นหารถพยาบาลที่ใกล้ที่สุด โรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด และรถกู้ภัยฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุดจากตำแหน่งของอุปกรณ์ โดยในขั้นตอนนี้ระบบจะทำการค้นหาตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดจากระยะการเดินทางจริงบนท้องถนนด้วยฟังก์ชัน service area

และ driving distant จากนั้นจะทำการกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้น (x1, y1) ระบบจะกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดไปยังจุดเกิดเหตุฉุกเฉินในขั้นตอนที่ 2 และจะส่งคืนผลลัพธ์การกำหนดเส้นทางกลับมาในรูปแบบ GeoJSON และแสดงบนหน้าเว็บอินเทอร์เฟซ (Choosumrong *et al.*, 2019)

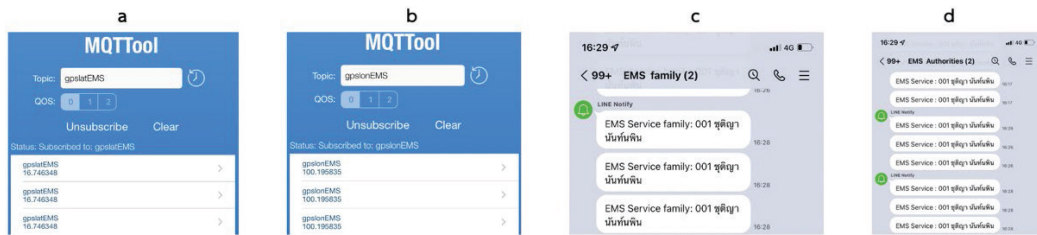
3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์ผ่าน Message Queue Telemetry Transport (MQTT) และการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify

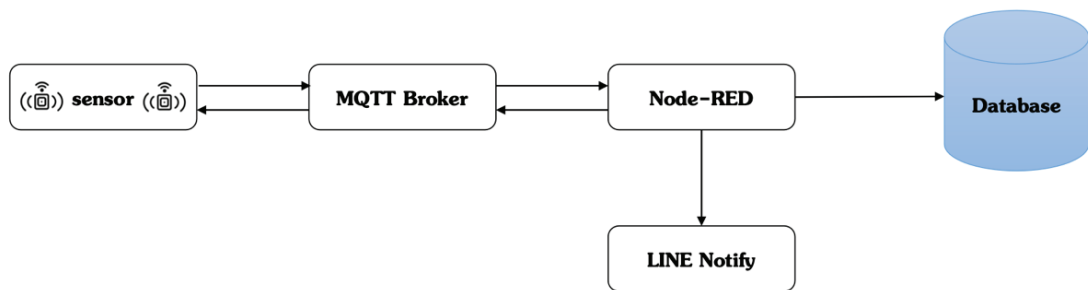
การพัฒนาระบบรับส่งข้อมูลผ่าน MQTT Protocol สามารถทำได้โดยการสร้าง Topic ให้แต่ละอุปกรณ์ จากนั้น MQTT Broker จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ที่ request เข้ามาตาม Broker Broker และ Topic นั้นๆ ในส่วนของ IoT จะใช้ MQTT Message ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Topic และ Message ซึ่ง Topic ทำหน้าที่เป็นตัวอ้างอิงหลัก



ภาพประกอบที่ 4 แผนผังการทำงานของระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่ง



ภาพประกอบ 5 ข้อมูล GPS Tracking ที่เข้า MQTT โดย (a) เป็นค่าพิกัดละติจูด และ (b) เป็นค่าพิกัดลองจิจูด (c) การแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ไปยังโทรศัพท์ของสมาชิกในครอบครัว และ (d) การแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ไปยังโทรศัพท์ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉิน



ภาพประกอบ 6 แผนผังการทำงานดึงข้อมูล GPS Tracking เข้าฐานข้อมูลจาก MQTT ด้วย Node-RED

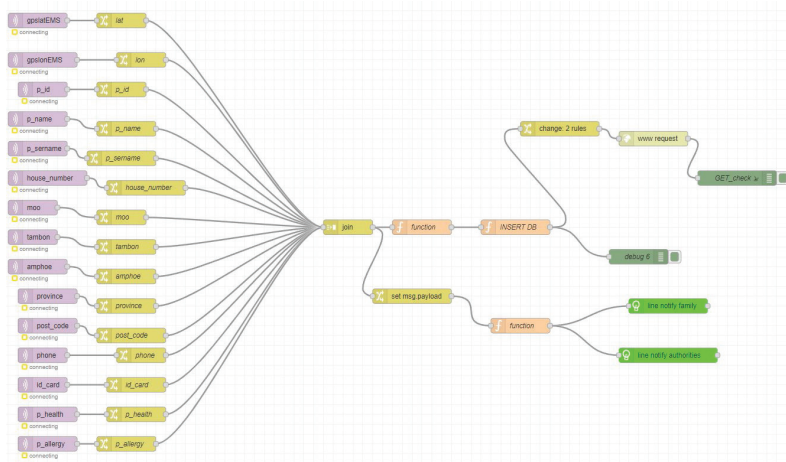
id	lat	long	time	date	id_number	name	surname	house_number	moo	tambon	amphoe	province	post_code	number_phone	id_card	health	allergy	geom	
6447	16.746394	100.195787	11:26:22.801509	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6448	16.746394	100.195787	11:26:28.478263	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6449	16.746394	100.195787	11:26:48.31235	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6450	16.746394	100.195787	11:26:57.771175	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6451	16.746394	100.195787	11:27:04.093637	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6452	16.746394	100.195787	11:27:10.649863	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6453	16.746394	100.195787	11:27:15.8605	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6454	16.746394	100.195787	11:27:22.440172	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6455	16.746394	100.195787	11:27:54.038804	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6456	16.746394	100.195787	11:27:59.146106	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6457	16.746394	100.195787	11:28:04.542856	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6458	16.746394	100.195787	11:28:09.23153	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6459	16.746394	100.195787	11:28:13.810742	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6460	16.746394	100.195787	11:28:19.261482	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6461	16.746394	100.195787	11:28:24.265073	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6462	16.746394	100.195787	11:28:29.77958	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6463	16.746394	100.195787	11:29:08.330893	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6464	16.746394	100.195787	11:29:14.70409	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304
6465	16.746394	100.195787	11:29:19.992333	2023-07-25	2	ซู่ถึกา	นันทิพน	99	9	ท่าโพธิ์	เมือง	พิษณุโลก	65000	876458913	1234567894561	น้ำหนัก	ความดัน	ไม่มี	0101000020E61000003DEE5BAD13BF304

ภาพประกอบ 7 ข้อมูล GPS Tracking ที่เข้าสู่ฐานข้อมูลใน Server

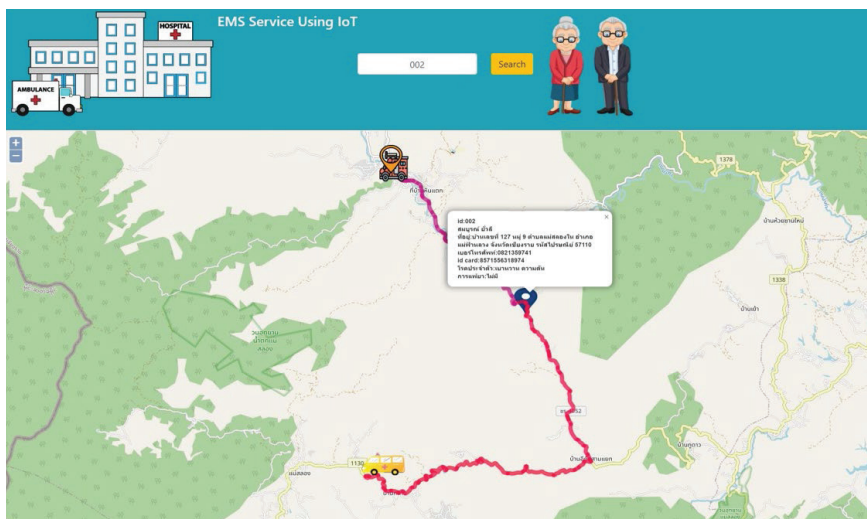
ของข้อมูลที่จะส่ง Message ออกไปยัง IoT และในส่วนของ Message ทำหน้าที่เป็นหน่วยข้อมูลของระบบที่ใช้ส่งข้อมูลให้ผู้ให้บริการถึงสถานะการทำงาน (Atmoko *et al.*, 2017) และในส่วนของการพัฒนาระบบแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ทำผ่านโปรแกรม Node-RED (Rattanapoka *et al.*, 2019) เมื่อผู้แจ้งเหตุทำการกดปุ่มอุปกรณ์ SENS-IoT ระบบก็จะทำการส่งการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์ของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินและครอบครัว ดังภาพประกอบ 5

3.2 ผลจากการนำเข้าข้อมูลไปยังฐานข้อมูลจาก Message Queue Telemetry Transport (MQTT) ด้วย Node-RED

อุปกรณ์ SENS-IoT จะทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลไปยังตัวกลาง MQTT Broker ส่วนอีกด้านหนึ่งของ Node-RED จะถูกใช้เพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อข้อมูลกับ MQTT Broker และติดตามเพื่อรับข้อมูลจาก MQTT Broker โดยจะดึงค่าละติจูดลองจิจูด และข้อมูลของผู้ใช้งานจากข้อความ MQTT ส่งค่าไปยัง



ภาพประกอบ 8 การเขียนโฟลว์ควบคุมเงื่อนไขและการทำงานบน Node-RED



ภาพประกอบ 9 ผลลัพธ์การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

ฐานข้อมูล (ภาพประกอบ 7) โดยได้ทำการเขียนเงื่อนไขในการควบคุมบน Node-RED (ภาพประกอบ 8) สรุปได้ดังแผนผังการทำงานในภาพประกอบ 6

3.3 ผลจากการออกแบบ Web Map Application

หน้าแสดงผลของเว็บไซต์จะแสดงตำแหน่งของผู้ใช้งานระบบที่ต้องการเรียกรถกู้ชีพและรถโรงพยาบาลจากการกดปุ่มอุปกรณ์ SENS-IoT ภายในหน้าเว็บไซต์จะแสดงเส้นทางจากรถกู้ชีพและ

รถโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดไปยังจุดแจ้งเหตุ ในขณะที่เดียวกันระบบก็จะทำการคำนวณเส้นทางจากจุดเกิดเหตุไปยังโรงพยาบาลที่เหมาะสมที่สุดปรากฏหน้าแสดงผลดังภาพประกอบ 9

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์เส้นทางในการเข้าถึงสำหรับการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและ Open Route

Service เพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่บริการการแพทย์ฉุกเฉิน (EMS) สามารถทราบตำแหน่ง จุดเกิดเหตุและเส้นทางที่ทำให้เข้าถึงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้แจ้งเหตุได้รับการรักษาพยาบาลที่ทันเวลา โดยผู้วิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดมาใช้ในการพัฒนาระบบทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (Choosumrong *et al.*, 2010)

เนื่องจากเซนเซอร์ Ublox NEO-6M GPS Module มีความไวในการตรวจจับสัญญาณ GPS ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณ GPS อ่อน ๆ ได้ มีความเสถียรสูงในการให้ข้อมูลตำแหน่ง GPS และการให้ข้อมูลตำแหน่งของ Ublox NEO-6M GPS Module มีความถูกต้องและความแม่นยำประมาณ 2.5 เมตร อีกทั้งยังมีโหมดที่ช่วยลดการใช้พลังงานของระบบสำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องทำงานตลอดเวลาหรือในสภาวะพลังงานที่มีจำกัดอีกด้วย และในส่วนของการทำงานของ Ublox NEO-6M GPS Module นั้น มีการใช้งานที่ง่ายต่อการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยจึงได้นำ Ublox NEO-6M GPS Module มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบติดตามตำแหน่งร่วมกับ IoT เพื่อสร้างระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินที่มีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งและส่งข้อมูลไปยังระบบในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน (Majumdar *et al.*, 2010) ระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยเซนเซอร์ระบุตำแหน่ง มีความสอดคล้องกับงานของ (Majumdar *et al.*, 2010) ได้มีการพัฒนาระบบการแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยบอร์ด Arduino และ GSM module โดยพิกัด GPS จะถูกส่งในรูปแบบของข้อความและแสดงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินบน Google Maps แต่การพัฒนาระบบการแจ้งเหตุฉุกเฉินด้วยบอร์ด Arduino และ GSM module มีการพัฒนาการเขียนโค้ดที่ยากกว่า NodeMCU ESP8266 และ Ublox NEO-6M GPS Module กับ Antenna อีกทั้งไม่มีการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ภายในตัวบอร์ดเหมือนกับ NodeMCU ESP8266 ทำให้การแจ้งเตือนในรูปแบบข้อความมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify และการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

ในปัจจุบันเป็นที่นิยมมากกว่าการแจ้งเตือนในรูปแบบข้อความ

การพัฒนาระบบนี้เป็นการนำเทคนิค pgRouting มาใช้ในการค้นหาเส้นทางสามารถสร้างเงื่อนไขในการค้นหาเส้นทางได้หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของแต่ละงาน เช่น การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เร็วที่สุด และเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดหรืออื่นๆ โดยคำว่าเหมาะสมที่สุดสามารถที่จะทำการเพิ่มปัจจัยด้านทางโครงข่ายถนน (Impedance factor) เช่น การหลีกเลี่ยงทางแยกไฟแดง หลีกเลี่ยงการเดินทางผ่านถนนตรอก ซอก ซอย ก็สามารถที่จะเพิ่มเข้าไปในการคำนวณได้ อีกทั้งยังสนับสนุนการตัดสินใจในการเดินทางและช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการเดินทาง เพื่อประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทางได้ โดย pgRouting Library มีประสิทธิภาพและศักยภาพเพียงพอสำหรับนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้านี้ เพื่อช่วยในการคำนวณระยะทางตามเส้นทางการจราจรจริงที่ช่วยให้ได้คำตอบที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากระบบนี้สามารถกำหนดเงื่อนไขการค้นหาเส้นทางได้หลากหลายปัจจัย ขึ้นอยู่กับการคำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตผู้แจ้งเหตุมากที่สุดในการเดินทาง ในการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินโดยใช้ pgRouting และ ซอฟต์แวร์รหัสเปิด มีความสอดคล้องกับงานของ (Choosumrong *et al.*, 2019) ได้มีการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดด้วย Dijkstra's algorithm ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกับ PostgreSQL/PostGIS เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายถนนสำหรับการบริการเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วยฟังก์ชัน pgr_Dijkstra โดยใช้ในการคำนวณเส้นทางระหว่างตำแหน่งของผู้ป่วยรถฉุกเฉินไปโรงพยาบาลในบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณระยะทาง ได้แก่ ความเร็วระยะทาง เป็นต้น ซึ่งมีความแตกต่างจากงานวิจัยนี้ตรงที่ผู้วิจัยได้นำข้อมูล slope ของพื้นที่สูงมาใช้ในการคำนวณระยะทางเพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการเดินทางบนพื้นที่สูงที่เป็นภูเขามากยิ่งขึ้น

การพัฒนาระบบแพลตฟอร์มในรูปแบบ Web Map Application เป็นการทำงานที่มีความสะดวกและรวดเร็วในการติดตามผลและแสดงผล และเป็นการทำงานที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจหลักการการทำงานได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบในรูปแบบ Web Map Application ซึ่งมีการใช้ภาษาในการพัฒนาได้แก่ PHP และ Apache เป็นภาษาหลักในการพัฒนาขึ้นมาโดยสามารถดึงข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายมาแสดงบนแผนที่แบบเรียลไทม์ได้ โดยมีโปรแกรม PostgreSQL/PostGIS เป็นโปรแกรมในการจัดการฐานข้อมูลด้วยภาษา SQL ทำให้สามารถติดตามผลและแสดงผลตำแหน่งจุดเกิดเหตุฉุกเฉินได้แบบเรียลไทม์และแสดงเส้นทางที่ทำให้เข้าถึงตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่และทุกเวลา ผ่านสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต(Rerkyuksuk *et al.*, 2013) ในการพัฒนาระบบด้าน Web Map Application ของ (Chuenban *et al.*, 2013) ใช้ซอฟต์แวร์การพัฒนา Web Map Application ได้แก่ Appserv Apache, PHP, MySQL, phpMyAdmin, Windows 7 Ultimate และ Dreamweaver CS3 โดยผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยโดยการปักหมุดโดยใช้ Google Maps API และกำหนดพื้นที่ต้นทางและปลายทางเพื่อหลีกเลี่ยงพื้นที่เสี่ยงภัย ต่างจากงานวิจัยนี้ตรงที่ผู้วิจัยได้มีการพัฒนา Web Map Application ด้วย PostgreSQL/PostGIS เนื่องจากมีฟังก์ชันการทำงานของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ง่ายกว่า MySQL, phpMyAdmin และการแสดงข้อมูลผ่าน Google Maps ก็มีข้อจำกัดในการเรียกข้อมูลออกมาแสดงและการใช้บริการการแสดงผลตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินบน Google Maps ไม่สามารถแก้ไขข้อมูล ปรับปรุงข้อมูล หรือไม่สามารถสร้างเงื่อนไขและเพิ่มปัจจัยของเส้นทางในการเดินทางได้ ทำให้ไม่สามารถนำตำแหน่งของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินมาวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมของเส้นทางได้ เหมือนกับ pgRouting Library

เอกสารอ้างอิง

- Atmoko, R. A., Riantini, R., & Hasin, M. K. (2017). IoT real time data acquisition using MQTT protocol. *Proceeding of International Conference on Physical Instrumentation and Advanced Materials*, 27 October 2016, Surabaya, Indonesia, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/853/1/012003>
- Choosumrong, S., Raghavan, V., & Realini, E. (2010). Implementation of dynamic cost based routing for navigation under real road conditions using FOSS4G and OpenStreetMap. *Proceedings of GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences (GIS-IDEAS)*, Hanoi, Vietnam, 9-11 December 2010, 53-58.
- Choosumrong, S., Raghavan, V., Delucchi, L., Yoshida, D., & Vinayaraj, P. (2014). Implementation of dynamic routing as a web service for emergency routing decision planning. *International Journal of Geoinformatics*, 10(2), 13-20. <https://doi.org/10.52939/ijg.v10i2.373>
- Choosumrong, S., Humhong, C., Raghavan, V., & Fenoy, G. (2019). Development of optimal routing service for emergency scenarios using pgRouting and FOSS4G. *Spatial Information Research*, 27, 465-474. <https://doi.org/10.1007/s41324-019-00248-2>

- Choosamrong, S. (2022). *The Online GIS, Phitsanulok*. Rattanasuwan Publishing House 3. [In Thai]
- Humhong, C., Choosumron, S., & Homhuan, S. (2016). Development of spatial decision support system for considering staff dormitory of Naresuan University using FOSS4G. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 24(1), 115-127. <https://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/1274> [In Thai]
- Klawwikarn, P., & Jirakajohnkool, S. (2014). Application of geographic information system for service area analysis of emergency medical service Centers in Loei Province. *Thai Journal of Science and Technology*, 3(3), 137-147. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/21037> [In Thai]
- Chuenban, K., et al. (2013). *Web application for displaying flood-affected areas and giving directions to avoid risky areas*. Computer Engineering Department. Faculty of Engineering Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus. [In Thai]
- Kaewwilai, L. (2022). Comprehensive geriatric assessment in community: Roles of nurse practitioner. *Journal of Public Health Nursing*, 36(1), 135-152. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/phn/article/view/254538> [In Thai]
- Mali, V., Rao, M., & Mantha, S. S. (2012). Enhanced routing in disaster management based on GIS. *Proceeding of International Conference on Intuitive Systems & Solutions, Mumbai, India, January 5-6, 2012*, 14-18. <https://www.ijcaonline.org/proceedings/iciss/number1/7952-1004>
- Majumdar, N., Bhargava, P., & Shirin, R. K. (2014). Emergency panic button using microcontrollers. *International Journal of Computer Applications*, 99(9), 1-3. <https://www.ijcaonline.org/archives/volume99/number9/17398-7955>
- Raksakhom, P. (2016). - *Development of optimal routing system for emergency medical service: Case study of Muang Phitsanulok (Bachelor Thesis)*. Phitsanulok, Naresuan University. Retrieved from https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2559/geo_2559_024_FullPaper.pdf
- Rerkyuksuk, S., et al. (2013). *Open code software and free closed source geospatial resources for geospatial applications*. School of Science Suranaree University of Technology.

-
- Rattanapoka, C., Chanthakit, S., Chimchai, A., & Sookkeaw, A. (2019). An MQTT-based IoT cloud platform with flow design by Node-RED. *Proceeding of Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C), Bangkok, Thailand*, December 11-13, 2019, 1-6. <https://doi.org/10.1109/RI2C48728.2019.8999942>
- Wangsri, K. (2013). The EMS system in Thailand. *Srinagarind Medical Journal*, 28 (4 Suppl), 69-73. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/SRIMEDJ/article/view/14763> [In Thai]

ระบบการแจ้งเตือนการล้มอัจฉริยะเพื่อการระบุตัวตนและท่าทางการล้ม Intelligent Fall Alert System for Identification and Fall Detection

นโรตม์ นิลสุขุม¹, วียดา ยะไวทย์^{1,*}

Narote Nilsukhum¹, Wiyada Yawai¹

¹ หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย

¹ Computer Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

* Corresponding Author: Wiyada Yawai, wiyada.y@nrru.ac.th

Received:

5 March 2023

Revised:

2 June 2023

Accepted:

17 June 2023

คำสำคัญ:

ตรวจจับการหกล้ม, กล้อง IP, LBPH, กล่องแสดงขอบเขต, มีเดียไปป์

Keywords:

Fall detect, IP camera, LBPH, Bounding Box, MediaPipe

บทคัดย่อ: อุบัติเหตุที่เกิดจากการหกล้มในผู้สูงอายุและผู้ที่อยู่อาศัยอยู่คนเดียว อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บ โดยเฉพาะการหกล้มของผู้สูงอายุที่น่าอันตรายกว่าบุคคลในวัยอื่นหลายเท่าตัว หากไม่ได้รับการรักษาที่ทันเวลาอาจทำให้เกิดการสูญเสียถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิต ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอระบบการแจ้งเตือนการล้มอัจฉริยะเพื่อการระบุตัวตนและท่าทางการล้ม โดยนำภาพที่ได้จากกล้องไอพีส่งต่อไปยังโปรแกรมมีเดียไปป์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการตรวจจับจุดสำคัญบนร่างกาย จากนั้นโปรแกรมจะตรวจสอบบริเวณที่เป็นตัวบุคคลและจะแสดงขอบเขตของบุคคลให้ชัดเจน เพื่อนำบริเวณที่เป็นบุคคลนั้นไปตรวจจับการหกล้มและท่าทางการหกล้ม ทั้งนี้ระบบการแจ้งเตือนการล้มยังสามารถระบุตัวตนของผู้ที่ประสบเหตุได้โดยใช้เทคนิค LBPH ในการสกัดคุณลักษณะพิเศษจากใบหน้าของบุคคลและนำไปเปรียบเทียบกับใบหน้าที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้สามารถทราบได้ว่าผู้ที่ประสบอุบัติเหตุคือใคร ส่วนการแจ้งเตือนจะใช้การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเข้าถึงการแจ้งเตือนได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ในงานวิจัยนี้ มีผลการทดสอบความแม่นยำในการระบุใบหน้าร้อยละ 93.1 และตรวจจับท่าทางการล้มร้อยละ 90.5

Abstract: Accidental falls in elderly and those living alone can cause injury, particularly among the elderly, who are considered much more dangerous than in individuals of other ages. If not treated in time, it may cause loss to the point of disability or death. In this research, we presented an intelligent fall alert system for identification and fall detection. In the proposed system, the IP

camera images are processed by MediaPipe, which identifies key points in the human body. By clearly identifying the area of the body, the system then detects falls and falling postures. The fall notification system can also identify the victims by using LBPH techniques to extract special features from a person's face and compare them with faces stored in a database to identify the victim. For the notification part, the system uses notifications through the LINE application to allow users to access notifications easily, conveniently, and swiftly. This research showed that the accuracy in facial recognition is 93.1%, and the rate of detecting falling postures is 90.5%.

1. บทนำ

อุบัติเหตุที่มักพบได้บ่อยกับผู้สูงอายุมักจะเป็นการเกิดอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการล้ม ซึ่งจะเกิดกับผู้สูงอายุที่จัดอยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป (Rama Channel, 2018) และผู้สูงอายุยังมีความเสี่ยงต่อการหกล้มได้ง่าย เนื่องจากสุขภาพและความเสื่อมของร่างกายอาจเป็นผลให้เกิดปัญหาการทรงตัวและการเคลื่อนไหวที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีหลายอุบัติเหตุจากสุขภาพร่างกายที่อาจทำให้เกิดการล้ม ไม่ว่าจะเป็นท่าทางของการลุก การนั่ง การยืน และการก้าวเดิน เป็นต้น (Srenual & Kanokthet, 2021) ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นอุบัติเหตุภัยใกล้ตัวที่ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตหากไม่ได้รับการช่วยเหลือที่ทันเวลา ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับการหกล้มและประเมินความเสี่ยงของการหกล้มจากระยะไกลแบบทันทีที่สามารถส่งการแจ้งเตือนการหกล้มไปยังบุคคลที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์หรือแอปพลิเคชันเหล่านั้น (Buabok *et al.*, 2016) แต่ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูงและจำเป็นจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ไว้ตลอดเวลา ซึ่งในผู้สูงอายุอาจเกิดความไม่สะดวกในการใช้ชีวิตประจำวันและรู้สึกไม่สบายตัวเมื่อต้องสวมใส่อุปกรณ์ติดตัวตลอดเวลา หรือผู้ที่มีอาการแพ้ต่อผิวหนัง อุปกรณ์ที่ใช้ต้องไม่ไปทำให้เกิดความระคายเคืองที่ทำให้เกิดอาการแดงหรือคันกับผิวหนังส่วนที่ต้องสัมผัสกับอุปกรณ์ตลอดเวลา (Bumrungrad International Hospital, 2022)

การตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุจะต้องเป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถดูแลทางด้านสุขภาพของผู้สูงอายุได้อย่างใกล้ชิดเพื่อจะสามารถหลีกเลี่ยงอันตรายที่จะเกิดขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถติดตามกิจกรรมในชีวิตประจำวันและการเคลื่อนไหวในอิริยาบถต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการหกล้มได้ อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเป็นอุปกรณ์การตรวจจับการล้มมีหลายแบบ เช่น ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เข้ามาใช้สำหรับจำแนกข้อมูลกิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุเพื่อติดตามความเสี่ยงและโอกาสที่จะเกิดการล้ม (Wuttisit, 2020) นอกจากนี้ยังมีการตรวจจับการล้มโดยใช้สายรัดข้อมือที่รองรับการเคลื่อนไหวจากข้อมือขณะเกิดการล้มโดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพื่อแยกแยะระหว่างการเคลื่อนไหวปกติในชีวิตประจำวันและลักษณะอาการที่เกิดจากการล้ม (Wongyai, Puckdeevongs, & Buayamsang, 2020) ความรุนแรงอีกอย่างหนึ่งของการล้มเกิดจากลักษณะของทิศทางการล้ม เช่น ลักษณะการล้มไป

โดยขั้นตอนการพัฒนาาระบบตรวจจับใบหน้าแบบ LBPH แบ่งการทำงานด้านหน้า ด้านหลัง หรือด้านข้าง เป็นต้น จึงต้องมีการตรวจจับลักษณะของทิศทางการล้มและการเคลื่อนไหวหลังเกิดการล้มด้วย จะทำให้ผู้ที่ช่วยเหลือสามารถประเมินความรุนแรงของการล้มได้ (Somphaeng & Jaruvitayakovit, 2017) นอกจากการตรวจจับลักษณะของการล้มแล้วงานวิจัยที่เกี่ยวกับการล้มอัจฉริยะยังมีระบบ

การแจ้งเตือนภัยการล้มสำหรับผู้สูงอายุ เช่น มีการใช้ระบบแจ้งเตือนภัยการล้มสำหรับผู้สูงอายุผ่านแอปพลิเคชันที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่ต้องอยู่บ้านเพียงคนเดียว โดยตรวจจับการหกล้มผ่านกล้องไอพี (IP Camera) แบบเรียลไทม์ เมื่อตรวจจับและประมวลผลว่าเป็นการหกล้ม ระบบจะทำการแจ้งเตือนโดยส่งภาพการหกล้มผ่านแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้งานที่ได้ตั้งไว้ (Tayanupap & Yawai, 2022)

จากการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อผู้สูงอายุเกิดอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการล้ม และเทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาที่จะใช้แก้ปัญหาการตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ ทางผู้พัฒนาจึงได้มีแนวคิดต่อยอดในการทำระบบตรวจจับการหกล้ม ด้วยกล้องไอพี ด้วยการนำข้อมูลภาพมาวิเคราะห์ด้วยระบบตรวจจับใบหน้าและท่าทางการล้มในรูปแบบต่างๆ กัน และหากพบการเคลื่อนไหวที่เข้าข่ายการหกล้ม จะส่งการแจ้งเตือนทั้งชื่อผู้ล้มและท่าทางการล้มไปยังการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notification) ของสมาชิกภายในบ้านโดยทันที

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของณัฐวุฒิ ถาวรวงศ์ และคณะ (Thawornwong, Akarasathung, & Makasorn, 2011) ได้พัฒนาการออกแบบชุดตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยเซ็นเซอร์การเอียง งานวิจัยนี้พัฒนาชุดตรวจจับการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเอียง GP1S036HEZ ติดตั้งที่เอวของผู้สูงอายุ ชุดนี้จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของมุมตามแรงโน้มถ่วงเมื่อผู้สูงอายุหกล้ม หากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพจากแนวตั้ง/ตั้งเป็นแนวนอน ชุดแจ้งเตือนภัยจะส่งสัญญาณเสียงโทนต่อเนื่องดัง 85 dB ที่ความถี่ 2,400 Hz ผ่านลำโพงบัสเซอร์ จากการทดสอบกับผู้ทดสอบจำนวน 10 คน โดยใช้แบตเตอรี่ 1.5 V ขนาด AA 4 ก้อน ให้แรงดันไฟฟ้า 6 V ซึ่งงานวิจัย

นี้มีข้อเสียคือ ผู้สูงอายุต้องสวมใส่อุปกรณ์เซ็นเซอร์ตลอดเวลาเพื่อตรวจจับการล้ม ทำให้ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนไหว และได้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 81.5% เท่านั้น

งานวิจัยของสุพัตรา วยะลุน (Wayalun, 2017) เรื่องการประมวลผลภาพ 3 มิติเพื่อตรวจจับการหกล้มภายในบ้านของผู้สูงอายุ การพลัดตกเป็นปัญหาสำคัญในผู้สูงอายุที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและชีวิต งานวิจัยค้นหาวิธีการตรวจจับการหกล้มโดยใช้การประมวลผลแบบ 3 มิติ โดยไม่ต้องสวมใส่อุปกรณ์เสริม ผู้พัฒนาได้ศึกษากล้องไคเนคต์ (Kinect) พัฒนาโปรแกรมประมวลผลภาพ และอัลกอริทึมหลากหลายรูปแบบเพื่อรองรับการเคลื่อนไหวของร่างกายทั้งหมด 20 จุด ลักษณะการหกล้ม และวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล การตรวจจับการเคลื่อนไหวและระบุตำแหน่งของกล้องไคเนคต์ ซึ่งจำนวนจุดของร่างกายมีเพียง 20 จุด และไม่ได้จำแนกท่าทางการล้มในรูปแบบต่าง ๆ ได้ชัดเจน

ส่วนงานวิจัยของชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์ (Wuttisit, 2020) ในเรื่องการตรวจจับการล้มสำหรับผู้สูงอายุและจำแนกข้อมูลกิจกรรมการเคลื่อนไหว บทความนี้พัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการล้มและกิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อช่วยบุคลากรทางการแพทย์ติดตามผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงในการล้ม ระบบนี้ทำนายโอกาสการล้มด้วยวิธี Weight K-Nearest Neighbor และส่งข้อมูลผ่านเว็บคลาวด์ IoT อุปกรณ์มีความถูกต้องในการตรวจจับการล้ม 85.80% และความแม่นยำ 92.48% นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกข้อมูลผู้ที่มีความเสี่ยงในการล้มด้วยค่าความไวเฉลี่ย 90.91% และผู้ที่ไม่มีความเสี่ยงด้วยค่าจำเพาะเฉลี่ย 98.98% วิจัยนี้มีจุดประสงค์ให้อุปกรณ์ช่วยเหลือเบื้องต้นในฉุกเฉินและเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ในการวินิจฉัยการล้มของผู้สูงอายุต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม การใช้อุปกรณ์ IoT มีผลต่อการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้สูงอายุทำให้ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้สะดวก ยุ่งยากต่อการทำกิจวัตรประจำวัน

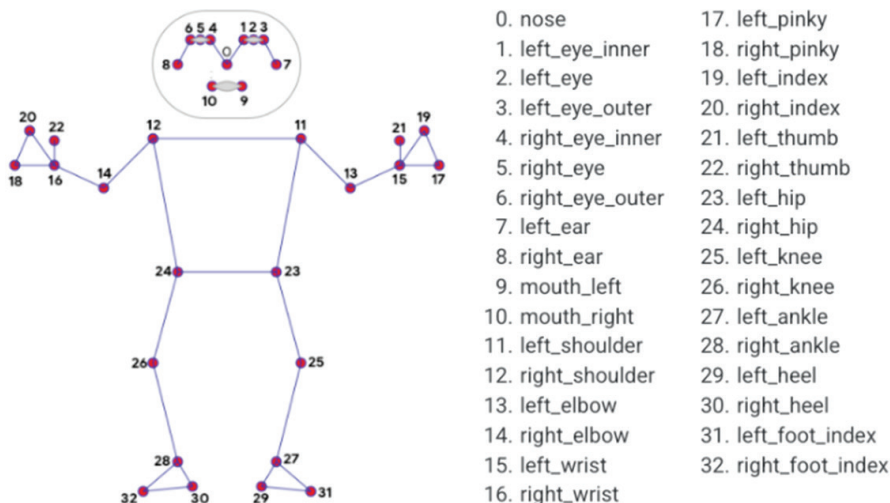
นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาการตรวจจับการล้มโดยใช้การตรวจจับภาพแบบเรียลไทม์ผ่านกล้องไอพี ซึ่งพัฒนาโดย อนุชา ทยาอนุภาพ และวิดา ยะไวย์ (Tayanupap & Yawai, 2022) เรื่องระบบตรวจจับการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้กล้องแสดงขอบเขตในการตรวจจับการหกล้ม และแจ้งเตือนด้วยรูปภาพผ่านการแจ้งเตือนผ่านระบบไลน์ ซึ่งกล้องแสดงขอบเขตเมื่อจับวัตถุได้จะติกรอบรูปร่าง ความกว้างความยาวเพื่อวิเคราะห์ภาพในแต่ละเฟรม เมื่อเข้าข่ายเงื่อนไขการหกล้มจะทำการส่งรูปภาพแจ้งเตือนไปยังการแจ้งเตือนผ่านระบบไลน์ทันที ระบบสามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์ ข้อผิดพลาดระบบยังไม่สามารถตรวจจับการหกล้มที่เป็นการพุ่งลงหน้ากล้อง ยังไม่สามารถตรวจจับได้ชัดเจน จึงเป็นข้อจำกัดของระบบนี้

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการพัฒนาการตรวจจับการล้มโดยใช้มีเดียไปป์ (MediaPipe) ของกูเกิล (Google) เพื่อตรวจจับจุดสำคัญบนร่างกายมนุษย์ ร่วมกับการใช้ Bounding box เพื่อตรวจจับร่างกายมนุษย์และตรวจจับการล้ม ทั้งนี้ยังได้พัฒนาวิธีการระบุตัวของผู้ล้มโดยใช้วิธีการจดจำใบหน้าแบบ Local Binary

Pattern Histograms (LBPH) ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.2 มีเดียไปป์ (MediaPipe)

MediaPipe (Grishchenko & Bazarevsky, 2020) เป็นโทโปลยี Pipeline ที่ล้ำสมัยที่สามารถตรวจจับจุดบนร่างกาย อีกทั้งยังสามารถจับจุดบนใบหน้าและมือได้อีกด้วย โดยใช้การโอนหน่วยความจำระหว่าง Interference Backend การเรียกใช้งานได้สะดวกและสามารถนำไปวิเคราะห์ที่ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การออกกำลังกายและการตรวจจับภาษากายต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับการติดตามท่าทางของร่างกายที่แม่นยำจะมาจากการอนุมานจุดสังเกต 3 มิติ 33 จุด ดังภาพประกอบ 1 ในการกำหนดท่าทางต่างๆ จะนำจุดดังกล่าวมากำหนดตามแนวแกน X และแกน Y รวมถึงการคำนวณมุมหรือระยะผ่านสูตรคณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดท่าทางในรูปแบบที่ต้องการ เนื่องจากการนำไปใช้งานค่อนข้างจะมีอิสระ จึงสามารถจำแนกใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย อย่าง เช่น การตรวจจับท่าทางการหกล้ม ในงานนี้ผู้พัฒนาได้ใช้การคำนวณมุมและการเทียบจุดมาร์คตามแนวแกน X และแกน Y ในการพัฒนาเงื่อนไขการตรวจจับท่าทางการหกล้ม



ภาพประกอบ 1 ภาพแสดงจุดและเส้นบนร่างกายของ MediaPipe

2.3 เทคนิค Local Binary Pattern Histograms (LBPH)

การจัดจำแนกใบหน้าแบบ LBPH (Treeprapin, Naudom, & Kongchai, 2018) เป็นการระบุตัวตนโดยใช้การแยกแยะลักษณะพิเศษบนใบหน้า ซึ่งนำค่า LBP ที่คำนวณจากแต่ละพิกเซลมาทำ Histogram เพื่อการระบุจุดพิเศษบนใบหน้า ด้วยคุณสมบัติของเทคนิคนี้จึงสามารถทำงานได้ในภาวะที่มีแสงน้อย จึงนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบใบหน้าในเทคโนโลยีต่างๆ

LBPH เป็นวิธีการแปลงรูปภาพใบหน้าเป็นลักษณะเด่น (Features) เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกหรือรู้จำใบหน้าของบุคคลต่าง ๆ โดยอ้างอิงจากแนวคิดของ Local Binary Patterns (LBP) และการสร้างฮิสโตแกรม (Histograms) เพื่อสร้างลักษณะเด่นของรูปภาพใบหน้าโดยมีกระบวนการทำงานของ LBPH สามารถสรุปได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1) แปลงรูปภาพใบหน้าเป็นรูปแบบสีเทา (Grayscale)

2) แบ่งรูปภาพใบหน้าเป็นเซลล์เล็กๆ หรือเรียกว่าพื้นที่สกัด (Local Regions) โดยใช้ตัวเลื่อนหน้าต่าง (Sliding Window) ที่เลื่อนไปที่ละพิกเซล

3) สำหรับแต่ละพื้นที่ที่สกัด จะสร้างลักษณะเด่นโดยใช้ Local Binary Patterns (LBP) โดยการเปรียบเทียบค่าความเข้มของพิกเซลกับพิกเซลที่อยู่รอบๆ พื้นที่นั้น แล้วกำหนดค่าไบนารี (binary) ตามผลลัพธ์ที่ได้

4) นับความถี่ของลักษณะเด่นที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ในแต่ละพื้นที่ที่สกัด และรวมความถี่ทั้งหมดเข้าด้วยกันในรูปของเวกเตอร์เชิงปริมาณ (Quantized Histogram Vector)

5) นำเวกเตอร์เชิงปริมาณที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 เป็นลักษณะเด่นสำหรับรูปภาพใบหน้านั้นๆ LBPH

มีความสามารถในการจับคู่ลักษณะเด่นของรูปภาพใบหน้าอย่างเป็นเนื้อเป็นตัว และเหมาะสำหรับการจำแนกใบหน้าในระดับงานที่มีความซับซ้อนต่ำ เช่น การรู้จำใบหน้าของบุคคลในรูปภาพหรือการตรวจจับใบหน้าในระบบการเข้าระบบด้วยใบหน้า

ข้อดีของ LBPH มีดังนี้

1) ง่ายต่อการทำงานและการนำไปใช้งาน เนื่องจากมีความเรียบง่ายและเป็นที่ยอมรับในงานทางด้านการจำแนกใบหน้า

2) มีประสิทธิภาพในการจำแนกใบหน้าที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากสามารถจับความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่ใบหน้าได้ดี

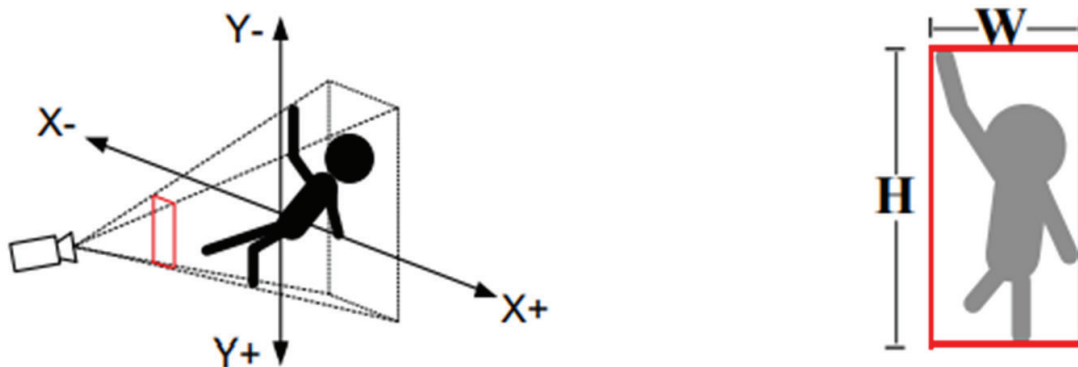
3) คำนวณและสร้างลักษณะเด่นใบหน้าอย่างรวดเร็วเนื่องจากใช้งานข้อมูลพิกเซลในพื้นที่สกัดเท่านั้น

4) ไม่ต้องการข้อมูลการเรียนรู้จากข้อมูลใบหน้ามากนัก เนื่องจากใช้เทคนิคเชิงลำดับภาพและการคำนวณสถิติเบื้องต้น

5) สามารถระบุใบหน้าได้ดีในสถานการณ์ที่มีความแปลกตา เช่น การมีรอยแผลบนใบหน้า ความแตกต่างในลักษณะทางกายภาพของแต่ละบุคคล เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงแบบธรรมชาติของใบหน้า ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงในแสงสว่างหรือลักษณะพื้นที่ของใบหน้า

2.4 กล่องแสดงขอบเขต (Bounding Box)

กล่องแสดงขอบเขต (Bounding Box) เป็นกล่องที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมอยู่ล้อมรอบกรอบวัตถุที่ต้องการจะวิเคราะห์ โดยการกำหนดค่าตามความกว้างความสูงของวัตถุตามพิกัดแกน X, Y ของมุมบนซ้าย อย่างการตรวจจับการเคลื่อนไหวต่างๆ กล่องแสดงขอบเขตจะถูกใช้เพื่อค้นขอบเขตของวัตถุที่สนใจตั้งอยู่ (Yajai *et al.*, 2015) ดังนั้น กล่องแสดง



ภาพประกอบ 2 ภาพแสดงหลักการวิเคราะห์ขอบเขต



ภาพประกอบ 3 กล้องไอพี (IP camera) ยี่ห้อ TP-Link รุ่น Tapo c200 ที่ใช้ในการทดลอง

ขอบเขตสามารถตรวจจับได้อย่างแม่นยำ จึงมีการประยุกต์ใช้กล้องแสดงขอบเขตรวมกับการตรวจจับการเคลื่อนไหวหลากหลายรูปแบบดังภาพประกอบ 2

เคลื่อนไหว ซึ่งเหมาะสำหรับการทำงานทั่วไปภายในบ้านและในอาคาร ตัวอย่างกล้องรุ่น Tapo c200 แสดงดังภาพประกอบ 3

3. การพัฒนาระบบ

เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่สามารถตรวจจับการหกล้มและยืนยันบุคคลได้ในรูปแบบเรียลไทม์ ด้วยอุปกรณ์กล้อง IP และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

3.1.1 ฮาร์ดแวร์

1) โน้ตบุ๊ก: AMD Ryzen 7 5700U
1.80 GHz 8 Core-16 Thread, การ์ดจอ GTX 1650
4 GB DDR6

2) กล้องไอพี (IP Camera) ยี่ห้อ TP-Link
รุ่น Tapo c200 ความละเอียดแบบ Full HD (1920
x 1080) รองรับโหมดกลางคืน และการติดตามการ

3.1.2 ซอฟต์แวร์

1) โปรแกรม: Visual Studio Code

2) ภาษา: Python 3

3) ไลบรารี: OpenCV, MediaPipe,
LBPH, LINE

3.2 ขอบเขตของงาน

3.2.1 ความสามารถของโปรแกรม

- 1) ระบบสามารถตรวจจับและรู้จำใบหน้าได้
- 2) ระบบสามารถตรวจจับการล้มได้
- 3) ระบบสามารถบอกท่าทางการล้มได้

4) ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนการหกล้มและระบุใบหน้าได้

3.2.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1) ระบบตรวจจับใบหน้าการล้มและท่าทางอาจทำงานได้ไม่เต็มที่และแสดงผลที่ผิดพลาดในสภาวะแสงน้อยหรือระยะห่างที่มากเกินไป (ระยะห่างที่ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบระยะห่างจากตัวกล้องที่ระบบสามารถทำงานได้แม่นยำ คือ 3 เมตร โดยกล้องติดตั้งสูงจากพื้น 2.30 เมตรและมุมกล้อง 45 องศา) และมีลักษณะการนั่ง ก้ม นอน

2) การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา

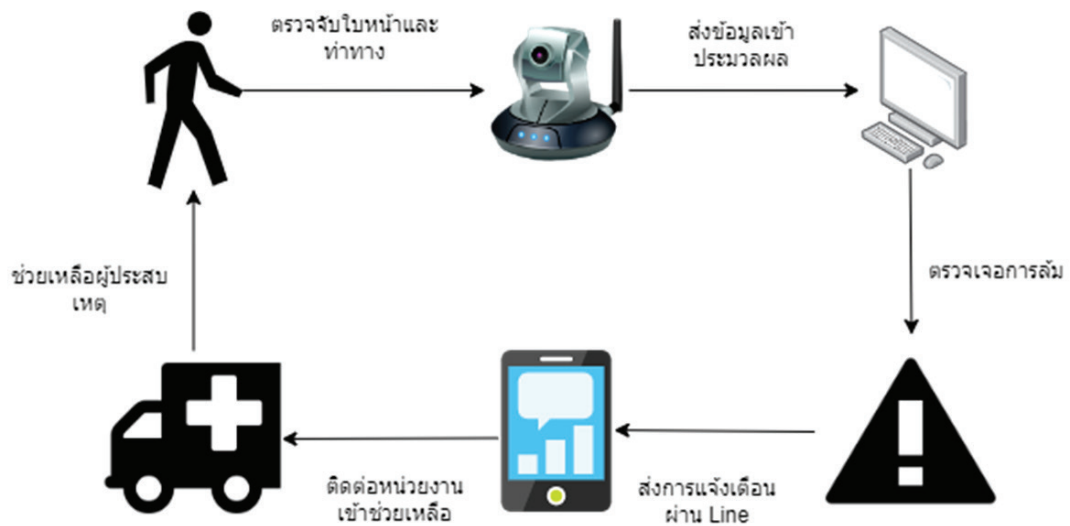
3.3 กลุ่มเป้าหมาย

เนื่องจากนวัตกรรมนี้มีการติดตั้งค่อนข้างง่ายและมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างต่ำ จึงมีจุดมุ่งหมายใน

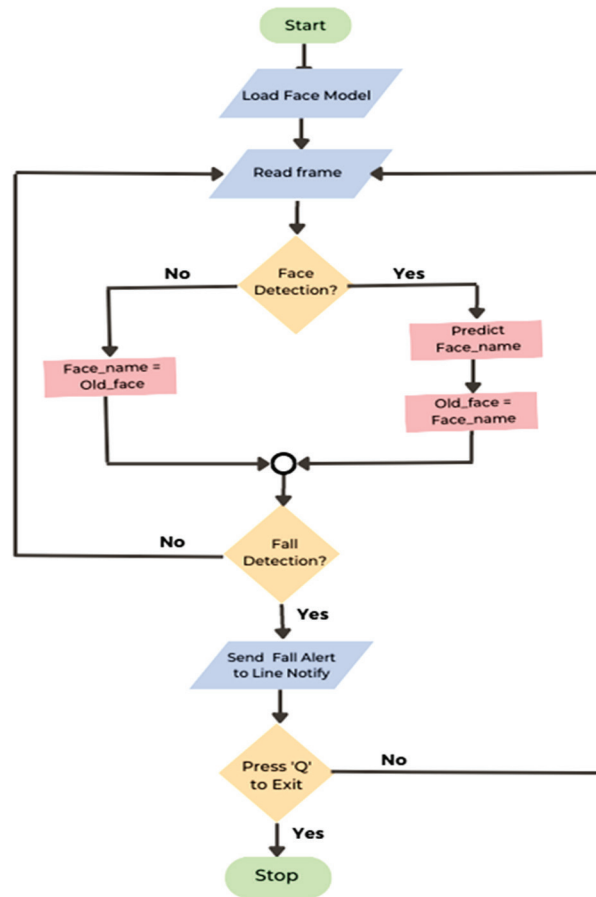
การพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในสังคม ชุมชนหรือทุกคนที่สนใจ เช่น ครอบครัวที่มีเด็กเล็ก ผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วยและอาจต่อยอดเพื่อนำไปใช้กับสถานสงเคราะห์หรือบ้านพักคนชราได้ในอนาคต

3.4 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบการตรวจจับท่าทางการล้มและการระบุตัวตนโดยใช้ใบหน้า โดยการติดตั้งกล้องไอพีไว้ในห้องบริเวณมุมห้องและเชื่อมต่อเข้ากับระบบ จากนั้นอ่านภาพจากกล้องไอแบบเรียลไทม์ แล้วนำภาพโดยนำภาพเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจจับท่าทางการล้มและใบหน้าของบุคคล จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขว่าใบหน้านี้ของใครและล้มแบบใด หลังจากนั้นจะส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ด้วยชื่อบุคคลและท่าทางการหกล้มและภาพการหกล้ม โดยภาพประกอบ 4 แสดงขั้นตอนลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ



ภาพประกอบ 4 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ (Workflow Diagram)



ภาพประกอบ 5 ภาพแสดงลำดับการทำงานของส่วนการตรวจจับใบหน้าและการล้ม

ลำดับการทำงานของส่วนการตรวจจับใบหน้า และการล้มจากภาพประกอบ 5 เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบการเคลื่อนไหวภายในเฟรมของภาพที่ดึงมาจากกล้องไอพีทำการตรวจสอบใบหน้าที่เข้ามาในเฟรมด้วยเทคนิค LBPH (Treeprapin, Naudom, & Kongchai, 2018) เมื่อได้ข้อมูลของใบหน้า ระบบจะทำการเก็บข้อมูลของใบหน้าไว้ในตัวแปร Old_face เพื่อหาว่าเกิดการหกล้มขึ้นในตำแหน่งที่กล้องไม่เห็นใบหน้า ก็ยังสามารถระบุตัวบุคคลที่ล้มได้แม่นยำในระดับหนึ่ง และการตรวจจับการหกล้ม จะใช้เทคนิค Bounding box และ MediaPipe มาช่วยในการตรวจสอบการหกล้มให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

โดยเมื่อตรวจเจอการเคลื่อนไหวในเฟรมของ Bounding Box จะสร้างกรอบครอบวัตถุไว้เพื่อ

ตรวจจับการหกล้ม พร้อมกับ MediaPipe จะสร้างเส้นเชื่อมต่อดูจุดบนร่างกาย เช่น หัวไหล่ สะโพก เข่า และข้อเท้า เป็นต้น ในการตรวจจับการหกล้มเช่นกัน เมื่อเกิดการหกล้ม กรอบความกว้างของ Bounding Box (Yajai *et al.*, 2015) จะมีค่ามากกว่ากรอบความสูงและนับค่าเฟรมเพิ่มขึ้น $j = j+1$ (j แทนค่าของเฟรมเมื่อเกิดการล้ม) เมื่อค่า j เพิ่มขึ้นมากกว่า 20 จะมีข้อความขึ้นในระบบว่า “Fall” และระบบก็จะส่งข้อความแจ้งเตือนว่าล้มไปยังการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแสดงผลที่ผิดพลาดในเบื้องต้น เนื่องจากกล้องตรวจได้ว่ามีลักษณะท่าทางการล้ม การนั่ง การนอนเข้ามาในเฟรม

การคำนวณหามุม (องศา) คำนวณจากการพบตัวช่วงสะโพก ซึ่งได้จากการเทียบจุดหัวไหล่

สะโพกและหัวเข่า เพื่อกำหนดตัวชี้แจงเงื่อนไขการล้ม และการกำหนดตำแหน่งจุดมาร์คต่าง ๆ ตามแนวแกน X, Y เพื่อชี้แจงเงื่อนไขท่าทางการหกล้มในแบบต่าง ๆ โดยใช้ MediaPipe โดยระบบจะคำนวณการหกล้มได้จากมุมของเอว (มุมของเอวเกิดจากการนำจุดของ หัวไหล่ เอว และหัวเข่า) เมื่อมุมของเอวน้อยกว่า 60 องศา (ที่ผู้พัฒนากำหนดมุมการล้มไว้ที่ 60 องศาเนื่องจากผู้พัฒนาได้ทดสอบว่าค่ามุมดังกล่าวเป็นค่าที่จำแนกได้ดีที่สุดระหว่างการเดิน ยืนกับการหกล้ม) และค่าระยะทางระหว่างหัวไหล่กับข้อเท้าน้อยกว่า 0.2 ระบบจะแจ้งเตือนว่า “Fall” และตรวจหาท่าทางโดยคำนวณจากจุดบนร่างกายทั้ง 33 จุด จากภาพประกอบ 3 เมื่อเข้าเงื่อนไขท่าทางการล้มในรูปแบบที่ตั้งไว้ ระบบจะทำการแจ้งเตือนชื่อและท่าทางการล้มไปยังการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ทันที

4. รายละเอียดการพัฒนาระบบ

รายละเอียดการพัฒนาระบบแบ่งส่วนประกอบสำคัญเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วยส่วนของการพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้า การตรวจจับด้วย Bounding Box การตรวจจับท่าทางด้วย MediaPipe และการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้า

ผู้พัฒนาใช้เทคนิค Local Binary Patterns Histogram (LBPH) ในการจดจำใบหน้าเนื่องจากต้องทำการตรวจจับใบหน้าผ่านกล้องไอพีแบบเรียลไทม์ และต้องการความเร็วในการประมวลผล ใช้ภายในบ้านหรือในอาคารตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งกลางวันและกลางคืน โดยวิธีนี้มีข้อดี ดังนี้

1) มีความแม่นยำในการตรวจจับและจำแนกใบหน้าที่สูง โดยสามารถระบุและแยกแยะรายละเอียดของใบหน้าที่ซับซ้อนและมีความแปลกตาได้

อย่างถูกต้องแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในแสงสว่างหรือลักษณะทางกายภาพบนใบหน้า

2) มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสามารถทำงานได้ดีกับข้อมูลใบหน้าที่มีความแตกต่างในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงในแสงสว่างที่แตกต่างกันหรือการเปลี่ยนแปลงแบบธรรมชาติของใบหน้า เนื่องจากวิธีการนี้ใช้การสกัดและเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ของภาพใบหน้า

3) มีประสิทธิภาพในเรื่องของการคำนวณและประมวลผล ทำให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานในเวลาที่ยากัดและรวดเร็ว เช่นในการตรวจจับใบหน้าแบบเรียลไทม์เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

4.1.2 การฝึกสอนเพื่อสร้างโมเดลมีขั้นตอนดังนี้

1) รวบรวมรูปภาพใบหน้าที่ใช้ในการฝึกสอน โดยอ่านไฟล์จากไดเรกทอรีที่กำหนดในเส้นทางที่เก็บรูปภาพ (path)

2) สร้างตัวแปร faces เพื่อเก็บรูปภาพใบหน้าที่จะใช้ในการฝึกสอนโมเดลและ ids เพื่อเก็บค่า id ของแต่ละรูปภาพ

3) วนลูปอ่านรูปภาพใบหน้าทั้งหมดใน path โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1) อ่านภาพใบหน้าและปรับขนาดให้มีขนาด 64x64 พิกเซล

3.2) แปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบสีเทา

3.3) เพิ่มรูปใบหน้าที่ลงใน faces และเพิ่ม id ลงใน ids โดยจากชื่อไฟล์ภาพใบหน้า

4) สร้างตัวแปร clf เป็นตัวจำแนกใบหน้าแบบ LBPH

5) ทำการฝึกสอนโมเดลโดยใช้ faces และ ids ใน clf

6) บันทึกโมเดลที่ได้เป็นไฟล์ trainer.xml

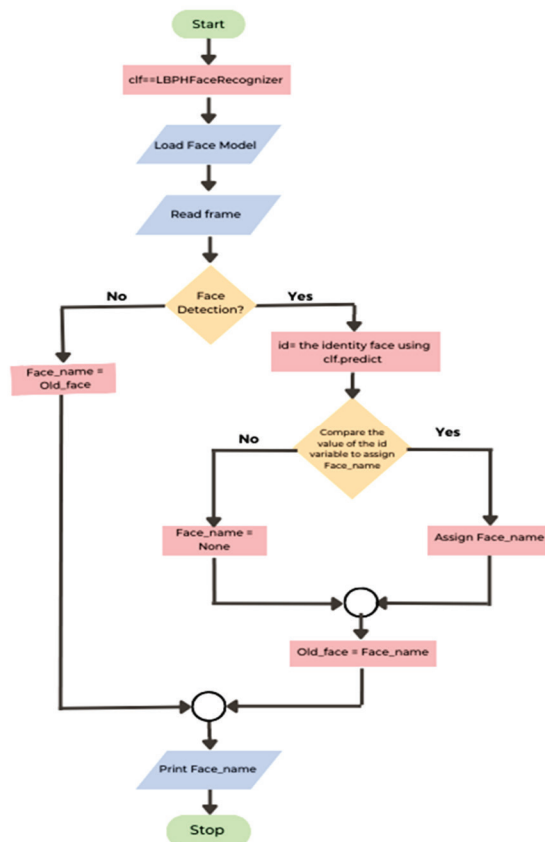
4.1.3 การทำนายใบหน้า มีขั้นตอนดังนี้

- 1) สร้างตัวแปร clf เป็นตัวจำแนกใบหน้าแบบ LBPH
- 2) อ่านโมเดล trainer.xml ที่เก็บไว้ใน clf
- 3) ทำการตรวจจับใบหน้าในภาพที่กำหนด โดยใช้พิกัด (x, y, w, h) ของกรอบสี่เหลี่ยมที่ตรวจจับได้
- 4) ทำการทำนาย id ของใบหน้าที่ตรวจจับได้ โดยใช้คำสั่ง clf.predict กับภาพใบหน้าที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมที่ตรวจจับได้
- 5) รับผลลัพธ์ id และค่าความเชื่อมั่น (confidence) จากการทำนายใบหน้า

6) ใช้ค่า id เพื่อเปรียบเทียบกับเลขที่กำหนดในเงื่อนไขต่างๆ เพื่อกำหนดชื่อใบหน้าที่ตรงกับ id ที่ทำนายได้

7) เก็บชื่อใบหน้าที่ตรงกับ id ลงในตัวแปร old_face เช่น ถ้า id เท่ากับ 1 ตัวแปร old_face แสดงผลเป็น “Narote Nilsukhum” หรือ ถ้า id เท่ากับ 2 ตัวแปร old_face แสดงผลเป็น “Theptiwa Songkroh” เป็นต้น

สรุปการทำงานในส่วนของการตรวจจับใบหน้า ทำการฝึกฝนโดยการระบุใบหน้าในภาพเพื่อให้ได้โมเดล trainer.xml (ในการนำรูปภาพไปฝึกเพื่อความแม่นยำที่มากขึ้น ควรใส่รูปภาพไปหลายๆรูปในลักษณะที่แตกต่างกัน) หลังจากนั้นจะทำการทำนายผล เพื่อให้ได้ค่า id แล้วเปรียบเทียบกับค่า id ว่าตรงกับชื่อใดของแต่ละบุคคล เพื่อให้ระบบสามารถ



ภาพประกอบ 6 ภาพแสดงผังงานการตรวจจับใบหน้า



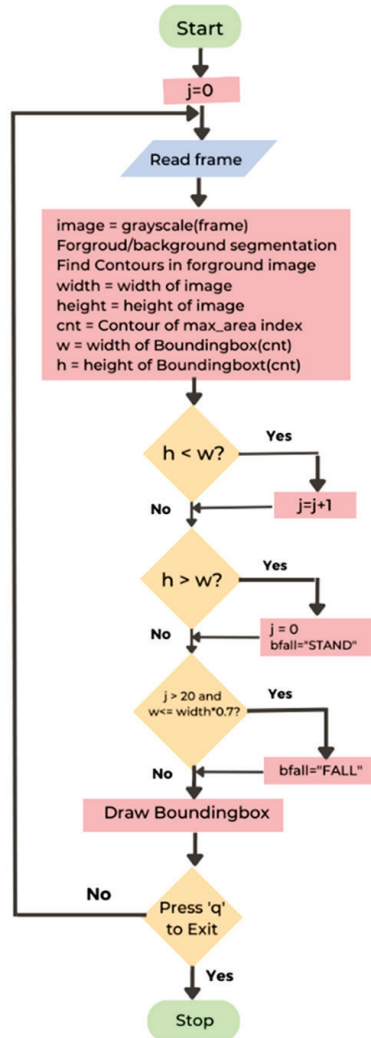
ภาพประกอบ 7 แสดงผลการตรวจจับใบหน้า

แจ้งเตือนชื่อได้ และเมื่อระบบตรวจจับใบหน้าได้ จะเก็บข้อมูลไว้ในตัวแปร `old_face` ถ้าหากบุคคลที่เดินผ่านกล้องไปเกิดหกล้มตรงจุดที่กล้องไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ ก็จะมีข้อมูลใบหน้าที่ยังเก็บไว้ในตัวแปร `old_face` มาแสดงผลแจ้งเตือนได้ ดังแสดงขั้นตอนการทำงานดังภาพประกอบ 6 และแสดงภาพตัวอย่างผลการทดสอบเมื่อสามารถตรวจจับใบหน้าได้ แสดงชื่อเป็น “Narote Nilsukhum” ดังภาพประกอบ 7

4.2 การพัฒนาระบบ Bounding Box

การทำงานของ Bounding Box ในงานวิจัยนี้เป็นการสร้างกล่องแสดงขอบเขตของบุคคลที่ตรวจจับจากกล้องไอพีแบบเรียลไทม์ โดยทำการตีกรอบบุคคลที่ตรวจพบ ด้วยมีขั้นตอนการทำงานแสดงดังภาพประกอบ 8 แสดงผังงานการพัฒนา Bounding Box ซึ่งจะมีการกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขการตรวจจับการหกล้ม โดยตัวแปรที่สำคัญคือ ตัวแปร h แทนความสูงของกรอบ ตัวแปร w แทนความกว้าง

ของกรอบ และตัวแปร j ไว้สำหรับการลំแบบต่อเนื่องกัน เงื่อนไขที่ใช้ตรวจจับการลំแบบ ถ้าค่า h จะมีค่ามากกว่า w ระบบจะขึ้นสถานะว่า “STAND” และค่า j จะมีค่าเท่ากับ 0 ถ้า h จะมีค่าน้อยกว่า w จะส่งผลต่อค่า j ทำให้ค่า $j=j+1$ (เพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง) เพื่อนับรอบการลំแบบต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ เมื่อค่า $j > 20$ ระบบจะขึ้นสถานะว่า “FALL” และระบบจะแจ้งเตือนว่า ล้มผ่านการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ทันที แต่หากว่าค่า h มากกว่า w ระบบจะรีเซ็ตค่า j ให้เป็น 0 อีกครั้ง เพื่อป้องกันการแจ้งเตือนที่ผิดพลาดและไม่แจ้งเตือนมากเกินไปจึงกำหนดช่วงเวลาการแจ้งเตือนโดยใช้ค่า j เป็นตัวแปรที่ใช้นับ frame การลំแบบนั่นเอง ซึ่งการพัฒนากล่องแสดงขอบเขตเพื่อตรวจจับการลំแบบนั้น ได้พัฒนาต่อยอดจากอัลกอริทึมการทำกล่องแสดงขอบเขตมาจากผลงานของ “ระบบแจ้งเตือนภัยการลំแบบสำหรับผู้สูงอายุผ่านไลน์” (Tayanupap & Yawai, 2022) เพื่อการตรวจจับการลំแบบข้อดีของวิธีนี้จะช่วยกรณีไม่สามารถตรวจจับการลំแบบในการใช้ MediaPipe ของ Google ได้



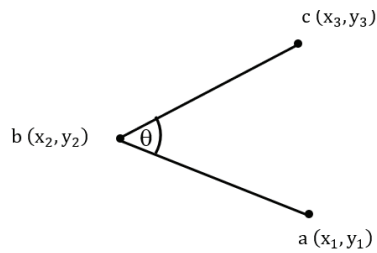
ภาพประกอบ 8 แสดงผังงานการพัฒนากล่องแสดงขอบเขต

4.3 การพัฒนาระบบตรวจจับท่าทาง MediaPipe

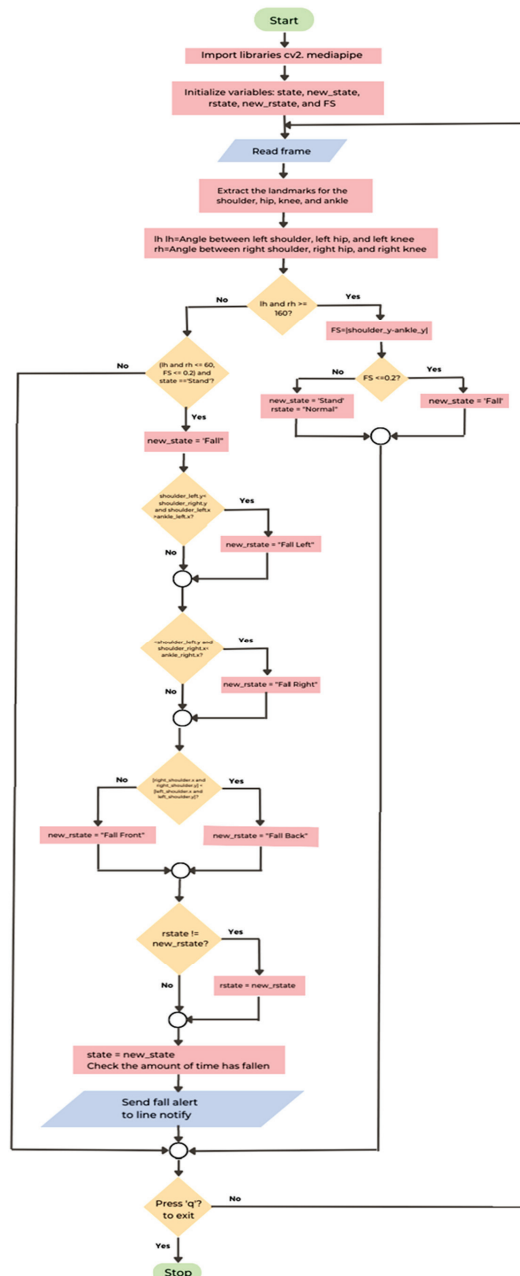
การทำงานของส่วนตรวจจับท่าทางการล้มด้วย MediaPipe ระบบจะทำการหาจุดบนร่างกาย โดยที่ระบบจะสามารถตรวจจับการหกล้มได้โดยคำนวณมุมของเอว ซึ่งหาได้จากการนำจุดของหัวไหล่เอว และหัวเข่ามาคำนวณด้วยสมการ 1 เป็นการหามุม

ระหว่างเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ คือ เวกเตอร์ $\overrightarrow{BC}$ และ เวกเตอร์ $\overrightarrow{BA}$ โดย r เป็นมุม θ ของจุด B ที่อยู่ระหว่าง 2 เวกเตอร์ (iTecNote, 2022) คำนวณดังสมการ 1 และภาพประกอบ 9 แสดงการคำนวณหามุม θ

$$\theta = \text{atan2}(y_3 - y_2, x_3 - x_2) - \text{atan2}(y_1 - y_2, x_1 - x_2) \quad (1)$$



ภาพประกอบ 9 แสดงแสดงการคำนวณหามุม θ

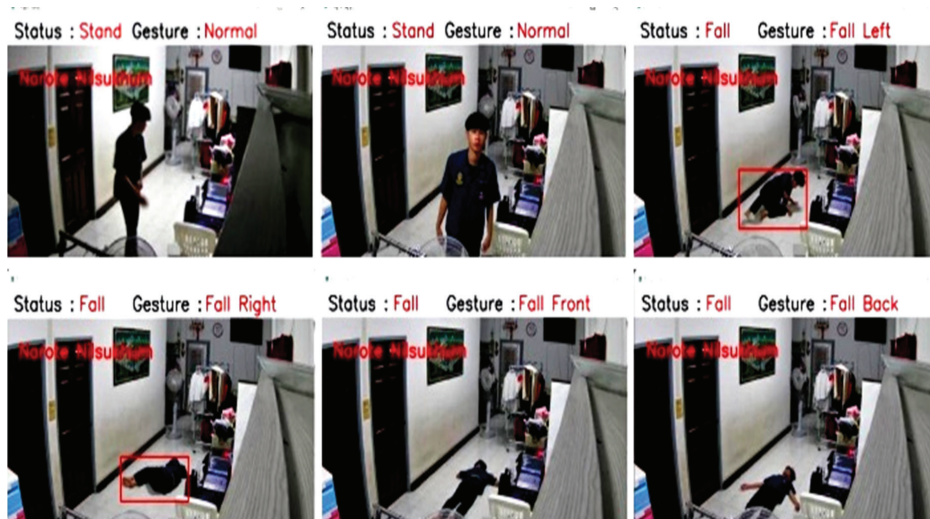


ภาพประกอบ 10 ภาพแสดงผังงานตรวจจับการล้ม

จากภาพประกอบ 10 อธิบายการทำงานของฝังกานในส่วนของการตรวจจับท่าทางด้วย MediaPipe คือ เมื่ออ่านเฟรมภาพขึ้นมา ระบบจะเรียกใช้ฟังก์ชันของกล่องแสดงขอบเขตมาทำการตรวจจับร่างกายเพื่อเช็คเงื่อนไขการหกล้ม และมีส่วนของการดึงข้อมูลใบหน้าทีตรวจจับได้เข้ามาใช้งานในเงื่อนไขถัดมา ระบบจะทำการตรวจจับท่าทางของร่างกายด้วย MediaPipe เนื่องจาก MediaPipe จะสามารถตรวจจับวัตถุได้ต้องทำการกลับค่าสีในภาพจาก BGR เป็น RGB และแสดงผลทางหน้าจอ

ต่อมาเป็นการเรียกใช้งานจุดมาร์คบนร่างกาย 33 จุด จากภาพจะเลือกใช้เฉพาะจุดที่เกี่ยวข้องกับการหกล้มมาคำนวณด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดจุดมาร์คตามแนวแกน X, Y และตั้งค่าเงื่อนไขในการเช็คการหกล้ม ซึ่งอธิบายเงื่อนไขได้ คือ เมื่อ MediaPipe ตรวจจับร่างกายได้ จะให้เช็คเงื่อนไขการยืนเดินเป็นอันดับแรก เงื่อนไขหลักคือ เมื่อมุมของสะโพกมีมากกว่า 60 องศา และระยะห่างของจุดบนหัวไหล่และข้อเท้าเมื่อเทียบจากแกน Y มีค่ามากกว่า 0.2 จะเข้าเงื่อนไขการแสดงผลว่ายืนหรือสถานการณ์ปกติ และเงื่อนไขการล้มเช็คเงื่อนไขหลักคือ มุมของสะโพกมีค่าน้อยกว่า 60 องศาและระยะห่างของจุดบนหัวไหล่กับข้อเท้าน้อยกว่า 0.2 เมื่อเทียบจาก

แกน Y จะเข้าเงื่อนไขการหกล้มและจะเช็คท่าทางต่อไปดังภาพประกอบ 12 เมื่อเกิดการหกล้ม ระบบจะเช็คเงื่อนไขในการระบุท่าทางว่าได้หันหน้ามาทางกล้องหรือไม่โดยใช้ตำแหน่งจุดมาร์คของหัวไหล่เทียบแกน X ถ้าหากจุดของหัวไหล่ขวาตามแนวแกน X มีค่าน้อยกว่าจุดของหัวไหล่ซ้ายตามแนวแกน X จะแสดงว่าหันหน้าเข้าหากล้อง แต่ถ้ามากกว่าก็แสดงผลว่าหันหลัง จากนั้นเมื่อเช็คได้แล้วว่าหันหน้าหรือหันหลังจะเช็คเงื่อนไขท่าทางการล้มซ้าย (Fall Left) ล้มขวา (Fall Right) คว่ำหน้า (Fall Front) และหงายหลัง (Fall Back) ด้วยตำแหน่งจุดมาร์คบนร่างกายตามแนวแกน X กรณีจะเช็คล้มขวาจะเช็คจากจุดมาร์คของหัวไหล่ขวาตามแนวแกน X เทียบกับจุดมาร์คของข้อเท้าขวา นำค่าของแกน X จากจุดมาร์คทั้งสองมาลบกัน หากผลลัพธ์ของค่าที่ลบกันได้น้อยกว่า -0.1 (ค่า -0.1 ได้จากการทดลอง) จะแสดงข้อความว่าล้มขวา (Fall Right) ถ้าหากว่าไม่ใช่ก็จะแสดงข้อความว่าล้มด้านซ้าย (Fall Left) ในกรณีการเช็คคว่ำหน้ากับหงายหลัง โดยการเช็คค่าความแตกต่างระหว่างตำแหน่ง Y ของหัวไหล่ซ้าย และตำแหน่ง Y ของข้อเท้าซ้าย ถ้าค่าความต่าง > 0.1 ล้มแบบคว่ำหน้า (Fall Front) ถ้าไม่ใช่ก็หงายหลัง (Fall Back) ตัวอย่างผลลัพธ์ของการตรวจจับการล้มแสดงดังภาพประกอบ 11

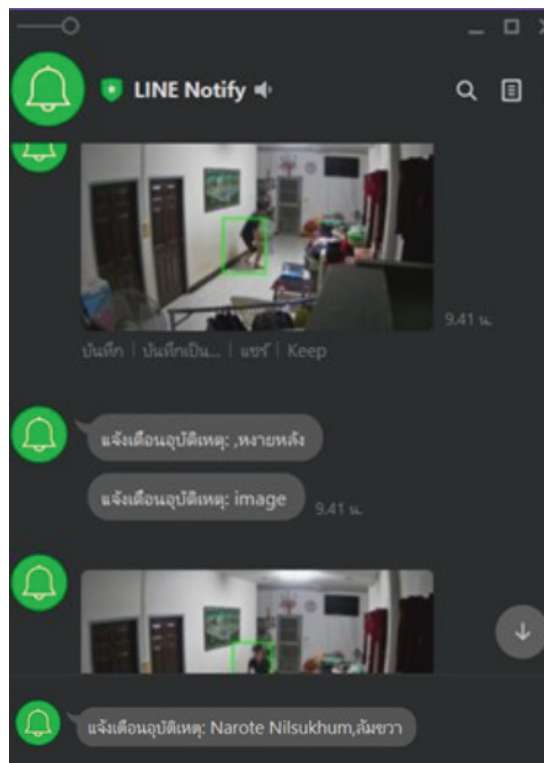


ภาพประกอบ 11 การแสดงผลในท่าทางยืน การล้มซ้าย ล้มขวา ล้มคว่ำหน้า และล้มหงายหลัง

```
url = 'https://notify-api.line.me/api/notify'  
line = LINE('p5SCoostNFQsdFU7S8sZPd0BAG3DFEozT9kg8bgF4r')  
token = 'p5SCoostNFQsdFU7S8sZPd0BAG3DFEozT9kg8bgF4r'  
headers = {'content-type': 'application/x-www-form-urlencoded', 'Authorization': 'Bearer '+token}
```

```
if j >= 22:  
    r = requests.post(url, headers = headers, data = {'message':msg})  
    line.sendimage(image[:, :, ::-1])  
    line.post(id)  
    time.sleep(2)
```

ภาพประกอบ 12 ฟังก์ชันการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์



ภาพประกอบ 13 ผลการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4.4 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notification)

การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์จะแจ้งเตือนกรณีที่เกิดการล้มตามระยะรอบ $j > 20$ จึงจะแจ้งเตือนเพื่อแก้ปัญหาการแจ้งเตือนบ่อยเกินไปทำให้ระบบค้าง ดังโปรแกรมตามภาพประกอบ 12 แสดงถึงส่วนของการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันไลน์โดยใช้ Token ซึ่งในส่วน Token ผู้พัฒนา

ต้องทำการขอ Token กับทางเซอร์วิสการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ก่อนการการเขียนโปรแกรมติดต่อผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยการนำมาใส่ไว้ในโปรแกรม (Phiphatkamtorn, Naowarat, & Khruahong, 2023) เมื่อเกิดการล้มตามเงื่อนไขในการหกล้มที่กำหนด จะแจ้งเตือนทั้งภาพการล้มและข้อความแสดงชื่อผู้ล้มและท่าทางการล้มว่าล้มลักษณะใด เช่น หายหกล้ม เป็นต้น แสดงดังภาพประกอบ 13

5. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดลองตรวจจับใบหน้าทั้งหมด 10 คน แสดงดังตาราง 1 โดยมีผลการทดสอบการตรวจพบใบหน้าถูกต้องแม่นยำโดยเฉลี่ย 93.1 เปอร์เซ็นต์ และตาราง 2 แสดงผลการทดลองตรวจจับการล้ม โดยทดสอบกับคน 3 คน มีความแม่นยำโดยเฉลี่ยที่ 90.5 เปอร์เซ็นต์ ออกเป็น 4 แบบ คือ ล้มขวา ล้มซ้าย หายหลัง และคว่ำหน้า

จากตาราง 1 แสดงผลทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้า ซึ่งมีผู้ทดสอบเป็นชายและหญิง ทดสอบโดยการเทรนรูปภาพใบหน้าคนละ 100 รูป เข้าระบบ และทำการตรวจจับใบหน้า โดยที่มีระยะห่างจากตัวกล้องและผู้ทำการทดสอบ 3 เมตรและ

ความสูงจากพื้นของตัวกล้อง 2.3 เมตร ผลออกมา รวมความแม่นยำโดยเฉลี่ยคือร้อยละ 93.1

จากตาราง 2 แสดงผลทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับท่าทางการล้มซึ่งผู้ทดสอบเป็นเพศชาย จำนวน 3 คน สูงประมาณ 170 ซม. โดยที่มีระยะห่างในการทดสอบจากตัวกล้องและผู้ทำการทดสอบ 3 เมตรและความสูงจากพื้นของตัวกล้อง 2.3 เมตร ผลการทดสอบความแม่นยำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 90.50

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบของเทคนิคใหม่ ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการใช้เทคนิค MediaPipe การใช้เทคนิค Bounding Box และการใช้เทคนิค LBPH

ตาราง 1 ผลการทดสอบการตรวจจับใบหน้าของ 10 คน

คนที่	ผลการทดสอบ (%)
1	96
2	91
3	92
4	90
5	94
6	90
7	90
8	97
9	95
10	96
ค่าเฉลี่ย	93.1

ตาราง 2 ผลการทดลองตรวจจับการหกล้ม

หัวข้อ/100 ครั้ง	แม่นยำ/ครั้ง	ไม่แม่นยำ/ครั้ง
ล้มซ้าย	93	7
ล้มขวา	88	12
หายหลัง	91	9
คว่ำหน้า	90	10
ค่าเฉลี่ย	90.50	9.50

(Treeprapin, Naudom, & Kongchai, 2018) ในการจำแนกบุคคลโดยใช้การจดจำใบหน้า สำหรับระบบการแจ้งเตือนการล้มอัจฉริยะเพื่อการระบุตัวตนและท่าทางการล้ม มีผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้าเฉลี่ยร้อยละ 93.1 ส่วนการตรวจจับท่าทางการหกล้มแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 90.5

6.1 จุดอ่อนของงานและวิธีที่น่าจะใช้ในการแก้ปัญหาจุดอ่อนดังกล่าว

ระบบยังมีข้อผิดพลาดในส่วนของการจับท่าทางการนอน โดยโปรแกรมนี้ใช้การตรวจจับการล้มโดยการคำนวณมุมต่างๆ ของข้อต่อในร่างกายและจุดบนร่างกายเมื่อเทียบกับแกน X และ Y รวมทั้งค่าความสูงและความกว้างของกล่องแสดงขอบเขตซึ่งท่าทางการนอนหลับ มีลักษณะที่คล้ายกับการล้ม เมื่อทำการแก้ไขและทดลองในส่วนของโปรแกรมแล้ว ก็ยังเกิดข้อผิดพลาดในการตรวจจับอยู่ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ผ่านมาจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพกับสถานที่อื่นๆ และมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้ระบบนี้ในห้องนอนหรือห้องส่วนตัว รวมทั้งการทำงานของระบบในสถานะที่มีแสงสว่างน้อยก็ยังมีผลทำให้ระบบแสดงผลผิดพลาดได้

และในส่วนของการจำใบหน้า จากการทดลองที่ผ่านมา การประมวลผลภาพผ่านกล้องไอพีหากผู้ทดลองอยู่ไกลจากกล้องเกินไปจะทำให้ระบบการจำใบหน้าไม่แสดงผล หรือหากอยู่ในที่มืดก็จะมีผลการแสดงผลที่ผิดพลาดเนื่องจากความคมชัดของภาพจากกล้องไม่พอ ทั้งนี้ทั้งนี้ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการเลือกใช้กล้องไอพี ที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้งาน

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากระบบนี้เป็นการคำนวณมุมของข้อต่อร่างกายและจุดบนร่างกายตามแนวแกน X และ Y จึงทำให้บางท่าทางที่ผิดปกตินอกจากการเดินยืนหรือนั่ง ส่งผลให้โปรแกรมแสดงผลผิด เช่น

การก้มเก็บของ การนั่งยอง หรืออื่นๆ (อ้างอิงท่าทางตามผลการทดลอง)

6.3 ข้อเสนอแนะ

การทำระบบจดจำใบหน้าและการคำนวณท่าทางยังมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งก่อให้เกิดการแสดงผลที่ผิดพลาด คาดว่าจะปรับปรุงในสองส่วนนี้ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และอาจจะเพิ่มระบบอื่นๆ เช่น การแยกแยะระหว่างการนอน การนั่งและการล้ม การทำแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือเพื่อที่สามารถเพิ่มการรู้จำใบหน้าของบุคคลอื่นๆ ได้

ในส่วนของการติดตั้งกล้องเพื่อใช้งาน แนะนำว่าหากต้องการให้มีการใช้กล้องมากกว่า 1 ตัวขึ้นไปต่อการใช้งานในอาคารบ้านเรือน เพราะมีลักษณะที่บางส่วนของตัวบ้านหรือมุมใต้ถุนจะเป็นมุมอับซึ่งกล้องไม่สามารถเข้าถึงได้ และการติดตั้งกล้องให้ติดตั้งสูงจากพื้นประมาณ 2-3 เมตรโดยประมาณ ซึ่งจะทำให้ได้ภาพที่นำมาประมวลผลมีมุมมองที่กว้างขึ้นส่งผลให้การแสดงผลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Buabok, K., Chinbunmee, S., Sansrimahachai, W., & Toahchoodee, M. (2016). A real-time mobility-related activity tracking system for mobility and fall risk assessment in elderly people. *Journal of Information Science and Technology*, 6(1), 16-24. <https://doi.org/10.14456/jist.2016.3> [In Thai]
- Bumrungrad International Hospital. (2022). *ผื่นแพ้สัมผัส [Allergic contact dermatitis]*. Retrieved 12 January 2023. Retrieved from <https://www.bumrungrad.com/th/conditions/allergic-contact-dermatitis> [In Thai]

- Grishchenko, I. & Bazarevsky, V. (2020). *MediaPipe holistic - Simultaneous face, hand and pose prediction, on device*. Retrieved 10 January 2023. Retrieved from <https://blog.research.google/2020/12/mediapipe-holistic-simultaneous-face.html?m=1>.
- iTecNote. (2022). *Using atan2 to find the angle between two vectors*. Retrieved 20 February 2023. Retrieved from <https://itecnote.com/tecnote/r-using-atan2-to-find-angle-between-two-vectors/>
- Phiphatkamtorn, P., Naowarat, J., & Khruahong, S. (2023). Developing a system for notification of forgetting to close the dormitory door with mobile application using internet of things. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 5(1), 36-50. <https://doi.org/10.14456/jait.2023.3>
- Rama Channel. (2018). *หกล้มในผู้สูงอายุ [Falls in the elderly]*. Retrieved 5 February 2023. Retrieved from <https://www.rama.mahidol.ac.th/ramachannel/article/หกล้มในผู้สูงอายุ-อันตราย/> [In Thai]
- Somphaeng, P. & Jaruvitayakovit, T. (2017). 2D fall detection system with Bluetooth accelerometer sensor. *Proceedings of the 9th National Conference on Information Technology (NCIT)*, Mahidol University, Thailand. <https://cite.dpu.ac.th/ct/upload/content/files/พงษ์พันธ์%20%20สมแพ้ง%20CT58.pdf> [In Thai]
- Srenual, P. & Kanokthet, T. (2021) Accidental fall in elderly: Thai elderly confidence dangers. *Journal of the Royal Thai Army Nurses*, 22(2), 65-70. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/view/240232> [In Thai]
- Tayanupap, A. & Yawai, W. (2022). *Fall alarm notification system for the elderly via Line. Proceedings of The Asia Undergraduate Conference on Computing (AUCC)*, Chonburi, Thailand, Online, 2537. [In Thai]
- Thawornwong, N., Akarasatthung, A., & Makasorn, P. (2011). Designing of falls detection for elderly by using tilt sensor. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 43-46. <https://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/363> [In Thai]
- Treeprapin, K., Naudom, P., & Kongchai, P. (2018). Attendance monitoring system with face recognition technologies. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 20(2), 92-105. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/sci_ubu/article/view/182603 [In Thai]
- Wayalun, S. (2017). 3D image processing for indoor fall detection of elderly. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat university*, 7(2), 108-118. <https://journal.pbru.ac.th/admin/upload/article/5914-2019-06-25.pdf> [In Thai]

- Wongyai, C., Puckdeevongs, A., & Buayamsang, S. (2020). A development of fall detection systems using wristband. Proceedings of RSU International Research Conference, Bangkok, Thailand, 249-257. <https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/nation2020/NA20-083.pdf> [In Thai]
- Wuttisit, C. (2020). Fall detection for elderly and data classification movement activity using weighted K-nearest neighbor algorithm on a IoT-based portable embedded system. *Journal of Engineering, RMUTT*, 18(1), 45-56. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jermutt/article/view/241883> [In Thai]
- Yajai, A., Rodtook, A., Chinnasarn, K., & Rasmequan, S. (2015). Fall detection using directional bounding box. *Proceedings of 12th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, Songkhla, Thailand, July 22-24, 2015, 52-57. <https://doi.org/10.1109/JCSSE.2015.7219769>

การหาคู่ออนไลน์สำหรับการผสมพันธุ์แมวโดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley Online Dating for Breeding Cats using Gale-Shapley Algorithm

สุชานาถ ชมภู¹, ยศกร ศักดิ์เศรณี¹, ณัฐธิมา สุรเดช^{1,*}

Shuchanat Chomphu¹, Yotsakorn Sakseranee¹, Natsima Suradet^{1,*}

¹ หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 63000 ประเทศไทย

¹ Computer Engineering Program, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak 63000, Thailand

* Corresponding Author: Natsima Suradet, natsima@rmutl.ac.th

Received:

27 August 2023

Revised:

22 September 2023

Accepted:

27 September 2023

คำสำคัญ:

การจับคู่แมว, การหาคู่ออนไลน์,
อัลกอริทึม Gale-Shapley

Keywords:

Matching Cats, Online Dating,
Gale-Shapley Algorithm

บทคัดย่อ: ปัจจุบันคนไทยนิยมเลี้ยงแมวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากรูปแบบการดำเนินชีวิตของคนเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมทางสังคมและเศรษฐกิจ ประกอบกับแมวเป็นสัตว์ที่รักความสะอาด และเป็นสัตว์เลี้ยงที่เหมาะสมกับที่อยู่อาศัยที่มีพื้นที่จำกัด ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเกิดการพัฒนาและให้บริการด้านสัตว์เลี้ยงผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์มากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการหาคู่ออนไลน์สำหรับการผสมพันธุ์แมวโดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ในการหาคู่ให้แมวผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการทดลองพบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมวมีประสิทธิภาพในแง่ของเวลาทำงานเป็น $O(n^2)$ ส่วนผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันที่นำเสนอนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นเครื่องมือช่วยหาคู่ออนไลน์เพื่อการผสมพันธุ์แมวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract: Nowadays, the number of Thais who prefer to raise cats is increasing. This is due to changes in their lifestyles that are influenced by social and economic circumstances. In addition, cats are animals that love cleanliness and are suitable pets for limited living spaces. In recent years, pet services have been developed and offered more through online platforms. Therefore, this research presents an online dating system for cat breeding using the

Gale-Shapley algorithm, implemented in an Android application. The experimental results show that the matching algorithm for cat breeding is efficient with a worst-case time complexity of $O(n^2)$. The evaluation of the application's quality, as assessed by experts, indicates a high level of satisfaction with an average rating of 4.33. The experimental results demonstrate that this proposed application can be effectively utilized as an online matchmaking tool for cat breeding.

1. บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การหาคู่ออนไลน์ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2003 สองในห้าของคนโสดในสหรัฐอเมริกาใช้บริการหาคู่ออนไลน์ (Ellison, Heino, & Gibbs, 2017) และจำนวนดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในปี 2012 Match.com รายงานว่าหนึ่งในหกของการแต่งงานเริ่มต้นทางออนไลน์ (Ramirez *et al.*, 2014) นอกจากนี้ผลสำรวจของ MeetNLunch ซึ่งเป็นบริษัทจัดหาคู่ที่มีชื่อเสียงในประเทศไทยพบว่าคนโสดในประเทศไทยใช้แอปพลิเคชันหาคู่เพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 38 ในปี 2020 โดยทั่วไปแล้วการหาคู่ออนไลน์ส่วนใหญ่มีขั้นตอนที่คล้ายกัน (Rosen *et al.*, 2008) เริ่มจากการกรอกโปรไฟล์ การจับคู่ และการส่งข้อความในขั้นตอนการจับคู่ของแพลตฟอร์มหาคู่ออนไลน์ส่วนใหญ่อาศัยอัลกอริทึมและปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เพื่อแนะนำผู้ใช้ให้รู้จักกับผู้ใช้คนอื่นๆ ที่อาจเหมาะสมและสามารถเข้ากันได้ นอกจากนี้ได้มีการนำเอาแนวคิดเกี่ยวกับการนำอัลกอริทึมและปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการที่เกี่ยวข้องกับการจับคู่สัตว์ เช่น ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ หรือการหาผู้ที่สนใจและต้องการรับเลี้ยงสัตว์เลี้ยงในศูนย์ดูแลสัตว์ต่างๆ ซึ่งการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์หรืออัลกอริทึมเหล่านี้สามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการหาบ้านที่เหมาะสมให้กับสัตว์ได้ ทำให้กระบวนการหาคู่ที่เหมาะสมใช้เวลาและความพยายามน้อยลง มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจับคู่ผู้เพาะพันธุ์สัตว์ องค์กรช่วยเหลือ และบุคคลที่ต้องการรับเลี้ยง กับสัตว์ที่เหมาะสมกับความต้องการและไลฟ์สไตล์ของพวกเขา ในประเทศไทย

ส่วนมากบริการเกี่ยวกับการจับคู่สัตว์และบุคคลที่ต้องการรับเลี้ยงจะดำเนินการผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน เช่น มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอย (ซอยด็อก) Rescue Paws Thailand และ Adopt Meow เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อวัตถุประสงค์ในการจับคู่สัตว์เลี้ยงเพื่อผสมพันธุ์ในประเทศไทย

ในปัจจุบันคนนิยมเลี้ยงแมวมากขึ้น เนื่องจากเป็นสัตว์เลี้ยงที่เหมาะสมกับที่อยู่อาศัยที่มีพื้นที่จำกัด เช่น ห้องในคอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ ประกอบกับแมวนั้นเป็นสัตว์เลี้ยงง่าย และมีนิสัยรักความสะอาดจากสถิติประชากรผู้เลี้ยงแมวทั่วโลกในปี พ.ศ. 2560 พบว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผู้เลี้ยงแมวมากเป็นอันดับที่ 8 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 33 ของจำนวนประชากร (McCarthy, 2017) ในปี พ.ศ. 2565 ผลสำรวจสัตว์เลี้ยงยอดนิยมของไทย พบว่า คนไทยนิยมเลี้ยงแมวคิดเป็นร้อยละ 56 ของผู้ตอบแบบสอบถาม (Statista Research Department, 2023) เนื่องจากแมวเป็นสัตว์เลี้ยงที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับยังไม่มีการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อวัตถุประสงค์ในการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมวมาก่อน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำอัลกอริทึมและเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยเพิ่มความสะดวกในการหาคู่ผสมพันธุ์แมว ซึ่งจะช่วยสร้างแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการเฉพาะและลักษณะเฉพาะของแมวสายพันธุ์ต่างๆ สำหรับผู้เป็นเจ้าของแมว ให้สามารถเชื่อมต่อผู้ใช้งานที่กำลังมองหาแมวพันธุ์แท้จากผู้เพาะพันธุ์ที่มีชื่อเสียง หรือค้นหาแมวที่ตรงกับความต้องการ โดยสามารถพิจารณาจากข้อมูลสุขภาพ ข้อมูลทาง

พันธุกรรม และประวัติการผสมพันธุ์ของพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ได้ ทั้งนี้จะเป็นการอำนวยความสะดวกในการตัดสินใจเลือกโดยให้ความสำคัญกับสุขภาพและลดความเสี่ยงของโรคทางพันธุกรรมในรุ่นลูกของแมวที่ต้องการผสมพันธุ์ได้ รวมถึงเป็นการสร้างเครือข่ายที่จะช่วยสนับสนุนและให้ข้อมูลอันจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้เพาะพันธุ์แมวและผู้ที่ยื่นขอแมวอีกด้วย ในการวิจัยเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันในการหาคู่ผสมพันธุ์แมวนี้ ผู้วิจัยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ในการจับคู่ และพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการหาคู่ออนไลน์ (Online dating systems)

การหาคู่ออนไลน์ หมายถึงเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันที่อำนวยความสะดวกในการเริ่มต้นความสัมพันธ์ โดยการนำเสนอโปรไฟล์ของผู้ใช้คนอื่นๆ ที่มีแนวโน้มเข้ากันได้ และช่องทางการติดต่อสื่อสารเพื่อเริ่มต้นสร้างความสัมพันธ์ (Finkel *et al.*, 2012) โดยทั่วไประบบหาคู่ออนไลน์จะประกอบด้วยขั้นตอนการสร้างโปรไฟล์ โดยผู้ใช้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับตนเอง รูปภาพ รวมถึงความชอบ และความสนใจ หลังจากนั้นผู้ใช้อักรอกแบบสอบถาม หรือแบบทดสอบบุคลิกภาพเพื่อช่วยให้ระบบเข้าใจความชอบ และความสนใจของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ในขั้นตอนถัดไประบบหาคู่ออนไลน์จะใช้อัลกอริทึมเพื่อหาบุคคลที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้ใช้งานตามคำตอบในแบบสอบถาม ความสนใจ สถานที่ และปัจจัยอื่นๆ หลังจากนั้นระบบจะแนะนำโปรไฟล์ของบุคคลที่มีแนวโน้มเข้ากันได้ หากผู้ใช้ทั้งสองคนแสดงความสนใจซึ่งกันและกัน (Match) ระบบอาจอำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างกัน เช่น ระบบการส่งข้อความให้ผู้ใช้ได้ติดต่อกัน ซึ่งเป้าหมายของกระบวนการจับคู่คือการช่วยให้ค้นหาผู้ใช้งานคนอื่นๆ ที่เข้ากันได้โดยใช้ข้อมูลและเทคโนโลยี

ในปี ค.ศ. 2004 แอปพลิเคชัน OkCupid เริ่มใช้อัลกอริทึมการจับคู่ควบคู่กับฟังก์ชันการค้นหาพื้นฐาน โดยอัลกอริทึมของ OkCupid ใช้เปอร์เซ็นต์การจับคู่ (Match Percentages) เพื่อประเมินความเข้ากันได้จากวิธีการตอบคำถาม และน้ำหนักคำถามแต่ละข้อตามลำดับความสำคัญ ในปี ค.ศ. 2012 แอปพลิเคชัน Tinder ได้เปิดตัวครั้งแรกซึ่งใช้รูปแบบการปัดนิ้ว (Swipe) โดยการปัดไปทางขวาเพื่อถูกใจ ปัดไปทางซ้ายเพื่อผ่าน อัลกอริทึมของ Tinder มีพื้นฐานมาจากระบบการให้คะแนน Elo (1978) ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกับที่ใช้ในการคำนวณระดับทักษะของผู้เล่นเกมหมากรุก โดย Tinder ใช้คะแนน Elo ในการจัดอันดับผู้ใช้งานและกำหนดความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งคะแนน Elo จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมการปัดของผู้ใช้ ข้อมูลโปรไฟล์ และความถี่ที่ใช้แอปพลิเคชัน Tinder เป็นต้น เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาแอปพลิเคชัน Tinder ได้ยกเลิกการใช้คะแนน Elo โดยให้รายละเอียดเล็กน้อยเกี่ยวกับระบบใหม่ ว่าในปัจจุบันใช้ระบบแบบไดนามิกที่พิจารณาอย่างต่อเนื่องว่าสมาชิกมีส่วนร่วมกับผู้อื่นอย่างไรบนแอปพลิเคชัน Tinder ผ่านการกดถูกใจ, ไม่ถูกใจ และสิ่งที่อยู่ในโปรไฟล์ของสมาชิก (Tinder, 2022) นอกจากนี้ ในปี ค.ศ. 2012 ยังมีแอปพลิเคชัน Hinge ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันหาคู่ที่มุ่งเน้นความสัมพันธ์ระยะยาว Hinge ใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley เพื่อแนะนำการจับคู่ที่เข้ากันได้ให้กับผู้ใช้ (Mussen, 2020) แม้ว่าแพลตฟอร์มการหาคู่ออนไลน์ส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนที่คล้ายกัน แต่อัลกอริทึมการจับคู่ และเทคนิคการกรองข้อมูลนั้นแตกต่างกัน

2.2 อัลกอริทึม Gale-Shapley

Gale & Shapley (1962) นำเสนออัลกอริทึมการจับคู่แบบเสถียร (Stable Matching) ที่เรียกว่าอัลกอริทึม Gale-Shapley ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการแก้ปัญหาการจับคู่ที่เสถียร โดยกระบวนการทำงานของอัลกอริทึมประกอบด้วย

Algorithm 1: Stable Marriage Problem

```
Initialize all men (M) and women (W) to free
while (there exist a free man m who still has a woman w to propose to)
    w = 1st woman on m's list to whom m has not yet proposed
    if (w is free)
        (m, w) become engaged
    else some pair (m', w) already exists
        if w prefers m to m'
            (m, w) become engaged
            m' becomes free
        else
            (m', w) remain engaged
```

ผู้เข้าร่วม 2 กลุ่ม ซึ่งจะให้ผู้เข้าร่วมแต่ละคนจัดอันดับความชอบ จากนั้นจะทำการจับคู่ตัวเลือกที่มีอันดับสูงที่สุดก่อน ถ้าถูกปฏิเสธจะเลือกตัวเลือกอันดับสูงสุดรองลงมา อัลกอริทึมจะดำเนินต่อไปจนกว่าจะไม่มีคู่ที่ทั้งคู่ต้องการจับคู่มากกว่าคู่ปัจจุบันซึ่งส่งผลให้การจับคู่มีเสถียรภาพ สามารถอธิบายอัลกอริทึมอย่างง่ายสำหรับการจับคู่ของปัญหาการแต่งงานที่มีเสถียรภาพ (Stable Marriage Problem) ดังแสดงใน Algorithm 1

อัลกอริทึม Gale-Shapley ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหลากหลายด้าน เช่น Biro (2008) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการจับคู่นักเรียนกับมหาวิทยาลัย โดยในขั้นแรกของอัลกอริทึม ผู้สมัครแต่ละคนจะเลือกมหาวิทยาลัยโดยเรียงลำดับตามที่ต้องการ และแต่ละมหาวิทยาลัยจะกำหนดระดับคะแนนสอบของผู้สมัครที่น้อยที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาผู้สมัครทั้งหมดแล้ว จำนวนผู้สมัครจะไม่เกินจำนวนโควตาที่ต้องการ ถ้าผู้สมัครเกินจำนวนที่ต้องการมหาวิทยาลัยสามารถเพิ่มขีดจำกัดของคะแนนใหม่ให้สูงขึ้นได้ ในกรณีที่ปฏิเสธการเข้าเรียนจากผู้สมัคร มหาวิทยาลัยสามารถปรับลดขีดจำกัดคะแนนสอบของผู้สมัครลงได้ เพื่อรับนักศึกษาให้เต็มตามจำนวนที่ต้องการ หากไม่มีมหาวิทยาลัยใดสามารถลดขีดจำกัดของคะแนนได้ อัลกอริทึมจะหยุดลง Gutiérrez-Rondón & Gutiérrez-Cárdenas (2020) นำเสนอระบบจับคู่สัตว์เลี้ยงกับผู้ที่เป็

โรคซึมเศร้า โดยจะใช้ข้อมูลความชอบของผู้ใช้และข้อมูลเกี่ยวกับสัตว์เลี้ยง เพื่อจับคู่สัตว์เลี้ยงที่เหมาะสมที่สุดให้กับผู้ใช้แต่ละคน โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์ อายุ เพศ นิสัย และความต้องการของสัตว์เลี้ยง รวมถึงความต้องการและไลฟ์สไตล์ของผู้ใช้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้ที่เป็โรคซึมเศร้ามีโอกาสได้ใช้ชีวิตอยู่กับสัตว์เลี้ยงที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้ความสุขและมีสุขภาพจิตที่ดีขึ้น Rahman, Rahman, & Alam (2021) ทำการศึกษาการจับคู่ยานพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติกับที่จอดรถ โดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ซึ่งจะพิจารณาการจับคู่จากความต้องการของเจ้าของยานพาหนะกับคุณสมบัติของที่จอดรถ เช่น ความปลอดภัย อัตราค่าบริการ พื้นที่ ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ Pudasaini *et al.* (2022) นำเสนอระบบที่ช่วยให้นายจ้างค้นหาผู้สมัครงานที่เหมาะสมกับตำแหน่งงาน โดยการให้คะแนนประวัติส่วนตัว และรายละเอียดของตำแหน่งงาน ซึ่งในการให้คะแนนจะพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ทักษะ ประสบการณ์ การศึกษา และที่อยู่อาศัย โดยใช้อัลกอริทึม word2vec ในการจัดลำดับ จากนั้นจะใช้อันดับเหล่านี้ในการค้นหาคู่ที่เหมาะสมระหว่างนายจ้างกับผู้สมัคร โดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ซึ่งช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถค้นหาพนักงานจากผู้สมัครที่เหมาะสมกับงานได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Fajardo-Delgado *et al.* (2022) ได้เสนออัลกอริทึม

การจับคู่ที่เสถียรสำหรับบริการรับ-ส่งผู้โดยสาร โดยปรับปรุงอัลกอริทึม Gale-Shapley เพื่อจับคู่คนขับกับผู้โดยสารตามความชอบและปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลา และเส้นทาง เป็นต้น เพื่อสร้างการจับคู่ที่เสถียรซึ่งตอบสนองความต้องการของผู้ขับและผู้โดยสาร ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถลดเวลารอของทั้งคนขับและผู้โดยสาร และเพิ่มความพึงพอใจของทั้งสองฝ่าย

เนื่องจากอัลกอริทึม Gale-Shapley จะทำการจับคู่โดยพิจารณาจากการเรียงตามลำดับความต้องการของทั้งสองฝ่าย และหยุดการทำงานลงเมื่อไม่สามารถทำการจับคู่ตามความต้องการของทั้งสองฝ่ายได้อีก ดังนั้นจึงเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการทำงานของอัลกอริทึม Gale-Shapley สามารถการันตีได้ว่าผลลัพธ์การจับคู่ที่ได้จะถูกจับคู่ตามความพึงพอใจของทั้งสองฝ่าย ทำให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมวซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นไปตามความต้องการของเจ้าของแมว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอวิธีการจับคู่สำหรับการผสมพันธุ์แมวโดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ผ่านแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้โปรแกรม Android Studio และภาษา Dart เป็นเครื่องมือในการพัฒนา ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันแสดงดังภาพประกอบ 1 ในขั้นตอนแรกการทำงานของระบบจะเป็นการสร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้งาน และโปรไฟล์แมว เมื่อผู้ใช้งานสร้างโปรไฟล์แมวเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไประบบจะทำการแนะนำแมวเพศตรงข้ามตามความต้องการของผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานเรียงลำดับความชอบของแมวเป็นที่เรียบร้อยแล้วระบบจะทำการจับคู่แมวตามลำดับ เมื่อระบบทำการจับคู่แมวได้แล้ว ผู้ใช้งานสามารถคุยกับเจ้าของแมวตัวที่ทำการจับคู่ได้ โดยขั้นตอนการทำงานแต่ละส่วนของระบบมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การสร้างโปรไฟล์

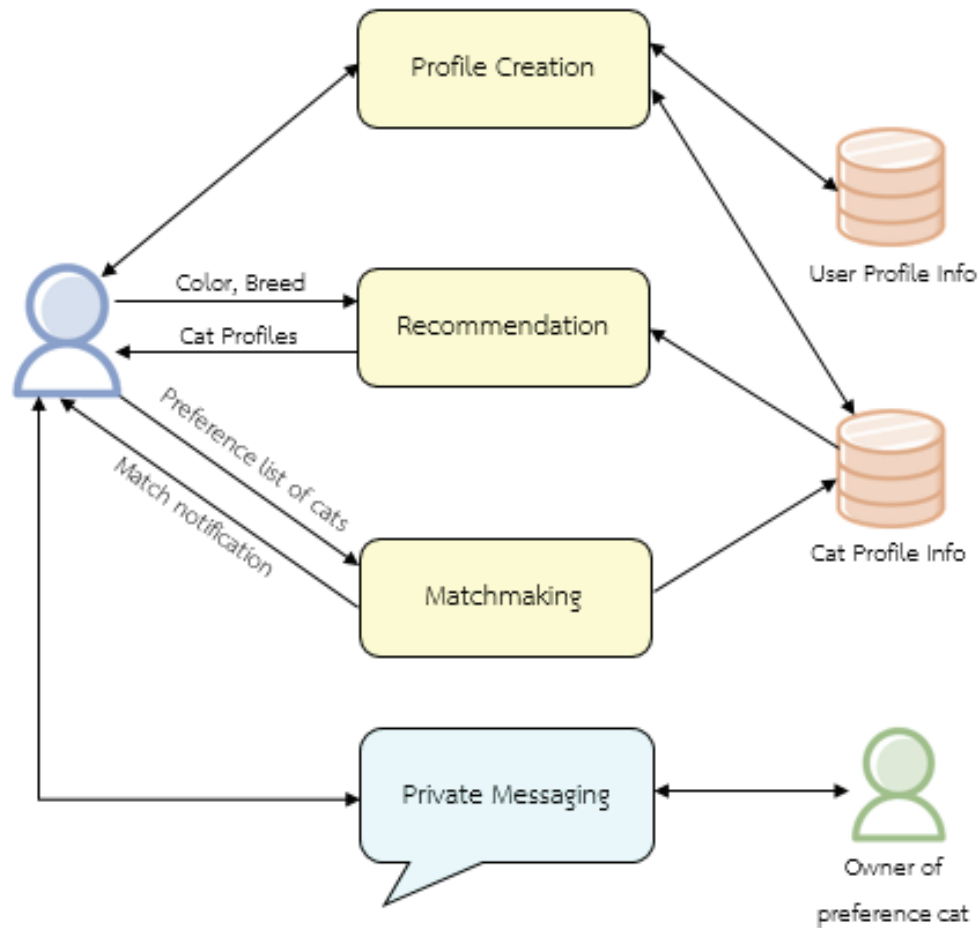
การสร้างโปรไฟล์นั้นเป็นการเก็บข้อมูลทั้งในส่วนของผู้ใช้งานซึ่งเป็นเจ้าของแมวและรายละเอียดของแมวที่เลี้ยง โดยเริ่มจากข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งาน เช่น ชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ เป็นต้น ระบบจะอนุญาตให้สร้างโปรไฟล์สำหรับแมวก่อนเมื่อทำการสร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้งานเรียบร้อยแล้ว ในการสร้างโปรไฟล์แมวผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลทั่วไปของแมวซึ่งประกอบด้วย ชื่อแมว สายพันธุ์ ลักษณะสี เพศ อายุ มีใบพัด ตีกรหรือไม่มี การได้รับวัคซีน ภาพแมว และตำแหน่งที่อยู่ของแมว โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล MongoDB

3.2 การแนะนำแมวเพศตรงข้าม

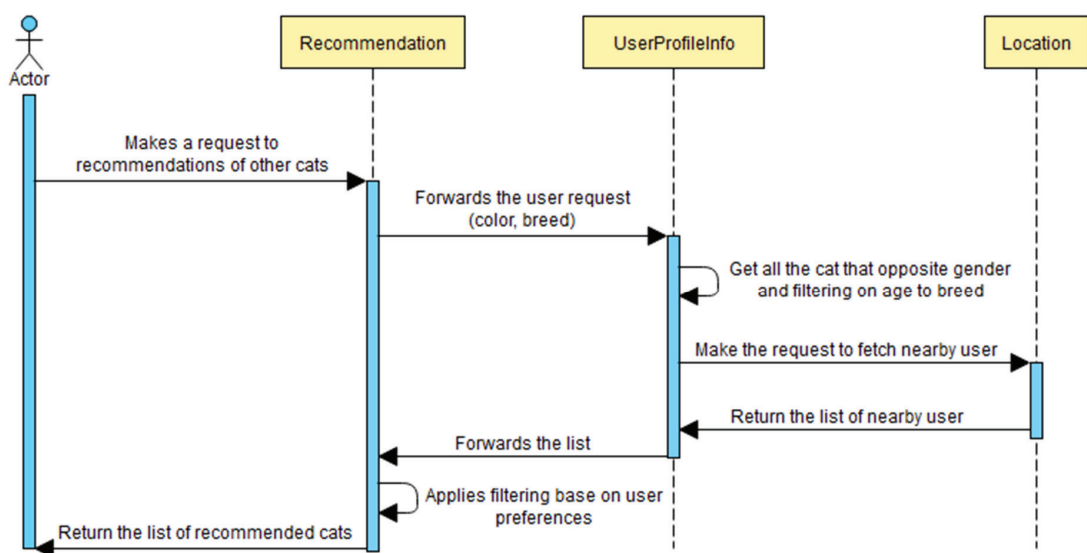
เมื่อผู้ใช้งานสร้างโปรไฟล์เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้จะสามารถใช้งานระบบแนะนำโปรไฟล์ของแมวตัวอื่นๆ ได้ โดยลำดับขั้นตอนการทำงานภายในระบบแนะนำแมวเพศตรงข้ามแสดงดังภาพประกอบ 2 เมื่อผู้ใช้งานร้องขอระบบแนะนำแมวเพศตรงข้าม ระบบจะทำการค้นหาแมวที่มีเพศตรงข้ามกับแมวของผู้ใช้งาน และมีอายุที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์ ซึ่งแมวเพศเมียจะต้องมีอายุอยู่ระหว่าง 10 เดือน - 7 ปี และแมวเพศผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 10 เดือนขึ้นไป ตามประกาศของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Veterinary Council of Thailand, 2021) หลังจากนั้นจะทำการค้นหาแมวตัวที่อยู่ใกล้เคียงกับผู้ใช้งาน และส่งรายชื่อแมวที่อยู่ใกล้เคียงกลับไปตามลำดับ ในขั้นตอนสุดท้ายระบบจะทำการกรองลักษณะของสี สายพันธุ์ การได้รับวัคซีน และระบบการเรียงตามความต้องการของผู้ใช้แล้วส่งรายการโปรไฟล์แมวที่จะแนะนำให้กับผู้ใช้งาน

3.3 การจับคู่ผสมพันธุ์แมว

จากอัลกอริทึม Gale-Shapley ที่กล่าวไปในหัวข้อ 2.2 นั้นจะเห็นว่าอัลกอริทึมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการจับคู่การแต่งงานในคนซึ่งจะเป็น



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ



ภาพประกอบ 2 แผนภาพแสดงลำดับกระบวนการทำงานของระบบแนะนำแมว

ความสัมพันธ์ในลักษณะหนึ่งต่อหนึ่ง แต่ในการผสมพันธุ์แมวแต่ละครั้งนั้นแมวตัวผู้สามารถผสมพันธุ์กับแมวตัวเมียได้หลายตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงอัลกอริทึม Gale-Shapley ให้เหมาะสมกับการผสมพันธุ์แมว โดยกำหนดให้ $F = \{f_1, f_2, \dots, f_s\}$ เป็นเซตของแมวเพศเมีย และ $M = \{m_1, m_2, \dots, m_t\}$ เป็นเซตของแมวเพศผู้ แมวเพศเมียแต่ละตัว $f_i \in F$ จะมี A_i เป็นเซตของลำดับความต้องการแมวตัวผู้ที่จะผสมพันธุ์ด้วย โดยที่ $A_i \subseteq M$ และแมวเพศผู้แต่ละตัว $m_j \in M$ จะระบุเซตของลำดับความต้องการแมวเพศเมียที่จะผสมพันธุ์ด้วยซึ่งแทนด้วย B_j โดยที่ $B_j \subseteq F$ และ c_j เป็นจำนวนแมวเพศเมียที่สามารถผสมพันธุ์ได้ในระยะเป็นสัปดาห์แต่ละครั้งของแมวตัวผู้ โดยกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 1 ซึ่ง c_j จะมีค่าน้อยกว่าเท่ากับจำนวนสมาชิกในเซต B_j อัลกอริทึมสำหรับการจับคู่ผสมพันธุ์แมว มีรายละเอียดดัง Algorithm 2

การทำงานของอัลกอริทึมเริ่มจากให้ผู้ใช้งานซึ่งเป็นเจ้าของแมวเพศเมียจัดอันดับแมวเพศผู้ที่ต้องการในส่วนของเจ้าของแมวเพศผู้ทำการจัดอันดับแมวเพศเมียที่ต้องการเช่นกัน และระบุจำนวนแมวเพศเมียที่สามารถผสมพันธุ์ได้ในระยะเป็นสัปดาห์แต่ละครั้ง จาก

นั้นจะดำเนินการผ่านกระบวนการทำซ้ำซึ่งแมวเพศเมียเสนอชื่อของแมวเพศผู้ที่ต้องการมากที่สุด และแมวเพศผู้จะยอมรับแมวเพศเมียที่ต้องการมากที่สุด ในบรรดาแมวที่เคยเสนอมาจนถึงตอนนี้ (ตามจำนวนที่สามารถผสมพันธุ์ได้ในแต่ละครั้ง) หากแมวเพศเมียถูกปฏิเสธจากแมวเพศผู้ตัวแรก แมวเพศผู้ลำดับถัดไปที่อยู่ในรายการความต้องการที่จะผสมพันธุ์ของแมวเพศเมียจะถูกนำเสนอ หากแมวเพศผู้ที่ได้รับข้อเสนอจากแมวเพศเมียและพบว่าแมวเพศเมียตัวนี้อยู่ในลำดับความต้องการที่สูงกว่าการจับคู่ในปัจจุบัน แมวเพศผู้จะปฏิเสธการจับคู่ปัจจุบันและยอมรับข้อเสนอใหม่ อัลกอริทึมจะดำเนินการต่อไปจนกว่าแมวเพศเมียทั้งหมดจะถูกจับคู่ หรือการจับคู่จะสิ้นสุดลงหากไม่มีคู่ของแมวที่ทั้งคู่ชอบกันมากกว่าคู่ในปัจจุบัน ในภาพประกอบ 3 เป็นตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึมการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมว โดยยกตัวอย่างความสนใจของแมวตัวเมีย และแมวตัวผู้ดังภาพประกอบ 3(ก) อัลกอริทึมมีการทำงานหลายรอบในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดดังแสดงในภาพประกอบ 3(ข) และผลลัพธ์ของอัลกอริทึมแสดงดังภาพประกอบ 3(ค)

Algorithm 2: Matchmaking for breeding cats

Input: - Set of female cat F where each female cat has a ranked preference list of male cats
- Set of male cat M where each male cat has a ranked preference list of female cats

Output: A set P which matching between female cats and a male cat.

$P = \emptyset$

while (some f_i is unmatched and $A_i \neq \emptyset$)

m_j = the highest-ranked in A_i

$P = P \cup \{(f_i, m_j)\}$

If (m_j is oversubscribed)

f_k = worst female cat provisionally assigned to m_j

$P = P - \{(f_k, m_j)\}$

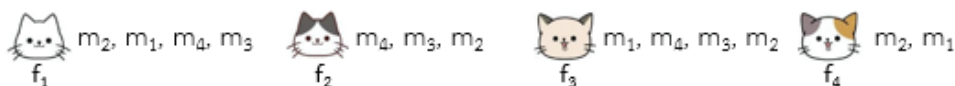
If (m_j is full)

f_k = worst female cat provisionally assigned to m_j

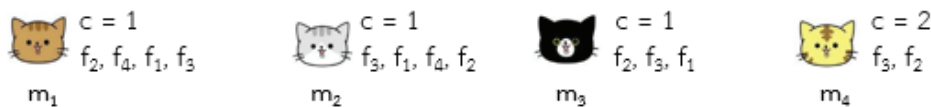
for (each successor f_z of f_k in B_j)

delete the pair (f_z, m_j)

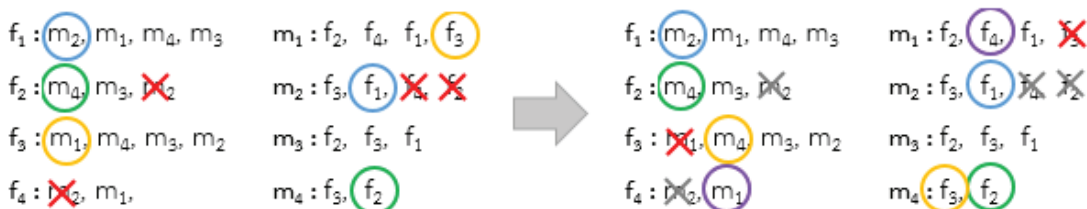
เซตของแมวเพศเมีย



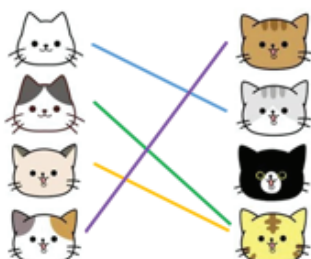
เซตของแมวเพศผู้



(ก)



(ข)



$$P = \{(f_1, m_2), (f_2, m_4), (f_3, m_4), (f_4, m_1)\}$$

(ค)

ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึม (ก) เซตของแมว

(ข) การทำงานของอัลกอริทึม (ค) ผลลัพธ์ของการจับคู่

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือผลการประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมว ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน และผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจับคู่ผสมพันธุ์แมว

การประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจับคู่ผสมพันธุ์แมวประกอบไปด้วยการทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม และการประเมินประสิทธิภาพเชิงเวลาของอัลกอริทึม ในการทดสอบความถูกต้อง

ของอัลกอริทึม ได้ทำการทดสอบโดยการสร้างกรณีทดสอบขึ้นมา 150 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบไปด้วยกรณีที่มีแมวตัวผู้เท่ากับแมวตัวเมีย แมวตัวผู้น้อยกว่าแมวตัวเมีย และมีแมวตัวผู้มากกว่าแมวตัวเมีย นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการระบุจำนวนแมวตัวเมียที่สามารถผสมพันธุ์ได้ของแมวตัวผู้แต่ละตัวในรูปแบบที่แตกต่างกันไปในตาราง 1 เป็นตัวอย่างลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบอัลกอริทึม และผลที่ได้จากการทดสอบจากการทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมนั้นพบว่าผลที่ได้จากการทดสอบตรงกับผลลัพธ์ที่คาดหวังทุกกรณีซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการจับคู่ผสมพันธุ์แมวทำงานได้ถูกต้อง

ตาราง 1 ตัวอย่างผลการทดสอบอัลกอริทึมการจับคู่ผสมพันธุ์แมว

ลักษณะข้อมูลนำเข้า (Input)	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง (Expected Result)	ผลจากการทดสอบ (Output)
<u>กรณีทดสอบที่ 1</u>		
$f_1: m_1, m_2, m_3, m_4$ $f_2: m_1, m_2, m_3, m_4$ $f_3: m_1, m_2, m_3, m_4$ $f_4: m_3, m_1, m_2, m_4$ $m_1: f_4, f_1, f_2, f_3$ และ $c = 1$ $m_2: f_3, f_1, f_2, f_4$ และ $c = 1$ $m_3: f_1, f_2, f_4, f_3$ และ $c = 1$ $m_4: f_1, f_2, f_3, f_4$ และ $c = 1$	$\{(f_1, m_3), (f_2, m_4), (f_3, m_2), (f_4, m_1)\}$	$\{(f_1, m_3), (f_2, m_4), (f_3, m_2), (f_4, m_1)\}$
<u>กรณีทดสอบที่ 2</u>		
$f_1: m_2, m_4, m_1, m_3$ $f_2: m_1, m_2, m_3, m_4$ $f_3: m_3, m_1, m_2, m_4$ $m_1: f_3, f_1, f_2$ และ $c = 1$ $m_2: f_2, f_1, f_3$ และ $c = 1$ $m_3: f_1, f_3, f_2$ และ $c = 1$ $m_4: f_1, f_2, f_3$ และ $c = 1$	$\{(f_1, m_2), (f_2, m_1), (f_3, m_3)\}$	$\{(f_1, m_2), (f_2, m_1), (f_3, m_3)\}$
<u>กรณีทดสอบที่ 3</u>		
$f_1: m_4, m_1, m_2$ $f_2: m_3, m_2, m_4$ $f_3: m_1, m_3$ $f_4: m_4, m_1, m_3, m_2$ $m_1: f_4, f_1, f_3$ และ $c = 2$ $m_2: f_2, f_1, f_4$ และ $c = 1$ $m_3: f_2, f_4, f_3$ และ $c = 1$ $m_4: f_1, f_4, f_2$ และ $c = 1$	$\{(f_1, m_4), (f_2, m_3), (f_3, m_1), (f_4, m_1)\}$	$\{(f_1, m_4), (f_2, m_3), (f_3, m_1), (f_4, m_1)\}$
<u>กรณีทดสอบที่ 4</u>		
$f_1: m_2$ $f_2: m_2, m_1$ $f_3: m_2, m_3, m_1$ $f_4: m_1, m_2, m_3$ $f_5: m_2, m_1, m_3$ $m_1: f_5, f_3$ และ $c = 1$ $m_2: f_5, f_1, f_2, f_4, f_3$ และ $c = 2$ $m_3: f_5, f_1, f_3, f_4$ และ $c = 2$	$\{(f_1, m_2), (f_3, m_3), (f_4, m_3), (f_5, m_2)\}$	$\{(f_1, m_2), (f_3, m_3), (f_4, m_3), (f_5, m_2)\}$

ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพเชิงเวลาของอัลกอริทึมจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมว กำหนดให้มีแมวตัวผู้ n ตัว และแมวตัวเมีย n ตัวที่เกี่ยวข้องกับอัลกอริทึม ในการวนซ้ำแต่ละรอบของ while loop แมวตัวเมีย 1 ตัวจะเสนอแมวตัวผู้ที่น่าสนใจได้ไม่เกิน n ตัว ถ้าแมวตัวเมียมีทั้งหมด n ตัว กรณีที่เลวร้ายที่สุด คือกรณีที่แมวตัวเมียทุกตัวเสนอแมวตัวผู้ที่น่าสนใจ n ตัว ดังนั้นจะมีข้อเสนอเกิดขึ้นได้สูงสุดไม่เกิน $n \times n = n^2$ รายการ จึงทำให้เวลาในการทำงานของอัลกอริทึมเป็น $O(n^2)$

4.2 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

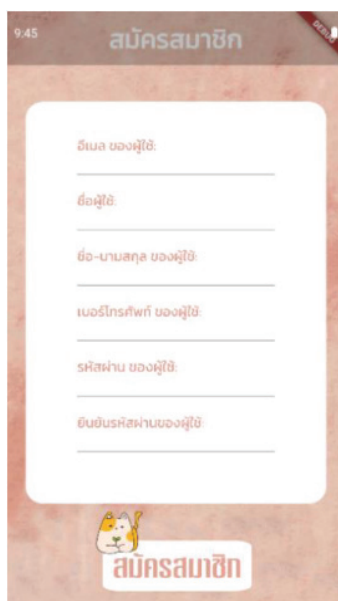
จากการพัฒนาแอปพลิเคชันการหาคู่ออนไลน์สำหรับการผสมพันธุ์แมวโดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley เมื่อเปิดใช้งานแอปพลิเคชันจะปรากฏหน้าเข้าสู่ระบบดังภาพประกอบ 4(ก) ในกรณีใช้งานแอปพลิเคชันครั้งแรกผู้ใช้จะต้องสมัครสมาชิกเพื่อทำการสร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้งาน ดังภาพประกอบ 4(ข) เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบแล้วจะมายังหน้าหลักของแอปพลิเคชันซึ่งเป็นหน้าหาคู่ผสมพันธุ์แมว

ดังภาพประกอบ 4(ค) โดยทางด้านล่างของแอปพลิเคชันจะมีแถบนำทาง (Navigation bar) เพื่อนำทางไปยังหน้าต่างๆ ปุ่มแรกไปยังหน้าหลัก ปุ่มที่ 2 นำทางไปยังหน้าสร้างโปรไฟล์แมว ปุ่มที่ 3 ไปยังหน้าประวัติการจับคู่แมว และปุ่มสุดท้ายเป็นหน้ารายชื่อแมวทั้งหมดของผู้ใช้งาน

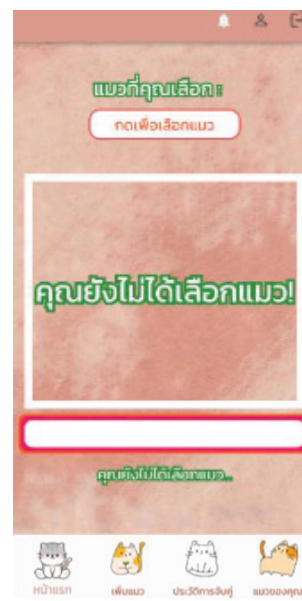
ในภาพประกอบ 5 เป็นกระบวนการจับคู่แมวโดยผู้ใช้งานจะทำการกรอกคุณสมบัติของแมวที่สนใจดังภาพประกอบ 5(ก) หลังจากนั้นระบบจะทำการแนะนำแมวเพศตรงข้ามที่มีคุณสมบัติตามที่ผู้ใช้งานต้องการแสดงในภาพประกอบ 5(ข) ขั้นตอนถัดไปคือการเรียงลำดับแมวเพศตรงข้าม โดยแอปพลิเคชันกำหนดให้สามารถเรียงลำดับแมวที่สนใจได้สูงสุด 10 ตัว เมื่อผู้ใช้เรียงลำดับแมวที่สนใจเรียบร้อยแล้วระบบจะทำการจับคู่แมวตามอัลกอริทึมที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในหัวข้อ 3.3 เมื่อจบการทำงานของอัลกอริทึมแอปพลิเคชันจะทำการแจ้งเตือนผลการจับคู่ไปยังผู้ใช้งานดังภาพประกอบ 5(ค) หลังจากแมวของผู้ใช้งานถูกจับคู่แล้วจะสามารถแชตคุยกับเจ้าของแมวที่ทำการจับคู่กันได้



(ก)



(ข)



(ค)

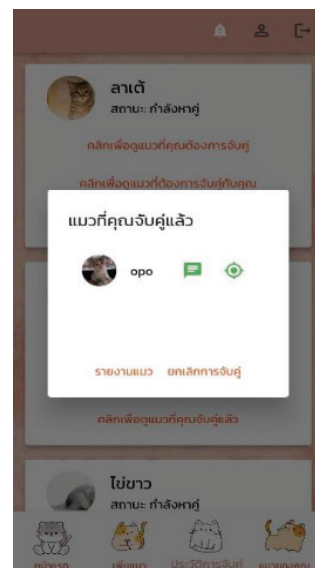
ภาพประกอบ 4 หน้าแอปพลิเคชัน (ก) หน้าเข้าสู่ระบบ (ข) หน้าสมัครสมาชิก (ค) หน้าหาคู่ผสมพันธุ์แมว



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 5 การจับคู่แมว (ก) หน้าเลือกคุณสมบัติของแมวที่สนใจ
(ข) หน้าโปรไฟล์แมวที่ผู้ใช้งานสนใจ (ค) หน้าแมวที่ถูกจับคู่แล้ว

ตาราง 2 ผลการประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ		ผู้ใช้งานทั่วไป	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
ความสามารถของระบบ	4.33	0.58	4.43	0.63
ความเหมาะสมด้านการออกแบบ	4.67	0.58	4.66	0.61
ประโยชน์ที่ได้รับจากแอปพลิเคชัน	4.00	0.00	4.26	0.58
เฉลี่ย	4.33	0.39	4.45	0.61

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน

ในงานวิจัยได้มีการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งแบ่งหัวข้อในการประเมินออกเป็นด้านความสามารถของระบบ ความเหมาะสมด้านการออกแบบ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากแอปพลิเคชัน พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก และผลประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชัน

จากผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ย 4.45 อยู่ในระดับมาก ดังตาราง 2

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการหาคู่ออนไลน์สำหรับผสมพันธุ์แมวโดยใช้อัลกอริทึม Gale-Shapley ผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงอัลกอริทึม Gale-Shapley เพื่อให้เหมาะสมกับการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์แมวโดยให้ความสำคัญกับแมวเพศเมียมากกว่าแมวเพศผู้ ซึ่งจะเห็นได้จากอัลกอริทึมในส่วนของการจับคู่

จะยึดตามลำดับความต้องการของแมวเพศเมียจากการทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมพบว่าอัลกอริทึมการจับคู่ผสมพันธุ์แมวทำงานได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในแง่ของเวลาทำงานเป็น $O(n^2)$ จากผลความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 คนนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันซึ่งมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันที่นำเสนอสามารถตอบสนองความต้องการทั้งเจ้าของแมวเพศผู้และเพศเมียได้ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยหาคู่ออนไลน์สำหรับแมวเพื่อการผสมพันธุ์ได้จริง

สำหรับการวิจัยในอนาคตการปรับปรุงอัลกอริทึมเพื่อให้แสดงผลการจับคู่แมวที่เสถียรโดยไม่ต้องรอให้อัลกอริทึมทำงานเสร็จเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาซึ่งจะส่งผลให้แอปพลิเคชันนี้การทำงานแบบเรียลไทม์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Veterinary Council of Thailand. (2021). ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องการจัดสวัสดิภาพแมวในสถานที่เพาะพันธุ์แมว พ.ศ.2563 [Ministry of Agriculture and Cooperatives announcement: Cat welfare in cat breeding facilities, BE 2563]. Retrieved 25 August 2023. Retrieved from http://student.vetcouncil.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1388:2312444&ccati=23&Itemid=143&lang=th [In Thai]
- Biro, P. (2008). Student admissions in Hungary as Gale and Shapley envisaged. Technical Report TR-2008-291. University of Glasgow, Department of Computing Science. Retrieved from <https://www.tayfunsonmez.net/wp-content/uploads/2013/10/Biro.pdf>
- Ellison, N., Heino, R., & Gibbs, J. (2017). Managing impressions online: Self-presentation processes in the online dating environment. *Journal of Computer-Mediated Communication*. 11(2), 415-441. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2006.00020.x>
- Elo, A. E. (1978). *The Rating of Chessplayers, Past and Present*. Arco Publishing, New York, U.S.A.
- Fajardo-Delgado, D., Hernandez-Bernal, C., Sanchez-Cervantes, M. G., Trejo-Sanchez, J. A., Espinosa-Curiel, I. E., & Molinar-Solis, J. E. (2022). Stable matching of users in a ridesharing model. *Applied Sciences*. 12(15), 7797. <https://doi.org/10.3390/app12157797>
- Finkel, E. J., Eastwick, P. W., Karney, B. R., Reis, H. T., & Sprecher, S. (2012). Online dating: A critical analysis from the perspective of psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(1), 3-66. <https://doi.org/10.1177/1529100612436522>

- Gale, D. & Shapley, L. S. (1962). College admissions and the stability of marriage. *The American Mathematical Monthly*, 69(1), 9-15. <https://doi.org/10.2307.2312726>
- Gutiérrez-Rondón, G. & Gutiérrez-Cárdenas, J. (2020). Matching system for animal-assisted therapy based on the Levenshtein and Gale-Shapley algorithms. *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC), Vancouver, Canada, November 5-6, 2020*, 262-280. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63092-8_18
- McCarthy, N. (2017). *Which countries have the most cat owners? Statista daily data*. Retrieved 23 August 2023. Retrieved from <https://www.statista.com/chart/10267/which-countries-have-the-most-cat-owners/>
- Mussen, M. (2020). *This is how the Nobel Prize winning hinge algorithm actually works. The tab*. Retrieved 25 August 2023. Retrieved from <https://thetab.com/uk/2020/05/20/this-is-how-the-nobel-prize-winning-hinge-algorithm-actually-works-157740>.
- Pudasaini, S., Shakya, S., Lamichhane, S., Adhikari, S., Tamang, A., & Adhikari, S. (2022). Scoring of resume and job description using Word2vec and matching them using Gale-Shapley algorithm. In: Jeena Jacob, I., Gonzalez-Longatt, F.M., Kolandapalayam Shanmugam, S., Izonin, I. (eds) *Expert Clouds and Applications. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 209*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2126-0_55
- Rahman, A., Rahman, K., & Alam, M. G. R. (2021). Stable matching based parking lot allocation for autonomous vehicles. *Proceedings of the 2nd International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST), DHAKA, Bangladesh, January 5-7, 2021*, 372-376. <https://doi.org/10.1109/ICREST51555.2021.9331056>
- Ramirez, A., Sumner, E., Fleuriot, C., & Cole, M. (2014). When online dating partners meet offline: The effect of modality switching on relational communication between online daters. *Journal of Computer-Mediated Communication*. 20(1), 99-114. <https://doi.org/10.1111/jcc4.12101>

-
- Rosen, L. D., Cheever, N. A., Cummings, C., & Felt, J. (2008). The impact of emotionality and self-disclosure on online dating versus traditional dating. *Computers in Human Behavior*. 24(5), 2124-2157. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.10.003>
- Statista Research Department. (2023). *Thailand: Popular owned pet types 2022*. Retrieved 23 August 2023. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/1321209/thailand-popular-owned-pet-types/>
- Tinder. (2022). *Powering Tinder - The method behind our matchinzg*. Tinder newsroom. Retrieved 25 August 2023. Retrieved from <https://www.tinderpressroom.com/poweringtinder-r-the-method-behind-our-matching/>

โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด Knee Joint Muscle Measurement Application for Physical Therapy Treatment

วิมลลักษณ์ พินธุศิริกุล¹, ระพีพัฒน์ เนตรพลับ¹, ทิวา โกศล², วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ^{1*}
Wimonluk Pintusirakun¹, Raphiphat Netphlap¹, Tiwa Koson², Wisan Tangwongcharoen^{1*}

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

² คณะกายภาพบำบัดและเวชศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย

¹ Computer Science, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

² Faculty of Physical Therapy and Sport Medicine, Rangsit University, Pathum Thani 12000, Thailand

* Corresponding author: Wisan Tangwongcharoen, wisan.ta@kmitl.ac.th

Received:

8 March 2023

Revised:

15 May 2023

Accepted:

17 June 2023

คำสำคัญ:

กายภาพบำบัดข้อเข่า, วิเคราะห์ข้อมูล, การวัดสมรรถนะ, เซนเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหว, โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่า

Keywords:

Knee Physical Therapy, Data Analysis, Performance Measurement, Motion Sensor, Knee Joint Muscle Measurement Program

บทคัดย่อ: โปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่มีปัญหาเกี่ยวกับข้อเข่าในการทำกายภาพบำบัด โดยพัฒนาควบคู่กับอุปกรณ์ที่มี Gyroscope Sensor เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหว และจะส่งสัญญาณขณะที่ทำกายภาพบำบัดส่งผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณไวไฟไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพื่อบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ ได้แก่ ท่าที่ใช้ฝึกกายภาพบำบัด จำนวนเวลาที่บำบัด องศาของการขยับขา เป็นต้น โดยซอฟต์แวร์จะบันทึกข้อมูลของผู้กายภาพบำบัดเพื่อนำมาช่วยในการตรวจสอบและวิเคราะห์ จากนั้นจึงได้นำอุปกรณ์ไปทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 10 คนเพื่อทดสอบความพึงพอใจ โดยผลการทดสอบความพึงพอใจพบว่ากลุ่มคนในช่วงอายุ 20 ปี มีความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด โดยมีความพึงพอใจที่ 3.95

Abstract: The knee joint muscle measurement application for physical therapy treatment was developed to aid patients and the elderly with knee problems during the physical therapy session. It was developed in conjunction with a device that has a gyroscope sensor to detect the movement. The signal was then sent to a computer server, while doing physical therapy through a Wi-Fi device, in order to record information about patients and the elderly, including postures used in physical therapy practice, amount of treatment time, degree of leg movement, etc. The

software also records the physical therapist's information for inspection and analysis. We tested the device on ten volunteers for satisfaction. The satisfaction test results indicated that people in their 20s were satisfied with the knee joint muscle measurement device for physical therapy, with a satisfaction rating of 3.95.

1. บทนำ

โรคข้อเข่าเสื่อม (Osteoarthritis of Knee) เป็นโรคในระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่พบในผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่มีน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีความบกพร่องในการใช้ชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ อาการของโรคข้อเข่าเสื่อมที่พบได้บ่อย ได้แก่ อาการปวด ข้อบวม ข้อเข่าผิดรูป กล้ามเนื้อรอบข้อเข่าอ่อนแรงและการเคลื่อนไหวที่บริเวณเข่าลดลงอาจมีอาการติดขัดขณะเดิน (Dungkong, 2017) เป็นสาเหตุให้มีการสูญเสียตำแหน่งการรับสัมผัสบริเวณรอบข้อเข่า ส่งผลให้ผู้ที่มีข้อเข่าเสื่อมมีความสามารถในการทรงตัวลดลงเมื่อเทียบกับคนทั่วไป ภาวะข้อเข่าเสื่อมเกิดขึ้นได้กับทุกคนเมื่อมีอายุที่มากขึ้นเนื่องจากเป็นข้อที่รับน้ำหนักและใช้งานมาก ผู้ที่เป็นข้อเข่าเสื่อมหากปฏิบัติตัวหรือได้รับการรักษาที่ไม่เหมาะสมอาการเสื่อมของข้อเข่าจะเป็นไปดำเนินไปเรื่อยๆ เมื่ออาการมากขึ้นจะทำให้เกิดความเจ็บปวด มีลักษณะอาการของข้อเข่าที่ผิดรูปทำให้เกิดผลกระทบต่อการดำเนินกิจวัตรประจำวัน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ทำให้เกิดความทุกข์ทรมานทั้งร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะสภาพจิตใจที่ต้องมีความกังวลกับการเจ็บป่วยและต้องทำการรักษาในระยะยาวเนื่องจากการรักษาอย่างต่อเนื่อง เช่น ต้องมีการทำกายภาพบำบัด การใช้ยารักษา หรือการรักษาโดยไม่ใช้ยาที่เป็นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การใช้ชีวิตเพื่อกำจัดสาเหตุของโรค และการผ่าตัด เป็นต้น (Lamcharoen, Potisupsuk, & Nuysri, 2018; Methabutr, 2022) จึงทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมแย่ลง

ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความเสื่อมบริเวณกระดูกของโรคข้อเข่าเสื่อม ได้แก่ อายุที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัว

กรรมพันธุ์ หรือการได้รับบาดเจ็บบริเวณข้อเข่า โรคข้อเข่าเสื่อมจำเป็นต้องได้รับการรักษาและฟื้นฟูอย่างถูกต้องและเหมาะสม (Utchin & Thato, 2017) นอกจากปัจจัยที่เกิดเฉพาะแต่ละบุคคลแล้วยังมีสาเหตุทางกายภาพอื่นๆ ที่เป็นต้นเหตุของอาการปวดข้อเข่าเสื่อม เช่น การยืนและการเดินนานๆ การขึ้นลงบันไดบ่อยๆ การนั่งพับเพียบหรือนั่งขัดสมาธิ รวมถึงท่าทางจากกิจกรรมที่มีแรงกดต่อข้อเข่ามากๆ เช่น การคุกเข่า การเล่นกีฬาที่เกี่ยวข้องกับข้อเข่าและขา เป็นต้น และเมื่อเกิดอาการปวดวิธีการปฏิบัติก็มักจะรับประทานยาแก้ปวดเพื่อบรรเทาอาการ ซึ่งเป็นเพียงการบรรเทาปวดในระยะสั้นเพื่อไม่ให้กระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันเท่านั้น แต่อาการของโรคก็จะเกิดขึ้นมาอีกเมื่อข้อเข่าถูกกระตุ้นทางกายภาพจากสาเหตุดังกล่าว (Lamcharoen, Potisupsuk, & Nuysri, 2018)

วิธีการในการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับความนิยมและเหมาะสมกับโรคข้อเข่าเสื่อมระยะเริ่มต้น คือ การทำกายภาพบำบัด มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อมที่แสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วยการกายภาพบำบัดเป็นวิธีการที่ได้รับคามนิยมน้อยมาก ด้วยเป็นวิธีการที่หลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากการผ่าตัดโดยเฉพาะหากเกิดกับผู้สูงอายุ ไม่ว่าจะเป็นความเสี่ยงขณะผ่าตัดหรือผลกระทบที่เกิดหลังจากการผ่าตัด (Dungkong, 2017; Thitikunpatthanawadee, Kanjanasit, & Setthaphatthaphon, 2018; Robrujen, 2020) ด้วยโรคข้อเข่าเสื่อมมักจะเป็นกับบุคคลที่มีอายุมากแล้วถึงจะแสดงอาการของโรคให้เห็น ดังนั้นการรักษาด้วยวิธีการกายภาพบำบัดจึงเป็นวิธีการที่ช่วยฟื้นฟูและป้องกันไม่ให้ข้อเสื่อมมากขึ้น การรักษาด้วยวิธีการกายภาพบำบัดจะขึ้นอยู่กับว่าอาการเจ็บข้อเข่า

เกิดจากสาเหตุใด เพราะจำเป็นต้องทำการฟื้นฟูสภาพข้อเข่าให้ตรงกับสาเหตุที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วย หากสาเหตุเกิดจากโรคอาจจะต้องทำการรักษาด้วยแพทย์เฉพาะทางและทำการกายภาพบำบัดเพื่อฟื้นฟูการร่วมด้วยจุดประสงค์ของการทำการกายภาพบำบัดก็เพื่อบรรเทาอาการปวดและสามารถงอประสิทธิภาพการทำงานข้อเข่าให้ได้ (Saisuri & Pensri, 2022) การฟื้นฟูด้วยการทำการกายภาพบำบัดอาจจะต้องใช้เวลานานในการรักษาเพื่อให้มีประสิทธิภาพกับร่างกายและข้อเข่ามากที่สุดซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การใช้เครื่องมือทางการกายภาพบำบัด การออกกำลังกายเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย เป็นต้น (Kinrehabilitation, n.d.)

จากระยะเวลาของโปรแกรมสำหรับการทำกายภาพที่ใช้เวลาค่อนข้างนาน ผู้ทำวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบโปรแกรมการทำการกายภาพสำหรับฟื้นฟูผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมผ่านเกม 3D และโปรแกรมการตรวจวัดกล้ามเนื้อที่เป็นเครื่องมือช่วยผู้ป่วยในการทำกายภาพบำบัด โดยโปรแกรมสำหรับการทำการกายภาพก็จะเน้นไปที่การฝึกการใช้กล้ามเนื้อในส่วนที่เกิดปัญหา เป็นการรักษาเพื่อบรรเทาและชะลอความเสื่อมของข้อเข่าช่วยให้ผู้ป่วยเห็นความก้าวหน้าของการทำการกายภาพบำบัดของตนเอง แพทย์ที่ดูแลผู้ป่วยก็สามารถติดตามผลเพื่อตรวจเช็คสถานะต่างๆ และปรับเปลี่ยนรูปแบบการรักษาให้เหมาะสมต่อไปได้ ซึ่งส่งผลให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีและลดความเสี่ยงต่อการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม

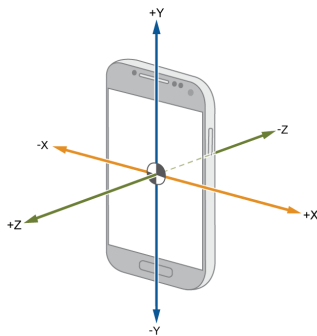
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคข้อเข่าเสื่อมและการรักษาโดยวิธีกายภาพบำบัด

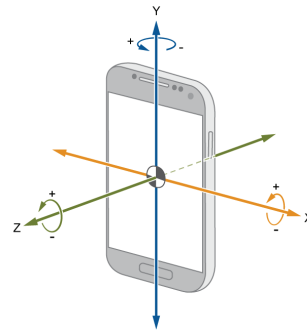
โรคข้อเข่าเสื่อมเป็นโรคในระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่พบในวัยผู้ป่วยและผู้สูงอายุมีแนวโน้ม

เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีความบกพร่องในการใช้ชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ และติดหนึ่ในสลับของโรคที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะทุพพลภาพของผู้สูงอายุในประเทศไทย อาการของโรคข้อเข่าเสื่อมที่พบได้บ่อย ได้แก่อาการปวด ข้อฝืด การบาดเจ็บบริเวณข้อเข่า และการเคลื่อนไหวที่บริเวณเข่าลดลง มีเสียงดังในข้อขณะเคลื่อนไหว อาจมีอาการติดขัดขณะเดิน (Sroisong et al., 2019) นอกจากนี้ยังเป็นเหตุให้มีการสูญเสียตำแหน่งการรับสัมผัสกล้ามเนื้ออ่อนแรงส่งผลให้ผู้ที่มีข้อเข่าเสื่อมมีความสามารถในการทรงตัวลดลงเมื่อเทียบกับคนทั่วไป โดยพบว่าปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของโรคข้อเข่าเสื่อมเพิ่มขึ้นได้แก่ วัยผู้ใหญ่ตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป และมักพบว่ามี ความรุนแรงขึ้นเมื่ออายุ 65 ปีขึ้นไป ผู้ที่ดัชนีมวลกายสูง เพศหญิง อาชีพ วั้หมดประจำเดือน การมีกิจวัตรประจำวันที่ไม่เหมาะสม การบาดเจ็บที่ข้อเข่า การขาดการปฏิบัติกิจกรรมทางกายอย่างต่อเนื่อง (Nuchasilp & Chongton, 2022)

กายภาพบำบัด (Physical Therapy) ใช้วิธีการตรวจประเมิน และบำบัดความบกพร่องของร่างกายซึ่งเกิดจากภาวะของโรค หรือการเคลื่อนไหวที่ไม่ปกติ การกายภาพบำบัดและการฟื้นฟูสมรรถภาพสภาพช่วยเพิ่มความสามารถการทำหน้าที่ต่างๆของข้อเข่าให้ดีขึ้นจากการออกกำลังกาย ซึ่งจะช่วยเพิ่มมุมมองศาของข้อ (Range of motion) เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบๆ ข้อเข่า (Supichyangur, 2019) โดยการตรวจประเมินผู้ป่วยแต่ละรายเพื่อวิเคราะห์ปัญหาของผู้ป่วยโดยใช้หลักการของการเคลื่อนไหว กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา และทฤษฎีต่างๆ ที่ผสมผสาน เพื่อใช้ในการรักษาผู้ป่วย เช่น การฝึกเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ และความมั่นคงในการทรงตัว การออกกำลังกาย การดัด ดึงข้อต่อด้วยเทคนิคต่างๆ (Deethong et al., 2022)



ภาพประกอบ 1 เซนเซอร์ความเร่ง
(Accelerometer Sensor)



ภาพประกอบ 2 หลักการของ Gyroscope Sensor

2.2 หลักการของเซนเซอร์ความเร่ง (Accelerometer Sensor)

การทำงานของเซนเซอร์ Accelerometer คือ เซนเซอร์ที่วัดความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของแกน สมาร์ทโฟนในทิศทางต่าง ๆ ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลของแกนคือ การเขย่าโทรศัพท์มือถือ เมื่อเกิด เหตุการณ์เหล่านี้ขึ้นเซนเซอร์ Accelerometers จะ มีการเปลี่ยนแปลงค่าแกนต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งหมด 3 โดย จะมีแกน X,Y,Z โดยการวัดความเร่งเชิงเส้นจะทำให้ วัดค่าได้ว่าวัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหว (Suksawatchon et al., 2021) ดังภาพประกอบ 1

2.3 หลักการของ Gyroscope Sensor

เซนเซอร์ Gyroscope มีความสามารถในการวัดความเร็วเชิงมุมของสมาร์ทโฟน ปัจจุบันจะถูก ติดตั้งในสมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ ๆ มากขึ้นซึ่งมีลักษณะการ ทำงานของแกนต่างๆ แสดงให้เห็นการทำงานของ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เมื่ออุปกรณ์มีการเคลื่อนที่ โดย เมื่ออุปกรณ์หมุนบนลงล่างและทำให้ค่าแกน Y มีการ เปลี่ยนแปลง เมื่ออุปกรณ์มีการพลิกจะทำให้แกน X มีการเปลี่ยนแปลง และแกน Z มีการเปลี่ยนแปลง เมื่ออุปกรณ์มีการหมุน (Nopavong Na Ayudhaya & Raklua, 2018) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 3 อุปกรณ์รับสัญญาณ
TP link wireless M7350

2.4 อุปกรณ์รับสัญญาณ TP link wireless M7350

เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ wi-fi โดยจะทำการรับค่าจากตัวเซนเซอร์แล้วส่งข้อมูลผ่าน TP link wireless M7350 ดังภาพประกอบ 3

จากนั้นเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงจัดเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ รายละเอียดของอุปกรณ์ TP link wireless M7350 สามารถรองรับ 4G LTE ด้วย

2.5 ภาษา C#

ภาษา C# ถูกพัฒนามา จากภาษา C++ (ซี-พลัสพลัส) และมีโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming) โดยใช้ Visual Studio เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถพัฒนา

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ไม่ยากนัก เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป การพัฒนานั้นนำทีมโดย Anders Hejlsberg และ ด้วย ซึ่งมันถูกพัฒนาโดยเวอร์ชันล่าสุดคือ C# 6.0 ซึ่งถูกเผยแพร่ในปี 2015 (Bishop & Freeman, 2006)

2.6 โปรแกรม Unity 3D

Unity Game Engine ที่ช่วยสร้างเกม 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งสามารถทำงานได้ บน 2 แพลตฟอร์ม คือ Windows และ OS และสามารถ Export งานเพื่อนำไปใช้งานได้หลาย แพลตฟอร์ม เช่น -Windows -OSX -Androids -iOS (iPhone) -WEB เป็นต้น โดยภาษาที่ใช้หลักๆจะมีอยู่ 2 ภาษานั้นก็คือ ภาษา C# และ ภาษา Javascript (Hébert, Chandrasekera, & Clare, 2020)

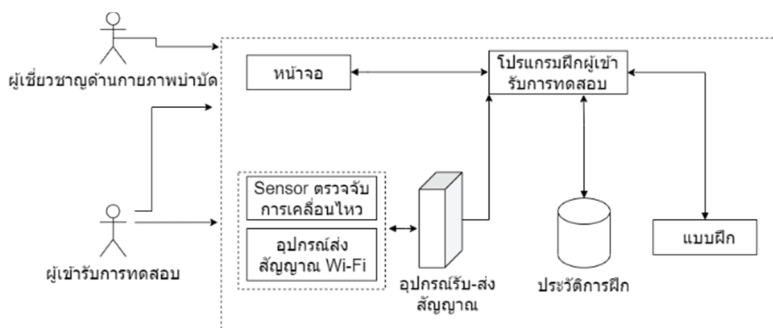
2.7 โปรแกรมฐานข้อมูล SQLite

เป็นโปรแกรมฐานข้อมูล SQLite มีขนาดเล็ก (ไม่ถึง 1 MB) เก็บฐานข้อมูลเป็นไฟล์โดยจำเป็นต้องมีเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ถูกใช้งานในหลายๆ โปรแกรมหรือถูกติดตั้งลงในอุปกรณ์ (Arshad et al., 2023)

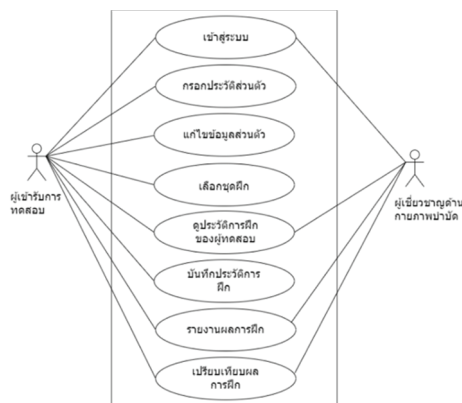
3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของชุดอุปกรณ์โปรแกรมแสดงถึงส่วนประกอบของระบบโปรแกรม ชุดอุปกรณ์ เซนเซอร์ ผู้ใช้งานและการทำงานของชุดโปรแกรม ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างของระบบ



ภาพประกอบ 5 Use Case Diagram

เมื่อทำการเข้าสู่ระบบ รหัสผ่านของระบบ จะถูกส่งไปเช็คที่ฐานข้อมูลก่อนเพื่อตรวจสอบและ ส่งข้อมูลกลับมา โดยเมื่อเข้าสู่ระบบแล้วจะมีหน้า แสดงผลผู้ใช้งาน แสดงตารางการฝึกโดยการฝึก จะเป็นการติตเซนเซอร์ที่ขา จากนั้นระหว่าง การตรวจสอบจะทำการส่งข้อมูลให้ตัวรับสัญญาณ และส่งต่อไปยังโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่า ขณะกายภาพบำบัด ข้อมูลการฝึกจะถูกส่งไปยังฐาน ข้อมูลเพื่อบันทึกประวัติการฝึกและเมื่อการฝึกสำเร็จ ระบบจะทำการวิเคราะห์การฝึกและเวลาที่ใช้ที่ได้ถูก บันทึกไว้ จากนั้นจะนำมาแสดงผลเป็นกราฟ

3.2 Use Case Diagram

ลักษณะการใช้งานโปรแกรมของผู้ป่วย และบุคลากรทางการแพทย์เป็นไปตาม Use Case Diagram ดังภาพประกอบ 5

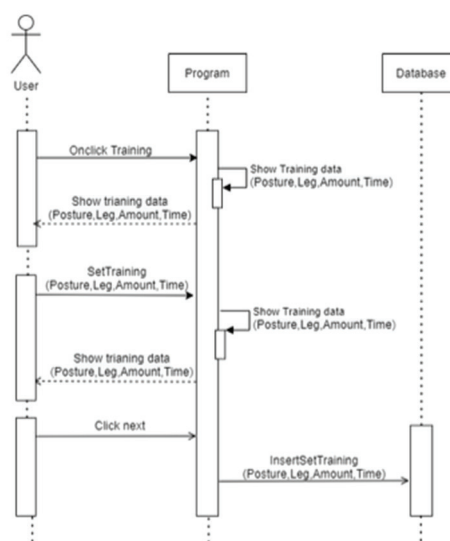
จากภาพแสดง Use Case Diagram เมื่อ ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าสู่ระบบแล้วจะสามารถรอก ประวัติส่วนตัวหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้ จากนั้น ทำการเลือกชุดฝึกเพื่อทำการฝึก หลังจากฝึกเสร็จ ในแต่ละครั้งจะมีการบันทึกประวัติการฝึก ผู้ทดสอบ

และผู้เชี่ยวชาญด้านกายภาพบำบัดจะสามารถดูบันทึก ประวัติการฝึก รายงานผลการฝึก และผลเปรียบเทียบ การฝึกแต่ละครั้งได้

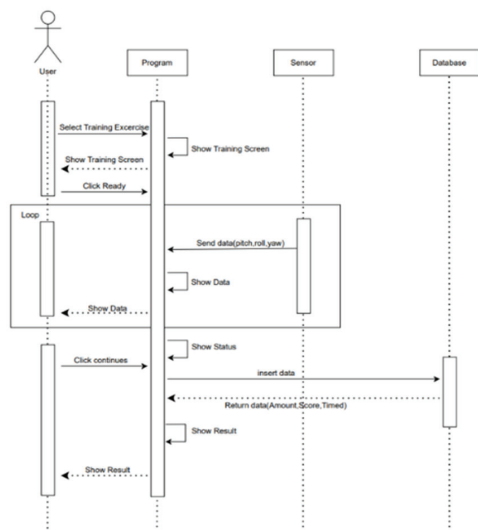
3.3 แผนภาพลำดับการตั้งค่าการใช้งานแบบฝึกโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

จากภาพประกอบ 6 แสดง sequence diagram ของการดำเนินงานในขั้นตอนการตั้งค่า การใช้งานแบบฝึกโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่า ขณะกายภาพบำบัด การตั้งค่าการใช้งานโปรแกรม จะเริ่มจากการกรอกเวลาและองศาของโปรแกรม จากนั้นผู้ป่วยจะทำการเคลื่อนไหวขาและข้อเข่า ข้างที่ติตเซนเซอร์ตามเวลาและองศาที่ได้เลือกไว้ หลังจากนั้นผู้ป่วยจะทำการกดบันทึก ตัวโปรแกรม ก็จะทำการบันทึกข้อมูลการตั้งค่าและการฝึกลง ฐานข้อมูล

โดยขั้นตอนของการตั้งค่าเริ่มต้นและโปรแกรม การฝึกรูปแบบต่างๆ ผู้ป่วยสามารถเลือกโปรแกรมการ ฝึกเพิ่มเติมได้เรื่อยๆ และทำการปรับเปลี่ยนองศาให้ เข้ากับลักษณะทางกายภาพของผู้ป่วยและเหมาะสม



ภาพประกอบ 6 Sequence diagram การตั้งค่าการใช้งานแบบฝึกโปรแกรม



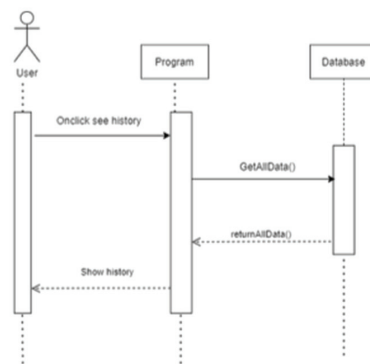
ภาพประกอบ 7 Sequence diagram
สำหรับการเลือกรูปแบบโปรแกรมการฝึก

กับรูปแบบการฝึก จากนั้นทำการเคลื่อนไหวขาข้างที่สวมเซนเซอร์จนครบตามเวลาที่ตั้งไว้จึงทำการบันทึกค่าที่ได้ลงฐานข้อมูล หลังจากนั้นโปรแกรมจะดึงข้อมูลการฝึกออกมาแสดงผลและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จดังแสดงใน sequence diagram ตามภาพประกอบ 7

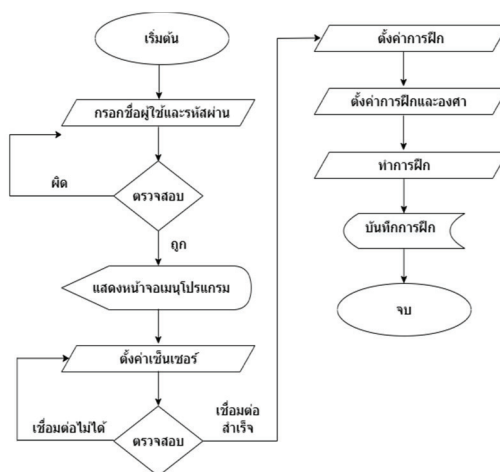
ในขั้นตอนของการเลือกรูปแบบโปรแกรมการฝึก ที่หน้าจอจะแสดงหน้าจอป๊อปอัพขึ้นมาให้ผู้ป่วยกดเพื่อกำหนดการเล่นแบบฝึกที่ได้เลือก ผู้ป่วยต้องทำการยกขาตามท่าทางที่เลือกไว้ก่อนหน้าเพื่อบังคับตัวละครในแบบฝึกให้ทำตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ เมื่อได้คะแนนเท่ากับจำนวนครั้งที่ตั้งไว้หรือหมดเวลาของการฝึก โปรแกรมก็จะแสดงป๊อปอัพขึ้นมาและทำการส่งข้อมูลการฝึกไปยังฐานข้อมูล

3.4 แผนภาพลำดับประวัติการฝึก

ภาพประกอบ 8 แสดง sequence diagram ของการเลือกดูข้อมูลสรุปการฝึก ในส่วนหน้าจอผู้ใช้งานผู้ป่วยจะทำการเลือกดูข้อมูล ดูประวัติการฝึกผ่านหน้าจอโปรแกรม โดยโปรแกรมจะทำการเรียก



ภาพประกอบ 8 Sequence diagram สรุปการฝึก

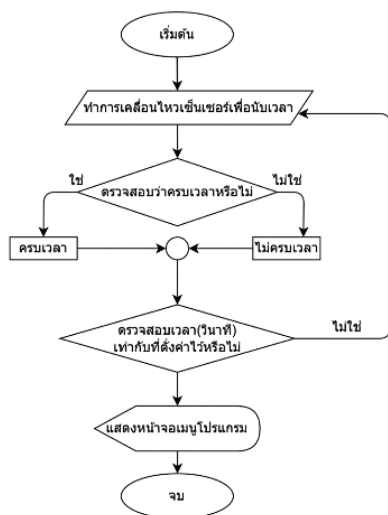


ภาพประกอบ 9 การเขียนผังงาน (Flow chart)

ข้อมูลประวัติการฝึกในฐานข้อมูล จากนั้นฐานข้อมูลจะส่งข้อมูลประวัติการฝึกกลับมายังผู้ใช้งานผ่านหน้าจอแสดงผล

3.5 การเขียนผังงาน (Flow chart)

ผังงานแสดงการดำเนินการโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด แสดงให้เห็นถึงกระบวนการเข้าสู่การใช้งานโปรแกรมการฝึกกายภาพบำบัด ดังภาพประกอบ 9 ดังนี้



ภาพประกอบ 10 อัลกอริทึมขั้นตอนของโปรแกรม
ตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

เริ่มต้นกระบวนการจากการล็อกอินเข้าสู่ระบบ (login) โดยให้ผู้ป่วยทำการกรอกข้อมูล username และ password เพื่อเข้าสู่ระบบ เมื่อ login สำเร็จ จะต้องทำการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ โดยทำการเลือก port ให้ตรงกับตัวเซนเซอร์ที่จะใช้แล้วกดเชื่อมต่อ เมื่อเชื่อมต่อเซนเซอร์สำเร็จแล้วจะเข้าสู่หน้าหลัก เพื่อให้เลือกเมนูตั้งค่าการฝึก โดยเมนูนี้จะให้ตั้งค่าแต่ละท่าของการฝึกกายภาพว่าสามารถยกขาได้สูงที่สุดเท่าใด หลังจากนั้นผู้ใช้จะเข้าสู่เมนูการฝึกอิสระ และทำการตั้งค่าการฝึกอีกครั้ง หลังจากนั้นผู้ใช้จะทำการฝึกตามโปรแกรมที่ได้ตั้งค่าไว้ ซึ่งมี 2 รูปแบบคือ รูปแบบหุ่นและรูปแบบเกม เมื่อเลือกแล้วให้ผู้ป่วยกายภาพทำการฝึกตามที่เกมได้แนะนำไว้จนครบจำนวนหรือจนหมดเวลา เมื่อฝึกจนครบแล้วโปรแกรมก็จะสรุปผลการฝึกและบันทึกค่าข้อมูลไว้เป็นประวัติข้อมูลการฝึกของผู้กายภาพ

3.6 อัลกอริทึมที่ใช้ในโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

อัลกอริทึมที่ใช้ในแบบฝึกเกมเป็นแนวคิดหรือขั้นตอนการทำงานของ กระบวนการเพื่อนำไปใช้



ภาพประกอบ 11 แผนภาพ ER Diagram

ในการเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ สามารถเขียนเป็นรูปแบบไดอะแกรมได้ดังภาพประกอบ 10 ดังนี้

จากภาพประกอบ 10 เป็นผังงานที่ใช้ดำเนินงานของอัลกอริทึมโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด โดยเริ่มจากการรับค่าเวลาที่ต้องการใช้ทดสอบ เมื่อเริ่มทำการทดสอบเวลาจะเริ่มนับและตรวจสอบว่าครบตามเงื่อนไขหรือไม่ ถ้าใช่จะแสดงหน้าจอเมนูผู้ใช้งานเมนูโปรแกรม ถ้าไม่ใช่จะทำการเริ่มจับเวลาใหม่อีกครั้ง

3.7 แผนภาพ ER Diagram

แผนภาพการออกแบบฐานข้อมูลในรูปแบบของ ER Diagram มีดังนี้

จากแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัดกับโปรแกรมในการใช้งานโปรแกรม โดยต้องเข้าสู่ระบบและโปรแกรมจะเก็บข้อมูลผู้ทำกายภาพ รูปแบบการฝึกการตั้งเวลา จำนวนครั้งที่ฝึก เพื่อเก็บเป็นประวัติของผู้ป่วยให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสามารถนำไปวิเคราะห์ได้อีกหนึ่งความสัมพันธ์เป็นความสัมพันธ์ของโปรแกรมและท่าออกกำลังกายจะสัมพันธ์กับตารางออกกำลังกาย (Exercise) โดยจะมีการวัดสมรรถนะก่อนและหลังการฝึก แล้วนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบเพื่อให้แพทย์เก็บเป็นประวัติวินิจฉัยต่อไป

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การเตรียมอุปกรณ์และติดตั้ง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัดประกอบไปด้วยเครื่องมือการตรวจจับและเซนเซอร์มีดังนี้

4.1.1 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

การเชื่อมต่อแผงวงจรผู้ใช้งานต้องเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ Razor-IMU, Wi-Fi board และ Battery ดัง ภาพประกอบ 12

4.1.2 อุปกรณ์สายรัดเซนเซอร์

ใช้สายรัดในการติดเซนเซอร์ในแต่ละส่วนซึ่งสายรัดนั้นจะทำให้อุปกรณ์ติดอยู่แต่ละส่วนได้ดีและไม่ขยับเวลาฝึก สายรัดเซนเซอร์มีความสะดวกต่อการใช้งานและยังสามารถขยับหาจุดที่ต้องการได้ง่าย ดังภาพประกอบ 13

4.1.3 กล่องใส่เซนเซอร์

โดยกล่องนั้นปรี้นโดยเครื่องปรี้นสามมิติ จะมีการออกแบบกล่องให้พอดีกับตัวเซนเซอร์รวมถึง



ภาพประกอบ 12 อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

เป็นการป้องกันไม่ให้เซนเซอร์เกิดความเสียหายต่อตัวเซนเซอร์ ดังภาพประกอบ 14

4.1.4 การติดตั้งเซนเซอร์

ทำการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งหมด 3 ตัว แต่มีจุดที่ติดตั้งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบการฝึก ซึ่งจุดแรกติดตั้งบริเวณเหนือหัวเข่าขึ้นมาประมาณ 5 เซนติเมตร จุดที่สองติดตั้งบริเวณใต้หัวเข่าถึงกึ่งกลางหน้าแข้ง โดยเซนเซอร์นั้นจะติดอยู่ได้โดยการใช้อั้วรัดมารัดในแต่ละส่วนเพื่อให้เซนเซอร์ติดอยู่กับตัวและไม่หลุดหรือเคลื่อนระหว่างการฝึก ดังภาพประกอบ 15

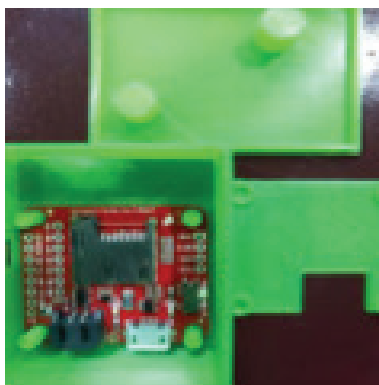
4.1.5 หน้าจอแสดงโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

หน้าจอการเข้าสู่ระบบโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด ผู้ใช้สามารถกรอก Username และ Password เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จทำการกดปุ่ม login เพื่อเข้าใช้งานระบบ ดังแสดงภาพประกอบ 16

ภาพประกอบ 17 แสดงหน้าบันทึกผลตรวจข้อเข่าให้กรอกองศาที่ผู้ใช้ทำได้แต่ละครั้ง ให้ใส่องศาระหว่าง 0-90 องศาเท่านั้น (ในกรณีคนที่เล่นในรูปแบบหุ่น ถ้าเล่นในรูปแบบเกมสามารถเลือกไว้ที่



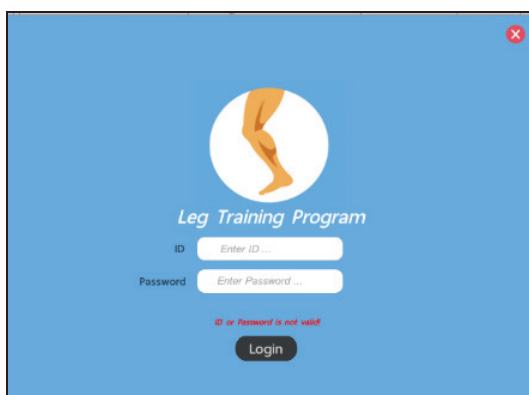
ภาพประกอบ 13 อุปกรณ์สายรัดเซนเซอร์



ภาพประกอบ 14 กล่องใส่เซนเซอร์



ภาพประกอบ 15 การติดตั้งเซนเซอร์



ภาพประกอบ 16 หน้าล็อกอิน



ภาพประกอบ 17 บันทึกผลตรวจข้อเข่า



ภาพประกอบ 18 หน้ารายงานผลการฝึก



ภาพประกอบ 19 หน้าแบบทดสอบยกขา

0 องศา) ท่าที่ผู้ฝึกแต่ละครั้ง คะแนนที่ทำได้ และ เวลาที่ทำได้แต่ละครั้งโดยให้ใส่ว่าทำได้กี่วินาที แล้ว กดบันทึก และสามารถเข้าไปดูในรูปแบบกราฟและ โชร้งบันทึกผลตรวจข้อเข่าครั้งล่าสุดได้

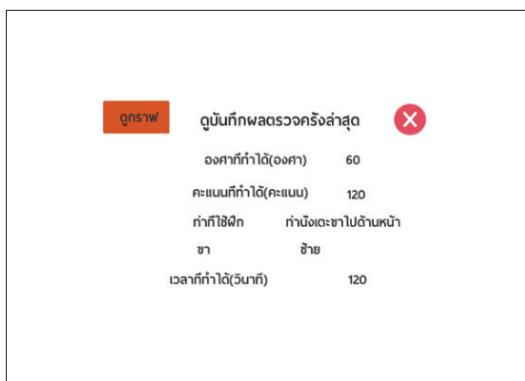
นอกจากนี้ยังมีการแสดงหน้าจอรายงานผลการฝึก เป็นการรายงานผลการฝึกแต่ละครั้งโดยเขียน วันที่ฝึกแต่ละครั้ง ท่าที่ใช้ฝึกแต่ละครั้ง องศาที่ทำได้ โดยให้ใส่ระหว่าง 0-90 องศาเท่านั้น (ในกรณีคนที่



ภาพประกอบ 20 หน้าแบบทดสอบยกขาโดยจับเวลา



ภาพประกอบ 21 หน้ากรอกประวัติส่วนตัว



ภาพประกอบ 22 หน้าจอบันทึกผลตรวจข้อเข่า



ภาพประกอบ 23 หน้าจอกราฟ

เล่นในรูปแบบหุ่น ถ้าเล่นในรูปแบบเกมสามารถเลือกไว้ที่ 0 องศา) คะแนนที่ทำได้ และเวลาที่ทำได้เป็นวินาที ดังแสดงภาพประกอบ 18 และยังมีหน้าส่วนการแสดงผลแบบทดสอบยกขา โดยให้ผู้ป่วยทดสอบการยกขาเบื้องต้นก่อนว่าในการทดสอบการยกขาเบื้องต้นผู้ป่วยจะยกขาได้กี่วินาทีก่อนที่จะฝึกจริงในรูปแบบหุ่น หรือรูปแบบเกม โดยกรอกเวลาเป็นวินาที และเลือกท่าที่จะใช้ในการทดสอบและท่าที่จะใช้ในการทดสอบ แล้วจึงกดถัดไป ดังแสดงที่ภาพประกอบ 19

หน้าจอนี้เป็นการทดสอบการยกขาโดยการจับเวลา โดยตัวเลขของเวลาอ้างอิงจากเวลาที่กรอกและตัวเลขขององศาอ้างอิงจากเซ็นเซอร์ พอเริ่มทำการทดสอบให้กดปุ่ม Start หากต้องการหยุดการทดสอบ

กดปุ่ม Stop หรือกดปุ่ม Reset เพื่อทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง ดังภาพประกอบ 20 ในส่วนหน้ากรอกประวัติส่วนตัวจะให้ผู้ใช้กรอกประวัติส่วนตัวโดยมีทั้งใส่ชื่อ-นามสกุล น้ำหนัก อายุ ส่วนสูง เพศ เบอร์โทรศัพท์ และอีเมล ดังภาพประกอบ 21

ภาพประกอบ 22 หน้าจอบันทึกผลตรวจข้อเข่าครั้งล่าสุดในรูปแบบโชว์ผลลัพธ์ โดยจะโชว์ทั้งองศาที่ทำได้เป็นองศา คะแนนที่ทำได้เป็นวินาที ท่าที่ใช้ฝึก ท่าที่ใช้ และเวลาที่ทำได้เป็นวินาที

ภาพประกอบ 23 เป็นหน้าจอแสดงกราฟบันทึกผลตรวจข้อเข่าครั้งล่าสุด โดยแกน X เป็นเวลาที่ทำได้ และแกน Y เป็นองศาที่ทำได้

4.2 ผลการทดสอบ

ผลการประเมินโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัดโดยทดสอบจากการใช้ฟังก์ชันในแต่ละหน้าจอโดยได้ผลการทดสอบดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรม ผลการทดสอบพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจและสามารถแสดงผลการทำงานได้จริงจากข้อมูลในระบบโดยถูกต้องและแม่นยำ

4.3 การทดสอบความพึงพอใจ

การทดสอบความพึงพอใจการใช้งานโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัดแบ่งการทดสอบเป็น 4 ด้านได้แก่ ด้านที่ 1) ความพึงพอใจในหน้าการใช้งานของผู้ป่วย ด้านที่ 2) ความน่าใช้งานของโปรแกรมการตรวจวัด ด้านที่ 3) ความพึงพอใจที่สามารถใช้งานได้จริง และด้านที่ 4) การช่วยในวัด

สมรรถนะของผู้ป่วย สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

จากผลการทดสอบความพึงพอใจการใช้งานแบ่งผู้ประเมินเป็น 3 กลุ่มตามช่วงอายุ โดยทำการทดสอบใช้งานโปรแกรมจากนั้นประเมินจำนวน 10 คน คือ ช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี ช่วงอายุ 20-30 ปี และช่วงอายุมากกว่า 30 ปี จากนั้นทำการทดสอบใช้งานโปรแกรมและนำผลที่ได้มาสรุปผลความพึงพอใจการใช้งาน จากตารางความพึงพอใจเฉลี่ยในด้านของการใช้โปรแกรมพบว่ากลุ่มช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี มีความพึงพอใจในการใช้โปรแกรมมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยคือ 3.95 เนื่องจากมีความเข้าใจการใช้งานโปรแกรมเป็นอย่างดี รองลงมากลุ่มช่วงอายุ 20-30 ปี ค่าเฉลี่ยคือ 3.68 กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุดคือช่วงอายุมากกว่า 30 ปี คือ 3.08 จากคะแนนเต็ม 5 เนื่องจากการไม่เข้าใจการทำงานของโปรแกรมจึงต้องมีการอบรมการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นในกลุ่มช่วงอายุนี้อย่างไรก็ตาม

ตาราง 1 ผลการทดสอบใช้งานหน้าจอ

การทดสอบ	ผลทดสอบ
1. ความพึงพอใจในหน้าการใช้งานของผู้ป่วย	ผ่าน
2. ความน่าใช้งานของโปรแกรมการตรวจวัด	ผ่าน
3. ความพึงพอใจที่สามารถใช้งานได้จริง	ผ่าน
4. การช่วยในวัดสมรรถนะของผู้ป่วย	ผ่าน

ตาราง 2 ผลทดสอบความพึงพอใจ

ตารางสรุปการทดสอบความพึงพอใจ					
หัวข้อการทดสอบ/ช่วงอายุ	1	2	3	4	สรุปผลภาพรวม
อายุต่ำกว่า 20 ปี	4.4	3.2	4.1	4.1	3.95
อายุ 20-30 ปี	4	3.7	3.3	3.7	3.68
อายุมากกว่า 30 ปี	3.3	3.1	2.8	3.1	3.08

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการตรวจวัดการเคลื่อนไหวในการขยับข้อเข่าเพื่อตรวจวัดสมรรถนะก่อนและหลังการฝึก รวมทั้งเรียกดูประวัติการใช้งานและค่าความสำเร็จ ซึ่งผลการทดสอบหน้าจอการใช้งานมีความถูกต้องและผลสำรวจการใช้งานอยู่ในระดับที่ดีและทดสอบความพึงพอใจในการใช้งานโดยช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี มีค่าความพึงพอใจมากที่สุดอยู่ที่ 3.95 และช่วงอายุมากกว่า 30 ปี มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุดอยู่ที่ 3.08 จากผลการสำรวจการใช้งานแสดงให้เห็นว่าควรมีการออกแบบการใช้งานโปรแกรมผู้ใช้งานเบื้องต้นก่อนใช้โปรแกรมการฝึกเพื่อกายภาพบำบัด โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1) การทดสอบครั้งแรกโดยการตั้งเวลาการฝึกตามที่พทย์กำหนดและวัดองศาที่ทำได้ถือเป็นค่าตั้งต้นที่ทำได้

2) การฝึกกายภาพตามเวลาที่แพทย์กำหนด โดยมีเวลาและองศาที่กำหนดเป้าหมายชัดเจน

3) การวัดผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบการทดสอบครั้งแรกและการทดสอบหลังการกายภาพ เมื่อทำการฝึกเสร็จสิ้น ผลการฝึกจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการบำบัดและวิเคราะห์ต่อไป

7. ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1) การพัฒนาโปรแกรมจำเป็นต้องศึกษาหาข้อมูลในด้านกายภาพบำบัด และเก็บข้อมูลจากนักกายภาพบำบัด รวมไปถึงการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาจึงส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการพัฒนาโปรแกรม

2) มีการใช้เครื่องมือมาช่วยในการพัฒนาโครงการทำให้ต้องมีการศึกษาเครื่องมือที่เข้ามาช่วยในการพัฒนา ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลานาน

3) ผู้พัฒนาขาดประสบการณ์ในการพัฒนาโปรแกรมร่วมกับอุปกรณ์จึงส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปอย่างล่าช้า

4) โปรแกรมตัวนี้ได้มีการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก บ่อยครั้งที่การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรม กับเซนเซอร์ Razor IMU เกิดความล้มเหลวแล้วต้องทำการเชื่อมต่อโปรแกรมกับเซนเซอร์ใหม่ ส่งผลให้การพัฒนาโปรแกรมมีความล่าช้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายกฤตภาส วรโชคทวีกุล และนายสิขเรศ จำปาศรี ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาและออกแบบโปรแกรมตรวจวัดกล้ามเนื้อข้อเข่าขณะกายภาพบำบัด

เอกสารอ้างอิง

Arshad, J., Siddiqui, T. A., Sheikh, M. I., Waseem, M. S., Nawaz, M. A. B., Eldin, E. T., & Rehman, A. U. (2023). Deployment of an intelligent and secure cattle health monitoring system. *Egyptian Informatics Journal*, 24(2), 265-275.

Bishop, W. & Freeman, G. H. (2006). The use of C# as a first programming language. *Proceedings of the International Conference on Frontiers in Education: Computer Science & Computer Engineering*, 97-103.

Deethong, R., Sattayasomboon, Y., Usathaporn, S., & Benjakul, S. (2022). Factors related to the physical therapy services utilization among clients in a community hospital, Prachuap Khiri Khan Province. *Public Health Policy and Laws Journal*, 8(2), 249-264. [In Thai]

- Dungkong, S. (2017). Physical therapy for osteoarthritis patients. *Siriraj Medical Bulletin*, 10(2), 115-121. [In Thai]
- Hébert, P. R., Chandrasekera, T., & Clare, G. (2020). Displaying a University's Frank Lloyd Wright Artifact reproductions: Physical and virtual environments. *Journal of Building Energy & Environment*, 3(1), 1-15.
- Kinrehabilitation. (n.d.). การรักษาอาการปวดเข่าและข้อเข่าเสื่อมในผู้สูงอายุด้วยการทำกายภาพบำบัด [Physical treatment for elderly patients suffering from knee pain and osteoarthritis]. Retrieved 28 September 2023. Retrieved from <https://www.kinrehab.com/news/view/598>. [In Thai]
- Lamcharoen, N., Potisupsuk, C., & Nuysri, M. (2018). Effects of a self-care to reduce knee pain program among elderly with knee osteoarthritis, Chaisatan Subdistrict, Muangnan District, Nan Province. *Journal of Nursing and Health Care*, 36(3), 107-116. [In Thai]
- Methabutr, C. (2022). Development of the management model for osteoarthritis among elderly in Chumphuang District, Nakhon Ratchasima Province. *Regional Health Promotion Center 9 Journal*, 16(3), 969-985. [In Thai]
- Nopavong Na Ayudhaya, T. & Rakhuea, P. (2018). Two-wheeled self-balancing vehicle based on inverted pendulum mechanism. *Journal of Engineering, RMUTT*, 16(1), 63-73. [In Thai]
- Nuchasilp, R. & Chongton, S. (2022). The effects of the older adult care program for knee osteoarthritis by community participation using traditional Thai massage combined with herbal wraps and self-care on severity level of knee osteoarthritis in a Tambon Health Promoting Hospital, Muang District, Phitsanulok Province. *Journal of Nursing Science & Health*, 45(2), 93-110. [In Thai]
- Robrujen, S. (2020). The development of knee osteoarthritis prevention program in elderly by community participation in Khu Mueang Subdistrict, Warin Chamrap District. *Journal of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University*, 3(1), 25-36. [In Thai]
- Saisuri, P. & Pensri, P. (2022). Factors associated with physical therapy treatments of patients with knee osteoarthritis in Thailand. *Thai Journal of Physical Therapy 2022*, 44(2), 131-48. [In Thai]
- Sroisong, S., Rueankon, A., Fuongtong, P., & Srathong, P. (2019). Nursing care for elderly people with knee osteoarthritis. *Region 11 Medical Journal*, 33(2), 197-210. [In Thai]
- Suksawatchon, U., Suksawatchon, J., Werapan, W., Wachirahatthapong, H., & Puntumchinda, W. (2021). Adaptive human daily activity recognition using accelerometer sensory data from smartphones. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 39(2), 237-250. [In Thai]

- Supichyangur, K. (2019). Reliability of postoperative rehabilitation program after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Region 4-5 Medical Journal*, 38(1), 61-71. [In Thai]
- Thitikunpatthanawadee, S., Kanjanasit, W., & Setthaphatthaphon P. (2018). Nurse practitioner's role to reduce osteoarthritis pain in patient's with knee osteoarthritis by using the thing muscle exercise program. *Christian University of Thailand Journal*, 24(4), 636-646. [In Thai]
- Utchin, R. & Thato, R. (2017). Predictive factors of knee osteoarthritis preventive behaviors among professional nurses in tertiary hospitals, Bangkok Metropolis. *Journal of Nursing Science Chulalongkorn University*, 29(1), 11-24. [In Thai]

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify ด้วย MVC Framework

The Development of Information System for The Management of Materials via QR Code and Line Notify With MVC Framework

วิสูตร เพชรรัตน์^{1,*}, เติชิตา สุทธิรักษ์¹, อีรววัฒน์ พูลผล¹, กุลวดี จันทรวีเชียร¹,
พัทธนันท์ อติตัง¹, วราพร กาญจนคลอด¹

Wisut Petcharat^{1,*}, Taechita Sutthirak¹, Teerawat Poolphol¹, Kunwadee Janwichian¹,
Pattanun Atitang¹, Waraporn Kanjanaklod⁶

¹ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280 ประเทศไทย

¹ Faculty of Management Sciences, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80280, Thailand

* Corresponding Author: Wisut Petcharat, wisut_pet@nstru.ac.th

Received:

16 July 2023

Revised:

20 September 2023

Accepted:

2 October 2023

คำสำคัญ:

ระบบสารสนเทศ, วัสดุครุภัณฑ์,
รหัสคิวอาร์, ไลน์แจ้งเตือน,
เฟรมเวิร์ก Model View
Controller (MVC)

Keywords:

Information System, Materials,
QR Code, Line Notify, Model
View Controller (MVC)
Framework

บทคัดย่อ: การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในองค์กรมีความสำคัญซึ่งถูกนำไปใช้กับงานในหลายส่วน รวมถึงงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line notify ด้วย MVC Framework 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ 3) เพื่อสำรวจความพึงพอใจของการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาระบบด้วยวิธีการแบบ RAD ทำให้ได้การสร้างและพัฒนาระบบสารสนเทศที่รวดเร็วขึ้นและตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน โดยตัวระบบได้ถูกออกแบบด้วย MVC Framework ร่วมกับ Bootstrap CSS ระบบสารสนเทศที่ได้จะอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน สามารถแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับหน้าจอขนาดต่างๆ นอกจากนี้ระบบยังออกแบบรองรับการจัดการวัสดุครุภัณฑ์การแจ้งซ่อมผ่านเทคโนโลยี QR Code รวมถึงสามารถแจ้งเตือนการซ่อมบำรุงผ่าน Line Notify ทำให้งานด้านวัสดุครุภัณฑ์มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.71 และเมื่อนำไปใช้งานจริงแล้วทำการประเมินผลความพึงพอใจโดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ผลการประเมินภาพรวมอยู่ในระดับดีมากที่ค่าเฉลี่ย 4.72 แสดงให้เห็นว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพที่ดี

Abstract: Implementing information systems within organizations, which are utilized in many aspects of work, including equipment management tasks, is critical to increase efficiency. The purposes of this study are to 1) design and develop an information system using an MVC framework to manage materials and equipment by QR codes and line notifications 2) assess the performance of the information system to handle materials and equipment, and 3) assess satisfaction of the system among users. The research result found that the system development with the RAD method enables the rapid creation and development of information systems and satisfies users' requirements. The system was designed using MVC Framework combined with Bootstrap CSS to generate a web application. The application is responsive to various screen sizes. In addition, the system is also designed to support the management of materials and equipment and facilitate repair notification through QR Code technology. It also includes the capability to notify maintenance status through Line Notify. This makes the tasks related to materials and equipment management more convenient and efficient. The system performance evaluation results by experts were at excellent level, with an average of 4.71. When the application was operationally implemented, the satisfaction was evaluated by a sample group of 50 people. The overall evaluation results were at excellent level, with an average of 4.72, indicating that the developed information system was highly effective.

1. บทนำ

ในยุคที่การเปลี่ยนแปลงเกิดจากเทคโนโลยีที่รวดเร็ว (Digital Disruption) หน่วยงาน หรือองค์กรจะต้องมีการปรับตัวอย่างรวดเร็ววิธีการนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ประโยชน์เพื่อตอบสนอง และเปลี่ยนผ่านกระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอนให้อยู่บนระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้นเป็นวิธีการเปลี่ยนผ่านองค์กรไปสู่องค์กรดิจิทัล (Digital transformation) และรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยี กระบวนการทำงานในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์ก็เป็นระบบหนึ่งที่มีกระบวนการทำงานตามขั้นตอนต่างๆ ที่เป็นมาตรฐานเพื่อให้ข้อมูลถูกต้องที่สุดเป็นไปตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ที่ให้หน่วยงานของรัฐมีการควบคุมดูแลพัสดุที่อยู่ในความครอบครองโดยมีกระบวนการ 1) การเก็บและการบันทึก 2) การเบิกจ่ายพัสดุ 3) การให้ยืม 4) การบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่พร้อม

ใช้งานได้ตลอดเวลา เพื่อให้การบริหารพัสดุมีความเหมาะสม คุ่มค่า เกิดประโยชน์ต่อหน่วยงานของรัฐมากที่สุด Ministry of Finance (2017) ในแต่ละหน่วยงานมักจะนำกระบวนการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์มาพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศ (Information System Development) โดยระบบสารสนเทศจะเป็นระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รวบรวม ประมวลผล จัดเก็บ วิเคราะห์ และกระจายข้อมูลและสารสนเทศเพื่อวัตถุประสงค์ที่เฉพาะ มีการนำข้อมูลเข้า (Input) มีการส่งออก (Output) มีกระบวนการประมวลผลข้อมูล (Process) เกิดสารสนเทศ (Information) จากการประมวลผล สามารถนำมาใช้ในการจัดการ การดำเนินงาน การติดตาม การวางแผน และการควบคุม เพื่อให้งานนั้นเกิดประสิทธิภาพ สามารถนำข้อมูลสารสนเทศในระบบมาใช้ประโยชน์ได้ (Petcharat et al., 2021) การพัฒนาระบบสารสนเทศในปัจจุบันนี้มีหลายวิธี หนึ่งในวิธีการที่ได้รับความนิยมคือ วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life

Cycle: SDLC) เป็นวิธีการพัฒนาระบบสารสนเทศแบบเดิมประกอบไปด้วยขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเข้าใจปัญหา ขั้นตอนศึกษาความเป็นไปได้ ขั้นตอนการวิเคราะห์ ขั้นตอนการออกแบบ ขั้นตอนการพัฒนาและทดสอบ ขั้นตอนการติดตั้ง และขั้นตอนการซ่อมบำรุง ทั้งหมดใช้ระยะเวลานานเมื่อสิ้นสุดกระบวนการแล้วอาจไม่ได้รับระบบสารสนเทศที่ตรงกับความต้องการ หรือได้รับระบบสารสนเทศมาใช้งานช้าเกินไป Sae-tae & Yamkasikorn (2017) ในปัจจุบันมีการนำวิธีการพัฒนาระบบที่หลากหลายมากขึ้น โดยวิธีการที่ทำให้ได้รับระบบสารสนเทศมาใช้งานอย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการใช้งาน เป็นวิธีการที่มีความรวดเร็ว และเหมาะสมกับการเปลี่ยนผ่านองค์กรไปสู่องค์กรดิจิทัลอย่างรวดเร็ว คือวิธีการพัฒนาระบบงานแบบรวดเร็ว (Rapid Application Development: RAD) โดยลดขั้นตอนลงเหลือเพียง 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การวางแผนกำหนดความต้องการ การออกแบบโดยผู้ใช้ การสร้างระบบ และการเปลี่ยนระบบ ทำให้สามารถเปลี่ยนผ่านองค์กรไปสู่องค์กรดิจิทัลอย่างรวดเร็วมากขึ้นระบบ (Chantima & Tetiwat, 2015) ในปัจจุบันการพัฒนาระบบมีความก้าวหน้ามากขึ้นมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น (Quick Response: QR-Code) ซึ่งได้รับความนิยมในการประยุกต์ใช้ในการแชร์ข้อมูล เข้าถึงข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการติดตาม หรือการฝังข้อมูลที่ต้องการเผยแพร่ใน QR Code สามารถอ่านได้โดยใช้กล้องของอุปกรณ์เคลื่อนที่ทำให้เกิดความรวดเร็ว และสะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบันยังสามารถเชื่อมโยงกับระบบหรือโปรแกรมภายนอกได้ผ่าน (Application Program Interface: API) เช่น การเชื่อมโยงกับระบบของแอปพลิเคชันไลน์ Line Notify เพื่อใช้งานฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารการรับส่งข้อความอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้รับความนิยมจากนักพัฒนาระบบเพื่อประยุกต์ใช้ในการแจ้งเตือนอย่างรวดเร็ว

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ต้องการเปลี่ยนผ่านองค์กรไปสู่องค์กรดิจิทัล โดยการนำปัญหาและระบบต่างๆ มาพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศ กระบวนการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์เป็นกระบวนการที่น่าสนใจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช มีภารกิจในการจัดการเรียนการสอนให้กับนักศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 9 สาขาวิชา ในแต่ละสาขานั้นได้นำวัสดุครุภัณฑ์มาใช้ในการเรียนการสอน การฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการของแต่ละสาขาวิชา ในปัจจุบันมีจำนวนครุภัณฑ์ที่ใช้งานมากกว่า 1,000 รายการ ในห้องปฏิบัติการจำนวนมากกว่า 10 ห้องปฏิบัติการและกระจายอยู่ใน 3 อาคารเรียน ใช้สำหรับการเรียนการสอน มักจะพบปัญหาดังนี้ 1) ปัญหาครุภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ หรือมีความเสียหายทำให้ประสบปัญหาในการเรียนการสอน และการฝึกปฏิบัติ 2) ปัญหาการแจ้งซ่อมมีความไม่สะดวกทำให้เกิดความล่าช้า 3) ปัญหาเกี่ยวกับเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลในการค้นหารายละเอียดของครุภัณฑ์ที่เสียหายเพื่อนำไปดำเนินการซ่อมเกิดความล่าช้า เนื่องจากข้อมูลครุภัณฑ์มีจำนวนมาก และการจัดเก็บยังไม่เป็นระบบโดยถูกจัดเก็บไว้ในรูปแบบไฟล์เอกสาร 4) ปัญหาความไม่สะดวกในการการตรวจสอบในแต่ละปีงบประมาณ การรายงานสถานะของครุภัณฑ์ต่อผู้บริหารและมหาวิทยาลัยอาจได้ข้อมูลไม่ถูกต้อง ไม่ทันต่อความต้องการใช้งาน

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์ด้วยวิธีการพัฒนาระบบ RAD โดยใช้กรอบเอ็มวีซี (MVC Framework) ในการพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อการบริหารจัดการข้อมูลแบบออนไลน์ร่วมกับเทคโนโลยี QR Code ในการค้นหาและตรวจสอบข้อมูลผ่านการอ่านค่า QR Code เพื่อให้เข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และเชื่อมโยงกับแอปพลิเคชัน Line Notify ผ่าน API เพื่อประยุกต์ใช้ในการแจ้งซ่อมได้อย่างรวดเร็ว รวมถึง

การสรุปรายงานเพื่อสำรวจ และรายงานสำหรับผู้บริหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์ของคณะวิทยาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify

2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify

2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 วิธีพัฒนาระบบงานแบบรวดเร็ว RAD (Rapid Application Development) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศในปัจจุบันมีการนำวิธีการพัฒนาระบบที่หลากหลายมากขึ้น โดยวิธีการที่ทำให้ได้ระบบสารสนเทศมาใช้งานอย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการใช้งาน คือวิธีการพัฒนาระบบ RAD ใช้หลักการของวงจรพัฒนาระบบโดยการลดขั้นตอนบางอย่างลงและ

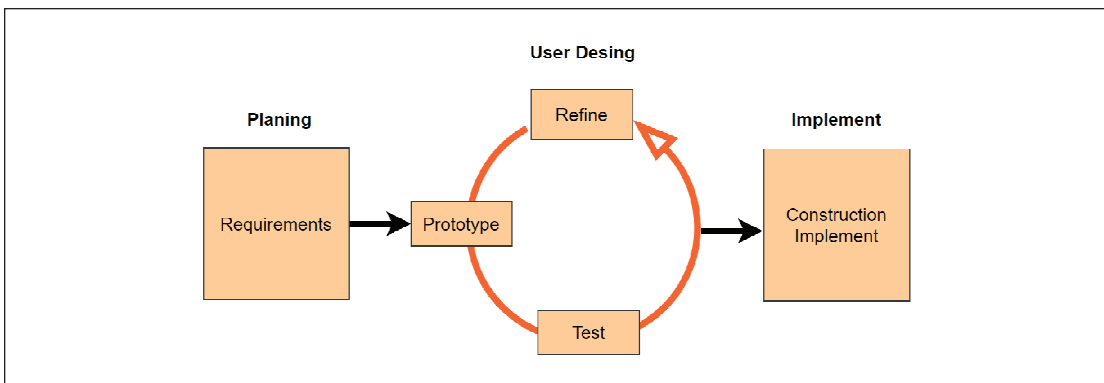
เร่งพัฒนาต้นแบบ (Prototype) โดยการมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้ใช้ เพื่อให้ได้ระบบที่ตรงกับความต้องการมากที่สุด ดังแสดงภาพประกอบ 1 วิธีการนี้ทำให้เพิ่มโอกาสในการพัฒนาระบบให้สำเร็จมากขึ้นการพัฒนา ระบบสามารถสำเร็จจุล่งโดยสามารถลดต้นทุนและระยะเวลาในการพัฒนาลง (Kaolim & Srirachan, 2015; Satyawati, Lyna, & Cahjono, 2017) โดยการลดขั้นตอนลงเหลือเพียง 4 ขั้นตอน (Chantima & Tetiwat, 2015) มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) การกำหนดความต้องการ (Planning and Requirement) เป็นการวางแผนการพัฒนาและกำหนดความต้องการของระบบ

2) การออกแบบ (User Design) เป็นขั้นตอนที่ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการออกแบบระบบ เช่น ฟอรัม หน้าจอ รายงาน และนักพัฒนาจะจัดทำ Prototype ปรับปรุงตามความต้องการของผู้ใช้

3) การสร้างระบบ (Construction) การสร้างระบบโดยการสร้างจาก Prototype โดยนำไปทดสอบใช้งานทำการประเมินผลและปรับปรุงจนได้ระบบที่ตรงความต้องการมากที่สุด

4) การเปลี่ยนระบบเพื่อนำไปใช้ (Implement) การเปลี่ยนระบบเดิมมาเป็นระบบใหม่ที่ตรงตามความต้องการมาใช้งานจริง



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบ RAD (Rapid Application Development)
ที่มา: ดัดแปลงจาก Gunawan & Sutomo (2023)

3.2 QR Code (Quick Response) QR Code พัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2537 โดยบริษัทเดนโซเวฟ (Denso Wave Incorporated) ประเทศญี่ปุ่น ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ชื่อ QR Code ที่ประเทศญี่ปุ่น และทั่วโลกวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนา QR Code เพื่อบริหารจัดการรวมถึงการตรวจสอบข้อมูลชิ้นส่วนอะไหล่ยานพาหนะในกระบวนการผลิต มีความสามารถซ่อนข้อความขนาดยาวหลายภาษา รหัสที่อยู่เว็บไซต์ หรือข้อมูลอื่นๆ ได้ ขนาดของข้อมูลที่สามารถบันทึกได้นั้นขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของ QR Code ที่มีความสามารถมากขึ้นตามแต่ละเวอร์ชัน (Kamnerdwam & Yokchawee, 2021; Bunrojwong & Phraphontrakarn, 2017) QR Code สามารถอ่านได้โดยใช้กล้องของอุปกรณ์เคลื่อนที่ กล้องบนโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์ที่ติดตั้งโปรแกรมการอ่าน QR Code เพื่อให้แสดงข้อมูลที่ซ่อนไว้ออกมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งปัจจุบันสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น ประยุกต์ใช้งานกับการติดตามวัสดุครุภัณฑ์ หรืออุปกรณ์ต่างๆ ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน หรือการแชร์ข้อมูลต่างๆ ผ่านการอ่านค่าที่ได้ซ่อนไว้ใน QR Code หรือการประยุกต์ใช้กับสินค้าที่สามารถซ่อนข้อมูลรหัสสินค้าเพื่อให้เครื่องอ่าน QR Code อ่านข้อมูลแล้วนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงภาพประกอบ 2

3.3 Line Notify เป็นบริการของ LINE ที่ให้บัญชีผู้ใช้สามารถส่งข้อความการแจ้งเตือนไปยังบัญชี

ของผู้ใช้งานหรือกลุ่มผู้ใช้งานโดยเปิดให้เชื่อมต่อผ่าน API ผู้ใช้สามารถพัฒนาระบบด้วยโปรแกรมภาษาที่ API รองรับโดยวิธีการใช้งานแจ้งเตือนจะต้องมีการเชื่อมต่อเพื่อลงทะเบียนกับ Line Notify และสร้าง Token ของผู้ใช้งานในระบบ จากนั้นเก็บ Token ไว้ใช้งาน การส่งข้อความเตือนสามารถนำ Token ที่ได้รับไปประยุกต์ในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นๆ ในการเชื่อมโยงจากระบบที่พัฒนาขึ้นเองผ่าน API เพื่อส่งข้อมูลที่ต้องการแจ้งเตือนกลุ่มผู้ใช้ที่ได้ตั้งค่าไว้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เช่น การแจ้งเตือนวันเวลาการประชุม แจ้งเตือนการเข้าสู่ระบบ แจ้งเตือนอุปกรณ์ IOT เป็นต้น (Wongnoon, 2023)

3.4 PHP CodeIgniter Framework และ Bootstrap CSS Framework ทั้งสองเป็น Framework ที่มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพช่วยในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน PHP CodeIgniter เป็น MVC Framework ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาโปรแกรม PHP ทำงานบนหลักการทำงาน MVC (Model View Controller) ทำให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาระบบได้โดยสามารถแบ่งการพัฒนาเป็นส่วนของ Model เป็นการทำงานกับฐานข้อมูล จัดการเรื่องการปฏิบัติการเกี่ยวกับข้อมูล View เป็นส่วนที่ควบคุมการแสดงผลส่วนที่รับการติดต่อจากผู้ใช้ในส่วนนี้จะทำงานร่วมกันกับ Bootstrap CSS Framework เพื่อควบคุมการแสดงผลของระบบ



ภาพประกอบ 2 รูปแบบของ QR Code

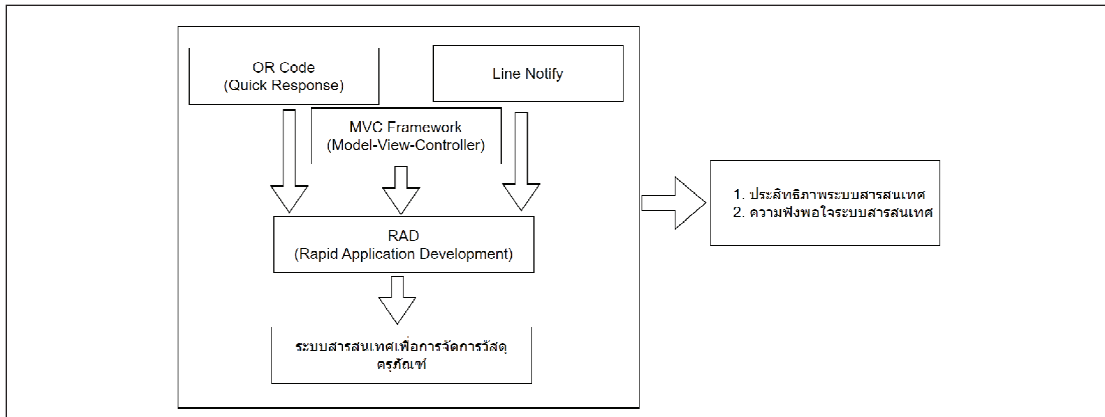
ให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ (Responsive) และมีความสวยงาม Controller จะเป็นส่วนของคำสั่งควบคุม หรือตรรกะต่างๆ (Business Logic) ที่เกิดขึ้นในระบบเพื่อส่งการทำงานระหว่าง Model และ View เพื่อแสดงผลการทำงาน Vidal-Silva *et al.* (2020) ทำให้นักพัฒนาสามารถแยกการพัฒนาออกแบบ 3 ส่วนเพื่อความสะดวกในการพัฒนาและบำรุงรักษา ในภายหลัง การพัฒนาระบบด้วย MVC Framework สามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว และเป็นมาตรฐานเดียวกันโดยชุดคำสั่งที่พัฒนาต้องอ้างอิง Framework นั้นๆ ทำให้สามารถพัฒนาต่อได้ง่ายโดยสามารถเรียนรู้รูปแบบการพัฒนาชุดคำสั่งได้จาก Framework ที่พัฒนา การแบ่งการทำงานแบบ MVC ทำให้สามารถพัฒนาระบบได้ง่ายขึ้นในขั้นตอนการสร้างต้นแบบสามารถออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ได้ก่อนบน View เพื่อให้ได้ส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ตรงกับความต้องการที่สุด หลังจากนั้นสามารถพัฒนาในส่วนของ Controller และ Model ได้ต่อไป

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อตอบสนองการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายงานวิจัย ยกตัวอย่างงานวิจัยที่น่าสนใจ เช่น ปี 2018 งานวิจัยของ Chotkitnusorn (2018) ได้พัฒนาระบบตรวจนับครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงด้วยรหัสแถบสองมิติ โดยใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) และประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจด้วยแบบจำลอง DeLone and McLean ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีทั้งหมด 6 โมดูลได้แก่ การกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งาน จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน จัดการข้อมูลครุภัณฑ์ สร้างและพิมพ์รหัส QR Code ตรวจนับครุภัณฑ์ และรายงานครุภัณฑ์ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ต่อมาในปี 2020 งานวิจัยของ Paojeen & Kaewurai

(2020) ได้วิจัยการประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบาร์โค้ดสองมิติคิวอาร์โค้ดเพื่อบริการข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่าระบบช่วยอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล ทำงานสะดวกขึ้น ลดระยะเวลา ลดขั้นตอนในการเก็บข้อมูล ลดค่าใช้จ่าย ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ในระดับมากที่สุด และในปี 2021 งานวิจัยของ Tepyot & Angsurat (2021) ได้พัฒนาและประเมินระบบแจ้งซ่อมบำรุงครุภัณฑ์ออนไลน์คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยพัฒนาบนระบบปฏิบัติการ Windows Server 2010 ภายใต้อินเทอร์เน็ต Information Service (IIS) ด้วยเทคโนโลยี .Net Framework บนฐานข้อมูล Microsoft SQL Server 2000 ผลการวิจัยพบว่า ระบบแจ้งซ่อมบำรุงครุภัณฑ์ออนไลน์พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้ได้ดีในกระบวนการแจ้งซ่อมบำรุงครุภัณฑ์ออนไลน์ของคณะ และผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อระบบภาพรวมอยู่ในระดับดี

ในขั้นตอนการพัฒนาระบบระบบสารสนเทศ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่นำวิธีการพัฒนาระบบ RAD มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายงานวิจัย ยกตัวอย่างงานวิจัยที่น่าสนใจ เช่น ในปี 2017 งานวิจัยของ Delima, Santoso, & Purwadi (2017) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศทางการเกษตรชื่อว่า Dutatani โดยใช้วิธีการพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว RAD (Rapid Application Development) ผลการวิจัยพบว่า ระบบสามารถพัฒนาแล้วเสร็จใน 150 วันกระบวนการพัฒนาแบบ RAD มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพสามารถเร่งเวลาการพัฒนาระบบและเหมาะสมกับระบบขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ต่อมาในปี 2023 งานวิจัยของ Alam *et al.* (2023) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบรวบรวมข้อมูลการขายและจัดซื้อที่ดินโดยใช้วิธีการพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว RAD ผลการวิจัย



ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

พบว่า ระบบที่พัฒนาบนเว็บสำหรับการรวบรวมการขายและการซื้อที่ดิน สามารถอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ และในปี 2023 เช่นกัน งานวิจัยของ Gunawan & Sutomo (2023) ได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบัญชีเงินเดือนบนเว็บโดยใช้วิธีการพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว RAD ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาได้ตรงความต้องการและบรรลุวัตถุประสงค์และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาข้างต้นพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถบริหารจัดการครุภัณฑ์โดยบริหารจัดการครุภัณฑ์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถบริหารจัดการได้อย่างสะดวกและมีการประยุกต์ใช้ QR Code ในการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มความสะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้นรวมถึงระบบแจ้งซ่อมเช่นกัน แต่ในงานวิจัยข้างต้นทั้งหมดยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้ด้วยการเชื่อมต่อกับเทคโนโลยี Line Notify เพื่อแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆ เช่น การแจ้งซ่อมบำรุง การติดตามสถานะ ได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถพัฒนาระบบให้ส่วนติดต่อผู้ใช้สามารถแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ Responsive เพื่อรองรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันทำให้สามารถเข้าถึง และรองรับการใช้งานได้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

อีกทั้งยังสามารถนำวิธีการพัฒนาระบบด้วยวิธีพัฒนาระบบงานแบบรวดเร็ว RAD ร่วมกับการพัฒนาบน MVC Framework เพื่อให้ได้ระบบที่ตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้เข้ามาใช้งานอย่างรวดเร็ว โดยมีกรอบแนวคิดดังภาพประกอบ 3

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR-Code และ Line Notify ด้วย MVC Framework ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีดำเนินการวิจัยเป็นสองส่วน ดังนี้

4.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ ในการออกแบบและพัฒนาระบบผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบด้วยวิธีพัฒนาระบบ RAD โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 การกำหนดความต้องการ (Planning and Requirement) ผู้วิจัยได้ร่วมกำหนดความต้องการของระบบกับผู้ใช้หรือผู้เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่พัสดุ และอาจารย์ เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดความต้องการของระบบเพื่อให้ได้ระบบที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

4.1.2 การออกแบบ (User Design) ในขั้นตอนการออกแบบได้นำความต้องการ และ

ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการกำหนดความต้องการ นำมาวิเคราะห์และออกแบบเพื่อให้ได้ระบบต้นแบบ หรือ Prototype สำหรับการนำไปทดสอบใช้งาน การปรับปรุง Prototype เพื่อให้ได้ระบบที่ตรงกับความ ต้องการมากที่สุดประกอบด้วย

1) สถาปัตยกรรมของระบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ระบบมีการทำงานในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นด้วย MVC Framework ร่วมกับ Bootstrap CSS และสามารถแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ Responsive ได้โดยมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์บนระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ระบบสามารถสร้าง และอ่าน QR Code ได้ผ่านระบบออนไลน์ และสามารถเชื่อมโยงการทำงานกับระบบ Line Notify เมื่อต้องการแจ้งเตือนการซ่อมวัสดุครุภัณฑ์ ดังแสดงภาพประกอบ 4

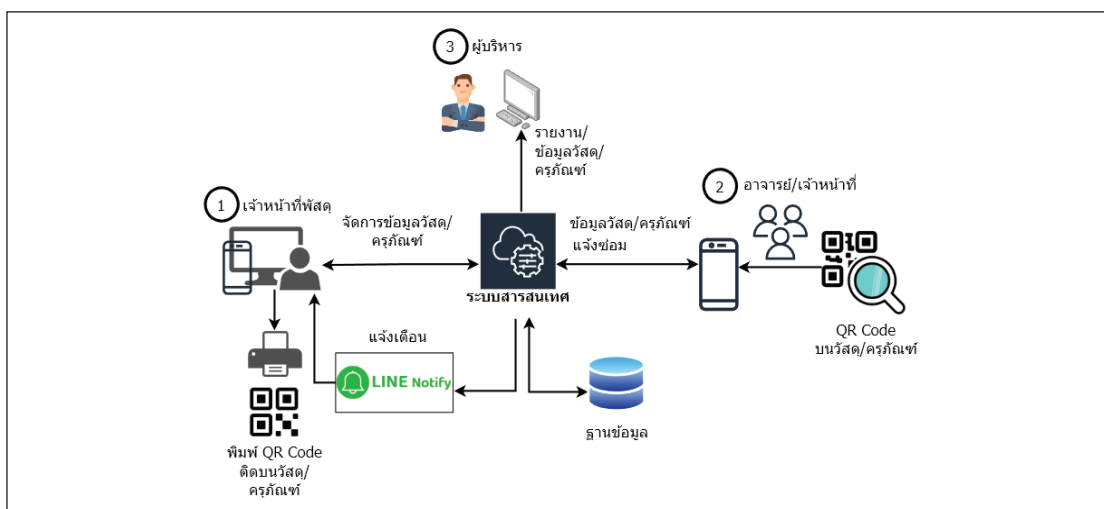
2) Use Case Diagram ของระบบ เพื่อแสดงภาพรวมการทำงานของระบบ ผู้วิจัยได้แบ่งการทำงานของผู้เกี่ยวข้องเป็น เจ้าหน้าที่พัสดุ มีหน้าที่จัดการข้อมูลของระบบ ตั้งแต่รับเข้า ประมวลผล ตรวจสอบและจัดทำรายงาน อาจารย์ สามารถแจ้งซ่อม

บำรุงได้ผ่านระบบ QR Code และผู้บริหาร สามารถดูรายงานและผลการตรวจสอบหรือสารสนเทศที่มีประโยชน์ได้จากระบบ ดังแสดงภาพประกอบ 5

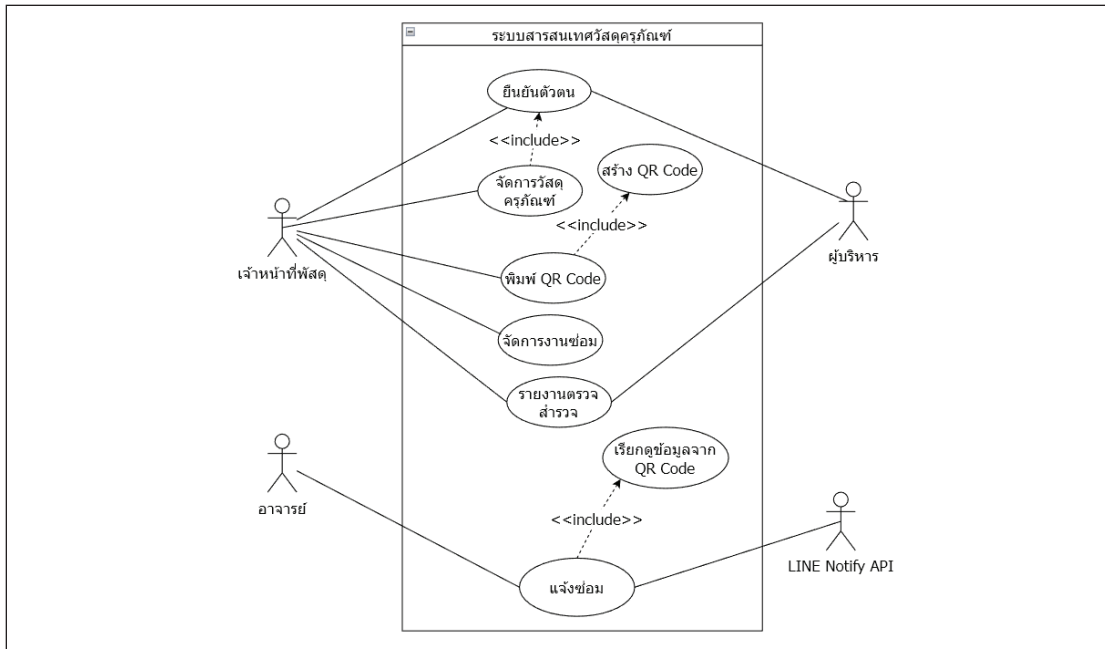
3) E-R Diagram แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในระบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูลที่สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ และรองรับการประมวลผล สามารถทำงานได้แบบออนไลน์บนระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL โดยมีกลุ่มของตารางเก็บข้อมูลหลักประกอบด้วย material จัดเก็บข้อมูลวัสดุครุภัณฑ์ทั้งหมดพร้อมรายละเอียด fix จัดเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุงทั้งหมด person และ users จัดเก็บข้อมูลผู้เกี่ยวข้องในระบบ และผู้ใช้งานในระบบ ดังแสดงภาพประกอบ 6

4) Prototype เมื่อผ่านกระบวนการออกแบบทั้งหมดแล้วทำการพัฒนา Prototype เพื่อนำไปทดสอบใช้งานโดยจัดทำ Prototype เพื่อนำเสนอผู้ใช้ และปรับปรุงตามความต้องการให้สมบูรณ์ต่อไป

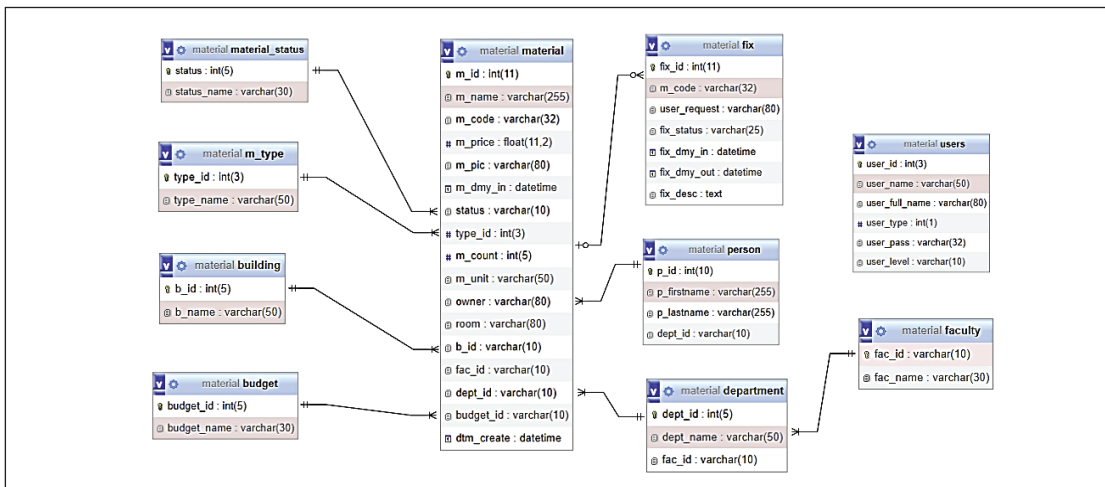
4.1.3 การสร้างระบบ (Construction)
การสร้างระบบโดยการนำ Prototype ที่สมบูรณ์ที่สุดและผ่านการยอมรับแล้วมาพัฒนาระบบ



ภาพประกอบ 4 สถาปัตยกรรมของระบบ



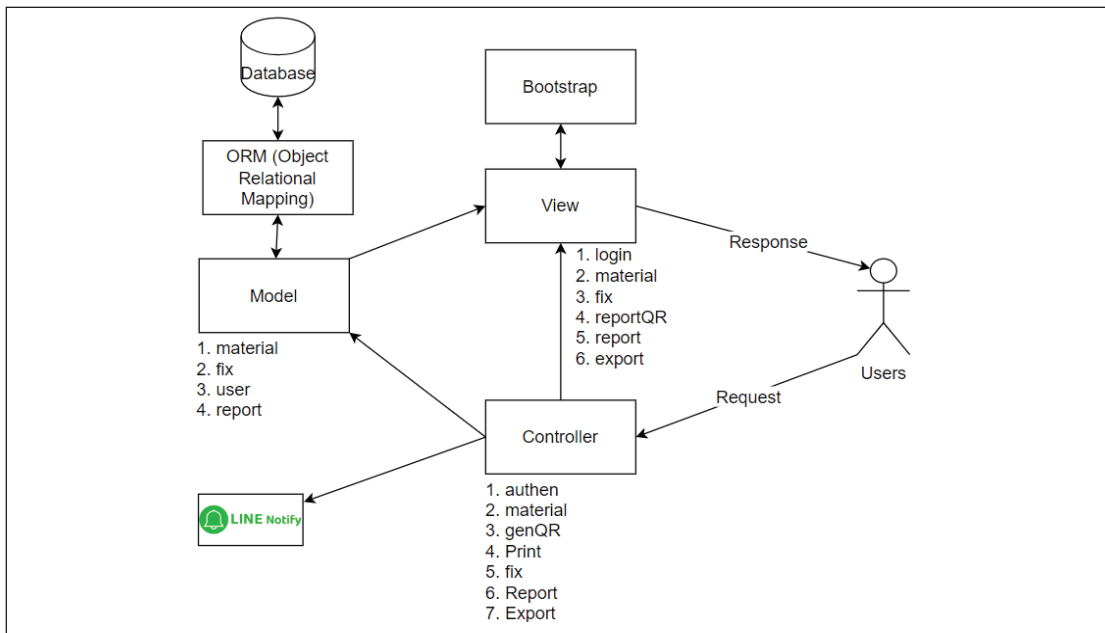
ภาพประกอบ 5 Use Case Diagram ของระบบ



ภาพประกอบ 6 E-R Diagram แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในระบบ

ด้วย PHP CodeIgniter ซึ่งเป็น MVC Framework
ร่วมกับ Bootstrap และ Line Notify API และ
จัดเก็บในฐานข้อมูลที่ออกแบบโดยโครงสร้างของ

ระบบที่พัฒนาอยู่ในรูปแบบของสถาปัตยกรรม MVC
ดังแสดงภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 โครงสร้างระบบสารสนเทศสร้างจาก MVC Framework

จากภาพประกอบ 7 โครงสร้างระบบสารสนเทศสร้างจาก MVC Framework ประกอบด้วย Model View และ Controller ที่สำคัญดังนี้

M (Model) ทำหน้าที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลแบบเชิงวัตถุหรือ ORM เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งานแบบเชิงวัตถุเมื่อมีการเรียกใช้งานจาก Controller ต่างๆ ประกอบด้วย Model material เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลแบบเชิงวัตถุกับตารางวัสดุครุภัณฑ์ Model fix เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลแบบเชิงวัตถุกับตารางซ่อมบำรุง และ Model user เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลแบบเชิงวัตถุกับตารางผู้ใช้ในระบบ Model report เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลแบบเชิงวัตถุกับตารางที่เกี่ยวข้องกับการออกรายงาน

V (View) ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลโดยรับข้อมูลจาก Model และควบคุมการทำงานด้วย Controller ประกอบด้วย View login แสดงหน้าต่างการเข้าสู่ระบบ View material แสดงหน้าจอที่เกี่ยวข้องกับการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ทั้งหมดในระบบ และ View fix แสดงหน้าจอทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ

การแจ้งซ่อม และการสร้างหน้าจอสำหรับการแสดงผล Responsive โดยอาศัยความสามารถของ Bootstrap CSS View reportQR แสดงหน้าจอรายงานหลังจากการสร้าง QR Code View report แสดงหน้าจอรายงาน และ View export แสดงหน้าจอการส่งออกข้อมูล

C (Controller) ทำหน้าที่ประสานและควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย Controller authen ทำหน้าที่พิสูจน์ตัวตนและควบคุมการเข้าสู่ระบบของกลุ่มผู้ใช้ Controller material ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับวัสดุครุภัณฑ์ทั้งหมด เช่น เพิ่ม แก้ไข ลบ Controller genQR ควบคุมการสร้าง QR Code เพื่อส่งไปยังการพิมพ์หรือการแสดงผล Controller Print ควบคุมการส่งพิมพ์ข้อมูลในระบบทั้งหมด Controller fix ทำหน้าที่ควบคุมการจัดการงานซ่อมในระบบ โดยมีการเชื่อมต่อกับ Token ของ Line Notify ดังแสดงภาพประกอบ 8 เพื่อส่งข้อมูลแจ้งเตือนการแจ้งซ่อมให้กับเจ้าหน้าที่ได้รับทราบ Controller Report ทำหน้าที่สร้างรายงานสรุปข้อมูลสำหรับผู้บริหาร และ Controller Export ทำหน้าที่ควบคุมการส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์อื่นๆ เช่น Excel และ CSV

```
function sendLineNotify($message = "SEND")
{
    $token = "xxx";

    $ch = curl_init();
    curl_setopt($ch, CURLOPT_URL, "https://notify-api.line.me/api/notify");
    curl_setopt($ch, CURLOPT_SSL_VERIFYHOST, 0);
    curl_setopt($ch, CURLOPT_SSL_VERIFYPEER, 0);
    curl_setopt($ch, CURLOPT_POST, 1);
    curl_setopt($ch, CURLOPT_POSTFIELDS, "message=" . $message);
    $headers = array('Content-type: application/x-www-form-urlencoded', 'Authorization: Bearer ' . $token . '');
    curl_setopt($ch, CURLOPT_HTTPHEADER, $headers);
    curl_setopt($ch, CURLOPT_RETURNTRANSFER, 1);
    $result = curl_exec($ch);

    if (curl_error($ch)) {
        echo 'error: ' . curl_error($ch);
    } else {
        $res = json_decode($result, true);
        echo "status : " . $res['status'];
        echo "message : " . $res['message'];
    }
    curl_close($ch);
}
```

ภาพประกอบ 8 เชื่อมต่อ API Line Notify

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมิน

คะแนนเชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	เชิงความหมาย
ดีมาก	4.51-5.00	ระบบที่พัฒนาอยู่ในระดับดีมาก
ดี	3.51-4.50	ระบบที่พัฒนาอยู่ในระดับดี
ปานกลาง	2.51-3.50	ระบบที่พัฒนาอยู่ในระดับปานกลาง
น้อย	1.51-2.50	ระบบที่พัฒนาอยู่ในระดับน้อย
น้อยมาก	1.00-1.50	ระบบที่พัฒนาอยู่ในระดับน้อยมาก

4.1.4 การเปลี่ยนระบบเพื่อนำไปใช้ (Implement) เมื่อได้ระบบที่พัฒนาอย่างสมบูรณ์ และไม่มีข้อผิดพลาดแล้วทำการเปลี่ยนมาใช้ระบบใหม่ มีการนำเข้าข้อมูลจริง ติดตั้งบนเครื่องให้บริการอบรม ผู้ใช้และเริ่มใช้งานจริง

4.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ เมื่อพัฒนาระบบเสร็จแล้วทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ ด้านการทำงานตรงตามความต้องการผู้ใช้ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ ด้านการใช้งาน และด้านความปลอดภัยของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น

4.3 การประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ เมื่อมีการนำระบบไปใช้งานจริงผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล

ผู้ใช้งานระบบและประเมินความพึงพอใจโดยการหลังจากใช้งานโดยใช้แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจตามมาตรวัด 5 ระดับ ดังแสดงตาราง 1 แบบสอบถามแบ่งออกเป็น ด้านองค์ประกอบ ด้านการใช้งาน ด้านประโยชน์โดยประเมินค่าความสอดคล้องระหว่างข้อความคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC: Index of Item Objective Congruence) ผลการทดสอบพบว่ามีความสอดคล้องเท่ากับ 0.60

ประชากรในการศึกษาคือบุคลากรของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 70 คน กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 50 คน ประกอบด้วยอาจารย์จำนวน 40 คน เจ้าหน้าที่จำนวน 5 คน และผู้บริหารจำนวน 5 คน

5. ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR-Code และ Line Notify ด้วย MVC Framework สามารถแสดงแบ่งผลการวิจัยได้ 2 ส่วน ดังนี้

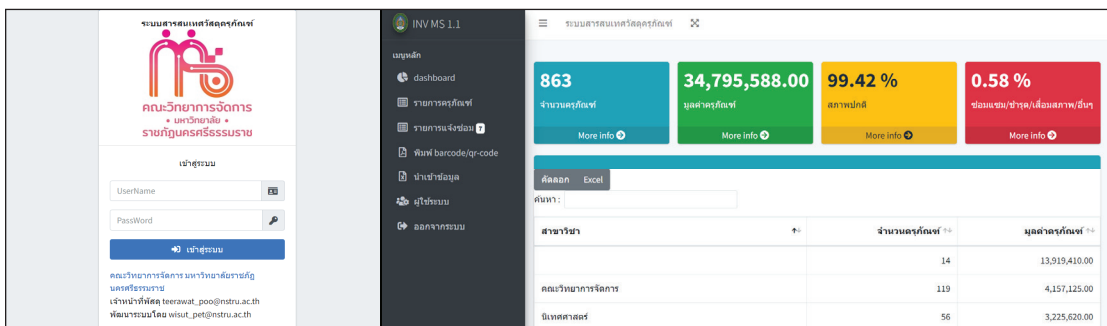
5.1 ผลการพัฒนาระบบ หลังจากผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเสร็จสิ้นแล้ว ทำให้ได้ระบบสารสนเทศที่พร้อมใช้งานอย่างรวดเร็ว และตรงตามความต้องการของผู้เกี่ยวข้องมากที่สุด โดยระบบที่ได้สามารถแบ่งการทำงานเป็น 3 กลุ่มผู้ใช้ด้วยกัน

1) เจ้าหน้าที่พัสดุ เป็นผู้ใช้ที่มีความสำคัญในระบบมีความสามารถนำเข้าข้อมูล บริหารจัดการข้อมูลวัสดุครุภัณฑ์ สร้าง QR Code เพื่อนำไปติดตั้ยัง

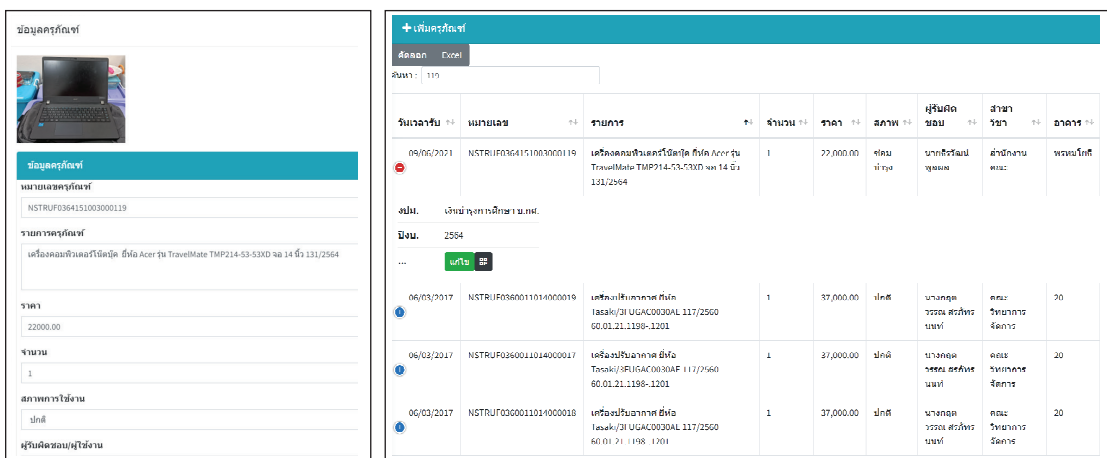
วัสดุครุภัณฑ์ที่ต้องการ การจัดการรายการแจ้งซ่อม การจัดทำรายงานวัสดุครุภัณฑ์ และการตรวจสอบวัสดุครุภัณฑ์ ดังแสดงภาพประกอบ 9-13

จากภาพประกอบ 9 เมื่อมีการเข้าสู่ระบบแล้วจะแสดงผลหน้าแรกของระบบโดยแสดงเมนูที่จะต้องใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม และแสดงสารสนเทศเพื่อแสดงข้อมูลจำนวน มูลค่า สภาพ และการแจ้งซ่อม ของวัสดุครุภัณฑ์ในหน้าแรกเพื่อความสะดวกในการใช้งานและตรวจสอบข้อมูล

จากภาพประกอบ 10 แสดงหน้าจอการบริหารจัดการข้อมูล โดยสามารถค้นหาเพิ่มข้อมูลรหัส ชื่อที่ตั้ง ภาพ ปิงบประมาณ จำนวน ราคา รวมถึงรายละเอียดอื่นๆ ของวัสดุครุภัณฑ์ และสามารถพิมพ์ QR Code รายชิ้นจากหน้าจอนี้ โดยหน้าจอนี้



ภาพประกอบ 9 หน้าเข้าใช้งานระบบ และหน้าแรกของระบบ



ภาพประกอบ 10 หน้าบริหารจัดการข้อมูลวัสดุครุภัณฑ์

สร้าง Barcode & QR code

ปังบประมาณ พ.ศ.:

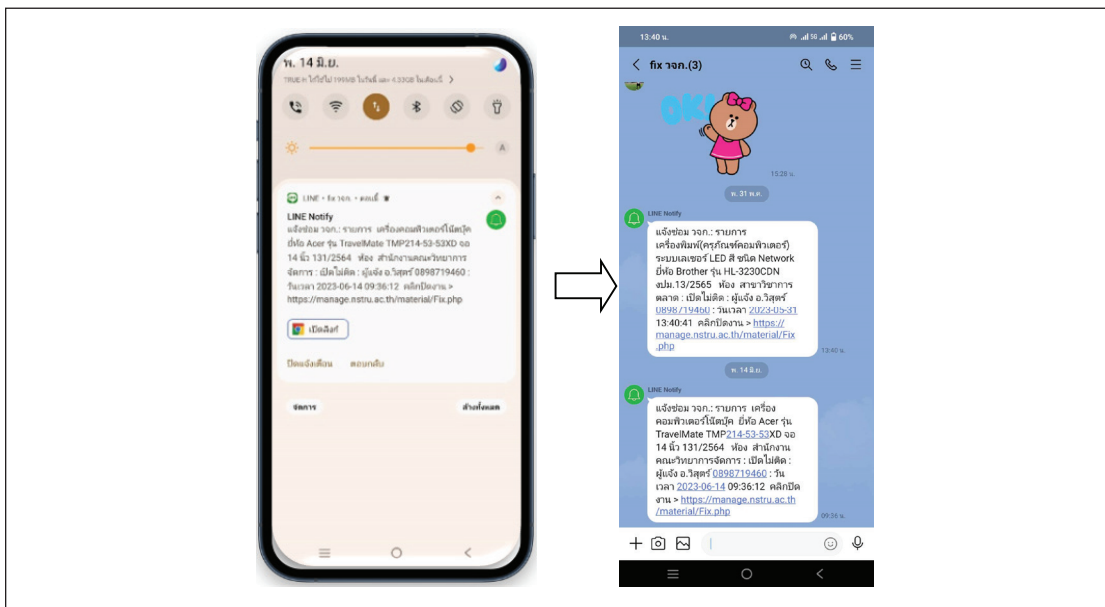
- ปังบประมาณ พ.ศ.:

แสดงข้อมูล

จำนวน 365 รายการ

NSTRUF0365011014000015 เครื่องปรับอากาศ แบบชนิดติดผนัง ขนาด 24000 BTU ยี่ห้อ Tasaki งบ.15/2565	NSTRUF0365011014000015
NSTRUF0365151298000079 เครื่องสำรองไฟ ขนาด 800VA 480Watt ยี่ห้อ SYNDOME รุ่น ECO II งบ.31/2565	NSTRUF0365151298000079
NSTRUF0365151298000080 เครื่องสำรองไฟ ขนาด 800VA 480Watt ยี่ห้อ SYNDOME รุ่น ECO II งบ.31/2565	NSTRUF0365151298000080

ภาพประกอบ 11 หน้าสร้างและพิมพ์ QR Code



ภาพประกอบ 12 เจ้าหน้าที่ได้รับ Line Notify เมื่อมีการแจ้งซ่อม

แสดงรายละเอียดของข้อมูลแบบตารางเพื่อความสะดวกในการบริหารจัดการ และการควบคุม

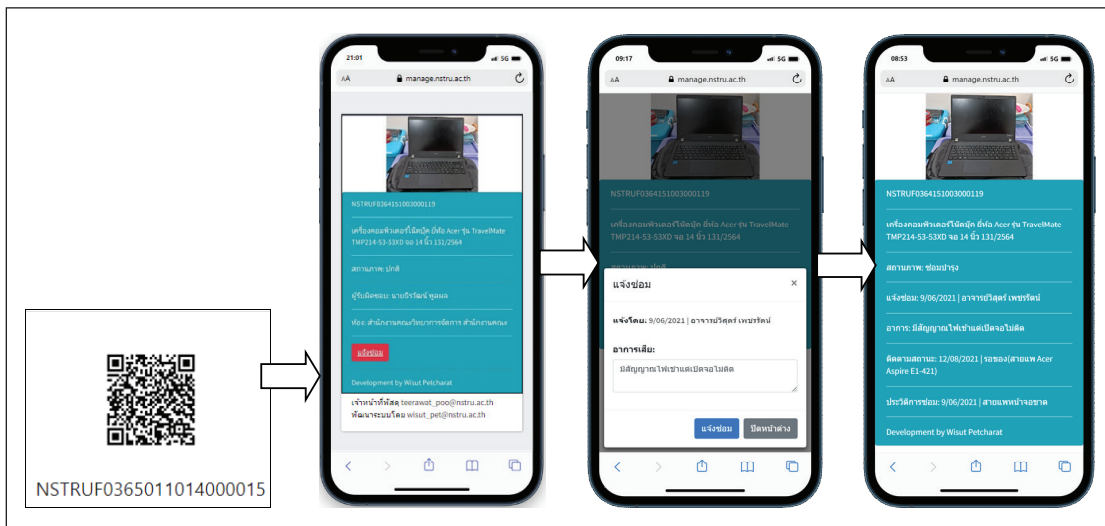
จากภาพประกอบ 11 หน้าจอแสดงการสร้าง QR Code และ Bar Code ของวัสดุครุภัณฑ์โดยจะแสดงข้อมูลเป็นแถว ประกอบด้วย Bar Code รหัสครุภัณฑ์ ชื่อครุภัณฑ์ ปังบประมาณที่จัดซื้อ และ QR

Code สามารถพิมพ์แล้วนำไปติดตั้งยังตัวของครุภัณฑ์ เพื่อใช้ในการติดตามและบริหารจัดการต่อไป

จากภาพประกอบ 12 เจ้าหน้าที่ Line notify สามารถแจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องในกลุ่มได้ทันที และสามารถซ่อมบำรุงได้อย่างรวดเร็ว ลดระยะเวลาลดขั้นตอนในการแจ้งซ่อมบำรุงอุปกรณ์

+ เพิ่มข้อมูลแจ้งซ่อม									
dashboard รายการครุภัณฑ์ รายการแจ้งซ่อม พิมพ์ barcode/qr-code นำเข้าข้อมูล ผู้ใช้งาน ออกจากระบบ ดาวน์โหลด Excel ค้นหา:									
วันเวลาแจ้งซ่อม	หมายเลข	รายการ	ผู้แจ้ง	อาการ	สถานะ	กำหนดเสร็จ	ผู้รับผิดชอบ	คำสั่ง	
09/06/2021	NS11UJ-0364151003000119	เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กยี่ห้อ Acer รุ่น TravelMate TMP214-53-53XD จม 14 นิ้ว 13.1/2564	นางริสพร เพชรรัตน์	มีสัญญาณไฟเข้าแต่เปิดจ่มไม่ติด	17/08/2021 รอของ (สายเคเบิ้ล Acer Aspire E1-421)	19/06/2021	ธีรวัฒน์ พูลผล	แก้ไข	Notify
18/12/2019	NSTRUF036315100200018	เครื่องพิมพ์(ครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์) Multifunction ชนิดเลเซอร์ขาวดำ ยี่ห้อ HP รุ่น M227fdw 49/2563	นางสาวเดวิดดา สุทธิรักษ์	พิมพ์ได้หลายเส้นบางหน้ากระดาษ 2 เส้น	อยู่ระหว่างซ่อม	28/12/2019	ธีรวัฒน์ พูลผล	แก้ไข	Notify
19/01/2022	NSTRUF036501134000005	เครื่องคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อป (ครุภัณฑ์สำนักงาน) ยี่ห้อ HP รุ่น 240GB Notebook PC (4K615PA) จม 15.3/2565	นายวิเศษ เพชรรัตน์	เครื่อง restart เองตลอดเวลา	อยู่ระหว่างซ่อม	29/01/2022	ธีรวัฒน์ พูลผล	แก้ไข	Notify
19/01/2022	NSTRUF036501134000011	เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (ครุภัณฑ์สำนักงาน) ยี่ห้อ HP รุ่น 240GB Notebook PC	นางสาวกวดรี ชื่นเพชร	อาการเสียเปิดไม่ติด	อยู่ระหว่างซ่อม	29/01/2022	ธีรวัฒน์ พูลผล	แก้ไข	Notify

ภาพประกอบ 13 เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบและจัดการสถานะการซ่อมบำรุงผ่านระบบ



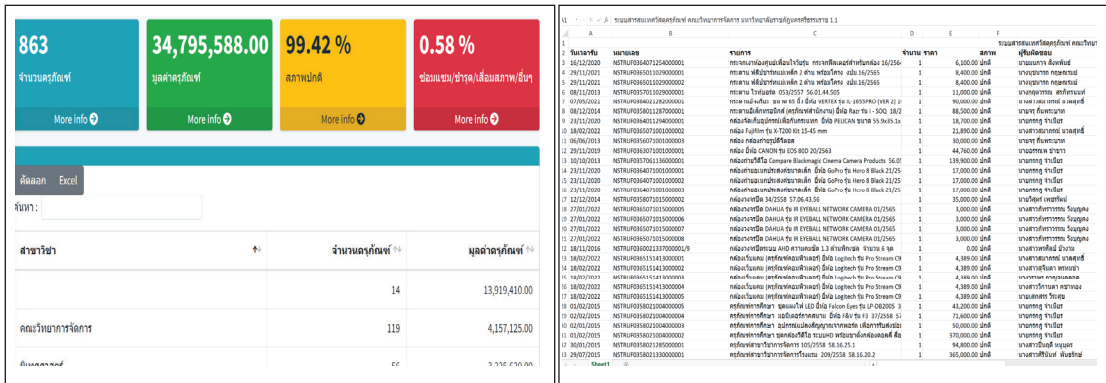
ภาพประกอบ 14 อาจารย์เจ้าหน้าที่แจ้งซ่อมและติดตามผ่านมือถือ

จากภาพประกอบ 13 เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบข้อมูลการแจ้งซ่อม และจัดการข้อมูลการซ่อมบำรุงเปลี่ยนแปลงสถานะการซ่อมบำรุง หรือปรับปรุงสถานะ ส่ง Line Notify สถานะล่าสุดได้ทันทีเมื่อมีความก้าวหน้าการซ่อมบำรุงในแต่ละขั้นตอนผ่านระบบ

2) อาจารย์ สามารถใช้งานระบบผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ เมื่ออ่าน QR Code บนวัสดุครุภัณฑ์ที่ต้องการ

ระบบจะแสดงรายละเอียด และสามารถแจ้งซ่อมเมื่อเกิดปัญหาได้จากหน้าจอ ระบบจะส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล และ Line Notify แจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้องในการซ่อมได้ทันที และสามารถตรวจสอบสถานะการแจ้งซ่อมผ่านระบบ ดังแสดงภาพประกอบ 14

3) ผู้บริหาร ระบบจะแสดงข้อมูล และสารสนเทศ เช่น สรุปจำนวนวัสดุครุภัณฑ์ มูลค่า สภาพทั้งหมด การซ่อมทั้งหมด จำนวน และงบประมาณ



ภาพประกอบ 15 หน้าสารสนเทศ และรายงานสำหรับผู้บริหาร

ตาราง 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการทำงานตรงตามความต้องการ	4.80	0.58	ดีมาก
ด้านการงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ	4.72	0.57	ดีมาก
การใช้งาน	4.68	0.50	ดีมาก
ด้านความปลอดภัย	4.62	0.70	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.71	0.59	ดีมาก

แยกตามสาขาวิชา รายงานวัสดุครุภัณฑ์ รายงานตรวจ
สำรวจ และยังสามารถส่งออกข้อมูลสารสนเทศใน
รูปแบบ Excel เพื่อความสะดวกในการนำข้อมูล
ไปใช้ ดังแสดงภาพประกอบ 15

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ
เมื่อพัฒนาระบบเสร็จแล้วทำการประเมินประสิทธิภาพ
ของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ 5
ท่านเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ ด้านการทำงานตรง
ตามความต้องการผู้ใช้ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน
งานของระบบ ด้านการใช้งาน และด้านความปลอดภัย
ของระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นดังแสดงตาราง 2

จากตาราง 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพ
ระบบพบว่า ด้านการทำงานตรงตามความต้องการ
มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.80) รองลงมาเป็นด้าน
การทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (ค่าเฉลี่ย
4.72) และด้านการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.68) และ

ด้านความปลอดภัย (ค่าเฉลี่ย 4.62) ตามลำดับ
โดยค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก
(ค่าเฉลี่ย 4.71)

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจ หลังจาก
ผ่านกระบวนการประเมินประสิทธิภาพของระบบ
แล้วผู้วิจัยได้ประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ
สารสนเทศด้วยแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ
ผลการประเมินดังแสดงตาราง 3

จากตาราง 3 ผลการประเมินความพึงพอใจ
เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านแล้วพบว่า ด้านองค์ประกอบ
มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.72) รองลงมาเป็นด้าน
การใช้งาน และด้านประโยชน์ (ค่าเฉลี่ย 4.69) ตาม
ลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วพบว่า ระบบ
ช่วยให้ทำงานด้านวัสดุครุภัณฑ์รวดเร็วขึ้นมีค่าเฉลี่ย
สูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.88) รองลงมาเป็นเข้าสู่ระบบได้ง่าย
และปลอดภัย (ค่าเฉลี่ย 4.80) ความสวยงาม ทันสมัย

ตาราง 3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านองค์ประกอบ	4.72	0.54	ดีมาก
การจัดวางรูปแบบง่ายต่อการใช้งาน	4.70	0.55	ดีมาก
ความสวยงาม ทันสมัย และน่าสนใจ	4.77	0.58	ดีมาก
ขนาดตัวอักษร QR Code เหมาะสม	4.70	0.50	ดีมาก
ด้านการใช้งาน	4.69	0.72	ดีมาก
เข้าสู่ระบบได้ง่ายและปลอดภัย	4.80	0.70	ดีมาก
มีความรวดเร็วและถูกต้อง	4.69	0.74	ดีมาก
ข้อมูลครบถ้วนและทันสมัย	4.50	0.75	ดีมาก
ความรวดเร็วและถูกต้องในการแจ้งซ่อม	4.77	0.70	ดีมาก
ด้านประโยชน์	4.69	0.67	ดีมาก
ระบบช่วยให้ทำงานด้านวัสดุครุภัณฑ์รวดเร็วขึ้น	4.88	0.69	ดีมาก
ระบบมีประโยชน์ในการแจ้งซ่อม	4.70	0.65	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.72	0.65	ดีมาก

น่าสนใจ และมีความรวดเร็วและถูกต้องในการแจ้งซ่อม (ค่าเฉลี่ย 4.77) การจัดวางรูปแบบง่ายต่อการใช้งาน ขนาดตัวอักษร QR Code เหมาะสม ระบบมีประโยชน์ในการแจ้งซ่อม (ค่าเฉลี่ย 4.70) มีความรวดเร็วและถูกต้อง (ค่าเฉลี่ย 4.69) และข้อมูลครบถ้วนทันสมัย (ค่าเฉลี่ย 4.50) ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.72)

6. อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศสามารถทำได้อย่างเป็นระบบตามวิธีพัฒนาระบบ RAD โดยใช้ MVC Framework ทำให้ได้ระบบสารสนเทศที่ตรงต่อความต้องการเนื่องจากมีการสร้างต้นแบบในขั้นตอนการออกแบบโดยผู้ใช้ ด้วยวิธีการพัฒนาระบบ RAD ระบบสามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Delima, Santoso, & Purwadi (2017) โดยสามารถพัฒนา

ส่วนติดต่อผู้ใช้ได้ก่อน ในขั้นตอนการสร้างต้นแบบ ซึ่งเป็นส่วนดีของการเลือกใช้ MVC Framework มีการแยกการทำงานออกจากกันอย่างชัดเจน ผู้พัฒนาระบบสามารถแยกการพัฒนาในส่วนของการติดต่อผู้ใช้ การควบคุมการทำงาน และการติดต่อฐานข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ระบบสารสนเทศที่พัฒนาสามารถแบ่งการทำงานเป็น 3 กลุ่มผู้ใช้งานด้วยกัน 1) เจ้าหน้าที่พัสดุ สามารถนำเข้าข้อมูล บริหารจัดการข้อมูลวัสดุครุภัณฑ์ สร้าง QR Code จัดการรายการแจ้งซ่อม การจัดทำรายงานวัสดุครุภัณฑ์ และการตรวจสอบวัสดุครุภัณฑ์ 2) อาจารย์ สามารถใช้งานระบบผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และสามารถอ่าน QR Code บนวัสดุครุภัณฑ์ที่ต้องการเพื่อดูรายละเอียด และแจ้งซ่อมเมื่อเกิดปัญหา ระบบจะส่งข้อมูลไป Line Notify แจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้องในการซ่อมทันที 3) ผู้บริหาร สามารถดูสารสนเทศและรายงานวัสดุครุภัณฑ์ รายงานตรวจสอบ ส่งออกข้อมูล และ

สารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารจัดการ โดยระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น ทำให้งานด้านวัสดุครุภัณฑ์มีความรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากผลการประเมิน ระบบช่วยให้ทำงานด้านวัสดุครุภัณฑ์รวดเร็วขึ้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.88) ในส่วนของการเข้าใช้งานนั้น ผู้ใช้คิดว่ามีความปลอดภัยเนื่องจากระบบใช้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเดียวกับระบบอื่นๆ ในมหาวิทยาลัย ทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการประเมิน เข้าสู่ระบบได้ง่ายและปลอดภัย (ค่าเฉลี่ย 4.80) ในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้สามารถแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ Responsive บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ โดยมีความสวยงามทันสมัย และเหมาะกับการใช้งานเนื่องจากการออกแบบโดยใช้ความสามารถของ Bootstrap CSS ควบคุมการแสดงผล ดังจะเห็นได้จากผลการประเมินความสวยงาม ทันสมัยน่าสนใจ และความรวดเร็วและถูกต้องในการแจ้งซ่อม (ค่าเฉลี่ย 4.77) การจัดวางรูปแบบง่ายต่อการใช้งาน ขนาดตัวอักษร QR Code เหมาะสม และระบบมีประโยชน์ในการแจ้งซ่อม (ค่าเฉลี่ย 4.70) มีความรวดเร็วและถูกต้อง (ค่าเฉลี่ย 4.69) และข้อมูลครบถ้วนทันสมัย (ค่าเฉลี่ย 4.50) จากผลการประเมินทั้งหมดอยู่ในระดับดีมากในทุกประเด็นเนื่องจากระบบสามารถช่วยอำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาของการบริหารจัดการวัสดุครุภัณฑ์ และการแจ้งซ่อมได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chotkitnusorn (2018) และงานวิจัยของ Paojeen & Kaewurai (2020) แต่อย่างไรก็ตามระบบยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างในเรื่องของข้อมูลครบถ้วนและทันสมัยที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.50) อาจเนื่องมาจากข้อมูลที่นำเข้านั้นเป็นข้อมูลที่ไม่ทันสมัย และยังไม่ได้รับการปรับปรุงสถานะของวัสดุครุภัณฑ์ที่มีอยู่กระจายกระจายอย่างไม่เป็นระบบ ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป

7. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน QR Code และ Line Notify ด้วย MVC Framework มีข้อค้นพบที่สำคัญสามารถสรุปได้ดังนี้ ในการพัฒนาระบบด้วยวิธีการแบบรวดเร็ว RAD ทำให้ได้รับระบบสารสนเทศที่รวดเร็วขึ้น และตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน โดยระบบพัฒนาขึ้นด้วย MVC Framework ร่วมกับ Bootstrap CSS ระบบสารสนเทศที่ได้อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน สามารถแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ Responsive และรองรับการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ การแจ้งซ่อม ผ่านเทคโนโลยี QR Code รวมถึงสามารถแจ้งเตือนการซ่อมบำรุงผ่าน Line Notify การจัดทำรายงานสำหรับผู้บริหาร ทำให้งานด้านวัสดุครุภัณฑ์มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้น สามารถจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL รองรับการทำงานกับกลุ่มผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.71) และเมื่อนำไปใช้งานจริงแล้วทำการประเมินผลความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.72) แสดงให้เห็นว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ

8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ งานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศด้วยวิธีการพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว RAD เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศอย่างรวดเร็วในหน่วยงาน และสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อบริหารจัดการ และแจ้งซ่อมวัสดุครุภัณฑ์กับหน่วยงานต่างๆ ที่มีการควบคุมวัสดุครุภัณฑ์ในรูปแบบเดียวกันได้ โดยสามารถนำวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี QR Code และ Line Notify ในการบริหารจัดการของระบบสารสนเทศอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป สำหรับการวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาวิเคราะห์ความต้องการเพิ่มเติมให้ครอบคลุมการทำงานในส่วนอื่นๆ และพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศให้ครอบคลุมมากขึ้น สามารถทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้มากขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ และรองรับอุปกรณ์ที่หลากหลาย

เอกสารอ้างอิง

- Alam, A. R. S., Putri, W., Pratama, M. R., Syaifullah, A., Ratullah, E. I., & Hamzah, M. L. (2023). Design and build a land sales and purchase data collection system using rapid application development method. *Jurnal Testing Dan Implementasi Sistem Informasi*, 1(1), 41-52. <http://journal.al-matani.com/index.php/jtisi/article/view/328>
- Bunrojwong, N. & Phraphontrakarn, K. (2017). A variety of QR code. *Apheit Journals*, 6(1), 117-126. https://apheit.bu.ac.th/journal/science-vol6-1/12_9_formatted%20V6-1.pdf [In Thai]
- Chantima, J. & Tetiwat, O. (2015). The Development of student administration system with web-based application: A case study of Ban Tak Industrial and Community Education College. *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, 7(7), 1-15. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/50250> [In Thai]
- Chotkitnusorn, A. (2018). The development of a quick response code system for computer and peripheral inspections. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 12(3), 183-199. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/157510> [In Thai]
- Delima, R., Santoso, H., & Purwadi, J. (2017). Development of Dutatani website using rapid application development. *IJITEE (International Journal of Information Technology and Electrical Engineering)*, 1(2), 36-44. <https://doi.org/10.22146/ijitee.28362>
- Gunawan, M., & Sutomo, R. (2023). Web-based payroll application design and development using rapid application development. *JOINS (Journal of Information System)*, 8(1), 67-79. <https://doi.org/10.33633/joins.v8i1.7979>
- Kamnerdwam, A. T. & Yokchawee, S. (2021). QR code system and application to increase efficiency in organization. *Journal of Engineering and Innovation*, 14(2), 24-37. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/244465 [In Thai]
- Kaolim, C. & Srirachan, N. (2015). Information system development for computer inventory of Wattaibanbo School. Proceedings of The 7th NPRU National Academic Conference (pp.1292-1299), Nakhon Pathom, Thailand. [In Thai]

- Ministry of Finance (2017). Government procurement and supplies management act, B.E. 2017. Retrieved 12 July 2022. Retrieved from <https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/A/024/13.PDF>. [In Thai]
- Paojeen, J. & Kaewurai, R. (2020). QR code for equipment online database application of the Faculty of Public Health, Naresuan University. *Journal of Information and Learning*, 31(3), 37–46. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil/article/view/243739> [In Thai]
- Petchara, W. & Leelasantitham, A. (2021). A retentive consumer behavior assessment model of the online purchase decision-making process. *Heliyon*, 7(10), e08169. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08169>
- Petcharat, W., Sutthirak, T., Janwichian, K., Khamkhaw, A., & Artitung, P. (2021). The information system development for management of professional experience training department of management science Faculty of Management Science, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. *Rajapark Journal*, 15(39), 109–123. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RJPJ/article/view/249150> [In Thai]
- Satyawati, E., Lyna, & Cahjono, M. P. (2017). Development of accounting information system with rapid application development (RAD) method for micro, small, and medium scale enterprises. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 6(1), 166-175. http://buscompress.com/uploads/3/4/9/8/34980536/riber_6-s1_sp_b17-167_166-175.pdf
- Tepyot, P. & Angsurat, A. (2021). Development and evaluation of online durable article maintenance system: Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University. *Journal of Professional Routine to Research*, 8(2), 1-12. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jpr2r/article/view/248691> [In Thai]
- Vidal-Silva, C., Jiménez, C., Madariaga, E., & Urzúa, L. (2020). Applying PHP codeigniter for easy web development. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(3), 4209-4211.
- Wongnoon, S. (2023). The application of ICT for sending notification using line notify API during COVID-19 breakout. *Council of University Administrative Staff of Thailand Journals*, 9(3), 178-187. <https://www.council-uast.com/journal/upload/fullpaper/15-12-2020-108088253.pdf> [In Thai]