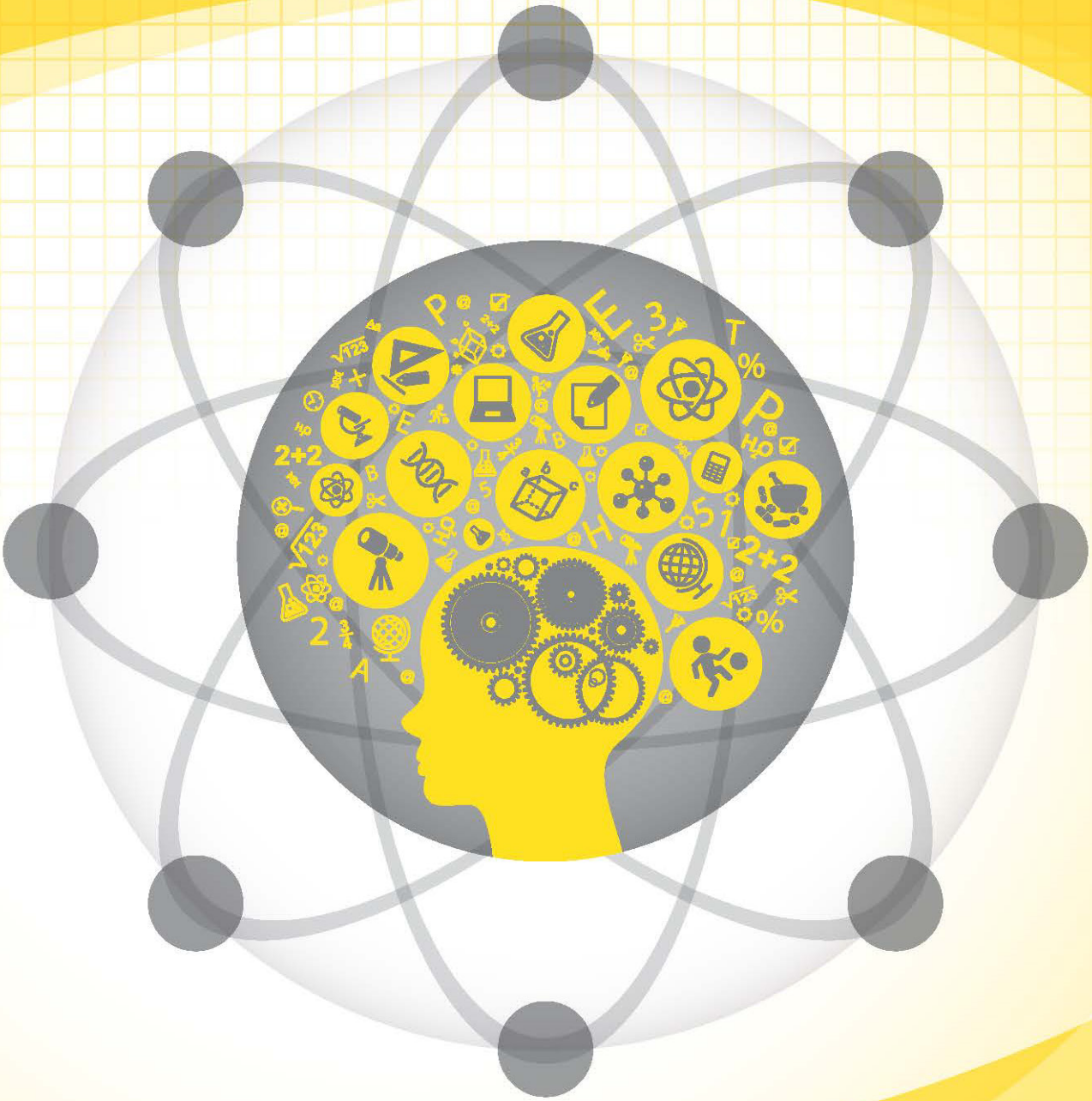
วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
EAU Heritage Journal
ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Science and Technology

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2567 Vol. 18 No. 1 January-April 2024
ISSN 3027-7221 (Online)



นโยบายการจัดพิมพ์

วารสาร EAU Heritage เป็นวารสารราย 4 เดือน มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียจัดพิมพ์ขึ้นเพื่อเผยแพร่ความรู้ในสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าและเปิดโอกาสให้นักศึกษา นักวิจัย คณาจารย์ ตลอดจนนักวิชาการทั่วไปทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานให้เป็นที่รู้จักต่อสาธารณชน และได้แลกเปลี่ยนความรู้ในวิทยาการด้านต่าง ๆ

บทความที่เสนอเพื่อตีพิมพ์

บทความที่เสนอเพื่อพิจารณาต้องเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ เรื่องที่จะได้รับการตีพิมพ์ต้องได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ ผ่านกระบวนการพิจารณากลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาของบทความ เป็นการประเมิน Double Blind Review ที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน และต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาในวารสารอื่น ๆ (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง) บทความที่ได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิและทำการปรับแก้เรียบร้อยแล้ว จึงจะได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ลงในวารสารฯ

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับที่เสนอเพื่อพิจารณาลงตีพิมพ์ ต้องมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. พิมพ์ด้วยกระดาษ A4 ความยาวไม่เกิน 15 หน้า
2. รูปแบบตัวอักษรให้ใช้ TH SarabunPSK ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และขนาดของตัวอักษร หากเป็นชื่อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 20 หัวข้อต่าง ๆ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 และส่วนเนื้อหาทั่วไปใช้ตัวอักษรขนาด 15
3. รูปแบบการจัดหน้าและจัดแนวข้อความชิดซ้าย (ไม่ต้องปรับขวา)
4. เขียนชื่อ ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน และที่อยู่ของผู้เขียนอย่างชัดเจน โดยแยกออกจากส่วนต้นฉบับและบทคัดย่อ
5. แนบบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษมาพร้อมกับบทความ โดยกำหนดความยาวของบทคัดย่อไม่เกิน 15 บรรทัด พร้อมทั้งกำหนดคำสำคัญ (key words) ไม่เกิน 6 คำ
6. แยกไฟล์ตาราง รูปภาพ ที่ประกอบในเนื้อหาบทความ และส่งมาพร้อมกับไฟล์บทความ

การอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

ในกรณีที่ผู้เขียนต้องการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลในเนื้อเรื่องให้ใช้วิธีการอ้างอิงแบบนามปี (APA) โดยระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ และเลขหน้าที่ข้อมูลปรากฏอยู่ (ชื่อ นามสกุล, ปีพิมพ์, เลขหน้า) ตัวอย่างเช่น

(ธวัชชัย สันติวงษ์, 2540, น. 142)

(Fuchs, 2004, p. 21)

ส่วนการเขียนรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ให้ใช้ระบบการอ้างอิงแบบ APA Style (6th edition) ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง มีดังนี้

1. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อหนังสือ* (ครั้งที่พิมพ์). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือหน่วยงานที่พิมพ์.

ประคอง กรรณสูต. (2541). *สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์* กรุงเทพฯ: บรรณกิจ.

Sharp, W. F. (1985). *Investment* (3rd ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

2. ชื่อบทในหนังสือรายงานการประชุม

Hay, S. P. (1975). Political parties and the community-society continuum. In W. N. Chambers & W. D. Burnham (Eds.)., *The American party systems Stage of political development* (2nd ed.). New York: Oxford university press.

สุไร พงษ์ทองเจริญ. (2539). สาระสำคัญเกี่ยวกับการเรียนการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา. *ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน่วยที่ 9). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

3. วารสาร

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. *ชื่อวารสาร, ปีที่*(ฉบับที่), เลขหน้า.

สุจินต์ สิมารักษ์. (2550). หลากหลายปัญหาการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย. *วารสารเศรษฐกิจการเกษตร, 27*(2), 53-57.

4. หนังสือพิมพ์

ชื่อผู้แต่ง. (ปี, เดือน วันที่). ชื่อบทความ. *ชื่อหนังสือพิมพ์*, หน้า.

ศรีสกุล ลีวาพีระพันธ์. (2545, กรกฎาคม 11). จับทีวีใส่กระเป๋าเขาทำกันอย่างไร?. *มติชน*, น. 19.

5. วิทยานิพนธ์

กอบกุล สรรพกิจจำนง. (2541). *การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อการพัฒนานโยบายการใช้อินเทอร์เน็ตสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย.* ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. สารสนเทศจากอินเทอร์เน็ต

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่เผยแพร่เอกสาร). *ชื่อเรื่อง*. ค้นจาก (ระบุ URL ที่สืบค้นบนอินเทอร์เน็ต).

มานพ แก้วผกา. (2549). *เศรษฐกิจพอเพียงกับการค้าเสรีไปด้วยกันได้จริงหรือ*. ค้นจาก http://www.ftawatch.org

ชื่อผู้เขียน. (ปีที่เผยแพร่เอกสาร). *ชื่อเรื่อง*. ค้นเมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี), จาก (ระบุ URL ที่สืบค้นบนอินเทอร์เน็ต).

Prizker, T. J. (1989). *An early fragment from central Nepal*. Retrieved from http://www.ingress.com/-astranart/pritzker.html

สถานที่ติดต่อ

ผู้สนใจเสนอบทความ สามารถติดต่อได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาคาร ชวน ชวนิชย์ ชั้น 4 ห้อง C423

200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์: 0-2577-1028 ต่อ 378

e-mail address: eauheritage_sci@eau.ac.th, eau_heritage@eau.ac.th

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
EAU Heritage Journal
ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Science and Technology

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-เมษายน 2567 Vol. 18 No. 1 January-April 2024 ISSN 3027-7221 (Online)

ความเป็นมา

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เริ่มจัดพิมพ์ในปี พ.ศ. 2550 มีกำหนดเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ จนถึงปี พ.ศ. 2559 ได้เพิ่มการเผยแพร่วารสารเป็นปีละ 3 ฉบับ และในปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (กันยายน–ธันวาคม 2560) เป็นต้นมา ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตวารสารจากตัวเล่มหนังสือเป็นการผลิตแบบ CD และเปลี่ยนการผลิตจาก CD เป็น Flash Drive ในปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม–เมษายน 2561) และตั้งแต่ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม–เมษายน 2565) เป็นต้นมา วารสารได้ยกเลิกการผลิต Flash Drive

ในปี พ.ศ. 2565 วารสารได้ปรับเปลี่ยนจำนวนผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ท่าน เป็นการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน โดยเริ่มใช้กับบทความปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม–เมษายน 2565) เป็นต้นมา

ในปี พ.ศ. 2567 วารสารได้ยกเลิกการใช้เลขมาตรฐานสากลทั้งฉบับพิมพ์ (ISSN 2286-6175 (Print)) และฉบับออนไลน์ (E-ISSN 2651-1738 (Online)) และได้ขอเลข E-ISSN (Online) ใหม่ คือ E-ISSN 3027-7221 (Online) เพื่อเปลี่ยนชื่อภาษาอังกฤษ (Key-title) ให้ตรงกับชื่อภาษาอังกฤษของวารสาร และเริ่มใช้เลข E-ISSN (Online) ใหม่ ตั้งแต่ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2567)

ปัจจุบัน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) โดยได้รับการจัดกลุ่มให้เป็นวารสาร กลุ่มที่ 1 จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2567

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพของคณาจารย์ บุคลากร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการแก่สังคม โดยสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย นำเสนอผลงานวิชาการในสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขตเนื้อหาการตีพิมพ์ เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประเภทบทความที่รับ วารสารรับตีพิมพ์เผยแพร่บทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใน 2 ประเภท ได้แก่
1. บทความวิจัย (Research Article)
2. บทความวิชาการ (Academic Article)

กำหนดการเผยแพร่ กำหนดออกเผยแพร่ราย 4 เดือน ปีละ 3 ฉบับ ดังนี้
ฉบับที่ 1: มกราคม-เมษายน (กำหนดออก เมษายน)
ฉบับที่ 2: พฤษภาคม-สิงหาคม (กำหนดออก สิงหาคม)
ฉบับที่ 3: กันยายน-ธันวาคม (กำหนดออก ธันวาคม)

การจัดพิมพ์ เผยแพร่ฉบับออนไลน์ ที่ https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci

นโยบายการประเมินบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งแต่ ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2565) บทความทุกบทความจะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ที่มีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน (เดิมใช้ผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน) ในรูปแบบของการประเมินบทความที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน (Double-Blind Peer Review)

โดยบทความจากบุคลากรภายใน จะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด ส่วนบทความจากบุคลากรภายนอก จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด หรือจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

ลิขสิทธิ์ ข้อความภายในบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งหมด รวมถึงรูปภาพประกอบ ตาราง เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย การนำเนื้อหา ข้อความหรือข้อคิดเห็น รูปภาพ ตาราง ของบทความไปจัดพิมพ์เผยแพร่ในรูปแบบต่าง ๆ ต้องได้รับอนุญาตจากกองบรรณาธิการวารสารอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร

ข้อความที่ปรากฏในบทความในวารสารเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียน ไม่เกี่ยวข้องกับมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย และคณาจารย์ บุคลากร ท่านอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยแต่อย่างใด

แหล่งผลิต กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

ที่ปรึกษา	ดร.โชติรัส ชวนิชย์	อธิการบดี มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
บรรณาธิการ	ดร.กัญจน์ณิชา โภคอุดม	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นาผล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	รองศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ แก้วปาน	มหาวิทยาลัยมหิดล
	รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล	มหาวิทยาลัยบูรพา
	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญใจ ศรีสถิตนรากูร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
	รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชุติมาสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
	รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
	รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ชายเกลี้ยง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.เพลินทิพย์ ภูทองกิ่ง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
	รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	รองศาสตราจารย์ ดร.วีรชาติ ตั้งจิรภัทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
	รองศาสตราจารย์ พันเอกหญิง ดร.สุวิมล เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
	รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ้งตะวัน สุภาพผล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภฉัตร ธารีลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา สุขศิลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภา โซ๊ะสลาม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	อาจารย์อุบลรัตน์ ชนะโรค	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ดร.จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
	นางสาวนริศรา ทุมมณี	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียน

1. ผู้เขียนต้องรับรองว่าบทความที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ใดมาก่อน

2. ผู้เขียนต้องรับรองว่าบทความที่จัดส่งมานั้น ไม่อยู่ระหว่างการรอตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ

3. ผู้เขียนต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ

4. ผู้เขียนต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในผลงานตัวเอง รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงให้ครบถ้วน

5. ผู้เขียนต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน Template ของวารสาร

6. ผู้เขียนที่มีรายชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้เขียนที่มีส่วนร่วมในงานเขียนจริง ในกรณีที่เป็นบทความวิจัย ผู้เขียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง ทั้งนี้ ผู้เขียนที่ส่งบทความต้องตรวจสอบผู้เขียนให้ครบถ้วน ทางกองบรรณาธิการไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงชื่อภายหลังการส่งบทความ

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร

1. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ

2. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนและผู้ประเมินบทความ แก่บุคคลใด ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ

3. บรรณาธิการต้องตัดสินใจคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์หลังจากผ่านกระบวนการประเมินบทความแล้ว โดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหากับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ

4. บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว

5. บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ เพราะความสงสัยหรือไม่แน่ใจ โดยต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยนั้น ๆ ก่อน

6. บรรณาธิการต้องไม่มีประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน ผู้ประเมินบทความ และทีมบริหาร

7. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่เชื่อถือได้เพื่อให้แน่ใจว่าบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารไม่มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น

8. หากตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้เขียนหลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจงประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลบางส่วนหรือทุกส่วนของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ

2. หลังจากได้รับบทความจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ผู้ประเมินบทความตระหนักว่าตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนเช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้เขียนเป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้ ผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ

3. ผู้ประเมินบทความ ควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขาวิชานั้น ๆ คุณภาพของการวิเคราะห์และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย

4. ผู้ประเมินต้องระบุผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้เขียนไม่ได้อ้างถึง เข้าไปในการประเมินบทความด้วย นอกจากนี้หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินต้องชี้แจงให้บรรณาธิการทราบด้วย

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และสัตว์

บทความวิจัยที่ส่งเข้ามารับการตีพิมพ์ ถ้างานวิจัยเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในมนุษย์ ผู้เขียนต้องได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนจากสถาบันที่ผ่านการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการทดลองในสัตว์ต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ และอยู่ภายใต้หลักพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558

บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่านทุกท่าน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ย่างเข้าสู่ปีที่ 18 แล้ว โดยฉบับนี้เป็นฉบับแรกของปี 2567 กองบรรณาธิการต้องขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์จากหลากหลายหน่วยงานที่ให้ความสนใจในการส่งบทความมาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารของเรา พร้อมกันนี้กองบรรณาธิการขอแจ้งข่าวสารมายังทุกท่านว่า วารสารของเราได้ยกเลิกการใช้เลขมาตรฐานสากลเดิมทั้งฉบับ Print และ Online และเปลี่ยนใช้เลขมาตรฐานสากลฉบับออนไลน์ใหม่ ISSN: 3027-7221 (Online) โดยเริ่มตั้งแต่ฉบับนี้เป็นต้นไป ทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนชื่อภาษาอังกฤษ (Key-title) ให้ตรงกับชื่อภาษาอังกฤษของวารสาร

วารสารของเราได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) ให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 1 จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2567 ปัจจุบันวารสารมีการเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ผ่านระบบ ThaiJO เพียงช่องทางเดียว โดยในฉบับนี้ประกอบด้วยบทความทั้งสิ้น 16 บทความ จำแนกเป็น บทความวิชาการ 6 บทความ และบทความวิจัย 10 บทความ โดยล้วนเป็นบทความด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่น่าสนใจในสาขาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเผยแพร่ของวารสาร ตัวอย่างเช่นบทความเรื่อง “การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง” “เภสัชพันธุศาสตร์ โรคเกาต์ และการแพ้ยา” “การจัดการแบตเตอรี่เสื่อมสภาพสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า” “การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์” “เครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยอัตโนมัติด้วยตัวดำเนินการครอสโปรดักในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์” “การตรวจพบแมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ ก่อนและหลังการประกาศกฎหมายยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2565” “เทคโนโลยีขับเคลื่อนในห่วงโซ่อุปทานด้านการดูแลสุขภาพที่ยั่งยืนเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยในบริการรังสีวิทยา: กรณีศึกษาประเทศกัมพูชา”

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในวารสารจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่าน และขอขอบคุณที่ท่านได้ให้ความสนใจติดตามวารสารมาอย่างต่อเนื่อง และหากท่านมีข้อเสนอแนะประการใด กองบรรณาธิการยินดีน้อมรับทุกคำวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงวารสารฯ ในฉบับต่อ ๆ ไปให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น แล้วพบกันใหม่ในฉบับหน้าค่ะ

บรรณาธิการ

สารบัญ

Academic Articles

1 ■ การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง
Application of Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems in The Electrical Power System
ศุภเสกข์ เกตุรักษา และประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย

20 ■ เภสัชพันธุศาสตร์ โรคเกาต์ และการแพ้ยา Allopurinol
Pharmacogenetics Gout and Allopurinol Hypersensitivity
ถิรวัฒน์ วรรณตุง และสยมภู สงวนสิทธิอนันต์

32 ■ การลดปัจจัยเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ
Reducing the Risk Factors of Falls in the Elderly
ยุพาพร หงษ์ชูเวช

44 ■ สถานการณ์สุขภาพผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง: ความท้าทายของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล
The Health Situation of Dependent Elderly: the Challenges for Nursing Professionals
อุทัยวรรณ พงษ์บริบูรณ์ กุศล กีบาง สายฝน กันธมาลี และวนิดา แพร่ภาษา

56 ■ การจัดการแบตเตอรี่เสื่อมสภาพสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
Method of Damaged Batteries Management for Electric Vehicles
ธีรพงศ์ บริรักษ์

สารบัญ

77 ■ การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดและการฝึกสติสำหรับผู้ป่วยมะเร็ง
Cognitive Counseling and Mindfulness Training for Cancer Patients
สาริณีย์ จินดาวุฒิพันธ์ และณภาภัช ใบตระกูล

Research Articles

90 ■ การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์
The Development of Semantic Virtual Reality Media for Promoting Health Tourism in Khaokho District, Phetchabun Province
ฐิณาภัณฑ์ นิธิยุวิทย์ ทัสนันทน์ ตรีนันทรัตน์ และยุภา คำตะพล

107 ■ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของขา ความสูงของราวจับกับเวลาในการลุกยืนและนั่งลงที่โถส้วมโดยใช้ราวจับของผู้สูงอายุที่จังหวัดแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
Study of Correlation between Lower Limb Strength, Handrail Height, Time Spent for Sit-to-Stand and Stand-to-Sit on Toilet Using Handrail for Elderly in a Province in Northeast Thailand
Ratih Dianingtyas Kurnia และพรศิริ จงกล

121 ■ ความชุกภาวะโลหิตจาง และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ เจตคติ กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักศึกษาเพศหญิง ระดับอุดมศึกษา
The Prevalence of Anemia and Relationship between Knowledge, Attitudes and Food Consumption Behaviors among Undergraduate Female Students
ฐมาพร เชี่ยวชาญ และกมลมาลย์ วิรัตน์เศรษฐสิน

134 ■ การตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ ก่อนและหลังการประกาศกฎหมายยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2565
Urinary Cannabis Metabolite Detections in Suspects and Postmortem Cases Before and After the Notification of the Narcotics Act B.E. 2565
ธีรินทร์ สินไชย รวิกร ธรรัตโนบล พงศธร กอนตะวัน สุขสันต์ ศรีสมบูรณ์ นิภาพร เกตุจ้อย ศศิกนก สุขลาภ และสมทรง ลาวัณย์ประเสริฐ

145 ■ การพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล
Graduates Employability Prediction through Rule-Based Classification Techniques with SMOTE in Imbalanced Data Sets
ภรัณยา ปาลวิสุทธิ์ อภินันท์ จุ่นกรณ์ มงคล รอดจันทร์ และประภาพรรณ เพียรชอบ

161 ■ Improving Performance of Using Machine Learning Techniques and Application for Perceiving Tourists' Hotel Staying Behaviors
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องและแอปพลิเคชันในการรับรู้พฤติกรรมการเข้าพักในโรงแรมของนักท่องเที่ยว
Duangchan Siharad and Anupong Sookprasert

176 ■ เครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยอัตโนมัติด้วยตัวดำเนินการครอสโปรดักในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์
Automatic Thai Sentences Generation Engine Using Cross-Product Operation in Relational Database
สุพรัตรา แดงเจริญ ขณิดา จรุงจิตต์ และ เชาวลิต ขันคำ

194 ■ ก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
Biogas from Wastewater Treatment of Rajabhat Mahasarakham University Water Supply System, Maha Sarakham Province
เชิดชัย สมบัติโยธา ถวิล แสนตรง และนุกูล กุดแถลง

206 ■ Technology-Driven Perspective in a Sustainable Healthcare Supply Chain for Patient Safety in Radiology Service: A Case Study of Cambodia
เทคโนโลยีขับเคลื่อนในห่วงโซ่อุปทานด้านการดูแลสุขภาพที่ยั่งยืนเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยในบริการรังสีวิทยา: กรณีศึกษาประเทศกัมพูชา
Chayada Kanokphanvanich Wanchai Rattanawong and Varin Vongmanee

226 ■ ผลของโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและเบาหวาน กรณีศึกษาในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
Effects of Health Literacy Program to Self-Care Behaviour of Patients with Hypertension and Diabetes: Study at Klong-Luang District, Pathum Thani Province
พีรยา สุธีรางกูร มโนวรรณ มากมา ตติยา ทุมเสน และกัลยา ศารทูลทัต

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

Application of Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems in The Electrical Power System

ศุภเสกข์ เกตุรักษา[1] และประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย[2]

Sooppasek Katruksa[1] and Prapaporn Kullimratchai[2]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

[1]School of Engineering, Eastern Asia University

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

[2]School of Information Technology, Eastern Asia University

Received: October 9, 2023

Revised: November 22, 2023

Accepted: November 29, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้สำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานวิจัยด้านไฟฟ้ากำลัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและทดสอบความเที่ยงตรงของโปรแกรมและฮาร์ดแวร์ในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความถูกต้องและใช้ประโยชน์ในทางพาณิชย์ได้ต่อไป โดยในบทความนี้ จะนำเสนอตัวอย่างการประยุกต์ใช้อยู่ 4 ตัวอย่าง โดยที่ตัวอย่างแรก คือ การประเมินเสถียรภาพชั่วครู่ ด้วยระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ซึ่งพยากรณ์ค่าเวลาตัดกระแสวิกฤติ โดยระบบนี้จะคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส รวมถึงระบบควบคุมกังหัน เชื้อเพลิงและความถี่ ระบบควบคุมแรงดันอัตโนมัติ และคุณลักษณะเฉพาะของโหลด โดยผลการทดสอบมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองเท่ากับ 0.041 ตัวอย่างที่สอง คือ การคำนวณดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้โดยเรียนรู้ความสัมพันธ์ของกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้ง พยากรณ์ดัชนีการไม่สามารถจ่ายพลังงานตามที่คาดไว้ โดยประสิทธิภาพมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ของผลทดสอบเท่ากับ 3.5219% และ 4.0133% ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างที่สามก็คือ การประเมินคุณภาพระบบไฟฟ้ากำลัง โดยนำความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าและคุณภาพไฟฟ้าของระบบจำหน่ายมาวิเคราะห์ร่วมกัน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ โดยกำหนดให้ดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าเป็นอินพุต และดัชนีคุณภาพไฟฟ้าเป็นเอาท์พุตของระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ซึ่งดัชนีคุณภาพไฟฟ้าที่เลือกใช้คือ SARFI70 SARFI90 และ SARFI110 ซึ่งเป็นจำนวนครั้งเฉลี่ยที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก และแรงดันไฟฟ้าเกินตามลำดับเพื่อใช้สำหรับประเมินคุณภาพระบบไฟฟ้ากำลัง ผลการทดลองสามารถวัดความแม่นยำด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0.0202 และ 0.0038 ตามลำดับ และตัวอย่างสุดท้ายก็จะเป็นการพยากรณ์โหลดระยะกลางโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ การพยากรณ์ล่วงหน้าหนึ่งเดือนด้วยข้อมูลอินพุตเพียง 6 ชุด ประกอบด้วยประวัติกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 12 เดือน 9 เดือน 6 เดือนและ 3 เดือน) รหัสเดือนและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศรายไตรมาส (QGDP) โดยทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2 3 และ 4 ชั้นซ่อนและนำผลที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับการพยากรณ์ด้วยระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ผลการทดสอบทั้งสองตัวแบบมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์เท่ากับ 1.1527% และ 3.8739% ตามลำดับ จากประเมินการวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบว่า ผลการทดลองมีความแม่นยำค่อนข้างสูงและมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้สำหรับระบบไฟฟ้ากำลังในส่วนอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ประเมินเสถียรภาพชั่วครู่ ประเมินความน่าเชื่อถือของระบบผลิตไฟฟ้า การพยากรณ์โหลดระยะปานกลาง

Abstract

This paper will present the results of the study on the application of artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems to electrical power systems, which can be considered significant electrical power-related research to determine if it has the capability to enhance efficiency as well as test the accuracy of programs and hardware tests in electrical power systems. Additionally, the results can also be further analyzed for their validity and commercial applications. In this regard, some examples of its uses include: firstly, the assessment of the transient stability with respect to the key parameters of the synchronous generators, turbine control systems, fuel and frequency, automated pressure control systems, as well as the load-specific characteristics. The root mean square error for testing is 0.041. Secondly, the power generation system's reliability index, through the application of artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems, learned the relationship between the installed power generation capacity and successfully predicted the power supply index failure as expected. The efficiency has a mean absolute percentage error of the testing results equal to 3.5219% and 4.0133%, respectively. Thirdly, the assessment of the electrical power system's quality is done by analyzing the electrical reliability and quality of the distribution system in conjunction with the adaptive neuro-fuzzy inference systems by defining the ANFIS' Power Reliability Index as the input and the Power Quality Index as the output. The power quality indexes selected are SARFl70, SARFl90, and SARFI110, which are the average number of times in which the voltage drops and overvoltage occur, respectively, for use in assessing the quality of the electrical power systems. The results of the experiment can measure accuracy, with the root mean square error being 0.0202 and 0.0038, respectively. Finally, medium-term load forecasting through artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems. The one-month forecast was conducted with just six sets of data inputs, which included past records of peak power (based on a 12-month, 9-month, 6-month, and 3-month moving average), the month code, and the Quarterly Ggross Domestic Product--QGDP and tested with 2, 3, and 4 hidden layer neural networks. The best results were then compared with the forecast obtained from the adaptive neuro-fuzzy inference systems. The results of both tests gave a mean absolute percentage error of 1.1527% and 3.8739%, respectively. The assessment of the study mentioned above revealed that the experimental results were considerably accurate and reliable and can be used as a guideline for further development and application for other components of the electrical power system.

Keywords: artificial neural networks, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems, transient stability assessment, evaluation of generation system reliability, mid-term load forecasting

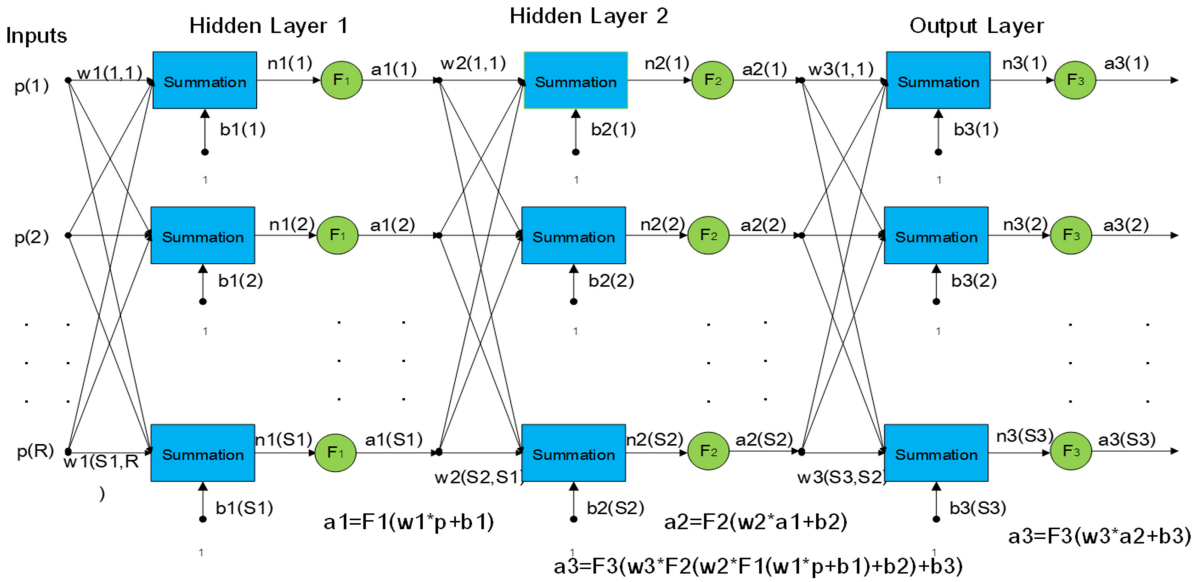
บทนำ

การนำโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้มาใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังได้เป็นที่นิยมมากขึ้นในหลายงานวิจัย ตัวอย่างเช่น การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการพยากรณ์ขึ้นอยู่ ประวัติการใช้พลังงานรายเดือน การครอบครองหรือเช่าอาคารรายเดือน อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนในโซนอาคารที่ทำการพยากรณ์ ซึ่งได้นำข้อมูลผลการพยากรณ์ไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการการใช้พลังงานในอาคาร วางแผนค่าไฟฟ้ารายเดือน และส่งเสริมการประหยัดพลังงานของผู้ใช้และเช่าอาคาร (Katruksa, 2013) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง การวางแผนการผลิตไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการจำหน่าย โดยให้มีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมหรือน้อยที่สุด และช่วยในการวางแผนการซ่อมบำรุงโรงไฟฟ้าอีกด้วย (Katruksa & Jiriwibhakorn, 2020) เป็นต้น การใช้ตัวแบบทั้งสองในระบบไฟฟ้ากำลังส่งผลให้ประสิทธิภาพการวิจัยมีมากขึ้น เพราะเป็นการเรียนรู้แบบไม่เชิงเส้นโดยใช้ประวัติข้อมูลในการเรียนรู้ ทดสอบพยากรณ์ และพยากรณ์ค่าในอนาคต ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าวว่า เหมาะสมกับวิธีการดังกล่าวหรือไม่

นอกจากนี้ยังใช้ควบคู่กับตัวแบบอย่างอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบ ตัวอย่างเช่น มีการจัดกลุ่มข้อมูลอินพุตด้วยเคมีนก่อนใช้ฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียบและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ซึ่งใช้ในการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งผลการพยากรณ์การใช้เคมีนในการจัดกลุ่มข้อมูลก่อนการฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวมีความแม่นยำกว่าข้อมูลที่ไม่ได้จัดกลุ่มด้วยเคมีน (Katruksa & Jiriwibhakorn, 2020) เป็นต้น

โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง Jiriwibhakorn (2011, 2022)

โครงข่ายประสาทเทียมมีหลายชั้นซ่อน การเลือกจำนวนชั้นซ่อนโดยการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่มีความแม่นยำมากที่สุด ภาพ 1 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ซึ่งนิวรอนในชั้นอินพุตจะส่งสัญญาณไปยังทุก ๆ นิวรอนในชั้นซ่อนแรกและทุก ๆนิวรอนในชั้นซ่อนแรกจะส่งสัญญาณไปยังทุก ๆ นิวรอนชั้นที่สอง จนในที่สุดทุก ๆ นิวรอนชั้นซ่อนที่ 2 จะส่งสัญญาณไปยังทุกนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 3 ชั้น ส่งต่อไปเรื่อย ๆ จนครบทุกชั้นซ่อนและสุดท้ายที่ชั้นเอาท์พุตซึ่งจะเป็นผลการทดลอง



ภาพ 1 รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand

ตัวฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมมีหลายตัวแบบ แต่งานวิจัยทางด้านไฟฟ้านิยมเลือกใช้ Levenberg–Marquardt Algorithm (Katruksa, 2020) เป็นตัวฝึกสอนโครงข่ายประสาท เนื่องจากให้ความแม่นยำกว่าการฝึกสอนแบบอื่น ระหว่างการฝึกสอนค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอส จะถูกปรับโดยสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\Delta w = [J^T(w)J(w) + \mu I]^{-1}J^T(w).e \quad (1)$$

$$\Delta b = [J^T(b)J(b) + \mu I]^{-1}J^T(b).e \quad (2)$$

โดยที่

J(w) คือ Jacobian Matrix ของอนุพันธ์ ของ Error เทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก (w)

J(b) คือ Jacobian Matrix ของอนุพันธ์ ของ Error เทียบกับค่าไบแอส (*b*) คือ การคูณหรือแทนเครื่องหมายคูณ

e คือ เมตริกซ์ ของความคลาดเคลื่อน ระหว่างข้อมูลเป้าหมาย (Target Data) และเอาท์พุทของโครงข่ายประสาทเทียม

μ คือ ค่าคงที่ ซึ่งค่าเริ่มต้นจะถูกตั้งไว้ค่าต่ำ ๆ เช่น 0.001

$$J(w_3) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e(1)}{\partial w_3(1,1)} & \frac{\partial e(1)}{\partial w_3(1,2)} & \cdots & \frac{\partial e(1)}{\partial w_3(1,S_2)} \\ \frac{\partial e(2)}{\partial w_3(2,1)} & \frac{\partial e(2)}{\partial w_3(2,2)} & \cdots & \frac{\partial e(2)}{\partial w_3(2,S_2)} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{\partial e(S_3)}{\partial w_3(S_3,1)} & \frac{\partial e(S_3)}{\partial w_3(S_3,2)} & \cdots & \frac{\partial e(S_3)}{\partial w_3(S_3,S_2)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$J(b_3) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e(1)}{\partial b_3(1)} \\ \frac{\partial e(2)}{\partial b_3(2)} \\ \vdots \\ \frac{\partial e(S_3)}{\partial b_3(S_3)} \end{bmatrix} \quad (4)$$

ระหว่างการฝึกสอน μ จะถูกปรับค่าดังนี้ คือ μ จะถูกคูณด้วยค่าคงที่เช่น 10 ถ้าค่าผลรวมรากที่สองกำลังสองใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นและจะถูกหารด้วย 10 ถ้าค่าผลรวมรากที่สองกำลังสองใหม่มีค่าลดลง

ถ้าการทำให้ค่าอยู่ในระดับต่ำ ของ $J^T(w).e$ หรือ $J^T(b).e$ มีค่าน้อยกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้ หรือ μ มีค่ามากกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ โปรแกรมที่ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะหยุดการฝึกสอนทันที

ฟังก์ชันถ่ายโอนสำหรับชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุต ประกอบด้วย linear tranfersfer function, log-sigmoid transfer function และtan-sigmoid transfer function ดังแสดงในสมการ (6) (7) และ (8) ส่วนกราฟแสดงดังภาพ 2 3 และ 4 โดยการลองผิดลองถูกสลับกัน เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (mean avsolute percentage error) น้อยที่สุด หาได้จากสมการที่ (5)

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Real\ Result_i - Predicted\ Result_i}{Real\ Result_i}\right| x100\% \quad (5)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (linear transfer function) สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (6) และภาพ 2

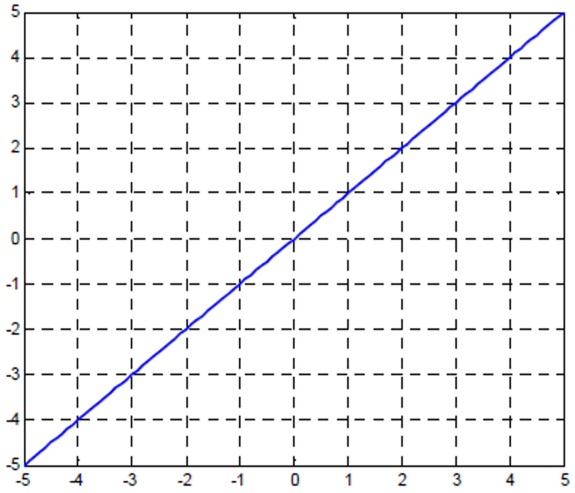
$$f(n) = n \quad (6)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบล็อกซิกมอยด์ (Log-Sigmoid transfer function) สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (7) และภาพ 3

$$f(n) = \frac{1}{1+e^{-n}} \quad (7)$$

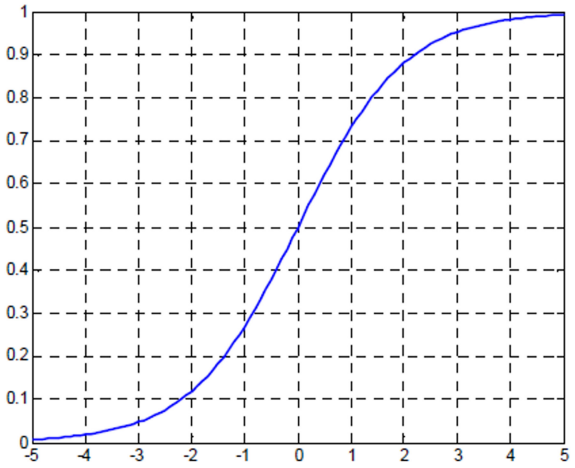
ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid transfer function) สามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (8) และภาพ 4

$$f(n) = \frac{1-e^{-n}}{1+e^{-n}} \quad (8)$$



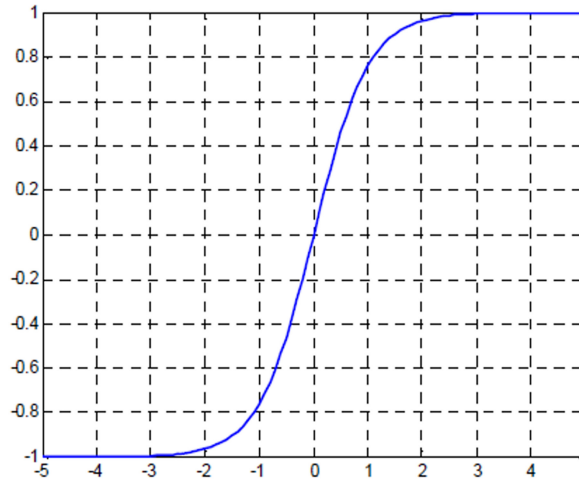
ภาพ 2 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น

Note. From *Artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference* Systems by P. Meesut, 2009 Copyright by Management Information Systems. King Mongkut's University of Technology North Bangkok.



ภาพ 3 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลอกซิกมอยด์

Note. From *Artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems* by P. Meesut, 2009 Copyright by Management Information Systems. King Mongkut's University of Technology North Bangkok.



ภาพ 4 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์

Note. From *Artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems* by P. Meesut, 2009 Copyright by Management Information Systems. King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

การเลือกจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนเซลล์ซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียมต้องให้เหมาะสม ลักษณะการเลือกเป็นการลองผิดลองถูกหาจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนเซลล์ซ่อนที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ในทำนองเดียวกันการเลือกฟังก์ชันถ่ายโอนข้างต้น ก็เป็นการลองผิดลองถูกเพื่อหาค่าที่เที่ยงตรงที่สุด แต่ละชั้นซ่อนและชั้นเอาท์พุตสามารถเลือกฟังก์ชันถ่ายโอนที่แตกต่างกันได้ เพื่อหาฟังก์ชันถ่ายโอนที่เหมาะสมจนได้ผลการทดสอบดีที่สุด แล้วใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนดังกล่าวรวมถึง ค่าถ่วงน้ำหนัก และไบแอส ที่ได้เป็นค่าในการพยากรณ์ล่วงหน้า

ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้สำหรับประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

1. โครงสร้างระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ Katruksa (2013, 2020)

เพื่อความเข้าใจสมมุติระบบอนุมานโดยฟัซซี่ ภายใต้การพิจารณามี 2 อินพุท คือ x และ y และ 1 เอาท์พุท

f สำหรับโมเดลฟัซซี่ Sugeno ประกอบด้วย 2 ฟัซซี่เซต ใช้หลัก if–then ดังแสดงดังต่อไปนี้

กฎข้อที่ 1: *If x* คือ A_1 และ *y* คือ B_1 *then* $f_1 = p_1x + q_1y+r_1$

กฎข้อที่ 2: *If x* คือ A_2 และ *y* คือ B_2 *then* $f_2 = p_2x + q_2y+r_2$

เมื่อ p_1 q_1 r_1 p_2 q_2 และ r_2 เป็นพารามิเตอร์ผลลัพธ์

โครงสร้างของระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ แสดงในภาพ 5 สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ (เอาท์พุทโหนด i ในชั้น l เช่น (Ol,I))

ชั้นที่ 1 ทุกโหนด i ในชั้นนี้เป็นโหนดสี่เหลี่ยมซึ่งเป็นโหนดปรับแต่งหรือดัดแปลงประกอบด้วยฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอินพุทแต่ละตัวดังนี้

$$O_{l,i} = \mu_{Ai}(x), \quad for\ i = 1,2 \quad \text{หรือ} \qquad (9)$$
$$O_{l,i} = \mu_{Bi-2}(y), for\ i = 3,4$$

เมื่อ *x, y* คือ อินพุทโหนดของโหนด i

A_i, B_{i-2} คือ สัญลักษณ์ทางภาษาที่เกี่ยวกับฟังก์ชันสมาชิก

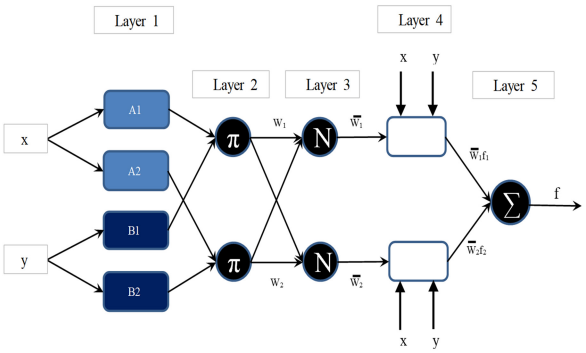
μA_i, μB_{i-2} คือ ฟังก์ชันสมาชิก

$O_{l,i}$ คือ ค่าฟังก์ชันสมาชิกของ A_i ที่เกิดจากค่า x และค่าฟังก์ชันสมาชิกของ B_{i-2} ที่เกิดจากค่า y

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิดดังนี้

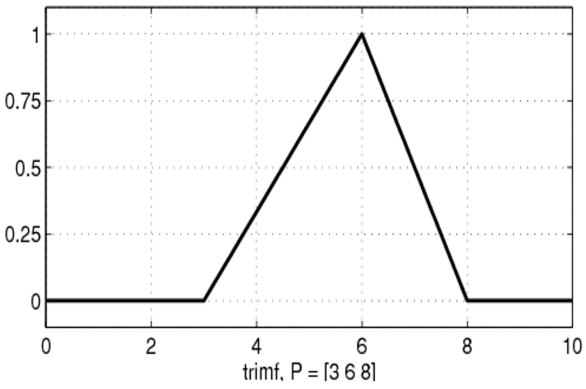
ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function) ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์ คือ {*a, b, c*}

$$triangular(x:a,b,c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \le x < b \\ (c-x)/(c-b) & b \le x \le c \\ 0 & x > c \end{cases} \qquad (10)$$



ภาพ 5 แสดงโครงสร้างของระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.



ภาพ 6 ฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยม

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.

ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal membership function) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์ คือ {*a, b, c, d*}

$$trapezoidal(x:a,b,c,d)=\begin{cases}0 & x<a\\ (x-a)/(b-a) & a\le x<b\\ 1 & b\le x<c\\ (d-x)/(d-c) & c\le x<d\\ 0 & x\ge d\end{cases} \quad (11)$$

ฟังก์ชันตัวเอส (smooth membership function) ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่า คือ {*a, b*}

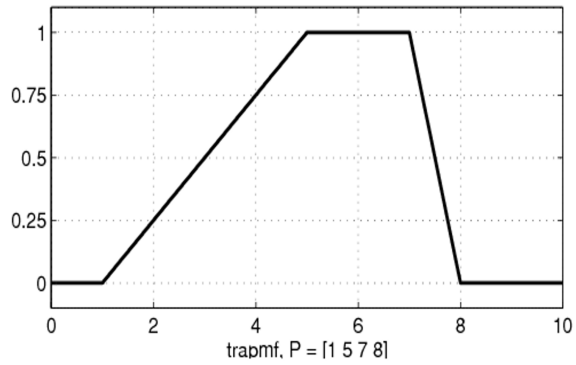
$$S(x:a,b)=\begin{cases}0 & x<a\\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & a\le x\le \frac{a+b}{2}\\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & \frac{a+b}{2}\le x\le b\\ 1 & x\ge b\end{cases} \quad (12)$$

ฟังก์ชันเกาส์เซี่ยน (Gaussian membership function) ฟังก์ชันเกาส์เซี่ยนมีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์ คือ {m, σ} ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ยและ σ หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$guassian(x:m,\sigma)=exp\left(-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (13)$$

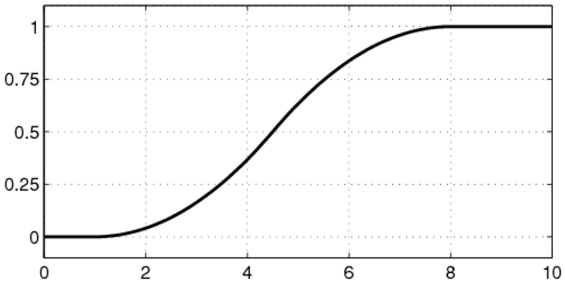
ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (bell-shaped membership function) ฟังก์ชันรูประฆังคว่ำมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่า คือ {*a, b, c*}

$$bell-shaped(x:a,b,c)=\frac{1}{1+\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \quad (14)$$



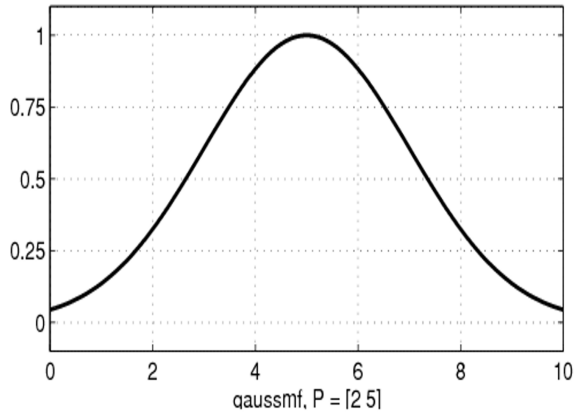
ภาพ 7 ฟังก์ชันสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมู

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.



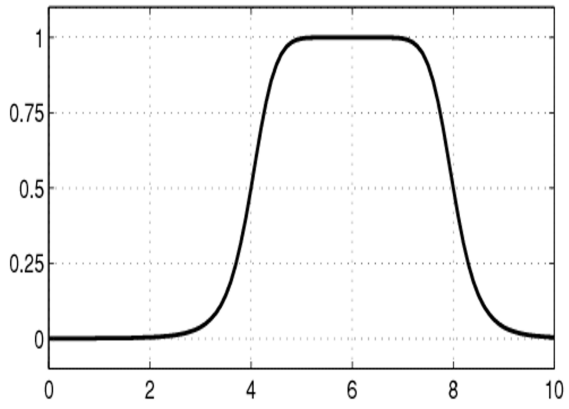
ภาพ 8 ฟังก์ชันสมาชิกแบบตัวเอส

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.



ภาพ 9 ฟังก์ชันสมาชิกแบบเกาส์เซี่ยน

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.



ภาพ 10 ฟังก์ชันสมาชิกแบบระฆังคว่ำ

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.

ฟังก์ชันตัวแซด (Z-membership function) ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่า คือ {*a, b*}

$$Z(x:a,b)=\begin{cases} 1 & x<a \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & a\le x\le\frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & \frac{a+b}{2}\le x\le b \\ 0 & x\ge b \end{cases} \quad (15)$$

ฟังก์ชันซิกมอยด์ (sigmoidal membership function) ฟังก์ชันซิกมอยด์มีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่า คือ {*a, b*}

$$sigmoid(x:a,b)=\frac{1}{1+exp(-a(x-b))} \quad (16)$$

โดย a เป็นพารามิเตอร์ควบคุมความชัน ถ้าเลือกค่า *a* ที่มีขนาดน้อยทำให้ความชันต่ำ และถ้า *a* ขนาดสูงจะทำให้ความชันสูงตาม ส่วน *b* เป็นค่ากลางที่ค่าความเป็นสมาชิกที่ 0.5

ตัวอย่างกราฟแสดงความเป็นสมาชิกเมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $a = 2$ และ $b = 0$ จะได้กราฟดังภาพ 12 ก) และเมื่อกำหนดพารามิเตอร์ $a = 2$ และ $b = 0$ จะได้กราฟดังภาพ 12 ข)

การเลือกฟังก์ชันสมาชิกข้างต้นเป็นการลองผิดลองถูก ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมโดยการทดสอบและวัดค่าความเที่ยงตรง แล้วเลือกฟังก์ชันสมาชิกและจำนวนฟังก์ชันสมาชิกที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เป็นฟังก์ชันสมาชิกและจำนวนฟังก์ชันสมาชิกในการพยากรณ์ล่วงหน้า

ชั้นที่ 2 ทุกโหนดในชั้นนี้เป็นโหนดวงกลมสัญลักษณ์ π ซึ่งคือ การคูณกันของสัญญาณที่เข้ามาและส่งออกไปเป็นเอาท์พุท ตัวอย่างเช่น

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x).\mu_{B_i}(y), i = 1,2 \quad (17)$$

ชั้นที่ 3 ทุกโหนดในชั้นนี้เป็นโหนดวงกลมสัญลักษณ์ N ซึ่งจะทำการนอร์มอลไลซ์ค่าน้ำหนักซึ่งอินพุต คือ เอาท์พุต ของชั้นที่ 2

$$O_{3,i} = \overline{w}_i = \frac{w_i}{w_1+w_2}, i = 1,2 \quad (18)$$

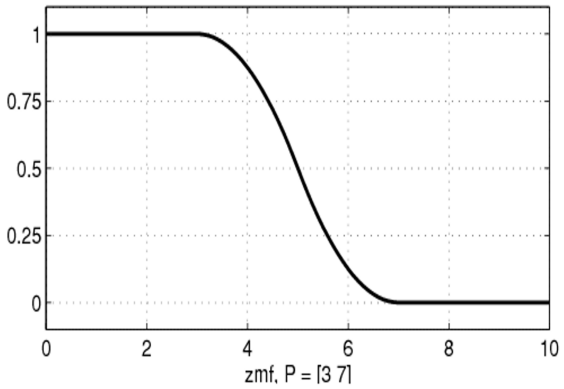
ชั้นที่ 4 ทุกโหนด i ในชั้นนี้เป็นโหนดสี่เหลี่ยมที่มีฟังก์ชันโหนดจะรับเอาท์พุตจากชั้นที่ 3

$$O_{4,i} = w_i f_i = w_i(p_i x + q_i y + r_i \quad (19)$$

เมื่อ wi คือ เอาท์พุทของชั้นที่ 3 และ $\{p_i, q_i, r_i\}$ เป็นเซตพารามิเตอร์ พารามิเตอร์ในชั้นนี้เรียกว่า พารามิเตอร์ที่เป็นผลลัพธ์ (consequent parameter)

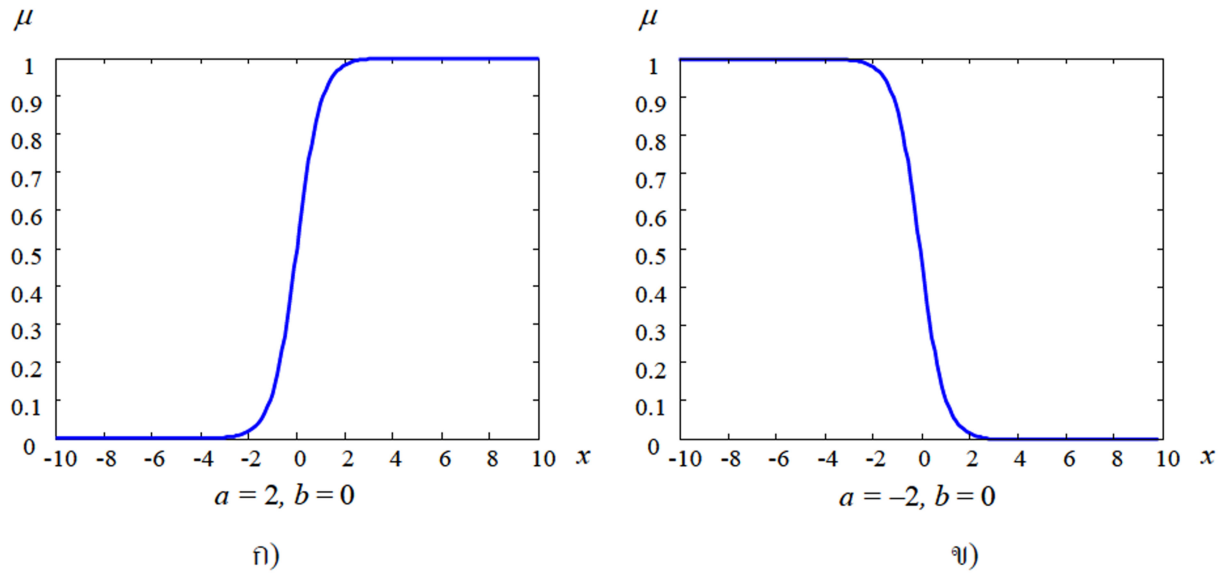
ชั้นที่ 5 ชั้นนี้มีโหนดเดียวเป็นโหนดวงกลมสัญลักษณ์ $\sum$k ซึ่งเอาท์พุทที่ได้ คือ การรวมกันของสัญญาณเข้ามาทั้งหมดจากเอาท์พุตชั้นที่ 4

$$O_{5,i} = \sum \overline{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (20)$$



ภาพ 11 ฟังก์ชันสมาชิกแบบตัวแซด

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.



ภาพ 12 กราฟฟังก์ชันซิกมอยด์

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.

2. ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้แบบไฮบริด

ค่าพารามิเตอร์หลักฐาน (premise parameters) ที่ได้รับ เอาท์พุตทั้งหมดสามารถแสดงในรูปของผลรวมเชิงเส้นของพารามิเตอร์ที่เป็นผลลัพธ์ (consequent parameter) เพื่อชัดเจนมากขึ้นเอาท์พุต f สามารถเขียนใหม่ได้ ดังนี้

$$f = \frac{w_1}{w_1+w_2} f_1 + \frac{w_2}{w_1+w_2} f_2 \quad (21)$$

$$= \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2$$

$$= (\bar{w}_1 x)p_1 + (\bar{w}_1 y)q_1 + \bar{w}_1 r_1 + (\bar{w}_2 x)p2 + (\bar{w}_2 y)q_2 + \bar{w}_2 r_2$$

ซึ่งคือเส้นตรงในพารามิเตอร์ที่เป็นผลลัพธ์ $p_1 q_1 r_1 p_2 q_2$ และ r_2 ดังนั้นขั้นตอนวิธีการเรียนรู้แบบไฮบริด มีการพัฒนาในส่วนก่อนหน้านี้ สามารถนำมาใช้ได้โดยตรงมากขึ้น โดยเฉพาะในส่วนคำนวณข้างหน้าของขั้นตอนวิธีการเรียนรู้แบบไฮบริด โหนดเอาท์พุทส่งผ่านไปข้างหน้าจนกระทั่งชั้นที่ 4 และพารามิเตอร์ที่เป็นผลลัพธ์ ถูกตรวจสอบโดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (lLeast squares method) ในส่วนการคำนวณค่าย้อนกลับสัญญาณค่าผิดพลาดถูกแพร่กลับมาและพารามิเตอร์หลักฐานถูกอัพเดทโดย gradient descent ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1

แสดงกระบวนการการเรียนรู้แบบไฮบริดสำหรับระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้

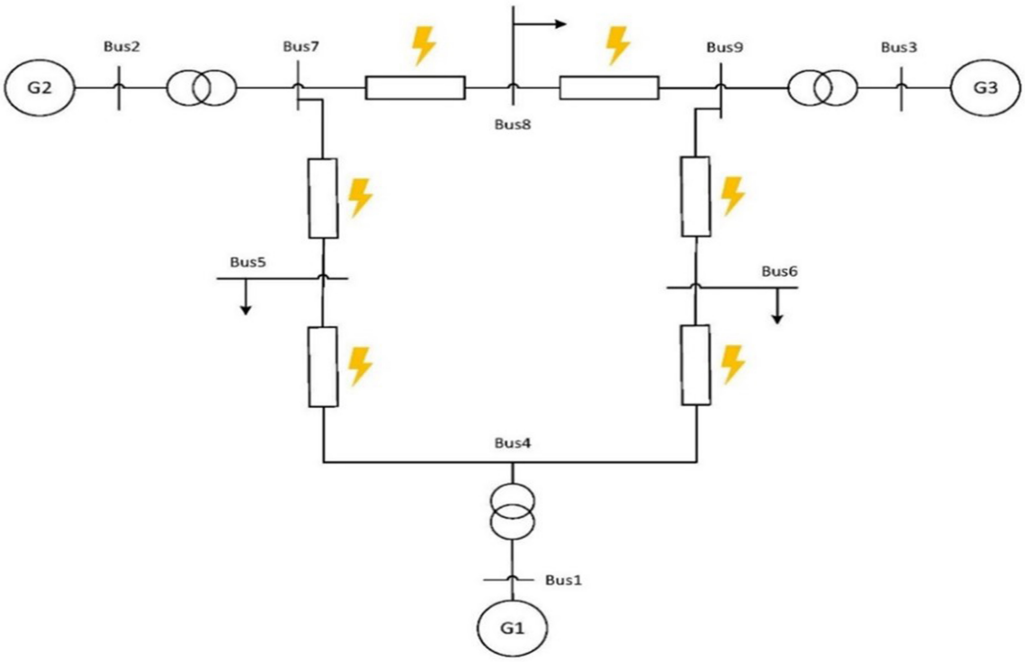
	ส่งผ่านไปด้านหน้า	**ส่งผ่านกลับมา**
พารามิเตอร์หลักฐาน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ปรับด้วยวิธีความลาดชันที่สุด
พารามิเตอร์ที่เป็นผลลัพธ์	ปรับด้วยวิธีประเมินค่ากำลังสองน้อยสุด	ไม่เปลี่ยนแปลง
สัญญาณ	โหนดเอาท์พุต	สัญญาณความผิดพลาด

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

1. ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้สำหรับการประเมินเสถียรภาพชั่วครู่ Phootrakornchai and Jiriwibhakorn (2015)

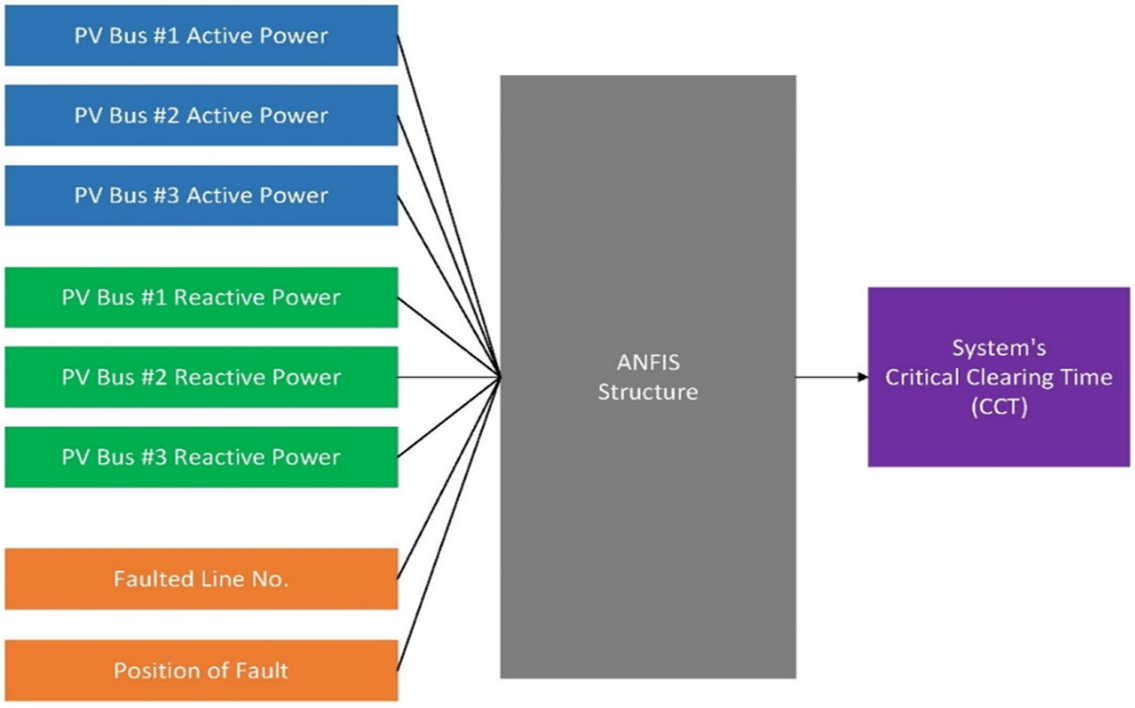
การพยากรณ์เวลาวิกฤตในการเคลียร์ฟอลด์ ได้ทดสอบในระบบไฟฟ้า 9 บัส โดยผลการทดสอบมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองเท่ากับ 0.041 และเปรียบเทียบผลที่จากโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้มีความแม่นยำกว่า โดยจะเลือกค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบัส 1 บัส 2 และ บัส 3 เป็นอินพุตของการพยากรณ์เวลาวิกฤตในการเคลียร์ฟอลด์ดังแสดงในภาพ 13 และ ภาพ 14

ในการทดลองนี้โดยใช้พารามิเตอร์พลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส พารามิเตอร์ของระบบควบคุมกังหันลม เชื้อเพลิงและความถี่ ระบบควบคุมแรงดันอัตโนมัติ และคุณลักษณะเฉพาะโหลด แบบจำลองของเครื่องจักรและระบบควบคุมของแต่ละบัสจะมีหลากหลายแบบจำลองซึ่งจะทำให้ สมการทางคณิตศาสตร์ซับซ้อนยิ่งขึ้น จุดลัดวงจรในระบบก็จะจำลองหลาย ๆ ตำแหน่ง ปริมาณโหลด ในระบบทดสอบจะปรับเปลี่ยนในแต่ละการจำลองเพื่อให้ครอบคลุมทุก ๆ กรณี โดยการประเมิน เสถียรภาพชั่วครู่ดังกล่าวจะใช้ค่าช่วงเวลาตัดกระแสวิกฤตมาพิจารณา ระบบที่ใช้ในการทดสอบจะประยุกต์มาจากระบบ IEEE 9 ซึ่งท้ายที่สุดจะเห็นว่า การประเมินเสถียรภาพชั่วครู่โดยคำนึงถึงพารามิเตอร์สำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส ระบบควบคุมกังหัน เชื้อเพลิงและความถี่ ระบบควบคุมแรงดันอัตโนมัติ และคุณลักษณะเฉพาะของโหลด ด้วยระบบอนุมานนิวโรฟัซซี่แบบปรับตัวได้ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิผลทั้งด้านความแม่นยำและระยะเวลาในการคำนวณ



ภาพ 13 แสดงระบบ IEEE-9 บัส

Note. From *Online critical clearing time estimation using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS)* by W. Phootrakornchai and S. Jiriwibhakorn, 2015, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 73, pp. 170-181. Copyright Elsevier



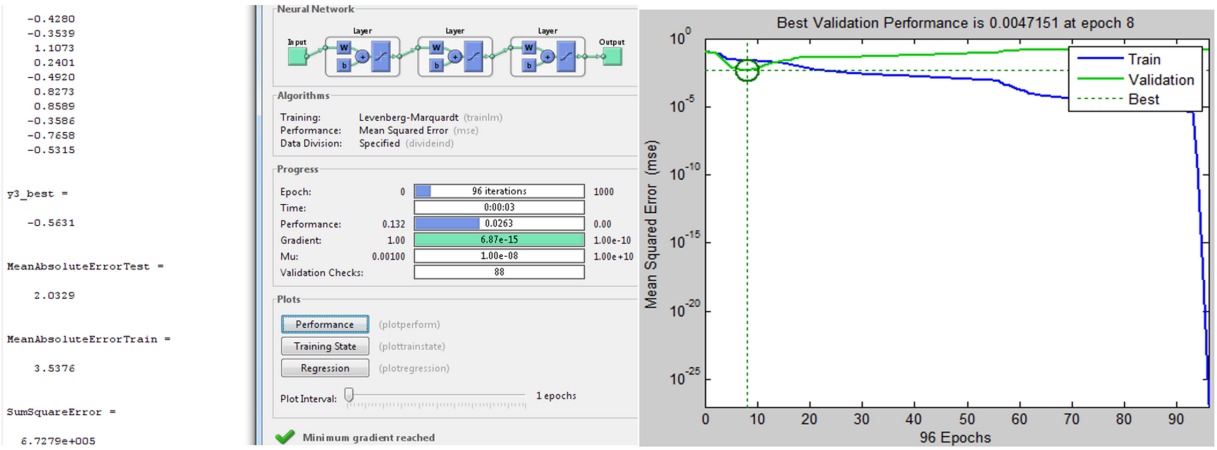
ภาพ 14 แสดงโครงสร้างอินพุตและเอาท์พุตสำหรับระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัว

Note. From *Online critical clearing time estimation using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS)* by W. Phootrakornchai and S. Jiriwibhakorn, 2015, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 73, pp. 170-181. Copyright Elsevier

2. ประเมินความน่าเชื่อถือของระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม และระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ Wannakam and Jiriwibhakorn (2018)

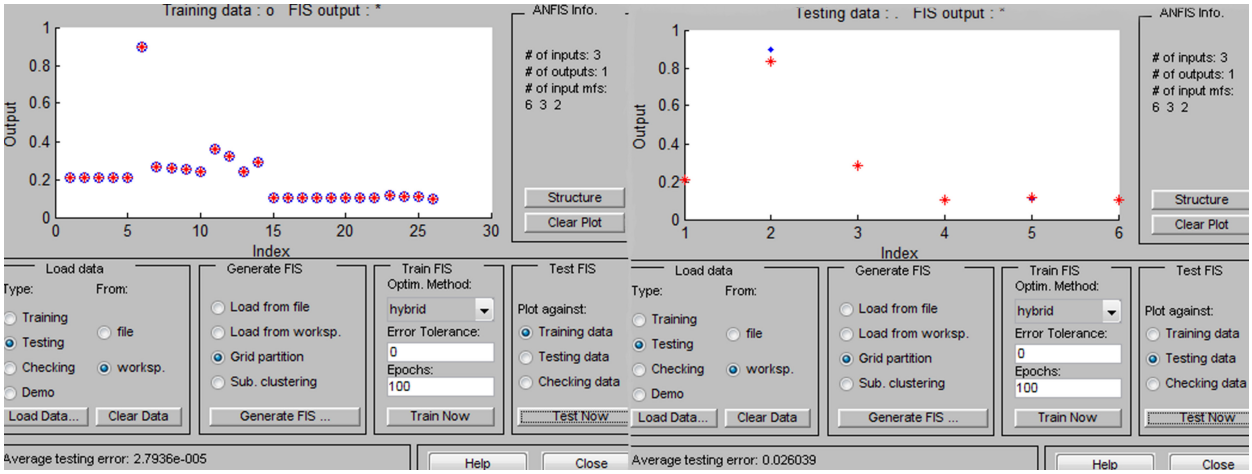
การฝึกสอนและการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้แสดงดังภาพ 15 และภาพ 16 ซึ่งจะแสดงค่าตั้งไว้และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในช่วงของการฝึกสอนและทดสอบ

ในการทดลองได้คำนวณดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้โดยเรียนรู้ความสัมพันธ์ของกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้ง และดัชนีการไม่สามารถจ่ายพลังงานตามที่คาดไว้ แล้วนำผลที่ได้เปรียบเทียบค่าที่ได้รับจากโปรแกรมความน่าเชื่อถือของระบบทดสอบความน่าเชื่อถือด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ โดยผลการทดลองได้เปรียบเทียบค่าดัชนีการไม่สามารถจ่ายพลังงานตามที่คาดไว้จากการคำนวณ กับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันดังแสดงในภาพ 17 และภาพ 18



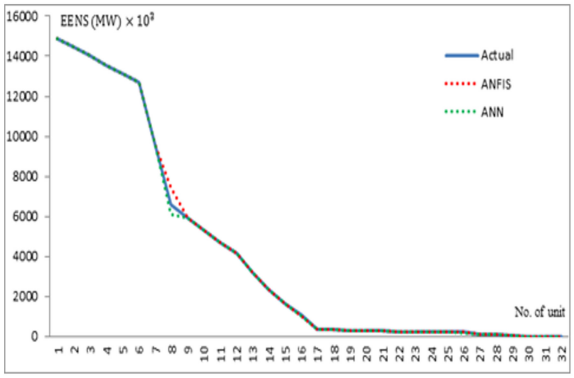
ภาพ 15 แสดงการฝึกสอนและทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

Note. From *Molor C. MATLAB & Simulink Release 2023a* by The MathWorks Inc., 2023, retrieved from https://www.mathworks.com/products/new_products/latest_features.html

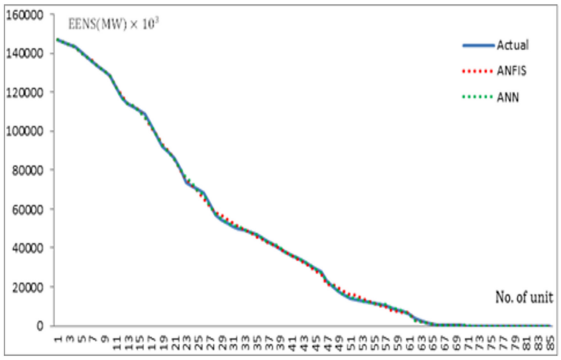


ภาพ 16 แสดงการฝึกสอนและทดสอบด้วยระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้

Note. From *Molor C. MATLAB & Simulink Release 2023a* by The MathWorks Inc., 2023, retrieved from https://www.mathworks.com/products/new_products/latest_features.html



ภาพ 17 แสดงการเปรียบค่าพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายของโครงข่ายประสาทเทียม ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้และค่าจริงสำหรับข้อมูลระบบทดสอบความน่าเชื่อถือ *Note*. From Evaluation of Generation System Reliability Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs) by K. Wannakam and S.Jiriwibhakorn, 2018, *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 13*(3), pp. 204-212 Copyright Praise Worthy Prize



ภาพ 18 แสดงการเปรียบค่าพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายของโครงข่ายประสาทเทียม ระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้และค่าจริงสำหรับข้อมูลระบบผลิตด้วยความร้อนของประเทศไทย

Note. From Evaluation of Generation System Reliability Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs) by K. Wannakam and S.Jiriwibhakorn, 2018, *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 13*(3), pp. 204-212 Copyright Praise Worthy Prize

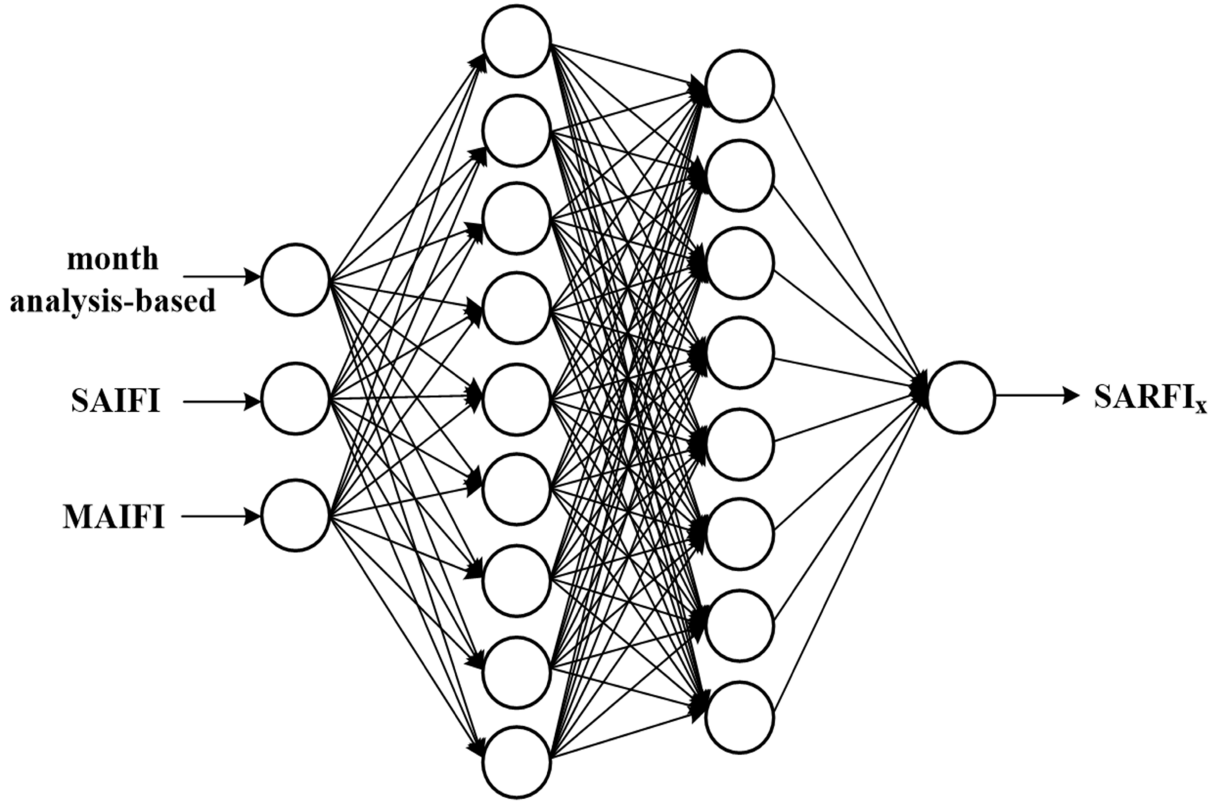
3. การประเมินคุณภาพระบบไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ Seangsai (2013)

ภาพ 19 แสดงโครงสร้างการประเมินคุณภาพระบบไฟฟ้ากำลัง โดยนำความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า และคุณภาพไฟฟ้าของระบบจำหน่ายมาวิเคราะห์ร่วมกัน ด้วยระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ซึ่งมีรูปร่างคล้ายคลึงกับโครงข่ายประสาทเทียม รวมกันกับระบบอนุมานฟัซซี่ ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบลูกผสม โดยกำหนดให้ดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าเป็นอินพุต และดัชนีคุณภาพไฟฟ้าเป็นเอาท์พุตของระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ซึ่งดัชนีคุณภาพไฟฟ้าที่เลือกใช้ คือ SARFI70 SARFI90 และ SARFI110 ซึ่งเป็นจำนวนครั้งเฉลี่ยที่เกิดแรงดันไฟฟ้าตก และแรงดันไฟฟ้าเกินตามลำดับเพื่อใช้สำหรับประเมินคุณภาพระบบไฟฟ้ากำลัง และผลที่ได้มีการเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้เป็นแบบมีหลายชั้น ชนิดการเรียนรู้ที่มีการแพร่ค่าย้อนกลับ ซึ่งวิธีการระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ให้ผลการจำลองดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองเท่ากับ 5.20E-08 และ 5.60E-02 ตามลำดับ ส่วนเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้เท่ากับ 25.50 วินาที และ 1 นาที 54 วินาที ตามลำดับ

4. การประเมินกรณีศึกษาการพยากรณ์โหลดระยะปานกลางด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ Katruksa and Jiriwibhakorn (2020)

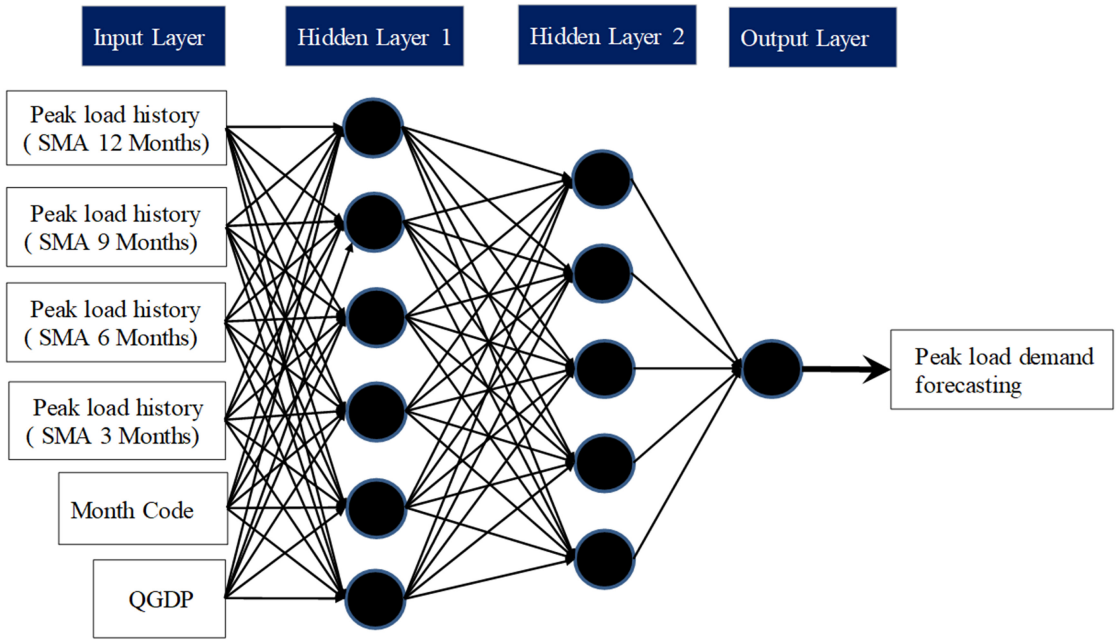
ภาพ 20 21 และ 22 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ที่ใช้การฝึกสอนและพยากรณ์ ส่วนภาพ 23 และ 24 แสดงขั้นตอนการทดลองฝึกสอนและพยากรณ์ โดยการทดลองการพยากรณ์โหลดระยะกลางโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ การศึกษาได้มุ่งเน้นไปที่การคาดการณ์การโหลดล่วงหน้าหนึ่งเดือนด้วยข้อมูลอินพุตเพียง 6 ชุด ประกอบด้วยประวัติกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 12 เดือน 9 เดือน 6 เดือนและ 3 เดือน) รหัสเดือนและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศรายไตรมาส (QGDP) โดยทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2 3 และ 4 ชั้นซ่อนและพบว่า การเพิ่มจำนวนชั้นซ่อนไม่มีผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์และยังใช้เวลาในการเรียนรู้มากขึ้น

การประเมินและเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) 2 3 4 ชั้นซ่อน และระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ การทดสอบทุกตัวแบบการพยากรณ์ ได้รับการฝึกสอนด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) ของการฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) 2 3 และ 4 ชั้นซ่อนและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ มีค่า 0.5171% 0.6860% 0.7543% และ 1.6243% ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) ของการทดสอบคือ 1.1527% 1.3966% 1.4458% และ 3.8739% ตามลำดับ ผลการฝึกสอนและทดสอบแสดงให้เห็นว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบ 2 ชั้นซ่อน มีประสิทธิภาพการฝึกสอนและทดสอบที่ดีที่สุด ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า ปี 2558 2559 และ 2560 ผลการพยากรณ์ด้วยระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้มีความแม่นยำมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งแตกต่างจากผลการฝึกสอนและทดสอบ ทั้งนี้สาเหตุเนื่องจากการฝึกสอนและทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมเกิดการ Over Fitting และเกิดจากมีหลายปัจจัยที่ยังไม่นำมาพิจารณาในการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้ ตัวอย่างเช่น ปัจจัยทางการเมือง ใช้ QGDP ใช้ราคาปีฐานเป็นหลักโดยไม่ได้ใช้ราคาปี ณ ปัจจุบัน เป็นต้น กระบวนการทดลองนี้สามารถช่วยในการบริหารการจำหน่ายไฟฟ้า กำหนดเวลาและวางแผนการบำรุงรักษา การวิจัยเพิ่มเติมจะดำเนินการโดยใช้เทคนิคอื่น ๆ วิธีการที่นำเสนอนี้สามารถใช้ร่วมกับเทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)



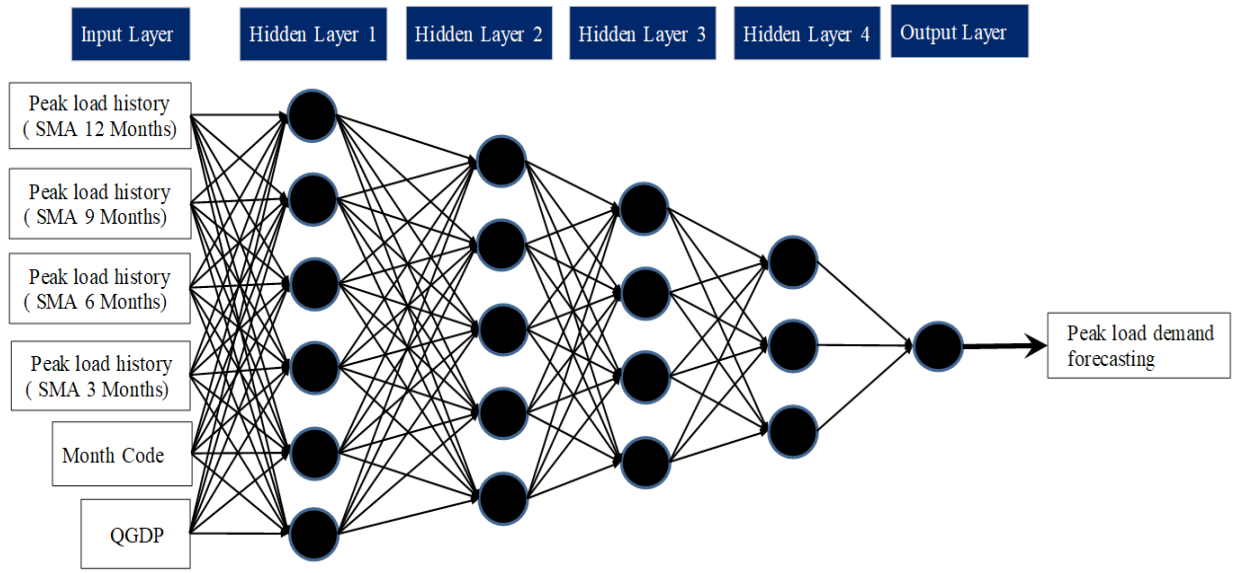
ภาพ 19 ลักษณะโครงข่ายที่ใช้สำหรับการจำลองการประเมินระบบคุณภาพไฟฟ้า

Note. From *Power System Quality Evaluation using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory Study* (Master's thesis) by A. Seangsai, 2013 Copyright King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand



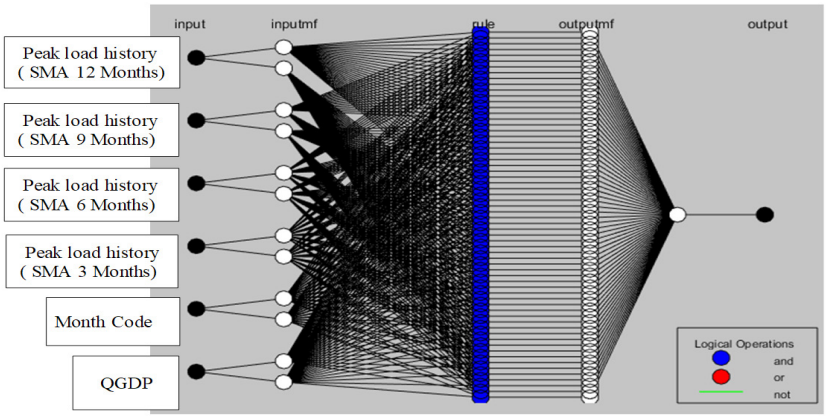
ภาพ 20 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อนสำหรับการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Note. From Evaluation of Mid-term load forecasting case study based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs) by S. Katruksa and S. Jiriwibhakorn, 2020, *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 15*(4), pp. 283-293. Copyright Praise Worthy Prize



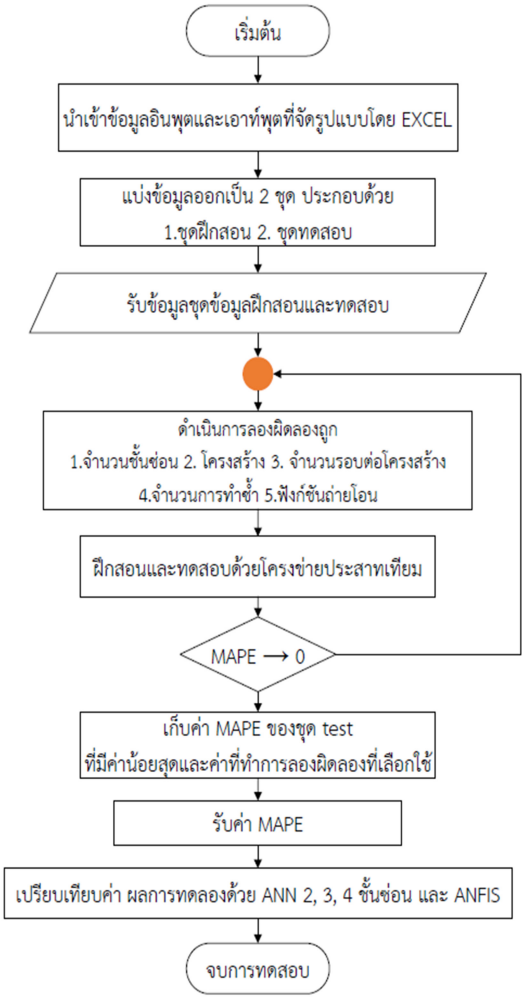
ภาพ 21 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม 4 ชั้นซ่อนสำหรับการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Note. From Evaluation of Mid-term load forecasting case study based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs) by S. Katruksa and S. Jiriwibhakorn, 2020, *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 15*(4), pp. 283-293. Copyright Praise Worthy Prize



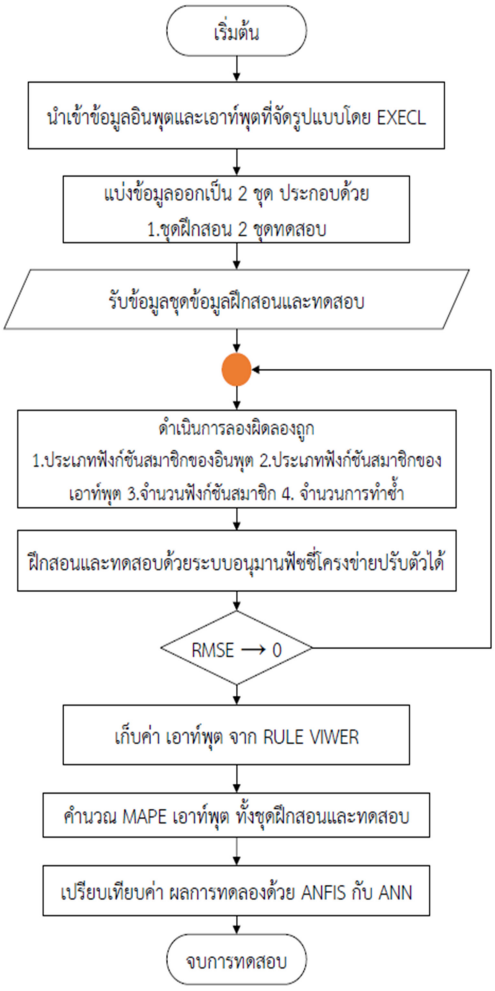
ภาพ 22 โครงสร้างระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ที่ใช้ในการพยากรณ์กำลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

Note. From *Molor C. MATLAB & Simulink Release 2023a* by The MathWorks Inc., 2023, retrieved from https://www.mathworks.com/products/new_products/latest_features.html



ภาพ 23 Flow Chart แบบจำลองการพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียม

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.



ภาพ 24 Flow Chart แบบจำลองการพยากรณ์โดยระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้

Note. From *Mid-Term load forecasting based on artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation) by S. Katruksa, 2020 Copyright by KingMongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้สำหรับระบบไฟฟ้ากำลังที่นำเสนอในบทความนี้ประกอบด้วย บทความแรกเป็นการประเมินเสถียรภาพชั่วครู่ ซึ่งผลการทดสอบมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองเท่ากับ 0.041 ถือว่าเป็นค่าที่มีความแม่นยำค่อนข้างสูง บทความถัดมาเป็นการประเมินความน่าเชื่อถือของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลการทดสอบดีกว่าระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ของผลทดสอบเท่ากับ 3.5219% และ 4.0133% ตามลำดับ บทความที่สามเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพระบบไฟฟ้า ผลการทดลองด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้สามารถวัดความแม่นยำด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0.0202 และ 0.0038 ตามลำดับ และสุดท้ายเป็นการวิจัยทางด้านการประเมินกรณีศึกษาการพยากรณ์โหลดระยะปานกลาง ผลที่ได้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าเฉลี่ยกำลังสองสัมบูรณ์น้อยกว่าระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้มีค่าเท่ากับ 1.1527% และ 3.8739% ตามลำดับ ซึ่งเป็นการประเมินผลงานวิจัยเป็นค่าได้จากการพยากรณ์ทั้งสองตัวแบบ และประเมินความเที่ยงตรงด้วยการเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูล ซึ่งมีความแม่นยำค่อนข้างสูง แต่ก็เป็นเพียงแค่บางส่วนของการประยุกต์ใช้ทั้งสองตัวแบบ ซึ่งเป็นแนวทางที่ผู้อ่านบทความสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอื่น ๆ เช่น

- การพยากรณ์การผลิตพลังงานแสงอาทิตย์โดยพิจารณาจากประวัติการผลิตย้อนหลัง วัน (1-7) เดือน (1-12) หรือปัจจัยอื่นที่ทางผู้วิจัยคิดว่ามีอิทธิพลต่อการผลิตของพลังงานแสงอาทิตย์

- การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยคำนึงถึงโหลดที่ใช้ ตำแหน่งใช้โหลด กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- การประเมินกำลังการผลิตของกังหันลม โดยจำลองการผลิตในห้องทดลอง เก็บข้อมูลการผลิตโดยพิจารณาจากความเร็วลม กำลังมอเตอร์ ขนาดใบพัด เป็นต้น

- การวิเคราะห์ค่ากราวด์โดยพิจารณาความลึกที่ตอก ระยะห่างที่ตอก สภาพความต้านทานบริเวณที่ตอก หรือปัจจัยอื่น ๆ แล้วเปรียบเทียบกับค่าจริงทีวัดได้หรือค่าที่ได้จากการคำนวณ เป็นต้น

- การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าร่วมการวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าเชิงพื้นที่

- การพยากรณ์โหลดระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น รายนาที รายชั่วโมง รายวัน รายเดือน และรายปี เป็นต้น

- การพยากรณ์โหลดในอาคารที่แตกต่างกัน เช่น สำนักงาน โรงงาน โรงพยาบาล สถานที่ราชการ สถานศึกษา และคอนโนมิเนียม เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะการใช้ไฟฟ้า และปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป

ส่วนข้อจำกัดของโครงข่ายประสาทเทียมและระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้ ดังนี้

- ต้องใช้วิธีลองผิดลองถูก (trial and error) การจำลองอาจทำให้ต้องเสียเวลา

- การทดลองสำหรับระบบอนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้พบว่าถ้ามีอินพุทจำนวนมาก แล้วเลือกจำนวนของฟังก์ชันสมาชิกตั้งแต่ 3 ขึ้นไป จะทำให้หลักการกระทำ (rule) เยอะมาก ใช้เวลารันนานเกินไปหรือไม่สามารถรันได้

นอกจากที่ยกตัวอย่างข้างต้น ผู้ที่สนใจใช้สองตัวแบบข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้ากำลังด้านอื่น ๆ ตามความเหมาะสมได้ต่อไป

References

Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 23*(3), 665-685. doi: 10.1109/21.256541.

Jiriwibhakorn, S. (2011). Applications of neural networks in power system. Bangkok: Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Jiriwibhakorn, S. (2022). *Forecasting machines in power systems*. Bangkok: Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Kanas, T., & Phechrphakdee, C. (2022). Tunnel ventilator for electricity production for meat chicken broiler house. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 16*(1), 154–161. Retrieved from https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/254087. (in Thai)

Katruksa, S. (2013). *Facility energy sage modeling and medium term load forecasting with artificial Neural Networks And Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory Study* (Master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand. (in Thai)

Katruksa, S. (2020). *Mid-Term Load Forecasting based on Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory study* (Doctoral dissertation). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand. (in Thai)

Katruksa, S., & Jiriwibhakorn, S. (2015). Facility energy usage modeling and medium term load forecasting with Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems. *Kasetsart Engineering Journal, 28*(91), 61-69. (in Thai)

Katruksa, S., & Jiriwibhakorn, S. (2019). Application data for electricity load forecasting models. *The 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology* (pp. 450-453). Luang Prabang, Laos PDR. doi: 10.1109/ICEAST.2019.8802527

Katruksa, S., & Jiriwibhakorn, S. (2020). Evaluation of mid-term load forecasting case study based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs). *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 15*(4), 283-293. https://doi.org/10.15866/iree.v15i4.17766

Meesut, P. (2009). *Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems. Management Information Systems*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

Phootrakornchai, W., & Jiriwibhakorn, S. (2015). Online critical clearing time estimation using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 73*, 170-181. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.03.024

Seangsai, A. (2013). *Power system quality evaluation using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems: An exploratory Study* (Master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Thailand. (in Thai)

The MathWorks Inc. (2023). *Molor C. MATLAB & Simulink Release 2023a*. Retrieved from https://www.mathworks.com/products/new_products/latest_features.html

Wannakam, K., & Jiriwibhakorn, S. (2018). Evaluation of generation system reliability using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) and Artificial Neural Networks (ANNs). *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), 13*(3), 204-212. https://doi.org/10.15866/iree.v13i3.13534

เภสัชพันธุศาสตร์ โรคเกาต์ และการแพ้ยา Allopurinol
Pharmacogenetics Gout and Allopurinol Hypersensitivity

ถิรวัฒน์ วรรณตุง[1] และสยมภู สงวนสิทธิอนันต์[1]
Tirawat Wannatung[1] and Sayompoo Sanguansittianant[1]
[1]สาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
[1]Department of Medical Technology, Faculty of Medicine, Western University
Received: October 31, 2023
Revised: December 6, 2023
Accepted: December 12, 2023

บทคัดย่อ

Allopurinol เป็นยาหลักในการรักษาภาวะกรดยูริกในเลือดสูงและโรคเกาต์ออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างกรดยูริกในเลือด มีรายงานอาการไม่พึงประสงค์จากการแพ้ยาชนิดนี้ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยว่าเกี่ยวข้องกับพันธุกรรมของมนุษย์ ปัจจุบันประเทศไทยตามประกาศคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ พ.ศ.2564 ได้มีการสนับสนุนการตรวจคัดกรองลักษณะทางพันธุกรรม อัลลีล Human Leukocyte Antigen-B*5801 (HLA-B*58:01) ก่อนให้ยา Allopurinol ในผู้ป่วยโรคเกาต์รายใหม่ เนื่องจากผลการวิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างการแพ้ยา Allopurinol กับ อัลลีล HLA-B*58:01 ซึ่งพบในประชากรไทยได้ถึงร้อยละ 16.33 การตรวจคัดกรองอัลลีลนี้มีความไวถึงร้อยละ 100 และความจำเพาะร้อยละ 96 จึงช่วยหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแพ้ยาทางผิวหนังแบบรุนแรง--SCARs ได้ บทความวิชาการนี้ให้ข้อมูล เภสัชวิทยาของยา Allopurinol ภาวะกรดยูริกในเลือดสูงกับโรคเกาต์ อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา และการป้องกันการแพ้ยาโดยเภสัชพันธุศาสตร์ เพื่อสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับอันตรายของการแพ้ยา Allopurinol และแนวทางการตรวจวิเคราะห์ทางเภสัชพันธุศาสตร์เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการแพ้ยา Allopurinol

คำสำคัญ: เภสัชพันธุศาสตร์ โรคเกาต์ การแพ้ยาอัลโลพูรินอล เอชแอลเอบี*58:01

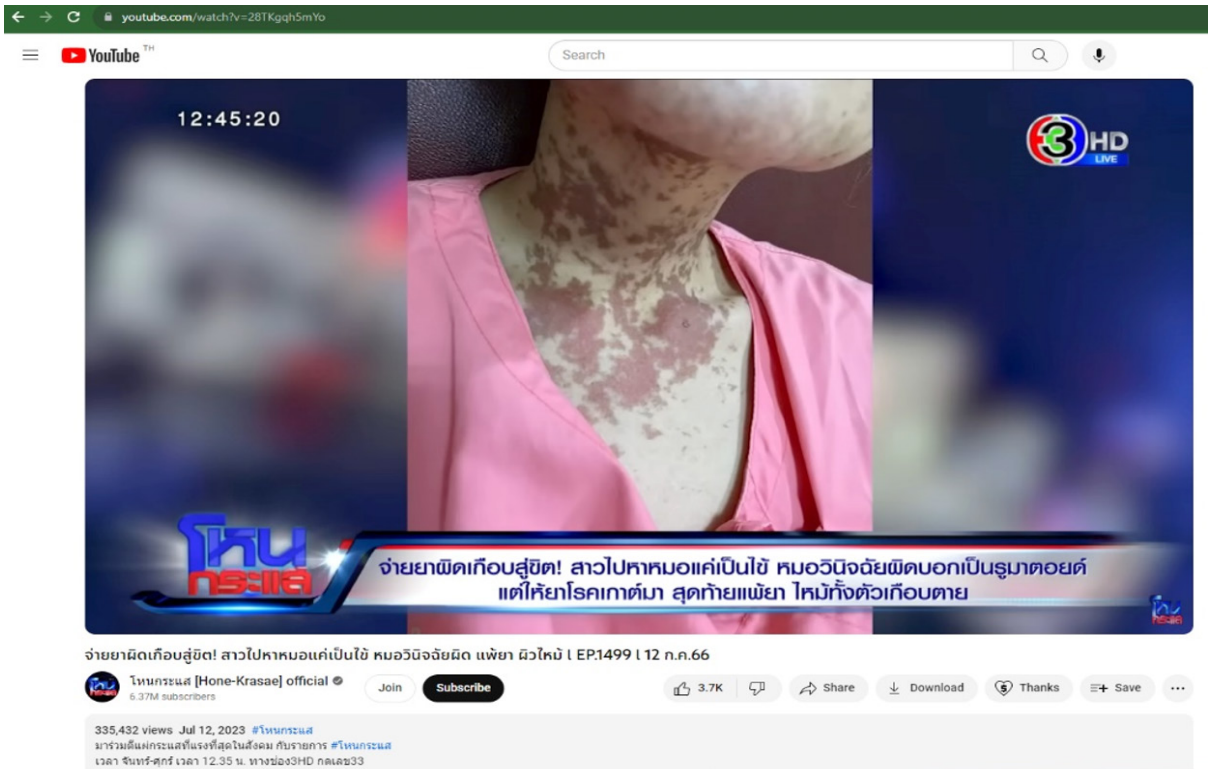
Abstract

Allopurinol is the primary drug for hyperuricemia and gout treatment, acting on the reduction of blood uric acid levels. Adverse reactions to Allopurinol have been reported worldwide, including in Thailand. The hypersensitivity is genetically related. Currently, Thai National Health Security Board B.E. 2021 has issued an announcement supporting the genetic screening of the Human Leukocyte Antigen-B*58:01 (HLA-B*58:01) allele before prescribing Allopurinol to new gout patients. Since the research results found an association between Allopurinol hypersensitivity and the HLA-B*58:01 allele, which is found in 16.33% of the Thai population, this allele screening test has 100 percent sensitivity and 96 percent specificity, thus helping to avoid Severe Cutaneous Adverse Reactions--SCARs. This review provides information on the pharmacology of Allopurinol, Hyperuricemia, and Gout, Adverse Drug Reactions--ADRs, prevention of ADRs by pharmacogenetics to raise awareness about the harm of Allopurinol hypersensitivity, and pharmacogenetics analysis guidelines to prevent Allopurinol hypersensitivity risk.

Keywords: pharmacogenetics, gout, Allopurinol Hypersensitivity, HLA B*58:01

บทนำ

การแพ้ยาเป็นปัญหาทางการแพทย์ที่ผู้ป่วยทุกคนมีความเสี่ยง ยาทุกชนิดที่ได้รับจากร้านขายยาหรือยาที่ได้รับจากคลินิกเวชกรรมหรือโรงพยาบาลสามารถทำให้เกิดการแพ้ยาที่มีผลลัพธ์ที่รุนแรงแตกต่างกัน และอาจเป็นอันตรายจนถึงเสียชีวิตได้ สืบเนื่องจากบันทึกรายการโหนกระแสที่ออกอากาศทางช่อง 3 และช่อง youtube ของรายการ เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2566 (ภาพ 1) ในประเด็น “จ่ายยาผิดเกือบสู่ขิต! สาวไปหาหมอแค่เป็นไข้ หมอวินิจฉัยผิด แพ้ยา ผิวไหม้” ซึ่งมีผู้เสียหายผู้หญิงไปพบแพทย์ในคลินิกด้วยอาการมีไข้ ปวดเมื่อยตามลำตัว แพทย์ได้วินิจฉัยและจ่ายยารักษาโรครูมาตอยด์ ยาแก้ปวด และยาลดกรดยูริกซึ่งใช้รักษาโรคเกาต์ ผู้ป่วยได้รับประทานยาเหล่านั้นต่อเนื่องและอาการในช่วงแรกดีขึ้น แต่กลับมามีอาการเช่นเดิมจึงรับประทานยากลุ่มเดิมอีกครั้ง แต่อาการกลับแย่ลง ผิวหนังอักเสบเกิดพุพองที่ปากมีเลือดและน้ำเหลืองซึม เลือดกำเดาไหล มีไข้หนาวสั่น จนต้องเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาล ซึ่งแพทย์สรุปว่าเกิดจากการแพ้ยารักษาโรคเกาต์ชื่อ Allopurinol ขั้นรุนแรง จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดกระแสในหลายด้านว่า ผู้ใช้ยารักษาจะทราบได้อย่างไรว่า ตนเองแพ้ยาชนิดใด หากไม่ได้เริ่มใช้ยานั้นก่อนและสังเกตอาการ โดยปัจจุบันมีการวินิจฉัยทางเภสัชพันธุศาสตร์ที่สามารถตรวจหาปัจจัยทางพันธุกรรมซึ่งสัมพันธ์กับการแพ้ยาชนิดต่าง ๆ รวมถึงยา Allopurinol ที่เป็นข่าวได้ ตามประกาศคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ พ.ศ.2564 ซึ่งสนับสนุนให้ผู้มีสิทธิสามารถตรวจทางห้องปฏิบัติการเภสัชพันธุศาสตร์เพื่อคัดกรองอัลลีล Human Leukocyte Antigen-B*5801 (HLA-B*58:01) เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยพบว่า คนไทยที่มีอาการแพ้ยา Allopurinol อย่างรุนแรงจะมีอัลลีลนี้ทุกราย (Sukasem et al., 2016; Tassaneeyakul et al., 2009)



ภาพ 1 ภาพบันทึกรายการโหนกระแสที่ออกอากาศทางช่อง 3 และช่อง youtube ของรายการ เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2566 ในประเด็น “จ่ายยาผิดเกือบสู่ขิต! สาวไปหาหมอแค่เป็นไข้ หมอวินิจฉัยผิด แพ้ยา ผิวไหม้”

Note. From *Misprescription nearly death! A girl met physician for fever The doctor misdiagnosed drug allergy skin burn l EP.1499 l 12 ก.ค.66* [Video file]. by Hone-Krasae official, 2023, October 24, retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=28TKgqh5mYo.

เภสัชวิทยาของยา Allopurinol (pharmacology of Allopurinol)

Allopurinol เป็นยาที่ใช้ลดระดับกรดยูริกในเลือด มีคุณสมบัติเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ Xanthine oxidase ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน Xanthine เป็นกรดยูริกในร่างกายมนุษย์ ยานี้จึงถูกนำมาใช้กับผู้ป่วยโรคเกาต์ โรคนิ่วในไตบางชนิด โดยแนวทางเวชปฏิบัติส่วนใหญ่แนะนำใช้เป็นยานี้เป็นลำดับแรกในการรักษารักษาโรคเกาต์เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง โดยใช้ในรูปแบบรับประทาน (Thai Rheumatism Association, 2012) ส่วนแบบฉีดเข้าเส้นเลือดจะใช้ป้องกันการเกิด tumor lysis syndrome ซึ่งทำให้กรดยูริกในเลือดสูงขึ้นจากรักษาเคมีบำบัดในผู้ป่วยมะเร็ง เมื่อรับยา Allopurinol เข้าสู่ร่างกายจะเกิด metabolism ที่ตับเปลี่ยนเป็น Oxypurinol ซึ่งออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาได้ดีกว่าและมีค่าครึ่งชีวิตสูงขึ้น ถึงประมาณ 15 ชั่วโมงก่อนถูกขับออกทางไต ยานี้ไม่เหมาะสำหรับใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคตับและโรคไต อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา Allopurinol ที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ ผื่นผิวหนัง คลื่นไส้ อาเจียน ค่าเอนไซม์ของตับเพิ่มสูงขึ้น และเกล็ดเลือดต่ำ ส่วนที่พบได้น้อยกว่า ได้แก่ liver necrosis, granulomatous hepatitis cholestatic jaundice และ interstitial nephritis (Qurie, Preuss & Musa, 2023) นอกจากนี้อาจพบอาการแพ้รุนแรงซึ่งอาจทำให้เสียชีวิตได้ คือ Allopurinol hypersensitivity Syndrome--AHS (Singer & Wallace, 1986) ซึ่งเกิดจากการตอบสนองของ T-cell ต่อยา Allopurinol และอนุพันธ์ของยา ซึ่งพบมีความเสี่ยงมากขึ้นในผู้ที่ใช้ยาขับปัสสาวะ thiazide ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 ขึ้นไป หรือผู้ที่มีอัลลีล HLA-B*58:01 ส่งผลให้เกิดการแพ้ยาทางผิวหนังแบบรุนแรง (Severe Cutaneous Adverse Reactions--SCARs) ชนิด Stevens-Johnson Syndrome--SJS, Toxic Epidermal Necrolysis--TEN

drug Hypersensitivity Syndrome--HSS ซึ่งทำเสียชีวิตได้ (Hung et al., 2005)

ภาวะกรดยูริกในเลือดสูงกับโรคเกาต์ (hyperuricemia and Gout)

กรดยูริกเกิดจากการสลาย DNA และ RNA ให้เป็นกรดนิวคลีอิกกลุ่ม purine ประกอบด้วย adenine และ guanine โดย 2 ใน 3 ของ purine มาจากการสลายของกรดนิวคลีอิกในร่างกาย ส่วนที่เหลือมาจากอาหารที่รับประทาน โดยอาหารที่มี purine สูง ได้แก่ เครื่องในสัตว์ เนื้อสัตว์ อาหารทะเล (Kaneko et al., 2014) เมื่อย่อยในลำไส้เล็กจะสลายเป็น Adenosine Monophosphate--AMP และ Guanosine Monophosphate--GMP ซึ่งท้ายสุดถูกเปลี่ยนเป็น xanthine และกรดยูริกโดยเอนไซม์ xanthine oxidase กรดยูริกที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ ร้อยละ 60-70 ร่างกายจะขับทิ้งทางไตไปกับปัสสาวะ (Danve, Sehra & Neogi, 2021) กรดยูริกที่ไม่ได้ขับออกมีการสะสมในเลือดและสารน้ำในร่างกาย หากมีระดับของกรดยูริกในเลือดมากกว่า 7.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในเพศชายและมากกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในเพศหญิง ทำให้เกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูง (Dai et al., 2021) หากสูงต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้มีความเสี่ยงในการเป็นโรคเกาต์หรือนิ่วในไต (nephrolithiasis) (Deng et al., 2023) ผู้ที่มีระดับของกรดยูริกในเลือดสูงต่อเนื่องมากกว่า 9.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรเป็นเวลาตั้งแต่ 5 ปี มีโอกาสเป็นโรคเกาต์ถึงร้อยละ 22 เทียบกับผู้ที่มีระดับของกรดยูริกในเลือดในช่วง 7.0-8.9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งมีโอกาสเป็นโรคเกาต์อยู่ที่ร้อยละ 3 (Khanna, 2012)

โรคเกาต์พบความผิดปกติในข้อต่อร่างกายซึ่งเกิดอักเสบ ปวดบวม ร้อน เจ็บในข้อซึ่งสามารถวินิจฉัยจากอาการร่วมกับการตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาผลึกของโมโนโซเดียมยูเรตที่สะสมในข้อต่อและเนื้อเยื่อในข้อ ซึ่งเป็นผลจากการมีระดับกรดยูริกในเลือดสูง ผลึกที่เกิดขึ้นทำให้เกิดพยาธิสภาพโดยกระตุ้นเซลล์เม็ดเลือดขาวกลุ่ม macrophage และ neutrophil ให้หลั่งไซโตไคน์กระตุ้นการอักเสบในข้อ อาการมักเริ่มพบที่ข้อต่อบริเวณส่วนล่างของร่างกายโดยเฉพาะข้อโคนนิ้วหัวแม่เท้า นิ้วเท้า ข้อเท้า ข้อเข่า (Pillinger, Rosenthal & Abeles, 2007) โรคเกาต์รักษาได้โดยการใช้ยาควบคุมระดับกรดยูริกร่วมกับยาลดการอักเสบ ยาที่ใช้เพื่อลดระดับกรดยูริกในเลือดปัจจุบันมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มยาที่ยับยั้งการสร้างกรดยูริก (uricostatic agent) เช่น Allopurinol, Febuxostat และกลุ่มยาที่เร่งการขับกรดยูริกทางไต (uricosuric agents) เช่น Probenecid, Sulfinpyrazone โดยยากลุ่มแรกมีประสิทธิภาพในการรักษาโรคเกาต์ได้ดีกว่า Allopurinol เป็นยาที่มีประสิทธิภาพสูงในการรักษาโรคเกาต์ แนวเวชปฏิบัติโดยส่วนใหญ่แนะนำใช้เป็นลำดับแรก (Thai Rheumatism Association, 2012) และใช้ Febuxostat ในกรณีผู้ป่วยแพ้ยาหรือทนต่อยา Allopurinol ไม่ได้ หรือมีระดับกรดยูริกในเลือดไม่ลดลงได้ตามเป้าหมาย (FitzGerald et al., 2020)

อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา (Adverse Drug Reactions--ADRs)

ในการใช้ยาขนาดปกติเพื่อการป้องกัน บรรเทา บำบัดรักษาโรคอาจมีปฏิกิริยาของยาต่อร่างกายของผู้ใช้ที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้เกิดขึ้นเรียกอาการดังกล่าวว่า อาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา แต่ไม่รวมถึงการใช้ยาในขนาดสูงจากอุบัติเหตุหรือโดยจงใจหรือจากการใช้ยาในทางที่ผิด โดยอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาแบ่งได้เป็น 2 แบบ (Coleman & Pontefract, 2016) คือ

1. Type A reactions (augmented reactions) เป็นอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาที่สามารถคาดการณ์ผลข้างเคียงได้ ความรุนแรงของอาการสัมพันธ์กับขนาดยาที่ได้รับและการตอบสนองของแต่ละบุคคล เกิดจากฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของยานั้น มีอุบัติการณ์การเกิดค่อนข้างสูง แต่มีอัตราการตายต่ำ

2. Type B reactions (bizarre reactions) เป็นอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้จากฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ไม่สัมพันธ์กับขนาดยาที่ได้รับ มีอุบัติการณ์การเกิดค่อนข้างต่ำ แต่มีอัตราการ

ตายสูง เกิดจากการแพ้ยาหรือการตอบสนองแบบเฉพาะ (idiosyncrasy) ซึ่งมีความหลากหลายทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยหลัก

อาการแสดงทางคลินิกของการแพ้ยามีทั้งอาการแสดงทางผิวหนังที่มองเห็นได้และอาการแสดงเกี่ยวกับความผิดปกติของอวัยวะภายใน สามารถแยกตามระยะเวลาการแสดงอาการได้เป็น 2 แบบ (Tempark et al., 2022) คือ

1. แบบเฉียบพลัน (immediate reaction) พบอาการแสดงภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากได้รับยา มักพบผื่นลมพิษ (urticaria) การบวมใต้ผิวหนังและเยื่อเมือก (angioedema) เสียงหายใจหวีด (wheezing) ท้องเสีย เวียนศีรษะ ความดันโลหิตลดลง

2. แบบไม่เฉียบพลัน (nonimmediate reaction) จะพบหลังจากได้รับยามากกว่า 1 ชั่วโมงหรือหลายวัน สามารถพบผื่นลมพิษที่เกิดช้า (delayed urticaria) หรือกลุ่มอาการแสดงที่จำเพาะทางผิวหนัง (Cutaneous Adverse Drug Reaction--CADR ทั้งชนิดที่ไม่รุนแรง และชนิดที่รุนแรง (Severe Cutaneous Adverse Reactions--SCARs) โดยมีอาการสำคัญที่พบได้ ดังนี้

2.1 Cutaneous Adverse Drug Reaction--CADR ชนิดที่ไม่รุนแรง

- Maculopapular Eruption--MPE เป็นอาการผื่นแพ้ยาชนิดที่ไม่รุนแรง มีลักษณะเป็นผื่นแดงแบนราบหรือนูนเล็กน้อย (macule และ papule) กระจายทั่วร่างกายโดยเฉพาะใบหน้า ฝ่ามือและฝ่าเท้า คันเล็กน้อย และอาจมีไข้ต่ำ ๆ หายได้เองใน 2-3 วัน

2.2 Severe Cutaneous Adverse Reactions--SCARs ชนิดที่รุนแรง

- Stevens-Johnson Syndrome–SJS และ Toxic Epidermal Necrolysis--TEN ผื่นแพ้ยาชนิดที่รุนแรง มีลักษณะเป็นตุ่มน้ำใสพุพอง โดยเฉพาะบริเวณใบหน้าและลำตัว มีผิวหนังกำพร้าตายและหลุดลอก SJS มีพื้นที่ผิวหนังที่หลุดลอกราว 10% ในขณะที่ TEN จะมีพื้นที่ 30% ส่วน overlap SJS-TEN จะอยู่ที่ 10-30% พบการอักเสบที่เยื่อเมือกรุนแรงโดยเฉพาะที่ตา ช่องปาก และอวัยวะเพศ นอกจากนี้ยังมีการอักเสบที่เยื่อเมือกทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ มีไข้สูงโดยเฉพาะใน TEN มีการสูญเสียน้ำทางผิวหนัง ภาวะไตวายแบบ prerenal azotemia และเม็ดเลือดขาวต่ำ

- Drug reaction with Eosinophilia and Systemic Symptoms--DRESS และ Drug Hypersensitivity Syndrome--DHS มีผื่นลักษณะแบบ morbilliform eruption และการบวมของผิวหนังบริเวณใบหน้า มีการดำเนินของโรคต่อจนเป็น exfoliative dermatitis ที่มีการอักเสบของผิวหนังและลอกเป็นขุยมากกว่า 90% ของพื้นที่ร่างกาย นอกจากนี้ยังมีไข้สูง ต่อมน้ำเหลืองโต ข้ออักเสบ ตับอักเสบ การอักเสบแบบ interstitial ที่ไตและปอด เม็ดเลือดขาว eosinophil สูง

- Acute Generalized Exanthematous Pustulosis--AGEP มีผื่นตุ่มหนองขนาดเล็กจำนวนมากร่วมกับผิวแดงทั่วตัว มีไข้สูง เม็ดเลือดขาวสูง และอาจพบการทำงานของไตบกพร่องชั่วคราว

การป้องกันการแพ้ยาโดยเภสัชพันธุศาสตร์

เภสัชพันธุศาสตร์ (pharmacogenetics)

เภสัชพันธุศาสตร์ คือ การศึกษาความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมโดยเฉพาะยีนที่ส่งผลสัมพันธ์ต่อการตอบสนองต่อยาที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อเภสัชจลศาสตร์หรือเภสัชพลศาสตร์ของยาทำให้ขนาดยาที่ใช้ในแต่ละบุคคลอาจแตกต่างกันตามลักษณะพันธุกรรม ได้แก่ ยีนที่ควบคุมการสร้างตัวรับของยาบนผิวเซลล์ ยีนที่ควบคุมการแสดงออกของเอนไซม์ที่มีผลต่อเมตาบอลิซึมของยา ยีนที่ควบคุม Transport proteins นำยาเข้าสู่เซลล์ ยีนที่เกี่ยวข้องดังกล่าวส่งผลถึงประสิทธิภาพของยา การออกฤทธิ์ หรือกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันให้ตอบสนองต่อยาจนเกิดการแพ้ยาในลักษณะต่าง ๆ ด้วยเทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์ระดับยีนที่มีความก้าวหน้ามากขึ้นในปัจจุบันทำให้ค้นพบลักษณะทางพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับการตอบสนองต่อยาซึ่งสามารถ

นำมาใช้ตรวจคัดกรองเป็นตัวบ่งชี้ทางเภสัชพันธุศาสตร์ (Pharmacogenetic markers) ใช้ทำนายการเกิดอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาชนิดต่าง ๆ (Cecchin & Stocco, 2020) เช่น ยีนกลุ่ม Cytochrom P450--CYP ที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์เมตาบอลิซึมของยาที่ตับ มีลักษณะทางพันธุกรรมย่อยที่ต่างกันในแต่ละบุคคล ส่งผลให้ตับเปลี่ยนยาให้อยู่ในรูปที่ออกฤทธิ์ได้แตกต่างกัน รวมทั้งการสลายยาซึ่งส่งผลต่อระดับยาในกระแสเลือดจึงให้ผลลัพธ์การรักษาด้วยยาที่ต่างกันหากใช้ปริมาณที่เท่ากัน (Torni & Backman, 2018) variant ของยีน CYP2D6 ที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของยารักษาโรคซึมเศร้า amitriptyline ยาลดอาการปวด codeine ยารักษามะเร็งทรวงอก tamoxifen (Austin-Zimmerman et al., 2021) variant ของยีน CYP2C19 ที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของยาต้านเกล็ดเลือด clopidogrel ยารักษาโรคซึมเศร้า escitalopram ยาฆ่าเชื้อรา voriconacole (Dean & Kane, 2012) นอกจากนี้ยังมียีน SLCO1B1 (Solute carrier organic anion transporter family member 1B1) ที่ควบคุมการสร้าง transporter เพื่อขนยาเข้าสู่ตับ ซึ่งหากตรวจพบการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมแบบ SNPs ที่ intron ลำดับที่ 11 บนยีนนี้ซึ่งเปลี่ยนจาก Thymine เป็น Cytosine จะทำให้ยาลดไขมันในเลือดกลุ่ม statin ไม่ออกฤทธิ์เนื่องจากยาไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ตับและส่งผลข้างเคียงให้เกิดภาวะ Statin-Associated Muscle Symptoms--SAM (SEARCH Collaborative Group et al., 2008; Voora et al., 2022) ส่วนการป้องกันการแพ้ยาโดยเภสัชพันธุศาสตร์ใช้องค์ความรู้ซึ่งได้จากการศึกษาวิจัยที่พบความสัมพันธ์กับกลุ่มยีน Human Leukocyte Antigens--HLA ซึ่งควบคุมการแสดงออกของแอนติเจนบนผิวเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ เนื่องจากยาหรืออนุพันธ์ของยาที่ผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมจะถูกจับโดย HLA บน Antigen-Presenting Cells--APC และกระตุ้น T Cell Receptors--TCRs ให้เกิดการตอบสนองต่อยาชนิดนั้น (Redwood, 2018) ดังนั้นการตรวจยีน HLA ที่จำเพาะก่อนการเริ่มใช้ยาจึงป้องกันความเสี่ยงต่อการแพ้ยาหรือผลไม่พึงประสงค์จากการใช้ยาที่ทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยซึ่งอาจรุนแรงจนถึงพิการหรือถึงแก่ชีวิตได้

HLA เป็น glycoprotein บนผิวของเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันที่มีหน้าที่นำเสนอสิ่งแปลกปลอมให้กับ T-lymphocyte ชนิดของ HLA แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ class I และ class II ซึ่งแบ่งย่อยตามตำแหน่งของอัลลีลที่เรียกว่าโลคัสของ HLA (HLA locus) บนโครโมโซมคู่ที่ 6 โดยที่ HLA class I มีโลคัสหลักอยู่ 3 ตำแหน่ง คือ HLA-A HLA-B และ HLA-C ส่วน HLA class II มีโลคัสหลักอยู่ 3 ตำแหน่งเช่นกัน คือ HLA-DP HLA-DQ และ HLA-DR ตามรายงานของ WHO Nomenclature Committee for Factors of the HLA System (2023) สรุปความหลากหลายของจำนวนอัลลีล HLA ซึ่งมีถึง 36,814 อัลลีล โดยแต่ละอัลลีลอาจพบแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคล ความหลากหลายของอัลลีล HLA สัมพันธ์กับการเกิดการแพ้ยาหรือเกิดภาวะภูมิไวเกินต่อยา (drug hypersensitivity) (Fan et al., 2017) ปัจจุบันหลายประเทศมีการนำตัวบ่งชี้ทางเภสัชพันธุศาสตร์สำหรับยาชนิดต่าง ๆ ที่มีการใช้อย่างแพร่หลายและมีอุบัติการณ์ของการเกิดอาการไม่พึงประสงค์ เช่น Allopurinol Carbamazepine Abacavir Nevirapine มาใช้ในทางคลินิก (ตาราง 1) ซึ่งรวมถึงประเทศไทยซึ่งคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติได้เพิ่มสิทธิในการตรวจคัดกรองอัลลีล HLA-B*58:01 ก่อนให้ยา Allopurinol ในผู้ป่วยโรคเกาต์รายใหม่เพื่อป้องกันการแพ้ยา ใน พ.ศ. 2564 (The National Health Security Board, 2021) และการตรวจ HLA-B*15:02 ในผู้ป่วยโรคลมชักก่อนเริ่มยา Carbamazepine ใน พ.ศ. 2561 (The National Health Security Board, 2018)

การตรวจคัดกรองอัลลีล HLA-B*58:01 เพื่อป้องกันการแพ้ยา Allopurinol

การแพ้ยา Allopurinol ทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ทางผิวหนังได้ทั้งชนิดไม่รุนแรง (Cutaneous Adverse Drug Reaction--CADR) มีลักษณะเป็นผื่นแดงแบนราบตามใบหน้า ฝ่ามือและฝ่าเท้า มีอาการคัน และมีไข้ต่ำ ๆ ซึ่งหายได้เอง และชนิดรุนแรง (Severe Cutaneous Adverse Reaction--SCARs) ที่ทำให้ผิวหนังภายนอกและเยื่อบุภายในเกิดการอักเสบรุนแรงจนเกิดการพุพองหลุด

ลอกของผิวหนัง เยื่อเมือกดวงตา ช่องปาก อวัยวะเพศ ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ มีภาวะไตวาย จำนวนเซลล์เม็ดเลือดต่ำลง และถึงแก่ชีวิตได้ ซึ่งอาการเหล่านี้อาจเกิดขึ้นทันทีหรืออาจใช้เวลาหลายวันหรือหลายสัปดาห์ ผู้ที่มีอาการแพ้ยารุนแรงพบอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ11.39 (Saksit et al., 2017) จึงเป็นเรื่องสำคัญในการป้องกันไม่ให้เกิดการแพ้ยาดังกล่าว ข้อมูลจากหลายงานวิจัยพบว่าการเกิด SCARs ในกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับยา Allopurinol มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางคลินิก ได้แก่ เพศหญิง อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป การเป็นโรคอื่นร่วม เช่น โรคไตเรื้อรัง หรือโรคหัวใจและหลอดเลือด การใช้ยาในผู้ป่วย asymptomatic hyperuricemia และการใช้ร่วมกับยาขับปัสสาวะกลุ่ม thiazide (Singer & Wallace, 1986) และมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านพันธุกรรมของอัลลีลในกลุ่ม HLA ชนิด HLA-B*58:01 (Somkrua et al., 2011; Sukasem et al., 2016; Tassaneeyakul et al., 2009) ในประชากรไทยพบอัลลีลนี้ได้ถึงร้อยละ 16.33 (Puangpetch et al., 2015) โดยพบว่า ผู้ที่มีอัลลีล HLA-B*58:01 มีโอกาสเกิด SJS/TEN DRESS และ MPE ได้มากกว่าผู้ที่ไม่มีอัลลีลดังกล่าวถึง 579 430 และ 144 เท่า (Sukasem et al., 2016) ตามลำดับ ดังนั้นการตรวจคัดกรองอัลลีล HLA-B*58:01 จึงช่วยให้ทราบถึงความเสี่ยงและป้องกันการแพ้ยาโดยเฉพาะในผู้ที่ต้องเริ่มใช้ยา Allopurinol เป็นครั้งแรกหรือผู้ที่เพิ่งเริ่มรับประทานยา Allopurinol อย่างสม่ำเสมอติดต่อกันไม่เกิน 2 เดือน โดยผู้ป่วยยังไม่เกิดอาการแพ้ยา เนื่องจากระยะเวลาการเกิด SCARs จากยา Allopurinol ในประชากรไทยที่มีรายงาน คือ 7-42 วัน นับตั้งแต่เริ่มรับประทานยา (Sukasem et al., 2016) นอกจากนี้ผู้ป่วยที่เคยได้รับยามาก่อนในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และไม่ต่อเนื่องแต่มีความจำเป็นต้องหยุดยาไปก่อน หรือรับประทานยาไม่สม่ำเสมอโดยไม่มีอาการแพ้รุนแรงเกิดขึ้นในระหว่างหรือหลังจากรับประทานยาไปแล้ว หากต้องใช้ยา Allopurinol อีกครั้งอาจต้องพิจารณาตรวจอัลลีล HLA-B*58:01 เหมือนผู้ที่เริ่มใช้ยาเป็นครั้งแรก

การตรวจลักษณะทางพันธุกรรมเพื่อคัดกรองอัลลีล HLA-B*58:01 ทางห้องปฏิบัติการใช้เลือดผู้ป่วยที่มีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด EDTA นำไปสกัดสารพันธุกรรมชนิด DNA และนำมาเพิ่มจำนวนอัลลีล HLA-B*58:01 ด้วยวิธี Polymerase Chain Reaction--PCR หรือ real-time PCR นอกจากนี้อาจใช้วิธีการตรวจ HLA-typing เพื่อระบุชนิดของอัลลีล HLA โดยหลักการการหาลำดับเบส (sequencing) ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบอัลลีล HLA-B*58:01 กับการแพ้ยาแบบ SJS/TEN มีค่าความไวของการตรวจที่ร้อยละ 100 ค่าความจำเพาะของการตรวจที่ร้อยละ 96 ค่าทำนายผลบวก (PPV) อยู่ที่ร้อยละ 76.47 และค่าทำนายผลลบ (NPV) อยู่ที่ร้อยละ 100 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบอัลลีลนี้กับการแพ้ยาแบบ DRESS มีค่าความไวของการตรวจที่ร้อยละ 100 ค่าความจำเพาะของการตรวจที่ร้อยละ 96 ค่าทำนายผลบวกอยู่ที่ร้อยละ 76.43 และค่าทำนายผลลบอยู่ที่ร้อยละ 100 ความสัมพันธ์กับการแพ้ยาแบบ MPE มีค่าความไวของการตรวจอยู่ที่ร้อยละ 85.71 ค่าความจำเพาะของการตรวจเท่ากับร้อยละ 96 ค่าทำนายผลบวกอยู่ที่ร้อยละ 60 และค่าทำนายผลลบอยู่ที่ร้อยละ 98.97 แต่ยังไม่พบข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบอัลลีล HLA-B*58:01 กับการแพ้ยาแบบ AGEP (Sukasem et al., 2016)

การแปลผลการตรวจวิเคราะห์สำหรับผู้ที่ตรวจพบอัลลีล HLA-B*58:01 ทั้งจากเทคนิค PCR หรือ Sequencing (ตาราง 2) แสดงถึงการมีความเสี่ยงสูงต่อการแพ้ยา Allopurinol แบบรุนแรง หากแพทย์ตัดสินใจใช้ยา Allopurinol ต่อไป ควรแนะนำให้ผู้ป่วยสังเกตอาการแพ้ยา โดยเฉพาะในช่วง 2 เดือนแรกหลังจากเริ่มใช้ยา หากตรวจไม่พบอัลลีล HLA-B*58:01 แสดงว่า ผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการแพ้ยา Allopurinol ไม่แตกต่างจากประชากรส่วนใหญ่ ทั้งนี้ควรติดตามอาการผื่นผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นหลังจากการใช้ยา Allopurinol ไปแล้วอย่างใกล้ชิด และหากมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นควรหยุดยาและกลับมาพบแพทย์เพื่อประเมินอาการและปรับยาที่รักษาให้เหมาะสมต่อไป (Pharmacogenomics Research Project for Rational Use of Drugs in Thailand, 2021)

ตาราง 1

แสดง HLA ที่สัมพันธ์กับการเกิด ADR ของยาแต่ละชนิด

ชื่อยา	โรคที่ใช้รักษา	HLA ที่สัมพันธ์กับการเกิด ADR	กลุ่มประชากรที่พบ	ลักษณะ ADR ที่พบ
Allopurinol	เกาต์	B*58:01	Thai	SJS/TEN, DRESS, MPE
			Han Chinese	
			Caucasian	
			Japanese	
			Taiwanese	SJS/TEN
Carbamazepine	ลมชัก	B*15:02	Thai	
			Taiwanese	
			Han Chinese	
			Malaysian	
			Asian	MPE, DHS, SJS/TEN
		A*31:01	Han Chinese	
			Caucasian	
			Japanese	SJS/TEN
		B*15:11	Japanese	DHS
Abacavir	HIV	B*57:01	Thai	
			Australian	
			African American	
			Brazilian	
			British	
			Indian	
			Iranian	DHS
Nevirapine	HIV	B*35:05	Thai	DRESS
		DRB1*01:01	Hispanics	
			African	DHS
		B*14:02	Sardinian	

Note. From HLA Association with Drug-Induced Adverse Reactions by W. L. Fan, M. S. Shiao, R. C. Hui, S. C. Su, C. W. Wang, Y. C. Chang, and W. H. Chung, 2017, *Journal of Immunology Research, 2017*(Special), p. 4

ตาราง 2

*ลักษณะผลการตรวจ HLA-B*58:01 และการแปลผล*

ผลการตรวจกรณีใช้วิธี allele specific screening (PCR)	ผลการตรวจกรณีใช้วิธี sequencing-based screening	การแปลผล
ผลตรวจเป็นบวก (positive result) สำหรับ HLA-B*58:01	HLA-B*58:01/HLA-B*58:01 หรือ HLA-B*58:01/X (ไม่พบ)	ผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดแพ้ยา ได้แก่ SJS/TEN DRESS และ MPE
ผลตรวจเป็นลบ (negative result) สำหรับ HLA-B*58:01	X (ไม่พบ)/X (ไม่พบ)	ผู้ป่วยมีความเสี่ยงปกติ (ไม่แตกต่างจากประชากรส่วนใหญ่) ต่อการเกิดแพ้ยา ได้แก่ SJS/TEN DRESS และ MPE

Note. From *Clinical Pharmacy Guidelines for Genetic Characterization of HLA-B*58:01 for Allopurinol Drug Use* by Pharmacogenomics Research Project for Rational Use of Drugs in Thailand, 2021, Bangkok: Kiratithanapat Co., Ltd. p. 11.

สรุป

การแพ้ยาเป็นปัญหาทางการแพทย์ที่พบมาอย่างต่อเนื่อง ยาทุกชนิดล้วนมีความเสี่ยงทำให้เกิดการแพ้ได้ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างทางพันธุกรรม โรคที่เป็นอยู่ วัย และสภาพร่างกายของผู้ใช้แต่ละคน ด้วยความก้าวหน้าด้านเภสัชพันธุศาสตร์ทำให้ปัจจุบันสามารถตรวจวิเคราะห์หาความเสี่ยงการแพ้ยาในระดับยีนที่ไวและจำเพาะสูงก่อนเริ่มใช้ยาได้ ซึ่งคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติได้เพิ่มสิทธิตรวจคัดกรองการแพ้ยาที่ส่งผลอาการรุนแรงให้แก่ผู้มีสิทธิทุกคน ซึ่งยา Allopurinol ที่ใช้รักษาโรคเกาต์ตามที่เป็นข่าวเป็นหนึ่งในยาที่สามารถใช้สิทธิตรวจคัดกรองอัลลีล HLA-B*58:01 ก่อนให้ยาได้ในผู้ป่วยโรคเกาต์รายใหม่เพื่อป้องกันการเกิดผื่นแพ้ยาแบบรุนแรง (SCARs) ซึ่งทำให้เกิดการตายของผิวหนังพบหนังพุพอง หลุดลอกเป็นบริเวณกว้าง รวมถึงการอักเสบรุนแรงจนเกิดการหลุดลอกของเยื่อเมือกที่ตา ช่องปาก อวัยวะเพศ ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ จำนวนเม็ดเลือดต่ำลง เกิดไตวาย และทำให้เสียชีวิตได้ การตระหนักถึงอันตรายของการแพ้ยาโดยแพทย์ผู้รักษาที่จะเลือกส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมก่อนจ่ายยาที่มีรายงานความเสี่ยงร่วมกับความรู้ของผู้ป่วยเกี่ยวกับอาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา รวมถึงการสังเกตความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างใช้ยา จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการแพ้ยา

References

Austin-Zimmerman, I., Wronska, M., Wang, B., Irizar, H., Thygesen, J. H., Bhat, A., ...& Bramon, E. (2021). The influence of CYP2D6 and CYP2C19 genetic variation on diabetes mellitus risk in people taking antidepressants and antipsychotics. *Genes, 12*(11), 1-17. https://doi.org/10.3390/genes12111758

Cecchin, E., & Stocco, G. (2020). Pharmacogenomics and personalized medicine. *Genes, 11*(6), 679. https://doi.org/10.3390/genes11060679

Coleman, J. J., & Pontefract, S. K. (2016). Adverse drug reactions. *Clinical medicine (London, England), 16*(5), 481–485. https://doi.org/10.7861/clinmedicine.16-5-481

Dai, C., Wang, C., Xia, F., Liu, Z., Mo, Y., Shan, X., & Zhou, Y. (2021). Age and gender-specific reference intervals for uric acid level in children aged 5-14 years in Southeast Zhejiang Province of China: Hyperuricemia in children may need redefinition. *Frontiers in Pediatrics, 9*, 1-6. https://doi.org/10.3389/fped.2021.560720

Danve, A., Sehra, S. T., & Neogi, T. (2021). Role of diet in hyperuricemia and gout. Best Practice & Research. *Clinical Rheumatology, 35*(4), 101723. https://doi.org/10.1016/j.berh.2021.101723

Dean, L., & Kane, M. (2012). Clopidogrel Therapy and CYP2C19 Genotype. In V. M. Pratt et. al. (Eds.). *Medical Genetics Summaries*. Maryland: National Center for Biotechnology Information (US).

Deng, H., Zhang, X., Cheng, N., Zhang, J., Song, C., Sun, Y., ... & Meng, Q. (2023). Asymptomatic hyperuricemia associated with increased risk of nephrolithiasis: A cross-sectional study. *BMC Public Health, 23*(1), 1525. https://doi.org/10.1186/s12889-023-16469-y

Fan, W. L., Shiao, M. S., Hui, R. C., Su, S. C., Wang, C. W., Chang, Y. C., & Chung, W. H. (2017). HLA association with drug-induced adverse reactions. *Journal of Immunology Research, 2017*, 3186328. https://doi.org/10.1155/2017/3186328

FitzGerald, J. D., Dalbeth, N., Mikuls, T., Brignardello-Petersen, R., Guyatt, G., Abeles, ...& Neogi, T. (2020). 2020 American College of rheumatology guideline for the management of Gout. *Arthritis care & research, 72*(6), 744–760. https://doi.org/10.1002/acr.24180

Hone-Krasae official. (2023, October 24). *Misprescription nearly death! A girl met physician for fever The doctor misdiagnosed drug allergy skin burn* l EP.1499 l 12 July 2023 [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=28TKgqh5mYo (in Thai)

Hung, S. I., Chung, W. H., Liou, L. B., Chu, C. C., Lin, M., Huang, H. P., ... & Chen, Y. T. (2005). HLA-B*5801 allele as a genetic marker for severe cutaneous adverse reactions caused by allopurinol. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*(11), 4134–4139. https://doi.org/10.1073/pnas.0409500102

Kaneko, K., Aoyagi, Y., Fukuuchi, T., Inazawa, K., & Yamaoka, N. (2014). Total purine and purine base content of common foodstuffs for facilitating nutritional therapy for gout and hyperuricemia. *Biological & Pharmaceutical Bulletin, 37*(5), 709–721. https://doi.org/10.1248/bpb.b13-00967

Khanna, P. P., & Khanna, D. (2012). Chapter 18-health-related quality of life and outcome measures in gout In R. Terkeltaub (Ed.). *Gout & other crystal arthropathies* (pp. 217-225). Philadelphia: W. B. Saunders.

Notification of the National Health Security Board on Types and Scope of Public Health Services (No. 13) 2018 (2018, 21 August). *Thai Government Gazette*. Vol. 135, Chapter 201 d, 20. (in Thai)

Notification of the National Health Security Board on Types and Scope of Public Health Services (No. 22) 2021 (2021, 7 May). *Thai government Gazette*. Vol. 138, Chapter 98 d, 19. (in Thai)

Pharmacogenomics Research Project for Rational Use of Drugs in Thailand. (2021). *Clinical pharmacy guidelines for genetic characterization of HLA-B*58:01 for Allopurinol drug use*. Bangkok: Kiratithanapat Co., Ltd. (in Thai)

Pillinger, M. H., Rosenthal, P., & Abeles, A. M. (2007). Hyperuricemia and gout: New insights into pathogenesis and treatment. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases, 65*(3), 215–221.

Puangpetch, A., Koomdee, N., Chamnanphol, M., Jantararoungtong, T., Santon, S., Prommas, S., ... & Sukasem, C. (2015). HLA-B allele and haplotype diversity among Thai patients identified by PCR-SSOP: Evidence for high risk of drug-induced hypersensitivity. *Frontiers in genetics, 5*, 1-7. https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00478

Qurie, A., Preuss, C. V., & Musa, R. (2023). *Allopurinol*. United States: StatPearls Publishing.

Redwood, A. J., Pavlos, R. K., White, K. D., & Phillips, E. J. (2018). HLAs: Key regulators of T-cell-mediated drug hypersensitivity. *HLA, 91*(1), 3–16. https://doi.org/10.1111/tan.13183

Saksit, N., Tassaneeyakul, W., Nakkam, N., Konyoung, P., Khunarkornsiri, U., Chumworathayi, P., ... & Tassaneeyakul, W. (2017). Risk factors of allopurinol-induced severe cutaneous adverse reactions in a Thai population. *Pharmacogenetics and genomics, 27*(7), 255–263. https://doi.org/10.1097/FPC.0000000000000285

SEARCH Collaborative Group, Link, E., Parish, S., Armitage, J., Bowman, L., Heath, S., Matsuda, F., ... & Collins, R. (2008). SLCO1B1 variants and statin-induced myopathy--a genomewide study. *The New England Journal of Medicine, 359*(8), 789–799. https://doi.org/10.1056/NEJMoa0801936

Singer, J. Z., & Wallace, S. L. (1986). The allopurinol hypersensitivity syndrome. Unnecessary morbidity and mortality. *Arthritis and Rheumatism, 29*(1), 82–87. https://doi.org/10.1002/art.1780290111

Somkrua, R., Eickman, E. E., Saokaew, S., Lohitnavy, M., & Chaiyakunapruk, N. (2011). Association of HLA-B*5801 allele and allopurinol-induced Stevens Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis: A systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Genetics, 12*, 118. https://doi.org/10.1186/1471-2350-12-118

Sukasem, C., Jantararoungtong, T., Kuntawong, P., Puangpetch, A., Koomdee, N., Satapornpong, P., ... & Rerkpattanapipat, T. (2016). HLA-B (*) 58:01 for allopurinol-induced cutaneous adverse drug reactions: Implication for clinical interpretation in Thailand. *Frontiers in Pharmacology, 7*, 1-8. https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00186

Tassaneeyakul, W., Jantararoungtong, T., Chen, P., Lin, P. Y., Tiamkao, S., Khunarkornsiri, U., ... & Tassaneeyakul, W. (2009). Strong association between HLA-B*5801 and allopurinol-induced Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis in a Thai population. *Pharmacogenetics and genomics, 19*(9), 704–709. https://doi.org/10.1097/FPC.0b013e328330a3b8

Tempark, T., John, S., Rerknimitr, P., Satapornpong, P., & Sukasem, C. (2022). Drug-Induced Severe Cutaneous Adverse Reactions: Insights Into Clinical Presentation, Immunopathogenesis, Diagnostic Methods, Treatment, and Pharmacogenomics. *Frontiers in pharmacology, 13*, 1-21. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.832048

Thai Rheumatism Association. (2012). *Guideline for management of gout 2012*. Bangkok: Thai Rheumatism Association. (in Thai)

Tornio, A., & Backman, J. T. (2018). Cytochrome P450 in pharmacogenetics: An update. *Advances in Pharmacology (San Diego, Calif.), 83*, 3–32. https://doi.org/10.1016/bs.apha.2018.04.007

Voora, D., Baye, J., McDermaid, A., Narayana Gowda, S., Wilke, R. A., Nicole Myrmoe, A., ...& Larson, E. A. (2022). SLCO1B1*5 Allele is associated with atorvastatin discontinuation and adverse muscle symptoms in the context of routine care. *Clinical pharmacology and therapeutics, 111*(5), 1075–1083. https://doi.org/10.1002/cpt.2527

WHO Nomenclature Committee for Factors of the HLA System. (2023). *HLA Alleles numbers*. Retrieved from https://hla.alleles.org/nomenclature/stats.html

การลดปัจจัยเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ
Reducing the Risk Factors of Falls in the Elderly

ยุพาพร หงษ์ชูเวช[1]
Yuphaporn Hongchuvech[1]
[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Public Health, Eastern Asia University
Received: November 8, 2023
Revised: December 7, 2023
Accepted: December 13, 2023

บทคัดย่อ

การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญทั่วโลก เนื่องจากอุบัติการณ์ที่เพิ่มสูงขึ้นและผลกระทบที่ตามมาสัมพันธ์กับจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น จากการคาดประมาณจำนวนผู้สูงอายุทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 1,200 ล้านคนในปี 2025 บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงและลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ ความหมายของการพลัดตกหกล้ม หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดจากการที่บุคคลสูญเสียการทรงตัวหรือเสียหลักพลัดตกลงที่พื้นในระดับที่ต่ำกว่า ทำให้อวัยวะของร่างกายกระแทกกับพื้นหรือสิ่งของอื่น ๆ ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บ เกิดในผู้สูงอายุที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป องค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่า การพลัดตกหกล้มเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับสองของโลก สาเหตุของการพลัดตกหกล้มประกอบด้วยหลายปัจจัยได้แก่ ปัจจัยเสี่ยงด้านชีวภาพ ด้านพฤติกรรม ด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งปัจจัยเสี่ยงด้านชีวภาพส่งผลให้การเคลื่อนไหวและการทรงตัวผิดปกติ การพลัดตกหกล้มส่งผลต่อร่างกาย จิตใจ สังคมและเศรษฐกิจของผู้สูงอายุและครอบครัว การได้รับบาดเจ็บทางกาย มีตั้งแต่บาดเจ็บเล็กน้อย พิการหรือรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต ส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจและสังคม อาจทำให้ผู้สูงอายุกลัวการหกล้มซ้ำ สูญเสียความมั่นใจไม่กล้าออกนอกบ้าน บางรายเกิดภาวะซึมเศร้า อีกทั้งยังกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจของครอบครัวจากการเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล สูญเสียรายได้จากการหยุดงานและค่าเดินทางของครอบครัว รวมถึงค่าจ้างผู้ดูแลผู้สูงอายุในกรณีที่ต้องเป็นผู้ป่วยติดเตียง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในระยะยาว การลดปัจจัยเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุสามารถทำได้ โดยการประเมินความเสี่ยง ค้นหาสาเหตุและแก้ไข และการสร้างเสริมสุขภาพด้วยการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการทรงตัว ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ การพลัดตกหกล้ม ปัจจัยเสี่ยง การป้องกัน

Abstract

Falls in the elderly are a significant public health issue among the elderly. Due to the rising incidence and subsequent falls correlated with the increasing number of elderly people, it is expected that the number of elderly people worldwide will reach 1,200 million by 2025. The objective of this article was to analyze the risk factors and reduce the risk factors for falls in the elderly. The definition of a fall is an event caused by a person's loss of balance and falling to the ground at a lower level. Causing body organs to hit the ground or other objects, resulting in injury. It occurs in the elderly aged 65 years and over. The World Health Organization--WHO is reported to be the second-leading cause of death in the world. Factors related to falls have multiple factors, including biological risk factors, behavioral risk factors, environmental risk factors, and socioeconomic risk factors. Biological risk factors result in impaired movement and balance. Falls are affecting the physical, mental, social, and economic well-being of the elderly and their families. Physical injuries from falls result in minor to serious injuries that can lead to disability and death. Falls also affect the mental and social well-being of the elderly. It can lead to fear of falling, loss of confidence, reluctance to leave home, and depression. Affecting the economy of their family, they must pay for medical care, lost income from work, and travel expenses, including wages for elderly caregivers if they become bedridden. These affect the quality of life of the elderly in the long term. Reducing risk factors for falls can be achieved through risk assessment, finding the cause, and addressing it. By promoting health through exercises to increase muscle strength and balance, this is to prevent falls in the elderly. As a result, the elderly will continue to have a good quality of life.

Keywords: the elderly, falling, risk factors, prevention

บทนำ

ในช่วงศตวรรษที่ 21 ทั่วโลกมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร จำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอายุขัยเฉลี่ยของประชากรเพิ่มขึ้น อัตราตายและอัตราเกิดลดลง (Worapanwisit et al., 2018) จากข้อมูลขององค์การสหประชาชาติ (United Nations) รายงานว่า ในปี 2022 มีจำนวนผู้สูงอายุที่อายุ 65 ปีขึ้นไป ร้อยละ10 ของประชากรโลกทั้งหมด จะเพิ่มสูงขึ้นไปถึงร้อยละ 16 หรือมีจำนวนผู้สูงอายุถึง 2,000 ล้านคนในปี 2050 จากการสำรวจจำนวนประชากรผู้สูงอายุของประเทศไทยคาดว่าในปี พ.ศ. 2574 ประเทศไทยจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด (super aged society) โดยจะมีสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ถึงร้อยละ 28 ของประชากรทั้งประเทศ (Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute (TGRI), 2016) ผู้สูงอายุเป็นวัยที่มีการเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายหลายระบบ เช่น สายตาเริ่มมองไม่ชัด การได้ยินลดลง มวลกล้ามเนื้อและกระดูกลดลง ส่งผลให้มีการเคลื่อนไหวและการทรงตัวที่ผิดปกติ รวมไปถึงภาวะสุขภาพ เช่น มีโรคประจำตัว ทำให้ผู้สูงอายุต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ มากขึ้น ปัญหาด้านสาธารณสุขที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งที่พบในผู้สูงอายุก็คือ การพลัดตกหกล้ม จากข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (WHO) ระบุว่า ผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป จะมีโอกาสพลัดตกหกล้มร้อยละ 28-35 ต่อปี และจะเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 32-42 เมื่อก้าวเข้าสู่อายุ 70 ปีและมากกว่า (WHO, 2011) และยังระบุ

ว่าในแต่ละปีทั่วโลกจะมีผู้สูงอายุเสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้ม 684,000 คน (WHO, 2021) สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากกรมควบคุมโรค พบว่า ผู้สูงอายุเสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้ม 3 คนต่อวัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (Department of Disease Control, 2020) และจากการสำรวจในปี 2565 พบว่า มีผู้สูงอายุเสียชีวิตจากการพลัดตกหกล้ม 1,255 คนต่อปี (Department of Disease Control, 2022)

การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ เป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 2 รองจากอุบัติเหตุทางถนน สถานการณ์การพลัดตกหกล้มในประเทศไทยพบว่า กว่า 1 ใน 3 ของผู้สูงอายุหกล้มทุกปี สถานที่เกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่ พบว่า 65% เกิดเหตุในบ้าน และ 30% เกิดเหตุในห้องน้ำ (Department of Disease Control, 2022) จากรายงานของสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) ระบุว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2559-2562 มีจำนวนผู้สูงอายุที่บาดเจ็บด้วยสาเหตุการพลัดตกหกล้มมาด้วยระบบการแพทย์ฉุกเฉินทั้งหมด 141,895 ราย เฉพาะปี 2562 มีจำนวน 24,364 ราย เพิ่มมากขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 คิดเป็นร้อยละ 29.5 โดยกลุ่มที่เข้ารับบริการในระบบการแพทย์ฉุกเฉินมากที่สุด คือ กลุ่มที่มีอายุ 60-64 ปี รองลงมา คือ กลุ่มอายุ 65-69 ปี และกลุ่มอายุ 70-74 ปี ตามลำดับ ส่วนใหญ่ เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง แต่เมื่ออายุมากขึ้นตั้งแต่ 70 ปีขึ้นไป จะพบเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (Thailand Information Center For Civil Rights And Investigative Journalism (TCIJ), 2019) เมื่อเกิดการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อทั้งด้านร่างกาย จิตใจ เศรษฐกิจและสังคม โดยผลกระทบทางร่างกายนั้นทำให้เกิดการบาดเจ็บเล็กน้อยจนถึงขั้นรุนแรงเช่น เกิดภาวะเลือดคลั่งในสมอง จนทำให้เสียชีวิต (CDC, 2019) ส่วนผลกระทบด้านจิตใจ ในผู้สูงอายุที่เคยพลัดตกหกล้มแล้ว จะเกิดความเครียด วิตกกังวล กลัวการหกล้มซ้ำ ขาดความมั่นใจในการเคลื่อนไหว ไม่ออกไปทำกิจกรรมนอกบ้าน ขาดการติดต่อกับสังคมภายนอก (Nimit-arnun, Klinhom, Wattakiecharoen & Thipkaew, 2020) บางรายเกิดภาวะซึมเศร้า (Belloni, 2021) ส่วนผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคม ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้สูงอายุและครอบครัว ด้วยการเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล การสูญเสียรายได้จากการขาดงานของญาติ การจ้างผู้ดูแลในกรณีที่ผู้สูงอายุเกิดความพิการเป็นผู้ป่วยติดเตียง จากรายงานในประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2015 พบว่า ค่าใช้จ่ายของผู้สูงอายุที่ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยอาการบาดเจ็บรุนแรงจากการพลัดตกหกล้มเฉลี่ย 754 ล้านดอลลาร์ต่อปี (Florence et al., 2018) ในประเทศไทยมีการศึกษาค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้สูงอายุกระดูกสะโพกหักที่โรงพยาบาลเลิดสิน มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 150,720 บาท (Artheeraphan et al., 2021) จะเห็นได้ว่า ผู้สูงอายุเกิดการพลัดตกหกล้มหนึ่งคน ส่งผลกระทบต่อตัวเอง ครอบครัว สังคมและเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศ

วัตถุประสงค์ของบทความนี้ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงและลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ โดยการประเมินความเสี่ยง ค้นหาสาเหตุและแก้ไข รวมทั้งการสร้างเสริมสุขภาพด้วยการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการทรงตัว

ความหมายการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ

การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุเกี่ยวข้องกับการสูญเสียการทรงตัว ถ้าการทรงตัวผิดปกติจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหวร่างกาย ทำให้เกิดการหลัดตกหกล้ม มีผู้ให้คำจำกัดความของการพลัดตกหกล้ม พอสรุปได้ ดังนี้

องค์การอนามัยโลก WHO (2021) ให้ความหมายของการพลัดตกหกล้ม หมายถึง เหตุการณ์ที่บุคคลใดบุคคลหนึ่งพลัดตกลงมาบนพื้นดินหรือบนพื้นผิวอื่น ๆ ในระดับที่ต่ำกว่า โดยไม่ได้ตั้งใจ

กรมกิจการผู้สูงอายุ Department of Older Persons (DOP) (2021) ให้ความหมายว่าการหกล้ม เกิดจากการสูญเสียการทรงตัวของผู้สูงอายุทำให้แขน ขา ศีรษะ หรือส่วนอื่น ๆ เกิดการกระแทกกับพื้นหรือสิ่งของต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บทั้งมากและน้อย กรณีที่รุนแรงที่สุดคือการเสียชีวิต

สรุปความหมายของการพลัดตกหกล้ม หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดจากการที่บุคคลใดบุคคลหนึ่งสูญเสียการทรงตัวหรือเสียหลักพลัดตกลงที่พื้นในระดับที่ต่ำกว่า ทำให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของอวัยวะของร่างกายกระแทกกับพื้นหรือสิ่งของอื่น ๆ ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บ

การทรงตัวในผู้สูงอายุ

การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ เกี่ยวข้องกับการสูญเสียการทรงตัว การควบคุมระบบการทรงตัวของผู้สูงอายุเป็นการทำงานของระบบประสาทที่ซับซ้อนและประสานกันของประสาทรับความรู้สึกหลายด้าน ได้แก่ การมองเห็น ระบบควบคุมการทรงตัวเวสติบูล่าร์และระบบรับความรู้สึกในข้อต่อและกล้ามเนื้อ รวมทั้งการควบคุมของระบบประสาทสั่งการจากสมองส่วนกลางและการตอบสนองของกล้ามเนื้อส่วนปลายซึ่งระบบต่าง ๆ ต้องทำงานประสานกันเป็นอย่างดี จึงจะช่วยป้องกันการหกล้มได้

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการควบคุมและรักษาสมดุลในการเคลื่อนไหวหรือหยุดนิ่งให้มีความมั่นคงในขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ (Jinda, 2021) ในผู้สูงอายุพบว่า ความสามารถในการทรงตัวลดลง จากการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทรับความรู้สึก การมองเห็นและการได้ยิน ความรู้สึกที่เอ็นข้อต่อกล้ามเนื้อ ทำให้สูญเสียความสัมพันธ์ของอวัยวะในการทำงานขณะเคลื่อนไหว การทรงตัวถูกจำกัด ทำให้เกิดการหกล้มได้ง่าย (Jinda, 2021)

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการพลัดตกหกล้ม

การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ แบ่งปัจจัยเสี่ยงออกได้เป็น 4 ด้าน คือ ปัจจัยเสี่ยงด้านชีวภาพ (biological risk factors) ปัจจัยด้านพฤติกรรม (behavior factors) ปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (environmental risk factors) และปัจจัยเสี่ยงด้านเศรษฐกิจและสังคม (socioeconomic risk factors) (Lecktip, Woratanarat, Bhubhanil & Labmanee, 2019)

1. ปัจจัยเสี่ยงด้านชีวภาพ (biological risk factors) เป็นปัจจัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายตามกระบวนการชรา (aging process) ทำให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานเสื่อมถอยลง รวมไปถึงโรคร่วมและยาบางชนิดที่มีผล ทำให้ร่างกายเกิดการสูญเสียการควบคุมการทรงตัวส่งผลให้การทรงตัวและการเคลื่อนไหวผิดปกติ เกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่าย ปัจจัยเสี่ยงด้านชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว ได้แก่

1.1 อายุ อายุมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนครั้งและความรุนแรงของการพลัดตกหกล้มเมื่ออายุมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางกายส่งผลให้สมรรถภาพทางกายลดลง การเคลื่อนไหวบกพร่อง เพิ่มความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม ผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 70 ปี จะมีความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม ตามอายุที่เพิ่มขึ้นทุก 5 ปี (Lecktip et al., 2019)

1.2 เพศ พบว่า เพศหญิงมีการพลัดตกหกล้มได้มากกว่าเพศชาย 1.5 เท่า เนื่องจากการลดระดับของฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้ความหนาแน่นของกระดูกลดลง เกิดภาวะกระดูกพรุน (Department of Disease Control, 2019)

1.3 ความบกพร่องการมองเห็น ผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงได้แก่ ลูกตา รูม่านตามีขนาดเล็กและลึก หนังตาตกจากไขมันที่ตาลดลง ม่านตาลดลงปฏิกิริยาตอบสนองของม่านตาต่อแสงลดลง ทำให้ผู้สูงอายุไม่สามารถรับภาพได้ดีในเวลาแสงสลัว การเสื่อมของจอรับภาพ อันเนื่องจากการหนาตัวการขุ่นของเลนส์ กล้ามเนื้อลูกตาเสื่อม หรือมีโรคทางสายตาเช่น ต้อกระจก ต้อหิน และสายตายาว ทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน การคาดคะเนในการก้าวเดินไม่ตรงกับความเป็นจริง ทำให้เสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม (Jongkol, 2019)

1.4 การเปลี่ยนแปลงกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อต่อ เมื่อเข้าสู่อายุ 60-70 ปี ระบบโครงสร้างของร่างกายเปลี่ยนแปลง ขนาดเส้นใยและกำลังการหดตัวกล้ามเนื้อลดลงร้อยละ 20-40 กล้ามเนื้อบางส่วนฝ่อลีบ ทำให้เกิดอาการล้าและอ่อนแรง ความหนาแน่นกระดูกลดลงจากการสลายตัวของแคลเซียม ข้อสะโพก ข้อเข่าและข้อกระดูกสันหลังเสื่อม ข้อเข่าเสื่อม ทำให้ข้อเข่าผิดรูป กล้ามเนื้อรอบเข่าอ่อนแรง สูญเสียการทรงตัว เกิดข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว กระดูกบริเวณข้อต่อ (articular cartilage) บางลง ของเหลวที่หล่อลื่นข้อต่อลดลงและหนืดมากขึ้น ทำให้เคลื่อนไหวลำบาก โครงสร้างของแกนกระดูกสันหลังเปลี่ยนแปลง ทำให้หลังค่อม ซึ่งส่งผลต่อท่าการเดิน (Piboon, 2022) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในการเคลื่อนไหวของสะโพกในการรับน้ำหนักของขาขณะที่เดิน เป็นสาเหตุให้มีการสะดุด ส่งผลต่อการทรงตัว ทำให้เกิดการหกล้มได้ง่าย

1.5 ระบบทางเดินปัสสาวะ อายุที่มากขึ้น ทำให้ความสามารถในการบีบตัวและความจุของกระเพาะปัสสาวะลดลง หูรูดในอุ้งเชิงกรานทำงานอ่อนกำลัง ทำให้ผู้สูงอายุมี

ปัญหาในการกลั้นปัสสาวะไม่ได้ (urinary incontinence) ในผู้ชายต่อมลูกหมากจะโตขึ้น ทำให้ถ่ายปัสสาวะลำบาก ต้องปัสสาวะบ่อยครั้ง ซึ่งส่งผลทำให้ผู้สูงอายุเข้าห้องน้ำบ่อยขึ้น ความเร่งรีบเข้าห้องน้ำ เป็นเหตุให้เกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่าย (Jongkol, 2019)

1.6 การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทและสมอง ผู้สูงอายุจะมีขนาดสมอง จำนวนเซลล์ประสาทและน้ำหนักสมองลดลง ระบบความคิดและวิเคราะห์ช้าลง การทำหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติลดลง เป็นผลทำให้ผู้สูงอายุมีปฏิกิริยาต่อสิ่งเร้าลดลง รวมทั้งการใช้ออกซิเจนของสมองลดลงจาก หลอดเลือดของสมองเสื่อมหน้าที่เนื่องจากมีภาวะหลอดเลือดแข็งตัวจากอายุที่มากขึ้น มีผลทำให้เกิดอาการหน้ามืด หรือโรคทางสมอง เช่น โรคพาร์กินสัน ทำให้ผู้สูงอายุสูญเสียการทรงตัว เกิดการหกล้มได้ง่ายขึ้น (Jongkol P,2019)

1.7 โรคประจำตัวที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวและการทรงตัว ความเจ็บป่วยจากโรคร่วมต่าง ๆ ของผู้สูงอายุมีผลต่อต่อการเกิดการพลัดตกหกล้ม โดยเฉพาะโรคระบบการไหลเวียนโลหิตและหัวใจ เช่น หัวใจเต้นผิดจังหวะ (arrhythmia) ภาวะหัวใจขาดเลือด (myocardial ischemia) ภาวะเหล่านี้ ส่งผลให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจลดลง ทำให้เลือดไปเลี้ยงสมองไม่พอ ทำให้ผู้สูงอายุเกิดอาการเป็นลม หน้ามืด หกล้มได้ง่าย (Phaongthong, 2021)

1.8 การได้รับยาหลายชนิดพร้อมกัน (polypharmacy) เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีโรคเรื้อรังประจำตัวหลายโรค เป็นผลให้ต้องรับประทานยาหลายชนิดพร้อมกันเพื่อรักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อกันระหว่างยา และผลข้างเคียงหรือเกิดพิษของยาได้ง่าย ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางทำให้เกิดความคิดบกพร่องจึงมีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดพลัดตกหกล้มได้ง่าย ยาที่ใช้ในผู้สูงอายุ ได้แก่ ยาลดความดันโลหิต ส่งผลให้เกิดภาวะความดันโลหิตต่ำขณะเปลี่ยนท่า (postural hypotension) ทำให้ผู้สูงอายุเกิดอาการหน้ามืด วิงเวียนศีรษะ ทำให้เกิดการหกล้มได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงการได้รับยานอนหลับ และยารักษาทางจิตเวชจะทำให้เกิดอาการง่วงซึม เดินเซ กระวนกระวายและสับสน ยาลดระดับน้ำตาลในเลือด อาจทำให้เกิดระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ มีอาการหน้ามืด เป็นลม หมดสติ เกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่ายขึ้น (Training and Medical Education Center, 2019)

2. ปัจจัยด้านพฤติกรรม (behavior factors) ปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีผลต่อการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุมีหลายปัจจัย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระทำของบุคคลหรือการดำเนินชีวิตประจำวัน ได้แก่

2.1 การดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จะมีผลรบกวนการส่งกระแสประสาท และกดระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้การทรงตัวไม่มั่นคง ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของระบบประสาทส่วนกลางลดลงทำให้การคิดและการตัดสินใจไม่ดี มีอาการง่วงซึม ส่งผลให้มีความเสี่ยงสูงในการเกิดการพลัดตกหกล้ม (Phaongthong, 2021)

2.2 การใส่รองเท้าที่ไม่เหมาะสมของผู้สูงอายุ เช่น ส้นรองเท้าสูงเกินไป ทำให้เกิดอาการปวดเมื่อย และเสียสมดุล ใส่รองเท้าคับหรือหลวมเกินไป ส่งผลให้เกิดการพลัดตกหกล้มได้

2.3 เครื่องแต่งกายที่ไม่เหมาะสม ผู้สูงอายุบางรายใส่เสื้อผ้าที่มีขนาดใหญ่ หลวม ยาวและรุ่มร่าม เวลาเดินอาจทำให้สะดุด เกี่ยวดึง ทำให้เกิดการหกล้ม

3. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (environmental risk factors) เป็นปัจจัยเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในบ้าน นอกบ้าน หรือตามที่สาธารณะต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นสิ่งแวดล้อมภายในบ้าน และสิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าน (WHO, 2021) ดังนี้

3.1 สิ่งแวดล้อมภายในบ้าน จากรายงานของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุขระบุว่า ร้อยละ 85 ของผู้สูงอายุที่พลัดตกหกล้มและได้รับบาดเจ็บ เกิดขึ้นภายในบ้าน ซึ่งสิ่งแวดล้อมภายในบ้านมีลักษณะ ดังนี้ (Department of Disease Control, 2020)

3.1.1 พื้นบ้านที่มีลักษณะไม่ปลอดภัย มีการปูพื้นบ้านด้วยกระเบื้องเคลือบ หินขัด หินแกรนิต พื้นไม้ขัดเงา ทำให้เกิดการลื่นได้ง่าย หรือบ้านที่มีพื้นต่างระดับพื้นไม่เรียบ พื้นบ้านที่แตกเป็นร่อง มีเศษตะปู เศษไม้ หรือสิ่งที่ก่อให้เกิดการลื่นหรือสะดุด มีสิ่งกีดขวางทางเดิน เช่น พรมเช็ดเท้าที่ไม่ยึดเกาะ พรมย่นพับ พื้นลื่นจากการที่มีของเหลวหก สิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้สูงอายุมีโอกาสเกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่ายขึ้น

3.1.2 แสงสว่างไม่เพียงพอหรือแสงสว่างจ้าเกินไป ทำให้กล้ามเนื้อดวงตาต้องทำงานหนักเนื่องจากความสามารถในการมองเห็นของผู้สูงอายุลดลง โดยเฉพาะในเวลากลางคืน ทำให้มองเห็นไม่ชัด อาจหกล้มจากการเดินสะดุดหรือเดินชนสิ่งของ ทำให้เกิดการพลัดตกหกล้ม

3.1.3 ไม่มีราวยึดจับบริเวณบันได ผู้สูงอายุบางรายมีอาการสั่น หรือก้าวเท้าพลาดไถลขณะเดินขึ้นลงบันได ทำให้เกิดการพลัดตกหกล้มได้

3.1.4 ห้องน้ำห้องส้วมที่ไม่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ พื้นห้องน้ำห้องส้วมมักจะเปียกตลอดเวลา หรือไม่มีราวยึดเกาะบริเวณห้องส้วม บางห้องส้วมที่นั่งขับถ่ายเป็นแบบที่นั่งยอง ส่วนใหญ่ผู้สูงอายุมักมีปัญหากล้ามเนื้อบริเวณขาไม่แข็งแรง มีการเสื่อมของข้อต่อและเอ็น ทำให้มีปัญหาเวลาลุก อาจเกิดอาการหน้ามืด ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่าย (Department of Disease Control, 2020)

3.1.5 การจัดวางของใช้ที่ไม่เป็นระเบียบขวางทางเดิน รูปแบบเครื่องเรือนที่ไม่เหมาะสมกับสรีระที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้สูงอายุ เช่น ระดับความสูงของโต๊ะ เก้าอี้ เตียงนอน ตู้ ชั้นวางของ หรือเครื่องเรือนมีลักษณะไม่มั่นคงขณะใช้งาน การมีล้อเลื่อน ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่ายขึ้น

3.2 สิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าน มีความสำคัญกับผู้สูงอายุมากเช่นกัน เนื่องจากผู้สูงอายุยังสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกบ้านได้ เช่น การเก็บกวาดใบไม้ การตากผ้า ไปทำธุระนอกบ้าน เป็นต้น สิ่งแวดล้อมภายนอกที่เป็นปัจจัยเสี่ยงทำให้ผู้สูงอายุเกิดการพลัดตกหกล้ม ได้แก่ ทางเท้าและถนนที่ขรุขระ ถนนกำลังซ่อมแซม บริเวณทางเดินนอกบ้านมีน้ำขัง พื้นลื่นหรือเปียก มีหลุมบ่อ บริเวณรอบบ้าน มีสิ่งกีดขวางทางเดิน หรือบริเวณที่มีคนพลุกพล่าน เช่น ตลาดนัด เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มได้ง่าย (Department of Disease Control, 2020)

4. ปัจจัยเสี่ยงด้านเศรษฐกิจและสังคม (socioeconomic risk factors) เป็นปัจจัยเสี่ยงแสดงถึงสถานะทางเศรษฐกิจและสภาพสังคมของผู้สูงอายุที่มีความสัมพันธ์กับการพลัดตกหกล้ม จากการศึกษาของ Training and Medical Education Center (2019) พบว่า ผู้สูงอายุที่อยู่ตามลำพัง โสด หรือมีสถานะหม้าย หย่าร้าง รวมทั้งรายได้น้อย มักเกิดการพลัดตกหกล้มได้ง่ายกว่าผู้สูงอายุที่อาศัยกับครอบครัว รายได้น้อยนำไปสู่การขาดแคลน ทั้งอาหารและการพักผ่อนรวมไปถึงที่อยู่อาศัยที่ไม่เอื้อต่อผู้สูงอายุ ไม่มีงบประมาณเพียงพอในการปรับปรุงภายสภาพภายในและภายนอกบ้าน การขาดแคลนอาหารก่อให้เกิดการขาดสารอาหารที่จำเป็นในผู้สูงอายุ เช่น โปรตีน ทำให้กล้ามเนื้อลดลง แคลเซียม และวิตามิน ทำให้ความแข็งแรงและมวลความหนาแน่นของกระดูกลดลง ทำให้เกิดภาวะโลหิตจาง จึงส่งผลให้ผู้สูงอายุมีหน้ามืดเป็นลมง่ายขึ้น มีความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนทำให้กระดูกหักได้ง่าย ส่งผลต่อการหกล้มได้ง่ายขึ้น และจากการศึกษาของ Worapanwisit, Prabpai and Rosenberg (2018); Chaono and Khunkongme (2022) พบว่า ผู้สูงอายุที่มีการศึกษาชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่าเสี่ยงต่อการหกล้มมากกว่าผู้สูงอายุที่มีการศึกษาสูงกว่า เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องความเข้าใจในเรื่องความรู้ในการดูแลสุขภาพไม่ให้เกิดการพลัดตกหกล้ม

ผลกระทบจากการพลัดตกหกล้ม

ผู้สูงอายุที่เกิดการพลัดตกหกล้ม ส่งผลให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น แขน ขา ศีรษะ ฯลฯ เกิดการกระแทกและมีอาการบาดเจ็บตามมา ส่งผลกระทบต่อตัวผู้สูงอายุและครอบครัวในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านร่างกาย การหกล้มย่อมทำให้เกิดการบาดเจ็บตั้งแต่บาดเจ็บเล็กน้อย เช่น ฟกช้ำ เกิดแผลเนื้อ เยื่อฉีกขาด จนกระทั่งบาดเจ็บรุนแรงถึงขั้นกระดูกหัก โดยเฉพาะกระดูกสะโพกหัก กระดูกสันหลังหัก ซึ่งพบได้ร้อยละ 20-30 หรือสมองได้รับความกระทบกระเทือน ถึงขั้นพิการพบได้ร้อยละ 5-10 และบางรายเสียชีวิต (CDC, 2019) การบาดเจ็บเหล่านี้ ทำให้ผู้สูงอายุบางรายสูญเสียความ สามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน หรืออาจเกิดความพิการหรือทุพลภาพตามมา จากข้อมูลของมูลนิธิสถาบัน วิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย รายงานว่า 1 ใน 5 ของผู้สูงอายุที่หกล้มจะไม่สามารถกลับมาเดินได้ตามปกติ ต้องใช้รถเข็นหรือนอนติดเตียงไปตลอดชีวิต ทำให้ต้องมีคนดูแลตลอดเวลาส่งผลให้เป็นผู้พิการตลอดชีวิต (TGRI, 2020)

2. ด้านจิตใจและสังคม หลังจากหกล้มผู้สูงอายุจะเกิดความกลัวการหกล้มซ้ำ (fear of falling) วิตกกังวล ขาดความมั่นใจในการเดิน และคิดว่าตัวเองมีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว ตลอดจนสูญเสียความมั่นใจในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน หรือการช่วยเหลือตนเองลดลง บางรายรู้สึกอับอาย เสียใจ และรู้สึกว่าตนเองเป็นภาระให้กับบุตรหลานและทำให้ต้องพึ่งพาผู้อื่น ส่งผลให้เกิดความทุกข์ทรมานทางด้านจิตใจ เกิดความเครียด แยกตัว ไม่อยากออกไปทำกิจกรรมนอกบ้าน (Nimit-arnun, Klinhom, Wattakiecharoen & Thipkaew, 2020) ในรายที่เครียดรุนแรง อาจก่อให้เกิดภาวะซึมเศร้าในที่สุด (Belloni, 2021)

3. ด้านเศรษฐกิจ ผู้สูงอายุที่ได้รับบาดเจ็บจากการหกล้มที่ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ส่งผลต่อการเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล จากการประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการรักษาผู้สูงอายุที่ประสบอุบัติเหตุหกล้มต่อหนึ่งครั้ง ประมาณ 1 แสนบาท ในรายที่ต้องจ้างคนดูแลพิเศษจะมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 1,200,000 บาทต่อคนต่อปี (Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute, 2016) ในการศึกษาของประเทศไทยที่โรงพยาบาลเลิดสิน พบว่า ค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้สูงอายุที่มีภาวะกระดูกสะโพกไม่หักรักษาแบบผ่าตัดมีค่าใช้จ่าย 129,091.11 บาทต่อคน และกรณีกระดูกสะโพกหักต้องผ่าตัดมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 239,737.42 บาทต่อคน (Artheeraphan, Srisubat, Jiamton, Jindapol, Boonyai & Tasomboon, 2021) ผู้สูงอายุบางรายต้องรักษาตัวอยู่โรงพยาบาลนาน อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือผลข้างเคียง เช่น แผลกดทับ ข้อกระดูกต่าง ๆ ติดแข็ง หรือเกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจหรือระบบทางเดินปัสสาวะ ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการหยุดงานของบุตรหลาน ค่าเดินทางไปเยี่ยมที่โรงพยาบาล หรือค่าจ้างผู้ดูแลผู้สูงอายุในกรณีที่ต้องกลายเป็นผู้ป่วยติดเตียง เมื่อกลับไปอยู่บ้าน ซึ่งทุกภาวะที่เกิดขึ้นย่อมเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้กับครอบครัวมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การประเมินความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ

การประเมินความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มจะช่วยให้ผู้สูงอายุและครอบครัวรับรู้ความเสี่ยงของตนเอง ดังนั้นจำเป็นที่ผู้สูงอายุทุกรายควรได้รับการตรวจประเมินความเสี่ยงอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อค้นหาปัจจัยเสี่ยงและหาแนวทางในการแก้ไขสาเหตุได้อย่างถูกต้อง ดังนี้

1. ในกรณีที่ผู้สูงอายุเคยมีประวัติหกล้ม ควรซักประวัติในเรื่องการหกล้มที่ผ่านมาอย่างละเอียด เช่น กิจกรรมขณะเกิดเหตุ สถานที่เกิดเหตุและลักษณะสิ่งแวดล้อม ช่วงเวลาที่เกิด นอกจากนี้จำนวนครั้งที่เกิดการหกล้มและลักษณะของการหกล้มรวมทั้งความเกี่ยวเนื่องหรือลักษณะร่วมของการหกล้มที่เกิดขึ้นก็ควรได้รับการสัมภาษณ์โดยละเอียดด้วยเช่นกัน ประวัติในเรื่องการเจ็บป่วยรวมไปถึงยาที่ได้รับ ประวัติเกี่ยวกับประสิทธิภาพการมองเห็น ปัญหาสายตา โรคของสมอง เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสัน หรืออาการของโรคหลอดเลือดสมอง โรคที่เป็นผลให้เลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงสมองลดลง อาการของภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ อาการและประวัติของโรคกล้ามเนื้อหรือไขสันหลังหรือเส้นประสาท ตลอดจนอาการและประวัติของโรคข้อและกระดูก โดยเฉพาะความผิดปกติของข้อเข่าและสะโพกนอกจากนี้อาการผิดปกติและโรคของเท้าที่มีผลต่อการเดินและการยืน เช่น ตาปลา หูด แผลเป็น หรือโครงสร้างของเท้าผิดปกติ เป็นต้น (Institute of Geriatric Medicine, 2021)

2. การตรวจร่างกายและการประเมินความเสี่ยงอื่น ๆ ได้แก่ การวัดความดันโลหิต เพื่อประเมินภาวะความดันโลหิตต่ำขณะเปลี่ยนท่า (postural hypotension) การประเมินการทำหน้าที่ของสมองที่เกี่ยวข้องกับปัญญา การประเมินการมองเห็น เป็นต้น (Institute of Geriatric Medicine, 2021)

3. การใช้เครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงของการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ แบบประเมินที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ Thai Fall Risk Assessment Tool--Thai FRAT ที่พัฒนาโดย ลัดดา เถียมวงศ์และคณะ Thiamwong, Thamarpirat, Maneesriwongul and Jitapunkul (2008) แบบประเมินประกอบด้วย 6 ปัจจัย ได้แก่ เพศ การมองเห็นบกพร่อง การทรงตัวบกพร่อง การใช้ยาบางประเภท ประวัติการหกล้ม และสภาพที่อยู่อาศัย มีคะแนน 0-11 คะแนน ถ้าคะแนนอยู่ในช่วง 4-11 คะแนน แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการหกล้ม

4. การประเมินความผิดปกติในการเดินและการทรงตัว (balance Assessment) ในปัจจุบันมีการประเมินความเสี่ยง

การหกล้มหลายวิธี เช่น 30Second chair stand, 4 stage balance, Berg Balance Scale (Sribudta, 2022) และ Time “Up & Go” test (TUGT) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ คือ การประเมินด้วยการทดสอบการเดินด้วยวิธี Time “Up & Go” test (TUGT) เป็นวิธีที่ใช้ง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษหรือผู้เชี่ยวชาญ ใช้เพียงนาฬิกาจับเวลาและสังเกตท่าเดิน วิธีทดสอบโดยจับเวลาตั้งแต่การลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ เดินเป็นเส้นตรงระยะ 3 เมตร หมุนตัวกลับมานั่งที่เดิม ทำการทดสอบ 3 ครั้ง นำผลของเวลามาเฉลี่ย มีการแปลผลคือ เวลาในการเดินหากน้อยกว่า 10 วินาที คือ เวลาปกติของผู้สูงอายุ หากใช้เวลา 10-19 วินาที แปลผลได้ว่า ผิดปกติเล็กน้อยถึงปานกลาง มีความเสี่ยงต่อการหกล้มเล็กน้อย ถ้าใช้เวลามากกว่า 20 วินาทีแปลผลได้ว่ามีการเคลื่อนไหวที่ลำบาก มีความเสี่ยงในการหกล้มสูง (Ministry of Public Health, 2021)

การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดการพลัดตกหกล้ม จะช่วยให้ผู้สูงอายุและครอบครัวได้รับรู้ความเสี่ยงของตนเอง และร่วมกันหาแนวทางป้องกันและลดปัจจัยเสี่ยงที่สามารถป้องกันได้

การป้องกันการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ

การป้องกันการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุ แก้ไขได้ด้วยการลดปัจจัยเสี่ยง ดังนี้

1. การออกกำลังกายในผู้สูงอายุ ในวัยนี้เน้นการออกกำลังกายแบบป้องกันล้ม โดยฝึกกล้ามเนื้อให้แข็งแรง เพื่อเพิ่มการทรงตัว ควรปฏิบัติ ดังนี้

1.1 การออกกำลังกายเสริมการทรงตัว (balance exercise) ผู้สูงอายุจะสูญเสียระบบที่ช่วยเรื่องการทรงตัวของร่างกาย ได้แก่ การมองเห็น หูชั้นใน หรือกล้ามเนื้อขาและข้อต่อ การออกกำลังเสริมการทรงตัวจะช่วยให้ร่างกายทรงตัวได้ดีขึ้น เป็นการออกกำลังกายที่ฝึกการทรงตัวและสมรรถภาพในการเดิน จะช่วยป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุ วิธีการฝึกออกกำลังกายพื้นฐานเพื่อเพิ่มการทรงตัว เช่น การยืนทรงตัวขาเดียว การเดินต่อเท้าเป็นเส้นตรง การเดินเป็นวงกลมหรือรูปเลขแปด สามารถทำช่วงเวลาหรือสถานที่ใดก็ได้ และทำได้บ่อยตามที่ต้องการ (Piboon, 2022)

1.2 การออกกำลังกายเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (strength exercise) เป็นการออกกำลังกายที่เพิ่มความแข็งแรงและมวลของกล้ามเนื้อ ทำให้เดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาของ Raj et al. (2020) พบว่า ไทชิ (Tai Chi) เป็นการออกกำลังกายที่ได้ประสิทธิผลในเรื่องของการทรงตัว เพราะผู้สูงอายุจะได้ฝึกการรักษาสมดุล เน้นการเคลื่อนไหวแขน ขา ลำตัว ประสานกับการรับรู้ การจัดระเบียบร่างกายและการหายใจ การออกกำลังกายด้วยไทชิ ควรทำจำนวน 8 ท่า 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เมื่อฝึกจนเกิดการปรับตัวก็สามารถนำมาใช้ในการปรับการทรงตัวในการเดินในชีวิตประจำวันได้ หรือการใช้แรงต้านในการบริหารกล้ามเนื้อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น เช่น การยก ดรัมเบล ขวดน้ำหรือตุ้มถ่วงน้ำหนัก ค่อย ๆ ทำและค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนัก ทำท่าละ 8-10 ครั้ง 2 รอบต่อวันหรือ 150 นาทีต่อสัปดาห์ และทำอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น (Vorvick, 2018)

1.3 Aerobic Exercise เป็นการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น การวิ่ง ปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ ซึ่งล้วนเป็นการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ทั้งยังกระตุ้นให้เกิดการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ทำให้หัวใจสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้ดี สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ดีขึ้น สำหรับผู้สูงอายุที่ไม่สามารถวิ่ง ปั่นจักรยาน หรือว่ายน้ำได้ ให้เลือกการเดิน โดยต้องเดินต่อเนื่องติดต่อกัน 10 นาที หากเหนื่อยก็พัก และเดินต่อจนครบ 30 นาที

2. การใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน หมายถึง อุปกรณ์ที่นำมาช่วยในการพยุงร่างกายเพื่อให้สามารถเดินได้ดีขึ้น เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุในกลุ่มที่มีปัญหาในการทรงตัวและปัญหาในการเดิน อุปกรณ์ช่วยเดินมีหลายประเภท เช่น โครงเหล็กช่วยเดิน (walker frame) ไม้ค้ำยัน (crutches) และไม้เท้า (cane) แต่ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่นิยมใช้อุปกรณ์เหล่านี้ หรือถ้าใช้ ก็ใช้ไม่เหมาะสมหรือใช้ผิดวิธี โดยเฉพาะการใช้ไม้เท้า ทำให้เกิดผลเสียเช่น เพิ่มโอกาสหกล้ม ซึ่งถ้าผู้สูงอายุฝึกการใช้อุปกรณ์ช่วยเดินอย่างถูกต้อง และเหมาะสม สามารถช่วยเพิ่มความมั่นคงในการทรงตัวและการเดิน เพื่อลดอัตราการหกล้มได้ (Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute, 2016)

3. การปรับสภาพแวดล้อมภายในและภายนอก

บ้าน ช่วยลดความเสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้ม ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ใช้ชีวิตอยู่ในบ้าน จึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนบ้านทั้งหลัง ใช้วิธีการปรับปรุงพื้นที่เพียงบางส่วน ได้แก่ พื้นบ้านควรเป็นพื้นเรียบเท่ากัน ไม่ควรขัดเงา ถ้ามีลวดลายควรให้ผิวสัมผัสรู้สึกหยาบเพื่อป้องกันการลื่น (Rachmee, 2022) พื้นห้องน้ำควรเป็นพื้นที่เรียบเสมอกัน แยกส่วนแห้งและส่วนเปียก พื้นผิวในห้องน้ำควรมีผิวสัมผัสที่หยาบ ควรมีราวจับเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตรบริเวณโถส้วมแบบชักโครกหรือที่อาบน้ำ ควรมีเก้าอี้พลาสติกหรือที่นั่งสำหรับอาบน้ำ วางสุขภัณฑ์อยู่ในตำแหน่งที่ใช้งานง่ายไม่สูงเกินไป บันได ควรติดตั้งราวบันไดเพื่อสะดวกต่อการยึดเกาะเวลาขึ้นลงบันได บันไดไม่ควรชันมากเกินไป บริเวณบันไดไม่ควรวางสิ่งของกีดขวาง ควรมีแสงสว่างเพียงพอตลอดแนวบันได ห้องนอนควรอยู่ชั้นล่างของบ้าน ความสูงของเตียงอยู่ในระดับที่ผู้สูงอายุนั่งแล้วสามารถวางเท้าได้ถึงพื้นในระดับตั้งฉากกับพื้น ข้างเตียงมีราวจับ มีหน้าต่างอากาศถ่ายเทสะดวก (Nursing Department Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital, 2019) ส่วนเรื่องแสงสว่าง ควรจัดให้มีแสงสว่างเพียงพอทั้งในบ้านและนอกบ้าน โดยเฉพาะบริเวณทางเดิน บันได และในห้องน้ำ ควรมีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง 100 ลักซ์ ในห้องนอนมีค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง 50 ลักซ์ (Institute of Geriatric Medicine, 2021)

4. ปรับการเคลื่อนไหวให้ช้าลง ในการเปลี่ยนท่าจากการนอนเป็นการนั่ง ท่านั่งเป็นท่ายืนหรือ ท่ายืนเป็นการเดิน ต้องยึดเกาะราวหรือสิ่งที่มั่นคง หลีกเลี่ยงการเอียงศีรษะ การก้มเก็บของบนพื้น หรือการหยิบของจากชั้นหรือตู้วางของที่มีความสูงเกินเอื้อมถึง

5. สวมใส่เสื้อผ้าและรองเท้าที่พอดี ไม่คับหรือหลวมเกินไป รองเท้าสำหรับผู้สูงอายุควรส้นเตี้ยขอบมนหน้ากว้างเคลื่อนไหวนิ้วเท้าได้ พื้นรองเท้ามีดอกยาง พื้นรองเท้าด้านหน้าเชิดเล็กน้อยเพื่อกันสะดุด ส่วนเสื้อผ้าควรใส่พอดีตัว ความยาวกางเกงไม่ควรยาวเลยข้อเท้า เพราะอาจทำให้สะดุดล้มได้ง่าย

6. การรับประทานยาตามแผนการรักษาของแพทย์ พร้อมสังเกตอาการผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น ไม่ควรซื้อยารับประทานเอง เพราะอาจเกิดปัญหาจากผลข้างเคียงหรือฤทธิ์ของยา เช่น ง่วง ซึม และสับสน ทำให้เกิดการพลัดตกหกล้มได้ (Nursing Department Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital, 2019)

7. ลดหรืองดการดื่มแอลกอฮอล์ซึ่งการดื่มแอลกอฮอล์ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่ต่าง ๆ บกพร่อง เช่น เสียการทรงตัว จะทำให้เสี่ยงต่อการพลัดตกหกล้มได้ง่ายขึ้น

บทสรุป

การพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญและพบอุบัติการณ์เพิ่มขึ้นทั่วโลก เนื่องจากจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น ภาวะหกล้มเป็นหนึ่งในกลุ่มอาการสูงอายุ (geriatric syndrome) สาเหตุของการพลัดตกหกล้มมีปัจจัยเสี่ยง 4 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยเสี่ยงด้านชีวภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงร่างกาย รวมไปถึงโรคร่วมและการใช้ยาหลายชนิดพร้อมกัน ทำให้เกิดข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหวและการทรงตัวที่ผิดปกติ ด้านพฤติกรรมได้แก่ การดื่มแอลกอฮอล์ซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนไหว การแต่งกายไม่เหมาะสมทั้งเสื้อผ้าและรองเท้า ด้านสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกบ้าน ที่ไม่เอื้อต่อผู้สูงอายุ ส่วนด้านเศรษฐกิจและสังคมได้แก่การพักอาศัยตามลำพัง ระดับการศึกษาและรายได้ เมื่อผู้สูงอายุเกิดการพลัดตกหกล้ม ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีผลต่อร่างกายของผู้สูงอายุโดยตรง ได้แก่ การบาดเจ็บเล็กน้อย กระดูกหัก ความพิการ สูญเสียความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือบาดเจ็บรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต ผลเสียทางด้านจิตใจและสังคม เช่น กลัวการหกล้มซ้ำ ไม่กล้าออกไปทำกิจกรรมนอกบ้าน เกิดความเครียดและแยกตัว บางรายเกิดภาวะซึมเศร้า ผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจของครอบครัว และภาพรวมทั้งประเทศจากค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการรักษาในโรงพยาบาล การขาดรายได้จากการลาหยุดงานของบุตรหลาน ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปเยี่ยมที่โรงพยาบาล อาจรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้ดูแลในกรณีที่ผู้สูงอายุกลายเป็นผู้ป่วยติดเตียง ซึ่งการป้องกันการเกิดการพลัดตกหกล้มจึงเป็นสิ่งสำคัญ การลดปัจจัยเสี่ยงเพื่อป้องกันการหกล้มด้วยการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและเพิ่มการฝึกการทรงตัว การปรึกษาแพทย์ในเรื่องการใช้ยา การลดพฤติกรรมเสี่ยงและการจัดสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกบ้าน เพื่อให้เอื้อต่อผู้สูงอายุ จึงจำเป็นต้องร่วมมือกันทั้งตัวผู้สูงอายุและครอบครัว เพื่อให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดี

References

Artheeraphan, J., Srisubat, A., Jiamton, C., Jindapol, C., Boonyai, R., & Tasomboon, W. (2021). Cost-effectiveness of refracture prevention program for fractured hip patients in Lerdsin Hospital. *Journal of Health Systems Research.15*(3), 326-43. (in Thai)

Bakhtiyari, M., Emaminaeini, M., Hatami, H., Khodakarim, S., & Sahaf, R. (2017). Depression and perceived social support in older people. *Salmand: Iranian Journal of Ageing, 12*(2), 192–207. http://salmandj.uswr.ac.ir/article-1-1157-en.html

Belloni, G., Büla, C., Santos-Eggimann, B., Henchoz, Y., Fustinoni, S., & Seematter-Bagnoud, L. (2021). Is fear of falling associated with incident disability? a prospective analysis in young-old community-dwelling adults. *Journal of the American Medical Directors Association, 22*(2), 464–467.e4. https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.05.051

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2008). *Preventing falls: How to develop community-based fall prevention programs for older adult*. Retrieved from https://stacks.cdc.gov/view/cdc/11477

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2019). *Older adults fall*. Retrieved from https://www.cdc.gov/homeandrecreationalsafety/falls/index.html

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2023). *Nonfatal and fatal falls among adults aged ≥65 years united states, 2020–2021*. Retrieved from https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/72/wr/pdfs/mm7235a1-H.pdf.

Chaono, S., & Khunkongme, P. (2022). Factors affecting risk of falls of elderly in responsible area of taksin primary care cluster, Mueang District, Tak Province. *Lanna Public Health Journal, 18*, 31-44. (in Thai)

Department of Disease Control. (2020). *Seniors are safe from falling during COVID-19*. Retrieved from http://www.thaincd.com/2016/media.php?tid=&gid=1-015&searchText=&pn=2 (in Thai)

Department of Disease Control. (2022). *Fall data*. Retrieved from https://ddc.moph.go.th/dip/news.php?news=23567&deptcode=#:~:text (in Thai)

Department of Older Persons (DOP). (2021). *Falls in older adults*. Retrieved from https://www.dop.go.th/th/know/15/548 (in Thai)

Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute (TGRI). (2016). *Anti-falls drug: A guide to preventing falls in older adults*. Retrieved from https://thaitgri.org/?p=39085 (in Thai)

Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute (TGRI). (2020). *12 exercises for the elderly to prevent falls*. Retrieved from https://thaitgri.org/?p=39085 (in Thai)

Florence, C. S., Bergen, G., Atherly, A., Burns, E., Stevens, J., & Drake, C. (2018). *Medical costs of fatal and nonfatal falls in older adults*. Retrieved from https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29512120/.

Institute of Geriatric Medicine. (2021). *Medical practice guidelines for preventing and evaluating falls in the elderly*. Retrieved from http://agingthai.dms.go.th/agingthai/wp-content/uploads/2021/01/book_9.pdf (in Thai)

Jinda, T. (2021). *Effects of cluster set resistant training on muscular function and balance in elderly*. (Master's thesis). Chulalongkorn University. Bangkok (in Thai)

Lecktip, C., Woratanarat, T., Bhubhanil, S., & Labmanee, S. (2019). Risks factors for falls in elderly. *Journal of Medicine and Health Sciences, 26*(1), 85-103. (in Thai)

Ministry of Public Health. (2021). *Handbook of screening and health assessment for the elderly 2021*. Retrieved from http://www.tako.moph.go.th/takmoph2016/file_download/file_20210129131952.pdf. (in Thai)

Nimit-arnun, N., Klinhom, W., & Wattakiecharoen, J. (2020). The development of fall prevention model of the elderly through community participation. *Journal of The Royal Thai Army Nurses, 21*(2), 389-399. (in Thai)

Nursing Department Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital. (2019). *Caring for the elderly safe from falls*. Retrieved from https://w2.med.cmu.ac.th/nd/files/2019/09/109593 (in Thai)

Phaongthong, N. (2021). *Factors influencing falls prevention behavior among the elderly in Thapthan District Uthaithani Province* (Master's thesis). Naresuan University. Phitsanulok (in Thai)

Piboon, K. (2022). *The effects of multifactorial fall prevention program on balance, physical fitness, and fear of falling among community-dwelling older adults* (Research report). Chon Buri: Burapha University. Retrieved from https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/3675/3/2563_169.pdf. (in Thai)

Rachmee, W. (2022). *Factors affecting falling and falling in elderly health region 6 (Research report). Chonburi: Department of Health*. Retrieved from https://hpc6.anamai.moph.go.th/th/cms-of-15/download/?did=213400&id=91524&reload= (in Thai)

Raj, N. B., Lee, W. Z., Eswaramoorthi, V., Razali, Othman, N. Y. H., & Rao, U. S. (2020). Exercise program for reducing the risk of falls in elderly: A review. *Research Journal of Pharmacy and Technology, 13*(6), 2977-2984. doi: 10.5958/0974-360X.2020.00527.2

Sribudta, N. (2022). *Effect of the self-efficacy enhancement program with the applied Fon Jerng Dance on falls prevention behaviors and balance among elderly in Prae Province* (Master's thesis). Naresuan University. Phitsanulok (in Thai)

Thailand Information Center for Civil Rights and Investigative Journalism (TCIJ). (2019). *Elderly "fall and fall" emergency treatment 140 people/day and 3 death/day*. Retrieved from https://www.tcijthai.com/news/2019/08/scoop/9641. (in Thai)

Thiamwong, L., Thamarpirat.J., Maneesriwongul, W., & Jitapunkul, S. (2008). Thai falls risk assessment test (Thai-FRAT) developed for community-dwelling Thai elderly. *Journal of the Medical Association of Thailand, 91*(2), 1823-32. (in Thai)

Training and Medical Education Center. (2019). *The effectiveness of preparation and fall prevention programs in elderly* (Research report). Ratchaburi: Department of Health. Retrieved from https://apps.hpc.go.th/dmkm/web/uploads/2020/036008-20200317143424/b4d55b3ad74a37143daf28575f182905.pdf (in Thai)

Worapanwisit, T., Prabpai, S., & Rosenberg, E. (2018). Correlates of falls among community-dwelling Elderly in Thailand. *Journal of Aging Research, 2018*, 8546085. https://doi.org/10.1155/2018/8546085

United Nations. (2022). *World population prospects 2022: Summary of results*. Retrieved from https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd_2022_wpp_key-messages.pdf

Vorvick, L. (2022). *Exercises to help prevent falls*. Retrieved from https://medlineplus.gov/ency/patientinstructions/000493.htm

World Health Organization (WHO). (2011). *WHO global report on falls prevention in older age*. Geneva: WHO Press.

World Health Organization (WHO). (2021). *Falls*. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls

World Health Organization (WHO). (2021). *Step safely: Strategies for preventing and managing falls across the life-course*. Geneva: World Health Organization.

สถานการณ์สุขภาพผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง: ความท้าทายของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล

The Health Situation of Dependent Elderly: the Challenges for Nursing Professionals

อุทัยวรรณ พงษ์บริบูรณ์[1] กุศล กีบาง[1] สายฝน กันธมาลี[1] และวนิดา แพร่ภาษา[1]
Uthaiwan Pongboriboon[1], Kusol Keebang[1], Saifon Kanthamalee[1] and Wanida Phraephasa[1]
[1]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Nursing, Eastern Asia University
Received: November 30, 2023
Revised: January 8, 2024
Accepted: January 15, 2024

บทคัดย่อ

สถานการณ์การก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุของประเทศไทยในปัจจุบัน ส่งผลให้ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย พร้อมกับสถานการณ์สุขภาพความเจ็บป่วยในด้านภาวะสมองขาดเลือด โรคเรื้อรังร่วม ภาวะสมองเสื่อม และภาวะชราภาพ การจัดการดูแลกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงให้สามารถดำรงชีวิตอย่างมีความสุข จึงเป็นความท้าทายของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงความท้าทายของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการที่จะขับเคลื่อนกระบวนการในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง เพื่อการก้าวข้ามสู่การจัดการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ทั้งนี้ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่จัดการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงมีบทบาทหลัก คือ ผู้วางแผน ผู้ปฏิบัติ ผู้ประสานงาน ผู้นำ ผู้ให้การปรึกษา และผู้พิทักษ์สิทธิ์ ซึ่งในการจัดการดูแลจะพบปัญหาคือ (1) บุคลากรไม่เพียงพอ (2) ขาดความร่วมมือในการเตรียมความพร้อม (3) ขาดการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ และทักษะที่จำเป็น (4) ขาดความพร้อมในเชิงนโยบาย (5) ขาดความเชื่อมโยงระบบข้อมูล (6) ขาดการประสานงานระหว่างหน่วยงาน (7) งบประมาณที่ไม่เอื้อต่อการดำเนินงาน และ (8) ปัญหาที่ส่งผลต่อตัวผู้ดูแล ซึ่งการที่จะก้าวข้ามปัญหาเหล่านี้ให้ได้ ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลจะต้องจัดการดูแลและแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยตัวของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลเอง ผ่านบุคคลและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง และการจัดการผ่านนโยบายที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในระยะยาว

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล บทบาทของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล

Abstract

In the current situation of the aging society of Thailand, the elderly population is continuously increasing. As a result, the number of dependent elderly has increased along with the health situation, such as illness from cerebral ischemia, chronic co-morbidities, dementia, and elderliness. Care management for dependent elderly people to have happy lives is a challenge for nursing professionals. This article aims to point out the move towards efficient and effective care for the dependent elderly. In this regard, nursing professionals who provide care for the dependent elderly have the following main roles: planner, implementer, coordinator, leader, counselor, and right defender. The problems in care management for dependent elderly consist of: (1) insufficient personnel; (2) lack of cooperation in preparation; (3) transferring knowledge, understanding, and necessary skills; (4) policy unpreparedness; (5) data system disconnection; (6) inter-agency coordination deficiencies; (7) budgetary constraints; and (8) caregiver-related issues. To overcome these challenges, nursing professionals must navigate through their own capacity, through individuals and relevant environments, and through policies. This is essential to leading to efficient and effective care for dependent elderly individuals in the long term.

Keywords: dependent elderly, nursing professionals, the role of nursing professionals

บทนำ

การก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุของประเทศไทยอย่างเต็มรูปแบบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ได้นำประเทศไปสู่การปรับเปลี่ยนในหลาย ๆ ด้าน ทั้งทางด้านการบริหาร เศรษฐกิจ และสังคมโดยรวม ซึ่งสถานการณ์การเพิ่มจำนวนของผู้สูงอายุในประเทศไทยนี้ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2565 จากข้อมูลของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (Department of Provincial Administration, 2022) ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่า จากจำนวนประชากรทั้งประเทศ 66,090,475 คน มีจำนวนผู้สูงอายุมากถึง 12,698,362 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 19.21 จากประชากรทั้งหมด ซึ่งเมื่อแบ่งตามช่วงอายุของผู้สูงอายุแล้ว ช่วงอายุ 60-69 ปี มีจำนวน 7,120,271 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 56.07 และเป็นช่วงอายุที่มีจำนวนมากที่สุด ส่วนช่วงอายุ 70-79 ปี มีจำนวน 3,743,466 คน คิดเป็นร้อยละ 29.48 และอายุ 80 ปีขึ้นไป มีจำนวน 1,834,625 คน คิดเป็นร้อยละ 14.45 ทั้งนี้จำนวนผู้สูงอายุจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปีและเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยคาดการณ์ว่าสัดส่วนผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.86 ใน ปี พ.ศ. 2565 อย่างต่อเนื่อง และในปี พ.ศ. 2585 จะเพิ่มเป็นร้อยละ 31.44 (Department of Older Persons, 2023)

สถานการณ์ของผู้สูงอายุที่เกิดขึ้น จึงทำให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต่างหันมาให้ความสนใจ และพยายามที่จะดำเนินการต่าง ๆ เพื่อรองรับความเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นตามมา เพราะผู้สูงอายุจะเป็นกลุ่มประชากรที่มีความเปราะบาง มีความเสี่ยงด้านสุขภาพ เศรษฐกิจ และสังคม นอกจากนี้ยังมีผู้สูงอายุส่วนหนึ่งจากจำนวนผู้สูงอายุทั้งหมดที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีปัญหาด้านสุขภาพจากเหตุของความชรา ที่ทำให้เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะต่าง ๆ ต้องเสื่อมลงตามธรรมชาติ (Decharatanachart & Kochakote, 2022) หรือจากโรคเรื้อรัง ที่มีสาเหตุจากโรคไม่ติดต่อต่าง ๆ ส่งผลให้นำไปสู่ภาวะที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ หรือที่เรียกว่า “ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง” ผู้สูงอายุกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มที่ติดบ้านและติดเตียง และ

ต้องการการดูแลในระยะยาว ทั้งนี้ภาครัฐได้มีการกำหนดนโยบายในการดูแลผู้สูงอายุให้ได้รับบริการอย่างทั่วถึง ตามภารกิจของกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงมหาดไทย และกระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามการดำเนินงานต่าง ๆ โดยเฉพาะในด้านการดูแลสุขภาพของกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง กลับพบว่า บุคลากรหรือผู้เกี่ยวข้องในการดูแลส่วนใหญ่ยังมีไม่เพียงพอ ขาดการสนับสนุนอย่างจริงจังทั้งในเชิงนโยบายและทรัพยากร ขาดการมีส่วนร่วมจากผู้เกี่ยวข้อง และยังขาดองค์ความรู้ทางด้านสหวิชาชีพและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ โดยเฉพาะการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในช่วงเริ่มต้นก่อนที่จะส่งต่อให้ครอบครัวและชุมชนรับช่วงต่อนั้น จะเป็นบทบาทหลักของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล (Chianwichai, 2023) ที่จะต้องทำหน้าที่วางแผนการดูแล ปฏิบัติการพยาบาล ประสานงาน เป็นผู้นำให้การปรึกษา และพิทักษ์สิทธิ์ของผู้สูงอายุ ดังนั้นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงจึงจำเป็นต้องใช้พยาบาลวิชาชีพที่มีความรู้ทักษะ และความสามารถที่หลากหลายในการจัดการดูแลที่เหมาะสม สามารถปฏิบัติหน้าที่ร่วมกับสหวิชาชีพและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงได้รับการดูแลที่เหมาะสมและสามารถช่วยเหลือตนเองได้มากที่สุด

บทความวิชาการฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะชี้ให้เห็นถึงความท้าทายของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล ในการที่จะขับเคลื่อนกระบวนการในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งอยู่ในภาวะที่มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่กระบวนการรองรับและสนับสนุนต่าง ๆ นั้น อาจกล่าวได้ว่ายังต้องการการสนับสนุนและพัฒนาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น จึงเป็นบทบาทของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่จะต้องพัฒนาก้าวตามความท้าทายในเรื่องนี้ให้เท่าทันหรือนำหน้าการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง เพื่อการมีสุขภาวะที่ดีของผู้สูงอายุในกลุ่มนี้ต่อไป

จำนวนผู้สูงอายุแบ่งตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	จำนวนผู้สูงอายุ (คน)	ร้อยละ	ชาย (คน)	หญิง (คน)
60 - 69 ปี	7,120,271	56.07%	3,258,558	3,861,713
70 - 79 ปี	3,743,466	29.48%	1,635,323	2,108,143
80 ปีขึ้นไป	1,834,625	14.45%	728,193	1,106,432

ภาพ 1 สถิติผู้สูงอายุในไทย ปีพ.ศ. 2565

Note. From *Provincial population statistics* by Department of Provincial Administration, 2022, retrieved from http://stat.bora.go.th/StatMIS/#/ReportStat/3

ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง หมายถึง บุคคลที่มีอายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป และเป็นผู้ที่สูญเสียความสามารถในการประกอบกิจวัตรประจำวัน ต้องได้รับการช่วยเหลือจากผู้ดูแลที่มีทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถในการดูแล (Songsri, Phothithakool, Songsri, Namburi & Punyathorn, 2020) โดยการแบ่งกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงนี้ จะใช้แบบประเมินดัชนีบาร์เธล (Barthel index) เพื่อประเมินความสามารถในการประกอบกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุ (Activities of Daily Living--ADL) ตั้งแต่การกินอาหาร การลุกนั่ง การเข้าห้องน้ำ การอาบน้ำ การสวมใส่เสื้อผ้า การแต่งตัว การขึ้นลงบันได การเคลื่อนที่ภายในบ้าน การกลั้นปัสสาวะ และการกลั้นอุจจาระ (Chirawatkul, 2019) ซึ่งใช้ระบบการให้คะแนนจากคำตอบในแต่ละข้อคำถาม (ตัวแปร) จำนวน 10 ข้อ เพื่อแบ่งระดับของการพึ่งพิง และผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีคะแนนรวมอยู่ระหว่าง 0-20 คะแนน ซึ่งจะแสดงถึงระดับการพึ่งพิงของผู้สูงอายุ โดยคะแนน ADL 0-4 คะแนน หมายถึง ระดับการพึ่งพิงโดยสมบูรณ์ 5-8 คะแนน หมายถึง ระดับการพึ่งพิงค่อนข้างมาก 9-11 คะแนน หมายถึง ระดับการพึ่งพิงปานกลาง และ 12-20 คะแนน หมายถึง ระดับที่ยังไม่ต้องพึ่งพิง (National Health Security Office, 2019) กระทรวงสาธารณสุขได้มีการแบ่งผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มติดสังคม มีคะแนน ADL 12-20 คะแนน (2) กลุ่มติดบ้าน มีคะแนน ADL 5-11 คะแนน และ (3) กลุ่มติดเตียง มีคะแนน ADL 0-4 คะแนน ส่วน สปสช. ตามคู่มือระบบการดูแลระยะยาวด้านสาธารณสุขในหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2559 ได้แบ่งผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน จะเป็นผู้สูงอายุที่สามารถดูแลตนเองและช่วยเหลือตนเองได้บ้าง มีผลรวมคะแนน ADL อยู่ในช่วง 5-11 คะแนน และ (2) ผู้สูงอายุกลุ่มติดเตียง จะเป็นผู้สูงอายุที่พึ่งตนเองและช่วยเหลือตนเองไม่ได้ มีความพิการหรือทุพพลภาพ มีผลรวมคะแนน ADL อยู่ในช่วง 0-4 คะแนน (Chirawatkul, 2019; National Health Security Office, 2019; Sawatphon & Srisuraphol, 2022)

ในด้านสาเหตุที่ผู้สูงอายุต้องตกอยู่ในภาวะพึ่งพิงนั้น จะมีลักษณะเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และเมื่อพิจารณาสาเหตุเหล่านั้น พบว่า มีลักษณะของการเจ็บป่วยจากการเป็นโรคต่าง ๆ ภาวะสมองเสื่อม และภาวการณ์เสื่อมถอยของอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 4 สาเหตุสำคัญ (Sihapark, Chuengsatiansup & Tengrang, 2016; Timonen, Lolich, 2020; Faronbi,Akinyoola & Faronbi, 2021) ได้แก่

1) ภาวะสมองขาดเลือด (stroke) โดยมีสาเหตุมาจากการที่ผู้สูงอายุป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง ส่งผลให้เกิดภาวะสมองขาดเลือด และนำไปสู่การเป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ที่ต้องได้รับการดูแลในระยะยาวในที่สุด

2) โรคเรื้อรังร่วม ทั้งนี้พบว่า มากกว่า 2 ใน 5 ของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงระยะยาวมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง

3) ภาวะสมองเสื่อม โดยผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมจากการวินิจฉัยโดยแพทย์ ซึ่งเมื่อปรากฏอาการสมองเสื่อมอย่างชัดเจนแล้ว จะกลายเป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

4) การเป็นผู้สูงอายุที่อยู่ในวัยปลาย คือ มากกว่า 80 ปี ซึ่งพบว่า 1 ใน 9 ต้องประสบกับปัญหาความอ่อนแอของร่างกาย และความเสื่อมของระบบประสาทสัมผัส โดยเฉพาะการมองเห็น เป็นภาวะชราภาพซึ่งทำให้ต้องตกอยู่ในภาวะที่ต้องการการพึ่งพิง

สำหรับประเทศไทยนั้น เมื่อเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แล้ว ภาครัฐได้มีการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ เพื่อรองรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ทั้งในด้านการกำหนดนโยบาย การปรับโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน การสนับสนุนทรัพยากร และการขับเคลื่อนแผนงานในมิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผ่านการดำเนินงานตามนโยบายต่าง ๆ เช่น พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560 แผนปฏิบัติการด้านผู้สูงอายุระยะที่ 3 (พ.ศ. 2566-2580) กองทุนหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เป็นต้น นอกจากนี้ภาคเอกชนก็ได้เห็นความสำคัญและเข้ามามีส่วนร่วมกับการดำเนินงานด้วยเช่นกัน การดำเนินงานต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สามารถดำรงชีวิตได้ตามความเหมาะสม ซึ่งกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้รับผลจากการดำเนินงานต่าง ๆ ดังกล่าว สำหรับการขับเคลื่อนที่สำคัญที่ส่งผลให้ผู้สูงอายุที่อยู่ใน

ภาวะพึ่งพิงมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งหน่วยงานภาครัฐจะเป็นหน่วยงานหลักในการดำเนินงาน (Sawatphon & Srisuraphol, 2022) ประกอบด้วยหน่วยงานหลักดังต่อไปนี้

กระทรวงสาธารณสุข สปสช. กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ และกระทรวงมหาดไทย ซึ่งแต่ละหน่วยงานจะดำเนินงานตามบทบาทของตน การดำเนินงานของหน่วยงานข้างต้น เป็นการทำหน้าที่ที่สอดรับประสานกันในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งจะมีหน่วยงานภาคเอกชนเข้ามาร่วมสนับสนุนในการจัดกิจกรรม ให้สามารถรับมือกับสถานการณ์ของจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

สถานการณ์สุขภาพผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงของประเทศไทยจะมีสถานการณ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ของผู้สูงอายุโดยรวม ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 5 ประการ (National Health Security Office, 2019) คือ (1) ความเจริญทางการแพทย์ ส่งผลให้ผู้ป่วยวิกฤตมีชีวิตรอดมากขึ้น แต่ก็ทำให้กลายเป็นผู้ป่วยภาวะพึ่งพิงมากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ (2) ขนาดของครอบครัวที่เล็กลง และมีการเคลื่อนย้ายแรงงานเข้าสู่เมืองหรือต่างจังหวัด ส่งผลให้ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงต้องดูแลตนเองหรือขาดผู้ดูแล (3) สถานพยาบาลจะเน้นการดูแลผู้ป่วยระยะเฉียบพลัน (acute care) จนพ้นขีดอันตราย แต่ผู้ป่วยบางรายยังต้องการดูแลสุขภาพอย่างต่อเนื่องเพื่อให้กลับมาใช้ชีวิตได้ตามปกติ โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ซึ่งการดูแลในลักษณะดังกล่าวยังขาดความชัดเจนและมาตรฐานในการดำเนินงานจากสถานพยาบาล (4) ระบบการดูแลสุขภาพต่อเนื่องที่บ้าน (Continuity of Care--COC) ของกลุ่มผู้สูงอายุที่อยู่ในระยะพึ่งพิงยังขาดความชัดเจนในด้านมาตรฐานและคุณภาพในการดูแล และ (5) ระบบบริการปฐมภูมิยังมีข้อจำกัดในด้านบุคลากรทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ คือ ไม่เพียงพอ ขาดความรู้และทักษะ ขาดการสนับสนุนด้านอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่เพียงพอในการดูแลต่อภายในระดับครอบครัว และขาดการเชื่อมโยงข้อมูลในการดูแลที่ต่อเนื่อง ทั้ง 5 ประการนี้ ประเด็นที่ 5 ในด้านบุคลากรที่จะทำหน้าที่รับช่วงต่อจากสถานพยาบาลจะเป็นประเด็นสำคัญที่ท้าทายผู้เกี่ยวข้องมากที่สุด เพราะเป็นประเด็นที่จะช่วยให้ประเด็นอื่น ๆ ที่เป็นการขับเคลื่อนเชิงนโยบายสามารถดำเนินการต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง และส่งผลต่อสถานการณ์สุขภาพของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่เจ็บป่วยจากการเป็นโรคต่าง ๆ คือ ภาวะสมองขาดเลือด โรคเรื้อรัง ส่วนภาวะสมองเสื่อมและภาวะเสื่อมถอยของอวัยวะต่าง ๆ จากความชรา

ทั้งนี้การดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงนั้น จะเป็นการดูแลในระยะยาว (Long-Term Care--LTC) เป็นหลัก เนื่องจากต้องดำเนินการกับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในระดับพึ่งพิงโดยสมบูรณ์จนถึงระดับพึ่งพิงปานกลาง (ADL 0-11 คะแนน) เป็นกลุ่มติดบ้านและติดเตียง ซึ่งมักเป็นการดูแลบริการการฟื้นฟูสมรรถภาพ การพยาบาล การช่วยเหลือในชีวิตประจำวัน (National Health Security Office, 2019) เป็นต้น โดยมีการจัดทำเป็นระบบการดูแลระยะยาวด้านสาธารณสุขสำหรับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในพื้นที่ ซึ่งทางกระทรวงสาธารณสุข สำนักงานกองทุนหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมดำเนินงาน และมีการจัดทำแผนการดูแล (care plan) ให้กับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในแต่ละพื้นที่ ซึ่งแผนการดูแลนี้เป็นการบริหารจัดการที่ประกอบไปด้วยผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย เช่น ผู้จัดการการดูแล ผู้ดูแล เป็นต้น แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 12 เขตสุขภาพ สำหรับในปี พ.ศ. 2565 จากจำนวนผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่อยู่ในการดูแลของท้องถิ่นทั้ง 12 เขตสุขภาพ จำนวน 397,503 คน จะมีผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่ได้รับการดูแลตาม care plan คิดเป็นร้อยละ 93.44 (Department of Health, 2022)

ทั้งนี้การดูแลในระยะยาว หรือ LTC ของประเทศไทยเป็นการบริการสาธารณสุขและบริการสังคมที่จัดให้กับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน และภาครัฐมีแนวทางในการจัดการอย่างเป็นระบบ แต่อย่างไรก็ตามผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงตามระบบ LTC เหล่านี้ นับเป็นเพียงส่วนหนึ่งของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งกลุ่มที่ยังมิได้เข้าสู่ระบบยังมีอีกเป็นจำนวนมากและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และกลุ่มนี้ก็ต้องการการดูแลในระยะยาวอีกเช่นกัน โดยที่การดูแลสำหรับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงนี้

ต้องการหน่วยงานหรือบุคลากรที่มีศักยภาพเพียงพอในการดูแลผู้สูงอายุกลุ่มพิเศษนี้ สำหรับการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลักษณะของการดูแลในระยะยาว และในปัจจุบันองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้เข้ามามีบทบาทหลักในการสนับสนุนและดำเนินการการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในระดับครอบครัวและชุมชน โดยการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงมีแนวทางการดูแลหลัก ซึ่งเป็นการดูแลโดยแบ่งออกตามระบบ LTC ได้ 3 ลักษณะ

การดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

การดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ภายหลังจากการดูแลจากสถานพยาบาลแล้ว ซึ่งเป็นการดูแลในระยะกึ่งเฉียบพลัน (imtermediate care) จะถูกส่งต่อสู่การดูแลของครอบครัวและชุมชน ซึ่งเป็นการดูแลในระยะยาว (LTC) โดยรูปแบบการดูแลระยะยาวประกอบด้วย (National Health Security Office, 2019)

1) การดูแลสุขภาพที่บ้าน (Home Health Care--HHC) เป็นการจัดบริการดูแลต่อที่บ้าน โดยเป็นการทำงานร่วมกันของผู้ดูแล (caregiver) ซึ่งหมายรวมถึงผู้ดูแลแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (formal and informal caregiver) และทีมหมอครอบครัว (Family Care Team--FCT) หรือทีมสหวิชาชีพของสถานพยาบาล

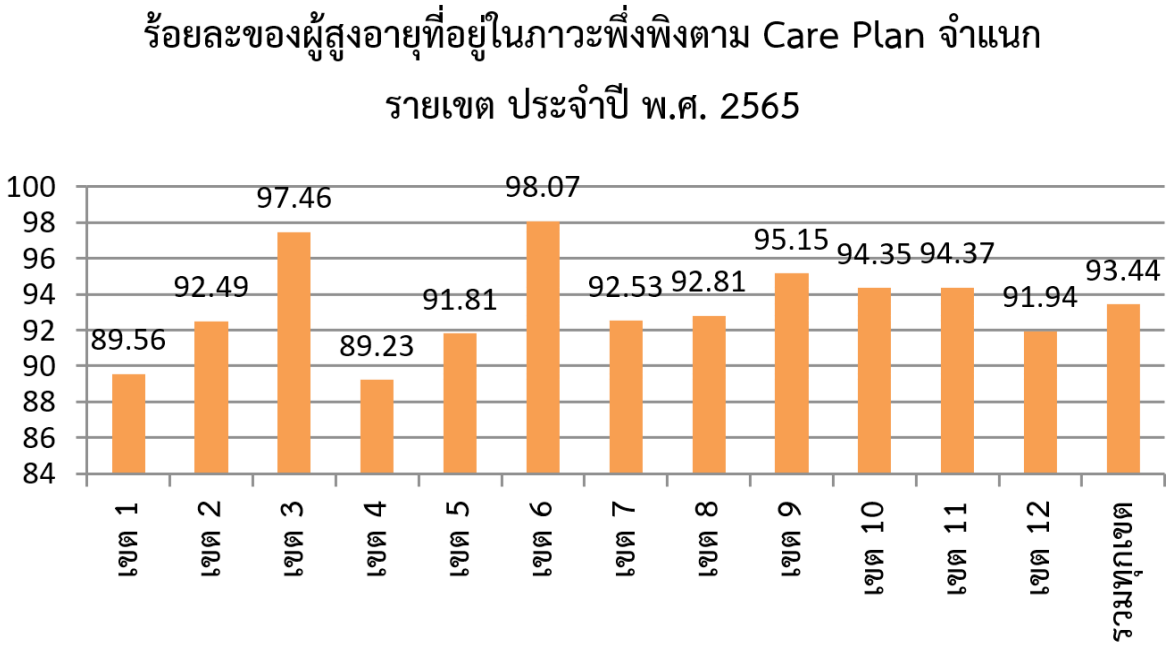
2) การบริการที่บ้าน (home ward) เป็นการจัดบริการหลังจากได้รับการส่งกลับไปดูแลต่อที่บ้าน โดยการจัดเตียงให้เสมือนของสถานพยาบาล มีการวางแผน ติดตามและประเมินผลการดูแล และให้บริการรักษา จาก FCT หรือทีมสหวิชาชีพของสถานพยาบาล มีระบบสารสนเทศเชื่อมโยงกับสถานพยาบาล เป็นการทำงานร่วมกับผู้ดูแลที่ทำงานดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่บ้าน ซึ่งอาจเป็นทั้งแบบเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ

3) การบริการในระยะฟื้นฟู (subacute care) เป็นการจัดบริการเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพต่อ โดยการทำงานร่วมกันของ FCT หรือทีมสหวิชาชีพของสถานพยาบาลและผู้ดูแล โดยอาจดำเนินการที่บ้านหรือสถานพยาบาลตามความพร้อมและเหมาะสมต่อการบริการ

สำหรับการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงของประเทศไทยนั้น มีกฎหมายหลักที่ใช้ในการขับเคลื่อนการดูแลในด้านสุขภาพของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง คือ พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560 และมีการดำเนินงานในการดูแลผ่านสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ในการจัดสรรงบประมาณและระบบในการดูแล ซึ่งในกรณีของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงนั้น จะเป็นการใช้ระบบในการดูแลระยะยาว

ทั้งนี้การดูแลที่ดำเนินการตามรูปแบบการดูแลระยะยาวของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงนั้น ในความเป็นจริงแล้วภาครัฐยังคงมีข้อจำกัดในการดำเนินงาน ทั้งในส่วนของจำนวนบุคลากร FCT และทีมสหวิชาชีพ และการบริการที่ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย ทำให้บทบาทหลักจึงต้องเป็นของคนในครอบครัวและเครือญาติ ตลอดจนชุมชน รวมทั้งบุคลากรที่มีอยู่ส่วนใหญ่ยังขาดองค์ความรู้ทางด้านสหวิชาและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ ทำให้ไม่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับผู้ที่รับบทบาทเป็นผู้ดูแลที่แท้จริงได้ (Sawatphon & Srisuraphol, 2022) การดูแลที่ดำเนินการจะเป็นการดูแลตามกิจวัตรประจำวัน ตามศักยภาพที่มีอยู่ และยังมิได้รวมถึงการดูแลในเรื่องความเจ็บป่วยที่ต้องการการดูแลพิเศษที่แตกต่างกับการดูแลตามปกติ ซึ่งต้องการความรู้และทักษะเฉพาะพิเศษอื่น ๆ เพิ่มเติม

จากแนวทางการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงดังที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าบทบาทหลักตั้งแต่การเริ่มต้นของการดูแล กำกับ และติดตาม ตลอดจนการสร้างความรู้ ความเข้าใจ จนถึงการพัฒนาทักษะให้กับผู้ดูแลเป็นบทบาทที่ส่วนใหญ่แล้วจะถูกดำเนินการโดยผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่จะทำการเชื่อมโยงการดำเนินงานและองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในระยะพึ่งพิงให้กับผู้ดูแล ครอบครัว เครือญาติ และชุมชน



ภาพ 2 แผนภูมิที่ 1 ร้อยละของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงได้รับการดูแลตาม Care Plan

Note. From *Percentage of dependent elderly people receiving care according to care plan* by Department of Health, 2022, retrieved from http:// www.dashboard.anamai.moph.go.th/dashboard/agedcareplan/index?year=2022.

ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลกับการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง เริ่มมีความชัดเจนในการดำเนินงานอย่างเป็นระบบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 โดยจากเดิมที่เป็นงานในลักษณะจิตอาสา ต่อมาได้มีการปรับเปลี่ยนโดยมีนโยบายและงบประมาณสนับสนุนที่ชัดเจน มีการจัดระบบคัดแยกผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่ต้องใช้การดูแลเฉพาะออกมา ซึ่งการดูแลจำเป็นต้องใช้ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่มีความรู้ ทักษะ และความสามารถที่หลากหลาย เพื่อให้จัดการดูแลที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงแต่ละราย และต้องมีการประสานงานร่วมมือกับทีมสหวิชาชีพ ดังนั้นบทบาทของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการดูแลนี้จะประกอบไปด้วย 6 บทบาทหลัก (Chianwichai, 2023) ซึ่งเป็นบทบาทที่สอดคล้องกับการทำหน้าที่ของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลโดยทั่วไป แต่ในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงนั้น ต้องการการมีความรู้ ทักษะ และความสามารถที่เน้นในด้านการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงเป็นหลัก บทบาทเหล่านี้ ได้แก่

1) บทบาทผู้วางแผนการดูแล โดยเป็นผู้กำหนดแผนการดูแลตามผลการคัดกรองตามระดับภาวะสุขภาพและความต้องการจำเป็นสำหรับการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงแต่ละราย เป็นผู้แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้แก่ผู้ดูแล (caregiver) และจัดการประชุมร่วมกับฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลเป็นระยะ ๆ เพื่อประเมินผลลัพธ์ ผลการดำเนินงาน และเพื่อการปรับปรุงพัฒนาแผนการดูแลอย่างต่อเนื่อง

2) บทบาทผู้ปฏิบัติการพยาบาล การดำเนินงานตามบทบาทนี้จะเป็นการทำหน้าที่ประเมินปัญหา ความต้องการและข้อจำกัดของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ครอบครัวและผู้ดูแล ทั้งในด้านร่างกาย จิตใจ สังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ เพื่อให้สามารถดำเนินการได้สอดคล้องกับปัญหาและความจำเป็น ตลอดจนดำเนินการติดตามผลลัพธ์การช่วยเหลือดูแลอย่างต่อเนื่องเพื่อการปรับปรุงพัฒนาแผนการดูแลให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

3) บทบาทผู้ประสานงาน โดยเป็นผู้ประสานความร่วมมือในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงร่วมกับครอบครัว ผู้ดูแล ทีมสหวิชาชีพ และพหุภาคีเครือข่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อการสนับสนุนระบบ LTC ผ่านการใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่เอื้อต่อระบบการดูแลที่มีอยู่

4) บทบาทผู้นำ โดยการเป็นผู้นำทีมสุขภาพสามารถนำแผนนโยบายระบบ LTC สู่การปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม มีทักษะความสามารถในการสื่อสารกับฝ่ายต่าง ๆ เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง เป็นการเสริมพลังอำนาจ สร้างแรงบันดาลใจ และกระตุ้นจูงใจให้ผู้เกี่ยวข้องในการดูแลมีความมั่นใจ และสามารถจัดกิจกรรมและโครงการที่ส่งเสริมระบบ LTC อย่างต่อเนื่อง

5) บทบาทผู้ให้การปรึกษา เป็นการดำเนินงานให้การปรึกษาผ่านการสร้างความคุ้นเคยเป็นกันเองกับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ครอบครัว และผู้ดูแล เพื่อให้เกิดการยอมรับ ไว้วางใจ และให้ความร่วมมือในการดูแล รับฟังปัญหาและความต้องการจากผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง สามารถให้การปรึกษาและเสนอทางเลือกที่เหมาะสมแก่ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง รวมทั้งการให้การปรึกษาแก่ทีมสหวิชาชีพและพหุภาคีเครือข่ายในระบบ LTC

6) บทบาทผู้พิทักษ์สิทธิ์ โดยเป็นผู้อธิบาย/ชี้แจงสิทธิประโยชน์ต่าง ๆ ที่ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงพึงได้รับตามสิทธิประโยชน์ และพัฒนาระบบฐานข้อมูลให้สาธารณะได้ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลง และปัญหาของระบบ LTC

จากแนวทางการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงตามบทบาทที่ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลกับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงควรมี ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างการดูแลในสถานพยาบาลไปสู่ระดับครอบครัวและชุมชน ต้องผนวกรวมการประสานความร่วมมือกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และต้องเป็นการใช้ความรู้ ทักษะ และความสามารถต่าง ๆ ในด้านการพยาบาล ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลต้องปฏิบัติหน้าที่ร่วมกับหลาย ๆ ฝ่ายอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งยังเป็นการปฏิบัติหน้าที่ที่มิใช่เพียงแต่ในด้านการพยาบาลเท่านั้น แต่ยังได้ควบรวมศาสตร์ในด้านอื่น ๆ เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นได้ว่าผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลจะต้องมีความพร้อมในการปฏิบัติหน้าที่ที่มีความหลากหลาย จึงนับว่าเป็นความท้าทายสำหรับการทำหน้าที่ในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงเป็นอย่างยิ่ง

ความท้าทายต่อผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการขับเคลื่อนกระบวนการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

จากสถานการณ์ที่จำนวนผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง การรับมือในการดูแลจากนโยบายของภาครัฐ คือ การมอบหมายและสนับสนุนให้ทุกฝ่ายตั้งแต่ระดับครอบครัว ชุมชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยมีสถานพยาบาล ซึ่งในปัจจุบันยังคงเป็นกลุ่มหลักที่รับบทบาทในการเป็นผู้ดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ทั้งในด้านการดูแลโดยตรงและสนับสนุนให้ผู้ดูแลของครอบครัว ชุมชน และองค์กรปกครองท้องถิ่นในการดำเนินงานการดูแล ซึ่งจากที่ผ่านมาการรับบทบาทในการดูแลของผู้ดูแลที่มิใช่ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลโดยตรง โดยเฉพาะกลุ่มผู้ดูแลที่เป็นคนในครอบครัว จะพบว่า มีศักยภาพในการดูแลที่ลดลงเนื่องจากขนาดของครอบครัวที่เล็กลง และเป็นครอบครัวเดี่ยว ผู้ดูแลต้องรับภาระความรับผิดชอบมากขึ้น ต้องรับหลายบทบาทในครอบครัว มีความยากลำบากในการดูแล ขาดความพร้อมในการดูแล ผู้ดูแลขาดการดูแลตนเอง มีความกังวลและความเครียดมากขึ้น ส่งผลให้เกิดผลกระทบทางด้านทัศนคติ สถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม (Piriyajaratchai & Sasat, 2018) นอกจากนี้การขาดความพร้อมในการดูแลยังหมายรวมถึงการขาดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่มีความแตกต่างกันในแต่ละราย

สถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับผู้ดูแลจึงต้องเป็นบทบาทสำคัญที่ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล โดยเฉพาะกลุ่มที่ทำหน้าที่เชื่อมประสานการดูแล ซึ่งปัญหาหลักที่ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลต้องเผชิญและสอดคล้องกับบทบาทในกระบวนการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง (Decharatanachart & Kochakote, 2022; Piriyajaratchai & Sasat, 2018; Artsanthia & Pomthong, 2018; Vudhironarit & Pommala, 2021) แบ่งออกได้เป็น 8 ประการ ดังนี้

1) ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่รับผิดชอบในการดูแลมีไม่เพียงพอ เนื่องจากภาระงานที่เพิ่มขึ้น เมื่อประกอบกับจำนวนของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในพื้นที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้การดูแลตามบทบาทหลักที่ควรจะเป็นของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดย

เฉพาะในพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่มีประชากรหนาแน่น ตลอดจนโครงสร้างของหน่วยงานด้านสาธารณสุขในพื้นที่ไม่เอื้อต่อการปฏิบัติหน้าที่ของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล

2) การขาดความร่วมมือในการเตรียมความพร้อมให้กับผู้ดูแล โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้ดูแลเป็นผู้ดูแลในระดับครอบครัว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นคนในครอบครัว ที่มีความรู้ในการดูแลผู้สูงอายุโดยทั่วไป และไม่มีกระบวนการที่ซับซ้อนมากนัก แต่เนื่องจากกระบวนการดูแลที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีการเตรียมความพร้อมให้กับผู้ดูแลในระดับครอบครัวให้มีความพร้อมก่อนการรับช่วงในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงต่อจากสถานพยาบาล ซึ่งต้องใช้ความร่วมมือในการเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ จากทีมสหวิชาชีพที่มาจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่ยังขาดความร่วมมือในการดำเนินงานที่เพียงพอให้กับผู้ดูแล

3) การถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงให้กับผู้ดูแลและผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงแต่ละรายนั้น จะประกอบไปด้วยความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการดูแลทั่วไปและความรู้และทักษะในการดูแลเฉพาะราย ซึ่งผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในบางรายอาจมีภาวะสุขภาพ ความเจ็บป่วยที่แตกต่างกันออกไป ผู้ดูแลจึงจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการดูแลที่จำเพาะเจาะจงสำหรับผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงรายนั้น ๆ ด้วย โดยการสร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเหล่านี้เป็นบทบาทหน้าที่ของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ดูแลเรื่องนี้ในแต่ละพื้นที่ ภาวะสุขภาพ ความเจ็บป่วย ที่แตกต่างกันนี้จึงเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในด้านศักยภาพของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ต้องสามารถรองรับความแตกต่างเหล่านี้ให้ได้

4) การขาดความพร้อมในเชิงนโยบายจากหน่วยงานต้นสังกัด โดยนโยบายที่มีอยู่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงที่ต้องการใช้ในการดูแล ตั้งแต่ระดับรัฐบาลจนถึงระดับท้องถิ่น ที่ควรจะต้องให้การสนับสนุนต่อ ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการดูแลผู้ดูแลในระดับครอบครัว ทั้งในด้านการจัดการความเครียด ทัศนคติ การพัฒนาศักยภาพผู้ดูแล เป็นต้น

5) การขาดการเชื่อมโยงระบบข้อมูลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง เนื่องจากการดูแลต้องเป็นการร่วมมือของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลในแต่ละมิติจากหน่วยงานต่าง ๆ จากทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง แต่ในทางปฏิบัติจริงพบว่าในการดูแลลักษณะ LTC ระบบบริการสุขภาพยังไม่สามารถรองรับการดูแลการเจ็บป่วยเรื้อรังได้อย่างครบถ้วนในทุกพื้นที่

6) การขาดการประสานงานระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ที่รับผิดชอบการดูแลผู้สูงอายุในพื้นที่ในด้านต่าง ๆ โดยจากการที่หน่วยงานต่าง ๆ ได้รับนโยบายให้ดำเนินการรับผิดชอบการดูแลผู้สูงอายุในพื้นที่ ซึ่งรวมถึงผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงด้วย แต่เนื่องจากหน่วยงานเหล่านั้นต่างมุ่งที่จะปฏิบัติงานตามนโยบายที่ได้รับมอบหมาย จึงอาจขาดการประสานงานระหว่างกัน จึงส่งผลให้เกิดความซ้ำซ้อนและสร้างความสับสนให้กับผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลหรือผู้ดูแลที่ปฏิบัติงานดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง

7) ระเบียบการจัดสรรงบประมาณที่ไม่เอื้อต่อสถานการณ์จริงในการดูแล เนื่องจากระเบียบการจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการเพื่อการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง จะถูกกำหนดโดย สปสช. ซึ่งถึงแม้ว่าระเบียบดังกล่าวได้มีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มิได้เกิดขึ้นโดยรวดเร็วเท่าที่ควร ทั้งในด้านค่าตอบแทนของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการดำเนินงานดูแล ที่ไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง หรือการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็นต้องใช้ในการดูแลฟื้นฟูบางประเภท ยังไม่สอดคล้องกับระเบียบการใช้งบประมาณที่กำหนด หรือไม่เพียงพอต่อการใช้งานเพื่อการดูแลในระยะยาว

8) ปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อผู้ดูแลในระดับครอบครัวและส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ดูแลจัดการการดูแลในพื้นที่ เนื่องจากผู้ดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในระดับครอบครัว จะเป็นผู้ที่ต้องเสียสละในการรับหน้าที่ในการดูแล ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นการแสดงความกตัญญูกตเวที เป็นหน้าที่ที่พึงปฏิบัติในสังคมไทยต่อผู้สูงอายุที่มีพระคุณก็ตาม แต่ในความเป็นจริงแล้วผู้ดูแลต้องเสียสละโอกาสต่าง ๆ ในการประกอบอาชีพ การหารายได้เพื่อการใช้จ่ายในครอบครัว การขาดโอกาสทางสังคม และชีวิตส่วนตัวเพื่อการดูแลอย่างต่อเนื่องในระยะยาว เกิดความเครียดสะสมในตัวผู้ดูแล ปัจจัยเหล่านี้ถ้าขาดการบริหารจัดการที่ดี ก็มักจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูแลและส่งผลกระทบ

ต่อการจัดการดูแลโดยผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในพื้นที่ในที่สุด

ปัญหาหลักทั้ง 8 ประการข้างต้น เป็นอุปสรรคที่ท้าทายความสามารถของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง โดยปัญหาหลักเหล่านี้แบ่งออกได้ตามแนวทางในการจัดการ เพื่อให้สามารถดำเนินการจัดการในการแก้ไขปัญหาเป็น 3 แนวทาง ได้แก่

1) การจัดการโดยตัวผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล เนื่องจากผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลนับเป็นแกนนำหลักที่จะขับเคลื่อนกระบวนการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งเป็นการดูแลในระยะยาว ดังนั้นเพื่อให้สามารถดำเนินการจัดการดูแลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ต้องรับมือต่อการดูแลที่มีความหลากหลายในอาการความเจ็บป่วยและสภาพแวดล้อม ควรได้รับการพัฒนาศักยภาพตามบทบาทหลักทั้ง 6 เพื่อเติมเต็มเป็นการเฉพาะในบทบาทที่ยังต้องได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมกับการจัดการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในแต่ละรายมากยิ่งขึ้น เช่น บทบาทด้านผู้ปฏิบัติการพยาบาลในบางอาการเจ็บป่วย ด้านบทบาทการจัดการดูแลให้กับผู้ดูแลที่มีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ หรือด้านบทบาทผู้ให้การปรึกษาแก่ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงและผู้ดูแล เป็นต้น

2) การจัดการบุคคลและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง จะเป็นประเด็นการจัดการที่เกี่ยวข้องกับผู้ดูแลและสภาพแวดล้อมในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงและเป็นการดูแลในระยะยาว การเตรียมความพร้อมให้กับผู้ดูแลเป็นสิ่งจำเป็น โดยควรเริ่มตั้งแต่ก่อนการเข้ารับการดูแล และระหว่างการดูแล เป็นการเตรียมความพร้อมในด้านความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่จำเป็นต่าง ๆ ที่จะใช้ในการดูแล เช่น ในด้านความเจ็บป่วยที่ต้องใส่ใจและเข้าใจ การจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการจัดการดูแลทั้งในส่วนของผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงและตัวของผู้ดูแลเอง นอกจากนี้ในส่วนของผู้ดูแลนั้นควรได้รับการดูแลด้วยเช่นกัน เพราะผู้ดูแลเป็นผู้ที่ต้องเผชิญกับความเครียด และความกดดันจากการปฏิบัติหน้าที่ในระยะยาว ทั้งนี้ในการก้าวข้ามอุปสรรคในการจัดการด้านนี้ คงต้องเป็นบทบาทของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ดูแลอยู่ในพื้นที่ ทั้งในด้านการเตรียมความพร้อมและการดูแลต่าง ๆ เพราะเป็นผู้ที่มีความใกล้ชิดกับผู้ดูแลและผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงมากที่สุด และจะช่วยให้การดูแลในระยะยาวที่เกิดขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด

3) การจัดการเชิงนโยบายที่เกี่ยวข้อง สำหรับการจัดการในประเด็นนี้จะเป็นการประสานข้อมูลที่ได้รับจากการนำนโยบายที่ต้นสังกัดดำเนินการไปสู่การปฏิบัติจริงในพื้นที่ เพื่อการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในระยะพึ่งพิง ซึ่งข้อมูลที่ได้รับการป้อนกลับจะช่วยให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนาแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมตามสภาพที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว จะพบว่าจำนวนบุคลากรที่ไม่เพียงพอหรือขาดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะ ที่จะต้องใช้ในการดูแลในพื้นที่ งบประมาณที่ไม่เพียงพอและข้อจำกัดในการนำไปใช้ในการดูแลบางประการ การประสานงานที่ต้องการความชัดเจนในเชิงนโยบาย เพื่อสร้างการประสานงานที่มีประสิทธิภาพ ลดความซ้ำซ้อน ระบบฐานข้อมูลที่ต้องเป็นการบูรณาการในการเข้าถึงและใช้งานร่วมกันของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการดูแล และการประสานนโยบายที่เกี่ยวข้องและเป็นปัจจุบันสู่ผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ผู้ดูแล และผู้เกี่ยวข้อง การจัดการในประเด็นเหล่านี้ ยังคงเป็นบทบาทส่วนหนึ่งของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ดูแลในพื้นที่เช่นกัน

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นได้ว่าการขับเคลื่อนกระบวนการในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ซึ่งเป็นการดูแลในระยะยาวนั้น บทบาทหลักในการก้าวข้ามปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ล้วนตกอยู่กับบทบาทของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาล ที่จะต้องเป็นผู้เชื่อมต่อประสานงาน ช่วยจัดการกับปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเปลี่ยนผ่านจากสถานพยาบาลสู่บ้าน และอยู่ในความดูแลของผู้ดูแลจากแต่ละครอบครัว จึงเป็นความท้าทายต่อการขับเคลื่อนการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงที่ทุกฝ่าย โดยเฉพาะผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่ดูแลในด้านนี้ ที่จะต้องก้าวข้ามความท้าทายที่เป็นอุปสรรคเหล่านี้ไปให้ได้ รวมทั้งหน่วยงานสนับสนุนที่จะต้องดำเนินการควบคู่ไปด้วยเช่นกัน

บทสรุป

ความท้าทายของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง จากปัญหาหลักที่เกิด

ขึ้นในการดำเนินงาน ทั้งในด้านบุคลากรที่ไม่เพียงพอ ขาดความร่วมมือในการเตรียมความพร้อม ขาดการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่จำเป็น ขาดความพร้อมเชิงนโยบาย ความเชื่อมโยงระบบข้อมูล ขาดการประสานงานระหว่างหน่วยงาน งบประมาณที่ไม่เอื้อต่อการดำเนินงาน และปัญหาที่ส่งผลต่อตัวผู้ดูแล โดยปัญหาหลักเหล่านี้จะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานตามบทบาทหลักของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลในการจัดการดูแลในเรื่องนี้ ซึ่งประกอบด้วยบทบาทหลักคือ ผู้วางแผน ผู้ปฏิบัติ ผู้ประสานงาน ผู้นำ ผู้ให้การปรึกษา และผู้พิทักษ์สิทธิ์ อย่างไรก็ตามจากการพิจารณา และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถสรุปได้ว่าแนวทางที่จะก้าวข้ามความท้าทายเหล่านั้น แบ่งออกได้เป็น 3 แนวทางในการจัดการ คือ การจัดการผ่านตัวของผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลเอง ผ่านบุคคลและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง และการจัดการผ่านนโยบายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในการจัดการเพื่อการก้าวข้ามนี้ยังคงเป็นการดำเนินงานตามบทบาทหลักที่ต้องมีและต้องเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในระยะยาว อันเป็นความท้าทายที่ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่เกี่ยวข้องกับการดูแลดังกล่าวต้องก้าวข้ามไปให้ได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการแก้ไขปัญหาหลักจะต้องเกิดขึ้นจากหลายภาคส่วนประกอบกัน ดังนั้นเพื่อให้ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลสามารถจัดการดูแลให้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล จึงมีข้อเสนอแนะต่อการดำเนินงาน ดังนี้

1) ผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลที่รับผิดชอบดำเนินการในการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ต้องตระหนักถึงบทบาทในการจัดการดูแลที่สำคัญทั้ง 6 บทบาท และต้องมีการพัฒนาศักยภาพตนเองตามบทบาทเหล่านั้นให้เหมาะสมและทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

2) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงในพื้นที่ ซึ่งเป็นการดูแลในระยะยาว ตั้งแต่ระดับครอบครัว ชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานต้นสังกัดทุกระดับ และหน่วยงานเครือข่ายทั้งภาครัฐและเอกชน ควรให้ความสำคัญต่อการสนับสนุนและดูแลดังกล่าว ทั้งในด้านการสนับสนุนทรัพยากร ด้านการพัฒนาศักยภาพ ผู้เกี่ยวข้อง ด้านนโยบาย และการรับฟังการสะท้อนกลับข้อมูลจากผู้เกี่ยวข้องและนำไปพัฒนาปรับปรุงการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

3) ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายในการดำเนินการดูแลผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิง ควรให้ความสำคัญในการดูแล พัฒนา และสนับสนุนแก่ผู้ดูแลนอกเหนือจากการให้ความสำคัญต่อผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะพึ่งพิงด้วย เพราะผู้ดูแลจะเป็นผู้ที่ใกล้ชิดและได้รับผลกระทบมากที่สุดจากการดูแล

References

Artsanthia, J., & Pomthong, R. (2018). The trend of elderly care in 21th century: Challenging in nursing care. *Journal of The Royal Thai Army Nurses, 19*(1), 231-240. (in Thai)

Chianwichai, K. (2023). Identity of the nurse care manager of the elderly in long term care. *Thai Red Cross Nursing Journal, 13*(2), 29-38. (in Thai)

Chirawatkul, A. (2019). Analysis and interpretation of ADL test scores. *Journel of Health Science, 28*(5), 770-771. (in Thai)

Decharatanachart, Y., & Kochakote, Y. (2022). Long-term care model for the elderly with dependency. *Dhammathas Academic Journal, 22*(3), 63-80. (in Thai).

Department of Health. (2022). *Percentage of dependent elderly people receiving care according to care plan*. Retrieved from http://www.dashboard.anamai.moph.go.th/dashboard/agedcare plan/index?year=2022. (in Thai)

Department of Older Persons. (2023). *Situation of The Thai Older Persons 2022*. Bangkok: Amarin Corporations. (in Thai)

Department of Provincial Administration. (2022). *Provincial population statistics*. Retrieved from http://stat.bora.go.th/StatMIS/#/ReportStat/3. (in Thai)

Faronbi, J. O., Akinyoola, O. D., Faronbi, G. O., & Ojo, F. T. (2021). Factors contributing to functional dependence among older adults in Ile-Ife, Nigeria. *International Journal of Africa Nursing Sciences, 14*, 100296. https://doi.org/10.1016/j.ijans.2021.100296

National Health Security Office. (2019). *A guide to the public health long-term care system for dependent elderly people in the area*. Bangkok: National Health Security Office. (in Thai)

Piriyajaratchai, N., & Sasat, S. (2018). Factors predicting caregiver's readiness for dependent older persons in transition period on hospital to home. *Journal of The Royal Thai Army Nurses, 19*(Speacial suppl), 231-240. (in Thai)

Sawatphon, C., & Srisuraphol, W. (2022). Developing the potential of local communities for the deprnded elderly care in Northeast of Thailand. *Journal of Palisueksabuddhaghosa Review, 8*(1), 43-56. (in Thai)

Sihapark, S., & Chuengsatiansup, K., Tengrang, K. (2016). *Impact and burden of long-term care for the elderly under Thai culture* (Research report). Nonthaburi: Ministry of Public Health. (in Thai)

Songsri, C., Phothithakool, K., Songsri, S., Namburi, A., & Punyathorn, K. (2020). Lessons learned of a long-term care system from operations for dependent older persons through national health security system. *Journal of Sakon Nakhon Hospital, 23*(3), 77-91. (in Thai)

Timonen, V., & Lolich, L. (2020). Dependency as status: Older adults' presentations of self as recipients of care. *SAGE Open, 2020*, 1-11. doi: 10.1177/2158244020963590

Vudhironarit, S., & Pommala, W. (2021). The caring for bedbound old adult: A systematic review. *Journal of The Royal Army Nurses, 22*(3), 367-375. (in Thai)

วิธีการจัดการแบตเตอรี่เสื่อมสภาพสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
Method of Damaged Batteries Management for Electric Vehicles

ธีรพงศ์ บริรักษ์[1]
Theerapong Borirak[1]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Engineering, Eastern Asia University
Received: November 30, 2023
Revised: February 21, 2024
Accepted: February 28, 2024

บทคัดย่อ

ปัญหาวิกฤตการณ์จากการขาดแคลนพลังงาน ปัญหามลพิษทางอากาศจากรถยนต์ โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัญหาอุณภูมิที่สูงขึ้นในชั้นบรรยากาศจากสภาวะโลกร้อนเป็นอีกข้อกังวลของสาธารณชนและได้รับความสนใจอย่างมาก ยานยนต์ไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทจากความต้องการลดการปล่อยมลพิษ รวมถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีด้านแบตเตอรี่ถือเป็นกุญแจสำคัญอย่างหนึ่งในยานยนต์ไฟฟ้า ประเทศผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้า เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น จีน และเยอรมนี ได้เปิดตัวโครงการพิเศษที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้สามารถตอบสนองความต้องการของยานยนต์ไฟฟ้าได้ ผลการวิจัยจำนวนมากมีการคิดค้นและนำเทคโนโลยีต่าง ๆ ของแบตเตอรี่มาใช้ กระบวนการนี้ยังคงดำเนินต่อไปเพื่อให้บรรลุเป้าหมายประสิทธิภาพที่ต้องการ บทความนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบการบริหารจัดการแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งานแล้ว การนำกลับมาใช้ใหม่ ตัวอย่างการบริหารจัดการเกี่ยวกับแบตเตอรี่ สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจากประเทศผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้าชั้นนำ เช่น สหภาพยุโรปมีการตั้งข้อกำหนดในการเรียกคืนแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แล้ว ในสหรัฐอเมริกานั้น มีหน่วยงานรับผิดชอบทางด้านสิ่งแวดล้อมกำหนดให้แบตเตอรี่ต้องถูกจัดการตามกฎ Universal Waste Rules ในญี่ปุ่นมีกฎหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ และจีนได้กำหนดนโยบายเกี่ยวกับการ Recycle แบตเตอรี่ เป็นต้น

คำสำคัญ: ยานยนต์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน แบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพ

Abstract

Crisis problems from energy shortages and problems with air pollution from cars, especially the release of carbon dioxide. The issue of rising temperatures in the atmosphere due to global warming is another public concern and has received a great deal of attention. Electric vehicles have come into play due to the need to reduce emissions, including using energy efficiently to preserve the environment. Battery technology is one of the keys to electric vehicles. Electric vehicle-producing countries such as the United States, Japan, China, and Germany have launched special projects to improve battery performance to meet the needs of electric vehicles. As a result of much research, various technologies have been invented and introduced in the battery, and this process continues to achieve the desired performance target. This article presents a battery management model for electric vehicles that have reached the end of their useful life. As an example of battery management for electric vehicles from leading electric vehicle-producing countries, such as the European Union, there are requirements for recalling used electric vehicle batteries. In the United States, environmental agencies require batteries to be handled according to the Universal Waste Rules. In Japan, there are laws to address the problem of electronic waste. And China has set a policy regarding battery recycling, etc.

Keywords: electric vehicle, lithium iron battery, a worn out battery

บทนำ

นับตั้งแต่การปฏิวัติวงการอุตสาหกรรม จนถึงการเกิดการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจและการพัฒนากระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมขึ้นทำให้ปริมาณการใช้พลังงานจากปิโตรเลียมเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณความต้องการทางด้านการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้ปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อันเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน ภาวะเรือนกระจก ฤดูกาลและสภาพอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เกิดการเจรจาในระดับนานาชาติเพื่อหาทางออกร่วมกันในการลดการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะการณ์ดังกล่าว ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” (UNFCCC) ในปี พ.ศ. 2535 นอกจากนี้ยังมีการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 (Conference of Parties--COP-21) ในปี พ.ศ. 2558 ณ กรุงปารีสได้มีการเจรจาข้อตกลงเกี่ยวกับการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างประเทศสมาชิก 196 ประเทศ และในที่ประชุมได้มีมติรับรองข้อตกลงว่าด้วยการต่อสู้กับภาวะโลกร้อน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มสูงขึ้นแบบก้าวกระโดดนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 จนถึงปัจจุบัน ดังแสดงในภาพ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride--SF_6) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons--PFCs) ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (Nitrogen Trifluoride--NF_3) ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide--N_2O) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ (Land Use, Land-Use Change and Forestry--LULUCF) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons--HFCs) มีเทน (Methane) หรือคาร์บอนเททราไฮไดรด์ (Carbon Tetrahydride--CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide--CO_2)

ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม ใน

ปี 2565 การบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันทั่วโลกขยายตัว 3.5% สูงกว่าค่าเฉลี่ยในปี 2553-2562 (+1% ต่อปี) แต่ช้ากว่าปี 2564 (+6.1%) เนื่องจากความซบเซาในสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปและเพิ่มขึ้น 0.9% เฉพาะในจีนอันเป็นผลมาจากการชะลอตัวของเศรษฐกิจและนโยบาย Zero-Covid ในการขนส่ง การบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันทั่วโลกที่เพิ่มขึ้นในภูมิภาคเอเชีย (+2.5%) โดยเฉพาะอินเดีย (+10%) อินโดนีเซีย (+9.3%) ซึ่งทั้งสองมีการเติบโตทางเศรษฐกิจที่แข็งแกร่ง ในขณะที่การบริโภคลดลงมากกว่า 1% ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ ในละตินอเมริกาเพิ่มขึ้น (+7.9% รวมถึง +13% ในเม็กซิโก +9.8% ในอาร์เจนตินา และ +2.5% ในบราซิล) ในตะวันออกกลาง (+7% โดยเฉพาะในซาอุดีอาระเบียและสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์) ในแอฟริกา (+4.5% โดยเฉพาะในอียิปต์และแอลจีเรีย) และในแคนาดา (+3.4%) การบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันขยายตัวในระดับปานกลางในออสเตรเลีย (+1.3%) และรัสเซีย (+2.6%) ดังแสดงในภาพ 2

เมื่อพิจารณารายภาคกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแสดงในภาพ 3 พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากภาคการขนส่งคิดเป็น 16% ยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันมีศักยภาพในการลดภาวะโลกร้อน (GWP) 10% ถึง 24% เมื่อเทียบกับรถยนต์สันดาปภายในที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Hawkins. et al., 2013)

จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งหมดด้วยปริมาณการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกและปัญหาด้านพลังงานจึงมีการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนมาใช้พลังงานสะอาดของภาคขนส่งเป็นการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals--SDGs) ข้อ 7 ขององค์การสหประชาชาติ การกำหนดแนวทางการลงทุนเพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญ นโยบายการลงทุน ที่เอื้อต่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมประกอบด้วย การลงทุนสถานีชาร์จไฟฟ้า การใช้แอปพลิเคชัน การส่งเสริมความปลอดภัย และการสร้างความเชื่อมั่นซึ่งเป็นการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับหลายฝ่าย ปัจจัยที่มีอิทธิพลได้แก่ ความปลอดภัย ความคุ้มค่าด้านราคา ความคุ้มค่าด้านวิศวกรรม การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และความเชื่อมั่นในนวัตกรรม แนวทางการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าในปีพ.ศ. 2566 มุ่งเน้นไปที่การรองรับรถยนต์ไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่และในระยะยาวมีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปใช้รถยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงเมื่อมีความพร้อมมากขึ้น (Chaiwannakup et al., 2023)

ยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันมีศักยภาพในการลดภาวะโลกร้อน (GWP) 10% ถึง 24% เมื่อเทียบกับรถยนต์สันดาปภายในที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Hawkins et al., 2013)

ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า

นับตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 18 จนถึงปัจจุบันมีการวิวัฒนาการและพัฒนาการต่าง ๆ มากมายของยานยนต์ไฟฟ้าตลอดจนการเติบโตและการพัฒนาในด้านแบตเตอรี่ ปัจจัยหลายอย่างดีขึ้น ประสิทธิภาพ เทคโนโลยีล้ำหน้า การเชื่อมต่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เงียบยิ่งขึ้น การขับขี่และต้นทุนการดำเนินการต่ำถูกรวมเข้าด้วยกัน แม้ว่าจะมีข้อดีแต่มีข้อกังวลบางประการก่อนที่จะนำไปใช้ เช่น ระยะการขับรถ ต้นทุนเริ่มต้น การขาดโครงสร้างพื้นฐานในการชาร์จ และเวลาที่ต้องใช้เพื่อชาร์จยานพาหนะ ระยะการขับขี่เฉลี่ยของยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ที่ 150–200 ไมล์ ซึ่งน้อยกว่ายานยนต์สันดาปภายในค่อนข้างมาก แต่จะดีกว่าสำหรับผู้ที่มีการเดินทางรายวัน 70–100 กิโลเมตร การชาร์จไฟรถยนต์เป็นอีกหนึ่งข้อกังวลของยานยนต์ไฟฟ้า โดยเฉลี่ยแล้วแบตเตอรี่ทั่วไปของยานยนต์ไฟฟ้าใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมงในการชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 60 kWh จากแบตเตอรี่หมดจนเต็ม ซึ่งสามารถครอบคลุมระยะทางสูงสุด 200 ไมล์ เวลาในการชาร์จนี้สามารถลดลงเหลืออย่างน้อย 30 นาที ด้วยการใช้สถานีชาร์จด่วน การปรับปรุงเทคโนโลยีแบตเตอรี่ เวลาที่ต้องใช้ในการชาร์จแบบชาร์จเร็ว เมื่อพิจารณาปัจจัยและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีแล้ว ตลาดของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่จะถึงจุดเปลี่ยนในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า (Faraz et. al., 2021) จากภาพ 3 พบว่า ปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าสะสมในปัจจุบันมีจำนวนยานยนต์ไฟฟ้าสะสมทั่วโลกเกินกว่า 10,000,000 คัน

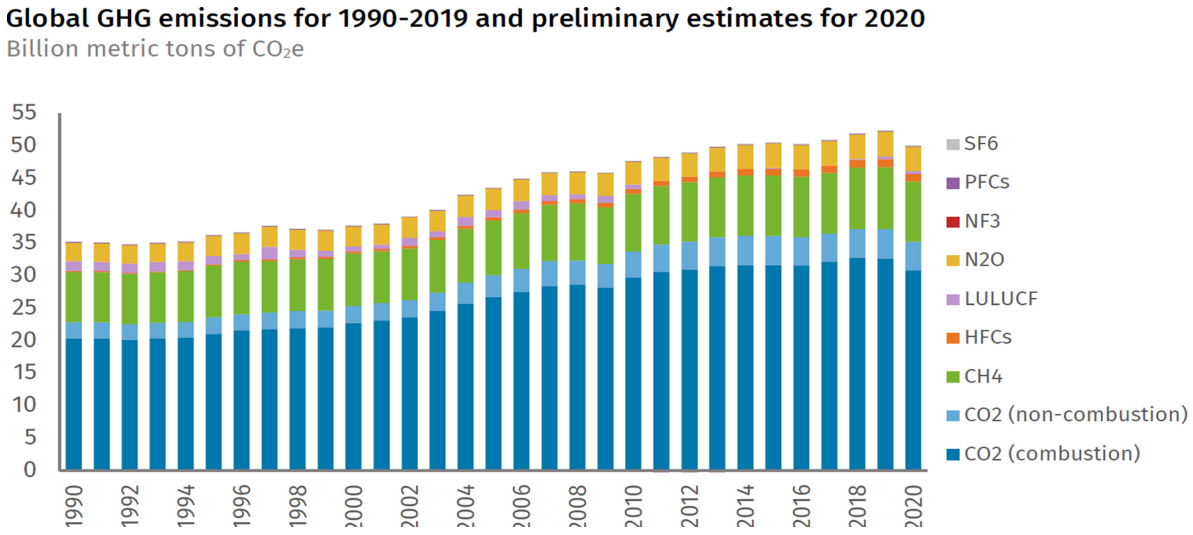
ยานยนต์ไฟฟ้า (electric vehicle) หมายถึง ยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว หรือทำงานร่วมกับเครื่องยนต์ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานผสม หรือไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle--HEV)

2. ยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานผสมแบบเสียบปลั๊ก หรือปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle--PHEV)

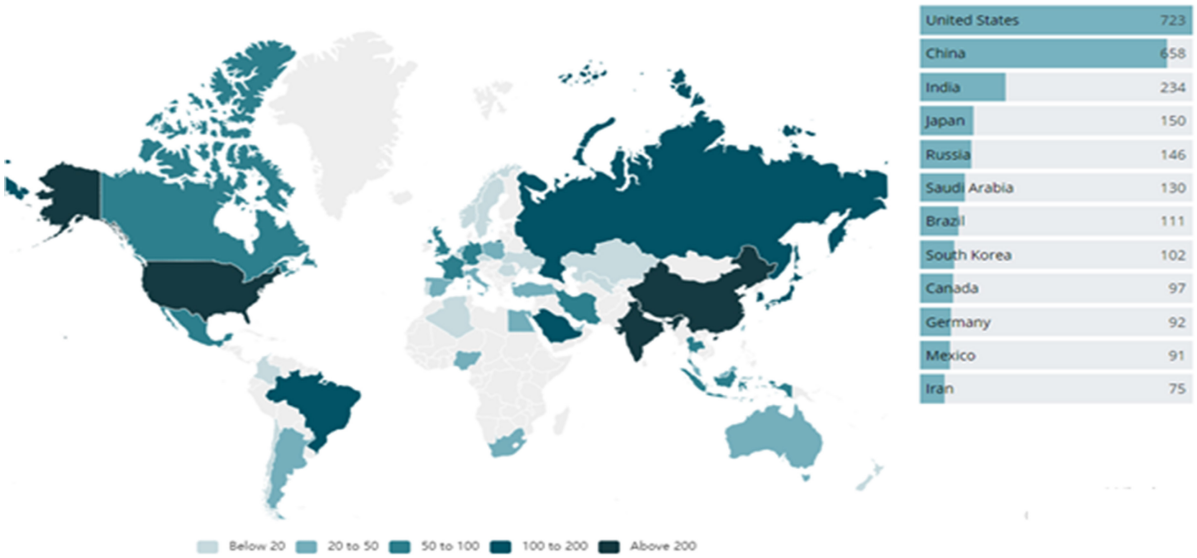
3. ยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle--BEV)

4. ยานยนต์ไฟฟ้าพลังงานเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle--FCEV)



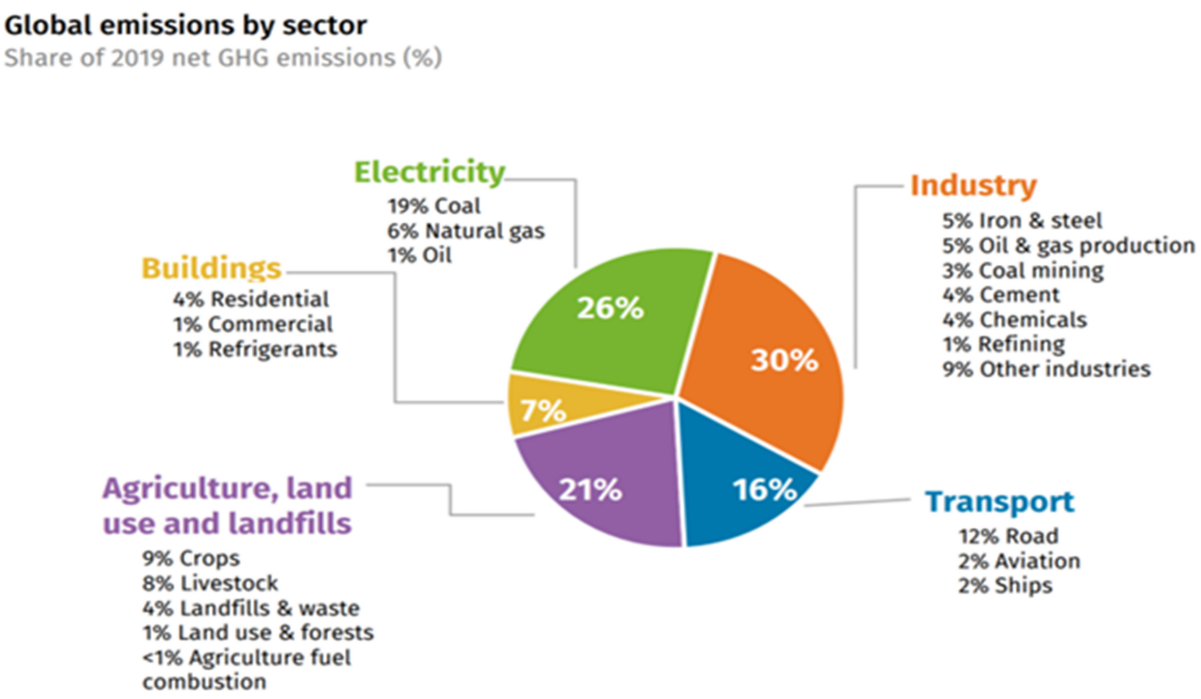
ภาพ 1 แสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 - ค.ศ. 2019

Note. From Preliminary 2020 Global Greenhouse Gas Emissions Estimates by Rhodium Group, LLC, 2020, retrieved from https://rhg.com/research/preliminary-2020-global-greenhouse-gas-emissions-estimates/



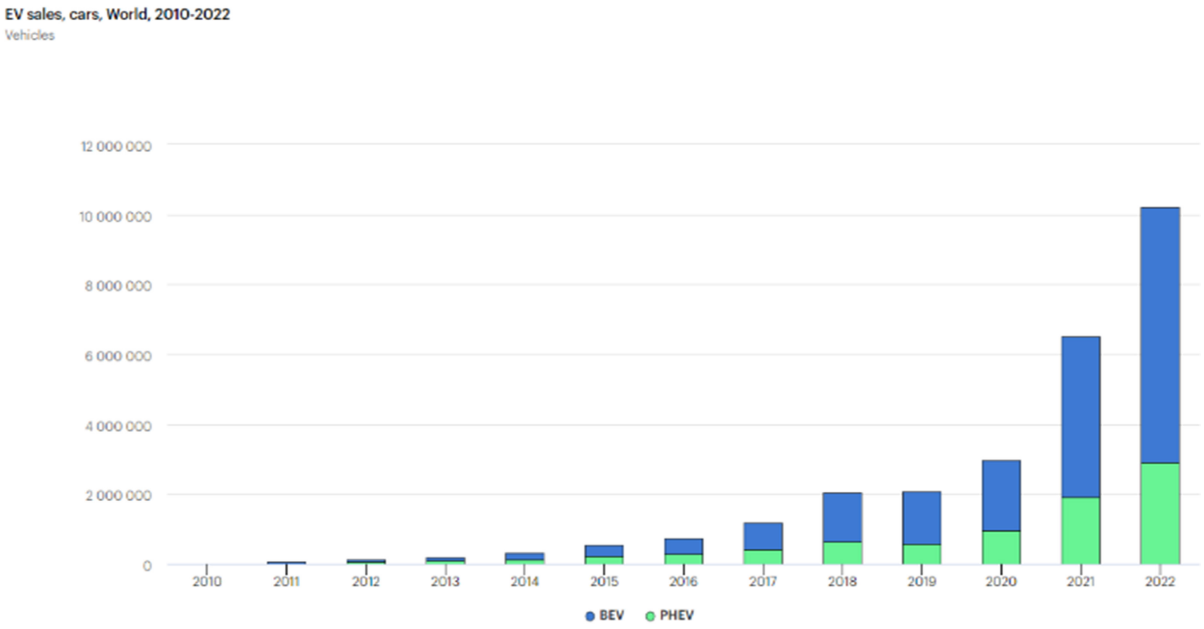
ภาพ 2 แสดงการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันทั่วโลก ในปี 2022

Note. From *Oil products domestic consumption* by Enerdata, 2022, retrieved from https://yearbook.enerdata.net/oil-products/world-oil-domestic-consumption-statistics.html



ภาพ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามกิจกรรม

Note. From *Preliminary 2020 Global Greenhouse Gas Emissions Estimates* by Rhodium Group, LLC., 2020, retrieved from https://rhg.com/research/preliminary-2020-global-greenhouse-gas-emissions-estimates/



ภาพ 4 แสดงปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าสะสมทั่วโลกตั้งแต่ปี 2010–2022

Note. From *Explore and download the full data behind the Global EV Outlook* by International Energy Agency, 2023, retrieved from https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer

จากภาพ 4 แสดงปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าสะสมทั่วโลกที่มีการจัดจำหน่ายตั้งแต่ปี 2010 จนถึงปี 2022 มีมากกว่า 10 ล้านคัน โดยประเทศจีนมีปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าสะสมสูงสุดถึง 6 ล้านคัน ซึ่งยานยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

มีการประเมินยานยนต์ไฟฟ้าที่จะหมดอายุการใช้งานในสหรัฐอเมริกา คาดว่าอยู่ระหว่าง 200,000 คัน ถึง 500,000 คันต่อปี อาจใกล้ถึง 1 ล้านคันในปี 2568 และ 2 ล้านคันภายในปี 2583 (Ai & Borucki, 2018)

แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะกลายเป็นปัญหาใหญ่ในอนาคตอันใกล้หากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง ทั้งนี้ก็เพราะมีสารเคมีที่เป็นพิษสูงสร้างผลกระทบต่อระบบนิเวศ นอกจากพลาสติกแล้ว ตัวทำละลายแล้วชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนที่ใช้งานของเซลล์แบตเตอรี่ด้วยโลหะสำคัญที่เป็นองค์ประกอบ เช่น ทองแดง นิกเกิล ลิเธียม และโคบอลต์ ตลาดการ recycle แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเติบโตแบบทวีคูณจาก 200,000 เมตริกตันของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าที่สามารถ recycle ได้ในปี 2021 ถึง 7 ล้านเมตริกตันในปี 2578 ซึ่งมีมูลค่าเกิน 15 พันล้านยูโร (Muller et.al., 2021)

แบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับยานยนต์และยานยนต์ไฟฟ้า

ปัจจุบันมีแบตเตอรี่เพียง 3 ชนิดเท่านั้นที่ถูกนำมาใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า คือ แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรด แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิลเมทัลไฮไดร์ด และแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน โดยแบตเตอรี่ลิเทียมมีคุณสมบัติที่เหมาะกับการนำมาใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้ามากที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติด้านความหนาแน่นพลังงานที่สูง ซึ่งแบตเตอรี่ลิเทียมมีขนาดและน้ำหนักน้อยกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว และแบตเตอรี่นิกเกิลที่มีความจุเท่ากัน

1. แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรด (Lead Acid battery)

แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วในปัจจุบันเป็นแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้กันมากที่สุดในยานยนต์ โดยใช้เป็นแบตเตอรี่สำหรับติดเครื่องยนต์เป็นส่วนใหญ่ แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรดนั้นมีขั้วบวกทำจากตะกั่วที่มีลักษณะพรุน (porous lead) ขั้วลบทำจากตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) ที่มีลักษณะพรุนเช่นกัน และมีกรดกำมะถัน หรือกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้นเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลด์ แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรดมีความจุพลังงานต่อน้ำหนักและปริมาตรต่ำ การใช้งานในยานยนต์จึงมักใช้สำหรับติดเครื่องยนต์เพียงเท่านั้น มีการนำไปใช้กับ ยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กบ้าง

2. แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิลแคดเมียม (Nickelcadmium battery)

แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมเป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอัลคาไลน์ชนิดแรก โดยชื่ออัลคาไลน์นั้นมาจากสารอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ซึ่งมีธาตุที่อยู่ในหมู่อัลคาไลน์เป็นส่วนประกอบ แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิลแคดเมียมมีขั้วบวกผลิตมาจากนิกเกิลออกไซด์ (NiO(OH)) ขั้วลบผลิตมาจากแคดเมียม (Cd) และมีสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นอิเล็กโทรไลต์

3. แบตเตอรี่ประเภทนิกเกิลเมทัลไฮไดร์ด (Ni-MH battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้อาศัยปฏิกิริยาเคมีที่มีขั้วลบซึ่งเป็นโลหะผสมที่สามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนจนเกิดเป็นเมทัลไฮไดร์ดได้ โดยโลหะพวกนี้มักมีสูตรเคมีอยู่ในรูป AB_2 หรือ AB_5 เช่น $ZrNi_2$ หรือ $LaNi_5$ ส่งผลให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความจุพลังงานสูงกว่าแบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรดมาก

4. แบตเตอรี่ประเภทเมทัลแอร์ (Metal-Air Battery)

แบตเตอรี่ประเภท Metal–Air มีความหนาแน่นพลังงานสูง แต่มีเพียงแบตเตอรี่ Zn-Air เท่านั้นที่ได้รับการพัฒนา และทดสอบจริงกับยานยนต์ไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่ประเภท Zn-Air มีขั้วแอโนดที่ผลิตจากสังกะสี และขั้วแคโทด คือ ก๊าซออกซิเจนจากอากาศ โดยเซลล์ประเภทนี้ต้องมีทางให้ออกซิเจนซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วบวกผ่านเข้ามาทำปฏิกิริยาระหว่างการคายประจุ

5. แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Lithium Iron Battery)

ลิเทียมเป็นแร่ที่มีน้ำหนักเบาที่สุดในตารางธาตุรองมาจากไฮโดรเจน และมีค่าความเสถียรต่ำซึ่งทำให้แบตเตอรี่ประเภทนี้มีค่าความต่างศักย์ และความจุพลังงานมากที่สุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น ๆ แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน ในปัจจุบันใช้ $LiCoO_2$--LCO โลหะออกไซด์อื่น ๆ หรือสารประกอบฟอสเฟต เช่น $LiMn_2O_4$--LMO $LiNiO_2$--LNO Li-Mn-Ni-Co-O_2—NMC LiFePO4--LFP เป็นขั้วแคโทด และคาร์บอนเป็นขั้วแอโนด มีสารละลายอินทรีย์ของเกลือที่มี Li+ เป็นส่วนประกอบเป็นอิเล็กโทรไลต์ชนิด

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ได้รับความนิยมมีใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. Lithium Iron Phosphate--LFP

2. Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide--NMC

3. Lithium Titanate--LTO

4. Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide--NCA

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภทมีคุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไป ดังแสดงในภาพ 5 โดยพิจารณาคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าความจุพลังงานจำเพาะ (specific Energy) หมายถึง ปริมาณความจุแบตเตอรี่ต่อหนึ่งหน่วยมวล มีหน่วยเป็น Wh/kg

2. ค่ากำลังจำเพาะ (specific Power) หมายถึง กำลังที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายได้ต่อหนึ่งหน่วยมวลมีหน่วยเป็น W/kg

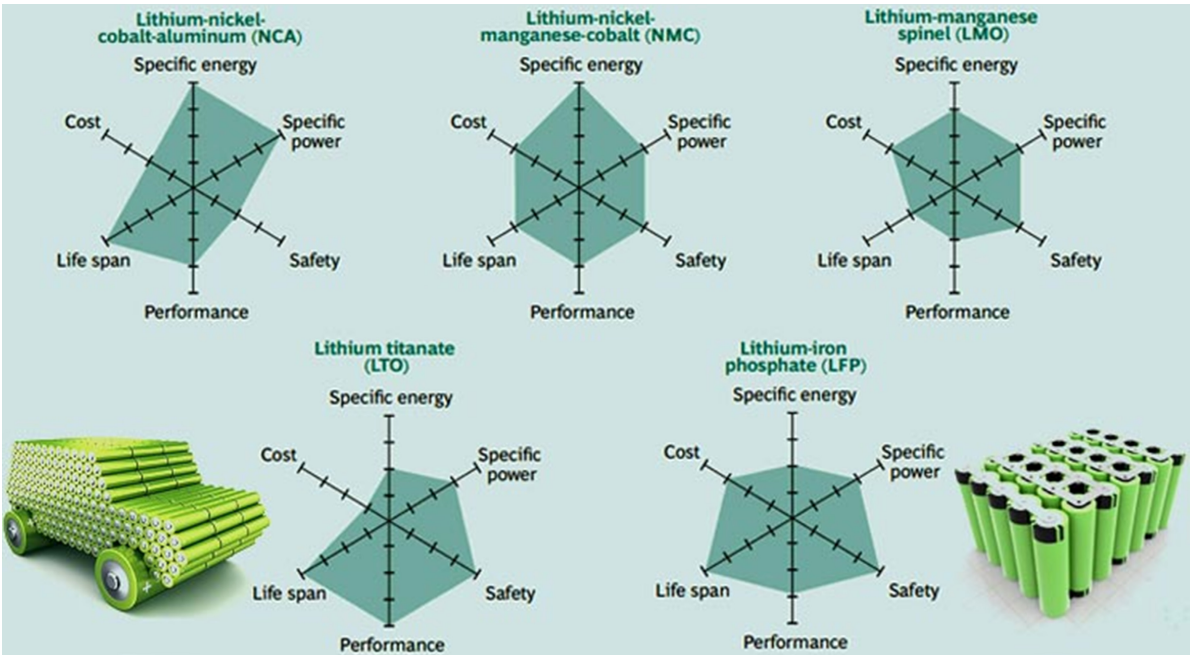
3. ความปลอดภัย (safety) หมายถึง ความสามารถในการระบายความร้อน ถ้าแบตเตอรี่สามารถระบายความร้อนได้ดีจะมีความปลอดภัยสูงกว่า

4. สมรรถนะ (performance) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแบตเตอรี่ขณะใช้งาน อัตราส่วนของพลังงานที่จ่ายโหลดต่อพลังงานที่ชาร์จแบตเตอรี่ ที่สถานะ SOC ก่อนชาร์จแบตเตอรี่ เท่ากับ SOC หลังจ่ายโหลดให้กับแบตเตอรี่

5. อายุในการใช้งาน (life Span) หมายถึง จำนวนครั้งในการประจุไฟ

6. ต้นทุน (cost) หมายถึง ต้นทุนในการผลิตแบตเตอรี่ต่อ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง

จากภาพ 5 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีการผลิตในปัจจุบันโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติทั้ง 6 ด้าน พบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ข้อดีคือ อายุการใช้งานยาวนาน ความจุพลังงานสูง ประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนยังประกอบด้วยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีระดับความปลอดภัยสูง (Muslimin et.al, 2021)



ภาพ 5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบต่าง ๆ

Note. From *A detailed comparison of popular Li-ion battery chemistries used in electric vehicles* by Circuit Digest, 2023, retrieved from https://circuitdigest.com/article/a-detailed-comparision-of-popular-li-ion-battery-chemistries-used-in-evs

การผลิตและการประยุกต์ใช้รถยนต์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ขนาดใหญ่ แบตเตอรี่เป็นประเด็นสำคัญประการหนึ่ง การผลิตและการใช้งานแบตเตอรี่เหล่านี้ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะวัสดุโลหะมีค่าที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และระบบนิเวศโดยรอบ จากการประเมินแบตเตอรี่ $LiFePO_4$ และแบตเตอรี่ Li (NiCoMn) O_2 ซึ่งนิยมใช้กับรถยนต์โดยสารไฟฟ้า จากการวิจัยพบว่า ทั้งสองประเภทของแบตเตอรี่แสดงลักษณะผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละระยะ ตัวอย่างเช่น $LiFePO_4$ แบตเตอรี่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นในขั้นตอนการผลิต ในขณะที่แบตเตอรี่ Li (NiCoMn) O_2 เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นในขั้นตอนการใช้งานและการขนส่ง อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ $LiFePO_4$ โดยทั่วไปจะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าแบตเตอรี่ Li (NiCoMn) O_2 จากวงจรชีวิตทั้งหมด นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่า $LiFePO_4$ มีมวลมากกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นจึงทำให้กักเก็บพลังงานได้มากขึ้น (Shu et.al, 2021)

จากข้อมูลของแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่กล่าวมาสามารถทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติตามประเภทแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงตามตาราง 1

รูปแบบการบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วในยานยนต์ไฟฟ้า

เมื่อแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าที่ถูกนำไปใช้งานกระทั่งประสิทธิภาพลดลงจนไม่สามารถนำมาใช้งานได้อีกจะมีรูปแบบของการบริหารจัดการโดยส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การ Reuse แบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วในยานยนต์ไฟฟ้า

กรณีของการนำกลับมาใช้ใหม่ในส่วนของแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งาน (ค่าเฉลี่ยปัจจุบันประมาณ 9 ปี) แต่เมื่อนำมาตรวจสอบแล้วพบว่า ยังคงเหลือความจุแบตเตอรี่ประมาณร้อยละ 80 ของความจุทั้งหมด หากสามารถซ่อมแซมได้ เช่น เซลล์แบตเตอรี่ชำรุดบางส่วนแล้วนำมาซ่อมจนมีความจุสูงกว่าร้อยละ 80 แบตเตอรี่นั้นจะถูกนำกลับไปใช้ในรูปแบบที่เรียกว่าการรีแพ็ก (Repack) ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ได้อีกประมาณ 4 ปีครึ่ง แต่ในกรณีที่ไม่สามารถซ่อมแซมจนมีความจุสูงกว่าร้อยละ 80 ได้ จะถูกนำไปใช้เป็นอุปกรณ์สำรองพลังงานแบบตั้งอยู่กับที่ (stationary energy storage) เพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉิน หรือช่วยเสริมไฟฟ้าเข้าสู่ระบบในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้ามากเกินไปได้ โดยสามารถใช้งานต่อได้อีก 4-5 ปี กรณีเช่นนี้เรียกการจัดการแบตเตอรี่แบบนำกลับมาใช้ซ้ำ (reuse) ข้อดีประการหนึ่งของการ Repack และ Reuse คือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ส่งผลให้แบตเตอรี่มีมูลค่าโดยรวมมากขึ้นและเป็นการลดสัดส่วนมูลค่าขณะใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าลงทำให้ผู้บริโภคไม่ต้องแบกรับภาระจากราคาแบตเตอรี่มากจนเกินไป นอกจากนั้นการ Reuse แบตเตอรี่เพื่อใช้งานใน Stationary Energy Storage แทนการใช้งานแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่ถูกผลิตขึ้นมาใหม่ สามารถลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ใหม่ และลดการเกิดสภาวะอุณหภูมิโลกเปลี่ยนแปลง (climate change) ได้ร้อยละ 69 และ 68 ตามลำดับ (Richa et al., 2017)

กรณีที่แบตเตอรี่ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุ ทำให้แบตเตอรี่เสียหายไม่สามารถใช้งานได้อีกจะถูกนำไปแยกส่วนเพื่อรีไซเคิล (Recycle) โดยวัตถุดิบที่ได้จากการ Recycle จะถูกนำไปผลิตเป็นแบตเตอรี่ใหม่ และส่วนที่ไม่สามารถ Recycle ได้ จะถูกนำไปฝังกลบตามกรรมวิธีกำจัดของเสียต่อไป

จากตาราง 2 แสดงการทดสอบทั่วไปเพื่อนำแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่ประกอบไปด้วยการทดสอบ 3 ส่วน ได้แก่ การทดสอบทางกายภาพ ทางไฟฟ้าและทางกล ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

2. กระบวนการ Recycle แบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วในยานยนต์ไฟฟ้า

วัตถุประสงค์เพื่อนำวัตถุดิบที่ยังมีคุณสมบัติพอที่จะสามารถนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแบตเตอรี่ใหม่ได้ ลดการเกิดของเสียให้มากที่สุด ลดการทิ้งของเสียมีพิษ และนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้พลังงานจากสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยวิธี Recycle แบตเตอรี่ มีลำดับขั้นตอนดังแสดงในภาพ 6

จากภาพ 6 การ Recycle แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า มีแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการปรับสภาพ การแยกส่วนประกอบ และการแยกสกัด โดยทางทฤษฎีแล้วจะสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ได้ครบถ้วนแต่ในทางปฏิบัติหากนำส่วนประกอบทั้งหมดกลับมาใช้ใหม่จะต้องใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายสูง เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนกระบวนการ Recycle (เช่น ค่าแรง วัสดุ สาธารณูปโภค และค่าใช้จ่ายทั่วไป) hydrometallurgy เป็นกระบวนการที่ถูกที่สุด Hydrometallurgical แพงที่สุด ต้นทุนการ Recycle สำหรับกระบวนการทั้งหมดต่ำที่สุดในประเทศจีน เนื่องจากต้นทุนแรงงานและค่าใช้จ่ายทั่วไปลดลง กระบวนการ Recycle มีส่วนช่วย 75-90% ของต้นทุนการ Recycle โดยรวม (Dai et al., 2019)

ตาราง 1

การเปรียบเทียบประเภทแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

Specification	Lead Acid	Nickel Based	Lithium Based
Cost	Cheap	Expensive	Average
Maintainance Required	High	Low	Moderate
Estimated Life Time (Years)	Short	Longer	Long
Application	Solar Power Storage	Aircraft Applications, Emergency Lightening	Space Vehicles, Cell Phones, Laptops
Depth of Discharge (Approx)	20% for 500 Cycles	20% for 2500 cycles	20% for 300 Cycles
Charging Technique	Constant Current-Constant Voltage	Constant Current	Constant Current-Constant Voltage
Climate	Severe Effect	Moderate Effect	Great Sustainability

Note: From *Comparison of batteries used in electrical vehicles (a review)* by S. Muslimin, Z. Nawawi, B. Y. Suprapto and T. Dewi, 2022, Proceedings of the 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021), pp 421–425.

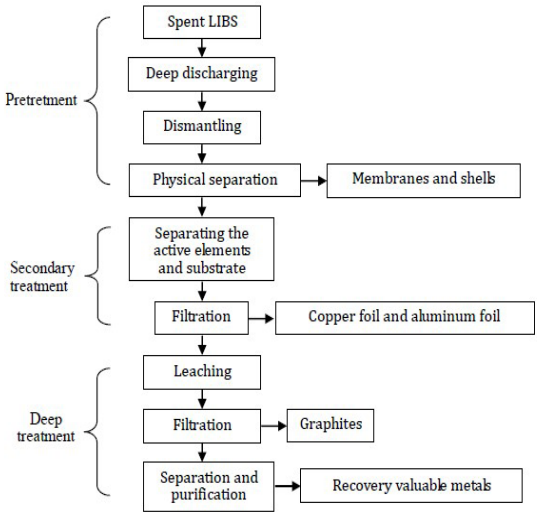
ตาราง 2

การทดสอบทั่วไปเพื่อนำแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่

หมวดหมู่การตรวจสอบ/ทดสอบ	ประเภทของการตรวจสอบ/การทดสอบ	อิทธิพลต่อความปลอดภัย	ผลกระทบต่อความเสี่ยง*
1.ทางกายภาพ	1.การบวมของโมดูลหรือเซลล์	1.ปานกลาง	1.ปานกลาง/ต่ำ
	2.การกัดกร่อนของขั้วต่อ	2.ปานกลาง/ต่ำ	2.ต่ำ
	3.ความสกปรกจากน้ำและฝุ่น	3.สูง	3.ปานกลาง
	4.สายเคเบิลและการเชื่อมต่อหลวม	4.ปานกลาง	4.ปานกลาง/ต่ำ
	5.วันที่ผลิตแสดงความสามารถใช้งานได้	5.ต่ำ	5.ไม่เกี่ยวข้อง/ต่ำ
2.ทางไฟฟ้าและทางกล	1.ความต้านทานภายใน	1.ต่ำ	1.สูง/ปานกลาง
	2.ความจุที่วัดได้	2.ต่ำ	2.สูง
	3.ความต้านทานของฉนวน	3.สูง	3.ปานกลาง
	4.ความสมดุลของศักย์ไฟฟ้า	4.ปานกลาง	4.ปานกลาง/ต่ำ
	5.ช่วงสถานะการชาร์จ (SOC) ตามคู่มือ	5.สูง	5.สูง
3.ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่หรือ Battery Management System (BMS)	1.กำลังการผลิตที่มีประโยชน์ที่เหลืออยู่	1.ต่ำ	1.สูง
	2.ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรง (DC)	2.ต่ำ	2.สูง/ปานกลาง
	3.สถานะสุขภาพ (SOH) ของแบตเตอรี่	3.ต่ำ	3.สูง

*ปัจจัยการประเมินสำหรับการใช้แบตเตอรี่ซ้ำ (สูงไปต่ำ=ผลกระทบต่อการใช้แบตเตอรี่ซ้ำ)

Note. Adapted from. *End of Electric Vehicle Batteries: Reuse vs. Recycle* by Y. Kotak. et al., 2021, Energies, 14, pp 1–15



ภาพ 6 ขั้นตอนหลักสำหรับการ Recycle แบตเตอรี่ที่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

Note. From Study on recycling and reuse of waste battery of electric vehicle by Y. Du and H. Jiang, 2018, *Proceedings of the 2018 8th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2018)*, pp. 296-299 Copyright by the Authors. Published by Atlantis Press

จากตาราง 3 แสดงการวิเคราะห์ส่วนประกอบของชุดแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าองค์ประกอบโดยน้ำหนักมีวัสดุทางวิศวกรรม เช่น ทองแดง เหล็ก อลูมิเนียม พลาสติกและชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

จากตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยสำหรับเซลล์แบตเตอรี่ พบว่า ค่าการสะสมพลังงานของแบตเตอรี่ชนิด NCA สามารถเก็บสะสมพลังงานได้ดีและมีน้ำหนักเบา

จากตาราง 5 แสดงองค์ประกอบของเซลล์แบตเตอรี่แต่ละชนิดซึ่งวัตถุดิบที่สำคัญได้แก่ลิเธียม โดยในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน มีราคาเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ 10,000 ดอลลาร์สำหรับปลั๊กอินไฮบริดมีลิเธียมมูลค่าไม่ถึง 100 ดอลลาร์ การขาดแคลนในการผลิตแบตเตอรี่ขนาดใหญ่หลายล้านก้อนสำหรับยานยนต์และการใช้งานแบบอยู่กับที่อาจทำให้ราคาสูงขึ้น ความกังวลเกี่ยวกับการขาดลิเธียม อาจมีการขาดแคลนวัสดุหายากหากยานยนต์ไฟฟ้าเข้ามาแทนที่รถยนต์ทั่วไป วัสดุชนิดหนึ่ง คือ แม่เหล็กถาวรสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า แม่เหล็กถาวรเป็นหนึ่งในมอเตอร์ที่ประหยัดพลังงานมากที่สุด ประเทศจีนควบคุมตลาดโลหะหายากทั่วโลกประมาณร้อยละ 95 และคาดว่า จะใช้ทรัพยากรเหล่านี้ส่วนใหญ่เพื่อการผลิตของตนเอง การส่งออกวัสดุหายากได้รับการควบคุมอย่างเข้มงวด (Battery University, 2017)

จากภาพ 7 แสดงขั้นตอนการ Recycle แบตเตอรี่ไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนได้แก่

1) การเตรียมพร้อมก่อน Recycle (pre-processing) เป็นกระบวนการเริ่มต้นเพื่อความปลอดภัยสำหรับกระบวนการขั้นตอนอื่น การจัดการแบตเตอร์รี่ลิเทียมไอออน โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ ได้แก่ วิธีการแรกการลดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลงอย่างรวดเร็ว (cryogenic approach) ด้วยการแช่แบตเตอรี่ลงในอ่างไนโตรเจนเหลว โดยแบตเตอรี่จะถูกลดอุณหภูมิลงจนเหลืออุณหภูมิที่ -195 องศาเซลเซียส ทำให้ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของแบตเตอรี่ลดลงเหลือเพียง 1/250,000 จึงอยู่ในสภาวะที่ไม่พร้อมจะทำปฏิกิริยา จากนั้นจึงจะเข้าสู่ขั้นตอนการบดแบตเตอรี่ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้โดยไม่มีอันตราย วิธีการที่ 2 การคายประจุแบตเตอรี่ให้หมด (dismantling to cell level) โดยเริ่มจากการแยกส่วนแบตเตอรี่จนถึงระดับโมดูลหรือเซลล์แบตเตอรี่ จากนั้นคายประจุแบตเตอรี่โดยแช่โมดูลหรือเซลล์แบตเตอรี่ในสารละลายที่นำไฟฟ้า เช่น โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคาร์บอเนต กรดกำมะถัน กรดเกลือหรือกรดไนตริกจนกระทั่งโมดูลหรือเซลล์แบตเตอรี่คายประจุไฟฟ้าจนหมด ก่อนที่จะผ่านกระบวนการ Recycle ในขั้นตอนต่อไป

2) ขั้นตอนการทำให้ชิ้นส่วนแบตเตอรี่แตกตัว (cell disruption) เพื่อให้ชิ้นส่วนของแบตเตอรี่แตกตัวออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทำให้เห็นชิ้นส่วนภายในของแบตเตอรี่ด้วยวิธีการ บด อัด ฉีก หรือ วิธีทางกลอื่น ๆ ที่สามารถทำให้แบตเตอรี่เสียหายทางกายภาพได้ สำหรับกระบวนการ Cell disruption ของแบตเตอรี่รถยนต์ที่มีขนาดใหญ่ มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและมีอันตรายกว่ามาก ดังนั้น กระบวนการนี้จะถูกกระทำในของเหลวที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับชิ้นส่วนต่าง ๆ และในบรรยากาศที่ถูกบรรจุด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซอาร์กอน หรือ ก๊าซฮีเลียม เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยา

3) ขั้นตอนการแยกวัตถุดิบออกจากขั้วแอโนด-แคโทด (dissolution)

ขั้วแอโนดและขั้วแคโทดถูกทำให้ติดกับแผ่นโลหะ Collector โดยใช้วัสดุผสมกับสารเชื่อมผสานทาลงไปที่แผ่นโลหะ แล้วปล่อยให้สารเชื่อมผสานระเหย จนวัตถุดิบที่ใช้ในการทำขั้วติดกับแผ่นโลหะ ดังนั้น หากต้องการทำให้วัตถุดิบของขั้วแบตเตอรี่แยกออกมาจากแผ่นโลหะ สามารถทำได้โดยการแช่ขั้วอิเล็กโตดลงในสารละลาย N-Methy-2-Pyrrolidone--NMP ซึ่งสามารถทำให้วัตถุดิบและแผ่นโลหะแยกออกจากกันได้ แต่มีข้อเสียได้แก่ใช้เวลานานและ NMP เป็นสารมีพิษ

4) ขั้นตอนการแยกคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ (physical separation) เมื่อชิ้นส่วนแบตเตอรี่ผ่านกระบวนการ Cell disruption แล้ว จะถูกคัดแยกด้วยคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อนำวัตถุดิบกลับไปใช้งานต่อไป โดยกระบวนการคัดแยกโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยวิธีการเฉพาะด้านหลากหลายกระบวนการดังตาราง 6

ตาราง 3

วัสดุและส่วนประกอบของชุดแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

Materials/ components	Mass (kg)	Relative (%)
Battery cells	80.0	32.0
Steel (stainless steel, ...)	75.0	30.0
Plastics (PP, PA...)	26.0	10.4
Aluminum	21.0	8.4
Copper	7.0	2.8
Electronic components (BMS, fuses, ...)	2.3	0.92
Elastomers	3.6	1.44
Composite materials	35.1	14.04
Summed	250	100

Note. From *European Li-Ion battery advance manufacturing for electronic vehicles* by ELIBAMA project, 2011, retrieved from https://cordis.europa.eu/project/id/285385

ตาราง 4

แสดงค่าเฉลี่ยสำหรับเซลล์แบตเตอรี่แต่ละประเภท

Cell type	unit	NMC	NCA	LFP
Total mass	kg/Battery	141	100	118
Total mass	g/kg	1000	1000	1000
Energy content	kWh/t	86	96	71

Note. From *European Li-Ion battery advance manufacturing for electronic vehicles* by ELIBAMA project, 2011, retrieved from https://cordis.europa.eu/project/id/285385

ตาราง 5

แสดงองค์ประกอบของเซลล์แบตเตอรี่แต่ละประเภท

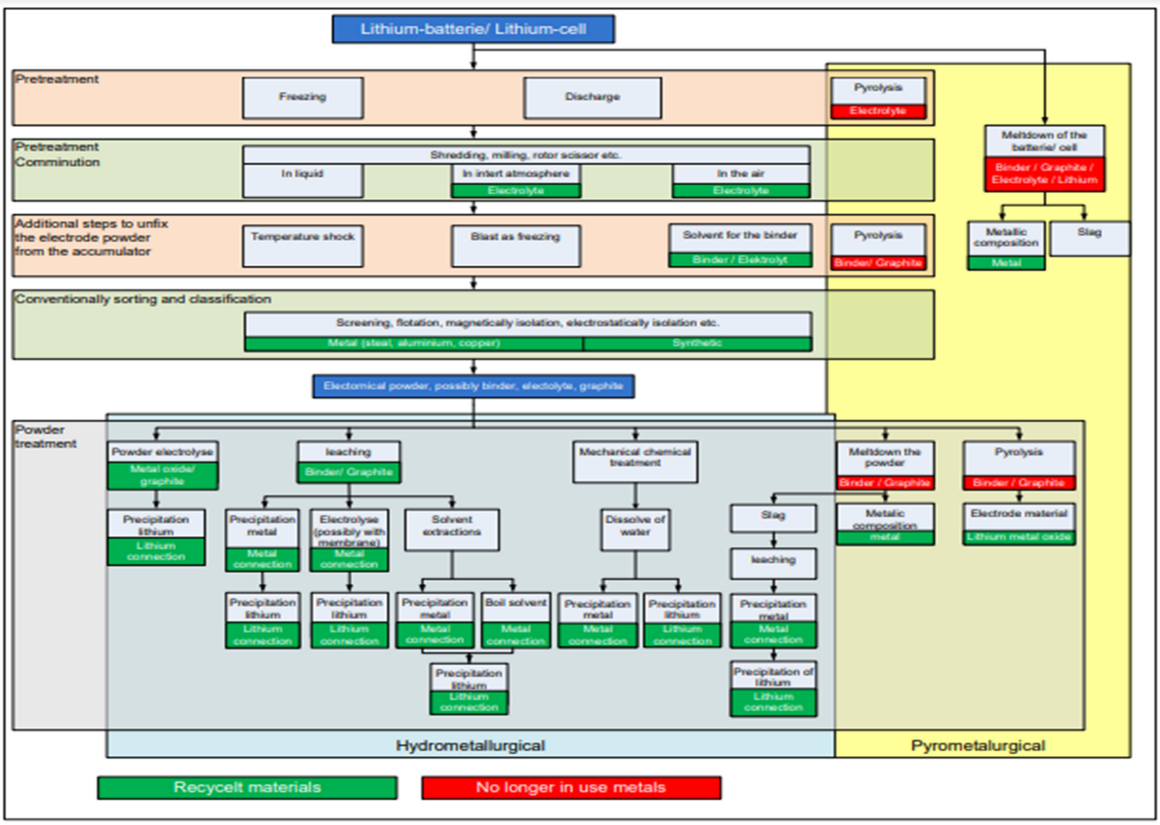
Cell Material	NMC (g/kg)	NCA (g/kg)	LFP (g/kg)
Cathode	191	175	173
-Lithium	14	13	7.6
-Cobalt	39	16	0
-Nickel	39	86	0
-Manganese	36	0	0
-Aluminum	0	2.5	0
-Iron	0	0	61
-Phosphorus	0	0	34
-Oxygen	63	58	70
Electrolyte	114	101	85
Separator	54	50	43
Anode-Carbon	140	131	111
Cathode foil - Al	39	40	34
Anode foil - Cu	66	70	60
Cell case - Al	21	20	17
Others	6	10	8.5
total	630	598	530

Note. From *European Li-Ion battery advance manufacturing for electronic vehicles* by ELIBAMA project, 2011, retrieved from https://cordis.europa.eu/project/id/285385

ตาราง 6

กระบวนการคัดแยกโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

กรรมวิธี	หลักการ
Sieve Classification	การคัดแยกโดยอาศัยความแตกต่างของขนาดวัสดุและเป็นการแบ่งชิ้นเศษชิ้นส่วนโดยปริมาตร และเตรียมพร้อมสำหรับกระบวนการต่อไป
Airstream Classification	การคัดแยกชิ้นส่วนโดยอาศัยความแตกต่างด้านน้ำหนัก โดยชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักเบาจะลอยขึ้นไปด้านบน และชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักมากจะตกลงมาอยู่ด้านล่าง
Magnetic separation	การคัดแยกชิ้นส่วนโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็ก คัดแยกชิ้นส่วนที่คุณสมบัติทางแม่เหล็กได้
Electrostatic processes and separation by frictional charge	การคัดแยกโดยอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าสถิตของวัสดุ
Eddy current Process	การคัดแยกโดยใช้แม่เหล็กที่ใช้กระแสเอ็ดดี้เพื่อแยกโลหะที่ไม่ใช่เหล็กออกจากของเสียอินพุตหรือกระแสแร่ กระแสเอ็ดดี้ถูกใช้เพื่อแยกวัสดุทั้งสองออกจากกัน
Flotation Process	ใช้ของเหลวเพื่อช่วยคัดแยกชิ้นส่วนตามความหนาแน่น และน้ำหนัก



ภาพ 7 แสดงภาพรวมกระบวนการ Recycle แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

Note. From *European Li-Ion battery advance manufacturing for electronic vehicles* by ELIBAMA project, 2011, retrieved from https://cordis.europa.eu/project/id/285385

5) ขั้นตอนการแยกวัสดุอื่น ๆ ออกจากแบตเตอรี่ด้วยวิธีทางความร้อน (thermal treatment)

เป็นกระบวนการที่อาศัยความร้อนในการแยกวัสดุชนิดต่าง ๆ ออกจากเศษแบตเตอรี่ สามารถแบ่งอุณหภูมิที่ใช้ได้เป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 380 องศาเซลเซียส จะสามารถทำให้วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขั้วแอโนด และแคโทดแยกตัวออกจากแผ่นโลหะ Collector เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์บอน และสามารถทำให้สารระเหยที่เป็นพิษสลายตัวได้

2. ช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 380 องศาเซลเซียส สามารถเผาไหม้ พลาสติก และสารระเหยได้ สามารถเกิดกรรมวิธี Pyrolysis ได้ ถ้ามีการควบคุมบรรยากาศในการเผา

6) โลหะวิทยาแยกสกัด (extractive metallurgy) หลังจากผ่านกระบวนการข้างต้นแล้ว จะได้โลหะผสม (alloys) เป็นผลผลิตของกระบวนการดังกล่าว ซึ่งโลหะผสมนั้นสามารถนำมาแยกออกจากกันให้มีความบริสุทธิ์หรือแยกเป็นโลหะแต่ละชนิดได้ แต่อย่างไรก็ตามการแยกโลหะจากวัสดุอื่น ๆ นั้นสามารถทำได้โดยง่าย ซึ่งแตกต่างจากการแยกโลหะออกจากกันซึ่งทำได้ยากกว่า การแยกโลหะนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการเปียก และวิธีการแห้ง ดังตาราง 7

จากภาพ 8 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการ recycle แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าจากบริษัทที่ดำเนินกิจการ recycle จำนวน 5 รายได้แก่ Akkuser (Finland) Duesenfeld (Germany) Recupyl (France) Retriev (USA) และ Umicore (Belgium) สามารถอธิบายกระบวนการต่าง ๆ โดยสรุปได้ดังนี้ (Harpe et.al., 2019)

1. กรรมวิธีกู้คืนแบบไพโรเมทัลโลจิคอล (Pyrometallurgical)

การใช้เตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อลดส่วนประกอบออกไซด์ของโลหะให้เป็นโลหะผสมของ Co Cu Fe และ Ni เทคนิคนี้มีข้อได้เปรียบที่สำคัญ คือ สามารถใช้ได้กับทั้งเซลล์หรือโมดูล โดยไม่ต้องมีขั้นตอนการสร้างฟิล์มก่อนผลิตภัณฑ์ของกระบวนการไพโรเมทัลโลจิคัล ได้แก่ เศษโลหะผสมตะกรันและก๊าซ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซที่ผลิตที่อุณหภูมิต่ำกว่า<150 °C ประกอบด้วยสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากส่วนประกอบอิเล็กโทรไลต์และสารยึดเกาะ ที่อุณหภูมิสูงขึ้นโพลีเมอร์จะสลายตัวและเผาไหม้ออกไป โลหะผสมสามารถแยกออกได้ผ่านกระบวนการไฮโดรเมทัลโลจิคัล โดยทั่วไปตะกรันจะประกอบด้วยโลหะอะลูมิเนียม แมงกานีส และลิเธียม การเผาไหม้ของอิเล็กโทรไลต์และพลาสติกยังช่วยคายความร้อนและลดการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการนี้ กระบวนการไพโรเมทัลโลจิคัล โดยทั่วไปจะไม่พิจารณาถึงการแยกอิเล็กโทรไลต์และพลาสติก (ประมาณ 40–50 % ของน้ำหนักแบตเตอรี่) หรือส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น เกลือลิเธียม แม้จะมีข้อเสียเปรียบด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การผลิตก๊าซพิษ ซึ่งจะต้องมีการบำบัดเพื่อแก้ไขผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม กระบวนการนี้มีต้นทุนพลังงานที่สูง วัสดุที่ถูกสามารถกู้คืนได้ในจำนวนจำกัด แต่กระบวนการนี้ยังคงเป็นกระบวนการที่ใช้บ่อยสำหรับการสกัดโลหะทรานซิชันที่มีมูลค่าสูง เช่น โคบอลต์และนิกเกิล

2. การแยกวัสดุทางกายภาพ (physical materials separation)

กระบวนการแยกทางกายภาพ กระบวนการเหล่านี้ประกอบด้วยตะแกรง ตัวกรอง แม่เหล็ก โต๊ะเขย่า และตัวกลางหนัก ซึ่งใช้ในการแยกส่วนผสมของสารละลายที่มีลิเธียม พลาสติกและกระดาษความหนาแน่นต่ำ ปลอกแม่เหล็ก อิเล็กโทรดเคลือบ และผงอิเล็กโทรด โดยทั่วไปผลลัพธ์ที่ได้คือเศษส่วนละเอียดของวัสดุ พลาสติก วัสดุเคส และฟอยล์โลหะในเศษส่วนหยาบ เศษส่วนหยาบสามารถผ่านกระบวนการแยกด้วยแม่เหล็กเพื่อกำจัดวัสดุแม่เหล็ก เช่น โครงเหล็ก และกระบวนการแยกความหนาแน่น เพื่อแยกพลาสติกออกจากฟอยล์ สารเคลือบอิเล็กโทรด (ออกไซด์ของโลหะและคาร์บอน)

3. การถมโลหะด้วยไฮโดรเมทัลโลจิคัล (Hydrometallurgical metals reclamation)

การใช้สารละลายในน้ำเพื่อชะโลหะที่ต้องการออกจากวัสดุแคโทด สารละลายที่ถูกชะออกไปได้รับการบำบัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์เมื่อทำการสกัดตัวทำละลายแล้ว โลหะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ผ่านปฏิกิริยาการตกตะกอน ซึ่งควบคุมโดยการปรับค่า pH ของสารละลาย โดยปกติโคบอลต์จะถูกสกัดออกมาในรูปแบบซัลเฟต ออกซาเลต ไฮดรอกไซด์หรือคาร์บอเนตจากนั้นลิเธียมสามารถสกัดได้ผ่านปฏิกิริยาการตกตะกอนซึ่งก่อตัวเป็น Li_2CO_3 หรือ Li3PO480, 81 วิธีการ Recycle ทางเลือกอีกวิธีหนึ่งจะใช้กลไกทางเคมีโดยที่วัสดุอิเล็กโทรดบดผสมด้วยสารประกอบคลอรีนหรือสารก่อให้เกิดสารเชิงซ้อนเพื่อผลิตเกลือโคบอลต์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งสามารถแยกออกจากเศษส่วนที่ไม่ละลายน้ำได้โดยการล้างด้วยน้ำ

4. การรีไซเคิลโดยตรง (direct recycling)

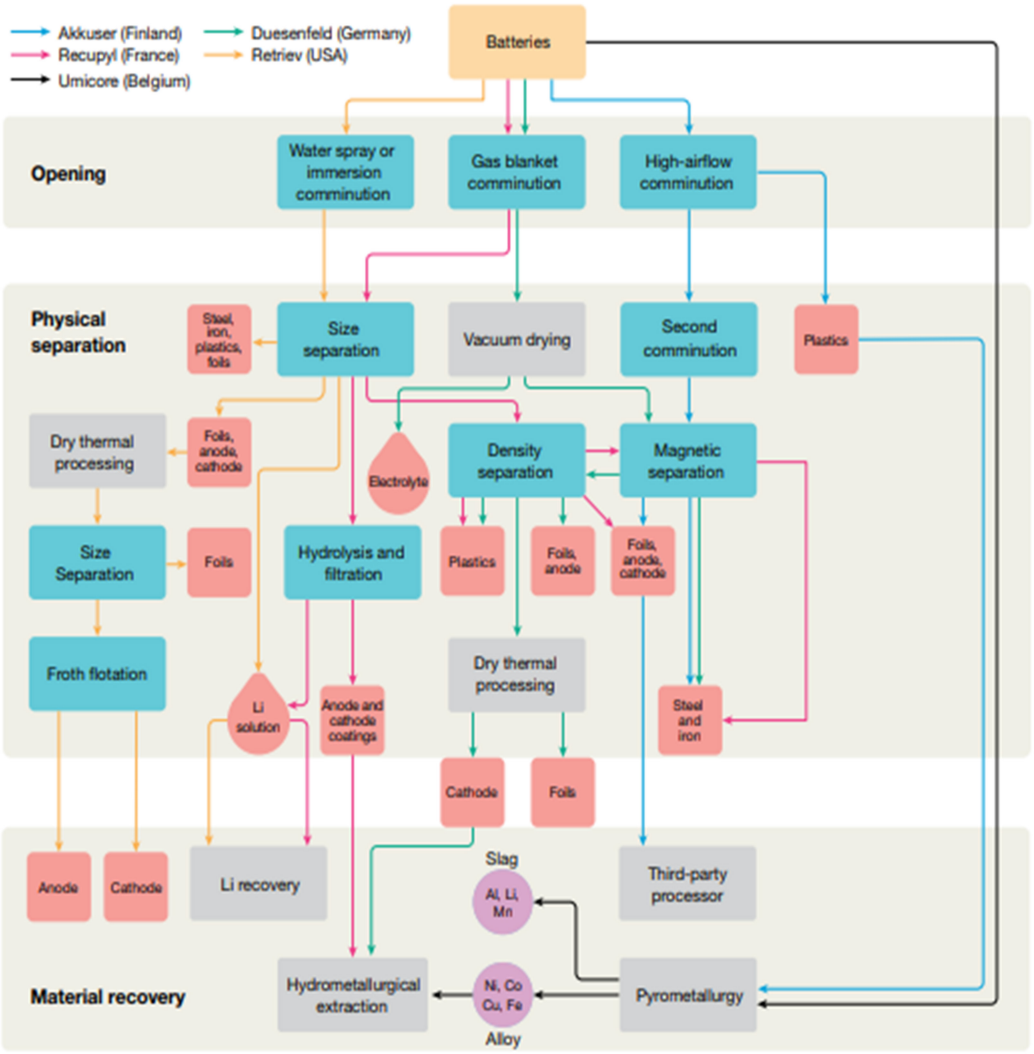
การแยกวัสดุแคโทดหรือแอโนดออกจากอิเล็กโทรดเพื่อปรับสภาพและนำกลับมาใช้ใหม่ในแบตเตอรี่ลิเธียมที่นำกลับมาผลิตใหม่เรียกว่าการรีไซเคิลโดยตรง ตามหลักการวัสดุแคโทดโลหะออกไซด์ผสมสามารถรวมกลับเข้าไปในอิเล็กโทรดแคโทดใหม่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาของผลึกของวัสดุออกฤทธิ์เพียงเล็กน้อย โดยทั่วไป จะต้องเติมปริมาณลิเธียมเพื่อชดเชยการสูญเสียเนื่องจากการเสื่อมสภาพของวัสดุระหว่างการใช้แบตเตอรี่ และเนื่องจากวัสดุอาจไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่จากแบตเตอรี่ในสถานะคายประจุจนหมดโดยที่แคโทดถูกลิไทด์จนหมด แถบแคโทดที่ได้หลังจากการรื้อแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว ถูกแช่ใน NMP ก่อนที่จะทำการโซนิเคชัน ผงถูกสร้างขึ้นใหม่ผ่านการสังเคราะห์โซลิดสเตตอย่างง่ายด้วยการเติม Li2CO_3 ให้ความร้อนด้วยสารละลายที่มี LiOH/Li_2SO_4 ก่อนการหลอม

จากภาพ 9 แสดงผลการจากการวิจัยของสำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) พบว่าประเทศชิลีและออสเตรเลียมีปริมาณของลิเธียมสำรองและการผลิตมากที่สุด โดยปริมาณลิเธียมที่ขุดได้เกือบ 20 ล้านตันถูกคาดการณ์ว่าจะใช้ในทุกภาคอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี 2010 ถึง 2100 โดยมีส่วนแบ่งไปใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนในยานยนต์ไฟฟ้า 12.8 ล้านตัน

ตาราง 7

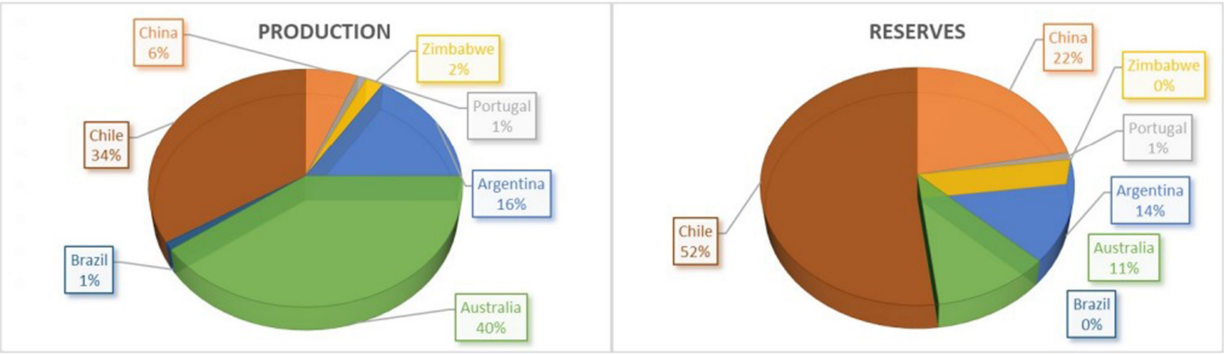
กระบวนการโลหะวิทยาแยกสกัด

วิธีการแยกสกัด	หลักการ
วิธีเปียก (wet processes หรือ hydrometallurgy)	ใช้สารละลาย ละลายวัตถุดิบที่ต้องการออกมาหลังจากนั้น นำวัตถุดิบออกจากการละลาย ด้วยวิธีการ Electrolysis Cementation Pressure precipitation หรือ Crystallisation
วิธีแห้ง (dry Processes หรือ pyrometallurgy)	ใช้ความร้อนเพื่อทำให้เกิด การเปลี่ยนรูปของโลหะเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและเฟสของโลหะ และการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถทำให้แบตเตอรี่หลอมละลาย ได้ชิ้นส่วนโลหะ สแลก และก๊าซ เป็นผลผลิต แต่ไม่สามารถแยกโลหะแต่ละชนิดออกจากโลหะอัลลอยได้



ภาพ 8 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการ recycle แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าจากบริษัทที่ดำเนินกิจการ recycle

Note. From *Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles*, by G. Harpe. et. al., 2019, Nature, 575(7), pp. 75–86 Copyright 2019 by Springer Nature Limited



ภาพ 9 ประเทศผู้ทำการผลิตและแหล่งสะสมลิเธียมทั่วโลก

Note. From *Vehicle Battery Recycling* by S. S. Alam, 2021, retrieved from https://www.researchgate.net/publication/355477797

3. การวิเคราะห์วงจรชีวิต (Life-Cycle Analysis–LCA)

การวิเคราะห์วงจรชีวิตของยานยนต์ไฟฟ้าเป็นการเปรียบเทียบด้านประสิทธิภาพกับยานยนต์เผาไหม้ภายใน เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากก๊าซไอเสียนักวิทยาศาสตร์ในสาขาสิ่งแวดล้อมจึงเริ่มเปรียบเทียบประสิทธิภาพยานยนต์เผาไหม้ภายในโดยใช้ LCA เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์แบ่งเป็น (1) ขั้นตอนการสกัดวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (2) ขั้นตอนการผลิตจะคำนวณผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ (3) ขั้นตอนการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ในขณะใช้งาน สุดท้าย (4) ขั้นตอนการกู้คืนและการ Recycle เมื่อพิจารณาตามขั้นตอนข้างต้นจะสามารถเปรียบเทียบระยะการใช้งานและระยะหมดอายุการใช้งานระหว่างยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์เผาไหม้ภายในที่แตกต่างกันได้

แนวทางการบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในต่างประเทศ

ภูมิหลังในการจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วในยานยนต์ไฟฟ้า

ใน ปี 2558 สหภาพยุโรปสามารถกู้คืนวัสดุที่เป็นประโยชน์จากยานยนต์หมดอายุถึง 95% โดยน้ำหนักตามคำสั่ง Union End-of-Life เพียง 5% โดยน้ำหนักเท่านั้นที่จะถูกฝังกลบ อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการยังคงเป็นปัญหาเนื่องจากการเก็บรวบรวมจากประเทศอื่น ๆ ในเครือสหภาพยุโรป

ในประเทศจีนยังได้วางนโยบายยานยนต์หมดอายุไว้ตั้งแต่ปี 2544 แต่ยังคงเผชิญกับอุปสรรคในการดำเนินการเช่นเดียวกับประเทศในยุโรป

สำหรับประเทศญี่ปุ่นเป็นผู้บุกเบิกในการจัดตั้งนโยบายเกี่ยวกับยานยนต์หมดอายุการ Recycle และพัฒนากฎหมายและกฎระเบียบเพื่อเอาชนะความท้าทายทางเทคนิค กฎหมาย Recycle เจ้าของรถจะต้องชำระเงินบางส่วน ณ เวลาที่ซื้อรถยนต์ เพื่อแบ่งค่าใช้จ่ายระหว่างเจ้าของและธุรกิจ Recycle

เกาหลีใต้ใช้กฎหมายที่เรียกว่า RoHS/ELV/WEEE Act ปี 2007 ซึ่งกล่าวถึงการประกอบและยานพาหนะ Recycle ขณะเดียวกันในสหรัฐอเมริกาด้านสิ่งแวดล้อมกฎหมายคุ้มครองเป็นแนวทางในการ Recycle ยานยนต์หมดอายุบางมลรัฐแต่ยังไม่มีในส่วนของรัฐบาลกลาง โดยกฎหมายให้เป็นความรับผิดชอบของผู้ผลิตเพิ่มเติม (Alam, 2021)

1. การบริหารจัดการกับแบตเตอรี่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในทวีปยุโรป

สหภาพยุโรปมีการตั้งข้อกำหนดสำหรับการบริหารจัดการยานพาหนะที่หมดอายุการใช้งานแล้วหรือ End-of-life vehicles--ELV directive ถูกกำหนดขึ้นเพื่อบริหารจัดการ ELV โดยรวมไม่มีข้อกำหนด หรือวิธีการปฏิบัติเฉพาะสำหรับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของ ELV หรือ แบตเตอรี่ที่ใช้ได้มาจาก ELV ข้อกำหนดส่วนใหญ่เป็นข้อกำหนดเชิงปริมาณของกระบวนการเก็บ และกระบวนการ Reuse และ Recycle แต่ไม่มีการกำหนดขั้นตอน และปริมาณของแบตเตอรี่ในแต่ละกระบวนการที่แน่นอน ซึ่งในปัจจุบัน

ผู้ผลิตรถยนต์ในยุโรปได้มีการให้บริการติดตั้ง Energy Storage System สำหรับที่อยู่อาศัยเป็นการเตรียมตัวเพื่อรองรับแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานจากยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคต โดยผู้ผลิตรถยนต์ที่เริ่มโครงการดังกล่าวใน ปัจจุบันได้แก่ Nissan และ Daimler ต่อมามีการตั้งข้อกำหนดในการเรียกคืนแบตเตอรี่ของสหภาพยุโรปส่งผลให้ผู้ผลิตรถยนต์ใช้โอกาสนี้ขยายธุรกิจโดยการจำหน่าย Stationary Battery เพิ่มเติม เนื่องจากมีแบตเตอรี่ที่เรียกคืนมาจากการใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าและในอนาคตถ้าหากมีการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายมากขึ้นจำนวนแบตเตอรี่ที่จะถูกเรียกคืนกลับมาสู่มือของผู้ผลิตมากขึ้นด้วยเช่นกัน

2. การบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

แนวทางในการบริหารจัดการแบตเตอรี่ของประเทศสหรัฐอเมริกานั้น มีหน่วยงาน Environmental Protection Agency--EPA เป็นองค์กรที่มีหน้าที่รับผิดชอบทางด้านสิ่งแวดล้อมกำหนดให้แบตเตอรี่ที่ต้องถูกจัดการตามกฎ Universal Waste Rules ข้อกำหนดใน Universal Waste Rules จะถูกนำไปใช้ใน 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้รวบรวม Universal Waste ขนาดเล็ก ผู้รวบรวม Universal Waste ขนาดใหญ่ ผู้ขนส่ง Universal Wastes และผู้กำจัด Universal Waste ซึ่งแบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรด และแบตเตอรี่ประเภทนิกเกิลแคดเมียมถูกกำหนดให้ผ่านการ Recycle ทุกครั้ง แต่อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนไม่ได้อยู่ภายใต้กฎดังกล่าว และไม่ถูกเก็บรวบรวมโดยผู้ผลิตเพื่อจะนำไป Recycle ซึ่งในปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีปริมาณมากจะถูกส่งนำไปกำจัดโดยวิธีเผาในที่สำหรับกำจัดของเสียอันตราย นอกจากนั้นรัฐแต่ละรัฐเองก็มีข้อกำหนดในการบริหารจัดการแบตเตอรี่ต่างกัน

3. การบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศญี่ปุ่น

ในประเทศญี่ปุ่นมีข้อกฎหมายเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ “Law for the Promotion of Efficient Utilization of Resource” ได้ผ่านการเห็นชอบจากรัฐสภาประเทศญี่ปุ่นมีผลบังคับใช้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้มั่นใจว่าทรัพยากรถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนการใช้งานวัตถุดิบจากการ Recycle และ Reuse เพื่อลดการสร้างขยะอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งรวมไปถึงแบตเตอรี่ทุกชนิด และเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยกำหนดให้ทุกองค์การที่มีส่วนร่วมเกี่ยวกับขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยผู้บริโภคมีหน้าที่นำแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้วไปส่งมอบให้แก่ผู้รวบรวมซึ่งก็ คือ ผู้จำหน่ายแบตเตอรี่ โดยจะมีหน้าที่ รวบรวมส่งไปให้ผู้ผลิตแบตเตอรี่ซึ่งมีหน้าที่ในการ Recycle เป็นจุดสุดท้าย ในส่วนของยานยนต์ในประเทศญี่ปุ่นได้มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องอันได้แก่ End-of-Life Vehicle recycling law” โดยกฎหมายข้อนี้กำหนดบทบาทร่วมกันของเจ้าของรถยนต์ ธุรกิจรวบรวมยานยนต์ไฟฟ้า ผู้ผลิตรถยนต์ และผู้นำเข้ารถยนต์ เพื่อการ Recycle ขึ้นซึ่งแต่ละภาคส่วนมีส่วนรับผิดชอบดังต่อไปนี้

1. เจ้าของรถยนต์ (car owners) ทำหน้าที่ชำระค่าธรรมเนียม Recycle และส่งยานยนต์ไฟฟ้าไปสู่ผู้ประกอบ ธุรกิจรวบรวมยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งขึ้นทะเบียนกับผู้รับผิดชอบในพื้นที่นั้น ๆ

2. ผู้ประกอบธุรกิจรวบรวม ELV (ELV collecting businesses) ทำหน้าที่เก็บยานยนต์ไฟฟ้าจากเจ้าของรถยนต์ จากนั้นนำยานยนต์ไฟฟ้าไปส่งมอบต่อให้แก่ ผู้ประกอบธุรกิจรวบรวมสาร CFC และผู้ประกอบธุรกิจแยกส่วนรถยนต์

3. ผู้ประกอบธุรกิจรวบรวมสาร CFC (CFC collecting businesses) ทำหน้าที่แยกสาร CFC ออกจากยานยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการ Recycle จากนั้นนำสาร CFC ส่งกลับไปให้แก่ ผู้ผลิตหรือนำเข้ารถยนต์ และส่งยานยนต์ไฟฟ้าต่อไปให้แก่ ผู้ประกอบธุรกิจแยกส่วนรถยนต์

4. ผู้ประกอบธุรกิจแยกส่วนรถยนต์ (auto dismantling businesses) ทำหน้าที่แยกส่วนยานยนต์ไฟฟ้าโดยกระทำตามมาตรฐานการ Recycle จากนั้น ส่งถุงลมนิรภัยกลับไปให้แก่ ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้ารถยนต์ และส่งยานยนต์ไฟฟ้าต่อไปให้แก่ผู้ประกอบธุรกิจย่อยชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า

5. ผู้ประกอบธุรกิจย่อยชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (shredding Businesses) ทำหน้าที่ย่อยยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้รับมาให้เป็นเศษผงเพื่อนำไป Recycle ต่อจากนั้นส่งเศษผงของยานยนต์ไฟฟ้าให้แก่ ผู้ผลิตหรือนำเข้ารถยนต์

6. ผู้ผลิตหรือนำเข้ารถยนต์ (car manufacturers or importers) ทำหน้าที่รวบรวม และ Recycle สาร CFC ถุงลมนิรภัย และเศษผงจากการกำจัดของเสียจากการ recycle ยานยนต์ไฟฟ้า

4. แนวทางการบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีน

ประเทศจีนได้กำหนดนโยบายเกี่ยวกับการ Recycle แบตเตอรี่ “Policy on pollution prevention technique from waste batteries” โดยกำหนดให้อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ต้องรับผิดชอบในการรวบรวมแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว และต้องติดฉลากบนแบตเตอรี่ ในปี ค.ศ.2018 รัฐบาลจีนประกาศข้อกำหนดในการบริหารจัดการแบตเตอรี่ของรถยนต์ New Energy Vehicle ในประเทศ โดยในข้อกำหนดดังกล่าว มีมาตรการต่าง ๆ ดังนี้

1. ผู้ผลิตรถยนต์มีความรับผิดชอบในการบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้ว

2. ผู้ผลิตรถยนต์ต้องสร้างช่องทางในการ Recycle และช่องทางในการรวบรวม จัดเก็บ และขนส่งแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว

3. ผู้ผลิตรถยนต์ต้องสร้างศูนย์บริการเพื่อบำรุงรักษา ซ่อม และแลกเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้วโดยสะดวก

4. สนับสนุนให้มีการปฏิบัติที่ดีแก่ลูกค้าในการเรียกคืนแบตเตอรี่เพื่อ Recycle เช่น การให้เงินสนับสนุนหรือการรับซื้อคืนแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว

5. สนับสนุนให้ผู้ผลิตแบตเตอรี่มีการใช้มาตรฐานในการผลิต และออกแบบแบตเตอรี่ให้แยกส่วนได้ง่าย เพื่อช่วยในการ Recycle ด้วยระบบอัตโนมัติ

6. ผู้ผลิตแบตเตอรี่ต้องมีการจัดฝึกอบรมทางเทคนิคแก่ผู้ผลิตรถยนต์ในเรื่องการจัดเก็บ และการแยกส่วนแบตเตอรี่ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว

5. แนวทางการบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ในประเทศไทยการบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วจากรถยนต์ทั่วไปโดยจัดเป็นของเสียอันตราย สำหรับแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้ายังอยู่ในขั้นตอนของการร่างพระราชบัญญัติกองทุนส่งเสริมศักยภาพอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าและการบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้ว สาระสำคัญของพระราชบัญญัติกำหนดให้จัดตั้งกองทุนขึ้นมาโดยมีฐานะเป็นนิติบุคคล วัตถุประสงค์ คือ

1. สนับสนุนและส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

2. สนับสนุนและส่งเสริมการกำจัดและ Recycle แบตเตอรี่ที่ถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ

3. พัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถในการกำจัดและ Recycle แบตเตอรี่ที่ถูกวิธีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. สนับสนุนการลงทุนหรือช่วยเหลือผู้ประกอบการในระบบกำจัดหรือ Recycle แบตเตอรี่

5. สร้างความตระหนักถึงการกำจัดและ Recycle แบตเตอรี่อย่างมีระบบและถูกวิธี

6. ดำเนินการอื่นใดเกี่ยวกับการบริหารกองทุนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

ทั้งนี้ธุรกิจ Recycle แบตเตอรี่ในประเทศไทยมีข้อจำกัดอยู่ 4 ข้อ ดังนี้

1. กำไรจากการประกอบธุรกิจ Recycle แบตเตอรี่ต่ำ มีงานวิจัยบางงานให้ข้อสังเกตว่าการ Recycle แบตเตอรี่นั้นยังไม่เกิดกำไร แต่ธุรกิจเกิดขึ้นและอยู่ได้เนื่องจากนโยบายสนับสนุน และนโยบายการบริหารจัดการแบตเตอรี่ของรัฐบาลในแต่ละประเทศ

2. ยังไม่มีผู้ผลิตเซลล์แบตเตอรี่ ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ได้จากการ Recycle ต้องส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศที่มีโรงงานผลิตเซลล์แบตเตอรี่

3. ช่องว่างทางเทคโนโลยี การจะทำให้ประสิทธิภาพในการ Recycle สูงนั้น อาศัยเทคโนโลยีและองค์ความรู้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดของประเทศไทยในปัจจุบันที่ใช้กระบวนการหลอมโลหะ

4. กระบวนการ Recycle อาศัยพลังงาน และสารเคมีจำนวนมาก หากไม่มีการบริหารจัดการที่ดีอาจมีปัญหาด้านการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์ในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้วิธีการส่งออกแบตเตอรี่ใช้แล้วไป Recycle ยังต่างประเทศ ซึ่งการนำเข้าหรือส่งออกของเสียไม่สามารถกระทำได้ในทันที เนื่องแบตเตอรี่ใช้แล้วเป็นวัตถุอันตรายดังนั้นการนำเข้าหรือส่งออกของเสียต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และ/หรืออนุสัญญาบาเซล

บทสรุป

การเพิ่มขึ้นของหน่วยแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าและกำลังการผลิตในปีต่อ ๆ ไปจะก่อให้เกิดความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมที่จะต้องได้รับการจัดการทั้งการ Reuse และการ Recycle การระบุว่าแบตเตอรี่จะอยู่ในสถานะที่ใช้ซ้ำได้หรือ Recycle ได้ แบ่งเป็น (1) การระบุสถานภาพของ

แบตเตอรี่ในยานพาหนะที่ใช้เป็นประจำว่าใช้ได้หรือชำรุด และ (2) แบตเตอรี่มีสถานะผ่านการทดสอบมาแล้ว เช่น การตรวจสอบสภาพภายนอก การทดสอบระบบไฟฟ้า การทดสอบระบบกลไก ฯลฯ หากยานยนต์ไฟฟ้าเกิดอุบัติเหตุ และแบตเตอรี่รั่วอาจไม่ปลอดภัยในการนำกลับมาใช้ใหม่ การ Recycle อย่างปลอดภัยการขนย้ายแบตเตอรี่ดังกล่าวหากเป็นไปได้ ไม่เพียงแต่ถอดแบตเตอรี่ออกจากยานยนต์ไฟฟ้าเท่านั้น ส่วนประกอบต่าง ๆ ควรถูกรื้อในพื้นที่เฉพาะและใช้ยานพาหนะที่มีคุณลักษณะสำหรับการขนส่งแบตเตอรี่โดยเฉพาะตามข้อตกลงเกี่ยวกับกฎการขนส่งสินค้าอันตรายทางถนนระหว่างประเทศ (ADR) รวมถึงแบตเตอรี่ที่ถอดแยกชิ้นส่วนแล้วสามารถนำไป Recycle ได้ที่โรงงาน Recycle เท่านั้น ในทางกลับกัน หากแบตเตอรี่มาจากยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้งานปกติ ให้ทำการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจว่าแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานเหลืออยู่บ้างและยังทำงานได้ดีมีความปลอดภัย (Wöhrl, Geisbauer, Nebl, Lott & Schweiger, 2021)

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนถือเป็นขยะอันตราย หากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม ไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดมลพิษ สร้างปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อสุขภาพของคนและสัตว์ แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนประกอบด้วยโลหะมีค่าจำนวนมาก (Co Ni Li Mn Al Cu Fe ฯลฯ) การนำโลหะมีค่าเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่เป็นการสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจที่ดีและตระหนักถึงการพัฒนาทรัพยากรที่ยั่งยืน (Du & Jiang, 2018)

ประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ในปัจจุบันวงจรชีวิตของแบตเตอรี่ใช้แล้วในยานยนต์ไฟฟ้าทั้งในระดับชาติและระดับโลก ประเทศกำลังพัฒนาบางประเทศมีโอกาสน้อยกว่าในการจัดการ Recycle การเลือกเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดการแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจึงยังไม่มีการวิจัยระบบจัดเก็บและจัดการแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเป็นแนวคิดที่กำลังเติบโตควรวิเคราะห์ในหลาย ๆ ด้าน เพื่อ ผลประโยชน์ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อม (Akram and Abdul-Kader, 2023)

นโยบายของบริษัท Recycle ทุกแห่งต้องมีความเข้มแข็งมีการนำไปใช้ในภูมิภาคต่าง ๆ เพื่อเพิ่มเติมปรับปรุงและทำให้กระบวนการ Recycle เป็นแบบอัตโนมัติและมีต้นทุนต่ำมีความยืดหยุ่นสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยเฉพาะลิเธียมปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมเพียงไม่กี่แห่งที่เกี่ยวข้องกับการกู้คืนลิเธียม การ Recycle ช่วยการจัดการกับมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมลดการพึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติ (Alam, 2021)

สำหรับประเทศไทยมีนักลงทุนสนใจในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าและอุตสาหกรรมชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้น ผู้ผลิตยานยนต์สันดาปภายในหลายค่ายเริ่มมีการปรับปรุงฐานการผลิตและการผลิตแบตเตอรี่เป็นการลงทุนด้านหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับนักลงทุน การส่งเสริมการลงทุนนั้นมีแผนการดำเนินการบริหารจัดการแบตเตอรี่เพื่อจัดการบริหารแบตเตอรี่ใช้แล้วที่จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ผู้ผลิตเหล่านี้อาจจะยังไม่มีแผนการดำเนินการบริหารจัดการแบตเตอรี่ของตนเอง ดังนั้นนอกจากการบริหารจัดการแบตเตอรี่จากผู้ผลิตรถไฟฟ้าตลาดเฉพาะก็เป็นเรื่องสำคัญเช่นกัน อาจนำไปใช้งานได้ 2 ประเภท คือ เป็นแบตเตอรี่ มือสองสำหรับใช้งานในรถไฟฟ้า ใช้งานเป็น Energy Storage โดยความแตกต่างของการใช้งาน 2 ประเภทขึ้นอยู่กับสุขภาพของแบตเตอรี่ใช้แล้ว โดยเซลล์แบตเตอรี่ที่มีสุขภาพดียังสามารถใช้งานในรถไฟฟ้าได้ จะถูกประกอบเป็นแพ็คแบตเตอรี่ เซลล์แบตเตอรี่ที่มีสุขภาพรองลงมาจะถูกนำไปประกอบเป็น Energy Storage เพื่อใช้ในงานเป็นระบบกักเก็บพลังงานในระบบพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบแบตเตอรี่สำรองของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบพลังงานลม เป็นต้น สำหรับแบตเตอรี่ที่มีสุขภาพที่ไม่สามารถใช้งานได้แล้วจะถูกนำไป Recycle เพื่อนำวัตถุดิบมาใช้ผลิตเป็นเซลล์แบตเตอรี่ใหม่ โดยการ Recycle นั้นอาจจะยังไม่เหมาะกับประเทศไทย เนื่องจากเป็นธุรกิจที่อาจจะยังเกิดกำไรไม่สูงมากนัก และยังไม่มีการจัดตั้งอุตสาหกรรมผลิตเซลล์แบตเตอรี่ และสำหรับประเทศไทยตลาดการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ากำลังเติบโต ร่างพระราชบัญญัติกองทุนส่งเสริมศักยภาพอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าและการบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้วยังอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาซึ่งภายใน 5–10 ปีหลังจากนี้นโยบายด้านการบริหารจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าใช้แล้วจะมีความสำคัญเป็นอย่างมากทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

References

Ai, N., & Borucki, K. (2018). *End-of-life electric vehicle batteries: U.S. projections and management strategies. EM: Air and waste management association's magazine for Environmental Managers.* Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/327023044_End-of-Life_Electric_Vehicle_Batteries_US_Projections_and_Management_Strategies

Akram, M. N., & Abdul-Kader, W. (2023). Sustainable development goals and end-of-life electric vehicle battery: Literature review. *Batteries, 9*(7), 353. https://doi.org/10.3390/batteries9070353

Alam, S. S. (2021). *Vehicle Battery Recycling*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/355477797.

Battery University. (2017). *Availability of Lithium*. Retrieved from http://batteryuniversity.com/learn/article/availability_of_lithium

Batteries Refurbishing & Reuse. (2014). *The European Commission under the "Nanosciences, nanotechnologies, materials & new production technologies" (NMP) Themeof the 7th Framework Programme for research and technological development*. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/participants/portal4/doc/call/fp7/common/32042-11._2012_wp_cooperation_annexes_1-5_v.2_en.pdf

Chaiwannakup, T., Rungchaeng, K., & Suriyawanakul, P. (2023). Influencing factor analysis for development orientations of electric vehicle using FAHP and TOPSIS. *The 28 th National Convention on Civil Engineering* (pp. 1-8). Phuket: NCCE (in Thai)

Circuit Digest. (2023). *A detailed comparison of popular Li-ion Battery chemistries used in electric vehicles*. Retrieved from https://circuitdigest.com/article/a-detailed-comparision-of-popular-li-ion-battery-chemistries-used-in-evs

Dai, Q., Spangenberger, J., Ahmed, S., Gaines, L., Kelly, J. C., Wang, M., & Argonne National Laboratory. (2019). *Ever Batt: A closed-loop battery recycling cost and environmental impacts model*. Retrieved from https://publications.anl.gov/anlpubs/2019/07/153050.pdf

Du, Y., & Jiang, H. (2018). Study on recycling and reuse of waste battery of electric vehicle. *Proceeding of Advances in Computer Science Research (ACSR), volume 83 8th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization (MCEI 2018)* (pp 296–299). China: Atlantis Press. doi: 10.2991/mcei-18.2018.59

ELIBAMA Project. (2011). *European Li-Ion battery advance manufacturing for electronic vehicles*. Retrieved from https://cordis.europa.eu/project/id/285385

Enerdata. (2022). *Oil products domestic consumption*. Retrieved from https://yearbook.enerdata.net/oil-products/world-oil-domestic-consumption-statistics.html

Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., Walton, A., Christensen, P., Heidrich, O., Lambert, S., Abbott, A., Ryder, K., Gaines, L., & Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature, 575*(7781), 75–86. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5

Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Strømman, A. H. (2013). Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology, 17*(1), 53–64. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x

International Energy Agency. (2023). *Explore and download the full data behind the Global EV Outlook*. Retrieved from https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer

Kotak, Y., Fernández, C. M., Casals, L. C., Kotak, B. S., Koch, D., Geisbauer, C., Trilla, L., Gómez-Núñez, A., & Schweiger, H. (2021). End of electric vehicle batteries: Reuse vs. recycle. *Energies, 14*(8), 1–15. https://doi.org/10.3390/en14082217

Muller, P., Duboc, R., & Malefant, E. (2021). Recycling electric vehicle batteries: Ecological transformation and preserving resources. *Field Actions Science Reports, 23*, 73–81. https://journals.openedition.org/factsreports/6690

Muslimin, S., Nawawi, Z., Suprapto, B. Y., & Dewi, T. (2022). Comparison of batteries used in electrical vehicles (a review). *Proceedings of the 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021)* (pp. 421–425). Netherlands: Atlantis Press International B.V.

Policy Research Department, The National Science and Technology Development Agency. (2017). *Electric vehicle industry* (Research report). Bangkok: Policy Research Department, The National Science and Technology Development Agency (in Thai).

Rhodium Group LLC. (2020). *Preliminary 2020 global greenhouse gas emissions estimates*. Retrieved from https://rhg.com/research/preliminary-2020-global-greenhouse-gas-emissions-estimates/

Shu, X., Guo, Y., Yang, W., Wei, K., & Zhu, G. (2021). Life-cycle assessment of the environmental impact of the batteries used in pure electric passenger cars. *Energy Reports, 7*, 2302-2315. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.04.038

Thailand Automotive Institute. (2018). *Used Battery Management Business Study Report* (Research report). Bangkok: Thailand Automotive Institute (in Thai).

Wöhrl, K., Geisbauer, C., Nebl, C., Lott, S., & Schweiger, H.-G. (2021). Crashed electric vehicle handling and recommendations—state of the art in Germany. *Energies, 14*, 1040. https://doi.org/10.3390/en14041040

Zhao, G., Wang, X., & Negnevitsky, M. (2022). Connecting battery technologies for electric vehicles from battery materials to management. *iScience, 25*(2), 103744. https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.103744

การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดและการฝึกสติสำหรับผู้ป่วยมะเร็ง
Cognitive Counseling and Mindfulness Training for Cancer Patients

สาริณีย์ จินดาวุฒิพันธ์[1] และณภาภัช ใบตระกูล[1]
Sarinee Jindawuttipan[1] and Napapat Baitrakool[1]
[1]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Nursing, Eastern Asia University
Received: November 30, 2023
Revised: February 1, 2024
Accepted: February 8, 2024

บทคัดย่อ

โรคมะเร็งถือเป็นสาเหตุอันดับต้น ๆ ของการเสียชีวิตของประชากรไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง จากสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางสังคมที่เปลี่ยนแปลง ผู้ป่วยมะเร็งจำนวนมากมีปัญหาในการปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ที่ยุ่งยากใจ เช่น การรักษา ผลข้างเคียงจากยาที่ใช้ในการรักษา เกิดความวิตกกังวล ความเครียด เกิดภาวะซึมเศร้าในการเผชิญกับโรค เกิดความยากลำบากในการปรับตัว สูญเสียการทำงาน กลัวการกลับเป็นซ้ำ และไม่ยอมรับการเป็นโรคมะเร็ง ซึ่งจะทำให้สูญเสียความหมายในชีวิต หากผู้ป่วยเกิดความวิตกกังวล ความเครียด และภาวะซึมเศร้า จะส่งผลต่อด้านร่างกาย อารมณ์จิตใจ และสังคม ดังนั้น การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดและการฝึกสติสำหรับผู้ป่วยมะเร็ง มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ป่วยค้นหาและตรวจสอบความคิดอัตโนมัติของตนเอง เพื่อให้เข้าใจความคิด อารมณ์ความรู้สึก นำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดใหม่ไปสู่ความคิดที่เหมาะสม โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้ (1) การเรียนรู้แบบค้นพบที่มีการชี้แนะโดยใช้ทักษะการถาม (2) เทคนิคการตั้ง 3 คำถาม (3) การระบุความคิดอัตโนมัติ ขั้นตอนนี้ร่วมกับการฝึกสติโดยการกำหนดรู้ลมหายใจ เพื่อให้ผู้ป่วยได้ผ่อนคลายความเครียด ความทุกข์ใจ ความกลัว และความวิตกกังวลต่าง ๆ จากโรคและการรักษา เกิดความสงบสุขภายในจิตใจ (4) การมอบหมายการบ้านหรือกิจกรรมให้ทำ เป็นการให้ผู้ป่วยรวบรวมข้อมูล ทดสอบและบันทึกความคิดอัตโนมัติของตนเอง และนำข้อมูลความคิดที่รวบรวมมาสนทนาในการให้คำปรึกษาครั้งหน้า และ (5) การสิ้นสุดสัมพันธภาพ เป็นการสนทนาเกี่ยวกับความรู้สึกในการให้คำปรึกษา ส่งเสริมให้ผู้ป่วยมีกำลังใจในการดำเนินชีวิตและการดูแลสุขภาพของตนเอง และสามารถกับเผชิญปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

คำสำคัญ: ผู้ป่วยมะเร็ง การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด การฝึกสติ

Abstract

Cancer is considered to be the leading cause of death for the Thai population from the past to the present. And there is still a trend of increasing continuously from the changing environment and social factors. Many cancer patients have difficulty adjusting to difficult situations, such as treatment and side effects from medications used to treat them. Anxiety, stress, and depression occur in the face of disease. There was difficulty in adjusting, loss of work, fear of recurrence and do not accept having cancer. This will cause the loss of meaning in life. If the patient experiences anxiety, stress, and depression. It will affect the physical, emotional, mental, and social aspects. Therefore, counseling using cognition and mindfulness training for cancer patients. The goal is to enable patients to identify and examine their automatic thoughts to understand the idea emotion leads to a restructuring of thought towards appropriate thinking with 5 steps as follows: (1) Discovery learning with guidance using questioning skills (2) Techniques for setting 3 questions (3) Identify automatic thoughts, this step is combined with mindfulness training by focusing on breathing. To allow patients to relieve stress, distress, fear, and various anxieties from disease and treatment. There will be peace within the mind. (4) Assigning homework or activities to do. It involves the patient gathering information. Test and record your automatic thoughts and bring the information and ideas gathered to discuss in the next counseling session; and (5) Ending the relationship, It is a conversation about feelings in counseling. Encourage patients to have encouragement in living their lives and taking care of their own health. And able to face problems that occur in daily life.

Keywords: cancer patients, cognitive counseling, mindfulness training

บทนำ

โรคมะเร็ง ถือเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้น ๆ ของโลก ข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (WHO, 2020) รายงานว่าทั่วโลกมีผู้เสียชีวิต 9.6 ล้านราย สำหรับประเทศไทยโรคมะเร็งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 และมีแนวโน้มการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งสูงขึ้นทุกปี โดยในแต่ละปีมีผู้เสียชีวิต 78,540 คน และมีผู้ป่วยรายใหม่ 122,757 คน (National Cancer Institute, 2022) สอดคล้องกับข้อมูลจากสถิติสุขภาพคนไทยอัตราตายจากโรคมะเร็งรวมทุกชนิด พบว่า จากข้อมูลย้อนหลัง 3 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2564 มีจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเสียชีวิตอัตราต่อแสนประชากร เท่ากับ 124.95 126.27 และ 125.49 ตามลำดับ (Ministry of Public Health, 2021) ซึ่งแนวโน้มการเกิดโรคมะเร็งในประเทศไทยยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางสังคมที่เปลี่ยนแปลง เช่น การขยายตัวของสังคมเมือง การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ กลยุทธ์ทางการตลาด ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการสื่อสาร เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้อัตราการเกิดโรคมะเร็งสูงขึ้น โรคมะเร็ง คือ โรคที่เกิดจากการมีเซลล์ผิดปกติในร่างกาย โดยเซลล์เหล่านี้มีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วโดยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เซลล์เหล่านี้จึงเจริญลุกลามและแพร่กระจายทั่วร่างกาย (metastasizing) ไปยังอวัยวะข้างเคียง หรือส่วนอื่น ๆ ของร่างกายได้โดยผ่านทางเลือด และระบบน้ำเหลือง ส่งผลให้เซลล์ปกติของเนื้อเยื่อ/อวัยวะต่าง ๆ ล้มเหลว ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ได้แก่ ปอด ตับ สมอง ไต กระดูก และไขกระดูก เป็นสาเหตุให้เสียชีวิตในที่สุด (WHO, 2020) โรคมะเร็งเกิดได้

จากหลายสาเหตุ เช่น ความผิดปกติทางพันธุกรรม ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การรับประทานอาหาร ความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมี การสูบบุหรี่ และการใช้ยาสูบ คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งทุกปี การได้รับรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และรังสีทางการแพทย์ การใช้ยาทางการแพทย์ และมลพิษต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว รวมถึงการเลือกรับประทานอาหารก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการเสียชีวิตร้อยละ 35 ต่อปี (WHO, 2020) มะเร็งเป็นกลุ่มโรคขนาดใหญ่ที่สามารถเริ่มต้นได้ในอวัยวะหรือเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิดของร่างกาย เมื่อเซลล์ที่ผิดปกติเติบโตอย่างไม่สามารถควบคุมได้ แพร่กระจายไปยังอวัยวะใกล้เคียงและอวัยวะอื่น ๆ การแพร่กระจายเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตจากโรคมะเร็ง (WHO, 2023)

ชนิดของโรคมะเร็งสามารถแบ่งเป็นหมวดหมู่ ดังนี้ American Cancer Society (2019)

1) มะเร็งที่มีจุดกำเนิดมาจากผิวหนังหรือเยื่อบุอวัยวะต่าง ๆ (carcinoma) เป็นมะเร็งชนิดที่พบบ่อยที่สุดของโรคมะเร็งและเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปโดยเริ่มต้นที่ ปอด เต้านม หรือลำไส้ใหญ่

2) มะเร็งที่มีจุดกำเนิดมากจากกระดูก (sarcoma) มะเร็งที่พบในเนื้อเยื่อ เช่น กระดูก กล้ามเนื้อ หรือไขมัน มะเร็งเม็ดเลือดขาว: มะเร็งที่เริ่มต้นในเลือด

3) มะเร็งที่มีจุดกำเนิดมาจากเซลล์ต้นกำเนิดเม็ดเลือดในไขกระดูก (leukemia) ทำให้มีความผิดปกติของเม็ดเลือด หรือไขกระดูก การผลิตที่ผิดปกติของเซลล์เม็ดเลือด

4) มะเร็งที่มีจุดกำเนิดมาจากเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน (lymphoma and myeloma) ความผิดปกติของเซลล์ภายในระบบน้ำเหลือง

5) มะเร็งของระบบประสาทส่วนกลาง สมองและไขสันหลัง (central nervous system cancer)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า โรคมะเร็งมีจุดกำเนิดจากอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย และส่งผลให้เกิดเซลล์ในร่างกายมีความผิดปกติ ซึ่งเป็นผลจากพฤติกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวัน อาการและอาการแสดงขึ้นอยู่กับชนิดและระยะของมะเร็งที่พบ เพราะมะเร็งในระยะเริ่มแรกย่อมมีโอกาสตอบสนองต่อการรักษาหรือมีโอกาสหายมากกว่าระยะลุกลามหรือระยะสุดท้าย

ระยะของโรคมะเร็งมี 5 ระยะ ดังนี้ WHO (2017)

1) ระยะเริ่มแรก (stage 0: in situ) ซึ่งอยู่บนชั้นของเซลล์ปกติยังไม่แทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อปกติ เป็นระยะที่มีเซลล์มะเร็งยังไม่แพร่กระจายไปสู่ชั้นเซลล์ชั้นแรก จำกัดอยู่เฉพาะบริเวณพื้นผิวของเยื่อบุอวัยวะนั้น ๆ และการรักษาให้หายมีความเป็นไปได้สูง

2) ระยะที่ 1 (stage I) ระยะนี้มะเร็งหรือเนื้องอกยังไม่มีการแพร่กระจายไปยังอวัยวะที่อยู่บริเวณใกล้เคียง มะเร็งหรือเนื้องอกยังมีขนาดเล็ก และยังไม่ได้แพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองหรืออวัยวะส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย

3) ระยะที่ 2 (stage II) และระยะที่ 3 (stage III) ระยะนี้เนื้องอกแพร่กระจายไปยังเนื้อเยื่อใกล้เคียงมากขึ้น และ/ หรือแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลือง แต่ไม่ถึงอวัยวะส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย ซึ่งเนื้องอกมีขนาดใหญ่กว่าเนื้องอกในระยะที่ 1

4) ระยะที่ 4 (stage IV) ระยะนี้เป็นระยะที่รุนแรงที่สุด มะเร็งหรือเนื้อร้ายลุกลามไปยังอวัยวะส่วนอื่น ๆ ภายในร่างกายที่เรียกว่า การแพร่กระจายหรือลุกลามของเนื้อร้าย (metastatic)

การเจ็บป่วยด้วยมะเร็งจะมีลักษณะการเจ็บป่วยโดยจะมีอาการเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะของโรค รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายอย่างมากจนถึงระยะสุดท้ายจนกระทั่งเสียชีวิต จึงส่งผลให้ผู้ป่วยรับรู้ถึงความรุนแรงของการเจ็บป่วยมาก (Semprawat & Mookdee, 2018) ผู้ป่วยจำนวนมากที่ได้รับการวินิจฉัยโรคมะเร็งจะมีอาการที่มีความสัมพันธ์กับแต่ละระยะ และตำแหน่งที่เป็นมะเร็งอาจอาการเดียวหรือหลายอาการที่เกิดร่วมกัน (Koo et al., 2020) การเป็นมะเร็งในระยะลุกลาม การวินิจฉัยและการรักษาล่าช้าส่งผลให้โรคลุกลาม เช่น ก้อนมะเร็งมีขนาดใหญ่ขึ้น แพร่กระจายไปยังเนื้อเยื่อใกล้เคียง และต่อมน้ำเหลืองซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิต (Guan, 2015) ซึ่งการเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งในทุกระยะทำให้เกิดความทุกข์ทรมานทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ (Weber & O'Brien, 2017) การเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตโดยรวม และสมรรถภาพในการทำงานอาจลดลงอย่างมากในระหว่างและหลังการรักษาโรคมะเร็งในระยะลุกลาม และอาจเกิดผลข้างเคียงได้เฉียบพลัน ดังนั้นการดูแลแบบประคับ

ประคอง รวมถึงการดูแลทางจิตสังคม และการฟื้นฟูโรคมะเร็ง สามารถลดความเจ็บปวด ผลกระทบอื่น ๆ ของโรคมะเร็งได้ (Miller et al., 2019)

ผลกระทบจากการเป็นโรคมะเร็ง

ผลข้างเคียงจากการรักษาด้วยยาเคมีบำบัด พบว่าผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยล้า อ่อนเพลีย (Weber & O'Brien, 2017) รับประทานอาหารได้น้อย อาการท้องผูก ท้องเสีย เลือดออก ภูมิต้านทานต่ำทำให้ติดเชื้อได้ง่าย คลื่นไส้อาเจียน ผมร่วง อ่อนเพลีย มีอาการชาบริเวณมือหรือเท้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง อาการปวด ร่างกายมีการสูญเสียความสมดุล และมีปัญหาต่อระบบปัสสาวะ ไต และกระเพาะปัสสาวะ (National Cancer Institute, 2016) ผลกระทบด้านจิตใจ พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่และครอบครัวต้องเผชิญกับสภาวะทางอารมณ์ที่มะเร็งได้กลายเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินชีวิต เช่น เกิดความวิตกกังวล และความกลัว ทำให้รู้สึกหมดหนทาง และหมดกำลังใจในการค้นหาวิธีการรักษา อาจนำไปสู่ภาวะซึมเศร้าเกิดขึ้นได้ (Lewandowska, Lewandowski, Rudzki, Rudzki & Laskowska, 2021) ผลกระทบด้านร่างกาย พบว่า เกิดความเหนื่อยล้า การนอนหลับไม่ปกติ ความเจ็บปวด อาการคลื่นไส้และ/หรืออาเจียน ท้องร่วง มีปัญหาเกี่ยวกับโรคระบบประสาท ผื่นที่ผิวหนังหรือเป็นพิษ ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ การทำงานทางเพศบกพร่อง และปัญหาด้านการรับรู้ (Naughton & Weaver, 2015) การเปลี่ยนแปลงในชีวิตด้านต่าง ๆ รวมถึงประสบการณ์ด้านลบทางสังคมและจิตวิญญาณ การวินิจฉัยโรคมะเร็งเป็นภัยคุกคามต่อความรู้สึกมั่นคง และกระทบต่อความรู้สึกและอารมณ์ นอกเหนือจากการรับมือกับความเครียดที่เกิดขึ้นจากโรคแล้ว ไม่เพียงแต่ได้รับความทุกข์ทรมานจากการเจ็บป่วยด้านร่างกายและการรักษาเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสุขภาพร่างกายมีความบกพร่องอย่างถาวร ความพิการ ความเครียดทางอารมณ์และปัญหาทางจิตใจ อาจทำให้เกิดความยากลำบากในชีวิตประจำวัน เช่น ไม่สามารถทำงาน ปัญหาทางการเงิน และการขาดการสนับสนุนทางสังคม (Lewandowska, Lewandowski, Rudzki, Rudzki & Laskowska, 2021) ผู้ป่วยมะเร็งจำนวนมากมีปัญหาในการปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ที่ยุ่งยากใจ เช่น การรักษา ผลข้างเคียงจากยา สูญเสียการทำงาน มีอาการวิตกกังวล และอาการซึมเศร้าอย่างมาก ความเครียด และความกลัวการกลับเป็นซ้ำของโรค ความยากลำบากในการปรับตัวกับโรค อาจทำให้สูญเสียความหมายในชีวิต และการยอมรับโรคมะเร็ง ซึ่งการวินิจฉัยว่า เป็นโรคมะเร็งอาจคุกคามความรู้สึกของแต่ละบุคคล และความหมายในชีวิตได้ ผู้ป่วยมะเร็งที่มีความหมายในชีวิตอยู่ในระดับต่ำมีแนวโน้มที่จะยอมรับการเป็นโรคมะเร็งต่ำไปด้วย ผู้ที่รอดชีวิตมาจากการเจ็บป่วยมีความพยายามในการสร้างความหมายในชีวิตให้ประสบผลสำเร็จ ส่งผลให้เกิดการค้นหาเป้าหมายในชีวิตและการยอมรับการเป็นโรคมะเร็ง ดังนั้นผู้ที่สามารถค้นหาเป้าหมายได้ก็สามารถยอมรับความเจ็บป่วยของตนเองได้ และส่งผลให้มีภาวะสุขภาพจิตที่ดีขึ้น (Quinto et al, 2022)

การวินิจฉัยโรคมะเร็งถือเป็นเหตุการณ์ที่ตึงเครียดอย่างมากเกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า และพบว่ามีผู้ป่วยฆ่าตัวตายมีจำนวนเพิ่มขึ้น (Mehta, Sharma, Potters, Wernicke & Parashar, 2019) การเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งนอกจากทำให้ผู้ป่วยเกิดความทุกข์ทรมานจากอาการของโรค และส่งผลต่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดีแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสังคม การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยเฉพาะด้านคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ การเกิดโรคมะเร็งทำให้ผู้ป่วยบางรายเสียชีวิตก่อนวัยอันควร มีความบกพร่องทางสุขภาพ เกิดความสูญเสียศักยภาพในการประกอบอาชีพ นอกจากนี้ยังเพิ่มภาระแก่คนรอบข้างและสังคมโดยรวม (Ministry of Public Health, 2019) ดังนั้นผู้ป่วยส่วนใหญ่และครอบครัวต้องเผชิญกับความวิตกกังวล ความกลัว และภาวะซึมเศร้า เมื่อโรคมะเร็งกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต รู้สึกหมดหนทาง หมดกำลังใจและความพยายามที่จะค้นหาวิธีในการรักษา (Baqutayan, 2012)

การรักษาโรคมะเร็งมีเป้าหมายที่แตกต่างกัน เป้าหมายขึ้นอยู่กับระยะและชนิดของมะเร็งที่ได้รับการวินิจฉัย โรคมะเร็งส่วนใหญ่รักษาได้ด้วยการผสมผสานหลายวิธี (National Cancer Institute, 2016) ในปัจจุบันวิธีการรักษาโรคมะเร็ง ได้แก่ การผ่าตัด การฉายรังสี และการรักษาด้านร่างกาย รวมถึงยาเคมีบำบัด การบำบัดแบบกำหนดเป้าหมายในการรักษา การรักษาด้วยฮอร์โมน และการบำบัดด้วยภูมิคุ้มกัน (Miller et al., 2019) ซึ่งวิธีการรักษาจะนิยมใช้การผสมผสานทั้ง 3 วิธี คือ การผ่าตัด การฉายรังสี และการใช้ยาเคมีบำบัด และยังมีการให้คำแนะนำ

เกี่ยวกับการรักษา วิธีการปฏิบัติตัว และการดูแลตนเองแก่ผู้ป่วย จะช่วยลดความไม่เข้าใจ และความวิตกกังวล ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้ป่วยไม่มารับการรักษาตามแผนการรักษาที่วางไว้ หรืออาจไปพึ่งการรักษาวิธีอื่นที่ไม่ใช่การรักษาตามมาตรฐาน (Ministry of Public Health, 2019) นอกจากนี้มีการช่วยเหลือทางจิตสังคมหรือการให้คำปรึกษามีผลเชิงบวกต่อด้านจิตใจและสัมพันธภาพทางสังคมของผู้ป่วยมะเร็ง (Periasamy et al., 2020) การให้คำปรึกษาเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือผู้ป่วยมะเร็ง การให้คำปรึกษา คือการสร้างสัมพันธภาพระหว่างผู้ให้คำปรึกษาและผู้รับคำปรึกษา โดยผู้ให้คำปรึกษาจะประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีทางบุคลิกภาพ จิตบำบัด หรือการให้คำปรึกษา ในการช่วยเหลือผู้รับคำปรึกษาได้มองเห็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาความผิดปกติของความคิด อารมณ์ความรู้สึก และพฤติกรรม ซึ่งสามารถช่วยพัฒนาปรับปรุงตนเองของผู้รับคำปรึกษาให้ดีขึ้น (Sharf, 2020) สอดคล้องกับการศึกษาของ วูนและชาน Voon and Chan (2021) พบว่า การให้คำปรึกษาสามารถนำมาซึ่งประโยชน์มากมายสำหรับผู้ป่วยมะเร็ง โดยใช้ทักษะในการให้คำปรึกษา ส่งเสริมมุมมอง การรับรู้ข้อมูลและความเข้าใจเกี่ยวกับโรคและการรักษา รายละเอียดและการตัดสินใจเกี่ยวกับการรักษา ทางเลือกในการรักษา การเปลี่ยนแปลงด้านร่างกาย ความเครียด ปรับมุมมองในทางลบ ความต้องการทางอารมณ์ โดยเฉพาะผู้ป่วยมะเร็งระยะสุดท้ายมีแนวโน้มที่จะแสดงความรู้สึกด้านลบ ความโกรธ ความวิตกกังวล ความโศกเศร้า ความกลัว และความรู้สึกผิด การให้คำปรึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนบุคคลให้พัฒนาวิธีที่ดีต่อสุขภาพ ทำความเข้าใจความวิตกกังวลทางอารมณ์ของตนเองได้ ซึ่งปัญหาด้านอารมณ์ความรู้สึกเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสภาวะจิตใจของผู้ป่วย ซึ่งสอดคล้องกับเจนคินส์ Jenkins (2017) กล่าวว่า การให้คำปรึกษา คือ กระบวนการที่ช่วยในการส่งเสริมสุขภาพ ปัญหาความอ่อนแอทางด้านจิตใจและอารมณ์ โดยช่วยเหลือบุคคลในการแก้ไขปัญหาที่ทำให้เกิดบอบช้ำทางจิตใจ ภาคภูมิใจในตนเองลดลง ความทุกข์ทรมานทางจิตใจของบุคคล โดยส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของบุคคล ร่วมกับการฝึกสติก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเสริมสร้างสภาวะสุขภาพจิตของผู้ป่วย ทำให้ผ่อนคลายความเครียด ความทุกข์ ความกลัว และความวิตกกังวลต่าง ๆ จากโรคและการรักษา และจิตใจสงบมากขึ้น เกิดความสงบสุขภายในจิตใจ และปรับเปลี่ยนอารมณ์ของตนเองที่ไม่เหมาะสมไปสู่สภาวะอารมณ์ที่เหมาะสม

การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดสำหรับผู้ป่วยมะเร็ง

การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด คือ การช่วยให้บุคคลบรรเทาอาการผิดปกติและเพื่อป้องกันการกำเริบของโรค ช่วยบุคคลในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและสอนให้บุคคลปรับเปลี่ยนความคิดที่บิดเบือนที่ส่งผลต่อพฤติกรรมและอารมณ์ที่ผิดปกติ ผู้ให้คำปรึกษาทำการประเมินความคิดของผู้รับคำปรึกษา เพื่อให้มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งต่อปัญหาโดยใช้กรอบการพัฒนาเพื่อให้เข้าใจเหตุการณ์ในชีวิตและประสบการณ์ที่นำไปสู่การพัฒนาความเชื่อหลัก และกลวิธีในการเผชิญความเครียด (Miller, 2012) การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด เป็นสัมพันธภาพที่ร่วมมือกันระหว่างผู้ให้คำปรึกษาและผู้รับคำปรึกษา มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ป่วยค้นหาและตรวจสอบความเชื่อ ความคิดทางลบหรือความคิดอัตโนมัติและความคิดความเชื่อที่ไม่สมเหตุสมผล ความคิดที่บิดเบือน นำไปสู่การปรับโครงสร้างทางความคิดใหม่ที่เหมาะสม สมเหตุสมผลมากขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบความคิด อารมณ์ความรู้สึก และพฤติกรรม สามารถทำให้บุคคลดำเนินชีวิตของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Sharf, 2020) การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด มุ่งเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนความคิดและความเชื่อ ซึ่งเป็นแนวทางในการเปลี่ยนอารมณ์และพฤติกรรมของผู้ป่วย เพื่อให้มีสุขภาพจิตที่ดี และพัฒนาทักษะการเผชิญและแก้ไขปัญหา ผู้ป่วยได้เรียนรู้วิธีแยกแยะ และระบุความคิดอัตโนมัติ และสามารถรับมือกับปัญหา ทำลายความเชื่อทางลบของตนเองได้ และทักษะจะพัฒนาขึ้นไปเรื่อย ๆ เมื่อมีสถานการณ์ตึงเครียดหรือเหตุการณ์ใด ๆ เกิดขึ้นที่มักกระตุ้นให้เกิดภาวะซึมเศร้า ผู้รับคำปรึกษาจะสามารถจัดการกับวิกฤติและก้าวผ่านไปได้ (Ryba, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแน็บและเบค Knapp and Beck (2008) พบว่า การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดเป็นการสนับสนุนให้ผู้รับคำปรึกษาใช้แนวทางในการแก้ไขปัญหา และผู้ให้คำปรึกษาเป็นแบบอย่างที่ดีด้วยการปลูกฝังการรับรู้ความสามารถในตนเอง ความกระตือรือร้นและความหวัง รวมถึงให้ผู้รับคำปรึกษาเห็นถึงความคิดที่บิดเบือนและความคิดอัตโนมัติของตนเอง ซึ่งแตกต่างจาก

ความคิดทั่วไป ฝึกให้ติดตาม ระบุ และไตร่ตรองความคิดอัตโนมัติของตนเอง ที่ส่งผลต่อการรับรู้และด้านอารมณ์

กระบวนการให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด

การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดเป็นวิธีการที่เป็นโครงสร้างในการพบกันครั้งแรกหรือเป็นระยะของการประเมินปัญหา การพัฒนาการทำงานร่วมกันเป็นทีม (collaborative relationship) และการทำความเข้าใจผู้รับคำปรึกษา ช่วยให้ผู้รับคำปรึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดที่ไม่สมเหตุสมผล หนึ่งวิธีที่สำคัญในกระบวนการให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด คือ การระบุความคิดอัตโนมัติและการมอบหมายการบ้านหรือกิจกรรมให้ทำ ผู้รับคำปรึกษาจะค้นพบเป้าหมายของตนเอง และได้เรียนรู้หลังจากการสิ้นสุดการให้คำปรึกษา ความก้าวหน้าของการให้คำปรึกษา คือ การที่ผู้รับคำปรึกษาพัฒนาการเข้าใจตนเอง ตลอดจนความเชื่อ ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง การเข้าใจถึงโครงสร้างความคิดอัตโนมัติ ดังนี้ (Sharf, 2020)

1) การเรียนรู้แบบค้นพบที่มีการชี้แนะ (guided discovery) บางครั้งเรียกว่า (socratic dialogue) เป็นวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยการตั้งคำถาม การเรียนรู้แบบค้นพบที่มีการชี้แนะเป็นการช่วยให้บุคคลเปลี่ยนแปลงความเชื่อและสมมติฐานทางลบ ผู้ให้คำปรึกษาจะชี้แนะให้ผู้รับคำปรึกษาค้นพบวิธีการคิดและพฤติกรรมใหม่ ๆ ผู้ให้คำปรึกษาจะใช้ทักษะการถามให้ได้ข้อมูลเพื่อท้าทายความเชื่อ การประเมินความเชื่อของผู้รับคำปรึกษา ทดสอบความเชื่อว่าถูกต้องหรือไม่ และปรับเปลี่ยนใหม่ตามความเป็นจริง จะช่วยให้ผู้รับคำปรึกษามีความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับความคิดอัตโนมัติของตนเอง

2) เทคนิคการตั้ง 3 คำถาม (the tree-question technique) เพื่อช่วยให้ผู้รับคำปรึกษาได้ทบทวนความคิดทางลบของตนเอง เพื่อให้ได้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับความคิดอัตโนมัติและความเชื่อของตนเอง คำถามแต่ละข้อนำเสนอวิธีการซักถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเชื่อทางลบและทำให้เกิดการคิดอย่างเป็นกลางมากขึ้น คำถาม คือ (2.1) ความเชื่อในเหตุการณ์นั้นเป็นอย่างไร (2.2) การตีความสถานการณ์นั้นเป็นอย่างไร (2.3) ถ้าสถานการณ์นั้นเป็นความจริง ความหมายคืออะไร

3) การระบุความคิดอัตโนมัติ (specifying automatic thoughts) เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการให้คำปรึกษาในช่วงแรก คือ การใช้คำถามและการบันทึกความคิดอัตโนมัติโดยใช้แบบฟอร์มบันทึกความคิดผิดปกติ และนำแบบฟอร์มนี้มาในการให้คำปรึกษาในครั้งหน้า เพื่อให้ผู้รับคำปรึกษาได้เข้าใจความคิดอัตโนมัติของตนเอง

4) การมอบหมายการบ้านหรือกิจกรรมให้ทำ (homework) จะช่วยให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้รับคำปรึกษาเพิ่มขึ้น และเป็นการตรวจสอบเกี่ยวกับความคิดอัตโนมัติ ความรู้สึกต่าง ๆ ของผู้รับคำปรึกษาซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้ สัมพันธภาพอันดีระหว่างผู้ให้คำปรึกษาและผู้รับคำปรึกษา การมอบหมายการบ้านหรือกิจกรรมให้ทำ เป็นหนึ่งในวิธีการของการให้คำปรึกษาโดยการรู้คิด เป็นการทำงานร่วมกันของผู้ให้คำปรึกษาและผู้รับคำปรึกษา

5) การสิ้นสุดสัมพันธภาพ (termination) ผู้ให้คำปรึกษาจะกระตุ้นให้ผู้รับคำปรึกษาได้ติดตามความคิดและพฤติกรรมของตนเอง รายงานและประเมินถึงความก้าวหน้าเพื่อไปสู่เป้าหมาย ในระยะของการสิ้นสุดสัมพันธภาพ ผู้ให้คำปรึกษาและผู้รับคำปรึกษาสนทนาเกี่ยวกับการที่ผู้รับคำปรึกษาจะดำเนินชีวิตตนเองอย่างไรโดยปราศจากผู้ให้คำปรึกษา ผู้รับคำปรึกษาอาจพบกับความยุ่งยากในการที่จะประสบความสำเร็จ และอาจหวนกลับไปมีรูปแบบความคิดและพฤติกรรมเดิม ดังนั้นผู้ให้คำปรึกษาและผู้รับคำปรึกษาร่วมมือกันหาแนวทางเกี่ยวกับวิธีการจัดการกับปัญหาหลังสิ้นสุดการให้คำปรึกษา

ดังนั้นลักษณะสำคัญ 5 ขั้นตอนของการให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดตามแนวคิดของชาร์ฟ (Sharf, 2020) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยขั้นตอนมีดังนี้ (1) การเรียนรู้แบบค้นพบที่มีการชี้แนะ (2) เทคนิคการตั้ง 3 คำถาม (3) การระบุความคิดอัตโนมัติ (4) การมอบหมายการบ้านหรือกิจกรรมให้ทำ และ (5) การสิ้นสุดสัมพันธภาพ

ผู้ป่วยมะเร็งกับการฝึกสติ

การวินิจฉัยโรคมะเร็งถือเป็นเหตุการณ์ที่ตึงเครียดอย่างมาก มักเกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า และพบว่า มีผู้ป่วยฆ่าตัวตายมีจำนวนเพิ่มขึ้น พบว่า การฝึกสติสามารถจัดการภาวะซึมเศร้าและความเครียดที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งได้

(Mehta, Sharma, Potters, Wernicke & Parashar, 2019) การฝึกสติเป็นการเชื่อมโยงกับสภาวะด้านจิตใจในเชิงบวก และเป็นตัวแปรสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ทำให้ความทุกข์ทางจิตใจลดลง สุขภาวะด้านจิตใจดีขึ้น และมีความเห็นอกเห็นใจในตนเอง ส่งผลในเชิงบวกต่อความคิดและอารมณ์ การครุ่นคิดถึงประสบการณ์เชิงลบเกี่ยวกับโรค และเกิดความยืดหยุ่นในชีวิต (Garcia et al., 2021) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจอห์นและคณะ John et al. (2020) ที่พบว่า การฝึกสติส่งเสริมผู้ป่วยมะเร็งในระยะลุกลามให้ยอมรับความเป็นจริงทางการรักษามากขึ้น ช่วยลดความทุกข์ สุขภาพจิตดีขึ้น และสามารถปรับปรุงคุณภาพชีวิตโดยรวม การฝึกสติยังช่วยลดอาการทางภาวะสุขภาพจิตและอาการด้านร่างกายได้ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่เป็นผลดีต่อร่างกาย การจัดการกับผลข้างเคียงของการรักษา อาการจากการลุกลามของโรคช่วยควบคุมความเจ็บปวด ความรุนแรงของความเจ็บปวดดีขึ้น ความเหนื่อยล้าระดับปานกลางถึงรุนแรงดีขึ้น ควบคุมน้ำหนักลดลงจากการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ ความสมดุลของโปรตีนและพลังงานที่แปรผันของการรับประทานอาหารที่ลดลง และการเผาผลาญที่ผิดปกติ ปัญหาการนอนหลับตื่นบ่อยลดลง

ไซเกล Siegel (2014) ได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการฝึกสติไว้ ดังนี้

1) เพื่อให้บุคคลเกิดสันติภาพ ความสงบสุข มีคุณภาพชีวิตที่ดี และสามารถเติมเต็มในชีวิตได้

2) เพื่อให้บุคคลรู้จักสังเกตตนเองเมื่อมีความทุกข์ สามารถบรรเทาทุกข์ที่เกิดขึ้นได้จากด้านร่างกายและจิตใจ รวมถึงเกิดการตระหนักรู้ในตนเอง

3) เพื่อให้บุคคลรู้จักสังเกตสภาพจิตใจของตนเอง เมื่อเกิดปัญหาความคับข้องใจ ความยุ่งยากใจ ที่ทำให้เกิดความวิตกกังวลและซึมเศร้า

4) เพื่อให้บุคคลมีชีวิตอยู่กับปัจจุบันจากภายในจิตใจไปสู่ร่างกายภายนอก และมีสติสัมปชัญญะ

5) เพื่อให้บุคคลมีสมาธิและมุ่งความสนใจเพื่อให้สามารถสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้อย่างเข้าใจ

6) เพื่อให้บุคคลมีความเห็นอกเห็นใจ เข้าใจผู้อื่นได้ และมีสัมพันธภาพกับบุคคลอื่น

7) เพื่อให้บุคคลใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลในการตอบสนองมากกว่าจะมีปฏิกิริยาแสดงออกด้วยความไม่พอใจ โกรธหรือความเจ็บปวด

การฝึกสติมีหลักปฏิบัติ 3 ประการ ดังนี้ (1) การเตรียมร่างกาย เพื่อเตรียมพร้อมในการออกกำลังกาย การมุ่งความสนใจอย่างเป็นระบบทั่วร่างกาย (2) การทำโยคะ เป็นการเคลื่อนไหวท่าทางที่มีความนุ่มนวล อ่อนโยนมีสติ เพื่อเพิ่มการตระหนักรู้ของร่างกาย และ (3) การนั่งสมาธิ เพื่อพัฒนาความสามารถในการนำความสนใจไปที่ความรู้สึกด้านร่างกายอย่างเป็นระบบ ประสาทสัมผัส ความคิด และลมหายใจ การปฏิบัติการฝึกสติที่เป็นทางการ (formal practice) เหล่านี้ ทำให้เกิดการตระหนักรู้ในตนเองอย่างมีสติ นำไปสู่กิจวัตรประจำวันและกิจกรรมต่าง ๆ (เช่น การรับประทานอาหารอย่างมีสติ) ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้ฝึกสติปลูกฝังทัศนคติของการไม่ตัดสินและการยอมรับของตนเองในชีวิตประจำวันได้ การฝึกสติควรปฏิบัติเป็นประจำสม่ำเสมอทุกวันครั้งละ 45 นาที และการฝึกสติแบบไม่เป็นทางการ (informal practice) สามารถฝึกได้ทุกวันในชีวิตประจำวัน โดยมุ่งความสนใจไปที่สิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (Baydoun et al., 2021)

ประโยชน์ของการฝึกสติ Van der Gucht (2020) มีดังนี้

การฝึกสติถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงการดูแลโรคมะเร็งและสภาพจิตใจของผู้ป่วย รวมถึงลดความบกพร่องทางสติปัญญา สามารถปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยมะเร็งได้ ประโยชน์ของการฝึกสติ มีดังนี้

1) ช่วยในการลดความบกพร่องทางสติปัญญาหลังทำเคมีบำบัด

2) บรรเทาอาการซึมเศร้า วิตกกังวล และความเครียด

3) ลดความเหนื่อยล้าเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็ง

4) กระตุ้นการฟื้นตัวของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเคมีบำบัดในสมอง

5) การเปลี่ยนแปลงพลวัตรของระบบภูมิคุ้มกัน และ

6) ปรับปรุงการทำงานของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความแข็งแกร่ง ความยืดหยุ่น และความสมดุล

ประโยชน์ของการฝึกสติสามารถช่วยให้ผู้ป่วยมะเร็งมุ่งความสนใจอยู่กับปัจจุบัน รวมทั้งนำความหวังมาสู่ชีวิตประจำวันของผู้ป่วยด้วย เพราะผู้ป่วยมะเร็งมีความคิดและความรู้สึกที่ทุกข์ใจมากมายเกี่ยวกับการวินิจฉัย การรักษา และเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์จากการเจ็บป่วย เนื่องจากผู้ป่วยกังวลเกี่ยวกับโรคมะเร็ง ดังนั้นการฝึกสติ จะช่วยปรับอารมณ์ ลดความวิตกกังวล ภาวะซึมเศร้า ความกลัวกลับเป็นซ้ำ เพิ่มอารมณ์เชิงบวก และปฏิกิริยาทางอารมณ์ สามารถจัดการกับความเจ็บปวดในร่างกายได้ ความเหนื่อยล้า การนอนหลับดีขึ้น และทำให้รู้สึกสงบ (Murphy-Wilczek, 2020)

การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดและการฝึกสติ

1) การเรียนรู้แบบค้นพบที่มีการชี้แนะ (guided discovery) เริ่มด้วยการทักทายสร้างสัมพันธภาพกับผู้ป่วย เพื่อให้เกิดบรรยากาศผ่อนคลายและเกิดความไว้วางใจซึ่งกันและกัน สอบถามผู้ป่วยให้ประเมินและทดสอบความเชื่อและสมมติฐานทางลบของตนเองจากการเจ็บป่วยและการรักษา ที่ส่งผลต่ออารมณ์ ความรู้สึก และพฤติกรรม ขั้นตอนนี้เป็นการชี้แนะให้ผู้ป่วยได้ทบทวนความเชื่อและสมมติฐานทางลบของตนเอง ทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างความคิด อารมณ์ และพฤติกรรม ผู้ป่วยได้ทดสอบความเชื่อทางลบ และปรับเปลี่ยนตามความเป็นจริง จะช่วยให้ผู้ป่วยมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับความคิดอัตโนมัติของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมิลเลอร์ Miller (2012) กล่าวว่า การให้คำปรึกษาแบบรู้คิด คือ ช่วยบุคคลในการป้องกันการกำเริบของโรค บรรเทาอาการ สามารถแก้ไขปัญหาการเจ็บป่วยในชีวิตจริง และสอนให้บุคคลปรับเปลี่ยนความคิดอัตโนมัติ เพื่อให้เข้าใจการเจ็บป่วยของตนเองและมีวิธีการจัดการกับความเครียดได้อย่างเหมาะสม

2) เทคนิคการตั้ง 3 คำถาม (the tree-question technique) เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยได้ทบทวนความเชื่อทางลบของตนเอง เพื่อให้ได้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับความเชื่อทางลบของผู้ป่วย และปรับเปลี่ยนความเชื่อทางลบให้เป็นกลางมากขึ้น คำถาม คือ (1) ความเชื่อในเหตุการณ์นั้นเป็นอย่างไร (2) การตีความสถานการณ์นั้นเป็นอย่างไร (3) ถ้าสถานการณ์นั้นเป็นความจริง ความหมายคืออะไร เป็นการสอบถามผู้ป่วยเกี่ยวกับความเชื่อเกี่ยวกับการเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็ง โดยผู้ป่วยส่วนใหญ่มีความเชื่อว่าโรคมะเร็งที่เป็นถึงจะรักษาก็ต้องเสียชีวิตในที่สุด โรคที่ใคร ๆ เป็นก็เสียชีวิตด้วยกันทุกคน ไม่มีทางรักษาโรคให้หายขาดได้ และการรักษาก็ทำให้เกิดความเครียด ความวิตกกังวล และความกลัวจากผลข้างเคียงของการรักษา และหมดกำลังใจในการรักษา เกิดความน้อยใจในโชคชะตา อาการมีแต่ทรุดลง ต้องรักษาและรับประทานยาไปตลอดชีวิต รวมถึงคนรอบข้างรังเกียจไม่อยากพูดคุยด้วย ความคิดและความเชื่อเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตและการรักษาของผู้ป่วย ดังนั้นการปรับเปลี่ยนความคิดและความเชื่อทางลบ เป็นการกระตุ้นให้ป่วยมองเห็นถึงข้อดีที่เกิดขึ้นจากการฝึกทักษะการปรับเปลี่ยนความคิดและความเชื่อทางลบให้เป็นกลางมากขึ้น นำไปสู่การเข้าใจความคิด อารมณ์ และความรู้สึกของตนเองมากขึ้น และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการรักษา ทั้งการปฏิบัติตัวและการดูแลสุขภาพตนเองได้อย่างเหมาะสม

3) การระบุความคิดอัตโนมัติ (specifying automatic thoughts) เป็นการสนทนาและบันทึกเกี่ยวกับความคิดทางลบ โดยระบุความคิดลงในแบบฟอร์มบันทึกความคิดผิดปกติ และนำแบบฟอร์มนี้มาในการให้คำปรึกษาในครั้งหน้า เพื่อให้ผู้ป่วยได้เข้าใจความคิดอัตโนมัติของตนเองและปรับเปลี่ยนเป็นความคิดที่ถูกต้อง ช่วยให้ผู้ป่วยได้ระบายเรื่องราวความคิดทางลบเกี่ยวกับการเจ็บป่วยและการรักษาล้วนเป็นประสบการณ์ที่ไม่ดี โดยร่วมกับการฝึกสติโดยการกำหนดรู้ลมหายใจ (breath awareness meditation training) เพื่อให้ผู้ป่วยได้ผ่อนคลายความเครียด ความทุกข์ ความกลัว และความวิตกกังวลต่าง ๆ จากโรคและการรักษา เกิดความสงบสุขภายในจิตใจ และปรับเปลี่ยนอารมณ์ของตนเองที่ไม่เหมาะสมไปสู่สภาวะอารมณ์ที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับไซเกล Siegel (2014) กล่าวว่า การฝึกสติเป็นการกระตุ้นให้มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีความสุข ส่งผลทำให้ความเครียด ความวิตกกังวลลดลงเกี่ยวกับปัญหาสุขภาพ บุคคลสามารถจัดการกับปัญหาด้านอารมณ์ภายในจิตใจที่ทำให้เกิดความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าได้ ลดความหมกมุ่น และให้บุคคลรับรู้ถึงสิ่งที่เกิดขึ้นกับตนเอง และยังสามารถต่อสู้

กับความอ่อนแอ ความทุกข์ใจได้ วิธีการฝึกสติ มีดังนี้

1) โดยให้ผู้ป่วยฝึกกำหนดรู้ลมหายใจ อยู่ในท่านั่งหลังตรงบนเก้าอี้ที่รู้สึกผ่อนคลายและสบายที่สุดประมาณ 20 นาที จะช่วยเพิ่มความตื่นตัวของร่างกาย เริ่มต้นด้วยการมุ่งความสนใจไปที่ความรู้สึกของลมหายใจโดยการสังเกตการหายใจของตนเองจากการหายใจขึ้นและลงบริเวณท้องกับลมหายใจ และนับลมหายใจเข้าออก 10 ครั้ง แล้วเริ่มนับใหม่ไปเรื่อย ๆ และสังเกตลมหายใจ รับรู้ความรู้สึกที่เกิดจากลมหายใจผ่านเข้าออกในแต่ละครั้ง พยายามตามรู้ลมหายใจอย่างต่อเนื่อง ถ้ามีความคิดอัตโนมัติหรือรู้สึกเครียดวิตกกังวลเกิดขึ้น ก็ขอเพียงให้รู้ตัวและกลับไปรับรู้ลมหายใจใหม่ โดยเริ่มต้นด้วยการหายใจเข้าออกอีกครั้งหนึ่ง

2) ให้ผู้ป่วยสังเกตความรู้สึกที่เกิดขึ้นขณะฝึกสติกำหนดรู้ลมหายใจเข้าออกอย่างมีสติ ทำจิตให้อยู่กับปัจจุบัน ทำให้จิตสงบ และมีความมั่นคง ร่างกายจะเกิดความผ่อนคลาย รู้สึกเบาสบาย มีความตระหนักรู้ในความคิดอัตโนมัติและความทุกข์ใจต่างๆ ตลอดจนความรู้สึกของตนเองได้

3) ให้ผู้ป่วยสังเกตลมหายใจเข้าออก ให้ตระหนักถึงประสบการณ์ในปัจจุบันด้วยการยอมรับลมหายใจเข้าออกของตนเอง มุ่งความสนใจกับความรู้สึกลมหายใจของตนเอง สังเกตลมหายใจเข้าและลมหายใจออกแต่ละครั้ง มุ่งความสนใจกับปัจจุบันว่าอะไรกำลังเกิดขึ้นในขณะนั้น

4) แนะนำผู้ป่วยสามารถกลับไปฝึกสติโดยการกำหนดรู้ลมหายใจ โดยตามรู้ความรู้สึกของตนเองที่บ้าน คอยมีสติรู้ไปเรื่อย ๆ และคอยตามรู้ความรู้สึกของตัวเองกับกิจกรรมที่ทำเป็นประจำในชีวิตประจำวัน (Siegel, 2010)

5) การมอบหมายการบ้านหรือกิจกรรมให้ทำ (homework) เป็นการช่วยให้ผู้ป่วยได้รวบรวมข้อมูล ทดสอบความคิดและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสนทนาเกี่ยวกับความคิดทางลบในแบบฟอร์มบันทึกความคิดผิดปกติ และปรับเปลี่ยนความคิดทางลบให้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความคิดทางลบและตรวจสอบความสัมพันธ์กับความเชื่อที่ผิดปกติ และเปิดโอกาสให้ผู้ป่วยแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความคิดทางลบ และผลของการปรับเปลี่ยนความคิดใหม่ว่า การเจ็บป่วยอาจทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยล้า เจ็บปวด และผลข้างเคียงจากการรักษาซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ การรักษาจะช่วยทำให้โรคมะเร็งที่เป็นทุเลาลงไม่มากก็น้อย ดีกว่าไม่รักษาหรือไม่ปฏิบัติตัวในการดูแลสุขภาพ การเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งยังสามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้ การพยายามไม่คิดหมกมุ่นอยู่กับตนเอง และมีความตั้งใจไม่ย่อท้อในการรักษาถึงแม้จะเจออุปสรรคก็จะสามารถเผชิญและแก้ไขปัญหานั้นได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับคอเรย์ Corey (2009) กล่าวว่า เป้าหมายของการมอบหมายกิจกรรมให้ทำเป็นการพัฒนาเกี่ยวกับทักษะใหม่ๆเกี่ยวกับความคิด และเป็นการตรวจสอบความเชื่อของตนเองในสถานการณ์ชีวิตประจำวัน

6) การสิ้นสุดสัมพันธภาพ (termination) สนทนาเกี่ยวกับความรู้สึก ทบทวนและสรุปสาระการเรียนรู้ที่ได้จากการให้คำปรึกษา ผู้ให้คำปรึกษาให้กำลังใจผู้ป่วยในการดำเนินชีวิต ทำให้มีแรงจูงใจในการดูแลสุขภาพตนเองขณะเจ็บป่วย และสามารถกับเผชิญปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ รวมถึงสอบถามถึงความคิด อารมณ์ และความรู้สึกต่าง ๆ ที่มีต่อการให้คำปรึกษา และเสริมแรงให้ผู้ป่วยสามารถดำเนินชีวิตได้อย่างมีความสุข

ประโยชน์ของการให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดและการฝึกสติสำหรับผู้ป่วยมะเร็ง

ผู้ป่วยมะเร็งสามารถค้นหาและบอกความคิดอัตโนมัติของตนเองจากการเจ็บป่วยและการรักษาที่ส่งผลต่ออารมณ์ พฤติกรรมได้ โดยผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีความคิดอัตโนมัติที่ค่อนข้างเหมือนกันต่อความเจ็บป่วย ทุกเรื่องราวที่สะท้อนของผู้ป่วยจะเห็นได้ว่า เป็นความเชื่อและความคิดอัตโนมัติ ซึ่งทำให้เกิดความไม่สบายใจ ความวิตกกังวล ความเครียด ท้อแท้ใจ หมดความหวังและกำลังใจในการรักษา คิดว่าการรักษาไม่ช่วยให้อาการเจ็บป่วยดีขึ้นได้ ดังนั้น การค้นหาความเชื่อและความคิดอัตโนมัติ และการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดใหม่ไปสู่การคิดที่เหมาะสม ร่วมกับการฝึกสติด้วยการกำหนดลมหายใจ ช่วยให้ผู้ป่วยได้เข้าใจความคิดอัตโนมัติของตนเองจากการเจ็บป่วยได้มากขึ้น ทำให้มีความตั้งใจและมีความหวังในการรักษา ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้น ลดความเครียด ภาวะซึมเศร้า ความวิตกกังวล ความกลัว เกิดความผ่อนคลาย ความสบายใจ และความสงบสุขภายในจิตใจ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของไซซาเดท์ แซนจานี และบารี Sheikhzadeh, Zanjani and

Baari (2021) พบว่า การฝึกสติช่วยให้บุคคลตระหนักถึงความคิดอัตโนมัติที่กระตุ้นให้เกิดภาวะซึมเศร้า โดยมุ่งความสนใจที่ปัจจุบันและความตระหนักรู้เกี่ยวกับความคิดและความรู้สึก รู้จักสังเกตความคิด อารมณ์ความรู้สึกที่เกิดขึ้น เพื่อให้การเชื่อมโยงระหว่างความคิดอัตโนมัติและอารมณ์ความรู้สึกที่ทำให้เกิดความทุกข์ใจ ช่วยทำให้สุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตที่ดี รวมถึงการรับรู้ความคิดของตนเองในอดีตและอนาคต ทำให้สามารถควบคุมความคิด ความรู้สึกของตนเองได้ เกิดความผ่อนคลายในชีวิต สอดคล้องกับการศึกษาของคาร์สันและการ์แลนด์ Carlson and Garland (2005) พบว่า การฝึกสติทำให้ผู้ป่วยมะเร็งมีการนอนหลับที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความเครียด ภาวะซึมเศร้าและความหงุดหงิดอารมณ์ลดลง รวมถึงความคิดทางลบและปรับอารมณ์ให้ดีขึ้น ดังนั้นการฝึกสติจะช่วยให้ผู้ป่วยมีจิตใจ สงบผ่อนคลาย และปรับเปลี่ยนความคิด อารมณ์ของตนเองที่ไม่เหมาะสมไปสู่ความคิด อารมณ์ที่เหมาะสม

สรุป

ผู้ป่วยมะเร็งเป็นโรคที่ต้องเผชิญกับความทุกข์ทรมาน และเจ็บปวดจากผลข้างเคียงของการรักษา ส่งผลกระทบต่อด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกท้อแท้ หมดกำลังใจในการรักษา และความสามารถในการดูแลตนเองลดลง อีกทั้งการรักษามีความต่อเนื่องและซับซ้อน ซึ่งหากไม่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม อาจส่งผลในระยะยาวต่อสภาพจิตใจ เช่น เกิดความเครียด ความกลัว วิตกกังวล ภาวะซึมเศร้า หมดหวังในการรักษาโรค และขาดแรงจูงใจในการดำเนินชีวิต การให้คำปรึกษาโดยการรู้คิดร่วมกับการฝึกสติ จะช่วยทำให้ผู้ป่วยเข้าใจความคิดอัตโนมัติและความเชื่อทางลบของตนเอง มุ่งเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนความคิดอัตโนมัติ เพื่อนำไปสู่ความเชื่อและความคิดที่เหมาะสม เพื่อให้มีกำลังใจในการดำเนินชีวิตและการดูแลสุขภาพของตนเอง มีสุขภาพจิตที่ดี พัฒนาทักษะการเผชิญและแก้ไขปัญหาได้ และการฝึกสติช่วยผู้ป่วยมะเร็งบรรเทาอาการซึมเศร้า วิตกกังวล ความเครียด ความทุกข์ใจ ความเหนื่อยล้าลดลง และทำให้เกิดความสงบสุขภายในจิตใจ

References

American Cancer Society. (2019). *Breast cancer facts & figures 2019-2020*. Atlanta: American Cancer Society, Inc.

Baqutayan S. M. (2012). The effect of anxiety on breast cancer patients. *IndianJournal of Psychological Medicine, 34*(2), 119–123. https://doi.org/10.4103/0253-7176.101774

Baydoun, M., Moran, C., McLennan, A., Piedalue, K. L., Oberoi, D., & Carlson, L. E. (2021). Mindfulness-based interventions in cancer survivors: A systematic review of participants' adherence to home practice. *Patient Preference and Adherence, 15*, 1225–1242. https://doi.org/10.2147/PPA.S267064

Carlson, L. E., & Garland, S. N. (2005). Impact of Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) on sleep, mood, stress and fatigue symptoms in cancer outpatients. *International Journal of Behavioral Medicine, 12*(4), 278–285. https://doi.org/10.1207/s15327558ijbm1204_9

Corey, G. (2009). *Theory and practice of counseling and psychotherapy (8th ed.)*. USA: Belmont. CA 94002-3098 USA.Thomson Brooks/Cole.

Garcia, A. C. M., Camargos Junior, J. B., Sarto, K. K., Silva Marcelo, C. A. D., Paiva, E. M. D. C., Nogueira, D. A., & Mills, J. (2021). Quality of life, self-compassion and mindfulness in cancer patients undergoing chemotherapy: A cross-sectional study. *European journal of oncology nursing: The Official Journal of European Oncology Nursing Society, 51*, 101924. https://doi.org/10.1016/j.ejon.2021.101924

Guan X. (2015). Cancer metastases: challenges and opportunities. *Acta Pharmaceutica Sinica. B, 5*(5), 402–418. https://doi.org/10.1016/j.apsb.2015.07.005

Jenkins, P. (2017). *Professional practice in counselling and psychotherapy*. London: SAGE.

Koo, M. M., Swann, R., McPhail, S., Abel, G. A., Elliss-Brookes, L., Rubin, G. P., & Lyratzopoulos, G. (2020). Presenting symptoms of cancer and stage at diagnosis: evidence from a cross-sectional, population-based study. *The Lancet. Oncology, 21*(1), 73–79. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30595-9

Johns, S. A., Beck-Coon, K., Stutz, P. V., Talib, T. L., Chinh, K., Cottingham, A. H., Schmidt, K., Shields, C., Stout, M. E., Stump, T. E., Monahan, P. O., Torke, A. M., & Helft, P. R. (2020). Mindfulness training supports quality of life and advance care planning in adults with metastatic cancer and their caregivers: Results of a pilot study. *The American Journal of Hospice & Ppalliative care, 37*(2), 88–99. https://doi.org/10.1177/1049909119862254

Knapp, P., & Beck, A. T. (2008). Fundamentos, modelos conceituais, aplicações e pesquisa da terapia cognitiva [Cognitive therapy: foundations, conceptual models, applications and research]. *Revista Brasileira de Psiquiatria (Sao Paulo, Brazil: 1999), 30*(Suppl 2), s54–s64. https://doi.org/10.1590/s1516-44462008000600002

Lewandowska, A. M., Lewandowski, T., Rudzki, M., Rudzki, S., & Laskowska, B. (2021). Cancer prevention-review paper. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM, 28*(1), 11–19. https://doi.org/10.26444/aaem/116906

Mehta, R., Sharma, K., Potters, L., Wernicke, A. G., & Parashar, B. (2019). Evidence for the role of mindfulness in cancer: Benefits and techniques. *Cureus, 11*(5), e4629. https://doi.org/10.7759/cureus.4629

Ministry of Public Health. (2019). *National cancer control programme (2018-2022).* Bangkok. Department of Medical services. (in Thai)

Miller, A. (2012). *Aaron Beck on Cognitive Therapy with Aaron T.* Beck, M.D.Mill Valley, CA 94941: Psychotherapy.net LLC.

Miller, K. D., Nogueira, L., Mariotto, A. B., Rowland, J. H., Yabroff, K. R., Alfano, C. M., Jemal, A., Kramer, J. L., & Siegel, R. L. (2019). Cancer treatment and survivorship statistics, 2019. *CA: A Cancer Journal for Clinicians, 69*(5), 363–385. https://doi.org/10.3322/caac.21565

Murphy-Wilczek, E. (2020). *Mindfulness can help patients with cancer, Oncology Nursing News*. Retrieved from https://www.oncnursingnews.com/view/mindfulness-can-help-patients-with-cancer

National Cancer Institute. (2022). *Hospital-based cancer registry 2021*. Bangkok. Medical Record and Databased Cancer Unit Medical Digital Division. (in Thai)

National Institute Cancer. (2016). *Radiation therapy and you: Support for people with cancer*. U.S.: Department of Health & Human Services | National Institutes of Health.

Naughton, M. J., & Weaver, K. E. (2014). Physical and mental health among cancer survivors: considerations for long-term care and quality of life. *North Carolina Medical Journal, 75*(4), 283–286. https://doi.org/10.18043/ncm.75.4.283

Periasamy, U., Mohd-Sidik, S., Akhtari-Zavare, M., Rampal, L., Ismail, S. I. F., & Mahmud, R. (2020). Effects of Counselling on Quality of Life among Cancer Patients in Malaysia: A Randomized Controlled Trial. *Iranian journal of public health, 49*(10), 1902–1911. https://doi.org/10.18502/ijph.v49i10.4693

Quinto, R. M., De Vincenzo, F., Campitiello, L., Innamorati, M., Secinti, E., & Iani, L. (2022). Meaning in Life and the Acceptance of Cancer: A Systematic Review. *International Journal of Eenvironmental Research and Public health, 19*(9), 5547. https://doi.org/10.3390/ijerph19095547

Ryba, M. (2017). A cognitive approach to cancer treatment. *Oncology Issues, 32*(4), 20-25. doi:10.1080/10463356.2017.11884191

Sharf, R. (2020). *Theories of psychotherapy & amp; Counseling (paperback)*. California: Cengage Learning, Inc.

Semprawat, W., & Mookdee, S. (2018). The effect of buddhist individual counseling on decreasing the anxiety of cancer patients with the end of life. *Journal of MCU Humanities Review, 4*(1), 1–10. (in Thai)

Siegel, R. D. (2010). *The mindfulness solution: Everyday practices for everyday problems*. New York: The Guilford Presss.

Siegel, R. D. (2014). *The science of mindfulness: A research-based path to well-being course guidebook*. U.S.A: The Great Courses Corporate Headquarters.

Sheikhzadeh, M., Zanjani, Z., & Baari, A. (2021). Efficacy of mindfulness-based cognitive therapy and cognitive behavioral therapy for anxiety, depression, and fatigue in cancer patients: A randomized clinical trial. *Iranian Journal of Psychiatry, 16*(3), 271–280. https://doi.org/10.18502/ijps.v16i3.6252

Strategy and Planning Division. (2021). *Thai health statistics*. Retrieved from https://www.hiso.or.th/thaihealthstat/index.html (in Thai)

Van der Gucht, K., Melis, M., Ahmadoun, S., Gebruers, A., Smeets, A., Vandenbulcke, M., Wildiers, H., Neven, P., Kuppens, P., Raes, F., Sunaert, S., & Deprez, S. (2020). A mindfulness-based intervention for breast cancer patients with cognitive impairment after chemotherapy: Study protocol of a three-group randomized controlled trial. *Trials, 21*(1), 290. https://doi.org/10.1186/s13063-020-4204-8

Voon, S. P., & Chan, S. L. (2021). Counselling cancer patients: A case study of perspectives of professional counsellors and cancer patients in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 11*(17), 152–165. http://dx.doi.org/10.6007/IJARBSS/v11-i17/11398

Weber, D., & O'Brien, K. (2017). Cancer and Cancer-Related Fatigue and the Interrelationships with Depression, Stress, and Inflammation. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine, 22*(3), 502–512. https://doi.org/10.1177/2156587216676122

World Health Organization. (2017). *Guide to cancer: Early diagnosis*. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstre am/10665/254500/1/9789241511940-eng.pdf?ua=1

World Health Organization. (2020). *Globocan 2020: New global cancer data*. Retrieved from https://www.uicc.org/news/globocan-2020-new-global-cancer-data

การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

The Development of Semantic Virtual Reality Media for Promoting Health Tourism in Khaokho District, Phetchabun Province

ฐิณาภัณฑ์ นิธิยุวิทย์[2] ทัสนันทน์ ตรีนันทรัตน์[1] และยุภา คำตะพล[1]*

Thinaphan Nithiyuwith[2], Tassanan Treenuntharath[1] and Yupa Kumtapol[1]*

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

[1]Major of Computer science, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

[2]Major of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

*Corresponding author: yupa.k@pcru.ac.th

Received: March 12, 2023

Revised: June 6, 2023

Accepted: June 12, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้าง Ontology และกฎการอนุมานความรู้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (2) พัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ และ (3) ประเมินประสิทธิภาพของสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ รวบรวมองค์ความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในอำเภอเขาค้อ ตามแนวคิด 5 เอเอสเอ็ม จาก 10 เว็บไซต์ด้านการท่องเที่ยว ที่ผ่านการตรวจทานองค์ความรู้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว จำนวน 3 คน นำมาสร้าง Ontology ในรูปแบบไฟล์โอดับบลิวแอล ฐานกฎการอนุมานความรู้ด้วยภาษาเอสดับบลิวอาร์แอล พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อคิวรี่ Ontology ผ่านฐานกฎ และสร้างเอพีไอเพื่อติดต่อกับสื่อความเป็นจริงเสมือนด้วยภาษาไพธอนและไลบราลี่ฟลาค ใช้เฟรมเวิร์คเอเฟรมสร้างสภาพแวดล้อมและวัตถุความเป็นจริงเสมือนร่วมกับโปรแกรมด้านกราฟิกและแอนิเมชัน และใช้ภาษาพีเอชพีคิวรี่ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอลที่ผสานกับคลาสความรู้ใน Ontology ประเมินประสิทธิภาพในการเข้าถึงสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความถ่วงดุล และผลการประเมินความพึงพอใจนักท่องเที่ยว จำนวน 30 คน ต่อสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า Ontology แบ่งได้ 4 ชั้น มีจำนวน 22 คลาส และอนุมานความรู้ จำนวน 7 กฎ เชื่อมต่อกับสื่อความจริงเสมือน ประสิทธิภาพในการเข้าถึงสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย ได้ค่าเอฟเมชเชอร์ เท่ากับ 94.8% และผู้ใช้พึงพอใจต่อสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ระบบจะช่วยให้นักท่องเที่ยวเข้าถึงสื่อการท่องเที่ยวอย่างเป็นหมวดหมู่ และสร้างกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงโต้ตอบผ่านสื่อที่ทันสมัย

คำสำคัญ: สื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย ออนโทโลยี การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ

Abstract

This research aimed to (1) create the ontology and knowledge inference rules for promoting holistic health tourism. (2) develop Semantic Virtual Reality--SVR for promoting holistic health tourism; and (3) assess the performance of SVR in Khaokho District, Phetchabun Province. The holistic health tourism knowledge was collected from 10 tourism websites according to the 5ASM concept. These knowledges were verified by three tourism specialists for creating an ontology in the form of an OWL file. The semantic rules were created by the SWRL language, the algorithm for querying the ontology via semantic rules was developed by the Python language and flask library, VR environments and objects were developed by the A-Frame framework and graphic and multimedia software, and the ontology and MySQL database management system were merged by the PHP language. The SVR performance was assessed by precision, recall, and F-measure values. The 30 users' satisfaction results with SVR were analyzed by average and standard deviation. The results found that the ontology was classified into 4 levels with 22 classes and 7 knowledge inference rules for connecting with the virtual reality media. The performance of semantic virtual reality media was F-measured at 94.8%. The users have satisfaction with SVR is overall high. The system will help tourists by categorizing access to tourism media and building interactive tourism activities via modern media.

Keywords: Semantic Virtual Reality Media, Ontology, wellness tourism, Khaokho District

บทนำ

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพเป็นการท่องเที่ยวเพื่อเยี่ยมชม และร่วมทำกิจกรรมในสถานที่ที่มีความสวยงามทางธรรมชาติและวัฒนธรรม ซึ่งเป็นการท่องเที่ยวแบบผสมผสานการรักษาและฟื้นฟูสุขภาพทั้งด้านร่างกายและจิตใจควบคู่กัน ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่นักท่องเที่ยวมีความสนใจในการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาศักยภาพด้านการท่องเที่ยวพบว่า อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นพื้นที่การวิจัย เป็นแหล่งท่องเที่ยวแห่งหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากเขาค้อมียอดเขาที่สูงประมาณ 1,714 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ส่งผลให้บรรยากาศบนเขาค้อเย็นตลอดปี มีบรรยากาศที่เย็นสบาย และมีทัศนียภาพที่สวยงาม เหมาะสำหรับการพักผ่อนหย่อนใจเพื่อฟื้นฟูร่างกายและจิตใจของนักท่องเที่ยว (Khaokho Subdistrict Administrative Organization, 2022) รวมถึงการเลือกอำเภอเขาค้อในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากจังหวัดเพชรบูรณ์ได้กำหนดแผนพัฒนาจังหวัดปี 2566–2570 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่คลอบคลุมถึงประเด็นการพัฒนานวัตกรรมการท่องเที่ยวด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล (smart tourism) (Phetchabun Strategic plan office, 2023) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นวัตกรรมจากงานวิจัยสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเกิดประสิทธิผลที่ดี

Virtual Reality--VR เป็นเทคโนโลยีการใช้สภาพแวดล้อม 3 มิติที่สร้างขึ้นโดยคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้สามารถนำทางและโต้ตอบได้ผ่านช่องทางประสาทสัมผัสหลายช่องทาง เช่น การสัมผัสและตำแหน่ง (Brey, 2014) ในปัจจุบัน VR ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเพื่อเปิดประสบการณ์การท่องเที่ยวเสมือนจริงที่กระตุ้นความรู้สึกทางสายตาและอาจเพิ่มความรู้สึกอื่น ๆ ของผู้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการวางแผน การจัดการ การตลาด การแลกเปลี่ยนข้อมูล ความบันเทิง การศึกษา การเข้าถึงทรัพยากรธรรมชาติที่ได้รับการอนุรักษ์ ทั้งก่อน ระหว่างและหลังการเดินทาง (Beck, Rainoldi & Egger, 2019) จากการศึกษาปัญหาและข้อจำกัดของสื่อ VR ในด้านการ

ท่องเที่ยวที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่ จะมีการนำเสนอเนื้อหาข้อมูลและวัตถุบนฉากที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจเป็นความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่ไม่ได้เชื่อมโยงอย่างมีความหมายไปในวัตถุหรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจแก่ผู้ใช้ในภาพรวมอย่างเบ็ดเสร็จ และบางสถานที่ท่องเที่ยวมีองค์ความรู้ที่ซับซ้อน ที่ควรแสดงเนื้อหาที่เจาะลึกจากเรื่องที่สนใจกว้าง ๆ ลงสู่เนื้อหาวงแคบให้ผู้ใช้ต้องการทราบอย่างแท้จริง ยกตัวอย่างเช่น บนฉากของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ มีกิจกรรมทางน้ำและผาดโผนใด ๆ ที่ยกเว้นสำหรับนักท่องเที่ยวสูงอายุ การใช้วิธีการเชิงความหมายจะสามารถสร้างกฎการอนุมานและเงื่อนไขเพื่อให้เหตุผลในการนำเสนอสื่อได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าการพัฒนา VR แบบเดิม

ในการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายจะใช้ Ontology ในการจัดการและนำเสนอองค์ความรู้ในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างกันที่อยู่ภายใต้ขอบเขตที่สนใจ เป็นการตีกรอบแนวคิดในการอธิบายข้อมูลในขอบเขต หรือโดเมน สำหรับแก้ปัญหาความซับซ้อนของข้อมูลให้สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกันได้ มีความสามารถในการใช้ข้อมูลร่วมกัน สามารถนำข้อมูลกลับมาใช้ใหม่ และแยกองค์ความรู้ออกจากฐานข้อมูล (Antoniou et al., 2005) ซึ่งการพัฒนาสื่อ VR บนพื้นฐานของกระบวนการเชิงความหมายด้วย Ontology จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายบริบทของข้อมูลสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกัน โดย Ontology จะช่วยรวมข้อมูลที่ต่างกันให้เกิดการเชื่อมโยงเชิงความหมายในส่วนต่าง ๆ ได้ (Kim, Matuszka, Kim, Kim & Woo, 2017) รวมทั้งสามารถเปิดใช้งานคำอธิบายประกอบเชิงความหมาย และดึงลักษณะเฉพาะของโดเมนความรู้ต่าง ๆ (Dordevic, Petrovic & Tosic, 2020) เพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถสืบค้นความรู้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างเป็นระบบและตรงกับขอบเขตความสนใจอย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้าง Ontology และกฎการอนุมานความรู้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

2. เพื่อพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. องค์ประกอบการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพบนแนวคิด 5ASM

แนวคิดองค์ประกอบด้านการท่องเที่ยว 5ASM ได้แก่ สิ่งดึงดูดใจของสถานที่ท่องเที่ยว (attraction) ความสะดวกสบายในการเข้าถึงสถานที่ท่องเที่ยว (accessibility) สิ่งอำนวยความสะดวกในสถานที่ท่องเที่ยว (amenities) ที่พัก (accommodation) กิจกรรมในสถานที่ท่องเที่ยว (activity) ความปลอดภัยในสถานที่ท่องเที่ยว (security) และการบริหารจัดการสถานที่ท่องเที่ยว (management) ซึ่งเป็นการปรับปรุงจากแนวคิดของ Ramesh and Muralidhar (2019); Dickman (1996) ที่ใช้เพียง 5 เกณฑ์เพิ่มเป็น 7 เกณฑ์ โดยเพิ่มส่วนเกณฑ์ด้านกิจกรรมในสถานที่ท่องเที่ยว และความปลอดภัยในสถานที่ท่องเที่ยว เพื่อนำมาใช้กำหนดขอบเขตขององค์ความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ โดยใช้ Ontology เป็นเทคโนโลยีในการสร้างฐานความรู้เชิงความหมาย

2. การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

เทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) ในการดูแลสุขภาพ ควรเข้าถึงได้ผ่านอุปกรณ์พกพา และใช้งานผ่าน User interfaces ที่สะดวกสบาย มีกิจกรรมการส่งเสริมสุขภาพ เช่น การออกกำลัง การร่วมเล่มเกม และตรวจสอบพฤติกรรมของผู้ใช้ประจำวัน เพื่อการตอบสนองข้อมูลกลับให้แก่ผู้ใช้ที่เป็นประโยชน์และสอดคล้องกับความต้องการ (Dimova & Velikova, 2022) ทั้งนี้การพัฒนาจุดแข็งของเทคโนโลยี VR ควรนำเสนอรายละเอียดอย่างครบถ้วน บนสื่อเสมือนจริงที่มีความละเอียดสูงในมุมมอง 360° ซึ่งจะช่วยให้นักท่องเที่ยวมีความเข้าใจในผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยวมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การซื้อ และนำเสนอข้อมูลการท่องเที่ยวในประสบการณ์แปลกใหม่ รวมทั้งเป็นการนำเสนอการท่องเที่ยวไปในสถานที่เข้าไปเยี่ยมชมได้ยาก และเป็นการก้าวข้ามเวลาไปยังสภาพแวดล้อมในอดีตและอนาคตใน

ฉากต่าง ๆ (Wong, 2021) สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชัน VR สามารถใช้ Library และเฟรมเวิร์กที่ไม่มีค่าใช้จ่าย เช่น Three.is และ A-FRAME สำหรับการพัฒนาเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างฉาก VR เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ต่าง ๆ ได้ (Zhang et al., 2020) และ A-FRAME ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน VR ผ่านการเรียกใช้ Library ในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมและวัตถุเสมือนจริงได้โดยง่าย พร้อมทั้งสามารถเชื่อมประสานกับระบบภายนอก เช่น การรู้จำเสียงพูดอัตโนมัติด้วย API ของ Google ที่จะช่วยสร้างระบบนำทางในการท่องเที่ยวแบบ 360 องศา (Tsavalou & Komianos, 2023)

3. การประยุกต์ใช้ Ontology ในการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย

Ontology ถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองความหมายของข้อมูลการเดินทางของ OptiTours ที่รวบรวมจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน มารวมไว้และเชื่อมโยงไว้ผ่าน Ontology เดียวกัน โดยนำเสนอข้อมูลประเภทต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหว ภูมิสารสนเทศ สภาพอากาศ การจราจร ผู้ใช้ และข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้กฎการสืบค้นสามารถคิวรี่ใช้งานโดยอัตโนมัติในรูปแบบของกราฟความรู้ที่สนับสนุนการสืบค้นเชิงความหมายที่มีประสิทธิภาพในภาษามาตรฐานที่รู้จักกันดี (SPARQL และ Cypher) (Kotis et al., 2022) และข้อมูลสามารถเปิดให้เชื่อมโยงภายนอกจากเว็บแอปพลิเคชันผ่านโปรโตคอลการสื่อสารต่าง ๆ ตามที่สร้างเป็น API ไว้ได้ และ Ontology สามารถกำหนดแนวคิดและวัตถุ เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงความหมายระหว่างกัน โดยสามารถใช้โปรแกรม Protégé ในพัฒนา Ontology (Fox, 2021) และในงานวิจัยของ Li et al (2023) ได้ประยุกต์ใช้ Ontology ในการจัดลำดับชั้นความหมายของการสร้างสะพาน เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างของสะพานได้ดีขึ้น และสามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างฉากสะพานโดยอัตโนมัติในแบบ 3 มิติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้าง Ontology และฐานกฎการอนุมานความรู้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

รวบรวมองค์ความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในอำเภอเขาค้อ ตามแนวคิด 5ASM แบ่งออกได้ 7 สถานที่ ได้แก่ (1) เขาค้อเฮอร์เบอรี่ ออแกนิคฟาร์มแอนด์รีสอร์ต (2) วัดพระธาตุผาซ่อนแก้ว (3) พระบรมธาตุเจดีย์กาญจนาภิเษก (4) จุดชมวิวทะเลหมอก เขาตะเคียนโง๊ะ (5) น้ำตกศรีดิษฐ์ (6) เดอะบลูสกายรีสอร์ท เขาค้อ และ (7) อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง โดยเก็บข้อมูลจากเว็บไซต์ khaokhoherbary.com imperialphukaewresort.com และ phukaewresort.com โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกสถานที่ท่องเที่ยวทั้ง 7 แห่ง จากการพิจารณาว่า เป็นสถานที่ ๆ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เยี่ยมชมได้เรียนรู้วิถีชีวิต พักผ่อนหย่อนใจ มีกิจกรรมส่งเสริม และบำบัดรักษาฟื้นฟูสุขภาพ (Chimpalee, 2020) นำมาสร้าง Ontology ในรูปแบบไฟล์โอดับบลิวแอล โดยใช้โปรแกรม Protégé จำแนกได้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) กำหนดโดเมนและขอบเขตของ Ontology จากองค์ความรู้ที่สืบค้นได้จากเว็บไซต์ต่าง ๆ (2) แจกแจงคำสำคัญเพื่อกำหนดเป็นคลาส และแอทริบิวต์ใน Ontology (3) กำหนดคุณสมบัติของคลาส และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส และ (4) สร้างรายการข้อมูล (instant) เพื่อเก็บรวบรวมในคลาสต่าง ๆ ทั้งนี้วิธีการสร้าง Ontology ดังกล่าว มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noy and McGuinness (2001) และ Ontology ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนและความสอดคล้องกับองค์ความรู้ต้นฉบับจากเว็บไซต์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ที่ทำการคัดเลือกแบบเจาะจงจากนักวิชาการด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ จากนั้นทำการสร้างกฎเพื่อสืบค้นความรู้ด้วยภาษา SWRL--Semantic Web Rule Language) โดยใช้เครื่องมือส่วนขยาย (extension) ที่เปิดให้ติดตั้งเพิ่มเติม และใช้งานบนโปรแกรม Protégé ทั้งนี้ SWRL เป็นภาษาที่มีความสามารถเข้าถึงความรู้ และแสดงกฎสำหรับการอนุมานความรู้ทำให้เกิดข้อมูลใหม่ (Kliangkhlao, Kochakornjarupong & Boonchoom, 2015) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการสร้างกฎการอนุมานความรู้ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

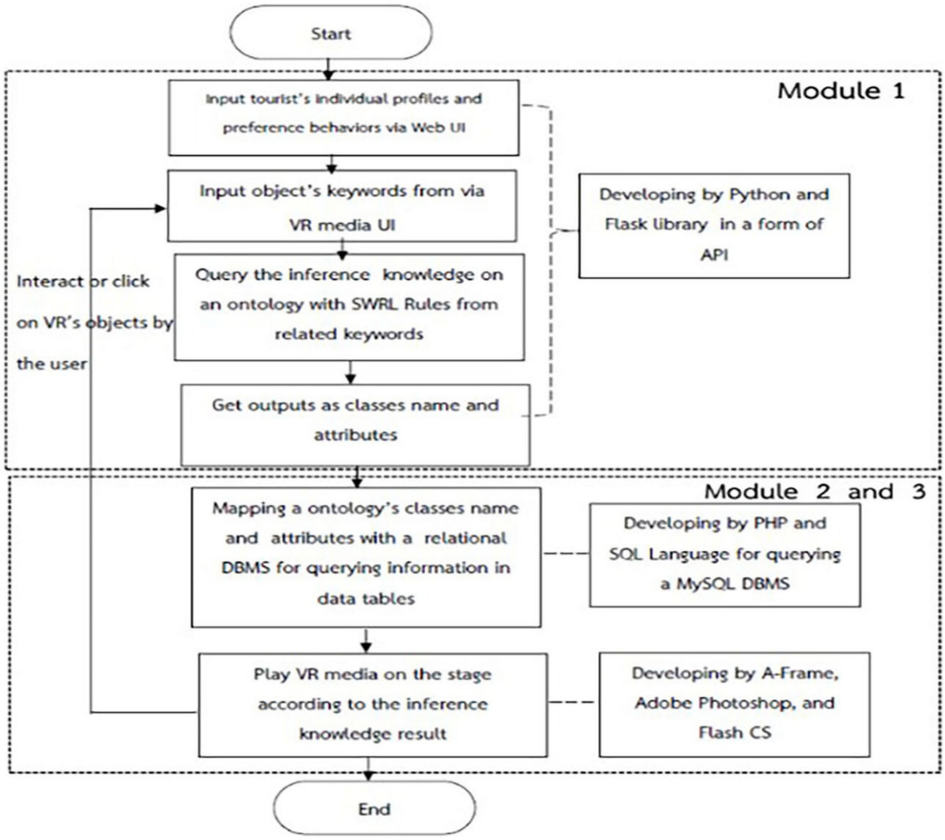
1) กำหนดผลลัพธ์เป้าหมายจากการอนุมาน จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน

2) พิจารณาเลือกโหนดความรู้ที่เกี่ยวข้องในการอนุมาน และสร้างกฎการอนุมานเชิงความหมายด้วยภาษา SWRL โดยจะเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโหนดเพื่อสื่อความหมายเจาะลึก จนได้มาซึ่งผลลัพธ์เป้าหมาย

3) นำกฎการอนุมานเชิงความหมายไปใช้ประโยชน์โดยเปิดให้เข้าถึง/เชื่อมต่อผ่าน API กับส่วนโมดูลการนำเสนอสื่อ VR

2. การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย ประกอบด้วย 3 โมดูลการประมวลผล ได้แก่ (1) การคิวรี่ Ontology ผ่านฐานกฎ และสร้าง API เพื่อติดต่อกับสื่อ VR (2) การสร้างสภาพแวดล้อมและวัตถุความเป็นจริงเสมือน และ (3) การจัดการระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อผสานกับคลาสความรู้ใน Ontology เพื่อแสดงข้อมูลสารสนเทศแบบเจาะลึก โดยแสดงขั้นตอนวิธีการประมวลผลดัง Flow chart ภาพ 1 โดยขั้นตอนวิธีการประมวลผลของสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายจากภาพ 1 อธิบายได้ว่า โปรแกรมทำงานในรูปแบบ API เพื่อสนับสนุนการทำงานข้าม Platform ระหว่างส่วนจัดการ Ontology ที่พัฒนาด้วย Python และไลบรารี่ Flask กับส่วน Mapping คลาสกับ DBMS ด้วยภาษา PHP และสร้างสภาพแวดล้อมของ VR ด้วย A-Frame โดยเริ่มจากการรับค่าโปรไฟล์ส่วนตัวและพฤติกรรมความชอบของนักท่องเที่ยวผ่าน Web UI ได้แก่ อายุ ศาสนาที่นับถือ และผลการโหวตให้กับสถานที่ท่องเที่ยว และกิจกรรมการท่องเที่ยวต่าง ๆ และรับค่าคำสำคัญที่ผูกติดกับวัตถุที่ผู้ใช้คลิกบนอินเทอร์เฟซของสื่อ VR เพื่อเป็นเงื่อนไขส่งไปสืบค้นความรู้เชิงอนุมานบน Ontology ด้วยกฎ SWRL จากนั้นทำการรับผลลัพธ์เป็นชื่อคลาสและแอตทริบิวต์ ที่ได้จากกการอนุมานความรู้ส่งเข้าไปสู่กระบวนการประสาน (mapping) ชื่อคลาสและแอตทริบิวต์ของ Ontology กับโครงสร้างของระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์สำหรับการสืบค้นข้อมูลในตารางข้อมูลเพื่อส่งมาเล่นสื่อ VR บนเวทีตามผลการอนุมานความรู้ที่ได้ในกฎต่าง ๆ แล้ววนลูปการทำงานกลับไปที่กระบวนการรับคำสำคัญที่ผูกติดกับวัตถุจากผู้ใช้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้ใช้จะออกจากโปรแกรม



ภาพ 1 Flow chart ขั้นตอนวิธีการประมวลผลของสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย

ทั้งนี้ สามารถยกตัวอย่างการคิวรี่กฎ SWRL เพื่อแสดงผลกิจกรรมการท่องเที่ยวเพื่อส่งเสริมสุขภาพจิต ในสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักท่องเที่ยวเฉพาะศาสนาที่นับถือ ดังนี้

Place(?p) ^ Activity(?a) ^ Tourist(?t) ^ Religion(?r) ^ Organize(?p, ?a) ^ hasReligion(?t,?r) ^ IsSuitableFor(?a, ?r) ->sqwrl:select(?p,?a,?t,?r)

หากนักท่องเที่ยวชื่อ A กรอกข้อมูลว่านับถือศาสนาอิสลาม ดังนั้นเมื่อคิวรี่กฎด้านบน จะได้ผลลัพธ์ในการนำเสนอสื่อ VR ที่มี Object เกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวที่มีกิจกรรมที่เหมาะสมกับศาสนาอิสลาม ดังนี้

Tourist(“A”) ^ Religion(“Isalam”) ^ hasReligion(“A”,” Isalam”)^ IsSuitableFor(“Isalamic activities”, “Isalam”) ^ Organize(“Some tourism places”, “Isalamic activities”)

3. การประเมินประสิทธิภาพสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

แบ่งขั้นตอนการดำเนินการออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 การประเมินประสิทธิภาพสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ โดยมีเกณฑ์ในการทดสอบ 3 เหตุการณ์ ได้แก่ จำนวนวัตถุบนสื่อ VR ที่สืบค้นได้ และถูกต้องตามความสนใจ (A) จำนวนวัตถุบนสื่อ VR ที่ถูกต้องตามความสนใจ แต่ไม่ถูกสืบค้น (B) และจำนวนวัตถุบนสื่อ VR ที่สืบค้นได้ แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C) จากนั้นผลการทดสอบในตัวแปรต่าง ๆ มาคำนวณค่าประสิทธิภาพ ได้แก่ Precision Recall และค่า F-Measure (Khelloufi et al., 2021) ดังสมการที่ 1–3

$$Precission = A/(A+C) \times 100\% \quad (1)$$

$$Recall = A/(A+B) \times 100\% \quad (2)$$

$$F\text{-}Measure = (2Recall*Precision)/(Recall+Precision) \quad (3)$$

โดยการกำหนดกรณีทดสอบ (test case) ในการวัดประสิทธิภาพ จะกำหนดให้สอดคล้องกับ SWRL Rule จำนวน 7 กฎ ที่สร้างขึ้น จากนั้นทำการกำหนดผลลัพธ์เป้าหมาย (target results) ว่าการ Query กฎต่าง ๆ ควรได้ Target results ที่เป็นวัตถุ VR และรายการความรู้ใดแสดงออกมาบ้าง แล้วทำการนับจำนวนผลลัพธ์ที่ได้ เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพตามสมการ 1-3 ข้างต้น

3.2 การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายจากนักท่องเที่ยว จำนวน 30 คน โดยคัดเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่เข้ามาเยี่ยมชมในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์แปลผลความพึงพอใจ ดังนี้

4.50–5.00 หมายถึง พึงพอใจต่อระบบมากที่สุด

3.50–4.49 หมายถึง พึงพอใจต่อระบบมาก

2.50–3.49 หมายถึง พึงพอใจต่อระบบปานกลาง

1.50–2.49 หมายถึง พึงพอใจต่อระบบน้อย

0.00–1.49 หมายถึง พึงพอใจต่อระบบน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้าง Ontology และกฎการอนุมานความรู้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ดังนี้

1.1 ผลการสร้าง Ontology เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

จากภาพ 2 Ontology เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่สร้างขึ้น ใช้รวบรวมความรู้สำหรับสื่อ VR แบ่งได้ 4 ชั้น และมีจำนวนโหนดความรู้ทั้งหมด 22 โหนด โดยมีขอบเขตการนำเสนอความรู้ที่มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้ นักท่องเที่ยวเดินทางไปสถานที่ท่องเที่ยว สถานที่ท่องเที่ยวสามารถมองเห็นได้จากที่พัก สถานที่ท่องมีกิจกรรมการท่องเที่ยว สามารถเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ ในสถานที่ท่องเที่ยวและเส้นทางควรมีมาตรการรักษาความปลอดภัย และมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

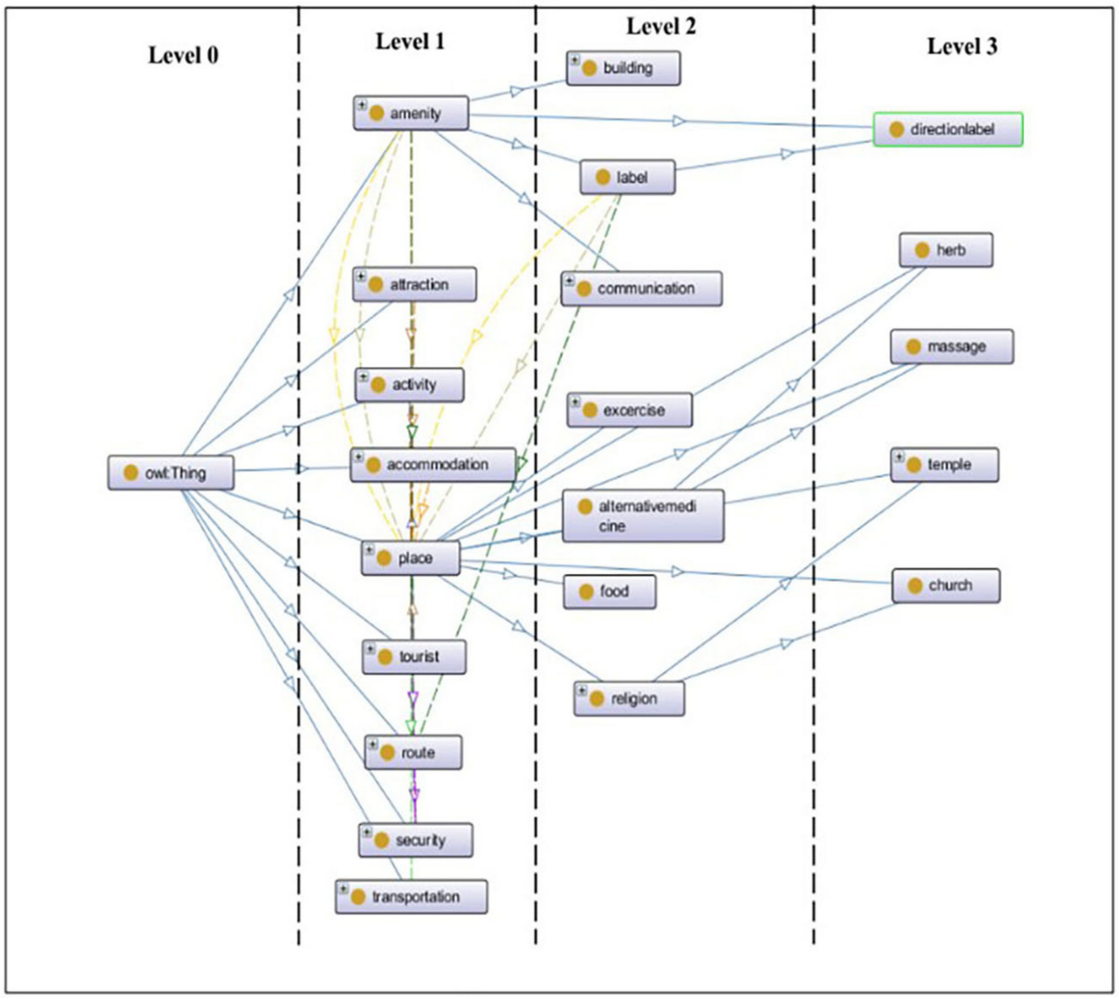
ทั้งนี้การสร้าง Ontology เพื่อจัดการความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ จะมีขอบเขตเนื้อหาความรู้ที่ต่างจากการสร้าง Ontology สำหรับการท่องเที่ยวทั่ว ๆ ไป ที่อาจมุ่งเน้นนำเสนอและแนะนำองค์ความรู้ตามองค์ประกอบ 5ASM ที่เป็นข้อมูลพื้นฐานเท่านั้น แต่ Ontology เพื่อจัดการความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ จะกำหนดผลลัพธ์เป้าหมายบนสื่อ VR ในลักษณะของวัตถุภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และ

วีดีโอ ที่อาศัยความสามารถของ Ontology ในการเชื่อมโยงเป็นกราฟความรู้ เพื่อนำเสนอเนื้อหาสาระที่มุ่งเน้นให้นักท่องเที่ยวได้รับรู้และเข้าใจในการดูแลสุขภาพ ควบคู่ไปกับวางแผนโปรแกรมเส้นทางการเดินทาง ตามองค์ประกอบด้านการท่องเที่ยว 5ASM ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของนักท่องเที่ยวเป็นหลัก เช่น ระบบสามารถแนะนำที่พักที่ไม่ไกลจากสถานที่ท่องเที่ยวจนเกินไปเพื่อไม่ให้กระทบต่อสุขภาพของนักท่องเที่ยวสูงวัย การนำเสนอจุดที่มีการติดตั้งเครื่องมือช่วยเหลือทางการแพทย์ในสถานที่ท่องเที่ยว และนำเสนอวิธีใช้งานอย่างง่ายบน VR รวมทั้งการเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องร้านอาหารสุขภาพ กับความรู้เรื่องสมุนไพรที่ใช้ปรุงอาหาร และผลข้างเคียงจากการรับประทาน ที่ช่วยให้นักท่องเที่ยวเกิดความรู้เจาะลึกมากยิ่งขึ้น

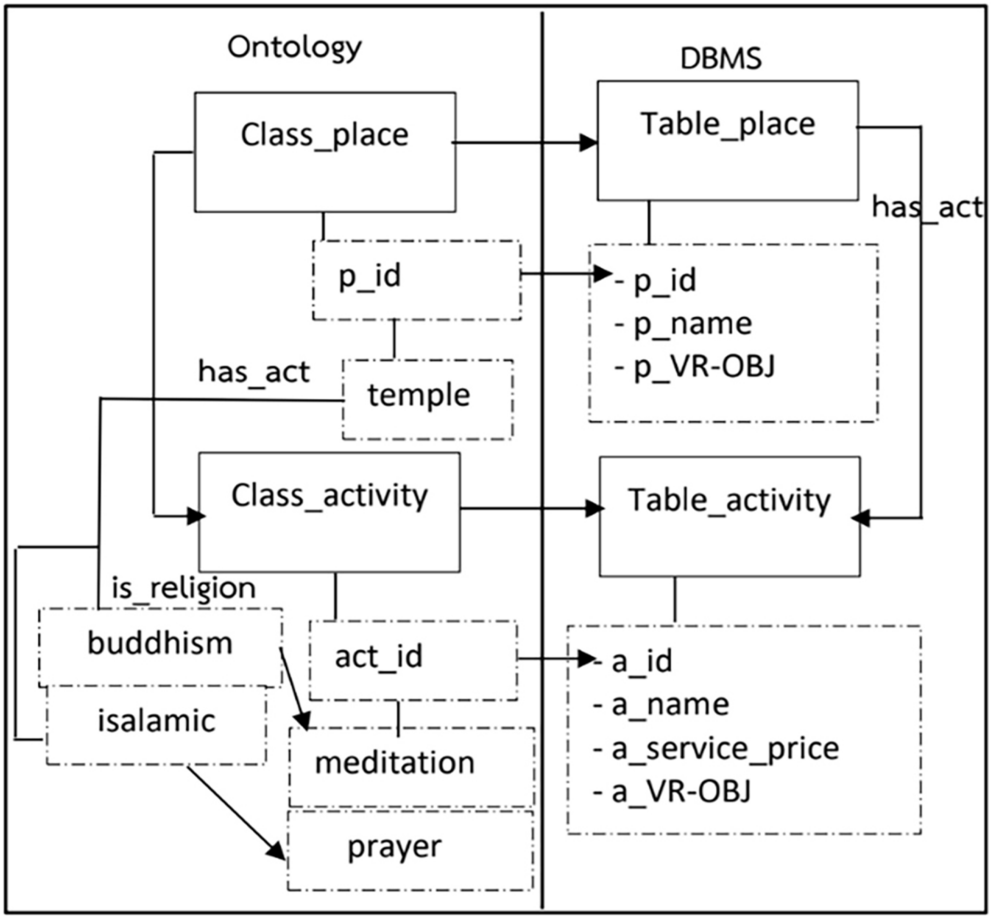
โครงสร้างของระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อรองรับการสืบค้นข้อมูลการท่องเที่ยว ในตารางข้อมูลต่าง ๆ มีโครงสร้างการ Mapping กับ Ontology ดังนี้

1.2 ผลการสร้างกฎเชิงความหมายด้วยภาษา SWRL เพื่ออนุมานความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพบนสื่อ VR

จากภาพ 3 ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ที่ Mapping กับออนโทโลยีเพื่อสืบค้นข้อมูลการท่องเที่ยว จะมีโครงสร้างที่สอดคล้องกัน โดยที่แต่ละ Class ใน Ontology จะเชื่อมต่อในกับ Table ข้อมูลใน DBMS แต่ Ontology จะมีกฎอนุมานเชิงความหมาย เป็นส่วนช่วยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทั้งในระดับ Class Property และ Value เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป้าหมายที่ถูกต้อง และมีความละเอียดในการนิยามความหมายต่าง ๆ ตามขอบเขตความสนใจ



ภาพ 2 ฐานความรู้ Ontology การวางแผนการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ



ภาพ 3 โครงสร้างของระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ที่ Mapping กับออนโทโลยีเพื่อสืบค้นข้อมูลการท่องเที่ยว

ตาราง 1

กฎ SWRL เพื่ออนุมานความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพบนสื่อ VR

การอนุมานความรู้	SWRL Command	**ผลลัพธ์ของ Class และ Attribute ที่ได้เพื่อนำไปใช้ Mapping ข้อมูลสารสนเทศใน DBMS**
1. นักท่องเที่ยวมักเลือกที่พักใกล้กับสถานที่ท่องเที่ยวและร้านอาหารสุขภาพที่ปรุงอาหารจากสมุนไพรต่าง ๆ	Tourist(?t) ^ Accommodation(?a) ^ Place(?p) Restaurant(?r) ^ Food(?f) ^ Herb(?h) ^ Distance(?d) ^ select(?t,?a) ^ hasDistanceToPlace(?a,DoubleValue) ^ hasDistanceToPlace(?r,DoubleValue) ^ Sell(?r,?f), hasIngredient(?f,h) ->sqwrl:select(?a,?p,?r,?f,?h)	Accommodation Place Restaurant Food Herb

ตาราง 1 (ต่อ)

การอนุมานความรู้	SWRL Command	ผลลัพธ์ของ Class และ Attribute ที่ได้เพื่อนำไปใช้ Mapping ข้อมูลสารสนเทศใน DBMS
2. สถานที่ท่องเที่ยวควรเข้าถึงได้จากถนนที่สะดวกสบาย และสามารถเดินทางเข้าถึงโดยพาหนะที่หลากหลาย	Place(?p) ^ Route(?r) ^ Transportation(?tp) ^ Access(?r,?p) ^ hasRoadState(?r, StringValue) ^ CanbeAccessedBy(?r,?t) ->sqwrl:select(?p,?r,?t)	Place Route Transportation
3. สถานที่ท่องเที่ยวมีกิจกรรมที่ส่งเสริมสุขภาพ โดยเป็นกิจกรรมที่เสียค่าบริการ และไม่เสียค่าบริการ	Place(?p) ^ Activity(?a) ^ Service_price(?sp) ^ Organize(?p, ?a) ^ hasServicePrice(?a, ?sp) – >sqwrl:select(?p,?a,?sp)	Place Activity Service_price
4. กิจกรรมการท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักท่องเที่ยวเฉพาะช่วงอายุ/วัย	Place(?p) ^ Activity(?a) ^ Tourist(?t) ^ Age(?ag) ^ Organize(?p, ?a) ^ hasAge(?t,?ag) ^ IsSuitableFor(?a, ?ar) ->sqwrl:select(?p,?a,?t)	Place Activity Tourist
5. กิจกรรมการท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักท่องเที่ยวเฉพาะศาสนาที่นับถือ	Place(?p) ^ Activity(?a) ^ Tourist(?t) ^ Religion(?r) ^ Organize(?p, ?a) ^ hasReligion(?t,?r) ^ IsSuitableFor(?a, ?r) ->sqwrl:select(?p,?a,?t,?r)	Place Activity Tourist Religion
6. สถานที่ท่องเที่ยวควรมีระบบรักษาความปลอดภัย และป้ายบอกทางที่ชัดเจนสำหรับนักท่องเที่ยว	Place(?p) ^ Security(?s) ^ Label(?l) ^ hasSecurity(?p, ?s) ^ hasLabel(?p, ?l) >sqwrl:select(?p,?s,?l)	Place Security Label
7. สถานที่ท่องเที่ยวควรมีระบบบริการด้านการสื่อสารข้อมูล และสถานที่พักระหว่างทางสำหรับนักท่องเที่ยว	Place(?p) ^ Communication(?c) ^ Building(?b) hasCommunication (?p, ?c) ^ hasBuilding (?p, ?b) ^ isOn(?b,?r) – >sqwrl:select(?p,?c,?b,?r)	Place Communication Building Route

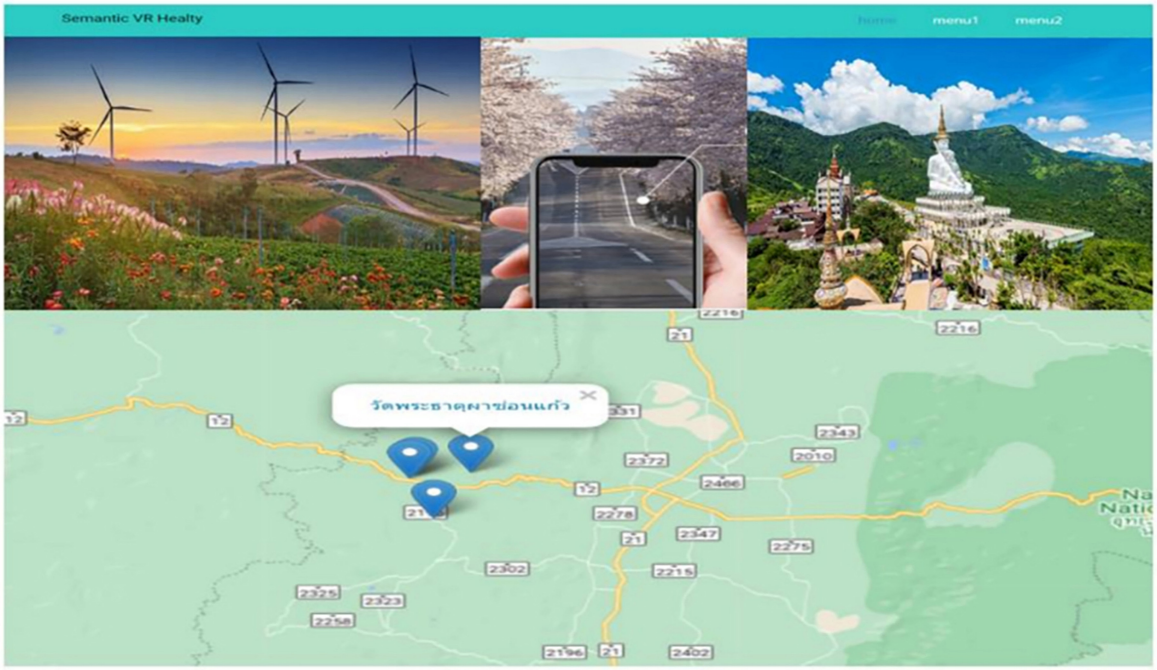
จากตาราง 1 กฎ SWRL เพื่ออนุมานความรู้การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพบนสื่อ VR จำนวน 7 กฎ จะถูกนำไปรองรับการคิวรี่จากค่าโปรไฟล์ส่วนตัวและพฤติกรรมความชอบของนักท่องเที่ยวผ่าน Web UI และคำสำคัญที่ผูกติดกับวัตถุที่ผู้ใช้คลิกบนอินเทอร์เฟซของสื่อ VR เพื่อเป็นเงื่อนไขส่งไปสืบค้นความรู้เชิงอนุมานบน Ontology ด้วยกฎ SWRL เหล่านี้ แล้วทำการนำผลลัพธ์ในรูปแบบ Class และ Attribute ไปใช้ Mapping กับโครงสร้างของข้อมูลสารสนเทศใน DBMS เพื่อนำไปใช้การแสดงผลองค์ความรู้เจาะลึกบนสื่อ VR ในขั้นต่อไป

1. ผลการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ที่เปิดให้บริการนักท่องเที่ยวที่ https://cooldev.plu.ac.th/csel/ ดังนี้

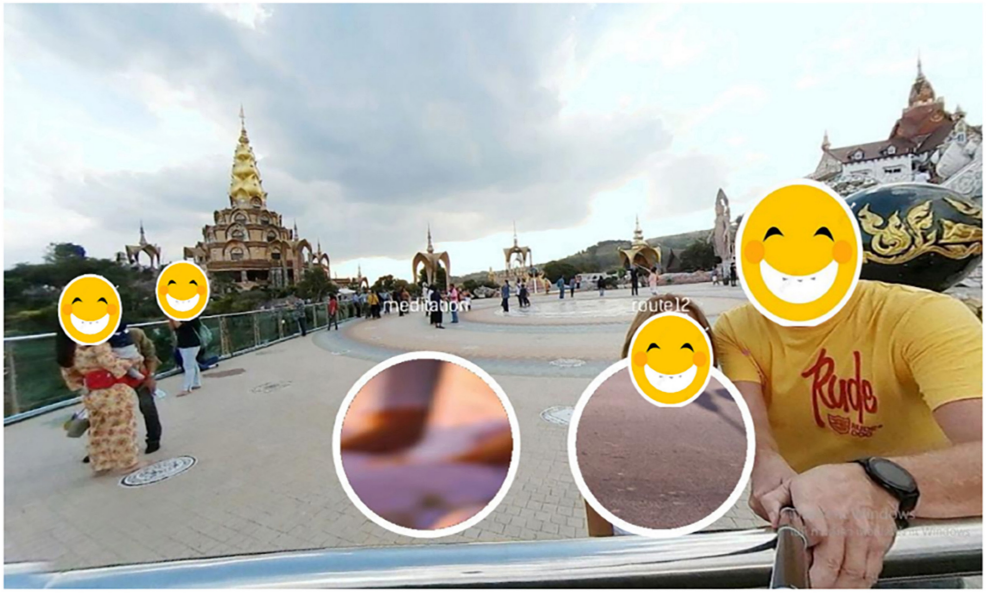
จากภาพ 4 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน VR ประกอบด้วยแผนที่ Google map ที่แสดงพิกัดที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยนักท่องเที่ยวสามารถคลิกไปที่หมุด เพื่อเข้าชมสื่อ VR เชิงความหมาย (SVR) ของสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ได้

จากภาพ 5 SVR สามารถนิยามความหมายขององค์ความรู้เกี่ยวกับโหนดความรู้วัดพระธาตุผาซ่อนแก้วว่าเป็นสถานที่ท่องเที่ยวอยู่บนถนนสาย 12 (route 12) และมีกิจกรรมเด่นที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพจิตของนักท่องเที่ยว คือ กิจกรรมทำสมาธิบำบัด (meditation) โดยที่ Keyword เช่น Route 12 และ Meditation สามารถส่งไปค้นหาความหมายเพื่ออธิบายองค์ความรู้ในรูปแบบ VR ได้ใน Stage ต่อไป

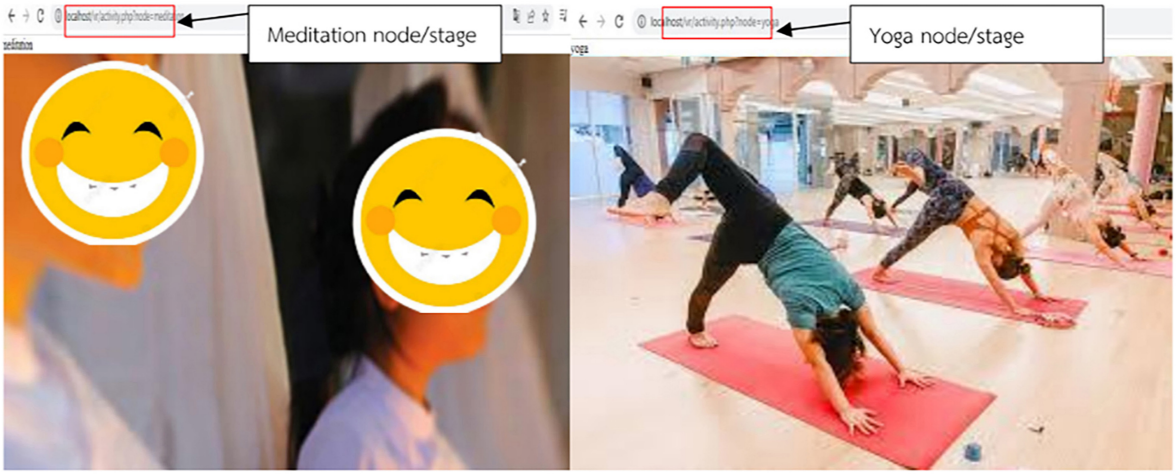
จากภาพ 6 SVR สามารถนิยามความหมายขององค์ความรู้ไปตามขอบเขตความรู้ที่จัดการโดยฐานกฎเชิงความหมาย เพื่ออธิบายเนื้อหาสาระที่เชื่อมโยงเจาะลึกในลักษณะ Meta data ทั้งนี้ โหนดความรู้ Meditation สามารถเชื่อมโยงความหมายไปยังโหนดความรู้ของศาสนสถานใกล้เคียงที่มีกิจกรรมการทำสมาธิบำบัดเช่นเดียวกับวัดพระธาตุผาซ่อนแก้ว รวมทั้งเชื่อมโยงไปยังโหนดความรู้ Yoga ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักท่องเที่ยวสามารถเข้าร่วมได้ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ให้ประโยชน์ในการเสริมสร้างสมาธิได้



ภาพ 4 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน VR



ภาพ 5 หน้าจอแสดง VR ของสถานที่ท่องเที่ยววัดพระธาตุผาซ่อนแก้ว และการนิยามความหมายด้วย Ontology



ภาพ 6 หน้าจอแสดง VR เพื่อแสดงฉากและวัตถุที่เป็นไปตามกฎเชิงความหมาย

ทั้งนี้ การนำแนวคิด Ontology มาใช้พัฒนาฐานความรู้เชิงความหมายบนสื่อ VR จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูล และช่วยขยายคำค้นให้เข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและได้ผลลัพธ์ตรงตามที่ผู้ใช้ต้องการมากที่สุด เนื่องจาก Ontology จะช่วยบรรยายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของระบบผ่านโหนดแบบลำดับชั้น (Kerschberg et al., 2004) ทั้งนี้ สุปราณี ทัพมงคล และศิริกาญจนา พิลาบุตร Tupmongkol and Pilabutr (2016) ได้ทำวิจัยเรื่องการสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายของการท่องเที่ยวไทยด้วย Ontology โดยใช้ RDF และ SPARQL โดยผลการสืบค้นและแนะนำความรู้ด้วยหลักการเชิงความหมาย ส่งผลให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการนำ Ontology มาผสานรวมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จะช่วยรวมข้อมูลที่ต่างกัน ให้เกิดการเชื่อมโยงเชิงความหมายในส่วนต่าง ๆ ได้ (Kim et al., 2017) ซึ่งการผสมผสานกันของสองเทคโนโลยีจะช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับสื่อการท่องเที่ยวสมัยใหม่ ที่ช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถรับสัมผัสความงดงามของสถานที่ผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริงในกรณีที่ไม่

สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่จำกัดจำนวนคน หรือการเดินทางเข้าถึงยากลำบากได้อย่างสะดวกสบาย

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

3.1 ผลการวัดประสิทธิภาพในการแสดงผลลัพธ์จากการ Query วัตถุ VR และรายการความรู้ที่เกี่ยวข้องโดยกฎ SWRL บนOntology ดังนี้

จากตาราง 2 ประสิทธิภาพในการแสดงผลลัพธ์จากการ Query วัตถุ VR และรายการความรู้ที่เกี่ยวข้องโดยกฎ SWRL บน Ontology สำหรับใช้ในการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ มีค่า F-measure เท่ากับ 94.8%

3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย ดังนี้

ตาราง 2

การวัดประสิทธิภาพในการแสดงผลลัพธ์จากการ Query วัตถุ VR และรายการความรู้ที่เกี่ยวข้อง โดยกฎ SWRL บนOntology

รายการทดสอบ (test case)	**ผลลัพธ์จากการ Query วัตถุ VR และรายการความรู้ที่เกี่ยวข้อง**		
	จำนวนสื่อที่สืบค้นได้และถูกต้องตามความสนใจ (A)	**จำนวนสื่อที่ถูกต้องตามความสนใจ แต่ไม่ถูกสืบค้น (B)**	**จำนวนสื่อที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C)**
1. นักท่องเที่ยวมักเลือกที่พักใกล้กับสถานที่ท่องเที่ยวและร้านอาหารสุขภาพที่ปรุงอาหารจากสมุนไพรต่าง ๆ Target Results = แสดงผลสถานที่ท่องเที่ยวและร้านอาหารสุขภาพที่ขายอาหารปรุงจากสมุนไพรต่าง ๆ	3	1	0
2. สถานที่ท่องเที่ยวควรเข้าถึงได้จากถนนที่สะดวกสบาย และสามารถเดินทางเข้าถึงโดยพาหนะที่หลากหลาย Target Results = แสดงผลสถานที่ท่องเที่ยวที่เข้าถึงได้ในถนนลาดยางที่ไม่เป็นหลุมเป็นบ่อและเดินทางได้โดยรถโดยสารประจำทาง รถยนต์ และรถมอเตอร์ไซต์	4	0	0

ตาราง 2 (ต่อ)

รายการทดสอบ (test case)	**ผลลัพธ์จากการ Query วัตถุ VR และรายการความรู้ที่เกี่ยวข้อง**		
	จำนวนสื่อที่สืบค้นได้และถูกต้องตามความสนใจ (A)	**จำนวนสื่อที่ถูกต้องตามความสนใจ แต่ไม่ถูกสืบค้น (B)**	**จำนวนสื่อที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C)**
3. สถานที่ท่องเที่ยวมีกิจกรรมที่ส่งเสริมสุขภาพโดยเป็นกิจกรรมที่เสียค่าบริการ และไม่เสียค่าบริการ Target Results = แสดงผลกิจกรรมเพื่อสุขภาพในสถานที่ท่องเที่ยวทั้งที่เสียค่าบริการและไม่เสียค่าบริการ	3	0	0
4. กิจกรรมการท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักท่องเที่ยวเฉพาะช่วงอายุ/วัย Target Results = แสดงผลกิจกรรมเพื่อสุขภาพในสถานที่ท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับนักท่องเที่ยวตามช่วงอายุ	3	1	0
5. กิจกรรมการท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มนักท่องเที่ยวเฉพาะศาสนาที่นับถือ Target Results = แสดงผลกิจกรรมเพื่อสุขภาพในสถานที่ท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับนักท่องเที่ยวตามศาสนาที่นับถือ	3	0	0
6. สถานที่ท่องเที่ยวควรมีระบบรักษาความปลอดภัย และป้ายบอกทางที่ชัดเจนสำหรับนักท่องเที่ยว Target Results = แสดงผลสถานที่ท่องเที่ยวที่มีระบบรักษาความปลอดภัย และป้ายบอกทางที่ชัดเจน	2	0	0

ตาราง 2 (ต่อ)

รายการทดสอบ (test case)	**ผลลัพธ์จากการ Query วัตถุ VR และรายการความรู้ที่เกี่ยวข้อง**		
	จำนวนสื่อที่สืบค้นได้และถูกต้องตามความสนใจ (A)	**จำนวนสื่อที่ถูกต้องตามความสนใจ แต่ไม่ถูกสืบค้น (B)**	**จำนวนสื่อที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C)**
7. สถานที่ท่องเที่ยวควรมีระบบบริการด้านการสื่อสารข้อมูล และสถานที่พักระหว่างทางสำหรับนักท่องเที่ยว Target Results = แสดงผลสถานที่ท่องเที่ยวที่มีระบบบริการด้านการสื่อสารข้อมูล และสถานที่พักระหว่างทาง	2	0	0
Mean	2.86	0.29	0
Precision	100%		
Recall	90.1%		
F-measure	94.8%		

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจผู้ใช้ต่อสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย

รายการประเมิน	**ระดับความพึงพอใจ**		**แปลผล**	**จัดอันดับ**
	$\overline{X}$	**SD**		
1. ความสวยงาม/น่าใช้งานของ SVR ในภาพรวม	3.48	0.65	ปานกลาง	5
2 การจัดวางเนื้อหา และเมนูที่ใช้งานได้ง่าย	3.49	0.57	ปานกลาง	4
3. ความปลอดภัยในการรักษาข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน	4.46	0.78	มาก	3
4. การแนะนำข้อมูลจาก SVR ช่วยสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจในการท่องเที่ยว	4.49	0.67	มาก	1
5. ฟังก์ชันของ SVR ตอบโจทย์ความต้องการและข้อจำกัดของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.48	0.71	มาก	2
ค่าเฉลี่ยในภาพรวม	4.08	0.68	มาก	

จากตาราง 3 ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อสื่อความเป็นจริงเสมือนเชิงความหมาย ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.08 SD=0.68) โดยสามารถเรียงลำดับด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดถึงต่ำที่สุด ดังนี้ (1) การแนะนำข้อมูลจาก SVR ช่วยสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจในการท่องเที่ยว ($\overline{X}$=4.49 SD=0.67) (2) ฟังก์ชันของ SVR ตอบโจทย์ความต้องการและข้อจำกัดของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ($\overline{X}$=4.48 SD=0.71) และ (3) ความปลอดภัยในการรักษาข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน ($\overline{X}$= 4.46 SD=0.78) ตามลำดับ ส่วนในระดับปานกลาง ได้แก่ (1) การจัดวางเนื้อหา และเมนูที่ใช้งานได้ง่าย ($\overline{X}$= 3.49 SD=0.57) และ (2) ความสวยงาม/น่าใช้งานของ SVR ในภาพรวม ($\overline{X}$= 4.48 SD=0.65) ตามลำดับ

สรุป

การพัฒนาสื่อ VR บนพื้นฐานของกระบวนการเชิงความหมายด้วย Ontology จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายบริบทของข้อมูลสารสนเทศผ่านวัตถุแบบ 2D และ 3D ที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันในมุมมอง 360 องศา ซึ่งจะช่วยให้นักท่องเที่ยวได้รับชมสื่อองค์ความรู้แบบเจาะลึกลงตามลำดับชั้นและหมวดหมู่ของความรู้อย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพ และตรงกับขอบเขตความสนใจของนักท่องเที่ยวอย่างแท้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้เทคนิคด้าน Image Processing และ Machine Learning เข้ามาช่วยสกัดคุณลักษณะของรูปภาพและการทำนายเชิงจำแนกหรือจัดกลุ่มวัตถุเป้าหมายบนเส้นทางการท่องเที่ยว ที่สอดคล้องกับคุณลักษณะและพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว

2. ควรปรับปรุงสื่อ VR ให้นำเสนอภาพแบบ 3D เพื่อให้เกิดความสวยงาม และสร้างความดึงดูดใจแก่นักท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้น

3. ควรใช้อัลกอริทึม Recommendation engine เพื่อช่วยแนะนำวัตถุและเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยว และกิจกรรมการท่องเที่ยวบน Stage ที่มีความคล้ายคลึงกับสิ่งที่ผู้ใช้ชื่นชอบ

References

Antoniou, G., Franconi, E., van Harmelen, F. (2005). Introduction to semantic web Ontology languages. In: N. Eisinger and J. Małuszyński, (Eds), *Reasoning web. Lecture notes in computer science, vol 3564*. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/11526988_1

Beck, J., Rainoldi, M., & Egger, R. (2019). Virtual reality in tourism: A state-of-the-art review. *Tourism Review, 74*(3), 586-612. https://doi.org/10.1108/TR-03-2017-0049

Brey, P. (2014). Virtual reality and computer simulation. In R. L. Sandler (Eds). *Ethics and emerging technologies* (pp. 315-332)., London: Palgrave Macmillan https://doi.org/10.1057/9781137349088_21

Chimpalee, J. (2020). The service quality in health tourism of Natural Hot Sprin. *Journal of Humanity and Society, Ratchepuek University, 6*(3), 1–14. (in Thai).

Dimova, D., & Velikova, E. (2022). Digital applications for improving tourist experience in the Wellness Centers in Bulgaria. *Economic Alternatives, 2022*(3), 513-524. https://doi.org/10.37075/EA.2022.3.10

Dickman, S. (1996). *Tourism: An introductory text* (2nd ed.). Sydney: Hodder Education.

Dordevic, L., Petrovic, N., & Tosic, M. (2020). An Ontology-based framework for automated code generation of web AR Applications. *Telfor Journal, 12*(1), 67-72. https://journal.telfor.rs/Published/Vol12No1/Vol12No1_A13.pdf

Kerschberg, L., Chowdhury, M., Damiano, A., Jeong, H., Mitchell, S., Si, J., & Smith, S. (2004). *Knowledge sifter: Ontology-Driven search over heterogeneous databases*. USA: George Mason University, Fairfax, Virginia.

Fox, M. S. (2021). An ontology engineering approach to measuring city education system performance. *Expert Systems with Applications, 186*, 115734. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115734

Khaokho Subdistrict Administrative Organization. (2022). *Normal information of Khaokho District*. Retrieved from https://www.khaokho.go.th/index/?page=article4937. (in Thai)

Khelloufi, A., Ning, H., Dhelim, S., Qiu, T., Ma, J., Huang, R., & Atzori, L. (2021). A social-relationships-based service recommendation system for SIoT devices. *IEEE Internet of Things Journal, 14*(8), 1859–1870. doi 10.1109/JIOT.2020.3016659

Kim, H., Matuszka, T., Kim, J. I., Kim, J. W., & Woo, W. (2017). Ontology-based mobile augmented reality in cultural heritage sites: information modeling and user study. *Multimedia Tools and Applications, 76*(24), 26001–26029. https://doi.org/10.1007/s11042-017-4868-6

Kliangkhlao, M., Kochakornjarupong, D., & Boonchoom, V. (2015). An Ontology development for personal health adaptation related to climate change. *Thaksin University Journal, 18*(1), 23-31. (in Thai).

Kotis, K., Dimara, A., Angelis, S., Michailidis, P., Michailidis, I., Anagnostopoulos, C. N., ... & Kosmatopoulos, E. (2022). Towards optimal planning for green, smart, and semantically enriched cultural tours. *Smart Cities, 6*(1), 123-136. https://doi.org/10.3390/smartcities6010007

Li, W., Zhu, J., Dang, P., Wu, J., Zhang, J., Fu, L., & Zhu, Q. (2023). Immersive virtual reality as a tool to improve bridge teaching communication. *Expert Systems with Applications, 217*, 119502. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119502

Noy, N., & McGuinness, D. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.* Retrieved from https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf

Phetchabun Strategic plan office. (2023). *Provicial development plan year 2023-2028*. Phetchabun: Phetchbun Provincial Office. (in Thai)

Ramesh, S., & Muralidhar, S. (2019). Impact of five A's of tourism on tourist loyalty in tamil nadu tourism with reference to coimbatore city. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology, 6*(7), 1048-1055. https://www.scribd.com/document/562717934/RAMESH

Tsavalou, D., & Komianos, V. (2023). *First Steps Towards Speech Controlled Navigation in Web Virtual Reality Environments (No. 9955). EasyChair*. Retrieved from https://easychair.org/publications/preprint/HFmZ

Tupmongkol, S., & Pilabutr, S. (2016). Thailand's tourism semantic web with ontology (RDF and SPARQL). *APHEIT Journal Science & Technology, 5*(2), 5-11 (in Thai)

Wong, K. Y. (2021). *Virtual reality marketing in hospitality and tourism*. Florida: University of South Florida M3 Center Publishing

Zhang, L., & Oney, S. (2020). Flowmatic: An immersive authoring tool for creating interactive scenes in virtual reality. *In Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, Virtual Event, 20–23 October 2020* (pp. 342–353). Online publication date: 1-Mar-2024. https://doi.org/10.1145/3379337.3415824

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของขา ความสูงของราวจับกับเวลาในการลุกยืนและนั่งลงที่โถส้วมโดยใช้ราวจับของผู้สูงอายุที่จังหวัดแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Study of Correlation between Lower Limb Strength, Handrail Height, Time Spent for Sit-to-Stand and Stand-to-Sit on Toilet Using Handrail for Elderly in a Province in Northeast Thailand

Ratih Dianingtyas Kurnia[1] และพรศิริ จงกล[1]*
Ratih Dianingtyas Kurnia[1] and Pornsiri Jongkol[1]*
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[1]School of Industrial Engineering, Institute of Engineering,
Suranaree University of Technology
*Corresponding Author: pornsiri@sut.ac.th
Received: March 19, 2023
Revised: May 6, 2023
Accepted: May 12, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของขาของผู้สูงอายุ โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือผู้สูงอายุในเป็นเพศชาย 23 คน และเพศหญิง 88 คน ซึ่งเข้าร่วมโดยการได้รับการประชาสัมพันธ์จากผู้นำชุมชนและป้ายประกาศ วิธีการดำเนินการ คือ การจับเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมโดยใช้ราวจับในแนวนอนที่ความสูง 5 ระดับ การวัดความแข็งแรงของขาโดยใช้เครื่องวัดแรงบิดในขณะที่ผู้สูงอายุอยู่ในท่านั่งและออกแรงสูงสุดในการงอเข่าและเหยียดขา จากนั้นจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาใช้วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ระดับนัยสำคัญ (p-value) เท่ากับ .05 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r^2) ระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอยู่ในช่วง -0.360 ถึง -0.614 ซึ่งบ่งชี้ว่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมแปรผกผันกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เมื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาลดลง เวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมจะเพิ่มขึ้น ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ คือ ในการติดตั้งราวจับในห้องน้ำเพื่อช่วยผู้สูงอายุในการลุกยืนและนั่งลงที่โถส้วมและลดความเสี่ยงในการล้มนั้น ความสูงของราวจับจากพื้นไม่ควรเกิน 90 ซม.

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ โถส้วม การลุกยืน การนั่งลง ความแข็งแรงของขา

Abstract

The aim of this study was to study the correlation between time spent sit-to-stand and stand-to-sit on the toilet and lower limb strength in the elderly. The samples used in this research were twenty-three males and eighty-eight females. They participated in this study after being informed by community leaders and posters. Methods used were measuring time in performing sit-to-stand and stand-to-sit movements. Five different handrail heights were used as one of the conditions in the experimental setup. The lower limb strength was measured by performing flexion and extension movements in the sitting position with maximum strength using torque measuring equipment. Pearson's correlation between time and muscle strength was evaluated with the significance level (p-value) set at .05. Results showed that a range of Pearson correlation (r^2) between the time consumed in stand-to-sit and sit-to-stand movement and the elderly's lower limb extension and flexion strength was -0.360 to -0.614. The negative relationship indicates that the time needed for the acts of stand-to-sit and sit-to-stand movement increases as the lower limb strength decreases. Recommendations for further use of this research were drawn. To install handrails in bath rooms to reduce the elderly risk of falling, the handrail height should not be higher than 90 cm.

Keywords: elderly, toilet, sit-to-stand movement, stand-so-sit movement, lower limb strength

บทนำ

ในปัจจุบันโลกได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ประเทศที่มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป เกินกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศ หรือมีประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไป เกินกว่าร้อยละ 7 ของประชากรทั้งหมด จัดเป็นสังคมสูงอายุ (United Nations, 2017) องค์การสหประชาชาติคาดการณ์ว่าจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอีก 15 ปีข้างหน้า และจำนวนผู้สูงอายุจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายในปี พ.ศ. 2593 นอกจากนี้แล้วสัดส่วนของประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปจะสูงกว่าร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2578 (United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2017) จากสถานการณ์การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของผู้สูงอายุจึงจำเป็นต้องมีมาตรการการดูแลผู้สูงอายุในระยะยาว (Srithamrongsawat, Bundhamcharoen, Sasat, Odton & Ratkjaroenkhajorn, 2009) การหกล้มเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยและสำคัญในผู้สูงอายุ ในประเทศไทยผู้สูงอายุที่หกล้มหนึ่งครั้งหรือมากกว่ามีจำนวนร้อยละ 18.7 และผู้สูงอายุเพศหญิงที่หกล้มมีจำนวนร้อยละ 21.5 ซึ่งสูงกว่าจำนวนผู้สูงอายุเพศชายที่หกล้มถึงร้อยละ 14.4 (Jitapunkul et al., 1998; Kuhirunyaratn, Prasomrak & Jindawong, 2013) จากผลการสำรวจความชุกของการล้มในระยะเวลา 6 เดือนพบว่า การหกล้มของผู้สูงอายุไทยในเขตชานเมืองมีจำนวนร้อยละ 19.8 การหกล้มของหญิงไทยและชายไทยเท่ากับร้อยละ 24.1 และ 12.1 ตามลำดับ (Assantachai, Praditsuwan, Chatthanawaree, Pisalsarakij & Thamlikitkul, 2003) Stevens, Mahoney and Ehrenreich (2014) ได้ศึกษาการล้มของผู้สูงอายุในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า จากข้อมูลการล้มจำนวน 783 ครั้งในบ้าน การล้มในห้องน้ำทำให้เกิดการบาดเจ็บมากกว่าการล้มในห้องนั่งเล่นถึงสองเท่า

การลุกยืนและการนั่งลงเป็นหนึ่งในการเคลื่อนไหวที่มีความสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมประจำวัน (Janssen, Bussmann & Stam, 2002) การเคลื่อนไหวนี้ต้องใช้ความสามารถในการควบคุมสมดุลของร่างกายในกระบวนการขยับตัวจากท่านั่งเป็นท่ายืน (Roebroeck, Doorenbosch, Harlaar, Jacobs & Lankhorst, 1994) การลดลงของ

กล้ามเนื้อขาและความสามารถในการเคลื่อนไหว เช่น ไปห้องน้ำเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะล้ม (Kuhirunyaratn, Prasomrak & Jindawong, 2006; Orr et al., 2006) การลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการควบคุมสมดุลของร่างกายเป็นปัจจัยเสี่ยงของการหกล้มและการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้อง (Benichou & Lord, 2016) ราวจับมีบทบาทที่สำคัญในการช่วยให้ลำตัวคืนกลับสู่สภาพสมดุลและป้องกันการล้มของผู้สูงอายุ โดยใช้แขนออกแรงและแรงบิดที่ราวจับเพื่อสร้างสมดุลและควบคุมการเคลื่อนไหวของลำตัว (Komisar & Novak, 2023) โดยกฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพและคนชรา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564 ได้กำหนดให้ติดตั้งราวจับทั้งภายนอกและภายในอาคารรวมถึงห้องน้ำ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของขากับเวลาที่ใช้ในการลุกนั่ง (Corrigan & Bohannon, 2001) แต่ยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของขา เวลาที่ใช้ในการลุกนั่ง และความสูงของราวจับ

ความแข็งแรงของขาเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อความมั่นคงในการลุกยืนและนั่งลงของผู้สูงอายุ หากความแข็งแรงของขาลดลง อาจส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลงเพิ่มมากขึ้นและมีความเสี่ยงต่อการล้ม (Corrigan & Bohannon, 2001) ดังนั้นราวจับจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้สูงอายุยึดจับในขณะลุกยืนและนั่งลง โดยจะต้องติดตั้งให้มีความสูงที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุที่จะยึดจับและใช้ช่วยในการพยุงตัว ซึ่งอาจมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลง หากมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลง ความแข็งแรงของขา และความสูงของราวจับที่ระดับต่าง ๆ ผลสรุปที่ได้สามารถนำไปใช้ในการป้องกันความเสี่ยงต่อการล้มในห้องน้ำของผู้สูงอายุได้

บทความวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของขา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่องการศึกษาสัดส่วนร่างกายและความแข็งแรงของขาของผู้สูงอายุ ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างสภาพแวดล้อมและสิ่งสนับสนุนต่อการดำรงชีวิตประจำวันอย่างปลอดภัยของผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมโดยใช้ราวจับ

2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการลุกยืนกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขา

3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการนั่งลงที่โถส้วมกับค่าแรงสูงสุดในการงอขา

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วัยผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม ประสิทธิภาพการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เสื่อมถอยลง ทำให้ผู้สูงอายุมีโอกาสประสบปัญหาสุขภาพได้ (Kaewanun, 2018) หน่วยงานภาครัฐได้กำหนดแนวนโยบายและการดำเนินงานโดยมุ่งที่จะพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุและดำเนินการร่วมกับภาคเอกชน เช่น มาตรการการจ้างงานผู้สูงอายุ การพัฒนาที่พักอาศัยสำหรับผู้สูงอายุโดยเฉพาะ การสร้างกิจกรรมทางสังคม เป็นต้น การพัฒนาสภาพแวดล้อมและที่พักอาศัยสำหรับผู้สูงอายุมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะจะส่งผลให้ผู้สูงอายุมีความปลอดภัย มีอุปกรณ์ใช้สอยที่เหมาะสมสามารถป้องกันการหกล้มได้ สาเหตุของการพลัดตกหกล้มของผู้สูงอายุได้แก่ ข้อเข่าเสื่อม กล้ามเนื้อลีบและอ่อนแรง โรคสมองเสื่อม การลุกขึ้นยืนจากท่านั่งที่รวดเร็วจากฤทธิ์ของยาบางชนิดและสภาพแวดล้อมที่แสงสว่างไม่เพียงพอ พื้นที่ลาดเอียงและเปียกลื่น (Pongboriboon, 2020)

ในการประเมินความแข็งแรงของผู้สูงอายุที่เปลี่ยนแปลงไปตามวัย การประเมินเวลาที่ใช้ในการลุกนั่ง (Sit-to-Stand Test--FTSST) เป็นการประเมินที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดสอบการทำงานของร่างกายส่วนล่าง และสะท้อนความสามารถในการเคลื่อนไหวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยเฉพาะกล้ามเนื้อขาส่วนต้นในกลุ่มผู้สูงอายุ ผลการประเมินเวลาที่ใช้ในการลุกนั่งมีความเกี่ยวข้องกับความเร็วในการเคลื่อนไหว (r^2 =0.300 P<.05) (Srisim & Amatachaya, 2014) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของผู้สูงอายุสามารถประเมินได้จากหลายพารามิเตอร์ เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางข้อสะโพก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอและเหยียดเข่า ซึ่งความแข็งแรงของกล้าม

เนื้อเหยียดเข่าเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเนื่องจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่ามีความสัมพันธ์กับแบบประเมินกิจวัตรประจำวัน (Activities of Daily Living--ADL) มากกว่าพารามิเตอร์อื่น (Ito, Sato, Oishi & Ishii, 2020)

เมื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุลดลง ราวจับจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับผู้สูงอายุเพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ยึดจับและช่วยในการพยุงตัว ราวจับจึงเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันในการป้องกันการล้มของผู้สูงอายุทั้งในอาคารและนอกอาคาร American with Disabilities Act—ADA เป็นกฎหมายของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ว่าด้วยสิทธิพลเมืองที่ห้ามมิให้มีการเลือกปฏิบัติบนพื้นฐานของความทุพพลภาพ ADA ได้กำหนดแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อมและสิ่งสนับสนุนเพื่อการเข้าถึงได้ของผู้สูงอายุในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยให้ติดตั้งราวจับในแนวราบและกำหนดความสูงของราวจับเท่ากับ 33-36 นิ้ว หรือ 82.5-90 ซม. เพื่อการป้องกันการล้มในห้องน้ำของผู้สูงอายุ ส่วนของประเทศไทย กฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพและคนชรา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564 ได้กำหนดความสูงของราวจับในห้องน้ำอยู่ในช่วง 80-90 เซนติเมตรเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถยึดจับระหว่างการเคลื่อนที่ไปยังสุขภัณฑ์ที่มีอยู่ภายในห้องและระหว่างการใช้งานสุขภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตาม Komisar and Novak (2023) ได้วิจัยเกี่ยวกับความสูงของราวจับและพบว่า ราวจับที่สูง (ไม่เกิน 42 นิ้วหรือ 105 ซม.) ให้ผลดีในการควบคุมลำตัวเมื่อคืนลำตัวกลับจากการเสียสมดุลในขณะเดิน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเรื่องระดับความสูงของราวจับที่นอกเหนือไปจากที่กฎกระทรวงฯกำหนด Roh and Park (2017) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของราวจับ ความสูงและน้ำหนักของผู้สูงอายุ และแพทเทิร์นการเดิน ผลปรากฏว่า ความสูงและน้ำหนักของผู้สูงอายุไม่มีความสัมพันธ์กับความสูงของราวจับ

สมมติฐานการวิจัย

ความแข็งแรงของขากับเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมมีความสัมพันธ์กันในเชิงผกผัน หากขาแข็งแรง ผู้สูงอายุจะใช้เวลาน้อยในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้สูงอายุจำนวน 111 คน จากพื้นที่ชนบทในจังหวัดแห่งหนึ่ง โดยแบ่งเป็นเพศชาย 23 คนและเพศหญิง 88 คน ช่วงอายุอยู่ระหว่าง 60 ถึง 90 ปี และสามารถลุกยืนและนั่งลงได้ด้วยตนเอง ผู้เข้าร่วมแต่ละคนตกลงเป็นอาสาสมัครในการศึกษานี้หลังจากได้รับฟังคำอธิบายทั้งหมดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และวิธีการทดลองตามที่ระบุไว้ในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการเข้าร่วมงานวิจัยผู้สูงอายุมาทำการทดลองที่ศาลาหมู่บ้าน ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมงต่อคน เกณฑ์การคัดเข้า คือ (1) ผ่านการทดสอบความเสี่ยงต่อการล้ม โดยการทดสอบลุกนั่ง 5 ครั้ง ใช้เวลาต่อรอบมากกว่า 12 วินาที (2) สามารถอ่านออกเขียนได้ เกณฑ์การคัดออก คือ (1) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทำกิจกรรมครบตามโปรแกรมที่กำหนด (2) เมื่อทำการทดลองไปแล้ว เกิดการเจ็บป่วยทำให้ไม่สามารถลุกยืนและนั่งลงได้

ในการคัดเลือกพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลนั้นงานวิจัยนี้ได้พิจารณาอำเภอที่อยู่ห่างจากอำเภอเมืองไม่เกิน 80 กิโลเมตร ด้วยเหตุผลด้านงบวิจัยและระยะเวลาในการเดินทาง จากนั้นจึงสุ่มอำเภอ จำนวน 3 อำเภอ และสุ่มตำบลละ 1 ตำบล ในแต่ละอำเภอ ในการเชิญชวนผู้สูงอายุเข้าร่วมในงานวิจัยเป็นการเชิญชวนโดยการแจ้งผ่านผู้นำชุมชนและการติดประกาศที่ศาลาชุมชนและวัด การสุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling)

งานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตงานวิจัยเป็นการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุในพื้นที่ชนบท เนื่องจากผู้สูงอายุเขตชุมชนชนบทมีคะแนนคุณภาพชีวิตต่ำสุดในบางด้านรวมถึงด้านสภาวะสุขภาพ ในขณะที่ผู้สูงอายุเขตชุมชนเมืองและเขตชุมชนกึ่งเมืองมีคะแนนคุณภาพชีวิตต่ำสุดในด้านอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ด้านสภาวะสุขภาพ (Saengngoen & Maton, 2018)

2. การทดสอบการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วม

ในการทดสอบการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมใช้ชุดอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในภาพ 1 ประกอบด้วย

โถส้วมและราวจับแบบปรับระดับได้ การจับเวลาที่ผู้สูงอายุใช้การลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมใช้นาฬิกาจับเวลาโดยบันทึกเป็นวินาทีตั้งแต่เริ่มเปลี่ยนจากท่ายืนเป็นนั่งลงที่โถส้วม นั่งเป็นระยะเวลา 1 นาที แล้วจึงลุกยืน ในระหว่างการทดสอบผู้สูงอายุใช้ราวจับตลอดในการนั่งลงและลุกยืน เมื่อจบการทดสอบแต่ละรอบผู้สูงอายุมีช่วงเวลาพัก 15 นาที ราวจับมีความสูงที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 75 ซม. 80 ซม. 85 ซม. 90 ซม. และ 95 ซม. โดยทำการทดลองซ้ำจำนวนสามครั้ง จากนั้นจึงหาค่าคำนวณค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้

3. การวัดความแข็งแรงของขา

การวัดความแข็งแรงของขาใช้เครื่องวัดแรงบิด GUNT WP500 (ภาพ 2) (Tuengta & Jongkol, 2022) ค่าวัดมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร ก่อนดำเนินการทดสอบได้มีการสอบเทียบเครื่องวัดและได้ตรวจสอบการวัดค่าแรงบิดก่อนทำการทดลองทุกครั้ง ในการเตรียมการวัดความแข็งแรงของขา ผู้สูงอายุอยู่ในท่านั่งโดยนั่งหลังตรงบนเก้าอี้ วางฝ่าเท้าราบบนพื้น และงอเข่าทำมุม 90° กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องวัดแรงบิด การวัดความแข็งแรงของขาวัดใน 2 ลักษณะ คือ การงอขา (knee flexion) และการเหยียดขา (knee extension) เมื่อเริ่มการวัดความแข็งแรงของขา ผู้สูงอายุออกแรงสูงสุดต้านอุปกรณ์ในลักษณะงอขาหรือเหยียดขาโดยค่อย ๆ เริ่มออกแรงภายใน 2 วินาที แล้วออกแรงสูงสุดค้างไว้ 3 วินาที (Das & Black, 2000) โดยมีการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง และผู้สูงอายุเวลาพักคั่น 2 นาที ในการวัดความแข็งแรงของขา ผู้วิจัยที่ทำหน้าที่วัดมีจำนวน 1 คน โดยเป็นผู้ที่ผ่านการอบรมวิธีการใช้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ผล และจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ก่อนทำการทดลองจริงได้มีการฝึกปฏิบัติการทดลองนำร่องแล้ว ค่าแรงที่วัดได้จากการงอขาและเหยียดขาสะท้อนความแข็งแรงของขา โดยค่าแรงมากหมายถึงขามีความแข็งแรงมาก การเก็บค่าของข้อมูล เช่น เวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของขาเป็นการเก็บข้อมูลคะแนนดิบ

ภาพ 1 ชุดอุปกรณ์การทดลองการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมพร้อมราวจับแบบปรับความสูงได้

ภาพ 2 ชุดอุปกรณ์การวัดความแข็งแรงของขา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ ค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วม ค่าแรงสูงสุดในการงอขาและการเหยียดขา งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับข้อมูลเวลาที่ผู้สูงอายุใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมและข้อมูลความแข็งแรงของขา นอกจากนี้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Peasron's Correlation Coefficient, r) โดยใช้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 เพื่อวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของขา โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามเกณฑ์แนวทางของ Best ต่อไปนี้ (Phetcharoen, Nakseedee & Ngamsa-ard, 2022)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ระดับความสัมพันธ์
0.00	ไม่มีความสัมพันธ์กัน
0.01–0.20	มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก
0.21–0.50	มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือต่ำ
0.51–0.80	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.81–1.00	มีความสัมพันธ์กันมาก

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมโดยใช้ราวจับที่ระดับความสูง 5 ระดับ ค่าเวลาน้อยที่สุดสำหรับการลุกยืนเท่ากับ 3.2581 วินาที ซึ่งเป็นการลุกยืนโดยใช้ราวจับสูง 75 ซม. ในขณะที่ค่าเวลามากที่สุดสำหรับการลุกยืนเท่ากับ 3.4385 วินาที ซึ่งเป็นการลุกยืนโดยใช้ราวจับสูง 80 ซม. ส่วนค่าเวลาที่มากเป็นลำดับรองลงมา คือ 3.4284 วินาที ซึ่งเป็นการลุกยืนโดยใช้ราวจับสูง 95 ซม. ส่วนค่าเวลาน้อยที่สุดสำหรับการนั่งลงเท่ากับ 6.0499 วินาที ซึ่งเป็นการนั่งลงโดยใช้ราวจับสูง 75 ซม ในขณะที่ค่าเวลามากที่สุดสำหรับการนั่งลงเท่ากับ 6.3369 วินาที ซึ่งเป็นการนั่งลงโดยใช้ราวจับสูง 95 ซม. เมื่อพิจารณาค่าเวลาในภาพรวมพบว่า ค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนมีค่าน้อยกว่าค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงที่โถส้วมในทุกระดับความสูงของราวจับ โดยค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการลุกยืนเท่ากับ 3.3529 วินาทีและค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้การนั่งลงที่โถส้วมเท่ากับ 6.1935 วินาที ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการลุกยืนกับร้อยละ 54.1348 ของค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้การนั่งลงที่โถส้วม

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแรงสูงสุดในการงอขาและการเหยียดขา ค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดในการเหยียดขาเท่ากับ 8.7989 นิวตันเมตร ในขณะที่ ค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดในการงอขาเท่ากับ 8.4094 นิวตันเมตร ค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขามากกว่าค่าแรงสูงสุดในการงอขาเพียงร้อยละ 4.6317

เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมของเพศชายและเพศหญิง (ตาราง 3) พบว่าโดยส่วนใหญ่เพศหญิงใช้เวลาในการลุกยืนและนั่งลงน้อยกว่าเพศชายเล็กน้อย ยกเว้นในกรณีการลุกยืนโดยใช้ราวจับที่มีความสูง 75 ซม ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการลุกยืนอยู่ในช่วง 3.21-3.49 วินาที สำหรับเพศชายและอยู่ในช่วง 3.24-3.42 วินาที สำหรับเพศหญิง ส่วนค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการนั่งลงอยู่ในช่วง 6.24-6.64 วินาทีสำหรับเพศชายและอยู่ในช่วง 6.00-6.26 วินาทีสำหรับเพศหญิง

ตาราง 1

ค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วม

ความสูงของราวจับ	การเคลื่อนไหว	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
75 ซม	การนั่งลง	6.0499	1.59741
	การลุกยืน	3.2581	1.09680
80 ซม	การนั่งลง	6.1404	1.73755
	การลุกยืน	3.4385	1.15530
85 ซม	การนั่งลง	6.2630	1.77838
	การลุกยืน	3.3515	1.23880
90 ซม	การนั่งลง	6.1775	1.64863
	การลุกยืน	3.2878	1.00400
95 ซม	การนั่งลง	6.3369	1.62100
	การลุกยืน	3.4284	1.13634

ตาราง 2

ค่าแรงสูงสุดในการงอขาและการเหยียดขา

ชนิดของการออกแรง	ค่าเฉลี่ย (นิวตันเมตร)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขา	8.7989	3.22471
ค่าแรงสูงสุดในการงอขา	8.4094	3.30236

ตาราง 3

ค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมจำแนกตามเพศของผู้สูงอายุ

ความสูงของราวจับการเคลื่อนไหว		75 ซม.		80 ซม.		85 ซม.		90 ซม.		95 ซม.	
		การนั่งลง	การลุกยืน	การนั่งลง	การลุกยืน	การนั่งลง	การลุกยืน	การนั่งลง	การลุกยืน	การนั่งลง	การลุกยืน
เพศชาย	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	6.24	3.21	6.29	3.49	6.47	3.45	6.39	3.49	6.64	3.46
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.95	1.09	1.73	1.27	2.09	1.40	1.88	1.09	1.73	1.27
เพศหญิง	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	6.00	3.27	6.10	3.43	6.21	3.33	6.12	3.24	6.26	3.42
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.50	1.10	1.75	1.13	1.70	1.20	1.59	0.98	1.59	1.11

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงที่โถส้วมกับความแข็งแรงของขา

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงกับค่าแรงสูงสุดในการงอขาแสดงในตาราง 4 โดยอยู่ในช่วง -.360 ถึง -.437 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าแรงสูงสุดในการงอขาในระดับต่ำ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่มีค่าลบมากที่สุดเท่ากับ -.437 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงโดยใช้ความสูงของราวจับเท่ากับ 75 ซม.กับค่าแรงสูงสุดในการงอขา ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่มีค่าลบน้อยที่สุดเท่ากับ -.360 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงโดยใช้ความสูงของราวจับเท่ากับ 95 ซม.กับค่าแรงสูงสุดในการงอขา

ภาพ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงกับค่าแรงสูงสุดในการงอขาเมื่อความสูงของราวจับเท่ากับ 75 80 85 90 และ 95 ซม. จะเห็นได้ว่าข้อมูลค่อนข้างกระจายซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนกับค่าแรงสูงสุดในการงอขาที่อยู่ในระดับต่ำ

ตาราง 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขา เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง -.573 ถึง -.614 ค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนจึงมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขาในระดับปานกลาง โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่มีค่าลบมากที่สุดเท่ากับ -.614 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนโดยใช้ความสูงของราวจับเท่ากับ 80 ซม.กับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขา ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่มีค่าลบน้อยที่สุดเท่ากับ -.573 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนโดยใช้ความสูงของราวจับเท่ากับ 95 ซม. กับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขา

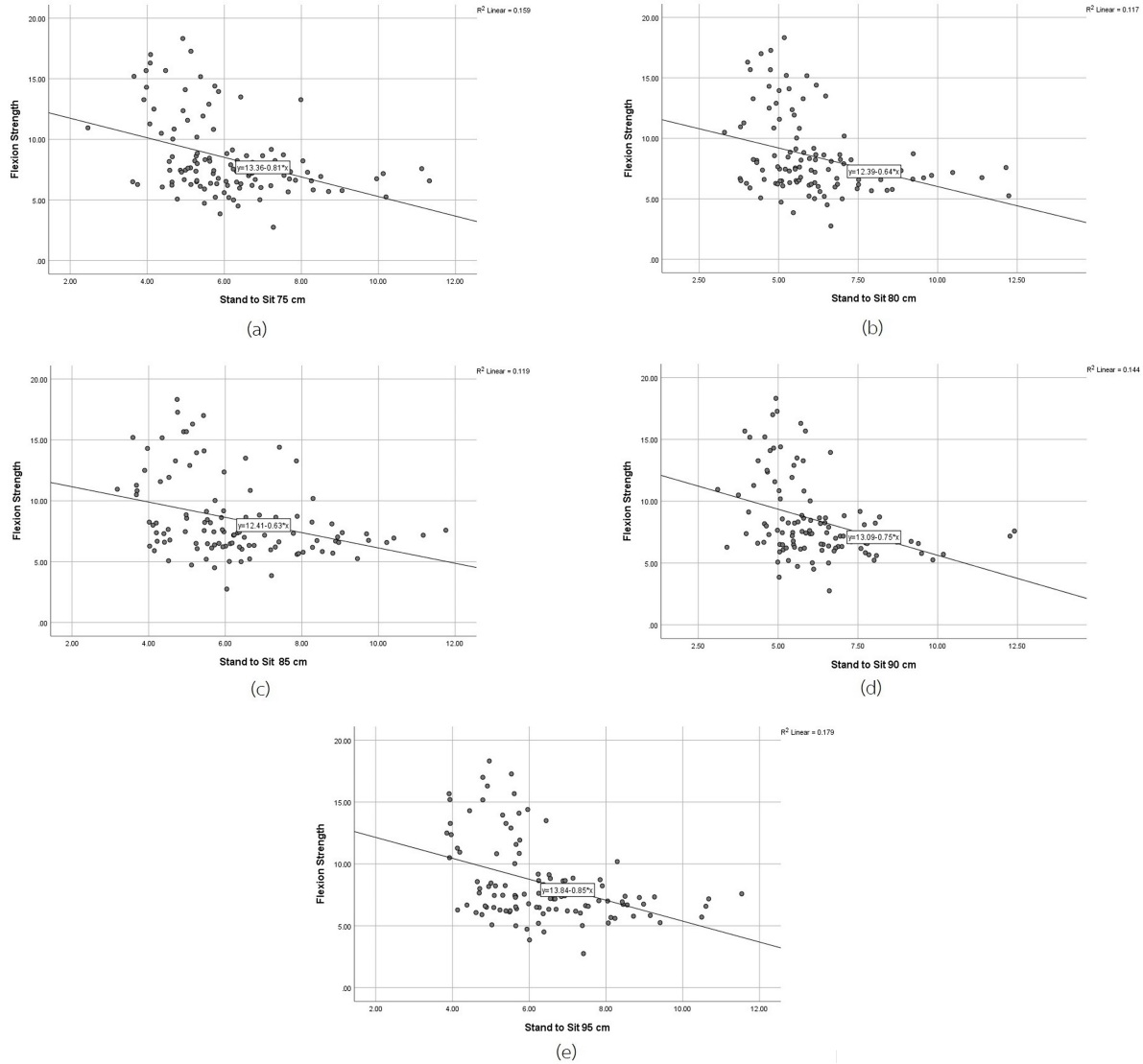
ภาพ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขาเมื่อความสูงของราวจับเท่ากับ 75 80 85 90 และ 95 ซม. จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีแนวโน้ม ทำให้สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการลุกยืนกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขาอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งภาพ 4 มีความแตกต่างจากภาพ 3 อย่างเห็นได้ชัด

ตาราง 4

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงสูงสุดในการงอขาและเวลาที่ใช้ในการนั่งลง

		เวลาที่ใช้ในการนั่งลง				
		ราวจับสูง 75 ซม.	ราวจับสูง 80 ซม.	ราวจับสูง 85 ซม.	ราวจับสูง 90 ซม.	ราวจับสูง 95 ซม.
ค่าแรงสูงสุดในการงอขา	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	-.437**	-.369**	-.434**	-.369**	-.360**
	ค่านัยสำคัญ (2 ทาง)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	จำนวนข้อมูล	111	111	111	111	111

**. มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (2-tailed)



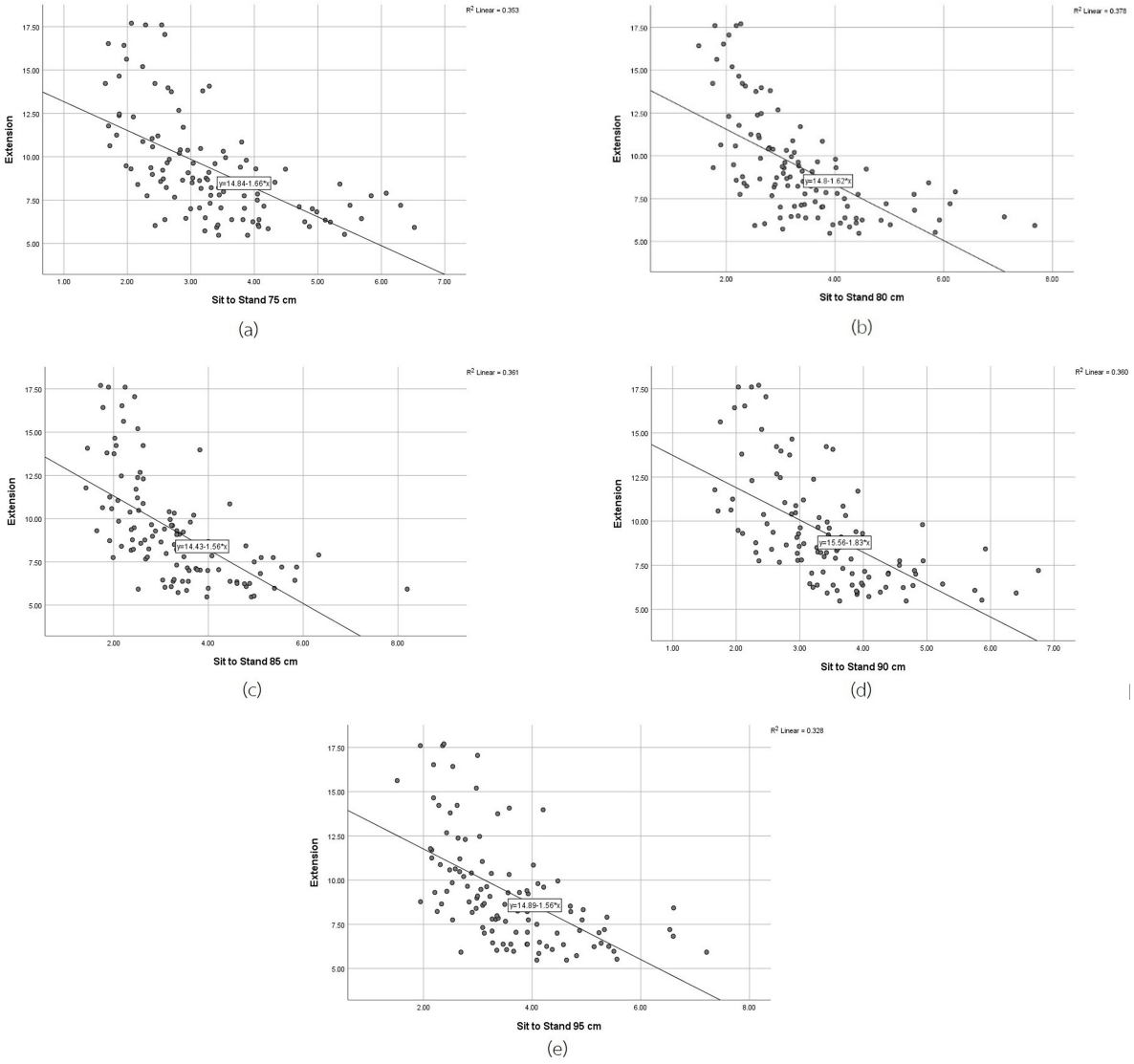
ภาพ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงกับค่าแรงสูงสุดในการงอขา (ก) ความสูงของราวจับ 75 ซม. (ข) ความสูงของราวจับ 80 ซม. (ค) ความสูงของราวจับ 85 ซม. (ง) ความสูงของราวจับ 90 ซม. และ (จ) ความสูงของราวจับ 95 ซม.

ตาราง 5

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขาและเวลาที่ใช้ในการลุกยืน

		เวลาที่ใช้ในการลุกยืน				
		ราวจับสูง 75 ซม.	ราวจับสูง 80 ซม.	ราวจับสูง 85 ซม.	ราวจับสูง 90 ซม.	ราวจับสูง 95 ซม.
ค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขา	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	-.595**	-.614**	-.601**	-.600**	-.573**
	ค่านัยสำคัญ (2 ทาง)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	จำนวนข้อมูล	111	111	111	111	111

**. มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (2-tailed)



ภาพ 4 ค่าเวลาที่ใช้ในการลุกยืนกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขาสำหรับ (ก) ราวจับสูง 75 ซม. (ข) ราวจับสูง 80 ซม. (ค) ราวจับสูง 85 ซม. (ง) ราวจับสูง 90 ซม. และ (จ) ราวจับสูง 95 ซม.

การอภิปรายผลการวิจัย

ในการกำหนดความสูงของราวจับในห้องน้ำสำหรับผู้สูงอายุในประเทศสหรัฐอเมริกา American with Disabilities Act (ADA) (2010) ได้กำหนดให้ความสูงของราวจับในห้องน้ำของผู้สูงอายุควรอยู่ระหว่าง 33 นิ้ว ถึง 36 นิ้ว หรือ 84 ซม. ถึง 92 ซม. ส่วนของประเทศไทยนั้น กฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพและคนชรา (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2564 ได้กำหนดให้ราวจับเพื่อนำไปสู่สุขภัณฑ์อื่น ๆ ภายในห้องส้วม มีความสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 80 ซม. แต่ไม่เกิน 90 ซม. แต่ในงานวิจัยนี้ศึกษาความสูงของราวจับในช่วง 75-95 ซม.ซึ่งครอบคลุมช่วงที่ ADA และกฎกระทรวงฯ กำหนดและเลือกใช้ความสูงของราวจับที่ไม่สอดคล้องกับกฎกระทรวงฯ จำนวน 2 ระดับคือ 75 และ 95 ซม. เพื่อต้องการทราบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ความสูงของราวจับในระดับดังกล่าวว่ามีความแตกต่างจากผลที่เกิดจากการใช้ความสูงของราวจับตามที่กฎกระทรวงฯกำหนดหรือไม่ ซึ่งความแตกต่างอาจส่งผลต่อเวลาที่ต้องใช้ในการนั่งลงและยืนขึ้นจากโถส้วม ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้พบว่า เมื่อจับราวจับที่สูง 75 ซม. ผู้สูงอายุใช้เวลาในการลุกขึ้นและนั่งลงที่โถส้วมน้อยกว่าเมื่อจับราวจับที่มีระดับความสูงตามที่กฎกระทรวงฯกำหนด แต่เมื่อจับราวจับที่สูง 95 ซม. ผู้สูงอายุใช้เวลาในการลุกขึ้นและนั่งลงที่โถส้วมมากกว่าเมื่อจับราวจับที่มีระดับความสูงตามที่กฎกระทรวงฯกำหนด ดังนั้นหากพิจารณาด้านเวลาในการลุกขึ้นและนั่งลงที่โถส้วม การติดตั้งราวจับไม่ควรสูงเกิน 90 ซม.

เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ผลค่าเวลาพบว่า เวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลงที่โถส้วมมีความแตกต่างกัน การลุกยืนและนั่งลงของผู้สูงอายุเกี่ยวข้องกับระบบกล้ามเนื้อและกระดูก การควบคุมการเคลื่อนไหว และการทรงตัว (Brech, Alonso, Luna & Greve, 2013) ในขณะที่นั่งลง สะโพกเคลื่อนไหวไปด้านหลังทำให้แนวจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายออกนอกฐานรองรับน้ำหนักของร่างกาย ร่างกายจึงปรับใช้การเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง และกล้ามเนื้อหน้าขาเพื่อควบคุมร่างกายให้สมดุล ซึ่งอาจส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลงแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันพบว่า ค่าเวลาที่ใช้ในการนั่งลงมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าแรงสูงสุดในการงอขาในระดับต่ำ ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ McCarthy, Horvat, Holtsberg and Wisenbaker (2004) ที่รายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกและเข่ากับเวลาที่ใช้ในการทดสอบลุกนั่งจำนวน 5 ครั้งอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (r=-0.29 สำหรับกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก และ -0.46 สำหรับกล้ามเนื้อเหยียดเข่า)

การศึกษาครั้งนี้มีตัวแปรที่สำคัญคือ ความสูงของราวจับ ค่าแรงสูงสุดในการเหยียดและงอขา และเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลง งานวิจัยนี้จึงไม่ได้พิจารณาคุณลักษณะส่วนบุคคลของผู้สูงอายุ เช่น น้ำหนักความสูง ความยาวของแขน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน อีกทั้งจากงานวิจัยของ Bohannon, Bubela, Magasi, Wang and Gershon (2010) พบว่า น้ำหนักและความสูงของผู้ถูกทดสอบมีความสัมพันธ์น้อยกับเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลง ถึงแม้ว่างานวิจัยนี้มีจำนวนผู้สูงอายุในแต่ละเพศไม่เท่ากัน แต่จากการศึกษาของ Eksakulkla, Siriphorn and Chamonchant (2017) พบว่า การกระจายจำนวนผู้ถูกทดสอบไม่เท่ากันในแต่ละเพศไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งต่อไปจะควบคุมจำนวนผู้ถูกทดสอบเพศชายและหญิงให้มีจำนวนเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. เวลาที่ใช้ในการลุกยืนและนั่งลงที่โถส้วมแตกต่างกัน โดยค่าเวลาสำหรับการลุกยืนอยู่ในช่วง 3.2581-3.4385 วินาที ส่วนค่าเวลาสำหรับการนั่งลงอยู่ในช่วง 6.0499-6.3369 วินาที

2. เวลาที่ใช้ในการนั่งลงมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าแรงสูงสุดในการงอขาในระดับต่ำ ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการลุกยืนมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าแรงสูงสุดในการเหยียดขาในระดับปานกลาง

ข้อจำกัดของงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัด คือ จำนวนผู้สูงอายุในช่วงอายุ 60-69 ปี มากกว่าจำนวนผู้สูงอายุในช่วงอายุ 70-79 ปี และ 80 ปีขึ้นไป การศึกษาครั้งต่อไปจะเพิ่มจำนวนผู้ที่อายุ 80 ปีขึ้นไปให้มากขึ้นและทำการเปรียบเทียบในกลุ่มอายุที่แตกต่างกันเพื่อทราบผลกระทบของกลุ่มอายุต่อเวลาที่ใช้ในการลุกยืนและการนั่งลง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้

ในการติดตั้งราวจับในห้องน้ำเพื่อช่วยผู้สูงอายุในการลุกยืนและนั่งลงที่โถส้วมและลดความเสี่ยงในการล้มนั้น ความสูงของราวจับจากพื้นไม่ควรเกิน 90 ซม.

ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรเพิ่มจำนวนผู้ถูกทดสอบเพศชายให้มากขึ้น อีกทั้งเพิ่มจำนวนผู้ที่อายุ 80 ปีขึ้นไปให้มากขึ้นและทำการเปรียบเทียบในกลุ่มอายุที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และผู้สูงอายุในจังหวัดนครราชสีมา ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก SUT ASEAN Scholarship ให้แก่ผู้วิจัย

References

American with Disability Act (ADA). (2010). *Standards for accessible design*. Retrieved from https://www.ada.gov/regs2010/2010ADAStandards/2010ADAstandards.htm

Assantachai, P., Praditsuwan, R., Chatthanawaree, W., Pisalsarakij, D. & Thamlikitkul, V. (2003). Risk factors for falls in the Thai elderly in an urban community. *Journal of the Medical Association of Thailand, 86*(2), 124–130. (in Thai)

Benichou, O., & Lord, S. R. (2016). Rationale for strengthening muscle to prevent falls and fractures: A review of the evidence. *Calcified Tissue International, 98*(6), 531–545. https://doi.org/10.1007/s00223-016-0107-9

Bohannon, R. W., Bubela, D. J., Magasi, S. R., Wang, Y. C., & Gershon, R. C. (2010). Sit-to-stand test: Performance and determinants across the age-span. *Isokinetic and Exercise Science, 18*(4), 235-240. https://doi.10.3233/IES-2010-0389.

Brech, G. C., Alonso, A. C., Luna, N. M., & Greve, J. M. (2013). Correlation of postural balance and knee muscle strength in the sit-to-stand test among women with and without postmenopausal osteoporosis. *Osteoporosis International, 24*(7), 2007–2013. https://doi.org/10.1007/s00198-013-2285-x

Corrigan, D., & Bohannon, R.W. (2001). Relationship between knee extension force and stand-up performance in community-dwelling elderly women. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 82*, 1666–1672. https://doi.10.1053/apmr.2001.26811.

Das, B., & Black, N. L. (2000). Isometric pull and push strengths of paraplegics in the workspace: 1. Strength measurement profiles. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE, 6*(1), 47–65. https://doi.org/10.1080/10803548.2000.11076443

Eksakulkla, S., Siriphorn, A., & Chamonchant, D. (2017). Five-Times-Sit-to-Stand test time in adults with normal weight, overweight and obesity. *Thai Journal of Physical Therapy, 40*(3), 95-103. (in Thai)

Ito, Y., Sato, T., Oishi, K., & Ishii, K. (2020). Comparison of quadriceps setting strength and knee extension strength tests to evaluate lower limb muscle strength based on health-related physical fitness values in elderly people. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine, 6*(1), 1-5. http://doi.10.1136/bmjsem-2020-000753

Janssen, W. G., Bussmann, H. B., & Stam, H. J. (2002). Determinants of the Sit-to-Stand movement: A review. *Physical Therapy, 82*(9), 866–879. https://doi.org/10.1093/ptj/82.9.866

Jitapunkul, S., Songkhla, M. N., Chayovan, N., Chirawatkul, A., Choprapawon, C., Kachondham, Y., & Buasai S. (1998). Falls and their associated factors: A national survey of the Thai elderly. *Journal of the Medical Association of Thailand, 81*(4), 233–242. (in Thai)

Kaewanun, C. (2018). Nutrition of the elderly. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 12*(2), 114-119. (in Thai)

Komisar, V., & Novak, A. C. (2023). Effect of handrail height and age on trunk and shoulder kinematics following perturbation-evoked grasping reactions during gait. *Human Factors, 65*(2), 200–211. https://doi.org/10.1177/00187208211013631

Kuhirunyaratn, P., Prasomrak, P., & Jindawong, B. (2013) Factors related to falls among community dwelling elderly. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 44*(5), 906–15. (in Thai)

McCarthy, E. K., Horvat, M. A., Holtsberg, P. A., & Wisenbaker, J. M. (2004). Repeated chair stands as a measure of lower limb strength in sexagenarian women. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 59*(11), 1207–1212. https://doi.org/10.1093/gerona/59.11.1207

Orr, R., de Vos, N. J., Singh, N. A., Ross, D. A., Stavrinos, T. M., & Fiatarone-Singh, M. A. (2006). Power training improves balance in healthy older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 61*(1), 78–85. https://doi.org/10.1093/gerona/61.1.78

Phetcharoen, A., Nakseedee, P., & Ngamsa-ard, W. (2022). The study of factors affecting to container consumption in the situation of Covid-19 and comparison forecasting models with appropriate techniques. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 16*(3), 174-185. (in Thai)

Pongboriboon, U. (2020). The elderly situation in Thailand: Health's problems and needs. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 14*(2), 46-58. (in Thai)

Roebroeck, M. E., Doorenbosch, C. A., Harlaar, J., Jacobs, R., & Lankhorst, G. J. (1994). Biomechanics and muscular activity during sit-to-stand transfer. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon), 9*(4), 235–244. https://doi.org/10.1016/0268-0033(94)90004-3

Roh, C., & Park, B. (2017). Analysis of correlation between the height of stairway handrail, body size, and walking pattern of the aged. *International Journal of Advanced Engineering and Management Research, 2*(6), 1980-1987. https://www.ijaemr.com/uploads/pdf/archivepdf/2020/ijaemr_01_215.pdf

Saengngoen, S., & Maton, T. (2018). Comparisons of Quality of Life among the Elderly in Urban, Semi-urban and Rural Communities in Sukhothai Province, *Thailand. Journal of Public Health. 48*(2), 174-184. (in Thai)

Srisim, K., & Amatachaya, S. (2014). Validity of the Five Times Sit-to-Stand Test as compared with the Timed "Up & Go" Test in independent ambulatory patients with spinal cord injury. *Journal of Medical Technology and Physical Therapy, 26*(2), 150-157. (in Thai)

Srithamrongsawat, S., Bundhamcharoen, K., Sasat, S., Odton, P., & Ratkjaroenkhajorn, S. (2009). *Projection of demand and expenditure for Institutional longterm care in Thailand.* Bangkok: Health Insur. Syst. Res. Off. (in Thai)

Tuengta, W., & Jongkol, P. (2022). Factors affecting wrist torque exertion capability on door knob of elderly. *The Journal of KMUTNB, 32*(1). 65-76. (in Thai)

United Nations Population Division. (2017). *World population prospects: The 2017 revision-key findings and advance tables*. New York: United Nations.

United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2017). *World population prospects: The 2017 revision*. Retrieved from https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf

ความชุกภาวะโลหิตจาง และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ เจตคติ กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักศึกษาเพศหญิง ระดับอุดมศึกษา

The Prevalence of Anemia and Relationship between Knowledge, Attitudes and Food Consumption Behaviors among Undergraduate Female Students

ฐมาพร เชี่ยวชาญ[1] และกมลมาลย์ วิรัตน์เศรษฐสิน[2]
Tamaporn Chaiwcharn[1] and Kamonmarn Virutsetazin[2]
[1]มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
[1]Bansomdejchaopraya Rajabhat University
[2]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
[2]Graduate School of Western University
Received: March 30, 2023
Revised: June 21, 2023
Accepted: June 28, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความชุกภาวะโลหิตจางและพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และ (2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพศหญิง มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปีการศึกษา 2565 จำนวน 304 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจในการให้ข้อมูลและรับการเจาะเลือด (volunteer sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบสอบถามข้อมูลภาวะสุขภาพทั่วไป ความรู้ เจตคติเกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง พฤติกรรมการบริโภค และเจาะเลือดนำส่งห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา และสถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์นับเม็ดเลือดแดงเบื้องต้นด้วยการแจกแจงความถี่แบบสองทาง กลุ่มตัวอย่างมีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดบ่งชี้ภาวะปกติร้อยละ 54.94 ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กร้อยละ 36.18 ภาวะพาหะธาลัสซีเมียร้อยละ 7.24 และภาวะโลหิตจางจากการขาดวิตามินร้อยละ 1.32 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่าความรู้ เจตคติต่อภาวะโลหิตจางไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ผลการวิจัยเสนอแนะโปรแกรมให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก การให้คำปรึกษาสุขภาพในการตรวจวิเคราะห์ชนิดของฮีโมลโกลบินและกลุ่มที่มีปัญหาการมีประจำเดือน และศึกษาโมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กของนักศึกษาเพศหญิง ในการทำวิจัยครั้งต่อไป

คำสำคัญ: ภาวะโลหิตจาง ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง เจตคติเกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง พฤติกรรมการบริโภคอาหาร

Abstract

This research was quasi-experimental. The objectives were (1) to study the prevalence of anemia and food consumption behavior, and (2) to study the correlation between knowledge and attitude towards anemia and food consumption behavior of 304 female undergraduate students of Bansomdejchaopraya Rajabhat University in 2022. Samples were selected through volunteer sampling to provide information and get a blood test. Research instruments used to collect data include a questionnaire study on general health information, knowledge, attitude, and consumption behavior, drawing blood, and sending it to the laboratory. The data were analyzed using descriptive statistics and Pearson's correlation coefficient. The results showed that the cross-tabulation analysis of red blood cell count found that 54.94% had normal, 36.18% had iron deficiency anemia, 7.24% were thalassemia carriers, and 1.32% had vitamin deficiency anemia. In correlation analysis, it was found that knowledge and attitude were not statistically significantly correlated with consumption behavior. The results recommended an educational program on iron deficiency anemia, health counseling for Hb typing, and menstruation problems, and to study the structural equation model of factors influencing iron deficiency anemia among female college students in further research.

Keywords: anemia, knowledge about anemia, attitude towards anemia, food consumption behaviors

บทนำ

ภาวะโลหิตจางเป็นปัญหาสาธารณสุขระดับโลกที่ร้ายแรง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกภูมิภาคทั่วโลกสาเหตุหลัก 3 อันดับแรกของภาวะโลหิตจาง ได้แก่ การขาดธาตุเหล็กในอาหาร การขาดวิตามินเอ และลักษณะเบต้าธาลัสซีเมีย ตามลำดับ (Gardner & Kassebaum, 2020) จากการคาดการณ์สถานการณ์ภาวะโลหิตจาง ความชุกของโรคโลหิตจางทุกวัยอยู่ที่ ร้อยละ 22.8 สถิติภาวะโลหิตจางทั่วโลกในปี พ.ศ. 2562 ลดลงจากร้อยละ 27.0 ในปี พ.ศ. 2533 ในขณะที่ความชุกลดลงในช่วงเวลานี้ จำนวนผู้ป่วยโรคโลหิตจางทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 1.42 พันล้านในปี พ.ศ. 2533 เป็น 1.74 พันล้านในปี พ.ศ. 2562 โดยมีความชุกภาวะโลหิตจางร้อยละ 39.7 ซึ่งในปี พ.ศ. 2562 พบผู้ป่วยด้วยทั่วโลกที่มีภาวะโลหิตจาง ดังนี้ โลหิตจางระดับไม่รุนแรง ร้อยละ 54.1 โลหิตจางระดับปานกลาง ร้อยละ 42.5 และโลหิตจางระดับรุนแรง ร้อยละ 3.4 (World Health Organization, 2021)

ประเทศไทยพบอุบัติการณ์ ของโลหิตจาง 231.63 ต่อ 100,000 ประชากร และสถานการณ์ภาวะโลหิตจางในหญิงวัยเจริญพันธุ์ จากรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ปัญหาภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กในกลุ่มวัยเจริญพันธุ์ยังพบเป็นอัตราที่สูง กล่าวคือ การตรวจร่างกายครั้งที่ 3 (2546–2547) ครั้งที่ 4 (2551–2552) และครั้งที่ 5 (2556–2557) เท่ากับ 17.7 25.7 และ 22.7 ตามลำดับ นับเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ส่งผลต่อสุขภาพทำให้อ่อนเพลีย เหนื่อยง่ายมากขึ้น เวลาออกแรง เวียนศีรษะ ติดเชื้อง่ายขึ้น และประสิทธิภาพในการทำงานลดลง สถานการณ์ดังกล่าวกระทรวงสาธารณสุขได้นโยบายการป้องกันโรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กให้ครอบคลุมหญิงวัยเจริญพันธุ์ ตั้งแต่อายุ 13–45 ปี โดยกำหนดชุดสิทธิประโยชน์เพื่อควบคุมและป้องกันภาวะโลหิตจางในหญิงวัยเจริญพันธุ์ ปี 2559 ดำเนินการใน 3 มาตรการหลัก คือ (1) ส่งเสริมการบริโภคอาหารที่อุดมด้วยธาตุเหล็กและโฟเลท (2) การตรวจคัดกรองภาวะโลหิตจาง

และ (3) การเสริมยาธาตุเหล็กเชิงป้องกันภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก

สาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของโรคโลหิตจางในกลุ่มหญิงวัยเจริญพันธุ์ คือ การสูญเสียโลหิตประจำเดือน การศึกษาในสหรัฐอเมริกา หญิงวัยเจริญพันธุ์ 476 คนพบประมาณร้อยละ 10 สูญเสียโลหิตประจำเดือนมากกว่า/เท่ากับ 80 มิลลิลิตร/เดือน (Centers for Disease Control and Prevention, 1998) ผู้ที่มีการสูญเสียโลหิตประจำเดือนในปริมาณมาก 495 มิลลิลิตร (เท่ากับสูญเสียธาตุเหล็ก 200 มิลลิกรัม) หรือมีการสูญเสียธาตุเหล็กเฉลี่ยวันละ 7 มิลลิกรัม (200 มิลลิกรัม 28 วัน/รอบเดือน) ทำให้เกิดการเสียสมดุลของธาตุเหล็กในร่างกายซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ที่นำไปสู่ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก และเป็นภาวะที่ต้องการธาตุเหล็กชดเชยเป็น 2 เท่าของเพศชาย (Uchida, 1995) และจากการศึกษาพบว่าเพศหญิงในช่วงวัยรุ่นและวัยเจริญพันธุ์ (12–49 ปี) พบร้อยละ 11 ขาดธาตุเหล็ก อีกร้อยละ 3–5 ซีดจากการขาดธาตุเหล็ก แต่เมื่อเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนภาวะซีดจากการขาดธาตุเหล็กพบน้อยลงประมาณร้อยละ 2 เท่ากับเพศชาย (Centers for Disease Control and Prevention, 1998) ภาวะเลือดออกผิดปกติจากโพรงมดลูกมีหลายลักษณะ ลักษณะหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับภาวะโลหิตจาง คือ รอบระดูที่มากผิดปกติ การที่มีเลือดระดูออกมามาก แต่ระยะของระดูสม่ำเสมอ (menorrhagia) พบอุบัติการณ์ร้อยละ 10–30 ของหญิงที่มีระดู มักเกิดจากพยาธิสภาพในอุ้งเชิงกราน เช่น เนื้องอกกล้ามเนื้อมดลูก ติ่งเนื้องอกในโพรงมดลูก ถุงน้ำ มะเร็ง ภาวะที่มีหลอดเลือดที่ผิดปกติบริเวณพยาธิสภาพดังกล่าว เช่น เส้นเลือดมีขนาดใหญ่ ผนังบางเปราะ และมีความผิดปกติในกลไกการแข็งตัวของเลือดเป็นสาเหตุให้เลือดออกมากผิดปกติได้ ซึ่งควรได้รับการตรวจวินิจฉัย (Fraser, Warner & Marantos, 2001)

ปัจจัยเสี่ยงอื่นของภาวะโลหิตจาง ได้แก่ โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กได้รับธาตุเหล็กน้อย (Centers for Disease Control and Prevention, 1998) การขาดสารอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดธาตุเหล็ก โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก มีสาเหตุหลักมาจากการรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กไม่เพียงพอ ในขณะที่ร่างกายกำลังเจริญเติบโต จึงต้องการธาตุเหล็กมากขึ้น และสาเหตุจากการเสียเลือด อาจเกิดเฉียบพลัน เช่น เลือดออกจากแผลอุบัติเหตุต่าง ๆ หรือจากเลือดออกเรื้อรัง เช่น พยาธิปากขอ มีแผลในกระเพาะอาหาร เป็นต้น ทั้งนี้ภาวะโลหิตจาง เป็นภาวะที่จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดงหรือความเข้มข้นของฮีโมโกลบินภายในเซลล์ต่ำกว่าปกติ ฮีโมโกลบินเป็นสิ่งจำเป็นในการนำออกซิเจน หากมีเซลล์เม็ดเลือดแดงน้อยเกินไปหรือผิดปกติหรือมีฮีโมโกลบินไม่เพียงพอ ความสามารถของเลือดในการนำออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อของร่างกายจะลดลง ส่งผลให้เกิดอาการต่าง ๆ เช่น เหนื่อยล้า อ่อนแรง เวียนศีรษะ และหายใจลำบาก (World Health Organization, 2021)

โรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก จำแนกตามกลุ่มอาการ (1) กลุ่มอาการขาด O2 ระดับเนื้อเยื่อ คือ อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย เวียนศีรษะ เบื่ออาหาร ง่วงซึม หาวนอน เฉื่อยชา ไม่กระตือรือร้น ไม่มีสมาธิในการเรียน (2) กลุ่มอาการระบบหัวใจ/หลอดเลือด ภูมิต้านทานลดลง ติดเชื้อได้ง่าย อัตราการเต้นหัวใจเร็ว เหนื่อยง่าย และ (3) กลุ่มอาการทางระบบหายใจ การหายใจเพิ่มขึ้น (Centers for Disease Control and Prevention, 1998)

จากข้อมูลในการศึกษาภาวะซีดในนิสิตระดับปริญญาตรี คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พบกลุ่มตัวอย่างมีระดับฮีโมโกลบินต่ำเกณฑ์หรือภาวะซีด ร้อยละ 12.29 เพศชาย ร้อยละ 7.46 เพศหญิงร้อยละ 18.18 (WiratSetthasin & Wimonwatmethee, 2006) จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากลุ่มหญิงวัยเจริญพันธุ์เป็นกลุ่มเสี่ยงกลุ่มหนึ่งต่อภาวะโลหิตจาง หลังจากนั้นไม่มีการศึกษาในประชากรระดับอุดมศึกษาทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาความชุกของภาวะโลหิตจางของนักศึกษาเพศหญิง มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาแขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นนักศึกษาในความรับผิดชอบของสถาบันซึ่งเป็นปัญหาที่จมอยู่ตามทฤษฎีภูเขาน้ำแข็ง (iceberg theory) เพื่อนำผลการวิจัยมาคัดกรองความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะโลหิตจางและการส่งเสริมสุขภาพนักศึกษาเพื่อให้มีสุขภาพที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

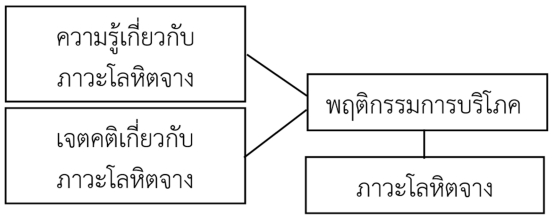
1. เพื่อศึกษาความชุกภาวะโลหิตจางและพฤติกรรมการบริโภคอาหารของนักศึกษา ปีการศึกษา 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง กับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

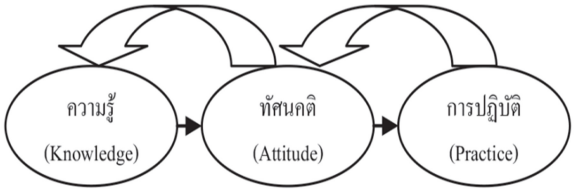
แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติของลอเนียลา Launiala, 2009 กล่าวว่า ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติ มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ความรู้มีผลต่อทัศนคติและทัศนคติที่ดีจะช่วยให้เกิดการปฏิบัติที่ดี โดยความรู้มีผลต่อการปฏิบัติทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเชื่อว่า ทัศนคติจะเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการปฏิบัติตามความรู้นั้น หรือความรู้มีผลต่อทัศนคติก่อนแล้ว การปฏิบัติที่เกิดขึ้นเป็นไปตามทัศนคตินั้น ทฤษฎีนี้ ให้ความสำคัญกับตัวแปร 3 ตัว คือ ความรู้ (knowledge) ทัศนคติ (attitude) และการปฏิบัติ (practice) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลอง KAP (Saksri et al., 2018) ดังภาพ 2

แนวคิดแบบจำลอง KAP กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติไว้ดังนี้ ความรู้ (K) ส่งผลให้เกิดทัศนคติ (A) และส่งผลให้เกิดการปฏิบัติ (P) โดยมีทัศนคติเป็นตัวกลางระหว่างความรู้กับการปฏิบัติ คือ ทัศนคติจะเกิดจากความรู้ที่มีอยู่ และการปฏิบัติจะแสดงออกไปตามทัศนคติที่มี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติมีความสัมพันธ์กันทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเชื่อได้ว่าทัศนคติที่ดีจะทำให้นักศึกษา สามารถเลือกรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กและอาหารที่มีประโยชน์ได้ ซึ่งสืบเนื่องมาจากนักศึกษา ต้องมีความรู้และทัศนคติที่ดีเพื่อที่จะช่วยนำเอาความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจางไปใช้ได้อย่างถูกต้อง



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลอง KAP

Note. From *Relationship between knowledge, attitude, and practice towards prevention of surgical site infection during intraoperative period among perioperative nurses* (Publication Number 7681) by Y. Saksri, K. Naka and W. Sae-Sia, 2018 Copyright by Prince of Songkla University

สมมติฐานการวิจัย

1. ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

2. เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (N) คือ นักศึกษาเพศหญิง ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปี

การศึกษา 2565 ภาคปกติ จำนวน 7,344 คน (Office of Academic and Registration, 2021)

กลุ่มตัวอย่าง (n) คือ นักศึกษาเพศหญิง ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ปีการศึกษา 2565 ภาคปกติ คำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรของ Daniel (2010) อ้างอิงค่าสัดส่วนของนิสิตที่มีภาวะโลหิตจางจากการขาดเหล็ก (P) 0.29 (Virutsetazin & Wimonwatmethee, 2006) ที่ระดับนัยสำคัญ.05=1.96 ($Z_{\alpha/2}$) และค่าความคลาดเคลื่อน 05(d) ได้จำนวน 304 คน

$$n = \frac{NZ^2_{\alpha/2}\,P(1-P)}{Z^2_{\alpha/2}\,P(1-P) + (N-1)\,d^2} \qquad (1)$$

เลือกกลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจในการให้ข้อมูลและรับการเจาะเลือด (volunteer sampling) การคัดออกกรณีระหว่างการเตรียมตัวเจาะเลือด เกิดอาการกลัว หน้ามืด เป็นลม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจหาความตรงเชิงเนื้อหาแบบสอบถาม 4 ชุดโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านได้ค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อมีค่าระหว่าง 0.67–1.00 (Rovinelli & Hambleton, 1977) และทดลองใช้กับนักศึกษาเพศหญิงระดับปริญญาตรี ที่ไม่ประสงค์เจาะเลือด 30 คน

1. แบบสอบถามข้อมูลภาวะสุขภาพทั่วไป และอาการที่สัมพันธ์กับภาวะโลหิตจาง

2. แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง 10 ข้อ ข้อความจริงและลวง แบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก ใช่ ไม่ใช่ ไม่ทราบ (Gronlund, 1981) ค่าความยากรายข้อมีค่าระหว่าง 0.27–0.73 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อโดยวิธีหาค่าสหสัมพันธ์แบบพอยต์ไบซีเรียลมีค่าระหว่าง 0.31–0.86 (Roscoe, 1975) ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.78 (KR. 20)

3. แบบสอบถามเจตคติเกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง 10 ข้อ ข้อความบวกและลบ เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า (Likert's scale) มี 5 ระดับ เห็นด้วยอย่างยิ่ง–ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ค่าอำนาจจำแนกรายข้อมีค่าระหว่าง 0.39–0.66 (Pearson product moment correlation) ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.75 (Cronbach's coefficient alpha) (Burn & Grove, 2005)

4. แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร 8 ข้อ ข้อความสนับสนุนและไม่สนับสนุนตามหลักสุขภาพ เป็นแบบเลือกตอบตามความถี่ของการปฏิบัติ 4 ระดับ ปฏิบัติประจำ บ่อยครั้ง บางครั้ง ไม่ปฏิบัติ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อมีค่าระหว่าง 0.24–0.67 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.76

5. ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ประเมินดัชนีเม็ดเลือดแดงตามเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะโลหิตจาง (Kanitsap, 2017)

จำนวนเม็ดเลือดแดง

ชาย 4.6–6.2 หญิง 4.2–5.4 106cells/μL

ฮีโมโกลบิน

ชาย 13.5–18.0 หญิง 11.5–16.0 g/dL.

ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

ชาย 40–54 หญิง 37–47 %

ค่าเฉลี่ยปริมาตรของเม็ดเลือดแดง 80–96 fL

ค่าเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง 27–32 pg/L

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ Hb ใน RBC 32–36 %

การเก็บรวบรวมข้อมูล

โครงการวิจัยผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา หมายเลขเอกสาร COA No. 651004 วันที่ 21 ตุลาคม 2565 ระยะเวลาการรับรอง 1 ปี และการเข้าร่วมโครงการวิจัยผู้ยินยอมตนจะเข้าร่วมด้วยความสมัครใจและลงนามในเอกสารยินยอมตนเป็นลายลักษณ์อักษร

1. กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความรู้ เจตคติเกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง และพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

2. เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ 2.5 ml (รักษาความเย็นที่ระดับ 2-6 องศาเซลเซียส) เก็บในหลอด บรรจุสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA นำส่งห้องปฏิบัติการภายใน 1–2 ชั่วโมง หลังจากการเจาะเลือด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เชิงพรรณนาด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารด้วยค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

3. วิเคราะห์การตรวจนับเม็ดเลือดแดงเบื้องต้นด้วยการแจกแจงความถี่แบบสองทาง (cross-tabulation analysis)

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง 304 คน ประกอบด้วยนักศึกษาชั้นปี 1 2 3 และ 4 ร้อยละ 25.33 37.50 19.41 และ 17.76 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร้อยละ 87.83 คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะคุรุศาสตร์ คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ตามลำดับ ระหว่างร้อยละ 2.96–5.92 ความแปรปรวนของขนาด RBC ในเลือด 11.5–14.5 %

จากตาราง 1 กลุ่มตัวอย่างมีดัชนีมวลกาย สมส่วน ร้อยละ 42.43 รองลงมามีน้ำหนักเกิน และน้ำหนักน้อย/ผอม ร้อยละ 31.25 และ 26.32 ตามลำดับ บันทึกระยะเวลาการมีประจำเดือนพบว่า มากกว่า 7 วันร้อยละ 3.29 น้อยกว่า 3 วัน ร้อยละ 2.63 บันทึกปริมาณหรือความรู้สึกต่อการไหลของเลือดประจำเดือน พบว่า มากกว่าปกติร้อยละ 6.91 (ร้อยละ 4.28+2.63) น้อยกว่าปกติ/มากระปริดกระปรอย ร้อยละ 1.97 และพบว่า ไม่สม่ำเสมอ/มาขาด ๆ หาย ๆ ร้อยละ 15.46

กลุ่มตัวอย่างมีปัญหาสุขภาพหรืออาการผิดปกติ ร้อยละ 63.5 (193 คน) มีอาการเดียวร้อยละ 51.82 (100 คน) มีอาการร่วมร้อยละ 48.18 (93 คน)

จากตาราง 2 กลุ่มตัวอย่างมีปัญหาสุขภาพหรืออาการผิดปกติอาการเดียว 100 คน มีอาการเวียนศีรษะบ่อย และอ่อนเพลียมากที่สุดร้อยละ 47.15 และ 45.60 ตามลำดับ รองลงมามีอาการเหนื่อยง่าย ขาดสมาธิในการเรียน และเฉื่อยชา ไม่กระตือรือร้น ร้อยละ 38.86 22.28 และ 13.99 ตามลำดับ

กลุ่มตัวอย่างที่มีอาการร่วม 93 คน ที่พบมาก คือ เวียนศีรษะบ่อย อ่อนเพลีย และเหนื่อยง่าย ร้อยละ 65.59 64.52 และ 58.06 ตามลำดับ รองลงมา คือ เหนื่อยง่าย และขาดสมาธิในการเรียนร้อยละ 22.28 และ 13.99 ตามลำดับ

อาการร่วมของการขาดสมาธิในการเรียน 43 คน พบว่า เวียนศีรษะบ่อย อ่อนเพลีย และเฉื่อยชา ร้อยละ 37.21 32.56 และ 30.23 ตามลำดับ รองลงมา คือ เหนื่อยง่าย ร้อยละ 27.91 เบื่ออาหาร ร้อยละ 4.65

จากตาราง 3 ผลการตรวจนับเม็ดเลือดแดง พบดัชนีบ่งบอกภาวะโลหิตจางจาก เม็ดเลือดแดงมากกว่าปกติ ร้อยละ 15.79 (polycythemia) ปริมาณฮีโมลโกลบินต่ำกว่าปกติ ร้อยละ 11.51 (hemoglobinemia) ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าปกติร้อยละ 25.65 (microcytic) สูงกว่าปกติร้อยละ 1.32 (macrocytic) ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าปกติร้อยละ 28.95 สูงกว่าปกติร้อยละ 3.29 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง มากกว่าปกติร้อยละ 79.28 (hyperchromia) และค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดงมากกว่าปกติร้อยละ 36.18 (anisocytosis)

ตาราง 1

แสดงจำนวน (ร้อยละ) ข้อมูลภาวะสุขภาพทั่วไป ของกลุ่มตัวอย่าง 304 คน

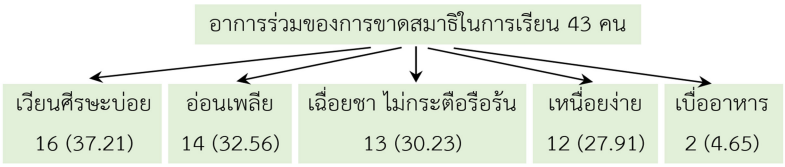
ภาวะสุขภาพทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
ดัชนีมวลกาย (BMI--Body Mass Index)		
น้ำหนักน้อย/ผอม (<18.50 กก./ม.2)	80	26.32
สมส่วน (18.50–22.90 กก./ม.2)	129	42.43
น้ำหนักเกิน* (≥23.00 กก./ม.2)	95	31.25
รอบการมีประจำเดือน		
ระยะเวลาการมีประจำเดือน		
น้อย (น้อยกว่า 3 วัน)	8	2.63
ปกติ (3-7วัน)	286	94.08
มาก (มากกว่า7วัน)	10	3.29
ปริมาณหรือความรู้สึกต่อการไหลของเลือดประจำเดือน		
น้อย มากระปริดกระปรอย	6	1.97
ปกติ ไม่รู้สึกต่อการไหล	15	4.93
ปกติ รู้สึกต่อการไหลเมื่อเปลี่ยนอิริยาบถ	262	86.18
มาก รู้สึกต่อการไหลของเลือดและเป็นลิ่มเลือด	13	4.28
มาก รู้สึกต่อการไหล แม้ไม่เปลี่ยนอิริยาบถ	8	2.63
ความสม่ำเสมอของประจำเดือน		
สม่ำเสมอทุกเดือน	257	84.54
ไม่สม่ำเสมอ มาขาด ๆ หาย ๆ	47	15.46

หมายเหตุ น้ำหนักเกิน* อ้วนระดับ 1 2 และ 3 ร้อยละ 10.86 14.47 และ 5.92 ตามลำดับ

ตาราง 2

แสดงจำนวน(ร้อยละ) อาการที่สัมพันธ์กับภาวะโลหิตจาง ของกลุ่มตัวอย่าง 193 คน

ปัญหาสุขภาพหรืออาการผิดปกติ	อาการเดียว (n=100)	อาการร่วม (n=93)	กลุ่มตัวอย่าง (n=193)
เวียนศีรษะบ่อย	30 (15.54)	61 (65.59)	91 (47.15)
อ่อนเพลีย	28 (14.51)	60 (64.52)	88 (45. 60)
เหนื่อยง่าย	21 (10.88)	54 (58.06)	75 (38.86)
ขาดสมาธิในการเรียน	13 (6.74)	30 (32.26)*	43 (22.28)
เฉื่อยชา ไม่กระตือรือร้น	3 (1.55)	24 (25.81)	27 (13.99)
เบื่ออาหาร	4 (2.07)	12 (12.90)	16 (8.29)
ไม่สบายบ่อย	1 (0.52)	3 (3.23)	4 (2.07)



ภาพ 3 อาการร่วมของการขาดสมาธิในการเรียน

ตาราง 3

แสดงผลการตรวจนับเม็ดเลือดแดง (complete blood count) ของกลุ่มตัวอย่าง 304 คน

ค่าดัชนีเม็ดเลือดแดง (red blood cell indices)	จำนวน	ร้อยละ
เม็ดเลือดแดง (RBC--Red Blood Cell Count)		
ปกติ (3.6–5.0 x106µL)	256	84.21
มาก (polycythemia) (>5.0 x106µL)	48	15.79
Mean=4.57x106 SD=0.47x106 ระดับปกติ min=3.60 x 106 max=6.11x106		
ปริมาณฮีโมโกลบิน (Hb: Hemoglobin)		
ต่ำ (<12 g/dl)	35	11.51
ปกติ (12–16.0 g/dl)	257	84.54
สูง (>16.0 g/dl)	12	3.95
Mean=13.38 SD=1.54 ระดับปกติ min=7.60 max=18.70		
ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV--Mean Corpuscular Volume)		
ต่ำ (microcytic) (<78 fL)	78	25.65
ปกติ (normocytic) (78–98 fL)	222	73.03
สูง (macrocytic) (>98 fL)	4	1.32
Mean=83.42 SD=9.01 ระดับปกติ min=50.80 max=100.00		
ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH--Mean Corpuscular Hemoglobin)		
ต่ำ (<27.5 pg)	88	28.95
ปกติ (27.5–33.5 pg)	206	67.76
สูง (>33.5 pg)	10	3.29
Mean=28.88 SD=3.36 ระดับปกติ min=16.10 max=36.20		
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC--Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration)		
ต่ำ (hypochromia) (<28 gm/dl)	1	0.33
ปกติ (normochromic) (28-33 gm/dl)	62	20.39
สูง (hyperchromia) (>33 gm/dl)	241	79.28
Mean=34.63 SD=1.69 ระดับสูง min=21.40 max=41.80		
ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW--RBC distribution width)		
ต่ำ (<11.5%)	1	0.33
ปกติ (11.5–14.5 %)	193	63.49
สูง (anisocytosis) (>14.5 %)	110	36.18
Mean=14.33 SD=1.72 ระดับปกติ min=11.40 max=23.10		

จากตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดง 2 ค่า จำแนกกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มตัวอย่างมีค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดงปกติ (RDW ปกติ) และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงปกติ (MCV ปกติ) บ่งชี้ภาวะปกติร้อยละ 54.94

2. กลุ่มตัวอย่างมีค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดงมากกว่าปกติร้อยละ 18.42 (RDW มากกว่าปกติ) และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ต่ำ/ปกติร้อยละ 17.76 (MCV ต่ำ/ปกติ) บ่งชี้ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency anemia) ร้อยละ 36.18

3. กลุ่มตัวอย่างมีค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดงปกติ (RDW ปกติ) และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงต่ำ (MCV ต่ำ) บ่งชี้ภาวะพาหะธาลัสซีเมีย (Thalassemia trait) ร้อยละ 7.24

4. กลุ่มตัวอย่างมีค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดงปกติ/มากกว่าปกติ (RDW ปกติ/มากกว่าปกติ) และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงมากกว่าปกติ (MCV มากกว่าปกติ) บ่งชี้ภาวะโลหิตจางจากการขาดวิตามิน (Megaloblastic anemia) ร้อยละ 1.32

จากตาราง 5 กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเฉลี่ยระดับพอใช้ ($\overline{X}$=1.69±0.33) และพบมากที่สุดร้อยละ 53.95 และระดับควรปรับปรุงร้อยละ 5.92 เมื่อพิจารณารายข้อกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารระดับควรปรับปรุง 3 ข้อ ตามลำดับคือ (1) ถั่ว งา ลูกเดือย ($\overline{X}$=0.99±0.76) พบร้อยละ 56.58 รับประทานบางครั้ง ร้อยละ 24.34 ไม่รับประทาน (2) ผลไม้/น้ำผลไม้หลังรับประทานอาหาร ($\overline{X}$=1.13±0.82) พบร้อยละ 53.62 รับประทานบางครั้ง ร้อยละ 20.72 ไม่รับประทาน และ (3) เครื่องในสัตว์ ($\overline{X}$=1.20±0.82) พบร้อยละ 58.22 รับประทานบางครั้ง ร้อยละ 15.79 ไม่รับประทาน

จากตาราง 6 ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง และเจตคติต่อภาวะโลหิตจางกับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=0.003 และ –0.051) ตามลำดับ

ตาราง 4

ผลการวิเคราะห์การตรวจนับเม็ดเลือดแดงด้วยการแจกแจงค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) และค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) แบบสองทาง ของกลุ่มตัวอย่าง 304 คน

ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW)	ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV)			
	ต่ำ (น้อยกว่า 78 fL)	ปกติ (78–98 fL)	สูง (มากกว่า 98 fL)	รวม
ต่ำ (น้อยกว่า11.5%)	0	1(0.33)	0	1 (0.33)
ปกติ (11.5–14.5 %)	22 (7.24)	167 (54.94)	4 (1.32)	193 (63.49)
สูง (มากกว่า14.5 %)	56 (18.42)	54 (17.76)	0	110 (36.18)
รวม	78 (25.65)	222 (73.03)	4 (1.32)	304(100.00)

ตาราง 5

จำนวน (ร้อยละ) พฤติกรรมการบริโภคอาหาร ของกลุ่มตัวอย่าง 193 คน

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	จำนวน	ร้อยละ
ควรปรับปรุง (0.61–1.20)	18	5.92
พอใช้ (1.21–1.80)	164	53.95
ดี (1.81–2.40)	119	39.14
ดีมาก (2.41–3.00)	3	0.99
Mean=1.69±0.33 ระดับพอใช้ min–max=0.91–2.91		

ตาราง 6

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง กับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

ปัจจัย	Pearson Correlation(r)	p-value
ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง ($\overline{X}$=6.13±1.94 ระดับต่ำมาก)	0.003	.961
เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง ($\overline{X}$=3.02±0.34 เจตคติทางบวก)	– 0.051	.373

ผลการวิจัย

1. ความชุกภาวะโลหิตจาง พบภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กร้อยละ 36.18 ภาวะพาหะธาลัสซีเมียร้อยละ 7.24 และภาวะโลหิตจางจากการขาดวิตามินร้อยละ 1.32

2. พฤติกรรมการบริโภคอาหารเฉลี่ยระดับพอใช้

3. ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง เจตคติต่อภาวะโลหิตจางไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การอภิปรายผล

1. ความชุกภาวะโลหิตจาง

ผลการตรวจนับเม็ดเลือดแดง พบว่า ค่าดัชนีเม็ดเลือดแดง (red blood cell indices) ทั้ง 6 ดัชนีของกลุ่มตัวอย่างบ่งชี้ถึงภาวะเม็ดเลือดแดงที่ไม่สมบูรณ์ คือ (1) เม็ดเลือดแดงมากกว่าปกติ (polycythemia) ร้อยละ 15.79 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะที่มีความผิดปกติที่เซลล์ต้นกำเนิดเม็ดเลือดแดงมีการผลิตเม็ดเลือดแดงมากผิดปกติ (2) ปริมาณฮีโมลโกลบินต่ำกว่าปกติร้อยละ 11.51 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะโลหิตจาง (anemia) และสูงกว่าปกติร้อยละ 3.95 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะขาดสารน้ำ เลือดข้น (3) ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV--Mean Corpuscular Volume) ต่ำกว่าปกติ (microcytic anemia) ร้อยละ 25.65 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะความผิดปกติของฮีโมโกลบิน ขาดธาตุเหล็ก ธาลัสซีเมีย และสูงกว่าปกติ (macrocytic anemia) ร้อยละ 1.32 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะขาดวิตามินบี 12 (4) ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCH--Mean Corpuscular Hemoglobin) ต่ำกว่าปกติร้อยละ 28.95 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะ Thalassemia ขาดธาตุเหล็ก และสูงกว่าปกติ (MCV ใหญ่ มี Hb ในเซลล์มาก) ร้อยละ 3.29 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะขาดวิตามินบี 12 (5) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC--Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) มากกว่าปกติ (hyperchromia) ร้อยละ 79.28 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะภาวะขาดน้ำ และค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW--RBC Distribution Width) มากกว่าปกติ (anisocytosis) ร้อยละ 36.18 ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะขาดธาตุเหล็ก และวิตามินบี 12

ผลการวิเคราะห์การตรวจนับเม็ดเลือดแดงด้วยการแจกแจงค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) และค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) แบบสองทาง จำแนกกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มตัวอย่างมีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดงเบื้องต้น บ่งชี้ภาวะปกติร้อยละ 54.94 คือ ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) ปกติ และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) ปกติ (normocytic) สอดคล้องกับ Virutsetazin and Wimonwatmethee (2006) ได้ทำการศึกษาภาวะโลหิตจางของนิสิตคณะพลศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒผลการศึกษาภาวะโลหิตจางด้วยเกณฑ์ฮีโมโกลบินพบภาวะโลหิตจางในนักศึกษาเพศชายร้อยละ 7.46 เพศหญิงร้อยละ 18.18

2) กลุ่มตัวอย่างมีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเบื้องต้น บ่งชี้ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency anemia) ร้อยละ 36.18 คือ ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) มากกว่าปกติ (anisocytosis) ร้อยละ 18.42 และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) ต่ำ/ปกติ (microcytic/ normocytic) ร้อยละ 17.76 สอดคล้องกับ Virutsetazin and Wimonwatmethee (2006) ได้ทำการศึกษาภาวะโลหิตจางของนิสิตคณะพลศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผลการศึกษาพบภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กร้อยละ 29.44

3) กลุ่มตัวอย่างมีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเบื้องต้น บ่งชี้ภาวะพาหะธาลัสซีเมีย (Thalassemia trait) ร้อยละ 7.24 คือ ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) ปกติ และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) ต่ำกว่าปกติ(microcytic anemia) สอดคล้องกับ Wirat-Setthasin and Wimonwatmethee (2006) ได้ทำการศึกษาภาวะโลหิตจางของนิสิตคณะพลศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒผลการศึกษาพบ ภาวะโลหิตจางจากพาหะธารัสซีเมีย ร้อยละ 6.98

4) กลุ่มตัวอย่างมีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเบื้องต้น บ่งชี้ภาวะโลหิตจางจากการขาดวิตามิน (megaloblastic anemia) ร้อยละ 1.32 คือ ค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) ปกติ/มากกว่าปกติ และค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) มากกว่าปกติ (macrocytic anemia) สอดคล้องกับ Virutsetazin and Wimonwatmethee (2006) ได้ทำการศึกษาภาวะโลหิตจางของนิสิตคณะพลศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒผลการศึกษา พบภาวะโลหิตจางจากการขาดวิตามินร้อยละ 0.76

ผลการวิเคราะห์การตรวจนับเม็ดเลือดแดงด้วยการแจกแจงค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (MCV) และค่าการกระจายตัวของขนาดเม็ดเลือดแดง (RDW) แบบสองทางบ่งชี้ภาวะโลหิตจาง สอดคล้องกับ Virutsetazin and Wimonwatmethee (2006) ซึ่งได้ศึกษามาเป็นเวลา 17 ปี แสดงให้เห็นว่าภาวะโลหิตจาง ในนักศึกษาเป็นภัยเงียบเหมือนภูเขาน้ำแข็งที่อยู่ใต้น้ำที่มองไม่เห็นบั่นทอนประสิทธิภาพการทำงาน ทำให้ผลิตภาพโดยรวมของนักศึกษาลดลง

2. พฤติกรรมการบริโภคอาหาร

กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเฉลี่ยระดับพอใช้ ($\overline{X}$=1.69±0.33) และพบมากที่สุดร้อยละ 53.95 และระดับควรปรับปรุงร้อยละ 5.92 ซึ่งอาหารที่มีส่วนประกอบของเลือดสัตว์ อาหารประเภทเครื่องในสัตว์ เป็นอาหารที่อุดมด้วยธาตุเหล็ก คือ มีฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงเช่นเดียวกับคน และเป็นธาตุเหล็กในรูปของสารประกอบฮีม (Organic Heme Iron หรือ Heme Iron) ร่างกายสามารถดูดซึมได้ร้อยละ 20–30 และผลไม้ น้ำผลไม้หลังรับประทานอาหาร อุดมด้วยกรดอินทรีย์ช่วยเพิ่มการดูดซึมธาตุเหล็ก (absorption enhancers) โดยจะทำให้เหล็กที่อยู่ในสภาพเฟอรริค (Ferric--Fe^{3+}) เป็นเฟอรรัส (Ferrous--Fe^{2+}) ทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมเหล็กไปใช้ได้ เช่น กรดซีตริก (Citric Acid) จากผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว กรดทาร์ทาริก (Tartaric Acid) จากองุ่น กรดมาลิก (Malic Acid) จากแอปเปิ้ล เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า กลุ่มตัวอย่างรับประทานเลือดหมู เลือดไก่ ($\overline{X}$=1.20±0.82) หัวใจ ตับ ($\overline{X}$= 1.34±0.93) น้อยมาก ซึ่งเครื่องในสัตว์ควรกินอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง แต่กลุ่มตัวอย่างรับประทานประจำร้อยละ 9.87 บ่อยครั้ง ร้อยละ 16.12 บางครั้งร้อยละ 58.22 ไม่รับประทานเลยร้อยละ 15.79 อย่างไรก็ตามกลุ่มตัวอย่างรับประทานอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อไก่ เนื้อหมู เนื้อวัว อยู่ระดับดี ($\overline{X}$=2.35±0.80) นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างรับประทานผลไม้ น้ำผลไม้หลังรับประทานอาหารน้อยมาก ($\overline{X}$= 1.13±0.82) ทั้งนี้ในผู้หญิงตั้งแต่วัยเริ่มมีประจำเดือนจนถึงวัยหมดประจำเดือนต้องการธาตุเหล็กมากเป็น 2 เท่าของผู้ชาย ถ้าได้รับธาตุเหล็กจากอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กได้ ปริมาณธาตุเหล็กที่ร่างกายได้รับในแต่ละวันเฉลี่ย 9 มิลลิกรัมซึ่งน้อยกว่าปริมาณธาตุเหล็กที่ร่างกายควรได้รับ (ผู้ชาย 10 mg/วัน หญิงวัยเจริญพันธุ์ 12–18 mg/วัน)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง เจตคติต่อภาวะโลหิตจาง กับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

ความรู้และเจตคติต่อภาวะโลหิตจางของกลุ่มตัวอย่าง ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง และองค์ประกอบเจตคติต่อภาวะโลหิตจาง กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารไม่มีความสม่ำเสมอของความสัมพันธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาพสังคม วัฒนธรรม และความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ทันสมัย ด้วยวิถีชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบัน การเลือกรับประทานอาหารนอกบ้าน อาหารจานด่วน (fast food) และเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปกันมากขึ้น เพราะความสะดวก รวดเร็ว และโฆษณาชวนเชื่อ

ข้อเสนอแนะ

1. จัดโปรแกรมสุขภาพสำหรับกลุ่มตัวอย่าง

1.1 การให้ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency anemia) และการปรับพฤติกรรมการรับประทานอาหารสำหรับกลุ่มที่มีค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเบื้องต้นบ่งชี้ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก (110 คน คิดเป็นร้อยละ 36.18)

1.2 การให้คำปรึกษาสุขภาพในการตรวจวิเคราะห์ชนิดของฮีโมลโกลบิน (Hb typing) สำหรับกลุ่มที่ค่าความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดเบื้องต้น บ่งชี้ภาวะโลหิตจาง กลุ่มที่มีฮีโมโกลบินผิดปกติ หรือภาวะพาหะธาลัสซีเมีย (Thalassemia trait) (22 คน คิดเป็นร้อยละ 7.24)

2. กลุ่มตัวอย่างที่มีปัญหาการมีประจำเดือน ทั้งระยะเวลา ปริมาณ และความสม่ำเสมอของการมีประจำเดือนควรได้รับการปรึกษาจากสูตินรีแพทย์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ศึกษาโมเดลสมการโครงสร้าง (SEM--Structural Equation Modeling) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กของนักศึกษาเพศหญิง ระดับอุดมศึกษา

References

Bunworasate, U. (2008). *Hematology in practice*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai)

Centers for Disease Control and Prevention. (1998). Recommen-dations to prevent and control Iron deficiency in the United States. *Morbidity and Mortality Weekly Report (Online), 47*(3), 1-36. http://aepo-xdv-www.epo.cdc.gov/wonder/prevguid/m0051880

Daniel, W. W. (2010). *Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences* (9th ed.). NJ: John Wily & Sons.

Fraser, I. S., Warner, P., & Marantos, P. A. (2001). Estimating menstrual blood loss in women with normal and excessive menstrual fluid volume. *Obstetrics and Gynecology, 98*(5), 806–814. https://doi.org/10.1016/s0029-7844(01)01581-2

Gardner, W., & Kassebaum, N. (2020). Global, regional, and national prevalence of anemia and its causes in 204 countries and territories, 1990–2019. *Current Developments in Nutrition, 4*(Suppl 2), 830. https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa053_035

Grounlund, N. (1985). *Measurement and evaluation in teaching*. New York: McMillan Publishing Company.

Kanitsap, N. (2017). *Diagnostic hematology*. Pathum Thani: Faculty of Medicine, Thammasat University. (in Thai)

Ninkron, P. (2019). The Innovation of food consumption and exercise for promoting the health of children and youth at the buddhist studies center, Prongmadua Pagoda, Nakhon Pathom Province. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 13*(2), 213–227. (in Thai)

Office of Academic and Registration. (2021). *Statistics of the number of current students*. Retrieved from http://aar.bsru.ac.th/statistic/. (in Thai)

Roscoe, J. T. (1975). *Fundamental research statistics for the behavioral sciences*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research, 2*, 49–60. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59042188

Saksri, Y., Naka, K., & Sae-Sia, W. (2018). *Relationship between knowledge, attitude, and practice towards prevention of surgical site infection during intraoperative period among perioperative nurses* (Publication Number 7681). Songkla: Prince of Songkla University. (in Thai)

Uchida T. (1995). Overview of iron metabolism. *International journal of hematology, 62*(4), 193–202. https://doi.org/10.1016/0925-5710(95)00419-x

Virutsetazin, K., & Wimonwatmethee, T. (2006). *A study of anemia among physical education students Srinakharinwirot University* (Research report). Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

World Health Organization. (2021). *Anemia*. Retrieved from https://www.who.int/health-topics/anaemia#tab=tab_1

การตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ ก่อนและหลังการประกาศกฎหมายยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2565

Urinary Cannabis Metabolite Detections in Suspects and Postmortem Cases Before and After the Notification of the Narcotics Act B.E. 2565

ธีรินทร์ สินไชย[1] รวิกร ธรรัตโนบล[1] พงศธร กอนตะวัน[1] สุขสันต์ ศรีสมบูรณ์[2] นิภาพร เกตุจ้อย[2]
ศศิกนก สุขลาภ[2] และสมทรง ลาวัณย์ประเสริฐ[2]*
Theerin Sinchai[1], Rawikorn Thararattanobon[1], Pongsathorn Kontawan[1], Suksan Sresomboon[2],
Nipaporn Kedchoy[2] Sasikanok Sooklarp[2] and Somsong Lawanprasert[2]*
[1]กลุ่มงานพิษวิทยา สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ
[1]Department of Forensic Toxicology,
Institute of Forensic Medicine, Police General Hospital
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[2]School of Pharmacy, Eastern Asia University
*Corresponding author: somsong@eau.ac.th
Received: May 29, 2023
Revised: September 26, 2023
Accepted: October 2, 2023

บทคัดย่อ

กัญชามีสารออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทจำนวนมาก delta-9-tetrahydrocannabinol--Δ^9THC เป็นสารสำคัญในกัญชาที่มีผลต่อจิตและประสาทที่อาจมีความเกี่ยวข้องกับการตายโดยผิดธรรมชาติ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอุบัติการณ์การใช้กัญชาโดยการตรวจหาเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติกับการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือน ก่อนและหลังจากมีประกาศกฎหมายยาเสพติดให้โทษ พ.ศ. 2565 การศึกษานี้ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบย้อนหลังจากข้อมูลผลตรวจทางห้องปฏิบัติการของผู้ต้องสงสัยและศพที่ตัวอย่างปัสสาวะถูกส่งมาตรวจสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทที่สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ โดยเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2564-31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษามีจำนวนผู้ต้องสงสัยและศพทั้งหมด 2,942 ราย ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาจำนวน 81 ราย (2.75%) โดยในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา (1 ธันวาคม 2564-8 มิถุนายน 2565) ตรวจพบจำนวน 32 ราย (2.32%) และในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา (9 มิถุนายน 2565-31 ธันวาคม 2565) ตรวจพบจำนวน 49 ราย (3.13%) ส่วนใหญ่พบมากในเพศชาย สัญชาติไทย อายุระหว่าง 18-59 ปี รูปแบบการใช้กัญชามีความคล้ายกันทั้งช่วง 6 เดือน ก่อนและหลังผู้เสียชีวิตที่ตรวจพบเมแทบอไลท์ของกัญชาส่วนใหญ่มีพฤติการณ์การตายโดยยังมิปรากฏเหตุ รองลงมาคือ ตายโดยอุบัติเหตุ โดยที่ในช่วง 6 เดือน หลังยกเลิกพืชกัญชามีการตรวจพบเมแทบอไลท์ของกัญชาในปัสสาวะของศพในทุกพฤติการณ์การตาย มากกว่าในช่วง 6 เดือน ก่อนยกเลิก อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Fisher's Exact test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือน ก่อนและ 6 เดือน หลังยกเลิกพืชกัญชากับพฤติการณ์การตาย ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยขยายเวลาการเก็บข้อมูลมากขึ้น

คำสำคัญ: กัญชา พฤติการณ์การตาย พ.ร.บ.ยาเสพติดให้โทษ

Abstract

Cannabis contains substantial amounts of the psychoactive substance delta-9-tetrahydrocannabinol --Δ^9-THC, which is primarily responsible for the effects of marijuana on a person's mental state, which could lead to an unnatural death. This study aims to evaluate the incidence of cannabis metabolite detections in urine samples of suspects and corpses. The association between the manner of unnatural death and the findings of the main cannabis metabolites in postmortem cases six months before and after the notification of the Narcotics Act B.E. 2565 was examined. The retrospective data was collected from laboratory results of suspects and postmortem cases whose urine samples were determined for narcotic or psychoactive substances at the Institute of Forensic Medicine, Police General Hospital, from December 1, 2021, to December 31, 2022. The result revealed 81 cases (2.75%) of positive cannabis metabolites in urine samples out of 2,942 cases. Among these positive cases, 32 cases (2.32%) were from the urine samples collected 6 months before the notification of the Narcotics Act B.E. 2565 (December 1, 2021 to June 8, 2022), and 49 cases (3.13%) were from 6 months after canceling cannabis from the drugs of abuse list (June 9, 2022 to December 31, 2022). Most of the positive cases were males of Thai nationality, aged between 18 and 59 years old. There was no significant difference in co-substance use before and after the law took place. The main manner of death in this study was unknown, followed by accidental death. It was shown that during the six months after the cancellation, the incidence of positive cannabis cases of all manners of death was higher than that of the six months before the cancellation. However, when using the Fisher's exact test, it was found that the incidence of positive cannabis cases during the 6 months before and 6 months after the cancellation was not significantly associated with the manner of death. Additional study with a longer period of time for sample collection is suggested.

Keywords: cannabis, manner of death, narcotics act

บทนำ

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 พ.ศ. 2565 (Official Announcement of the Ministry of Health, 2022) ยกเลิกพืชกัญชา กัญชง ออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ยกเว้นสารสกัดจากทุกส่วนของพืชกัญชาหรือกัญชง ซึ่งเป็นพืชในสกุล Cannabis ที่มีปริมาณสาร THC (delta-9-tetrahydrocannabinol--Δ^9-THC) เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ดังนั้นส่วนต่าง ๆ ของกัญชา และกัญชง หรือสารสกัดที่มีปริมาณสาร THC ไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกกฎหมาย ประกาศ ฯ นี้มีผลบังคับใช้หลังประกาศในราชกิจจานุเษกษา (วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา คือ 9 ก.พ. 2565) 120 วัน นั่นคือประกาศนี้มีผลบังคับใช้ในวันที่ 9 มิถุนายน 2565

โดยเหตุที่กัญชามีฤทธิ์ต่อจิตและประสาทการใช้กัญชาส่งผลให้เกิดความบกพร่องต่อการตัดสินใจ การประสานงานระหว่างสมองและกล้ามเนื้อ ดังนั้นผู้ใช้กัญชาจะมีความบกพร่องต่อการทำกิจกรรมใด ๆ ที่ต้องใช้การตัดสินใจที่รวดเร็ว มีสติ และตอบสนองอย่างรวดเร็ว มีรายงานการตรวจพบกัญชาในผู้ขับขี่และเกิดอุบัติเหตุเสียชีวิตจากจราจรทางบก

ในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ (Asbridge, Hayden & Cartwright, 2012; Ashton, 2001; Ramaekers, Berghaus, Laar & Drummer, 2004) นอกจากพฤติการณ์การตายโดยอุบัติเหตุ กัญชายังมีรายงานเกี่ยวข้องกับการฆ่าตัวตาย ทั้งเป็นการใช้กัญชาอย่างเดียวหรือร่วมกับสารอื่น (Carvalho et al., 2019; Nicolas & Lemos, 2015)

สำหรับประเทศไทย จากรายงานผลการดำเนินงานโครงการการเฝ้าระวังการแพร่ระบาดสารเสพติดจากงานนิติเวชศาสตร์ตามยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคง ปี 2564 โดยรวบรวมข้อมูลจากสถาบันในเครือข่ายเฝ้าระวังปัญหายาเสพติดทั้งหมด 36 หน่วยงานทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550–2564 พบว่า จากข้อมูลผู้เสียชีวิตที่ได้ส่งตรวจกัญชาจำนวนทั้งสิ้น 35,009 ราย มีการตรวจพบกัญชาจำนวน 409 ราย (คิดเป็นร้อยละ 1.17) โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุการตาย คือ อุบัติเหตุ ความรุนแรง โรคธรรมชาติ รองลงมาที่พบน้อยคือ แขวนคอ ตกจากที่สูง จมน้ำ และสารพิษ (Surveillance Network on Drugs of Abuse Problem, 2021) มีอีกการศึกษาที่รายงานการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในผู้เสียชีวิตที่ส่งตรวจที่สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ พบว่า ส่วนใหญ่มีพฤติการณ์การตายแบบตายโดยยังมิปรากฏเหตุ รองลงมาคือตายโดยอุบัติเหตุ และการใช้กัญชาร่วมกับสารอื่นที่มีผลต่อระบบประสาทมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติ (Sinchai, Tungtananuwat O-chongpian, Manitsirikul, Chaywan & Lawanprasert, 2022)

การศึกษาที่ผ่านมาเป็นข้อมูลก่อนยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่มีผลบังคับใช้ในวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2565 หลังจากที่ประกาศดังกล่าวมีผลบังคับใช้ พฤติกรรมการใช้กัญชาในผู้ต้องสงสัยและศพอาจมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม ทั้งนี้เพราะสามารถใช้กัญชาได้อย่างเสรีไม่ต้องมีการลักลอบเสพดังแต่ก่อน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่ จะประเมินอุบัติการณ์การใช้กัญชาโดยการตรวจหาเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติกับการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ระบุชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 พ.ศ. 2565 ออกตามความใน พ.ร.บ. ให้ใช้ประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. 2564 (Narcotics Act B.E., 2021)

วัตถุประสงค์การวิจัย

ประเมินอุบัติการณ์การตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 กับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติของศพที่ส่งมาตรวจที่สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ ระหว่าง 1 ธันวาคม 2564–31 ธันวาคม 2565

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัญชามีฤทธิ์ต่อจิตและประสาท จึงมีผลต่อการทำงานประสานงานกันระหว่างสมองและกล้ามเนื้อ ส่งผลต่อการมีสติยั้งคิด และการตัดสินใจ ทำให้การใช้กัญชาโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการใช้ร่วมกับสารอื่นที่มีฤทธิ์ต่อจิตและประสาทด้วย อาจเป็นสาเหตุเกี่ยวข้องกับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ได้

Ashton (2001) ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับเภสัชวิทยาและฤทธิ์ของกัญชา กล่าวคือกัญชามีฤทธิ์ลดความเจ็บปวด ซึ่งเป็นฤทธิ์ที่มีหลักฐานยืนยันเป็นที่ยอมรับ ส่วนฤทธิ์ที่สำคัญของกัญชาที่ส่งผลลบได้แก่ ผลต่อระบบจิตใจ เช่น มีผลต่ออารมณ์ทำให้มีการนำมาใช้เพื่อการนันทนาการ ผลต่อการรับรู้ การรู้คิด การประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อและจิตใจ การทนต่อยาและติดยา ส่วนผลต่อระบบของร่างกายที่เป็นพิษเฉียบพลันของกัญชา เป็นผลที่เกิดขึ้นต่อระบบหลอดเลือดหัวใจ และระบบหายใจ

Nicolas and Lemos (2015) สำรวจผู้เสียชีวิตระหว่างปี 2011-2013 ที่เมืองซานฟานซิสโก ประเทศ

สหรัฐอเมริกา จำนวนรวม 3,912 ราย พบว่า ศพที่มีพฤติการณ์การตายแบบฆ่าตัวตายโดยการแขวนคอ มีจำนวน 102 ราย (ชาย 77 ราย หญิง 25 ราย ค่ามัธยฐานอายุ 41 ปี) ในจำนวนนี้มี 69 ราย (67.65%) ตรวจพบสารพิษ หนึ่งในจำนวนสารพิษที่ตรวจพบ คือ กัญชา โดยพบร่วมกับสารอื่น เช่น แอลกอฮอล์ กระท่อม โคเคน แอมเฟตามีน และวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทอื่น ๆ

Carvalho et al. (2019) ทำการสำรวจการใช้กัญชาในกลุ่มวัยรุ่นที่มีความพยายามฆ่าตัวตาย จำนวน 86,254 รายจาก 21 ประเทศ พบว่า การใช้กัญชามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการฆ่าตัวตาย

Ramaekers et al. (2004) รวบรวมการศึกษาชนิดระบาดวิทยาและการศึกษาเชิงทดลองจำนวนหลายการศึกษา พบว่า Δ^9-THC มีผลทำให้เกิดความบกพร่องของการขับขี่ยานยนต์ มีผลเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ การใช้กัญชาร่วมกับแอลกอฮอล์ ยิ่งทำให้ความสามารถในการขับขี่บกพร่อง ส่งผลทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น

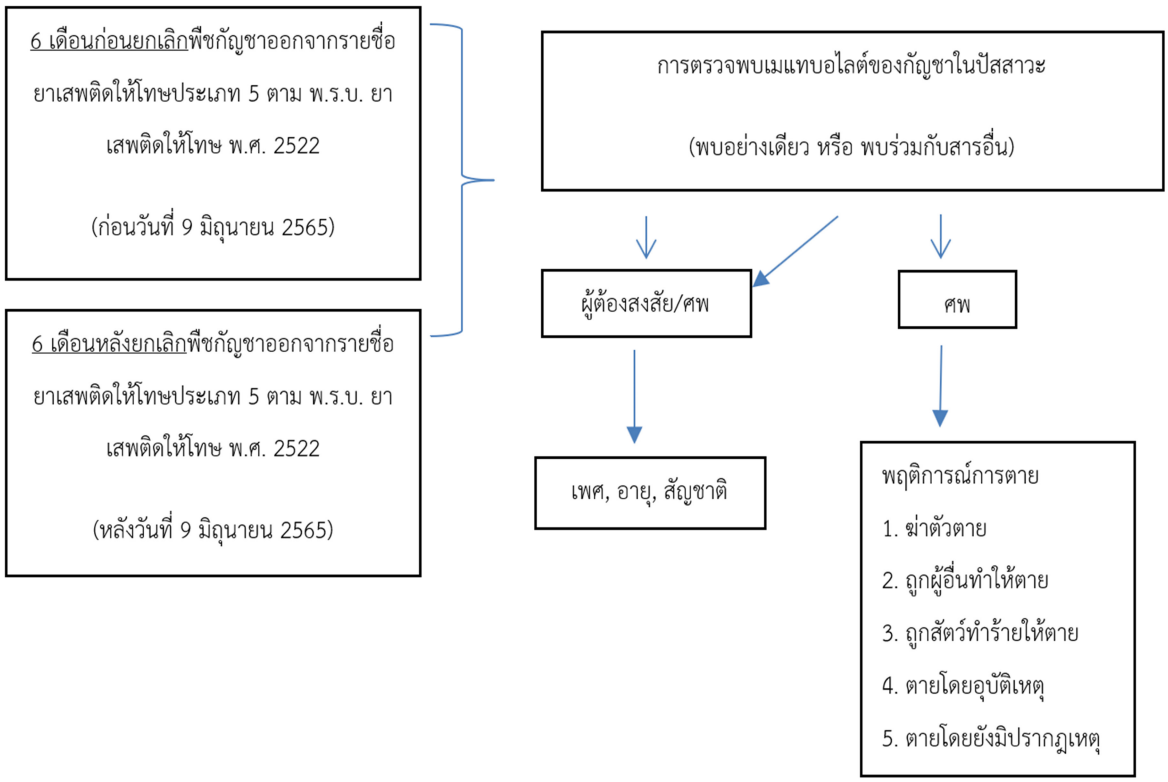
Asbridge et al. (2012) ทำการทบทวนวรรณกรรมจำนวน 5 การศึกษาพบว่า กัญชามีผลเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุยานยนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Sinchai et al. (2022) รายงานอุบัติการณ์การตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในผู้เสียชีวิตที่ส่งตรวจที่สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจระหว่าง 1 มกราคม 2558-2 มิถุนายน 2563 ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาจำนวน 219 ราย ในจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 18,541 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.18 พบมากในเพศชาย สัญชาติไทย อายุระหว่าง 20-40 ปี ส่วนใหญ่มีพฤติการณ์การตายแบบตายโดยยังมิปรากฏเหตุ รองลงมาคือ ตายโดยอุบัติเหตุ และการใช้กัญชาร่วมกับสารอื่นที่มีผลต่อระบบประสาทมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติ

Whitehill, Harrington, Lang, Chary, Bhutta and Burns (2019) ศึกษาอุบัติการณ์การใช้กัญชาในเด็กและวัยรุ่น (ไม่เกิน 19 ปี) ในช่วง 4 ปีก่อนและ 4 ปีหลังยกเลิกการบังคับใช้กัญชาตามกฎหมายของรัฐแมสซาชูเซทส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเก็บข้อมูลจากศูนย์พิษวิทยาของรัฐแมสซาชูเซทส์และโรดไอแลนด์ ระหว่าง ปี ค.ศ. 2009-2016 (ยกเลิกการบังคับ ฯ ในปี ค.ศ. 2012) จำนวน 218 ราย พบว่า หลังการยกเลิกการบังคับ ฯ มีการใช้กัญชาเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 140 คิดเป็น incidence rate ratio เท่ากับ 2.4 ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 15-19 ปี

Borst et al. (2021) รายงานอุบัติการณ์การตรวจพบกัญชา ในผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุจราจรทางบกในรัฐแคลิฟอร์เนีย ระหว่างเดือนมกราคม 2010 ถึงเดือนมิถุนายน 2018 เพื่อศึกษาแนวโน้มของอุบัติการณ์การใช้กัญชาหลังการยกเลิกการบังคับใช้กัญชาตามกฎหมายในปี 2016 ผลการศึกษาพบว่า ตรวจพบกัญชา ในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นจาก 7.3% ในปี 2010 เป็น 14.8% ในปี 2018 อุบัติการณ์เพิ่มขึ้นอย่างมากหลังปี 2016 จนสูงสุดในปี 2017 แล้วคงที่เช่นนี้จนสิ้นสุดการศึกษาในปี 2018

Sharma, Murthy and Bharath (2012) ทบทวนเมแทบอลิซึมของกัญชา พบว่า เมื่อได้รับกัญชาเข้าสู่ร่างกาย สารสำคัญในกัญชาที่มีฤทธิ์ต่อจิตและประสาทคือ Δ^9-THC จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็น 11-hydroxy-Δ^9 THC (11-OH-THC) ทั้ง Δ^9-THC และ 11-OH-THC เป็นสารที่มีฤทธิ์ต่อจิตและประสาท หลังจากนั้น 11-OH-THC ถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็น 11-nor-9-carboxy-Δ^9- THC (THC-COOH) ซึ่งไม่มีฤทธิ์ต่อจิตและประสาท สารนี้ถูกขับออกทางปัสสาวะในรูป glucuronide conjugate ในการพิสูจน์การได้รับกัญชาเข้าสู่ร่างกายหรือมีการเสพกัญชา โดยสากลใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์ THC-COOH ในปัสสาวะ สำหรับประเทศไทยก็มีการระบุในประกาศคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด กำหนดการพิสูจน์การได้รับกัญชาเข้าสู่ร่างกายโดยการตรวจสารออกฤทธิ์หรือเมแทบอไลท์ของกัญชาที่อยู่ในปัสสาวะ (Official Announcement of the Narcotic Control Board, 2020)



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ต้องสงสัยและผู้เสียชีวิตที่ตัวอย่างปัสสาวะถูกส่งมาตรวจวิเคราะห์สารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท ที่กลุ่มงานพิษวิทยา สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ ระหว่าง 1 ธันวาคม 2564–31 ธันวาคม 2565 จำนวนรวม 2942 ราย โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง

แบ่งกลุ่มตัวอย่าง เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ตรวจไม่พบและกลุ่มที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชา และในส่วนของกลุ่มที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา (1 ธันวาคม 2564-8 มิถุนายน 2565) และกลุ่มที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา (9 มิถุนายน 2565-31 ธันวาคม 2565) ออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบเก็บข้อมูลย้อนหลัง สำหรับบันทึกข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ สัญชาติ พฤติการณ์การตาย และผลการวิเคราะห์เมแทบอไลต์ของกัญชา (THC-COOH) และสารอื่นที่พบร่วมด้วยในปัสสาวะ

การตรวจกัญชาในตัวอย่างปัสสาวะมีขั้นตอน ดังนี้ คือ ตรวจเบื้องต้นด้วยวิธีภูมิคุ้มกันวิทยา โดยใช้ชุดน้ำยา DRI® Cannabinoid Assay สำหรับตรวจสาร 11-nor-9-carboxy-Δ^9-THC (THC-COOH) กับเครื่องมือ Indiko Plus, Thermo Scientific (TM) ซึ่งกำหนดค่าจุดตัด (cut-off) เท่ากับ 50 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ตามประกาศคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติดเรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการตรวจหรือทดสอบว่าบุคคลหรือกลุ่มบุคคลใดมีสารเสพติดอยู่ในร่างกายหรือไม่ (Official Announcement of the Narcotic Control Board, 2020) ค่า Limit of Detection--LOD สำหรับวิธีตรวจเบื้องต้นนี้เท่ากับ 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตัวอย่างปัสสาวะที่ได้ผลบวกเบื้องต้นจะนำไปตรวจยืนยันด้วย

เครื่องมือ LC/MS/MS (Toxtyper®, Bruker) ค่า LOD ของการวิเคราะห์นี้เท่ากับ 5 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลแบบย้อนหลังจากข้อมูลของผู้ต้องสงสัยและผู้เสียชีวิตที่ตัวอย่างปัสสาวะถูกส่งมาตรวจวิเคราะห์เมแทบอไลต์ของกัญชาและสารอื่นที่พบร่วมด้วย ที่กลุ่มงานพิษวิทยา สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ โดยเก็บข้อมูลระหว่าง 1 ธันวาคม 2564–31 ธันวาคม 2565 การวิจัยนี้ได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมและวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลตำรวจ ตามเอกสารรับรองที่ จว.01/2566 วันที่รับรอง 4 มกราคม 2566

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (ความถี่ ร้อยละ) วิเคราะห์ข้อมูลอุบัติการณ์รูปแบบการใช้กัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษด้วยวิธีวิเคราะห์ทางสถิติชนิด Pearson Chi-square test และวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างพฤติการณ์การตายกับการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษ ด้วยวิธีวิเคราะห์ทางสถิติชนิด Fisher's Exact test กำหนดค่า p-value<.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 25

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลอุบัติการณ์การตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ ในช่วง 6 เดือนก่อน (1 ธันวาคม พ.ศ. 2564-8 มิถุนายน พ.ศ. 2565) และ 6 เดือนหลัง (9 มิถุนายน พ.ศ. 2565-31 ธันวาคม พ.ศ. 2565) ยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 แสดงในตาราง 1 พบว่า ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา (1 ธันวาคม 2564-31 ธันวาคม 2565) มีจำนวนผู้ต้องสงสัยและศพที่ส่งตรวจทั้งหมด 2,942 ราย ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาจำนวน 81 ราย (2.75%) โดยในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา (1 ธันวาคม 2564-8 มิถุนายน 2565) ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาจำนวน 32 ราย (2.32%) จากจำนวนที่ส่งตรวจทั้งหมด 1,379 ราย และในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา (9 มิถุนายน 2565-31 ธันวาคม 2565) ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาจำนวน 49 ราย (3.13%) จากจำนวนที่ส่งตรวจทั้งหมด 1,563 ราย ในส่วนของเพศ อายุ สัญชาติ และรูปแบบการใช้กัญชาของผู้ต้องสงสัยและศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชา มีความคล้ายคลึงกันทั้งในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาคือ ส่วนใหญ่พบมากในเพศชายสัญชาติไทย (ตาราง 1) มีอายุระหว่าง 18-59 ปี (ภาพ 2) รูปแบบการใช้กัญชาส่วนใหญ่เป็นการใช้กัญชาร่วมกับสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท แอลกอฮอล์ (ตาราง 2) สารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทที่พบได้แก่ สารกลุ่มแอมเฟตามีน โอพิเอท เบนโซไดอะซีปีนส์ คีตามีน และกระท่อม ส่วนยาอื่น ๆ ที่พบใช้ร่วมกับกัญชาเป็นกลุ่มยาแก้ปวด ได้แก่ พาราเซทตามอล แอสไพริน และทามาดอล อย่างไรก็ตาม ในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา พบแนวโน้มของการใช้กัญชาอย่างเดียวมากขึ้น ในขณะที่การใช้กัญชาร่วมกับยาอื่น ๆ ลดลง เมื่อทดสอบด้วย Pearson Chi-square test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาก่อนและหลังการยกเลิกพืชกัญชากับรูปแบบการใช้กัญชาอย่างเดียว (Pearson Chi-square=.340 df=1 p=.560) รูปแบบการใช้กัญชาร่วมกับสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท แอลกอฮอล์ (Pearson Chi-square=.008 df=1 p=.928) และรูปแบบกัญชาร่วมกับยาอื่น ๆ (Pearson Chi-square=1.091 df=1 p=.296) (ตาราง 2)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 กับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติของศพ พบว่า ศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะมีจำนวนทั้งหมด 65 ราย โดยในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชาพบจำนวน 24 ราย คิดเป็นร้อยละ 36.92 และในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาพบจำนวน 41 ราย คิดเป็นร้อยละ 63.08 ชี้แนวโน้มได้ว่าในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชามีการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะเพิ่มขึ้น

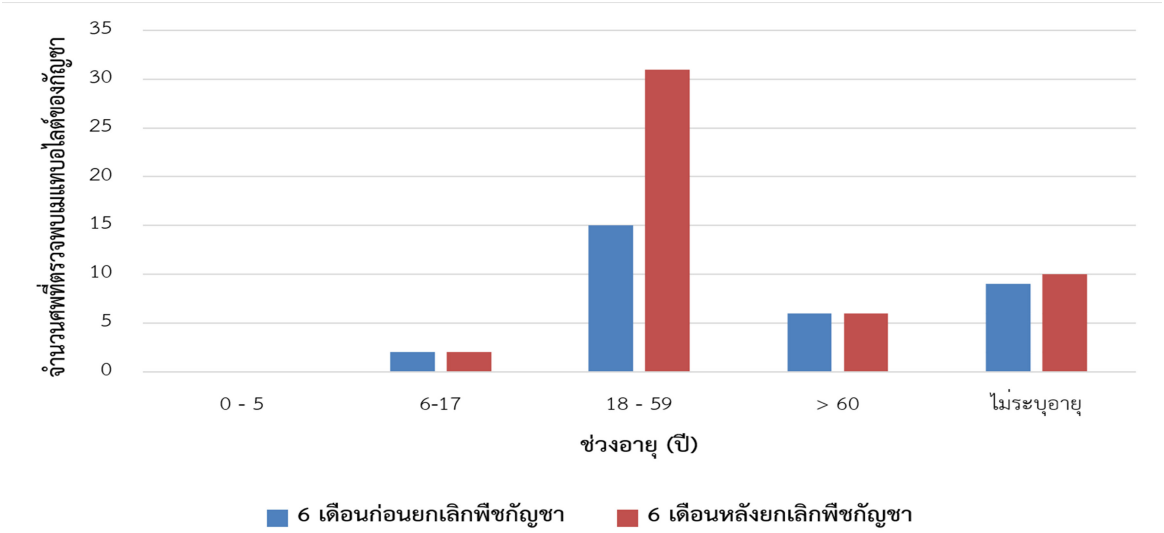
กว่าก่อนยกเลิกพืชกัญชา และศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชามีพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติเพิ่มขึ้นในทุกพฤติการณ์การตาย ได้แก่ การตายโดยยังมิปรากฏเหตุ ตายโดยอุบัติเหตุ ฆ่าตัวตาย และถูกผู้อื่นทำให้ตาย เมื่อเปรียบเทียบกับ 6 เดือน ก่อนยกเลิกพืชกัญชา (ตาราง 3) อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบด้วย Fisher's Exact test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา กับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติ (fisher's exact test=2.126 p=.580)

ตาราง 1

ข้อมูลการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชา เพศ สัญชาติ ของผู้ต้องสงสัยและศพที่ปัสสาวะถูกนำส่งตรวจสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา

ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล	จำนวนผู้ต้องสงสัยและศพที่ ส่งตรวจ	จำนวนผู้ต้องสงสัยและศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชา(ร้อยละ)	เพศ			สัญชาติ		
			ชาย	หญิง	ไม่ระบุ	ไทย	ต่างชาติ	ไม่ระบุ
			จำนวน (ร้อยละ)			จำนวน (ร้อยละ)		
6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา	1379	32 (2.32)	29 (90.63)	0 (0.00)	3 (9.38)	17 (53.13)	6 (18.75)	9 (28.13)
6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา	1563	49 (3.13)	39 (79.59)	2 (4.08)	8 (16.33)	35 (71.43)	4 (8.16)	10 (20.41)

หมายเหตุ - 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (1 ธันวาคม พ.ศ. 2564-8 มิถุนายน พ.ศ. 2565)
- 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (9 มิถุนายน พ.ศ. 2565-31 ธันวาคม พ.ศ. 2565)



ภาพ 2 ช่วงอายุของผู้ต้องสงสัยและศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5

หมายเหตุ - 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (1 ธันวาคม พ.ศ. 2564-8 มิถุนายน พ.ศ. 2565)
- 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (9 มิถุนายน พ.ศ. 2565-31 ธันวาคม พ.ศ. 2565)

ตาราง 2

รูปแบบการใช้กัญชาของผู้ต้องสงสัยและศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะ ในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา

รูปแบบการใช้กัญชาของผู้ต้องสงสัยและศพ	6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา		6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา		P value*
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
กัญชาอย่างเดียว	11	34.38	20	40.82	.560
กัญชาร่วมกับสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท แอลกอฮอล์	16	50.00	25	51.02	.928
กัญชาร่วมกับยาอื่น ๆ	5	15.63	4	8.16	.296
รวม	32	100.00	49	100.00	.553

* ใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติชนิด Pearson Chi-square test

หมายเหตุ - 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (1 ธันวาคม พ.ศ. 2564-8 มิถุนายน พ.ศ. 2565)

- 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (9 มิถุนายน พ.ศ. 2565-31 ธันวาคม พ.ศ. 2565)

ตาราง 3

ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชา (กัญชาเดี่ยวและกัญชาร่วมกับสารอื่น) ในปัสสาวะของศพ ในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา กับพฤติการณ์การตาย

ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลผู้เสียชีวิตที่ตรวจพบแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะ	พฤติการณ์การตาย				
	ตายโดยยังมิปรากฏเหตุ จำนวน (ร้อยละ)	อุบัติเหตุ จำนวน (ร้อยละ)	ฆ่าตัวตาย จำนวน (ร้อยละ)	ถูกผู้อื่นทำให้ตาย จำนวน (ร้อยละ)	รวม จำนวน (ร้อยละ)
6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา	15 (42.86)	7 (36.84)	1 (14.29)	1 (25.00)	24 (36.92)
6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา	20 (57.14)	12 (63.16)	6 (85.71)	3 (75.00)	41 (63.08)
รวม	35 (100.00)	19 (100.00)	7 (100.00)	4(100.00)	65 (100.00)

Fisher's Exact test = 2.126, p = .580

หมายเหตุ - 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (1 ธันวาคม พ.ศ. 2564-8 มิถุนายน พ.ศ. 2565)

- 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา หมายถึง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 (9 มิถุนายน พ.ศ. 2565-31 ธันวาคม พ.ศ. 2565)

การอภิปรายผล

การศึกษานี้พบว่า ในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา (9 มิถุนายน 2565-31 ธันวาคม 2565) ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพมากกว่าในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา (1 ธันวาคม 2564-8 มิถุนายน 2565) แม้ว่าจะเห็นความแตกต่างไม่มากนักก็ตามทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาของการเก็บข้อมูลเพียง 6 เดือนก่อนและหลังยกเลิกพืชกัญชา ดังนั้นหากทำการศึกษาต่อไปในระยะเวลาหลังจากยกเลิกพืชกัญชาที่นานกว่านี้น่าจะได้เห็นข้อมูลความแตกต่างชัดเจนมากขึ้น ในส่วนของข้อมูลเพศ ช่วงอายุ ของผู้ต้องสงสัยและศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะ มีความคล้ายคลึงกันระหว่างก่อนและหลังการยกเลิกพืชกัญชากล่าวคือ ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย และช่วงอายุ 18-59 ปี มีสัญชาติไทย เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลตัวอย่างในประเทศไทย ข้อมูลนี้คล้ายคลึงการศึกษาที่รายงานมาก่อนหน้านี้ที่เป็นข้อมูลก่อนการยกเลิกพืชกัญชา (Sinchai et al., 2022) เช่นเดียวกันในส่วนรูปแบบของการใช้กัญชามีคล้ายคลึงกันระหว่างช่วงก่อนและหลังยกเลิกพืชกัญชากล่าว คือ ส่วนใหญ่เป็นการใช้กัญชาร่วมกับสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท ข้อสังเกตที่อาจเป็นข้อมูลชี้แนวโน้มพฤติกรรมการใช้กัญชาหลังการยกเลิกพืชกัญชา คือ พบแนวโน้มว่ามีการใช้กัญชาอย่างเดียวเพิ่มมากขึ้นในขณะที่การใช้กัญชาร่วมกับยาอื่น ๆ ที่พบในการศึกษานี้เป็นกลุ่มยาแก้ปวด ได้แก่ พาราเซทตามอล แอสไพริน และทรามาดอล มีจำนวนลดลง อาจชี้แนวโน้มว่าหลังการยกเลิกพืชกัญชาออกรายชื่อยาเสพติดให้โทษ การเข้าถึงและใช้กัญชาอาจมีมากขึ้นเพื่อใช้ทดแทนยาระงับปวดที่เคยใช้มาก่อน

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังจากการยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 กับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติของศพ พบแนวโน้มว่าในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชามีการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะเพิ่มขึ้นกว่าก่อนยกเลิกพืชกัญชา และศพที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชามีพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติเพิ่มขึ้นในทุกพฤติการณ์การตาย ได้แก่ การตายโดยยังมิปรากฏเหตุ ตายโดยอุบัติเหตุ ฆ่าตัวตาย และถูกผู้อื่นทำให้ตาย เมื่อเปรียบเทียบกับ 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบด้วย Fisher's Exact test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา กับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติ หากเพิ่มระยะเวลาการเก็บข้อมูลเพื่อให้มีขนาดข้อมูลที่มากขึ้น จะทำให้การเปรียบเทียบอุบัติการณ์และความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วงก่อนและหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายการยาเสพติดกับพฤติการณ์การตายที่มีนัยสำคัญชัดเจนขึ้น อนึ่งการศึกษาเปรียบเทียบอุบัติการณ์การตรวจพบกัญชาในผู้ต้องสงสัยหรือศพในช่วงก่อนและหลังยกเลิกพืชกัญชา ยังมีจำกัดเนื่องจากประเทศไทยเริ่มมีการยกเลิกข้อกฎหมายนี้ไม่นาน (เริ่มบังคับใช้ 9 มิถุนายน 2565) การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษานำร่องเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของการใช้กัญชาหลังจากที่การเข้าถึงกัญชาสะดวกขึ้นและไม่มีความผิดตามกฎหมาย อย่างไรก็ตามในต่างประเทศที่มีการยกเลิกข้อบังคับนี้มาระยะหนึ่งแล้วได้มีการศึกษาที่รายงานการตรวจพบการใช้กัญชาที่เพิ่มมากขึ้นในวัยรุ่น (Whitehill et al., 2019) และตรวจพบมากขึ้นในผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุจราจรทางบก (Borst et al., 2021) หลังจากการยกเลิกการบังคับใช้กัญชาตามกฎหมาย

ในการศึกษานี้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา กับพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติ ซึ่งมีกำหนดในกฎหมายระบุให้มีการชันสูตรพลิกศพ ได้แก่ ฆ่าตัวตาย ถูกผู้อื่นทำให้ตาย ถูกสัตว์ทำร้ายตาย ตายโดยอุบัติเหตุ และตายโดยยังมิปรากฏเหตุ (The Act Promulgating the Panel Code B.E. 2477) ในช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลของการศึกษานี้ไม่มีผู้เสียชีวิตที่มีพฤติการณ์การตายแบบถูกสัตว์ทำร้ายตายถูกส่งมาตรวจสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทเลย ดังนั้นในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จึงพิจารณาเฉพาะ 4 พฤติการณ์การตาย คือ ฆ่าตัวตาย ถูกผู้อื่นทำให้ตาย ตายโดยอุบัติเหตุ และตายโดยยังมิปรากฏเหตุ อนึ่งการศึกษาที่ผ่านมา ก่อนการยกเลิกพืชกัญชาพบว่า ผู้เสียชีวิตที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะส่วนใหญ่มีพฤติการณ์การตายโดยยังมิปรากฏเหตุ รองลงมาคือ อุบัติเหตุ (Sinchai et al., 2022) การศึกษานี้ก็ยัง

พบข้อมูลเช่นเดียวกัน คือ ส่วนใหญ่มีพฤติการณ์การตายโดยยังมิปรากฏเหตุ และรองลงมาคือ อุบัติเหตุ ทั้งช่วง 6 เดือน ก่อนและ 6 เดือน หลังยกเลิกพืชกัญชา อย่างไรก็ตามในช่วง 6 เดือน หลังยกเลิกพืชกัญชามีผู้เสียชีวิตที่ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในทุกพฤติการณ์การตายที่เพิ่มมากขึ้นกว่าช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา ข้อมูลเหล่านี้อาจทำให้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของการให้ข้อมูลความรู้ การจัดให้มีข้อกำหนดที่รัดกุมขึ้น เพื่อให้ประชาชนเกิดความปลอดภัยสูงสุดในกรณีของการใช้กัญชาต่อไปในอนาคต

สรุป

การศึกษานี้ประเมินอุบัติการณ์การใช้กัญชาโดยการตรวจหาเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติการณ์การตายโดยผิดธรรมชาติกับการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือน ก่อนและ 6 เดือน หลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 จากข้อมูลของผู้ต้องสงสัยและศพที่ตัวอย่างปัสสาวะถูกส่งมาตรวจสารเสพติด/วัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทที่สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ พบว่า ในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา (9 มิถุนายน 2565-31 ธันวาคม 2565) ตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในปัสสาวะของผู้ต้องสงสัยและศพ มากกว่าในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิกพืชกัญชา (1 ธันวาคม 2564-8 มิถุนายน 2565) ส่วนใหญ่พบมากในเพศชาย สัญชาติไทย อายุระหว่าง 18-59 ปี รูปแบบการใช้กัญชามีความคล้ายกันทั้งช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชา คือส่วนใหญ่เป็นการใช้กัญชาร่วมกับสารอื่น ผู้เสียชีวิตที่ตรวจพบเมแทบอไลท์ของกัญชาส่วนใหญ่มีพฤติการณ์การตายโดยยังมิปรากฏเหตุ รองลงมาคือ ตายโดยอุบัติเหตุ โดยที่ในช่วง 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชามีการตรวจพบเมแทบอไลท์ของกัญชาในปัสสาวะของศพในทุกพฤติการณ์การตาย มากกว่าในช่วง 6 เดือนก่อนยกเลิก อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Fisher's Exact test ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจพบเมแทบอไลต์ของกัญชาในช่วง 6 เดือนก่อนและ 6 เดือนหลังยกเลิกพืชกัญชาออกจากรายชื่อยาเสพติดให้โทษประเภท 5 กับพฤติการณ์การตาย เสนอแนะให้เพิ่มระยะเวลาการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ต้องสงสัยและผู้เสียชีวิตทุกรายที่ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาใช้ในการศึกษานี้

References

Asbridge, M., Hayden, J. A., & Cartwright, J. L. (2012). Acute cannabis consumption and motor vehicle collision risk: Systematic review of observational studies and meta-analysis. *British Medical Journal, 12*, 344, e536. https://doi.org/10.1136/bmj.e536

Ashton, C. H. (2001). Pharmacology and effects of cannabis: A brief review. *The British Journal of Psychiatry: The Journal of Mental Science, 178*, 101–106. https://doi.org/10.1192/bjp.178.2.101

Borst, J. M., Costantini, T. W., Reilly, L., Smith, A. M., Stabley, R., Steele, J., Wintz, D., Bansal, V., Biffl, W. L., & Godat, L. N. (2021). Driving under the influence: a multi-center evaluation of vehicular crashes in the era of cannabis legalization. *Trauma Surgery Acute Care Open, 6*, e000736. doi:10.1136/tsaco-2021-000736

Carvalho, A. F., Stubbs, B., Vancampfort, D., Kloiber, S., Maes, M., Firth, J., Kurdyak, P. A., Stein, D. J., Rehm, J., & Koyanagi, A. (2019). Cannabis use and suicide attempts among 86, 254 adolescents aged 12-15 years from 21 low-and middle-income countries. *European Psychiatry: The Journal of The Association of European Psychiatrists, 56*, 8–13. https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2018.10.006

Narcotics Act B.E. 2564, (2021, 8 November). *The Royal Thai Government Gazette*. Volume. 138 Part 73, pp. 1-80. Retrieved from https://songkhla.moj.go.th/attachments/20220225121008_76784.PDF (in Thai)

Nicolas, A. C. S., & Lemos, N. P. (2015). Toxicology findings in cases of hanging in the city and county of San Francisco over the 3-year period from 2011 to 2013. *Forensic Science International, 255*, 146–155. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.07.006

Official Announcement of the Ministry of Health, (2022, 9 Feb). *The Royal Thai Government Gazette.* Volume. 139 Part 35, p. 8. Retrieved from http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2565/E/035/T_0008.PDF. (in Thai)

Official Announcement of the Narcotic Control Board, (2020, 17 Jul). *The Royal Thai Government Gazette*. Volume. 137 Part 164, pp. 18-22. Retrieved from http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/164/T_0018.PDF. (in Thai)

Ramaekers, J. G., Berghaus, G., van Laar, M., & Drummer, O. H. (2004). Dose related risk of motor vehicle crashes after cannabis use. *Drug and Alcohol Dependence, 73*(2), 109–119. https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2003.10.008

Sinchai, T., Tungtananuwat, W., O-chongpian, P., Manitsirikul, S., Chaywan, P., & Lawanprasert, S. (2022). Association between the findings of cannabis metabolites and manner of unnatural death in postmortem cases at the Institute of Forensic Medicine, Police General Hospital. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 16*(2), 78-90. (in Thai)

Sharma, P., Murthy, P., & Bharath, S. (2012). Chemistry, metabo lism, and toxicology of cannabis: Clinical implications. *Iran Journal of Psychiatry, 7*(4), 149-156. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3570572/pdf/IJPS-7-149.pdf

Surveillance network on drugs of abuse problem by detecting drugs of abuse from forensic medicine/forensic science. (2021). *Annual report of the epidemiological surveillance of drugs of abuse in forensic medicine according to the national security strategy*. Retrieved from https://nctc.oncb.go.th/manage/researchMgt/import/researchFull/20220908_140703ONCB.pdf. (in Thai)

The Act Promulgating the Panel Code B.E. 2477, (1934, 7 March). *The Royal Thai Government Gazette.* Volume. 52 Part 2, pp. 52-53. Retrieved from http://web.krisdika.go.th/data/law/law4/%BB05/%BB05-20-9999-update.pdf. (in Thai)

Whitehill, J. M., Harrington, C., Lang, C. J., Chary, M., Bhutta, W. A., & Burns, M. M. (2019). Incidence of pediatric cannabis exposure among children and teenagers aged 0 to 19 years before and after medical marijuana legalization in Massachusetts. *JAMA Network Open, 2*(8): e199456. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.9456

การพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล

Graduates Employability Prediction through Rule-Based Classification Techniques with SMOTE in Imbalanced Data Sets

ภรัณยา ปาลวิสุทธิ์[1]* อภินันท์ จุ่นกรณ์[1] มงคล รอดจันทร์[2] และประภาพรรณ เพียรชอบ[3]
Paranya Palwisut[1]*, Apinan Junkorn[1], Mongkol Rodjan[2] and Prapapan Pienchob[3]
[1]สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[1]Department of Data Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]Department of Computer Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
[3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[3]Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
*Corresponding author: paranya@npru.ac.th
Received: June 15, 2023
Revised: July 26, 2023
Accepted: August 3, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ข้อมูลมีความไม่สมดุลของกลุ่มข้อมูล โดยมีจำนวนกลุ่มหนึ่งมากกว่าอีกกลุ่มหนึ่งเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ปัญหาโดยปรับความสมดุลของข้อมูลด้วยวิธีเทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย (Synthetic Minority Over-sampling Technique--SMOTE) แล้วพัฒนาตัวแบบด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎ ได้แก่ RIPPER PART และ PRISM โดยใช้ 5-fold cross validation ในการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลสอนและชุดข้อมูลทดสอบ และได้ใช้ค่าความถูกต้อง (accuracy) ค่าความแม่นยำ (precision) ค่าความระลึก (recall) และค่าความเหวี่ยง (F-measure) ในการวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ของตัวแบบ ผลการทดลองประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของตัวแบบพบว่า ตัวแบบที่ได้จากอัลกอริทึม PRISM ร่วมกับการปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธี SMOTE มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 85.69 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 85.60 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 85.70 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 85.60 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ภาวะการมีงานทำของบัณฑิต การจำแนกข้อมูลด้วยกฎ การสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย

Abstract

This research aims to develop graduates' employability prediction models through rule-based classification techniques with SMOTE in imbalanced data sets. After analyzing the data, a class imbalance problem was found. In order to improve the quality of the data, SMOTE was used to increase the minority class. Then rules-based classification techniques (RIPPER, PART, and PRISM) were used to build the prediction models. Moreover, 5-fold cross-validation was utilized to split the data into the training and test sets. This research has measured performance models with accuracy, precision, recall, and f-measure. The experimental results demonstrated that the PRISM algorithm combined with SMOTE had the highest efficiency, with an accuracy of 85.69%, precision of 85.60%, recall of 85.70%, and f-measure of 85.60%, respectively.

Keywords: graduates employability, rule-based classification, SMOTE

บทนำ

กระแสความเปลี่ยนแปลงของสภาพสังคมและเศรษฐกิจในปัจจุบัน ส่งผลให้ประชากรทุกวัยต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอด ต้องเผชิญกับภาวะการแข่งขันในหลาย ๆ ด้าน เช่น การเข้าทำงานในหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ซึ่งความต้องการของนายจ้างในตลาดแรงงานล้วนต้องการทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ คือ มีความพร้อมทั้งความรู้ความสามารถ ทักษะความชำนาญในงาน ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีความรับผิดชอบ สามารถช่วยพัฒนาองค์กรให้มีการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันการศึกษามีหน้าในการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน ได้เปิดการเรียนการสอนหลักสูตรต่าง ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะผลิตบัณฑิตที่สามารถทำงานตามหน้าที่ในสายการเรียนด้านต่าง ๆ ซึ่งแต่ละปีการศึกษา จะมีบัณฑิตผู้สำเร็จการศึกษาเพื่อเข้าสู่ตลาดแรงงานในสาขาวิชาชีพตามกลุ่มอาชีพต่าง ๆ และตามประเภทงานที่บัณฑิตสนใจ สถาบันการศึกษาจึงมีการจัดเก็บข้อมูลภาวะการมีงานทำของบัณฑิต ว่าสามารถหางานได้หรือไม่ ได้ทำงานที่ตรงกับสาขาที่ศึกษาหรือไม่ ตำแหน่งงานและรายได้เหมาะสมกับวุฒิการศึกษาหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนเพื่อผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ มีศักยภาพในการแข่งขันเข้าทำงาน และสามารถทำงานเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบันและในอนาคตต่อไป

สถาบันอุดมศึกษามีข้อมูลที่ถูกจัดเก็บอยู่เป็นจำนวนมากข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นตามการเติบโตควบคู่กับความทันสมัยของเทคโนโลยีทำให้สามารถเก็บจนเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่และมีข้อมูลสารสนเทศที่มีองค์ความรู้สำคัญซ่อนอยู่ การทำเหมืองข้อมูลจะเป็นกระบวนการค้นหาความสัมพันธ์ รูปแบบ หรือกฎเกณฑ์ โดยนำข้อมูลปริมาณมากจากแหล่งจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ที่เก็บไว้นำมาเข้าสู่กระบวนการวิธีทางคณิตศาสตร์ และสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและจัดการข้อมูล การทำเหมืองข้อมูลนั้นมีเทคนิคที่สามารถประยุกต์ใช้ได้มากมาย โดยได้มีงานวิจัยด้านการศึกษาจากข้อมูลที่มีอยู่ในสถาบันอุดมศึกษาเป็นจำนวนมาก และการทำเหมืองข้อมูลเป็นเครื่องมือช่วยให้ทราบสถานการณ์รูปแบบต่าง ๆ ช่วยเพิ่มโอกาสเลือกที่ส่งเสริมให้ทราบปัจจัยสำคัญเพื่อวางแผนกลไกรองรับการพัฒนาและชี้แจงแนวทาง ตลอดจนสร้างกระบวนการเรียนรู้ระหว่างความสัมพันธ์ต่าง ๆ อย่างมีเป้าหมาย

จากความสำคัญของปัญหา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีมาสกัดเข้ากระบวนการทำเหมืองข้อมูลให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการ

พัฒนาแบบจำลองกฎการการพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล เพื่อให้สถานศึกษาได้นำไปประยุกต์ในการคาดการณ์ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะการมีงานทำและช่วงเวลาในการได้งานทำของบัณฑิตได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1) ภาวะการมีงานทำของบัณฑิต

ภาวะการมีงานทำของบัณฑิต จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ได้กล่าวถึงบัณฑิตปริญญาตรีที่ได้งานทำหรือประกอบอาชีพอิสระ ในคู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับอุดมศึกษา ฉบับปีการศึกษา 2558 สรุปใจความสำคัญได้ว่า บัณฑิตปริญญาตรีที่สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรภาคปกติ ภาคพิเศษ และภาคนอกเวลาในสาขานั้น ๆ ที่ได้งานทำหรือมีกิจการของตนเองที่มีรายได้ประจำสามารถเลี้ยงชีพตนเองได้การนับการมีงานทำนับกรณีการทำงานสุจริตทุกประเภทที่สามารถสร้างรายได้เข้ามาเป็นประจำเพื่อเลี้ยงชีพตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับคู่มือการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสามระดับอุดมศึกษา สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาคู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2557 กล่าวว่า บัณฑิตปริญญาตรีที่สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรภาคปกติ และภาคพิเศษ และภาคนอกเวลา ในสาขานั้น ๆ ที่ได้งานหรือมีกิจการเป็นของตนเองที่มีรายได้ประจำภายในระยะเวลา 1 ปี นับจากวันที่สำเร็จการศึกษา เมื่อเทียบกับบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีนั้น การนับการมีงานทำนับกรณีการทำงานสุจริตทุกประเภทที่สามารถสร้างรายได้เข้ามาเป็นประจำเพื่อเลี้ยงชีพตัวเองได้

2) เหมืองข้อมูล (data mining)

การทำเหมืองข้อมูล Kijsirikul (2002) คือ กระบวนการที่กระทำกับข้อมูลจำนวนมากเพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลนั้น ในปัจจุบันการทำเหมืองข้อมูลได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายประเภท ทั้งในด้านธุรกิจที่ช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร ในด้านวิทยาศาสตร์และการแพทย์รวมทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม การทำเหมืองข้อมูลเปรียบเสมือนวิวัฒนาการหนึ่งในการจัดเก็บและตีความหมายข้อมูล จากเดิมที่มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างง่าย ๆ มาสู่การจัดเก็บในรูปฐานข้อมูลที่สามารถดึงข้อมูลสารสนเทศมาใช้จนถึงการทำเหมืองข้อมูลที่สามารถค้นพบความรู้ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล ซึ่งจุดประสงค์ของการทำเหมืองข้อมูลสามารถใช้ค้นข้อมูลสำคัญที่ปะปนกับข้อมูลอื่น ๆ ในฐานข้อมูลที่ไม่ใช่แค่การสุ่มหา เรียกว่า KDD--Knowledge Discovery in Database หรือการค้นหาข้อมูลด้วยความรู้ มีด้วยกัน 5 รูปแบบ คือ (1) การค้นหากฎความสัมพันธ์ (2) การจำแนกประเภทและการพยากรณ์ (3) การจัดกลุ่มข้อมูล (4) การหาค่าผิดปกติที่เกิดขึ้น และ5) การวิเคราะห์แนวโน้ม

3) การจำแนกข้อมูลด้วยกฎ (rule-based classification)

การจำแนกข้อมูลด้วยกฎ Amphawan (2022) จะเป็นแบบจำลองที่จะแสดงผลด้วยเซตของกฎที่มีลักษณะแบบ ‘IF-THEN’ โดยกฎหนึ่ง ๆ จะถูกแสดงอยู่ในรูปฟอร์มดังนี้

IF condition THEN conclusion

ตัวอย่างเช่น

R1: IF age = youth AND student = yes THEN buys_computer = yes

จากรูปแบบฟอร์มของกฎและตัวอย่างกฎ R1 ข้างต้นจะประกอบไปด้วยข้อมูลสองส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรก ส่วนเงื่อนไข ‘IF’ จะเป็นส่วนที่เรียกว่า ‘rule antecedent’ หรือ ‘precondition’ ประกอบไปด้วยเซตของแอทริบิวต่าง ๆ ประกอบกันเป็นเงื่อนไข ซึ่งจากกฎ R1 จะประกอบไปด้วยแอทริบิวที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของคน 2 แอทริบิวด้วยกัน คือ อายุอยู่ในช่วงหนุ่มสาว (age=youth) และเป็นนักเรียน

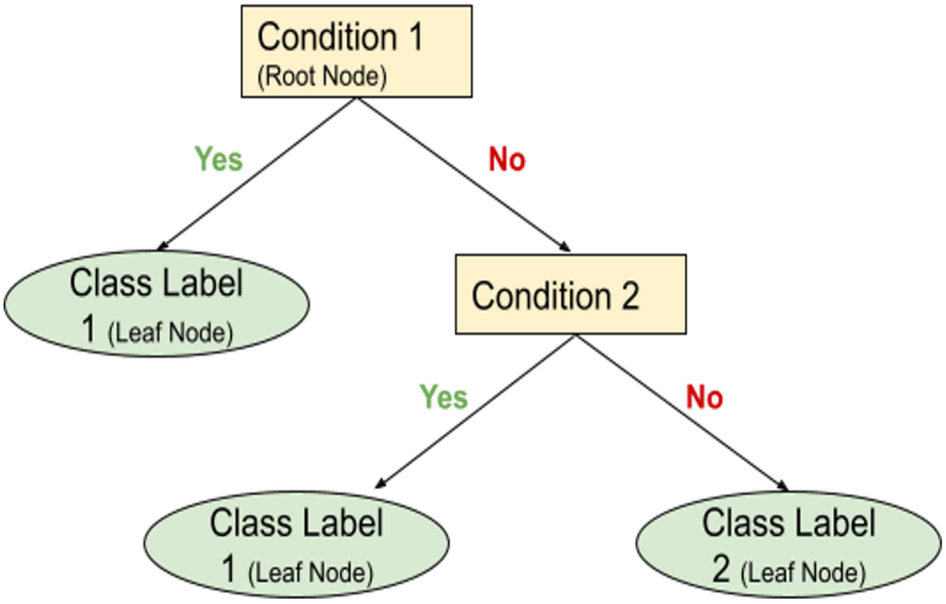
(student=yes) โดยส่วนเงื่อนไขของกฎจะทำการเชื่อมโยงแอทริบิวต่าง ๆ เข้าด้วยกันด้วยเครื่องหมาย AND ที่ซึ่งจะเป็นการบ่งบอกว่าข้อมูลจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ทั้งหมด ในส่วนที่สอง จะเรียกว่า 'rule consequence' ที่จะมีหมวดหมู่ข้อมูลบรรจุอยู่ จากตัวอย่างกฎ R1 ข้างต้นจะทำการทำนายว่า ลูกค้าที่มีคุณลักษณะเช่นไรที่จะทำการซื้อคอมพิวเตอร์ เป็นต้น รูปแบบของการจำแนกข้อมูลด้วยกฎ แสดงได้ดังภาพ 1

การจำแนกข้อมูลด้วยกฎที่นำมาใช้เปรียบเทียบในงานวิจัย จำนวน 3 เทคนิค มีดังนี้

- RIPPER--Repeated Incremental Pruning to Produce Error Reduction Thakur (2020) เป็นการเรียนรู้กฎ ซึ่งมีกระบวนการตัดแต่งกิ่งที่เพิ่มขึ้นซ้ำ ๆ เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดจาการสร้างกฎ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ (1) การเจริญเติบโต (growth) สร้างลำดับของกฎ โดยเพิ่มกฎจนเป็นที่น่าพอใจแล้วจึงหยุดเพิ่ม (2) การตัดแต่งกิ่ง (pruning) ทำการตัดกฎที่ลดประสิทธิภาพการเรียนรู้กฎออก (3) การเพิ่มประสิทธิภาพ (optimization) มีการเพิ่มคุณลักษณะเข้าไปในแต่ละกฎเดิมหรือกฎที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ในขั้นที่ (1) และ (2) และ (4) การเลือกกฎ (selection) เป็นการเลือกกฎที่ดีที่สุดเก็บไว้ และตัดกฎอื่น ๆ ออกไป

- PART Mohamed Salleh and Omar (2012) เป็นเทคนิคการเรียนรู้กฎที่พัฒนาจาก C4.5 และ RIPPER โดยรวมทั้ง 2 เทคนิคเข้าด้วยกัน มีจุดเด่น คือ สามารถเรียนรู้กฎได้เองเหมือนเทคนิค RIPPER และสามารถจัดการกับข้อมูลที่หายไปและคุณลักษณะทางตัวเลขที่ต่างกันได้ดี

- PRISM Chiroma, Liu and Cocea (2018) ได้ถูกแนะนำโดย Cendrowska ที่ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับอัลกอริทึม ID3 ของ Quinlan ซึ่งได้ระบุข้อจำกัดที่สำคัญบางประการของอัลกอริทึม ID3 ซึ่งทำให้การใช้งานไม่เหมาะสมสำหรับหลายโดเมน ดังนั้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้นำเสนออัลกอริทึมที่เรียกว่า PRISM ซึ่งอัลกอริทึมนี้มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างกฎที่ซับซ้อนที่มีเงื่อนไขซ้ำซ้อนจำนวนมาก



ภาพ 1 Rule-Based Classification

Note. From *Rule based data mining classifier: A comprehensive guide 101*, by Hevo Data Inc., 2024, retrieved from https://hevodata.com/learn/rule-based-data-mining/

4) เทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย

Synthetic Minority Over-sampling Technique--SMOTE Chawla (2002) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่ต้องการจำแนกข้อมูลไม่สมดุล ซึ่งข้อมูลมีจำนวนตัวอย่างแตกต่างกันมากในแต่ละคลาส เมื่อทำการจำแนกประเภทจะทำให้มีการเรียนรู้แต่ข้อมูลกลุ่มที่มาก ผลที่ได้ก็จะจำแนกไปในข้อมูลกลุ่มมาก วิธี SMOTE เป็นวิธีการเพิ่มจำนวนข้อมูลประเภทที่มีข้อมูลน้อย ให้เพิ่มปริมาณข้อมูลใกล้เคียงกับประเภทที่มีมากที่สุด โดยสุ่มค่าขึ้นมาหนึ่งค่า และหาค่าระยะห่างระหว่างค่าที่เลือกกับทุก ๆ ค่า เลือกค่าที่ใกล้เคียงที่สุด เช่น กำหนดไว้ 5 ค่า สุ่มค่าจากที่เลือก 1 ใน หลัง เพื่อนำค่าที่ได้มาเพิ่มจำนวนข้อมูล ดังสมการที่ 1

$$x_{new} = x_i + (\hat{x_i} - x_i) \times \delta \quad (1)$$

โดยที่

x_{new} คือ ข้อมูลใหม่

x_i คือ ข้อมูลที่สุ่มในตอนแรก

$\hat{x_i}$ คือ ข้อมูลที่สุ่มมาอีก เช่น สุ่มมาอีก 5 จุด

δ คือ ค่าสุ่มตั้งแต่ 0-1

5) การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบ

การวัดประสิทธิภาพของตัวแบบ ในแต่ละเทคนิควิธีที่นำมาเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง (accuracy) จะต้องทำการเลือกข้อมูลสำหรับเรียนรู้ (training set) และข้อมูลสำหรับทดสอบ (testing set) งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการสุ่มเลือกข้อมูลแบบความเที่ยงตรง k กลุ่ม (k-fold cross validation) การวัดค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองนั้นจะอาศัย Confusion matrix ในการคำนวณค่า

5.1 Confusion Matrix Markoulidakis et al. (2021)

การประเมินผลลัพธ์การทำนาย หรือ ผลลัพธ์จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง ซึ่งจะเป็นตารางแสดงจำนวนของข้อมูลในแต่ละประเภทที่ถูกจำแนกด้วยตัวแบบ

ตาราง 1

ตาราง Confusion Matrix แสดงจำนวนของข้อมูลในแต่ละประเภท

Actual Class	Predicted Class	
	Class = Yes	Class = No
Class = Yes	TP	FN
Class = No	FP	TN

โดยที่

True Positive--TP เป็นจำนวนข้อมูลประเภทเป็นบวกและถูกจำแนกประเภทว่าเป็นบวก

False Positive--FP เป็นจำนวนข้อมูลประเภทเป็นลบ แต่ถูกจำแนกประเภทว่าเป็นบวก

True Negative--TN เป็นจำนวนข้อมูลประเภทเป็นลบและถูกจำแนกประเภทว่าเป็นลบ

False Negative--FN เป็นจำนวนข้อมูลประเภทเป็นบวกแต่ถูกจำแนกประเภทว่าเป็นลบ

5.2 ตัวชี้วัดที่สามารถคำนวณได้จาก Confusion Matrix Markoulidakis et al. (2021)

- ค่าความแม่นยำ (precision) เป็นการวัดความแม่นยำของตัวแบบ โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

$$\text{Precision} = TP/(TP+FP) \quad (2)$$

- ค่าความระลึก (Recall) เป็นการวัดความถูกต้องของตัวแบบ โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

$$\text{Recall} = TP/(TP + FN) \quad (3)$$

ค่าความเหวี่ยง (F-measure) เป็นการวัดค่า Precision และ Recall พร้อมกันของตัวแบบ โดยพิจารณาแยกทีละคลาส

$$\text{F-measure} = (2 \times \text{Precision} \times \text{Recall})/(\text{Precision} + \text{Recall}) \quad (4)$$

- ค่าความถูกต้อง (accuracy) เป็นการวัดความถูกต้องของตัวแบบ โดยพิจารณารวมทุกคลาส คือ จำนวน True Positive ของทุกคลาสรวมกัน

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \quad (5)$$

6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chinjoho Jabjone and Jongmuanwai (2021) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศในการคาดการณ์อาชีพอนาคตของบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศในการคาดการณ์อาชีพอนาคตของบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และศึกษาผลการคาดการณ์อาชีพอนาคตของบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการดำเนินการกับ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ บัณฑิตที่จบการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2546-2560 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง และกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1,178 คน ได้มาจากการสุ่มเลือกแบบแบ่งกลุ่มชั้นหลายขั้นตอน การเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และเทคนิคเหมืองข้อมูลด้วยแบบศึกษาไม่มีโครงสร้าง ในการสังเคราะห์แบบจำลอง ส่วนผลการคาดการณ์อาชีพอนาคตของบัณฑิต ด้วยแบบรายการบันทึกข้อมูลด้านอาชีพของบัณฑิต การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าร้อยละ และใช้หลักการวิเคราะห์แบบสมการเชิงเส้น ในด้านค่าความถูกต้องและค่าความเชื่อมั่น ผลการวิจัย พบว่า องค์ประกอบแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศในการคาดการณ์อาชีพของบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก (1) เทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล (2) เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล (3) เทคนิคการคาดการณ์ข้อมูล โดยแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการคาดการณ์ข้อมูลภาพรวมเฉลี่ยร้อยละ 77.40 ซึ่งอยู่ในระดับสูง และผลการคาดการณ์อาชีพอนาคตของบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วย การเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด (1-3) ได้แก่ อาชีพโปรแกรมเมอร์ อาชีพเจ้าหน้าที่ธุรการ และอาชีพอิสระ ทั้งนี้แบบจำลองสามารถเป็นประโยชน์ของข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกอาชีพในอนาคตสำหรับบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศได้

Wanon, Arreerard and Sanrach (2018) ได้ทำการศึกษาเทคนิคพยากรณ์อาชีพสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาเทคนิคพยากรณ์อาชีพสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลที่เหมาะสม (2) เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์พยากรณ์อาชีพสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลภาวะการมีงานทำของบัณฑิต และข้อมูลระเบียนประวัติของนิสิตระดับปริญญาตรีหลังสำเร็จการศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาย้อนหลัง 5 ปี คือปี 2555–2559 จำนวน 65,335 ระเบียน ในสาขาวิชาทางด้านคอมพิวเตอร์ และมีคุณลักษณะประกอบด้วย ผลการเรียนความสามารถพิเศษ อาชีพของบิดามารดา รายได้ของบิดามารดา เพศ ตำแหน่งงาน ความสอดคล้องสาขา สาขาวิชาทดลองวัดความแม่นยำด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ เทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแรนดอม ฟอร์เรส และเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแบ็กกิง ผลการวิจัยพบว่า ความแม่นยำในการจำแนกประเภทข้อมูลจาก 3 เทคนิค (1) เทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจเท่ากับร้อยละ 81.91 (2) เทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแรนดอมฟอร์เรสเท่ากับร้อยละ 84.29 และ (3) เทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแบ็กกิงเท่ากับร้อยละ 81.71 พบว่า เทคนิคแรนดอมฟอร์เรสให้ความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูลสูงที่สุด

Vilailuck, Jaroenpuntaruk and Wichadakul (2015) ได้วิจัย “การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา” เพื่อพัฒนาคลังข้อมูลและสร้างแบบจำลองทำนายผลการเรียน ของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา โดยใช้ข้อมูลนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างปีการศึกษา 2548–2556 นำมาพัฒนาคลังข้อมูลด้วยโครงสร้างแบบ Snowflake Schema จากนั้นใช้ข้อมูลนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างปีการศึกษา 2556–2556 จำนวน 525 ระเบียน ประกอบด้วย 16 คุณลักษณะ นำมาพัฒนาแบบจำลองทำนาย โดยใช้ชุดข้อมูล 2 แบบ คือ แบบไม่จัดกลุ่ม (original data) และแบบจัดกลุ่ม (cluster data) จำกนั้นทำการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธี Correlation-based Feature Selection และ วิธี Information Gain แล้วใช้เทคนิค Neural Network

แบบ Multi-Layer Perceptron, เทคนิค Support Vector Machine และเทคนิค Decision Tree มาพัฒนาแบบจำลองทำนายพร้อมเปรียบเทียบ และวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี 10-fold Cross Validation พบว่า คลังข้อมูลที่พัฒนาขึ้นผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี และจากการเปรียบเทียบแบบจำลองทำนายโดยชุดข้อมูลแบบไม่จัดกลุ่ม (original data) ที่คัดเลือกด้วยวิธี Correlation-based Feature Selection ร่วมกับเทคนิค Neural Network แบบ Multi-Layer Perceptron จำนวน 5 คุณลักษณะ คือ แผนการเรียน ผลการเรียนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนเฉลี่ยสังคมศึกษา ผลการเรียนเฉลี่ย ภาษาอังกฤษ และผลการเรียนเฉลี่ยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องสูงสุดที่ร้อยละ 94.48 และมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) น้อยที่สุดที่ 0.1880 จากนั้นนำมาพัฒนาระบบพยากรณ์ผลการเรียนด้วยภาษา PHP

Kladkaew (2014) ได้วิจัย “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการเลือกตำแหน่งงานให้สอดคล้องกับความสามารถของบัณฑิต” เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกตำแหน่งงานที่สอดคล้องกับความสามารถบัณฑิตด้วยเทคนิค Logistic Regression Analysis โดยการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิค Decision Tree และเปรียบเทียบความถูกต้องการทำนายระหว่างเทคนิค Logistic Regression Analysis และการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิค Decision Tree จากนั้น ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองช่วยในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งงานให้สอดคล้องกับความสามารถของบัณฑิต จากข้อมูลภาวะมีงานทำบัณฑิตที่สำเร็จปีการศึกษา 2555–2557 จำนวน 1,933 ระเบียน จำนวน 2,825 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง และได้รวบรวมแบบสำรวจข้อมูลภาวะมีงานทำของศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษา และได้แบ่งตำแหน่งงานหรือกลุ่มอาชีพเป็น 8 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยจาก 12 คุณลักษณะ มีผลต่อการเลือกตำแหน่งงานหรือกลุ่มอาชีพมี 4 คุณลักษณะ คือ เพศ คุณวุฒิการศึกษาที่สำเร็จการศึกษา สาขาวิชาที่เรียน และความสามารถพิเศษ ซึ่งมีระดับนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ .05 และจากการวัดค่าประสิทธิภาพตัวแบบด้วยค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำและค่าความระลึก ซึ่งได้วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการพยากรณ์เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล พบว่า เทคนิค Decision Tree อยู่ที่ร้อยละ 57.37 โดยมีค่ามากกว่าเทคนิค Logistic Regression Analysis เล็กน้อยที่ร้อยละ 56.30 จึงได้พัฒนาแบบจำลองระบบสนับสนุนการตัดสินใจการเลือกตำแหน่งงานให้สอดคล้องกับความสามารถของบัณฑิตโดยใช้เงื่อนไข 4 คุณลักษณะดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบจำลองระบบโดยออกแบบส่วนติดต่อประสานงานผู้ใช้ด้วย Microsoft Visual Basic

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ นำเสนอตัวแบบการพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล (SMOTE) ซึ่งเป็นการสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถสร้างความหลากหลายของข้อมูลได้และส่งผลดีต่อการสร้างแบบจำลองต่างจากวิธีการสุ่มลด (under sampling) ที่ทำการลดจำนวนข้อมูลซึ่งอาจไม่เหมาะกับการสร้างแบบจำลองที่ต้องการความหลากหลายของข้อมูล และวิธีการสุ่มเกิน (over sampling) ที่ทำการสุ่มข้อมูลที่มีอยู่แล้วเพิ่มขึ้นมาซึ่งอาจจะส่งผลดีกับข้อมูลที่มีลักษณะไม่ซับซ้อนมากเกินไป โดยมีกรอบแนวคิดแสดงดังภาพ 2

จากกรอบแนวคิดได้มีดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ

1) รวบรวมข้อมูล

2) การเตรียมข้อมูลสำหรับการทำเหมืองข้อมูล

3) พัฒนาตัวแบบพยากรณ์

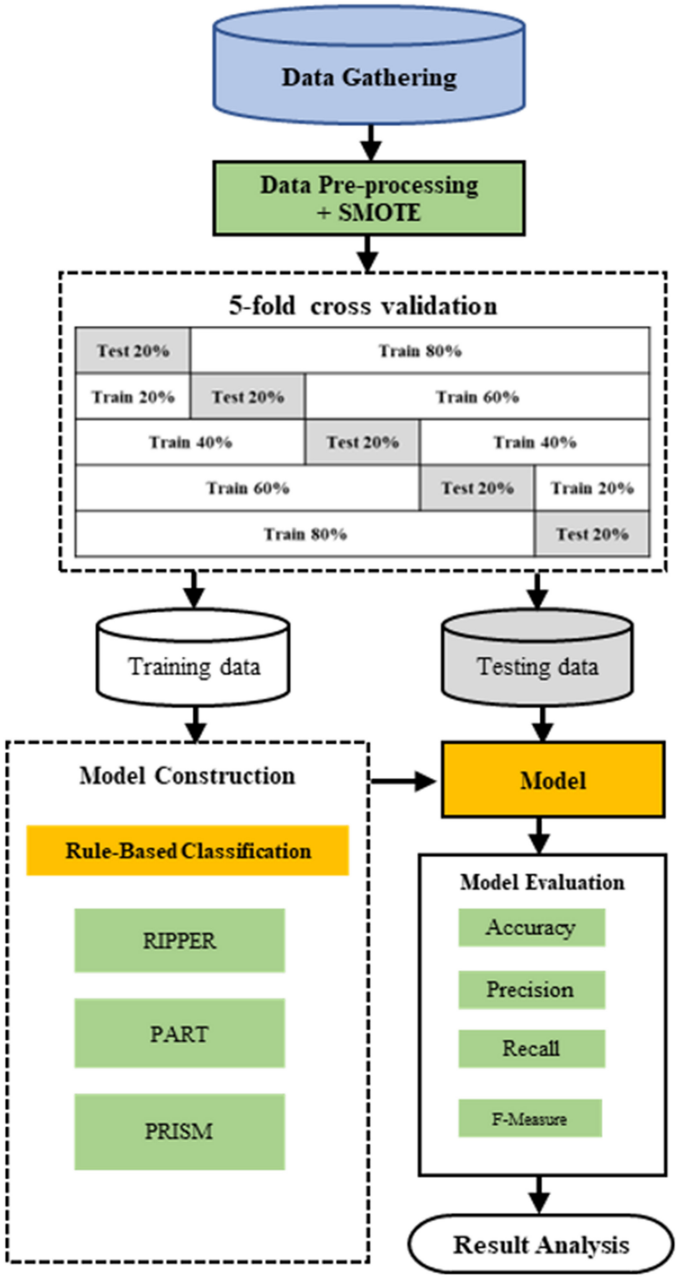
4) การตรวจสอบประสิทธิภาพของตัวแบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวแบบการพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล (SMOTE) มีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล

เป็นขั้นตอนที่เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาวะการมีงานทำที่จะนำมาสร้างตัวแบบ ซึ่งข้อมูลที่ในมาใช้ในการสร้างตัวแบบได้ทำการรวบรวมจากข้อมูลภาวะการมีงานทำของบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 11,971 ระเบียน หลังจากนั้นจะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมมาได้เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูล และพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลทั้งหมดหรือจำเป็นต้องเลือกข้อมูล บางส่วนมาใช้ในการวิเคราะห์ รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย คือ (1) ข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลการศึกษา และ (2) ข้อมูลภาวะมีงานทำของบัณฑิต ดังตาราง 2 โดยตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล ถึงจำนวนข้อมูล คุณลักษณะ ความเป็นไปได้ที่จะนำมาวิเคราะห์ความครบถ้วนในแต่ละข้อมูล



ภาพ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ตาราง 2

รายละเอียดคุณลักษณะ

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
1	Gender	เพศ
		F = หญิง
		M = ชาย
2	Major	สาขาวิชา ยึดสาขาวิชาตาม
		ระบบของ ISCED
		1 = โปรแกรมทั่วไปและคุณสมบัติ
		2 = การศึกษา
		3 = ศิลปะและมนุษย์
		4 = สังคมศาสตร์ วารสารศาสตร์
		และสารสนเทศ
		5 = การบริหารธุรกิจและกฎหมาย
		6 = วิทยาศาสตร์ ธรรมชาติ
		คณิตศาสตร์และสถิติ
		7 = เทคโนโลยีสารสนเทศและ
		การสื่อสาร
		8 = วิศวกรรม, อุตสาหกรรมและ
		การก่อสร้าง
		9 = เกษตรศาสตร์ วนศาสตร์
3	Faculty	การประมงและสัตวแพทย์
		10 = สุขภาพและสวัสดิการ
		คณะที่ศึกษา
		01 = กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และ
		เทคโนโลยี
		02 = กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
		03 = กลุ่มสาขาสังคมศาสตร์และ
		มนุษยศาสตร์
4	Gpax	เกรดเฉลี่ยสะสม
		G1 = 0.00-2.00
		G2 = 2.01-2.50
		G3 = 2.51-3.00
		G4 = 3.01-3.50
		G5 = 3.51-4.00

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
5	Honor	เกียรตินิยม
		First=เกียรตินิยมอันดับ 1
		Second=เกียรตินิยมอันดับ 2
		Non=สำเร็จการศึกษา
6	Hometown	ภูมิภาคของจังหวัดที่เป็น
		ภูมิลำเนา
		Bangkok=กรุงเทพมหานคร
		Central=ภาคกลาง
		North=ภาคเหนือ
		South=ภาคใต้
		Northeast=ภาคะวันออกเฉียงเหนือ
		Eastern=ภาคตะวันออก
		West=ภาคตตะวันตก
7	Jobstatus	สถานภาพการทำงาน
		Full=ทำงานประจำ
		Free=ทำงานอิสระ
8	Jobtype	ประเภทงานที่ทำ
		Gov=ข้าราชการ/เจ้าหน้าที่หน่วยงานรัฐ
		State=รัฐวิสาหกิจ
		Comp=พนักงานบริษัท/องค์กรธุรกิจ/
		เอกชน
		Free=เจ้าของกิจการ/อาชีพอิสระ
		Agri=เกษตรกรรม
		Etc=อื่น ๆ
9	Talent 1	ความสามารถพิเศษ1
		A=ภาษาต่างประเทศ
		B=การใช้คอมพิวเตอร์
		C=กิจกรรมสันทนาการ
		D=ศิลปะ/วัฒนธรรม
		E=นาฏศิลป์/ดนตรีขับร้อง
		F=การสื่อสาร
		G=การคำนวณ
		H=ไม่มี

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
10	Talent 2	ความสามารถพิเศษ2
		A=ภาษาต่างประเทศ
		B=การใช้คอมพิวเตอร์
		C=กิจกรรมสันทนาการ
		D=ศิลปะ/วัฒนธรรม
		E=นาฏศิลป์/ดนตรีขับร้อง
		F=การสื่อสาร
		G=การคำนวณ
		H=ไม่มี
11	Talent 3	ความสามารถพิเศษ3
		A=ภาษาต่างประเทศ
		B=การใช้คอมพิวเตอร์
		C=กิจกรรมสันทนาการ
		D=ศิลปะ/วัฒนธรรม
		E=นาฏศิลป์/ดนตรีขับร้อง
		F=การสื่อสาร
		G=การคำนวณ
		H=ไม่มี
12	Workplace	ภูมิภาคจังหวัดที่ได้งานทำ
		Bangkok=กรุงเทพมหานคร
		Central=ภาคกลาง
		North=ภาคเหนือ
		South=ภาคใต้
		Northeast=ภาคะวันออกเฉียงเหนือ
		Eastern=ภาคตะวันออก
		West=ภาคตะวันตก
13	Salary	เงินเดือน/รายได้เฉลี่ยต่อเดือน
		Low=ต่ำกว่า 10,000
		Medium=10,001 – 30,000
		High=มากกว่า 30,001 ขึ้นไป
14	Match	งานที่ทำตรงกับสาขาที่เรียน
		Yes=ตรง No=ไม่ตรง

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	คำอธิบาย
15	Period	ระยะเวลาการได้งานทำ
		P0=ได้งานทันที
		P1=1–3 เดือน
		P2=4–6 เดือน
		P3=7–9 เดือน
		P4=10–12 เดือน
		P5=มากกว่า 1 ปี
		P6=ได้งานระหว่างศึกษา

จากตาราง 2 คุณลักษณะที่ 15 ระยะเวลาการได้งานทำ เป็นคุณลักษณะที่เป็นกลุ่มของข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกข้อมูล โดยแบ่งออกได้ 7 กลุ่มได้แก่

P0=ได้งานทันที

P1=1–3 เดือน

P2=4–6 เดือน

P3=7–9 เดือน

P4=10–12 เดือน

P5=มากกว่า 1 ปี

P6=ได้งานระหว่างศึกษา

2) การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับทำเหมืองข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้า ดังต่อไปนี้

2.1 การทำความสะอาดข้อมูลและแปลงข้อมูล เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้แล้วนำข้อมูลมาทำการศึกษา พบว่า

- ข้อมูลมีค่าที่หายไป (missing value) กรณีระเบียนนั้นมีข้อมูลที่ขาดหายจำนวนมากได้ใช้วิธีตัดระเบียน (Ignore the tuple) เหล่านั้นออกไป และกรณีระเบียนข้อมูลขาดหายจำนวนเล็กน้อยแก้ไขด้วยการเติมเต็มข้อมูลด้วยการประมาณค่าข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะเติม

ค่าข้อมูลส่วนที่หายไป เช่น ข้อมูลภูมิภาคของจังหวัดที่เป็นภูมิลำเนา ที่ขาดหาย จากเดิม “ ” เปลี่ยนเป็น “ภาคกลาง” เป็นต้น

- ข้อมูลที่มีความผิดปกติ (outliers) ข้อมูลรบกวน (noisy data) ข้อมูลมีความไม่สอดคล้องกัน (inconsistent data) โดยจัดการให้มีความถูกต้องสมบูรณ์

- การแปลงข้อมูล ในขั้นตอนการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้โปรแกรม Weka มาใช้ในการสร้างตัวแบบซึ่งต้องจัดเตรียมแฟ้มงาน ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ arff ตัวอย่างดังภาพ 3 มาใช้ในงานวิจัย

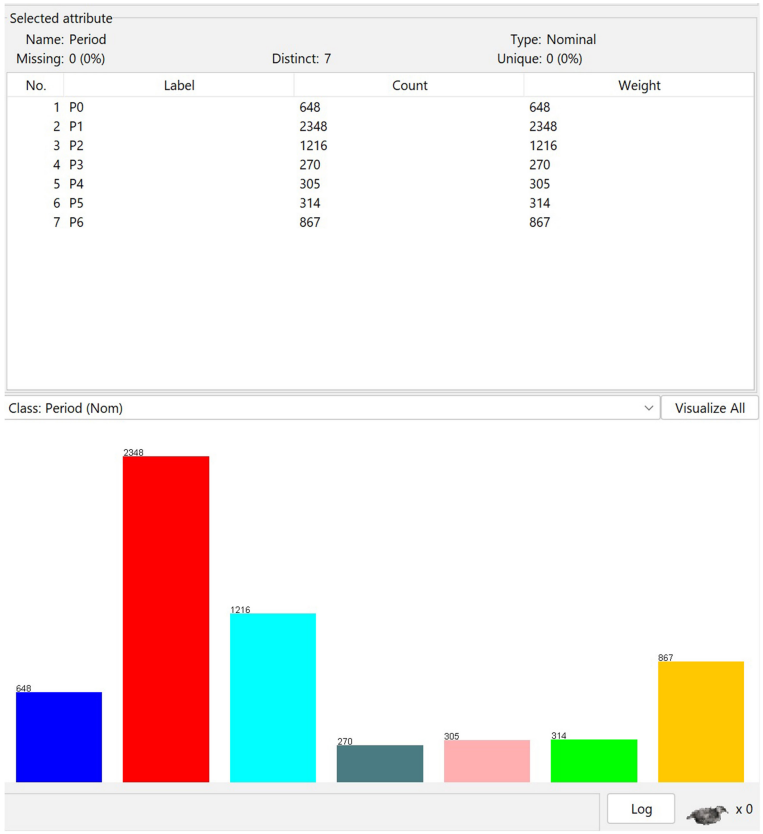
2.2 การสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย SMOTE ซึ่งในงานวิจัยได้ทำการเทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย SMOTE ใน class ที่มีจำนวนข้อมูลน้อย ได้แก่ class P0 P2 P3 P4 P5 และ P6 ตัวอย่างดังภาพ 4

หลังจากทำการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย ด้วยเทคนิค SMOTE ผลที่ได้ class ที่ทำการสุ่มเพิ่มตัวอย่างจะมีข้อมูลที่ไม่ต่างกันมาก ดังภาพ 5

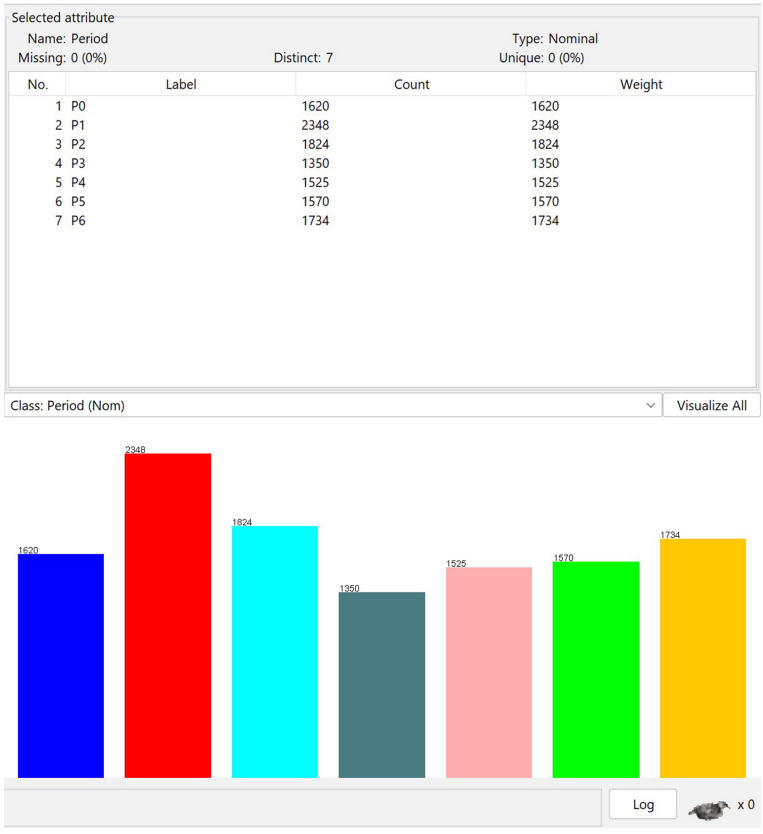
```
@relation npru-finnish

@attribute Gender {M,F}
@attribute Major {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}
@attribute Faculty {1,2,3}
@attribute Gpax {G4,G5,G2,G1,G3}
@attribute Honor {Non,Second,First}
@attribute Hometown {West,Central,Eastern,Bangkok,South,Northeast,North}
@attribute Jobstatus {Full,Free}
@attribute Jobtype {Comp,Free,Gov,Etc,State,Agri}
@attribute Talent1 {A,D,H,B,C,G,E,F}
@attribute Talent2 {H,C,B,F,G,D,E,A}
@attribute Talent3 {F,D,B,H,A,G,C,E}
@attribute Workplace {Central,Northeast,West,Bangkok,South,North,Eastern}
@attribute Salary {Medium,High,Low}
@attribute Match {Yes,No}
@attribute Period {P0,P1,P2,P3,P4,P5,P6}

@data
M,2,1,G4,Non,West,Full,Comp,A,H,F,Central,Medium,Yes,P0
F,3,2,G5,Non,Central,Full,Comp,D,H,D,Central,Medium,Yes,P0
F,4,1,G4,Non,Eastern,Full,Free,A,C,B,Central,High,No,P0
F,2,1,G4,Non,Bangkok,Full,Comp,H,H,H,Central,High,No,P0
M,2,1,G2,Non,West,Free,Free,B,B,H,Northeast,Medium,Yes,P0
F,6,1,G2,Non,Eastern,Full,Gov,C,F,A,West,High,No,P0
F,3,1,G4,Non,Central,Full,Comp,D,B,G,Bangkok,High,No,P0
M,1,1,G4,Non,South,Full,Etc,C,B,B,South,Medium,No,P0
F,4,1,G2,Non,Bangkok,Full,Comp,H,G,H,Central,Medium,No,P0
F,2,3,G1,Non,Bangkok,Full,Comp,H,F,H,Central,Medium,No,P0
F,6,1,G3,Non,West,Free,Comp,C,G,B,Bangkok,High,No,P0
F,3,3,G4,Second,Central,Free,State,H,F,H,Central,Medium,Yes,P0
M,4,3,G4,Non,Central,Free,Comp,C,H,A,Bangkok,High,Yes,P0
M,2,1,G3,Non,Central,Free,Comp,D,D,B,Central,Low,Yes,P0
M,4,2,G3,Non,West,Free,Free,H,H,C,Central,Medium,Yes,P0
F,8,3,G4,Non,Northeast,Full,Agri,B,E,C,South,High,No,P0
M,2,2,G2,Non,West,Free,Free,G,B,F,West,High,Yes,P0
```

Normal text file | length : 332,320 lines : 5,988 | Ln : 1 Col : 16 Pos : 16 | Unix (LF) | UTF-8 | IN

ภาพ 3 แปลงข้อมูลให้อยู่ในไฟล์ arff



ภาพ 4 แสดงจำนวนข้อมูลในแต่ละคลาส



ภาพ 5 จำนวนข้อมูลคลาสที่ได้ปรับด้วย SMOTE

3) การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ (modeling)

พัฒนาตัวแบบพยากรณ์ โดยได้ทำการเปรียบเทียบเพื่อหาเทคนิคในการคาดการณ์ภาวะการมีงานทำด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีสุด การจำแนกข้อมูลด้วยกฎที่นำมาใช้เปรียบเทียบในงานวิจัย จำนวน 3 เทคนิค ได้แก่ RIPPER PART และ PRISM ซึ่งทำงานร่วมกับ เทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย SMOTE

4) การตรวจสอบประสิทธิภาพตัวแบบ (evaluation)

ในการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบในแต่ละเทคนิควิธีที่นำมาเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง จะต้องทำการเลือกข้อมูลสำหรับเรียนรู้ และข้อมูลสำหรับทดสอบ งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการสุ่มเลือกข้อมูลแบบความเที่ยงตรง 5 กลุ่ม (5-fold cross validation) เป็นการวัดประสิทธิภาพตัวแบบซึ่งจะจำแนกประเภทข้อมูลด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วนจำนวนเท่า ๆ กัน แบ่งเป็นข้อมูลสอน 4 ส่วนและอีก 1 ส่วนเพื่อทดสอบจะทำวนซ้ำสลับครบ 5 รอบ วิธีนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากมีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ยังเหมาะสมกับข้อมูลที่มีปริมาณไม่มาก

ผลการวิจัย

การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยกฎร่วมกับวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อยบนชุดข้อมูลที่ไม่สมดุล (SMOTE) ในงานวิจัยนี้ได้เลือกการจำแนกข้อมูลด้วยกฎที่นำมาใช้เปรียบเทียบในงานวิจัย จำนวน 3 เทคนิค ได้แก่ RIPPER PART และ PRISM ซึ่งทำงานร่วมกับ เทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย SMOTE โดยการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบจากค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความเหวี่ยง ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลแบบดั้งเดิมและข้อมูลที่ได้ปรับปรุงด้วยเทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างกลุ่มน้อย SMOTE สรุปได้ดังตาราง 3

เทคนิค RIPPER ผลการวัดประสิทธิภาพอัลกอริทึม RIPPER โดยใช้ข้อมูลแบบดั้งเดิม ได้ดังนี้ ค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 52.19 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 58.70 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 52.20 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 48.70 และข้อมูลที่ปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธี SMOTE ได้ดังนี้ ค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 73.74 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 72.70 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 73.70 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 73.10

เทคนิค PART ผลการวัดประสิทธิภาพอัลกอริทึม PART โดยใช้ข้อมูลแบบดั้งเดิม ได้ดังนี้ ค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 62.62 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 60.70 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 62.60 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 61.40 และข้อมูลที่ปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธี SMOTE ได้ดังนี้ ค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 78.62 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 79.80 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 78.60 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 78.90

เทคนิค PRISM ผลการวัดประสิทธิภาพอัลกอริทึม PRISM โดยใช้ข้อมูลแบบดั้งเดิม ได้ดังนี้ ค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 73.84 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 73.60 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 73.00 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 73.10 และข้อมูลที่ปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธี SMOTE ได้ดังนี้ ค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 85.69 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 85.60 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 85.70 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 85.60

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม พบว่า ตัวแบบที่ได้จากอัลกอริทึม PRISM ร่วมกับการปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธี SMOTE มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 85.69 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 85.60 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 85.70 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 85.60 และตัวอย่างกฎที่สกัดได้จากอัลกอริทึม PRISM ดังภาพ 6

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเลือกตัวแบบจากอัลกอริทึม PRISM ร่วมกับการปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธี SMOTE ไปพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตต่อไป

ตาราง 3

ผลการทดลองในแต่ละอัลกอริทึม (ร้อยละ)

ค่าประสิทธิภาพจากการทดสอบตัวแบบ				
Algo-rithm	Ac-cu-racy	Pre-cision	Re-call	F-measure
Rule-Based Classification				
RIPPER	52.19	58.70	52.20	48.70
PART	62.62	60.70	62.60	61.40
PRISM	73.84	73.60	73.00	73.10
Rule-Based Classification + SMOTE				
RIPPER	73.74	72.70	73.70	73.10
PART	78.62	79.80	78.60	78.90
PRISM	85.69	85.60	85.70	85.60

If Major = 10 and Talent3 = B and Hometown = North then P0
If Gpax = G5 and Major = 5 and Talent1 = F then P0
If Honor = First and Talent2 = A and Major = 5 then P1
If Honor = First and Major = 3 and Talent1 = C then P2
If Faculty = 1 and Talent2 = F and Gpax = G2 and Talent1 = H and Major = 6 then P3
If Major = 10 and Talent1 = G and Faculty = 3 and Gender = F then P4

ภาพ 6 ตัวอย่างกฎที่ได้จากอัลกอริทึม PRISM

การอภิปรายผล

จากการทดลองโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลในการพัฒนาระบบพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตและแก้ปัญหาข้อมูลไม่สมดุลด้วยเทคนิค SMOTE พบว่า

การแก้ปัญหาข้อมูลไม่สมดุลด้วยเทคนิค SMOTE สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ตัวแบบเพิ่มขึ้นในทุกเทคนิคที่ได้นำมาเปรียบเทียบ เมื่อพิจารณาเป็นด้าน สามารถสรุปได้ว่า ค่าความถูกต้อง เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 16.47 ค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 15.03 ค่าความระลึกเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 16.73 และค่าความเหวี่ยงเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 18.13

ตัวแบบคาดการณ์จากเทคนิค PRISM เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์สูงที่สุด ซึ่งเทคนิค PRISM เป็นเทคนิคที่มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างกฎที่ซับซ้อนที่มีเงื่อนไขซ้ำซ้อนจำนวนมาก และเมื่อได้ทำการปรับสมดุลของข้อมูลด้วยวิธี SMOTE แล้วทำให้ประสิทธิภาพการพยากรณ์เพิ่มขึ้นอีก โดยมีค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 85.69 ค่าความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 85.60 ค่าความระลึกเท่ากับร้อยละ 85.70 และค่าความเหวี่ยงเท่ากับร้อยละ 85.60 จึงเป็นตัวแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตต่อไป

เมื่อพิจารณาจากกฎที่ได้ ตัวอย่างเช่น กรณีที่ได้งานทำทัน จากตัวอย่างกฎที่ได้สามารถแปลได้ ดังนี้

- if major =10 and talent3 = b and Hometown = north then P0

ถ้า สาขาวิชา = สุขภาพและสวัสดิการ ความสามารถพิเศษ 3 = การใช้คอมพิวเตอร์ ภูมิลำเนา = ภาคเหนือ แล้ว ระยะเวลาการได้งานทำ คือ ได้งานทันที

- Gpax = g5 and Major =5 and Talent1 =f then P0

ถ้า เกรดเฉลี่ยสะสม = 3.51-4.00 สาขาวิชา = การบริหารธุรกิจและกฎหมาย ความสามารถพิเศษ 1 = การสื่อสาร แล้ว ระยะเวลาการได้งานทำ คือ ได้งานทันที

- if Hometown = West and Major = 1 and Jobtype = Comp and Gpax = G4 then P0

ถ้า ภูมิลำเนา = ภาคตะวันตก สาขาวิชา = โปรแกรมทั่วไป ประเภทงานที่ทำ = พนักงานบริษัท/องค์กรธุรกิจ/เอกชน เกรดเฉลี่ยสะสม = 3.01 - 3.50 แล้ว ระยะเวลาการได้งานทำ คือ ได้งานทันที

ข้อเสนอแนะ

การสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์คำตอบหรือผลลัพธ์นั้น ปัจจัยที่มีความสำคัญซึ่งต้องคำนึงถึง คือ จำนวนข้อมูลของกลุ่มคำตอบหรือผลลัพธ์ต้องมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน หรือที่เรียกว่าปัญหาข้อมูลไม่สมดุล แบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ ข้อมูลกลุ่มน้อย และข้อมูลกลุ่มมาก ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับได้กับข้อมูลทุกประเภท เมื่อต้องการทำการจำแนกประเภทข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้เมื่อทำการจำแนกข้อมูลจะถูก

จำแนกไปในกลุ่มข้อมูลกลุ่มมาก ซึ่งผู้วิจัยต้องหาเทคนิคหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาเพื่อให้สามารถพยากรณ์คำตอบหรือผลลัพธ์ได้มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามตัวแบบคาดการณ์ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นเป็นเพียงการใช้เทคนิคหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูลจากหลากหลายเทคนิคที่มีอยู่ ในอนาคตหากมีการพัฒนางานวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอาจจะนำเทคนิคอื่น ๆ และเพิ่มกลุ่มตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยราชภัฏต่าง ๆ หรือมหาวิทยาลัยของรัฐในกลุ่มอื่นเช่น ราชมงคล หรือ มหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐเพิ่มเติมมาทำการทดลองเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ตัวแบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

References

Amphawan, K. (2022). *Data mining*. Retrieved from https://staff.informatics.buu.ac.th/~komate/886464/%5B6%5D-Classification.pdf. (in Thai)

Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmayer, W. P., (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. *Journal of Artificial Intelligent Research, 16*(2002), 321-357. https://doi.org/10.1613/jair.953

Chinjoho, P., Jabjone S., & Jongmuanwai, B. (2021). Developing information technology model into future careers forecast of graduate information technology major in Nakhonratchasima Rajabhat University. *Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University, 8*(2), 20–32. (in Thai)

Chiroma, F., Liu, H., & Cocea, M. (2018). Suiciderelated text classification with prism algorithm. *2018 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), Chengdu, China, 2018,* (pp. 575-580). China: IEEE. doi: 10.1109/ICMLC.2018.8527032.

Hevo Data Inc. (2024). *Rule based data mining classifier: A comprehensive guide 101*. Retrieved from https://hevodata.com/learn/rule-based-data-mining/

Li, X., & Liu, B. (2014). *Rule-based classification*. Retrieved from https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=8557fde1e865f0dcc209468ccaf94f12a04b7835.

Kijsirikul, B. (2002). *Data mining algorithm*. Bangkok: Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Thailand. (in Thai)

Kladkaew, S. (2014). *Decision support systems for selecting careers in accordance with the ability of the graduates* (Master's thesis). Ramkhamhaeng University. Bangkok (in Thai)

Markoulidakis, J., Rallis, I., Georgoulas, I., Kopsiaftis, G., Doulamis, A., & Doulamis, N. (2021). Multiclass confusion matrix reduction method and Its application on net promoter score classification problem. *Technologies 2021, 9*, 81. doi: 10.3390/technologies9040081

Mohamed, W. N. H. W., Salleh, M. N. M., & Omar, A. H. (2012). A comparative study of reduced error pruning method in decision tree algorithms. *2012 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, Penang, Malaysia, 2012* (pp. 392-397). Malaysia: IEEE. doi: 10.1109/ICCSCE.2012.6487177.

Thakur, S. (2020). Detection of malicious URLs in big data using RIPPER algorithm. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), 8*(4), 767-771. https://ijcrt.org/papers/IJCRT2004096.pdf

Vilailuck, S., Jaroenpuntaruk, V., & Wichadakul, D. (2015). Utilizing data mining techniques to forecast student academic achievement of Kasetsart University Laboratory School Kamphaeng Saen Campus Educational Research and Development Center. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University, 2*(2), 1-17. (in Thai)

Wanon, S., Arreerard T., & Sanrach, C. (2018). A study of techniques in predicting career counseling for undergraduate students of the computer program by using data mining technique. *Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University, 5*(1), 164–171. (in Thai)

Improving Performance of Using Machine Learning Techniques and Application for Perceiving Tourists' Hotel Staying Behaviors
การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องและแอปพลิเคชัน ในการรับรู้พฤติกรรมการเข้าพักในโรงแรมของนักท่องเที่ยว

Duangchan Siharad[1]* and Anupong Sookprasert[2]
ดวงจันทร์ สีหาราช[1]* และอนุพงษ์ สุขประเสริฐ[2]
[1]Major of Computer Science, Faculty of Science and Technology,
Phetchabun Rajabhat University
[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[2]Major of Information Technology and Communication, Faculty of Science and Technology,
Phetchabun Rajabhat University
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
Received: June 19, 2023
Revised: August 22, 2023
Accepted: August 30, 2023

Abstract

Not responding to consumer needs in the hotel business leads to decreased satisfaction, negative word-of-mouth, and inefficient resource allocation. Machine learning can be applied to analyzing and predicting guests' needs and feelings to improve hotel services. This research aimed to (1) improve and assess the performance of using machine learning techniques for perceiving tourists' hotel staying behaviors and (2) develop an application for connecting the predictive model to hotel businesses. The dataset was collected from 300 tourists' opinions by Google Form. The data imputation used the K-Nearest Neighbors Algorithm--KNN, and some effective features were selected for training by information gain. The selected features were sent to train and test performance by machine learning algorithms including Decision Trees--DT, K-Nearest Neighbors Algorithm--KNN, Neural Networks--NN, and Support Vector Machines--SVM. This research found that the best-performing machine learning algorithm for predicting tourists' repeated hotel stays and hotel recommendations for other people was KNN. The KNN with k=3, k=5, and k=7 can give higher prediction accuracy than other algorithms at 98.67%. The KNN was implemented to serve hotel businesses via the friendly web application.

Keywords: machine learning, web application, hotel staying behavior, tourist

บทคัดย่อ

การไม่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในธุรกิจโรงแรมทำให้ความพึงพอใจลดลง การบอกต่อในเชิงลบ และการจัดสรรทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ การเรียนรู้ของเครื่องสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ และคาดการณ์ความต้องการและความรู้สึกของผู้เข้าพักเพื่อพัฒนาการบริการของโรงแรม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ปรับปรุงและประเมินประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการเรียนรู้ด้วยเครื่องเพื่อรับรู้พฤติกรรมการเข้าพักโรงแรมของนักท่องเที่ยว และ (2) พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับเชื่อมต่อแบบจำลองการคาดการณ์สำหรับธุรกิจโรงแรม รวบรวมชุดข้อมูลจากข้อมูลความคิดเห็นของนักท่องเที่ยว 300 คน โดย Google Form ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกทำความสะอาดโดยการใส่ข้อมูลด้วยอัลกอริทึมเคเนียร์เรสเนสเบอร์ใช้เทคนิคการแปลงข้อมูล และการเลือกคุณสมบัติที่มีประสิทธิภาพสำหรับการฝึกแบบจำลองการคาดการณ์ด้วยเทคนิคอินฟอร์เมชันเกน คุณลักษณะที่ได้รับเลือกถูกส่งไปฝึกอบรมและทดสอบประสิทธิภาพโดยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ ต้นไม้การตัดสินใจ เคเนียร์เรสเนสเบอร์ นิวรอลเน็ตเวิร์ค และซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชิน งานวิจัยนี้พบว่าอัลกอริธึมการเรียนรู้ของเครื่องที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับการทำนายการเข้าพักโรงแรมซ้ำของนักท่องเที่ยว และการแนะนำโรงแรมสำหรับบุคคลอื่น ๆ คือ เคเนียร์เรสเนสเบอร์ โดยสามารถให้ความแม่นยำในการทำนายสูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ ที่ 98.67% และถูกนำมาใช้เพื่อให้บริการธุรกิจโรงแรมผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่เป็นมิตรกับผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: การเรียนรู้ของเครื่อง เว็บแอปพลิเคชัน พฤติกรรมการเข้าพักในโรงแรม นักท่องเที่ยว

Introduction

In 2023, the hotel and accommodation sectors in Thailand have faced high competition from increasing new tourist attractions and the number of new accommodation openings. While the business cost trend of entrepreneurs includes product price, energy, as well as financial cost as interest rates are still rising. These factors build challenges to prepare effective hotels' business plan for serving it in current and future time. From surveying results of Kasikorn Research Center (2023) concluded that the business hotels in Thailand are still watched out to recovery of business. The occupancy rate of hotels in whole country in year 2023 are around 52%-60%, it still lower than the year 2019, which was around 70.08%. While the income from hotel and accommodation businesses in Thailand in 2023 are around five to six billion baht, it is lower than before the outbreak of COVID 19.

In Phetchaboon province where is the area in operating this research. There are a lot of country tourists and foreign tourists who have visited in the natural tourism areas. The hotel businesses in the area face high competition same as other tourism provinces. Consequently, the hotel business entrepreneurs must develop motivation factors for offering good services to tourist in staying their hotels such as having beautiful buildings, comfortable and modern furniture and instruments, employees have services mind, and good food taste and clean room, the hotel should be near well-known tourism places and souvenir shops. (Bian & Huang, 2015). Tourist behaviors during hotel stays encompass the actions and behaviors include the check-in and check-out processes, room selection preferences, facility usage, interactions with staff, feedback, complaints, online reviews, length of stay, booking channels, special requests, repeat visits, and loyalty (Zhang

et al., 2014). The tourists' opinions data which was collected from who used to stay in hotels. It is useful information to analyze and predict tourists' hotel staying behaviors for improving the hotels' quality of services and offering suitable services to tourists.

Machine learning techniques are in a form of classification and clustering algorithm. It can be used for building predictive modeling for supporting decision making in planning hotel business management of entrepreneurs. In Runggaldier et al. (2023) used the correspondence history of a large booking management system for examining the features of quotation requests from hotel guests such as the length of stay, the number and type of guests, and their country of origin in order to learn and predict their actual booking behavior. In Alsayat and Ahmadi (2022) developed a hybrid methodology based on supervised learning, text mining, and segmentation machine learning approaches to analyze big social data on travelers' decision-making regarding hotels in Mecca, Saudi Arabia by suing machine learning algorithms include support vector regression with Sequential Minimal Optimization--SMO, latent Dirichlet allocation--LDA, and k-means approaches to develop the hybrid method. This research results lead to build strategies for hotel managers and provide to enhance their service quality and improve customer satisfaction. From reviewing several related research works in machine learning for hotel aspect, they did not yet study to cover the feature selection and feature dimension reduction method for effectively training predictive model. Most collected hotel staying dataset from both internal application and questionnaire that often consisted of a lot of features which are not related to the target class. It certainly affect spending long tome for training model and getting model's unsatisfied accuracy.

From problem of having large dimension of features, it may occur overloading of training sample data and spend long time in training model process (Alomari el al., 2023). It leads to propose the feature selection method which was used to select some effective features for training model by information gain technique for dataset which was operated by the data imputation and the data conversion technique. The information gain is a straightforward and easy-to-understand method. It is particularly useful for feature selection in data preprocessing. It helps identify the most relevant features, reducing the dimensionality of the dataset and improving the efficiency and performance of machine learning algorithms. Incomplete datasets can have adverse effects on the accuracy of machine learning models, reduce the effective sample size, have bias in estimates, and lead to overfitting and increased variance. KNN data imputation can handling missing datasets to be effective and complete data (Chen et al., 2020).

This research also presented using machine learning algorithm for predicting tourists' hotel staying behaviors to offer suitable services for their needs. This research also developed the effective predictive modelling which was connected with the web application' s user interfaces for comfortably accessing it by users with different abilities.

Objective

1. To improve and assess the performance of using machine learning techniques for perceiving tourists' hotel staying behaviors

2. To develop the application for connecting the predictive model for hotel businesses.

Literature review

The ability of artificial intelligence system could be used to collect dataset from points of tourism and create a model with machine learning algorithms. At present, AI is widely applied in tourism research, such as in resource management of tourism companies (Casteleiro-Roca et al., 2018) and forecast for flow and arrival of tourists (Zhang et al., 2020). Machine Learning--ML is the core processing algorithm in AI technology. It was used with the statistical analysis methods in many tourism research works such as clustering the tourists into groups by using key parameters of profiles such as age, frequency of vacations, and the period between the reservation and the vacation by K-mean (Yildirim et al., 2022), analyzing and extracting sentiment features of tourist online reviews by the Long Short-Term Memory--LSTM framework (Fu & Pan, 2022) and finding correlation of increasing number of tourist visits through tourist attraction and quality of experience by Spearman Rank correlation method, it was showed that the tourist attraction and the quality of the experiences had a positive effect on the interest of tourist to visit the D'Dieuland tourist attraction (Anggraeni et al., 2022). AI can handle with complex processing and manage large amount of data [10]. In general, AI algorithm works on the backend side which creates rules for the operation of software backend (Singhal & Sharma, 2022; Fan et al., 2021; Roberson et al., 2022)

Tourists and other general users cannot really utilize it. For fully open utilization, AI must be connected to application and dashboard system. As in the research of Fariza Abu Samah et al. (2022), a web-based dashboard model was connected with Machine Learning--ML and put to real use through real-time API to present diagram and graph tools. The dashboard responded to the system to present visuals and other significant information (Durazo-Cardenas et al., 2022). The developed dashboard in mobile application for tourists consisted of only 4 functions: present location, place information, searched destinations, and log-out (Saad, 2022). The dashboard can help tourists to access the ability of artificial intelligence effectively.

Tourist behaviors during hotel stays encompass the actions and preferences displayed by tourists. These behaviors include the check-in and check-out processes, room selection preferences, facility usage, interactions with staff, feedback, complaints, online reviews, length of stay, booking channels, special requests, repeat visits, and loyalty. Understanding and analyzing these behaviors helps hotels improve services, personalize offerings, and enhance guest satisfaction to build lasting relationships with customers (Zhang et al., 2014)

Methodology

The research methodology was classified in 6 part as follows.

1. Data collection

The tourists' hotel staying behaviors was collected by Google form with 300 tourists in tourism places in Phetchabun province. In this data collection step, the samples were selected from who have participated in traveling on overnight trips at Phetchabun province at least three times in year 2022 to 2023. In Giesemann el al. (2023) proposed a minimum sample size and training sample should contain at least 300 cases. The collected data consisted of 21 total features and 2 classes including 3 tourist basic information

features, 15 hotel staying behavior and expectation features, and 3 satisfaction level and place review features. In taking care of open question features are impressive hotel and review feature was operated as follows; (1) the impressive hotel name records were summarized to be the total favorite frequency score and replaced them in the hotel name feature for model training process and (2) the review feature was analyzed from unstructured contents to classify them into digit numbers are 1= positive feeling, -1 negative feeling, and 0 = moderate feeling for model training process. The dataset structure can be explained in Table 1.

2. Data cleansing

The collected tourists' hotel staying behaviors dataset was cleansed to be complete data and suitable format for improving performance of predictive model training by using missing data imputation and data conversion techniques in following details.

2.1 Missing data imputation technique

K-Nearest Neighbors algorithm--KNN was used for missing data imputation on the tourists' hotel staying behaviors dataset. The missing data was found in the tourist's review feature at 56.7% (not writing opinion is 170 samples from total 300 samples). It can be explained procedures according to the flowchart diagram in Figure 2.

Conceptual Framework

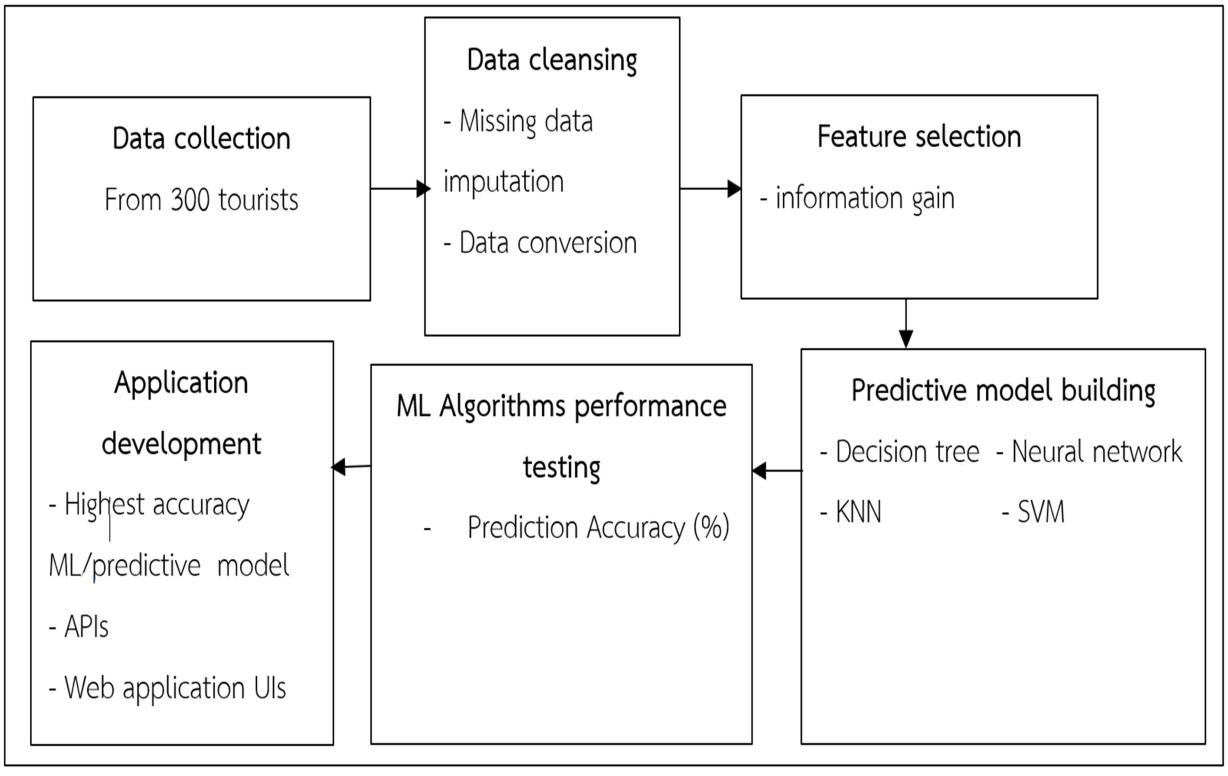


Figure 1 Conceptual Framework of this research

Table 1

Tourists' hotel staying behaviors dataset structure

Feature/Class name	Option Type	More Explanation
Tourist basic information		
1. Gender	1= male, 2 = female, and homosexuality = 3	Tourist's gender who gives data
2. Age	Fill data	Tourist's age who gives data
3. Career	1 = government employee, 2 = private employee, 3 = self-business entrepreneur, 4 = farmer, 5 = other career, and 6 = without career	Tourist's career who gives data
Hotel staying behavior and expectation		
4. Roomprice	Fill data (Thai Bath)	The hotel's room price that was accepted by tourist
5. Nightstay	Fill data (Day(s))	Number of nights that tourist continuously stay in hotel
6. Distance	Fill data (KM.)	Number of distances from hotel to tourism places that tourist is comfortable and satisfied
7. Channel	Multiple options 1. brochure 2. website 3. social media 4. newspaper 5. Television 6. Advertisement tag on road	The channels for providing hotel's services that tourist needs
8. Toilet	Fill data (Room(s))	Number of toilets in hotel room that tourist needs
9. Star	1, 2, 3, 4, and 5 star(s)	The hotel's star quality level that tourist expects
10. Clean	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel's clean point that tourist expects
11. Safety	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel's safety point that tourist expects

Table 1 (Continue)

Feature/Class name	Option Type	More Explanation
12. Polite	1,2,3,4, and 5 point (s)	The reception employee 's polite manner point that tourist expects
13. Foodtaste	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel 's food taste point that tourist expects
14. Beautifulplace	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel 's beautiful places point that tourist expects
15. Moderninstrument	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel 's modern instrument point that tourist expects
16. Roomrate	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel 's room rate point that tourist expects
17. Activity	1,2,3,4, and 5 point (s)	The hotel 's activity point that tourist expects
18. Time of feedback	Fill data	Number of minutes in solving problems by hotel followed tourist requests and complains
Satisfaction rate and place review		
19. Overallsatisfaction	1,2,3,4, and 5 point (s)	Number of overall points that tourist assesses hotel's services
20. Impressivehotel	Fill data to digit numbers of feeling (1= positive feeling, -1 negative feeling, and 0 = moderate feeling)	Hotel name which tourist is impressive to there
21. Review	Fill data to digit numbers of feeling (1= positive feeling, -1 negative feeling, and 0 = moderate feeling)	Writing brief note of tourist's opinions to hotel's services
Class		
Repeatedstay	1 = repeat stay, 0 = not repeat stay	Class of repeated or not repeated hotel staying
Recommend	1 = recommend for other persons 0 = not recommend for other persons	Class of recommending or no recommending to other persons for staying hotel

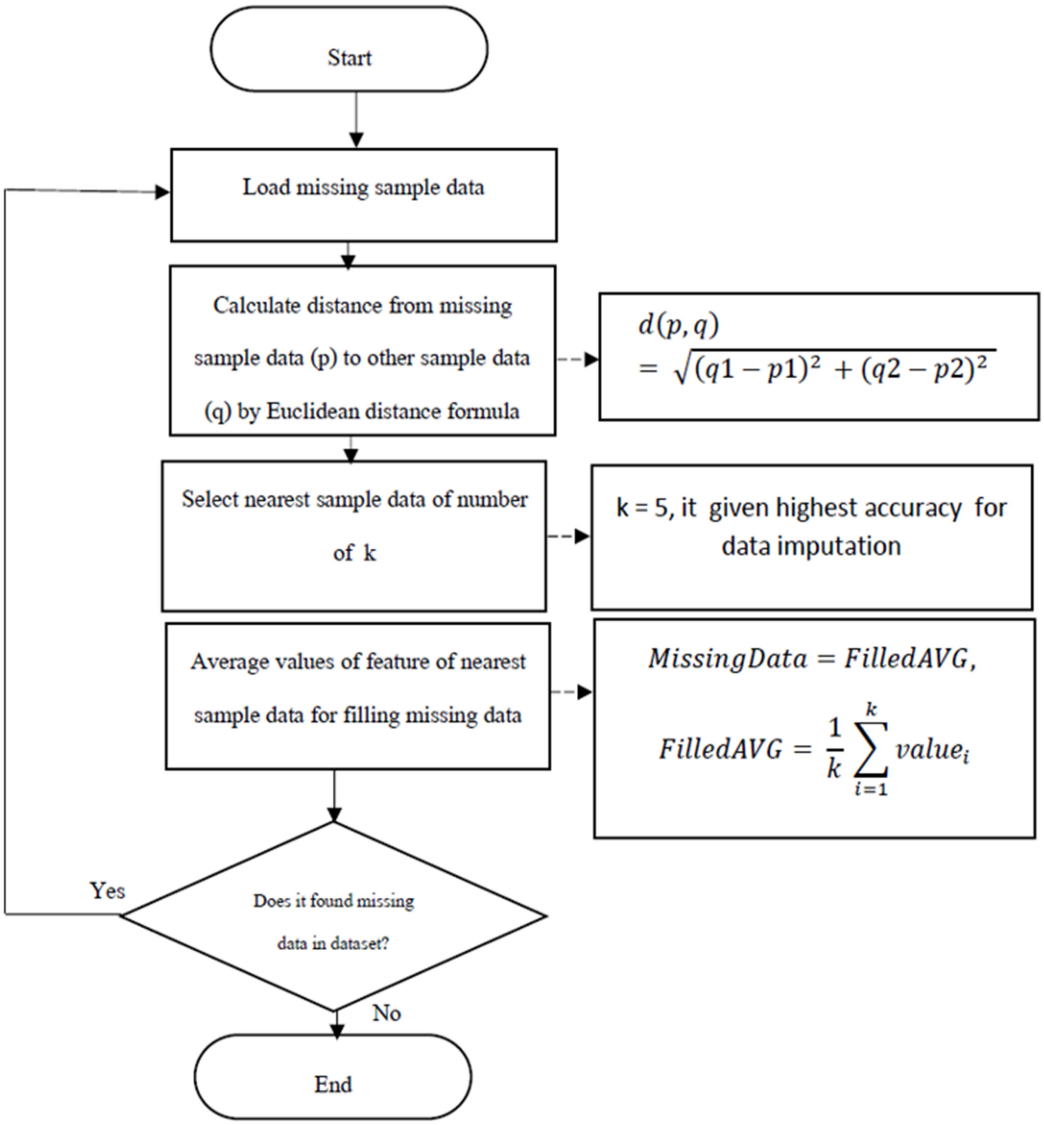


Figure 2 Flowchart diagram of missing data imputation by K-Nearest Neighbors algorithm

2.2 Data conversion

The values of feature which were in a form of fill-in data and passed the missing data imputation process (In step of 2.1) including roomprice, nightstay, distance, and time of feedback represented with valuei. They were converted from varied values to be value of 1 and 0 by averaging valuei=1 to n for reducing diverse data by equation 1 and 2.

$$AVG = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} value_i \quad (1)$$

$$\text{IF } value_i < AVG \quad Then\ value_i = 0 \quad Else\ value_i = 1 \quad (2)$$

From equation 1, the values of fill-in data feature were averaged by equation 1 and replaced them with 1 and 0 by equation 2. The values were less than Average--AVG replaced with 0 and other values were higher than or equal to AVG, they were replaced with 1.

This proposed method combined the missing data imputation and data conversion technique for filling some missing data and reducing diversity of number values of features. It also helped to decrease the calculation time of information gain process. It can be shown as following diagram in Figure 3.

3. Feature selection

For selecting some effective features in training predictive model, we proposed the Information Gain--IG for reducing feature dimensions in following equation 3 and 4. For equation 3. The equation 3 represented the concept of entropy, which is a measure of the uncertainty or randomness in a system. “C” in the equation represents the number of possible states or classes of the system. “pi” refers to the probability of the system being in state “i”. Each state “i” has its own probability, and the sum of all probabilities for all states should be equal to 1. The equation 4 described the Information Gain--IG is a measure used in evaluating the usefulness of an attribute X in splitting a dataset T. Entropy--T was deleted by ∑splits is the symbol denotes the summation over all possible ways to split the dataset T that ∑splits was multiplied by Entropy--Si calculates the entropy of each subset Si after the split. It measures the impurity or mixedness of the target class labels within each subset.

$$Entropy = -\sum_i^C p_i \,.\, log_2\, p_i \qquad (3)$$

$$InformationGain(T,X) = Entropy(T) - \sum_{splits} \frac{S_i}{T}\, Entropy(S_i) \qquad (4)$$

From equation 3 and 4, feature’s Information gain value which were top five ranking, they were selected in predictive model training in Table 2.

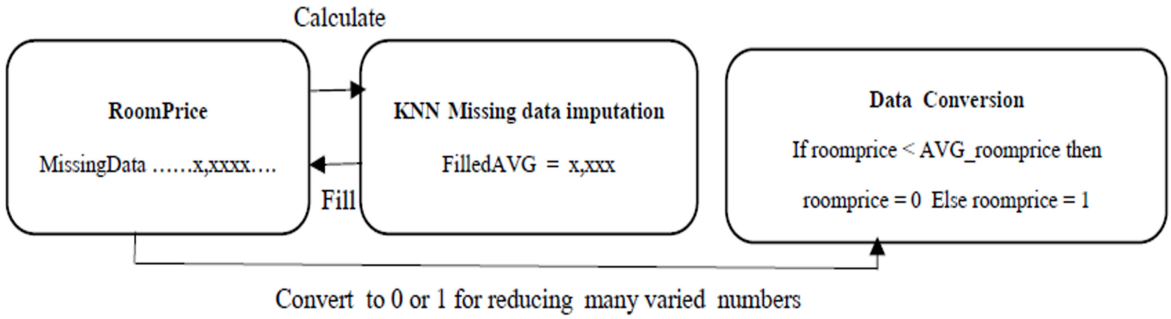


Figure 3 Missing data imputation and conversion on fill-in data format

Table 2

Top five ranking of selected features in predictive model training

Target class	Selected features	Information gain weight
RepeatedStay	moderninstrument	0.237
	roomrate	0.206
	safety	0.159
	clean	0.137
	beautifulplace	0.134
Recommend	beautifulplace	0.242
	safety	0.150
	clean	0.138
	roomrate	0.130
	overallsatisfaction	0.103

From Table 2, The top five selected features by IG technique was sent to train the predictive model on "RepeatedStay" and "Recommend" target class by machine learning algorithms and testing machine learning algorithms' accuracy of prediction.

4. Predictive model building

Parameter setting of four types of machine learning algorithms were operated as follows.

4.1 Decision tree parameter settings criterion="entropy" and max_depth=3. Decision tree algorithm will use entropy as the metric to make splits, aiming to maximize information gain, and the resulting tree will be limited to a maximum depth of 3 levels, ensuring a simpler and more interpretable model.

4.2 KNN set parameters at k=3, k=5, and k=7. In summary, by setting k to different values (3, 5, and 7). KNN will make predictions based on the majority class or average value of the respective number of nearest neighbors. Smaller values of k tend to result in more complex and potentially noisy models, while larger values of k lead to smoother decision boundaries and a simpler model.

4.3 Neural network parameter settings hidden_layer_sizes = (3,3), activation='relu', optimizer = 'adam' and train the model 500 times. Neural network is configured with the following parameters: hidden_layer_sizes = (3, 3) (two hidden layers with 3 nodes each), activation='relu' (ReLU activation function used), optimizer='adam' (Adam optimizer employed), and the model is trained 500 times.

4.4 SVM parameter settings kernel='linear' and data classification margins (C=1.0). SVM algorithm is configured with the following.

parameters: kernel='linear': A linear kernel is used, suitable for linearly separable data with a straight decision boundary.

C=1.0: The regularization parameter is set to 1.0, striking a balance between maximizing the margin and controlling classification errors.

5. ML Algorithms performance testing

The dataset (300 samples) was organized to training samples of 70% (210 samples) and testing samples of 30% (90 samples) (Siłka, Wieczorek & Woźniak, 2022).

For loading the training samples of RepeatedStay class and Recommend class, the samples were equally selected 105 samples in "not RepeatedStay class" and "not recommend class" and 105 samples in "RepeatedStay class" and "Recommend class". Then four types of machine learning algorithms were measured percentage of prediction accuracy.

6. Application development

The application was in a form of web application which connected with the predictive model via APIs. The tools used to develop the web application includes Python for developing ML algorithms and APIs to serve connecting between web applications which was developed by PHP, HTML, JavaScript, and CSS. MySQL database management system was used to collect data from tourists' opinions and feedbacks and collecting prediction results by ML algorithm. From problem of having large dimension

Result

1. Testing performance of machine learning algorithms in building predictive model from selected features by Information gain. It was compared accuracy to training on all features and random five features are Roomprice, Toilet, Polite, Roomrate and Review. It can be shown the accuracy of prediction of three methods as follows.

From table 3, In the case of "RepeatedStay" target class, KNN algorithm with k=3, k=5, and k=7, they have highest accuracy of prediction at 98.67%. In the case of "Recommend" target class, Decision tree, KNN algorithm with k=3, k=5, and k=7, and SVM algorithm, they have highest accuracy of prediction at 98.67%. The IG client selection on Decision tree, KNN, Neural network, and SVM also give more higher accuracy than random features selection.

2. Developing application for connecting with the predictive model for hotel businesses.

The application for predicting tourism's behaviors was developed for hotel businesses. It connected with the KNN model and tourists' electronic review data form via API. The system architecture and application's user interfaces were shown in Figure 4.

From figure 4, The application will get tourists' opinion review and vote results to hotel services according to selected features in Table 2. These review and vote data was sent via URL to the API program in the predictive modelling tier. The predictive modelling tier sent response by predicted output class on JSON format to hotel's application on decode and save data function for storing data into DBMS and reporting summary data to hotel.

From figure 5, the tourists used this application to input opinion reviews and vote results to the hotel. Then the application will have response the predicted results from processing by KNN model for displaying and storing in hotel's DBMS.

From figure 6, the hotels can access the report of summary predicting tourists' repeated hotel staying for hotel planning and management that served actual tourist's needs.

Table 3

Testing performance of machine learning algorithms on selected features by Information gain

Algorithm	Accuracy					
	Target = Repleted Stay			Target = Recommend		
	IG (5) features	Random (5) features	All (18) features	IG (5) features	Random (5) features	All (18) features
Decision tree	94.67% +5.34%	89.33%	94.67%	98.67%* +1.34%	97.33%	100.00%
KNN						
K=3	98.67%* +3.00%	95.67%	100.00%	98.67%* +1.67%	97.00%	100.0%
K=5	98.67%* +2.67%	96.00%	100.0%	98.67%* +1.34%	97.33%	100.0%
K=7	98.67%* +2.67%	96.00%	100.0%	98.67%* +1.34%	97.33%	100.0%
Neural network	90.67% +4.00%	86.67%	93.33%	97.00% +1.00%	96.00%	96.00%
SVM	92.00% +5.33%	86.67%	98.67%	98.67%* +2.67%	96.00%	100.00%

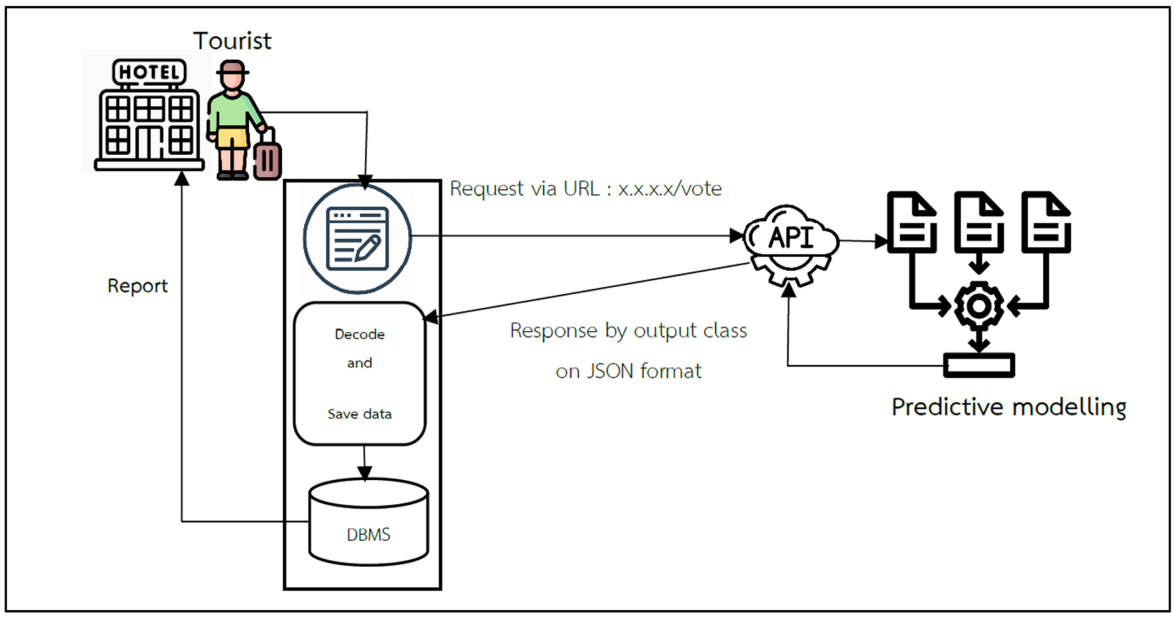


Figure 4 System architecture of application for perceiving tourists' hotel staying Behaviors

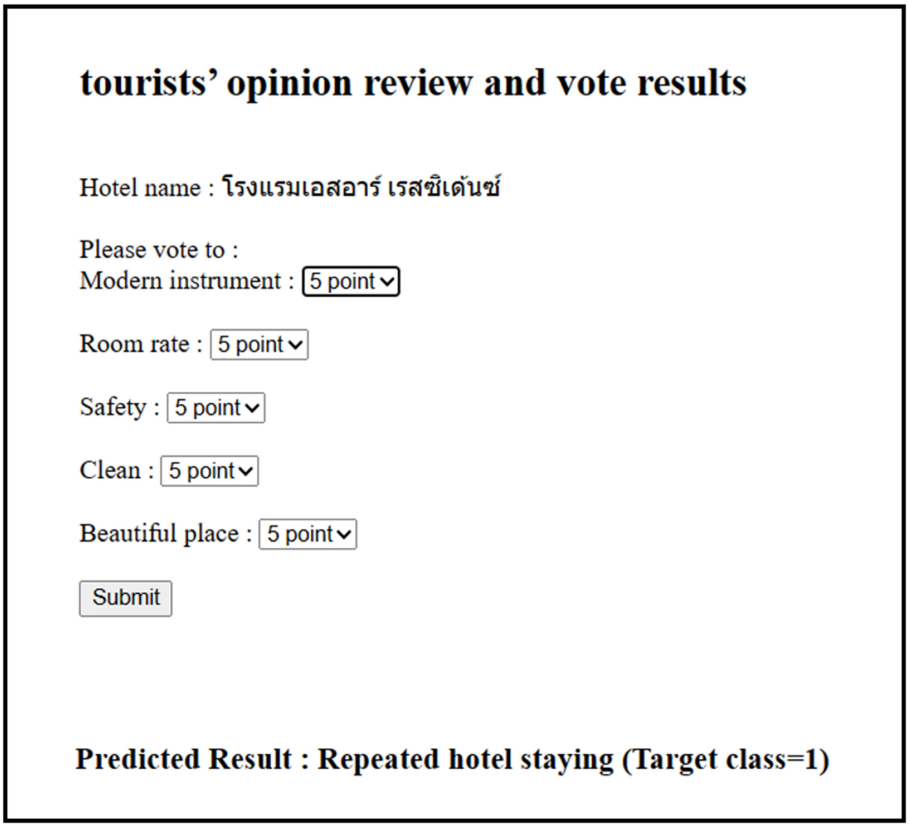


Figure 5 User interface of input tourists' opinion review and vote results

Report of summary predicting tourists' repeated hotel staying

Customer ID	Gender	Age	Carees	History of staying in room number	Vote&Review	Predicted result
001	M	52	Teacher	-	4,5,4,4,5	repeated staying
003	FM	28	-	-	3,2,2,2,2	No repeated staying
005	M	39	-	512	3,2,3,2,2	No repeated staying
015	FM	35	company officer	518, 308	3,5,4,4,4	repeated staying
025	FM	46	Lawer	-	2,2,3,2,2	No repeated staying

Figure 6 Report of summary predicting tourists' repeated hotel staying

Discussions

This research used the K-Nearest Neighbors algorithm--KNN) data imputation and conversion technique and loaded some effective features process for training predictive models by Information gain technique. The IG features selection is better than random features selection for training process. The IG (5) features selection method has near prediction accuracy with selecting all features (98.67%* || 100%) for training process. The best performance machine learning algorithm as KNN with k=3, k=5, and k=7 was used for predicting the repeated hotel staying and the hotel recommendation to other persons because it can give higher prediction

accuracy than other methods of 98.67%. This research also developed the effective web application for accessing the predictive modelling tier. The KNN predictive model with k=3 was used in the application development process because it is a simple algorithm, it has performance equal to SVM's performance (98.67%), and it spent fast processing time for predicting results to users.

Recommendation

For developing future research, it should be improved performance of ML algorithm and application as follows.

1. Should use automatic machine learning or deep learning for automatically improving and adjusting predictive model's parameters to raise its accuracy according to changed structures and number of datasets.

2. Should use hybrid machine learning for training and predicting complex problem domain.

3. Should develop more visualization reports on dashboard which can serve for hotel owners' needs in many problem domains or hotels' different faced problems.

References

Abu Samah, K., Amirah Misdan, N., Hasrol Jono, M., & Septem Riza, L. (2022). The best Malaysian Airline Companies visualization through bilingual twitter sentiment analysis: A machine learning classification [J]. *International Journal on Informatics Visualization is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License, 2022, 6*(1), 130-137. http://dx.doi.org/10.30630/joiv.6.1.879

Alsayat, A., & Ahmadi, H. (2022). A hybrid method using ensembles of neural network and text mining for learner satisfaction analysis from big datasets in online learning platform. *Neural Processing Letters, 2022*, 1-37. https://doi.org/10.1007/s11063-022-11009-y.

Alomari, E. S., Nuiaa, R. R., Alyasseri, Z. A. A., Mohammed, H. J., Sani, N. S., Esa, M. I., & Musawi, B. A. (2023). Malware detection using deep learning and correlation-based feature selection. *Symmetry, 15*, 123. https://doi.org/10.3390/sym15010123.

Bian, Y., & Huang, X. (2015). The guanxi influence on occupational attainment in urban China. *Chinese Journal of Sociology, 1*(3), 307–332. https://doi.org/10.1177/2057150X15593709

Casteleiro-Roca, J.-L., Gómez-González, J.F., Calvo-Rolle, J.L., Jove, E.; Quintián, H., Acosta Martín, J.F., Gonzalez Perez, S., Gonzalez Diaz, B., Calero-Garcia, F., & Méndez-Perez, J. A. (2018). Prediction of the energy demand of a hotel using an artificial intelligence-based model. *In Proceedings of the 13th International Conference, Hybrid Artificial Intelligent Systems (HAIS), Oviedo, Spain, 20–22 June 2018* (pp. 586-596). Spain: Springer.

Chen, J., Ren, Y., Zhao, S., & Wang, L. (2020). A k-nearest neighbor imputation algorithm for classification task in incomplete data sets. *Expert Systems with Applications, 138*, 112854.

Durazo-Cardenas, I., Starr, A., Turner, C., Tiwari, A., Kirkwood, L., Bevilacqua, M., Tsourdos, A., Shehab, E., Baguley, P., Xu, Y., & Emmanouilidis, C. (2018). An autonomous system for maintenance scheduling data-rich complex infrastructure: Fusing the railways' condition, planning and cost. *Transportation Research Part C-emerging Technologies, 89*, 234-253. https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.02.010

Fan, M., Yang, X., Yu, T. T., Liao, Q. V., & Zhao, J. (2021). Human-AI collaboration for UX evaluation: effects of explanations and synchronization[J]. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 6*, 1–32. https://doi.org/10.1145/3512943.

Giesemann, J., Delgadillo, J., Schwartz, B., Bennemann, B., & Lutz, W. (2023). Predicting dropout from psychological treatment using different machine learning algorithms, resampling methods, and sample sizes. *Psychotherapy Research, 33*(6), 683–695. https://doi.org/10.1080/10503307.2022.2161432

Kasikorn Research Center. (2023). *Retail business in 2023*. Retrieved from https://www.kasikornresearch.com/en/analysis/k-social-media/Pages/Retail-FB-10-01-2023.aspx.

Roberson, T., Bornstein, S., Liivoja, R., Ng, S., Scholz, J., & Devitt, S. K. (2022). A method for ethical AI in defence: A case study on developing trustworthy autonomous systems. *Journal of Responsible Technology, 11*, 1-5. https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.10769

Runggaldier, S., Sottocornola, G., Janes, A., Stella, F., & Zanker, M. (2023). Booker prediction from requests for quotation via machine learning techniques. *Tourism and hospitality management, 29*(1), 25–43. https://hrcak.srce.hr/file/429227

Saad, N. L., Khairudin, N., Azizan, A., Rahman, A., & Ibrahim, R. (2022). Context-aware recommender system based on machine learning in tourist mobile application. *Mathematical Sciences and Informatics Journal, 3*(1), 19-28. https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/61709/1/61709.pdf.

Singhal, A., & Sharma, V. (2022). AI based computer program to simulate and process human conversation[J]. *International Journal of Innovative Science and Research Technology, 7*(5), 1483-1491. https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT22MAY1706_(1).pdf

Siłka, J., Wieczorek, M., & Woźniak, M. (2022). Recurrent neural network model for high-speed train vibration prediction from time series. *Neural Comput & Applic, 34*, 13305–13318. https://doi.org/10.1007/s00521-022-06949-4.

Yildirim, M. E., Kaya, M., & FurkanInce, I. (2022). A case study: Unsupervised approach for tourist profile analysis by K-means clustering in Turkey. *Journal of Internet Computing and Services, 23*(1), 11-17. https://koreascience.kr/article/JAKO202210261225360.pdf

Zhang, H., Feng, Y., & Wang, L. (2020). Cloud computing to tourism economic data scheduling algorithm under the background of image and video [J]. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2020*(8), 1-15. https://doi.org/10.1155/2022/3948221

Zhang, H. Q., Fu, X. J., & Cai, L. A. (2014). Impact of hotel attribute performance on tourist satisfaction and future behavioral intentions: A segmentation approach. *Journal of Travel Research, 53*(4), 394-406.

เครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยอัตโนมัติด้วยตัวดำเนินการครอสโปรดักในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

Automatic Thai Sentences Generation Engine Using Cross-Product Operation in Relational Database

สุพรัตรา แดงเจริญ[1] ขณิดา จรุงจิตต์[1] และเชาวลิต ขันคำ[2]
Suphrattra Daengcharoen[1] Kanida Charungchit[1] and Chouvalit Khancome[2]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[1]Information Technology Department, Faculty of Science and Technology,
Rajabhat Rajanagarindra University
[2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[2]Computer Science, Department Faculty of Science, Ramkhamhaeng University
Received: June 19, 2023
Revised: August 22, 2023
Accepted: August 30, 2023

บทคัดย่อ

การประมวลผลภาษาธรรมชาติเป็นหลักการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจ ตีความ และใช้ภาษามนุษย์เพื่อการสื่อสารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างเท็กซ์เพื่อนำไปสู่สตอรีเจนเนอเรชันอันเป็นหลักการทำให้คอมพิวเตอร์สร้างเรื่องราวอัตโนมัติมีประโยชน์ในการสร้างเนื้อหาเท็กซ์ที่มีความซับซ้อนและเป็นเรื่องราวอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ กลไกหลัก คือ การสร้างประโยคด้วยการนำคำชนิดต่าง ๆ วลีหรือกลุ่มคำมาประกอบกันเป็นประโยคก่อนนำประโยคมาสร้างเนื้อความเชิงความหมายที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ งานวิจัยนี้พัฒนาและออกแบบเครื่องจักรซอฟต์แวร์สร้างประโยคภาษาไทยเพื่อเก็บไว้ในคลังประโยคภาษาไทยสำหรับนำไปใช้ในงานวิจัยสตอรีเจนเนอเรชัน ออกแบบทั้งส่วนสถาปัตยกรรมเครื่องจักรและขั้นตอนวิธี แบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนการสร้างพจนานุกรมชนิดของคำในภาษาไทยและส่วนการสร้างประโยคโดยใช้กลไกตัวดำเนินการครอสโปรดักของพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ในฐานข้อมูลเป็นกฎควบคุมการสร้างประโยคตามรูปแบบไวยากรณ์ภาษาไทย ทดลองโดยสร้างเครื่องจักรซอฟต์แวร์ นำเข้าคำจากพจนานุกรมเล็กซิตรอนจำนวน 3x104 คำ สร้างประโยคภาษาไทยจำนวน 21 รูปแบบ ผลการทดลองพบว่า เครื่องจักรสามารถสร้างประโยคได้ปริมาณมากถึง 7.63926x1016 ประโยค วัดผลเชิงคุณภาพด้วยการพิจารณาว่า ประโยคที่สร้างขึ้นสามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องหรือไม่ พบว่า ได้ประโยคที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 36.70 น้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 13.33 มากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 64 พิจารณาจำนวนคำที่นำมาสร้างประโยค ประโยคที่ประกอบด้วยคำ 2 คำ ประโยคที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 44.00-64.00 คิดเป็นร้อยละเฉลี่ย 53.05 ประโยคที่ประกอบด้วยคำ 3 คำ ประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้องระหว่างร้อยละ 22.33-57.67 คิดเป็นร้อยละเฉลี่ยที่ 34.57 และประโยคที่ประกอบด้วย 4 คำ ได้ประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้องระหว่างร้อยละ 13.33-21.00 คิดเป็นร้อยละเฉลี่ยที่ 18.00

คำสำคัญ: การสร้างประโยคภาษาไทย คลังประโยคภาษาไทย เครื่องจักรสร้างคำไทย ครอสโปรดักรีเลชัน

Abstract

Natural Language Processing--NLP is the principle that enables computers to understand, interpret, and utilize human language for communication. Specifically, it involves generating text to create coherent narratives automatically. This is particularly useful for generating complex and narrative-rich textual content. The main mechanism involves constructing sentences by assembling various types of words, phrases, or groups of words into coherent sentences before creating meaningful content that humans can understand. This research develops and designs a software machine to generate Thai language sentences for storage in a Thai sentence repository for use in subsequent research on summarization. The design includes both the architecture of the machinery and the methods. It is divided into two main parts: generating a community dictionary of word types in the Thai language and generating sentences using the cross-productive operations of relational algebra on a database as control rules for generating sentences following Thai language syntax patterns. The experiment involves importing words from a small-sized city dictionary of 30,000 words and generating 21 Thai sentence patterns. The experimental results show that the machine can generate a large quantity of sentences, up to 7.63926x1016 sentences. The quality of the results is assessed by considering whether the generated sentences are readable and semantically correct. It is found that, on average, 36.70% of the sentences are readable and semantically correct, with a minimum of 13.33% and a maximum of 64%. Considering the number of words used to create sentences, sentences with two words have a readability and correctness rate between 44.00% and 64.00%, averaging 53.05%. For sentences with a length of 3 words, the readability and correctness rate range from 22.33% to 57.67%, with an average of 34.57%. Sentences with four words have a readability and correctness rate between 13.33% and 21.00%, averaging 18.00%.

Keywords: Thai sentence generation, Thai sentence corpus, Thai sentence engine, Cross-Product Relation

บทนำ

การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing--NLP) เป็นหลักการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจ ตีความ และใช้ภาษาของมนุษย์เพื่อการสื่อสาร โดยทั่วไปแล้ว งานวิจัยด้านนี้ ประกอบด้วยการจัดการโครงสร้างของคำ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางไวยากรณ์ ความหมาย และบริบท ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตีความความหมายของภาษาและความหมายตามบริบท ตามลำดับ แต่ในปัจจุบันพบว่า หนึ่งในงานประมวลผลภาษาธรรมชาติที่มีความสำคัญ คือ งานด้านสตอรีเจนเนอเรชัน (Story Generation Principle) ซึ่งเป็นหลักการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถสร้างเรื่องราวต่าง ๆ ตามความต้องการของมนุษย์ได้โดยอัตโนมัติ ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเรื่องเล่า นิทาน นวนิยาย วรรณกรรม สารคดี บทความวิชาการ และงานทางด้านภาษาศาสตร์อื่น ๆ กลไกสำคัญที่ทำให้เกิดการสร้างเรื่องราวขึ้นได้ คือ การทำให้คอมพิวเตอร์สามารถนำคำชนิดต่าง ๆ (parts of speech) วลี (phrases) กลุ่มคำ (clauses) ที่มีใช้ในภาษาธรรมชาติมาสร้างประโยคก่อน จากนั้นจึงนำประโยคประกอบกันเพื่อให้ได้เนื้อความเชิงความหมายที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้

แม้ว่าในปัจจุบันการสร้างเรื่องราวสามารถดำเนินการได้ด้วยปัญญาประดิษฐ์ (generative AI) เช่น ChatGPT

หรือ Bard AI ที่อาศัยการเรียนรู้ของเอไอที่จดจำเรื่องราวจากข้อมูลการเรียนรู้ภาษาธรรมชาติเอาไว้แล้วนำสิ่งที่จดจำไว้นั้นมาประกอบกันทั้งคิดแบบคำต่อคำและคิดแบบโครงร่างเนื้อเรื่องที่ได้เรียนรู้เอาไว้ แต่หากมิใช่สิ่งที่เคยเรียนรู้ไว้ก่อน การสร้างเรื่องราวจะไม่สามารถทำได้ อีกทั้งการสร้างเนื้อหายังไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นการสร้างคลังคำ การสร้างคำเก็บในรูปแบบพจนานุกรม หรือหากจะให้ดีกว่านั้น คือ การสร้างคลังประโยคเอาไว้เพื่อการสร้างเรื่องราวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาเรื่องราวได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นประโยชน์สำหรับให้ปัญญาประดิษฐ์นำไปใช้สำหรับตัดสินใจ หรือสร้างเรื่องราวใหม่ ๆ ได้ต่อไป คณะผู้วิจัยจึงต้องการสร้างเครื่องจักรเพื่อสร้างประโยคเป็นแนวคิดเบื้องต้นเพื่อจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับทำวิจัยต่อยอดในลำดับถัดไป

จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยสร้างประโยคภาษาไทยค่อนข้างน้อย เช่น การออกแบบและทดลองเกี่ยวกับการสร้างคลังของเท็กซ์ภาษาไทยเพื่อใช้ในการสร้างเรื่องเล่า งานวิจัย (Limpanadudadee, Punyabukkanna & Poobrasert, 2014) และการสร้างเครื่องจักรสำหรับการสร้างประโยคภาษาไทยด้วยการกำหนดรูปแบบตายตัว (Krukaset, Krukaset & Khancome, 2017) งานวิจัยดังกล่าวถือเป็นกลไกการสร้างประโยคอันเป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยสตอรีเจนเนอเรชันภาษาไทย ในขณะที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนางานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยสำหรับคลังประโยคภาษาไทย (Daengcharoen, Charungchit & Khancome, 2020) ซึ่งเป็นเครื่องจักรสำหรับสร้างประโยคภาษาไทยเบื้องต้น สามารถสร้างประโยคภาษาไทยจำนวน 14 รูป ที่ความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 5-60 และงานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร (Khancome, Daengcharoen & Charungchit, 2022) ที่สร้างประโยคภาษาไทยตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสารได้ กระนั้นก็ตามรูปแบบและการดำเนินการยังมีข้อจำกัดอยู่ที่จำนวนรูปแบบ 14 รูปแบบที่มีข้อจำกัดการสร้างรูปแบบสื่อสารได้เพียง 8 รูปแบบที่ความแม่นยำต่ำ ไม่ยืดหยุ่นในการรองรับการขยายรูปแบบที่เพิ่มขึ้น การสร้างประโยคยังไม่มีความเป็นอิสระ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอเครื่องจักรทางซอฟต์แวร์สำหรับสร้างประโยคภาษาไทยอัตโนมัติเพื่อเก็บไว้ในคลังประโยค (sentence corpus) อาศัยกลไกตัวดำเนินการครอสโปรดัก (Cross-Product Relation) ของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) พัฒนาส่วนควบคุมการสร้างประโยคด้วยฟังก์ชันทางพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ (relational algebra) เป็นกฎในการสร้างประโยค ทำให้สามารถขยายขีดความสามารถของเครื่องจักรสร้างประโยคได้มากถึง 21 รูปแบบ ขั้นตอนวิธีมีความเป็นอิสระและยืดหยุ่นอันเป็นการแก้ไขข้อจำกัดของงานวิจัยที่ได้ดำเนินการมาก่อนหน้า การวิจัยในครั้งนี้พัฒนาเครื่องจักรเพื่อสร้างประโยคเป็นคลังประโยคภาษาไทยเก็บไว้ทั้งหมดก่อนจึงทำให้ได้ประโยคแบบไม่พึ่งบริบท จากนั้นพิจารณาเลือกเฉพาะประโยคที่มีคุณภาพที่สามารถอ่านได้ถูกต้องและมีความหมาย (ประโยคแบบพึ่งบริบท) ไปใช้งาน

โดยการทดลองนี้ ทดลองด้วยคำจากพจนานุกรม LEXiTRON (LEXiTRON Data, 2018) จำนวน 3x104 คำ ผลการทดลองได้ประโยคตามรูปแบบไวยากรณ์โดยไม่พึ่งบริบท (context free sentence) ได้ปริมาณมากถึง 7.63926x1016 ประโยค นอกจากนั้นหากพิจารณาด้านคุณภาพของประโยคที่สร้างขึ้นซึ่งสามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องในเชิงความหมายแบบพึ่งบริบท (contextual sentence) สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 13.33-64 อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาเครื่องจักรทางซอฟต์แวร์สำหรับสร้างประโยคภาษาไทยอัตโนมัติเก็บไว้ในคลังประโยค โดยอาศัยกลไกตัวดำเนินการครอสโปรดักของฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ควบคุมกฎในการสร้างประโยคตามรูปแบบประโยคภาษาไทย

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สตอรีเจนเนอเรชัน

สตอรีเจนเนอเรชัน คือ หลักการที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถสร้างเรื่องราวต่าง ๆ ได้เองโดยอาศัยขั้นตอนวิธีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ จากหลักฐานใน (Story Generator Algorithms, 2021) ระบุว่า เชลดอน ไคลน์ (Klein และ Sheldon) ได้นำเสนอแนวคิดนี้ไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1973 จากนั้นงานวิจัยด้านนี้ได้มีการพัฒนาอย่าง

ต่อเนื่อง ซึ่งมีงานวิจัยที่น่าสนใจและมีชื่อเสียงเป็นที่กล่าวถึงกัน คือ มีฮานนำเสนอหลักการสร้างเรื่องราวที่เรียกว่า เทลสปิน (Tale-Spin) เป็นเครื่องจักรสำหรับสร้างเรื่องราวจนเป็นที่อ้างอิงและกล่าวถึงกันต่อ ๆ มา (Meehan, 1977) นอกจากนั้นมีฮานได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมเพื่อสร้างเรื่องเล่าภาษาอังกฤษ ตามรูปแบบของคติสอนใจ (Moral) ที่กำหนด อีกทั้งยังสามารถเพิ่มตัวละครใหม่ได้ (Meehan,1976) งานวิจัยออนทานอนและซู นำเสนอขั้นตอนวิธีที่เรียกว่า SAM--Story Analogies through Mapping ซึ่งช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถสร้างเรื่องเล่าที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (Ontanon & Zhu, 2011) ลีและคณะ สร้างเรื่องราวโดยอาศัยพลอตกราฟ (Meehan J. R., 1977) บายและคณะ สร้างเรื่องราวโดยอาศัยไวยากรณ์เพื่อสร้างพลอตอัตโนมัติ (Bui, Abbbass & Bender, 2010) งานวิจัยสร้างประโยคโดยอาศัยออนโทโลยีเป็นกลไกสำคัญในการสร้างประโยคที่มีความหมาย เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยที่น่าสนใจในปัจจุบันอีกเช่น ในซู อกิโมโต และ Riedl สามารถศึกษาเพิ่มเติมจากบทความสตอรีเจนเนอเรชันของเบนและราฟเอล (Kybartas & Bidarra, 2010)

ประโยคภาษาไทย

ประโยค คือ หน่วยสมบูรณ์ทางไวยากรณ์ สามารถจำแนกได้ตามสถานการณ์การใช้งานและจำแนกตามโครงสร้างได้ 4 แบบ ได้แก่ ประโยคสามัญ ประโยคซับซ้อน ประโยคประสม และประโยคเชื่อม (Dekpituksirikul, 2008) แต่หากพิจารณาโครงสร้างประโยคตามแนวทางการใช้งานภาษาธรรมชาติที่กล่าวไว้ในโครงสร้างและวากยสัมพันธ์ของนามวลีภาษาไทยตามการจัดเรียงของคำในภาษาโดยเฉพาะภาษาไทยเป็นแบบ SVO โดยที่ S คือ ประธาน (subject) V คือ กริยา (verb) และ O คือ กรรม (object) ซึ่งในงานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยสำหรับคลังประโยคภาษาไทย (Daengcharoen, Charungchit & Khancome, 2020) ได้ศึกษารูปแบบภาษาไทยเทียบกับภาษาอังกฤษ (Thongkaol, 2007) พบว่า มีความคล้องจองกัน 4 รูปแบบ ได้แก่

1) S->NP VP

2) NP->N(Adj) (Class) (Det)

3) VP-> V (NP) (PP) และ

4) PP->Prep NP

โดยที่ S คือ ประโยค (Sentence) NP คือ นามวลี (Noun Phrase) VP คือ กริยาวลี (Verb Phrase) PP คือ บุพบทวลี (Preposition Phrase) N คือ คำนาม V คือ คำกริยา (Verb) ADJ คือ คำคุณศัพท์ (Adjective) Det คือ คำประกอบคำนามเพื่อกำหนดความหมายแบบเจาะจง (Determiner) Class คือ ลักษณะนาม (Classifier) และ Prep คือ คำบุพบท (Preposition)

งานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยสำหรับคลังประโยคภาษาไทย (Daengcharoen, Charungchit & Khancome, 2020) ซึ่งเป็นเครื่องจักรสำหรับสร้างประโยคภาษาไทยเบื้องต้น สามารถสร้างประโยคภาษาไทยจำนวน 14 รูป และงานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร (Khancome, Daengcharoen & Charungchit, 2022) สามารถสร้างรูปแบบประโยคเพื่อทดลอง 14 รูปแบบ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม แสดงดังตาราง 1

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมจากงานวิจัยเรื่อง ความซับซ้อนของนามวลีแปลงดัชนีบ่งชี้ความยากง่ายของตัวบท: กรณีศึกษาหนังสือเรียนวิชาภาษาไทย ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 โดย ธารทอง แจ่มไพบูลย์ และวิโรจน์ อรุณมานะกุล (Jampaibool & Arunmanakul, 2016) ที่มีความละเอียดสำหรับสร้างรูปแบบภาษาไทยมากกว่างานวิจัยเดิมของคณะผู้วิจัย ผนวกกับการออกแบบกับงานเดิมจึงทำให้ได้รูปแบบของภาษาไทยที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพิ่มขึ้นถึง 21 รูปแบบ พร้อมส่วนการใช้งานโปรเจคชันครอสโปรดัก ดังตาราง 2 (นำเสนอในหัวข้อพีชคณิตเชิงสัมพันธ์)

พีชคณิตเชิงสัมพันธ์

พีชคณิตฐานข้อมูล (database algebra) หรือพีชคณิตเชิงสัมพันธ์หรือฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ถูกเขียนขึ้นเพื่อให้สามารถมองเห็นถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นของข้อมูล โดยใช้พีชคณิตอธิบายความสัมพันธ์ของตารางต่าง ๆ ในฐานข้อมูลสามารถประยุกต์เข้ากับงานวิจัยทางด้านคอมพิวเตอร์ได้อย่างหลากหลาย ตัวดำเนินการพื้นฐาน (basic operations) ของพีชคณิตเชิงสัมพันธ์มี 6 ประเภท ดังนี้

1. ซีเล็กชัน (Select Operation--σ (ซิกมา)) ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกแถวข้อมูลจากเงื่อนไขที่กำหนด รูปแบบ คือ σ condition (Table)

2. โปรเจคชัน (Project Operation--π (พาย)) ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกคอลัมน์ข้อมูลจากเงื่อนไขที่กำหนด รูปแบบ π attribute1, attribute2,..,attrituben (Table)

3. ครอสโปรดัก (Cross–Product--x) หรือ คาร์ทีเซียนโปรดัก (Cartesian Product) ทำหน้าที่แสดงความสัมพันธ์ด้วยการคูณคาทีเซียน (Cartesian) ระหว่าง 2 รีเลชัน รูปแบบ คือ R x S

4. เซตดิฟเฟอเรน (Set–Difference-- —) ทำหน้าที่หาความแตกต่างระหว่าง 2 รีเลชันเพื่อแสดงข้อมูลของแถวที่ต่างจากรีเลชันแรก รูปแบบ คือ R—S

5. ยูเนียน (Union--U) ทำหน้าที่นำข้อมูลจาก 2 รีเลชันมารวมกัน และหากมีข้อมูลซ้ำจะแสดงเพียงแถวเดียว รูปแบบ คือ R U S

6. อินเตอร์เซกชัน (Intersection--∩) ทำหน้าที่นำข้อมูลจาก 2 รีเลชันมารวมกัน และแสดงเฉพาะข้อมูลที่เหมือนกันจากทั้ง 2 รีเลชันเท่านั้น รูปแบบ คือ R ∩ S

ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้ตัวดำเนินการทางด้านพีชคณิตฐานข้อมูล เช่น ดำเนินการแรงค์เอสคิวแอล (RankSQL) (Grandi, 2017) โดยกำหนดการใช้พีชคณิตเชิงสัมพันธ์เพื่อการแก้ปัญหา (Li, 2005) ส่วนวิจัยเกี่ยวกับการจัดการสายฐานข้อมูล (streaming database) โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับพีชคณิตเชิงสัมพันธ์ (Elmasri & Navathe, 2010) เป็นต้น

งานวิจัยนี้ใช้ตัวดำเนินการโปรเจคชันร่วมกับตัวดำเนินการคาทีเซียนโปรดักหรือครอสโปรดักมากำหนดเป็นกฎในการสร้างประโยค เพื่อควบคุมการเลือกตารางและคำเพื่อสร้างประโยคตามรูปแบบไวยากรณ์ คณะผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบประโยคภาษาไทยผนวกกับรูปแบบงานวิจัยเดิม (Daengcharoen, Charungchit & Khancome, 2020) และงานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร (Khancome, Daengcharoen & Charungchit, 2022) ได้นี้เพิ่มขึ้นถึง 21 รูปแบบ

ตาราง 1

รูปแบบประโยคจากงานวิจัยที่ใช้เป็นต้นแบบงานวิจัยนี้

กลุ่มที่ 1	**กลุ่มที่ 2**
(1) N + ADJ	(1) NP1 + ADJ
(2) N + BE + ADV	(2) NP1 + BE + ADV
(3) N + BE + NP1	(3) NP1 + BE + NP2
(4) N + V	(4) NP1 + V
(5) N + V + PP	(5) NP1 + V + PP
(6) N + V + NP1	(6) NP1 + V + NP2
(7) N + V + NP1 + NP2	(7) NP1 + V + NP2 + NP3

ตาราง 2

รูปแบบประโยคที่ใช้ในงานวิจัย

รูปแบบ	โปรเจคชัน-ครอสโปรดัก	รูปแบบประโยค
T_1	$\pi(N^{(noun)}ADJ^{(adj)})$	N x ADJ
T_2	$\pi(N^{(noun)}BE^{(be)}ADV^{(adv)})$	N x BE x ADV
T_3	$\pi\ (N^{(noun)}\ BE^{(be)}NP1^{(np1)})$	N x BE x NP1
T_4	$\pi(N^{(noun)}V^{(verb)})$	N x V
T_5	$\pi(N^{(noun)}V^{(verb)}PP^{(pp)})$	N x V x PP
T_6	$\pi(N^{(noun)}V^{(verb)}NP1^{(np1)})$	N x V x NP1
T_7	$\pi(N^{(noun)}V^{(verb)}NP1^{(np1)}NP2^{(np2)})$	N x V x NP1 x NP2
T_8	$\pi(NP1^{(np1)}ADJ^{(adj)})$	NP1 x ADJ
T_9	$\pi(NP1^{(np1)}BE^{(be)}ADV^{(adv)})$	NP1 x BE x ADV
T_{10}	$\pi(NP1^{(np1)}BE^{(be)}NP2^{(np2)})$	NP1 x BE x NP2
T_{11}	$\pi(NP1^{(np1)}V^{(verb)})$	NP1 x V
T_{12}	$\pi(NP1^{(np1)}V^{(verb)}PP^{(pp)})$	NP1 x V x PP
T_{13}	$\pi(NP1^{(np1)}V^{(verb)}NP2^{(np2)})$	NP1 x V x NP2
T_{14}	$\pi(NP1^{(np1)}V^{(verb)}NP2^{(np2)}NP3^{(np3)})$	NP1 x V x NP2 x NP3
T_{15}	$\pi(V^{(verb)}NP1^{(np1)})$	V x NP1
T_{16}	$\pi(V^{(verb)}NP1^{(np1)}N^{(noun)})$	V x NP1 x N
T_{17}	$\pi(NP1^{(np1)}NP2^{(np2)}V^{(verb)})$	NP1 x NP2 x V
T_{18}	$\pi(V^{(verb)}NP1^{(np1)}NP2^{(np2)})$	VxNP1 x NP2
T_{19}	$\pi(V^{(verb)}NP1^{(np1)}NP2^{(np2)}NP3^{(np3)})$	VxNP1 x NP2 x NP3
T_{20}	$\pi(NP1^{(np1)}NP2^{(np2)}V^{(verb)}NP3^{(np3)})$	NP1 x NP2 x V x NP3
T_{21}	$\pi(NP1^{(np1)}NP2^{(np2)})$	NP1 x NP2

เครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยสำหรับคลังประโยคภาษาไทย Daengcharoen, Charungchit and Khancome (2020) ซึ่งถือเป็นเครื่องจักรซอฟต์แวร์ต้นแบบสำหรับสร้างประโยคภาษาไทยเก็บไว้ในคลังประโยคภาษาไทยอาศัยกลไกโดยอาศัยฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ใช้ฟังก์ชันทางพีชคณิตเชิงสัมพันธ์เป็นกฎควบคุมการสร้างประโยคตามรูปแบบไวยากรณ์ภาษาไทย แสดงสถาปัตยกรรมและการออกแบบขั้นตอนวิธี แสดงดังภาพ 1

เครื่องจักรและขั้นตอนวิธีดังกล่าวนี้สามารถสร้างประโยคได้เพียง 14 รูปแบบเท่านั้น และยังเป็นประโยคความเดียวที่เน้นเป็นประโยคบอกเล่า ยิ่งเมื่อพิจารณาประโยคแบบพึ่งบริบท พบว่า ประโยคแบบพึ่งบริบทที่สามารถเข้าใจตามความหมายอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5-60 ของประโยคที่ได้จากการสุ่มเท่านั้น ซึ่งเมื่อพิจารณาละเอียดลงโดยจำแนกประโยคที่เกิดจากรูปแบบของคำ 2 3 และ 4 คำ สามารถเข้าใจความหมายได้มากสุดร้อยละ 60 45 และ 5 เครื่องจักรยังไม่ตอบสนองต่อประโยคที่แบ่งเจตนาการสื่อสารหรือรูปแบบประโยคมากกว่า 14 รูปแบบได้ อีก

ทั้งเมื่อนำไปพัฒนาเพื่อสร้างประโยคยังใช้เวลาสร้างมาก ไม่เป็นอิสระในการสร้างประโยคเดี่ยว ไม่รองรับการขยายรูปแบบประโยคอีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยเครื่องจักรสร้างประโยคภาษาไทยตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร Khancome, Daengcharoen and Charungchit (2022) จึงพยายามสร้างประโยคภาษาไทยให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร โดยปรับปรุงและแบ่งรูปแบบ 14 รูปแบบของประโยคออกเป็นตามหน้าที่ของประโยคได้แก่ สร้างประโยคความรวมภาษาไทยที่มีเนื้อความคล้อยตามกัน เนื้อความขัดแย้งกัน เนื้อความเลือกเอาอย่างใดอย่างหนึ่ง และเนื้อความเป็นเหตุเป็นผลกัน ขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการสร้างประโยคตามวัตถุประสงค์เท่านั้น ยังมีข้อจำกัดการสร้างประโยคที่มากกว่า 14 รูปแบบและการสร้างแต่ละรูปแบบไม่เป็นอิสระไม่เหมาะสำหรับการขยายรูปแบบประโยค

วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการดำเนินการวิจัย ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

วิเคราะห์รูปแบบประโยคจากงานวิจัยเดิมของคณะวิจัยที่ได้นำเสนอข้างต้น รวมกับการพัฒนารูปแบบประโยคใหม่ให้ได้จำนวน 21 รูปแบบ

นำคำศัพท์จากพจนานุกรม LEXiTRON มาวิเคราะห์คำชนิดต่าง ๆ ว่าเป็นคำประเภทใดบ้าง สามารถที่จะนำไปสร้างเป็นรีเลชันในระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้อย่างไรบ้าง

ออกแบบพจนานุกรมใหม่เรียกว่า Thai POS Dictionary เพื่อให้เหมาะที่จะจัดเก็บรีเลชัน (ตารางประเภทของคำ) ได้แก่ คำนาม คำสรรพนาม คำกริยา คำวิเศษณ์ คำบุพบท คำสันธาน คำอุทาน พร้อมทั้งออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับแปลงข้อมูลจากพจนานุกรม LEXiTRON ให้เป็น Thai POS Dictionary และเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนวิธีแปลงข้อมูลเก็บไว้ในพจนานุกรมเพื่อใช้ทดลองต่อไป

ออกแบบเครื่องจักรและขั้นตอนวิธีเพื่อสร้างประโยคตามวัตถุประสงค์การวิจัย และเขียนโปรแกรมเพื่อทดลอง

ประเมินผล และเขียนรายงานวิจัย

ต่อไปนี้จะนำเสนอเครื่องจักรสร้างพจนานุกรม Thai POS ขั้นตอนวิธีสำหรับสร้างเครื่องจักร และส่วนของเครื่องจักรสร้างประโยคพร้อมขั้นตอนวิธีประกอบ รวมถึงนำเสนอนิยามต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการอธิบายขั้นตอนวิธีที่สร้างขึ้นตามลำดับ

เครื่องจักรสร้างพจนานุกรม

แนวคิดการออกแบบเครื่องจักรสำหรับสร้างพจนานุกรม Thai POS แสดงดังภาพที่ 2 ดังนี้

ขั้นตอนวิธีแบ่งเป็นส่วนนำเข้า (input) ส่วนประมวลผล (processing) และส่วนนำผลออก (result output) ก่อนการนำเสนอขั้นตอนวิธีจำเป็นต้องนำเสนอนิยามที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

นิยามที่ 1 กำหนดให้ L คือ พจนานุกรม LEXiTRON ที่ประกอบด้วยคำไทย w_1, w_2, w_3, ..., w_n เขียนแทนด้วย L={ w_1, w_2, w_3, ..., wn }

นิยามที่ 2 กำหนดให้ WT คือ ชนิดของคำตามชนิดของคำ (Part of Speech) บรรจุชนิดของคำ wt_1, wt_2, wt_3, ..., wt_k เขียนแทนด้วย WT={wt_1, wt_2, wt_3, ..., wtk}

นิยามที่ 3 wb ใด ๆ ใน L ของนิยามที่ 1 สามารถระบุได้ว่า ชนิดของคำได้ว่าเป็น t_x ใดใน WT เขียนแทนได้ด้วย wb: wtx

ตัวอย่างที่ 1 หากกำหนดให้ L={นก, กิน, ปลา, ...} กำหนด WT={คำนาม (N), กริยา (V), สรรพนาม(PRN), ...}

จากนิยามที่ 1 และ 2 สามารถอธิบายและนำเสนอให้เห็นภาพได้ดังตัวอย่างนี้ w_1=นก, w2=กิน, w3=ปลา เขียนแทนสัญลักษณ์ตามนิยามที่ 3 ได้ นก:N, กิน:V, ปลา:N เป็นต้น

นิยามที่ 4 กำหนดให้ TPOS คือ พจนานุกรม Thai POS Dictionary ที่จัดเก็บตาราง (ความสัมพันธ์) R_1, R_2, R_3,...,R_j ที่แต่ละ R_i เก็บคำชนิด wt_i ดังนิยามที่ 2

จากนิยามที่ 4 สามารถกล่าวได้ว่า ตาราง คำนาม (Noun) สรรพนาม (Pronoun) คำกริยา (Verb) นามวลี (Noun Phrase) คำบุพบท (Preposition) หรืออื่น ๆ ที่เป็นไปตามนิยามที่ 1 สามารถแทนด้วยความสัมพันธ์ตามนิยามที่ 4 ได้ แสดงขั้นตอนวิธีสำหรับสร้าง TPOS ดังนี้

Algorithm 1: Generate Thai POS Engine

Input: L= {w_1, w_2, w_3, ..., w_n},

WT = {wt_1, wt_2, wt_3, ..., wt_k}, Empty TPOS

Output: TPOS = (R_1, R_2, R_3,...,R_j)

```
Create Empty R1, R2, R3,...,Rj
For i =1 Ton Do
  Get wi form L
  Tx = wtk of wi
Do case tx :
    1: Store wi to R1 in TPOS
    2: Store wi to R2 in TPOS
    3: Store wi to R3 in TPOS, ...,
    j: Store wi to Rj
End of Do case
End of For
Return TPOS
```

นิยามที่ 5 กำหนดให้ TP แทน เซตของรูปแบบประโยคภาษาไทย (Thai Sentence Patterns)

นิยามที่ 6 กำหนดให้ $T_1, T_2, T_3,...,T_r \epsilon TP$ โดยที่แต่ละ T_q ประกอบด้วยลำดับของความสัมพันธ์ในนิยามที่ 2 ตั้งแต่หนึ่งความสัมพันธ์ขึ้นไป โดยที่ $1 \le q \le r$

ตัวอย่างที่ 2 ตามนิยามที่ 6 อธิบายได้ว่า รูปแบบประโยค T1-T21 ตามภาพ 1 เช่น T1=NxADJ หรือ T2=NPxBExNP ต่างถือว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของ T_q ใด ๆ

นิยามที่ 7 กำหนด TSC คือ คลังเก็บประโยคภาษาไทยที่ประกอบด้วยรีเลชันผลลัพธ์ของการสร้างประโยคภาษาไทยจากรูปแบบภาษาไทยตามนิยามที่ 6 เขียนแทนด้วย TSC={tsp1, tsp2, tsp3, ..., tspr} โดยที่ tspq ใด ๆ สอดคล้องกับตรงกันกับรูปแบบประโยค T_q

ตัวอย่างที่ 3 จากนิยามที่ 6 และ 7 อธิบายได้ว่า tspq คือ ผลของการนำรูปแบบ T_q ใด ๆ มาสร้างประโยคภาษาไทย เช่น ถ้า T_q คือ NP BE ADV ผลลัพธ์ที่เกิดจากการสร้างประโยคจากรูปแบบนี้ด้วยการนำตาราง NP BE และ ADV มาเพื่อสร้างประโยคตามแนวทางของเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ (ดังแสดงในลำดับถัดไป) คือ รีเลชัน tspq ที่บรรจุใน TSC

นิยามที่ 8 กำหนดให้ PT[1...f] คือ พื้นที่ชั่วคราวที่ใช้เก็บชื่อรีเลชันที่ประกอบกันอยู่ในรูปแบบประโยค T_q ที่ประกอบด้วยลำดับของ wt ใด ๆ ที่ประกอบกันเป็นรูปแบบประโยค

ตัวอย่างที่ 4 ตามนิยามที่ 8 ถ้า Tq=NPxBExADJ พื้นที่ชั่วคราวสำหรับเก็บรูปแบบดังกล่าวคือ PT [1] เก็บ NP PT [2] เก็บ BE และ PT [3] เก็บ ADJ เป็นต้น

Input:$(\boldsymbol{R_1, R_2, R_3, \dots, R_l})$, $(\boldsymbol{T_1, T_2, T_3, \dots, T_h})$ where
$\boldsymbol{1 \le l \le n}$ and $\boldsymbol{1 \le h \le m}$

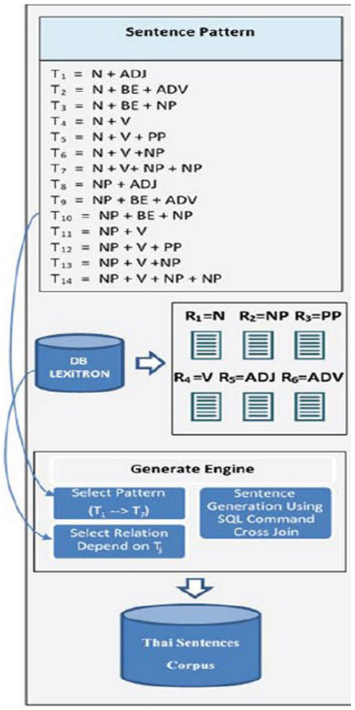
Processing:

(1) For *j=1 To h* Do

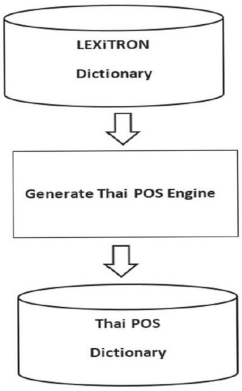
(2) Analyze Thai sentence pattern of $\boldsymbol{T_j}$
and Select relation(s) from $\boldsymbol{R_1}$ *to* $\boldsymbol{R_l}$ followed by $\boldsymbol{T_j}$

(3) $\boldsymbol{rs_j = \pi\left(R_1^{(field1)} \text{ to } R_l^{(fieldl)}\right) R_1 \times \dots \text{ to } \dots \times R_l}$

Result Output: $\boldsymbol{rs_1, rs_2, rs_3, \dots, rs_h}$



ภาพ 1 สถาปัตยกรรมและขั้นตอนวิธีของเครื่องต้นแบบ



ภาพ 2 เครื่องจักรสร้าง Thai POS Dictionary

เครื่องจักรหลักและขั้นตอนวิธีสร้างประโยค

เบื้องต้นจำเป็นต้องกำหนดนิยามเพิ่มเติมจากส่วนของการสร้างพจนานุกรม TPOS ดังนี้

แนวคิดขั้นตอนวิธีหลักของการออกแบบเครื่องจักรแบ่งเป็นส่วนนำเข้า (input) เป็น TPOS และ รูปแบบประโยค T_q ส่วนประมวลผล (processing) คือ เครื่องจักรซอฟต์แวร์หลัก ATSGE--Automatic Thai Sentence Generation Engine และส่วนนำผลออก (result output) คือ Thai Sentence Corpus ซึ่ง คือ tsp_q ในนิยามที่ 7 แสดงดังเครื่องจักรภาพ 3 ดังนี้

แสดงขั้นตอนวิธีที่สร้างประโยคด้วยเครื่องจักร ATSGE ดังนี้

Algorithm 2: ATSGE

Input : TPOS=$(R_1, R_2, R_3, \dots, R_j)$, $(TP = T_1, T_2, T_3, \dots, T_r)$, T_q , PT[1...f],TSC={tsp_1, tsp_2, tsp_3, ..., tsp_t}

Output: tsp_q Add to TSC

1. $T_c \leftarrow T_q \cap TP$
2. If T_c! = ∅ Then
3. Read Tc form TP add PT [1...f]
4. $\pi\left(R_{\mathrm{PT}[1]}^{(field1)} \; to \; R_{lPT[f]}^{(field1)}\right)$
5. Tsp $_c$ ← Cross Join $R_{\mathrm{PT}[1]} \times R_{\mathrm{PT}[2]} \times R_{\mathrm{PT}[3]} \times \dots \times R_{PT[f]}$
6. Else
7. Return
8. End of If
9. TSC←tsp_c
10. Return

ตัวอย่างที่ 5 จากแนวคิดของเครื่องจักรดังกล่าวแสดงการสร้างประโยคภาษาไทยได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้ เมื่อ

ส่วนนำเข้า: R_1=N, R_2=BE, R_3=ADV และรูปแบบ Tq=N BE ADV โดยสมมุติจำนวนเรคคอร์ดของ N=100 BE=10 ADV=100

ส่วนการประมวลผล: เลือกรูปแบบ N BE ADV และจึงไปเลือกตาราง N BE ADV จากนั้นทำการ Cross join ด้วย tspc= $\pi((N^{(noun)}BE^{(be)})ADV^{(adb)})$--(NxBExADV) (100x10x100)

ส่วนนำผลออก: tspc ด้วยปริมาณเรคอร์ดประโยคภาษาไทยจำนวน 100,000 เรคอร์ด (ประโยค)

พิจารณาเกี่ยวกับความยืดหยุ่นของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ (algorithm 2) และขั้นตอนวิธีในภาพ 1 พบว่า ขั้นตอนวิธีใหม่ที่พัฒนาขึ้นมีความยืดหยุ่นมากกว่าโดยสามารถคำนวณและสร้างประโยคได้ทีละรูปแบบของประโยค Tc โดยไม่ผูกติดด้วยลูปการวนซ้ำทุกรูปแบบจำนวน 14 รูปแบบ ดังที่นำเสนอไว้ในงานวิจัยก่อนหน้า ในขณะเดียวกันขั้นตอนวิธีใหม่นี้ ยังสามารถดำเนินการกับประโยครูปแบบใหม่ ๆ และเพิ่มรูปแบบประโยคเป็นจำนวน 21 รูปแบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ข้อมูลคำจากพจนานุกรมอิเล็กทรอนิกส์ไทย-อังกฤษ (LEXiTRON) (LEXiTRON Data, 2018)

2. โครงสร้างจักรประโยคภาษาไทย

3. โปรแกรมบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL Version 5.2

4. โปรแกรมภาษา PHP

5. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ASUS ซีพียู Core i3 1.8 GHz แรม 4 กิกะไบต์ ฮาร์ดดิสก์ 1 เทราไบต์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

การทดลอง

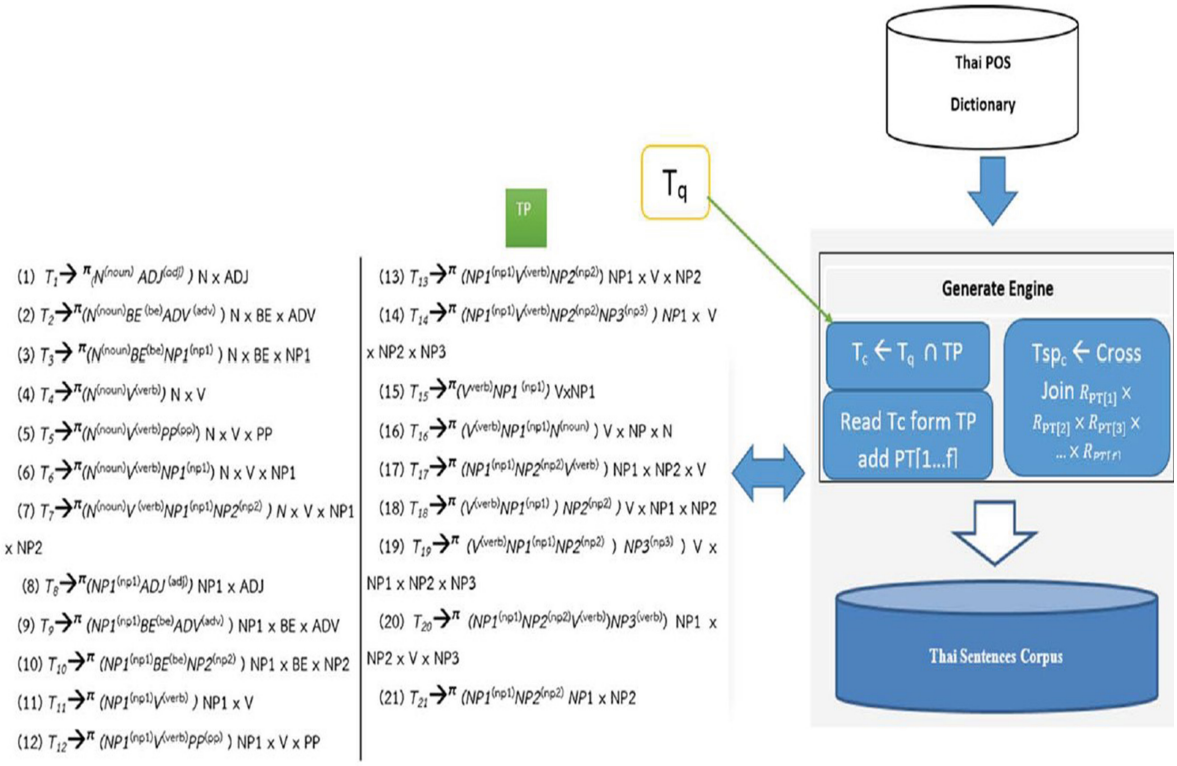
1. นำเข้าข้อมูลจาก LEXiTRON จำนวน 40,854 เรคคอร์ด แสดงตัวอย่างดังภาพ 4

2. พัฒนาโปรแกรมด้วย PHP สร้างรีเลชันตามรูปแบบ แต่ละ R_q เพื่อสร้างเป็น TPOS ตามขั้นตอนวิธี 1

3. พัฒนาโปรแกรมด้วย PHP ตามขั้นตอนวิธี 2 โดยนำเข้ารูปแบบประโยค TP และ TPOS สร้างประโยคภาษาไทย

4. เขียนโปรแกรมด้วย PHP นับจำนวนรวบรวมจำนวนเรคคอร์ดที่ได้จากการสร้างประโยคทั้งหมด เพื่อวัดผลเชิงปริมาณ

5. เขียนโปรแกรมสุ่มประโยคอย่างอิสระจากผลการสร้างประโยคตามรูปแบบประโยค 21 รูปแบบ จำนวน 12 ชุด ชุดละ 25 ประโยค (300 ประโยคต่อชุด) รวมทั้งสิ้น 6,300 ประโยค เพื่อวัดผลเชิงคุณภาพด้วยการพิจารณาการอ่านว่าได้ความหมายถูกต้องหรือไม่



ภาพ 3 เครื่องจักรซอฟต์แวร์ ATSGE

word_id	words_word	words_eng	words_cat	words_syn	words_sample
1	ดังกล่าวข้างต้น	abovementioned	PRON	ดังกล่าว	หน่วยงานของเราสามารถรับบทบาทได้เป็นอย่างดี.
2	การงดออกเสียง	abstention	N	การไม่แสดงความเห็นตามสิทธิ	
3	ตามกฎหมาย	according to law	ADV	ถูกต้องตามกฎหมาย	
4	เทคโนโลยีสมัยใหม่	advance technologies	N	เทคโนโลยีสมัยใหม่	คอมพิวเตอร์เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเทคโน...
5	ระเบียบวาระการประชุม	agenda	N	ลำดับรายการการประชุมที่กำหนดไว้	
6	ฮาร์โมนเพศชาย	testosterone	N	สารที่สร้างขึ้นโดยต่อมไร้ท่อของร่างกายในเพศชาย	
7	เอเชีย	Asia	N	ชื่อทวีป	
8	เอเชีย	Asia	ADJ	เกี่ยวกับทวีปเอเชีย	
9	อาเซียน	Asian	N	ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	
10	อาเซียน	Asian	ADJ	เกี่ยวกับภูมิภาคในแถบตะวันออกเฉียงใต้	
11	เป็นหลักประกัน	Assure	V	เป็นหลักประกัน	การใช้จ่ายโดยประหยัด จะเป็นหลักประกันความ...
12	แต่บางที	at other times	ADV	บางที, บางคราว, บางครั้ง	บางทีชาวไร่ควรจะแบ่งชนิดของฝ้ายตั้งแต่ตอนเก็บ
13	ในบางกรณี	at some point	DET	บางกรณี	ในบางกรณี ภาษีนำเข้าของวัตถุที่ยังประกอบไม่...
14	อำนาจหน้าที่	authority and fucntion	N	อำนาจหน้าที่	

ภาพ 4 ข้อมูล LEXiTRON ที่ใช้ทดลอง

ผลการทดลอง

จากการดำเนินการพัฒนาโปรแกรมนำเข้า LEXiTRON เข้าสู่ระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล และเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนวิธี 1 ทำให้ได้ข้อมูลแต่ R_q ซึ่งเป็นตารางและจำนวนคำเพื่อใช้ทดลอง แสดงตัวอย่างผลการทดลองขั้นตอนนี้ ดังภาพ 5

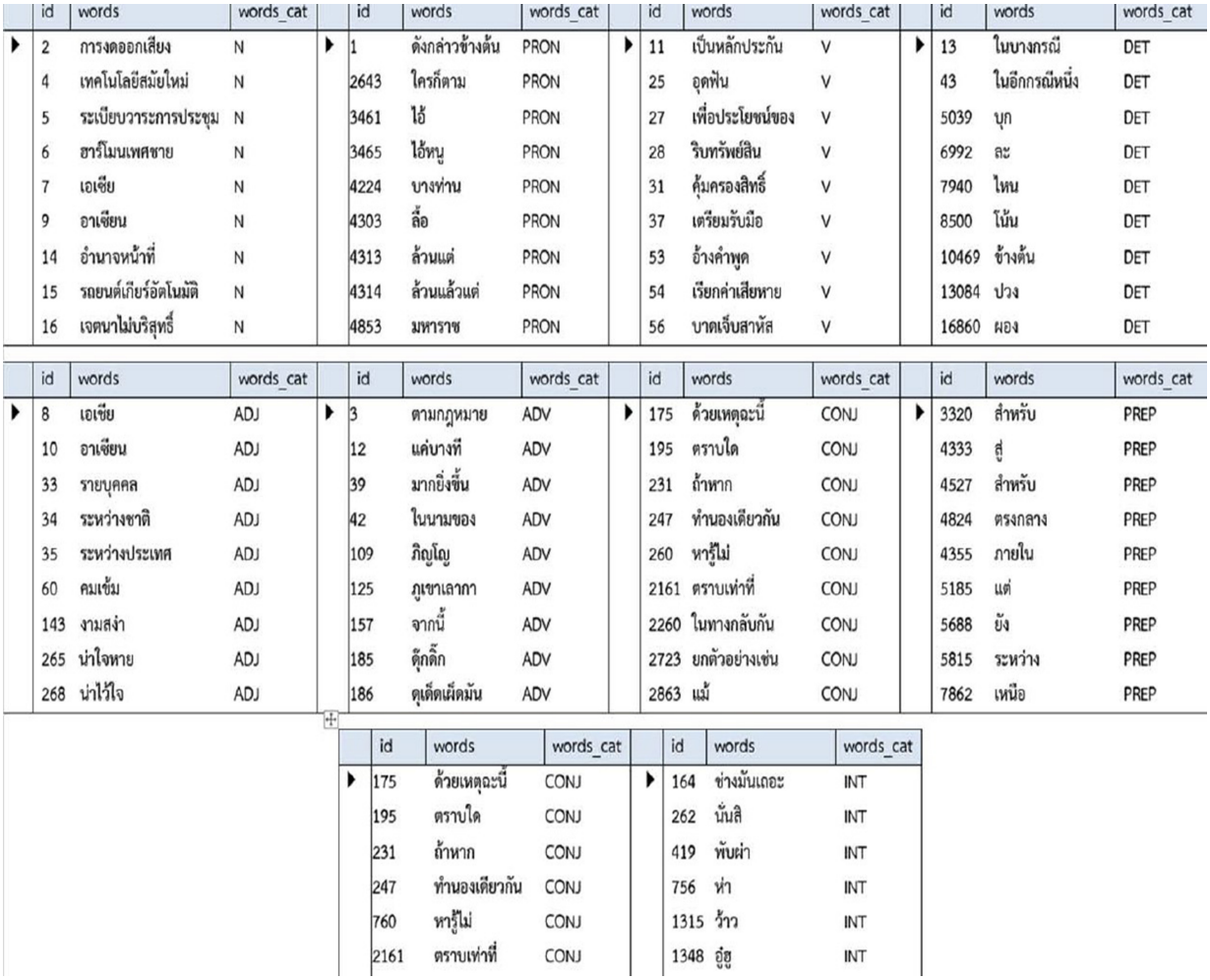
เมื่อได้แต่ละ R_q ดังภาพ 7 นำเข้ารีเลชันดังกล่าวให้โปรแกรมที่พัฒนาตามขั้นตอนวิธี 2 โดยเลือกรีเลชัน R_q ที่เกี่ยวข้องกับ TP ดังนี้ N=21,090 คำ V=13,028 คำ BE=4 คำ ADJ=2,879 คำ ADV=2,876 คำ NP=10,545 คำ และ PP=221 คำ

การนำเสนอผลการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลการทดลองเชิงปริมาณและผลการทดลองเชิงคุณภาพ โดยตาราง 3 และ 4 แสดงผลการทดลองเชิงปริมาณ ส่วนตาราง 5 และ 6 แสดงผลการทดลองเชิงคุณภาพพิจารณาจากประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้อง

ผลการทดลองเชิงปริมาณ

ตาราง 3 แสดงรูปแบบคำประกอบประโยคตัวอย่างประโยคที่ได้จากการทำงานของเครื่องจักร ทั้งประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้องและไม่สามารถเข้าใจได้โดยแยกให้เห็นคำแต่ละชนิดที่นำมาประกอบกันเป็นประโยค ตาราง 4 แสดงผลเชิงปริมาณที่ได้จากการครอสโปรดักทั้งหมดจำแนกตามรูปแบบและจำนวนของคำและวลีที่นำมาประกอบกันตามรูปแบบ 21 รูปแบบ

จากตาราง 4 อธิบายได้ว่า เครื่องจักรสร้างประโยคแบบไม่พึ่งบริบทได้จำนวนรวม 7.6392x1016 ประโยค โดยที่จำนวนของประโยคที่ได้ขึ้นตรงกับจำนวนของเรคอร์ดที่มีในแต่ละรีเลชันและจำนวนของคำในแต่ละรูปแบบ ซึ่งผลการคำนวณที่ได้จะเป็นไปตามผลคูณคาร์ทีเซียนของรูปแบบครอสโปรดัก



id	words	words_cat
2	การงดออกเสียง	N
4	เทคโนโลยีสมัยใหม่	N
5	ระเบียบวาระการประชุม	N
6	ฮาร์โมนเพศชาย	N
7	เอเชีย	N
9	อาเซียน	N
14	อำนาจหน้าที่	N
15	รถยนต์เกียร์อัตโนมัติ	N
16	เจตนาไม่บริสุทธิ์	N

id	words	words_cat
1	ดังกล่าวข้างต้น	PRON
2643	ใครก็ตาม	PRON
3461	ไอ้	PRON
3465	ไอ้หนู	PRON
4224	บางท่าน	PRON
4303	ลื้อ	PRON
4313	ล้วนแต่	PRON
4314	ล้วนแล้วแต่	PRON
4853	มหาราช	PRON

id	words	words_cat
11	เป็นหลักประกัน	V
25	อุดฟัน	V
27	เพื่อประโยชน์ของ	V
28	ริบทรัพย์สิน	V
31	คุ้มครองสิทธิ์	V
37	เตรียมรับมือ	V
53	อ้างคำพูด	V
54	เรียกค่าเสียหาย	V
56	บาดเจ็บสาหัส	V

id	words	words_cat
13	ในบางกรณี	DET
43	ในอีกกรณีหนึ่ง	DET
5039	บุก	DET
6992	ละ	DET
7940	ไหน	DET
8500	โน้น	DET
10469	ช้างต้น	DET
13084	ป่วง	DET
16860	ผอง	DET

id	words	words_cat
8	เอเชีย	ADJ
10	อาเซียน	ADJ
33	รายบุคคล	ADJ
34	ระหว่างชาติ	ADJ
35	ระหว่างประเทศ	ADJ
60	คมเข้ม	ADJ
143	งามสง่า	ADJ
265	น่าใจหาย	ADJ
268	น่าไว้ใจ	ADJ

id	words	words_cat
3	ตามกฎหมาย	ADV
12	แค่บางที	ADV
39	มากยิ่งขึ้น	ADV
42	ในนามของ	ADV
109	ภิญโญ	ADV
125	ภูเขาเลากา	ADV
157	จากนี้	ADV
185	ดุ๊กดิ๊ก	ADV
186	ดุเด็ดเผ็ดมัน	ADV

id	words	words_cat
175	ด้วยเหตุฉะนี้	CONJ
195	ตราบใด	CONJ
231	ถ้าหาก	CONJ
247	ทำนองเดียวกัน	CONJ
260	หารู้ไม่	CONJ
2161	ตราบเท่าที่	CONJ
2260	ในทางกลับกัน	CONJ
2723	ยกตัวอย่างเช่น	CONJ
2863	แม้	CONJ

id	words	words_cat
3320	สำหรับ	PREP
4333	สู่	PREP
4527	สำหรับ	PREP
4824	ตรงกลาง	PREP
4355	ภายใน	PREP
5185	แต่	PREP
5688	ยัง	PREP
5815	ระหว่าง	PREP
7862	เหนือ	PREP

id	words	words_cat
175	ด้วยเหตุฉะนี้	CONJ
195	ตราบใด	CONJ
231	ถ้าหาก	CONJ
247	ทำนองเดียวกัน	CONJ
760	หารู้ไม่	CONJ
2161	ตราบเท่าที่	CONJ

id	words	words_cat
164	ช่างมันเถอะ	INT
262	นั่นสิ	INT
419	พับผ่า	INT
756	ห่า	INT
1315	ว้าว	INT
1348	อู้ฮู	INT

ภาพ 5 ผลการทดลองสร้างรีเลชันแต่ละ Rq (เลือกเอาเฉพาะที่เกี่ยวข้อง—N, V, ADJ, BE, PP, ADV,)

ตาราง 3

ตัวอย่างผลการทดลองของการสร้างประโยคจากการครอสโปรดักตามรูปแบบ T1-T21

รูปแบบ	ตัวอย่างประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้อง	ตัวอย่างประโยคที่อ่านไม่ได้ความหมาย
T_1 (N+ADJ)	หัวรถจักร|มหัศจรรย์	ขนมเบื้อง|สมรรถ
T_2 (N+BE+ADV)	นักอนุรักษ์นิยม|เสมือนว่า|ลงมา	พระนม|เป็น|เท่าทุน
T_3 (N+BE+NP1)	การชะลอ|คือ|การงด	คลังน้ำมัน|เป็น|การยึดมั่น
T_4 (N+V)	การเล่นพรรคเล่นพวก|โหวตเสียง	ถังน้ำ|แล่นแฉลบ
T_5 (N+V+PP)	ในกรณีที่|พูด|แทรกผู้อื่น	เขียง|ออม|หาบพิตร
T_6 (N+V+NP1)	เจ้าเบี้ย|เปิดโปง|ผู้พิทักษ์สันติราษฎร์	ภาษีรถยนต์|รดน้ำ|ต้นไม้|ความอยากรู้
T_7 (N+V+NP1+NP2)	หนังสือสำคัญ|ยอมให้|การโปรย|นักโปรแกรม	กอล์ฟ|บาดเจ็บ|ความโอบอ้อมอารี|ผู้มีส่วน
T_8 (NP1+ADJ)	การพ่วง|วิจิตรบรรจง	ความชื้น|บี้แบน
T_9 (NP1+BE+ADV)	การทำลายล้าง|คือ|ซ้ำไปซ้ำมา	นักการศึกษา|คือ|เกินควร
T_{10} (NP1+BE+NP2)	ความลึกลับ|คือ|การสมมติ	ห้องรับแขก|อยู่|การสั่น

ตาราง 3 (ต่อ)

รูปแบบ	ตัวอย่างประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้อง	ตัวอย่างประโยคที่อ่านไม่ได้ความหมาย
T_{11} (NP1+V)	พนักงานเก็บเงิน|เบี้ยน้อยหอยน้อย	การบนบานศาลกล่าว|จ่อคอหอย
T_{12} (NP1+V+PP)	การฝึกฝน|จับ|ไก่	สถานที่ประกอบการ|หมด|เขต
T_{13} (NP1+V+NP2)	งานเฉลิมฉลอง|จู๋โจม|เจ้าพนักงานราชทัณฑ์	ใบกำกับภาษี|ออกงิ้ว|ผู้พิมพ์จำหน่าย
T_{14} (NP1+V+NP2+NP3)	ผู้ส่งสาส์น|แทง|ข้างหลัง|การซื้อขายปัญญาประดิษฐ์	คำพิพากษา|ถึงที่สุดอ่า|สิ่งละเล็กละน้อย|ลูกดอก
T_{15} (V+NP1)	มุ่งเน้น|การศึกษานอกระบบ	กระโดกกระเดก|ทวารประดับ
T_{16} (V+NP+ N)	มหัศจรรย์ใจ|การอบรม|การอบรมทหารประจำการ	อาสา|การแผ่รังสี|การแผ่รังสี
T_{17} (NP1+NP2+V)	ตัวประกอบ|การค้า|เจาะตลาด	การอาบน้ำ|ระดับปานกลาง|คุ้มกะลาหัว
T_{18} (V+NP1+NP2)	เปรี้ยวจี๊ด|ผู้กุมอำนาจ|หน่วยงาน	เข้ามา|กิ่งก้าน|สาขาสาระประโยชน์
T_{19} (V+NP1+NP2+NP3)	เข้า|สังคม|การเข้าสู่|การเซ็นสัญญา|ข้าราชการประจำ	ตกฟากอำนาจคำขอบคุณความเค็ม
T_{20} (NP1+NP2+V+NP3)	ข้อใหญ่ใจความ|การเกษตร|เติบใหญ่|ปัญญาประดิษฐ์	คำชวน|การเพ้อ|ข่ม|นามหลัก
T_{21} (NP1+NP2)	เงินวางประกัน|การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	รถพยาบาล|ผู้กำกับการแสดง

ตาราง 4

ปริมาณประโยคที่ได้จากการครอสโปรดักจำแนกตามรูปแบบ T1-T21 และจำนวนคำในแต่ละรีเลชัน

รูปแบบ	จำนวนคำ				ประโยคที่ได้
T_1	21,090	2,879	-	-	6.0718x107
T_2	21,090	4	2,876	-	2.4262x108
T_3	21,090	4	10,545	-	8.8958x108
T_4	21,090	13,028	-	-	2.7476x108
T_5	21,090	13,028	221	-	6.0722x1010
T_6	21,090	13,028	10,545	-	2.8973x1012
T_7	21,090	13,028	10,545	10,545	3.0553x1016
T_8	10,545	2,879	-	-	3.0359x107
T_9	10,545	4	2,876	-	1.2131x108
T_{10}	10,545	4	10,545	-	4.4479x108
T_{11}	10,545	13,028	-	-	1.3738x108
T_{12}	10,545	13,028	221	-	3.0361x1010
T_{13}	10,545	13,028	10,545	-	1.4487x1012
T_{14}	10,545	13,028	10,545	10,545	1.5276x1016
T_{15}	13,028	10,545	-	-	1.3738x108
T_{16}	13,028	10,545	21,090	-	2.8973x1012

ตาราง 4 (ต่อ)

รูปแบบ	จำนวนคำ				ประโยคที่ได้
T_{17}	10,545	10,545	13,028	-	1.4487x1012
T_{18}	13,028	10,545	10,545	-	1.4487x1012
T_{19}	13,028	10,545	10,545	10,545	1.5276x1016
T_{20}	10,545	10,545	13,028	10545	1.5276x1016
T_{21}	10,545	10,545	-	-	1.1120x108
รวม	7.6392x1016				

ผลการทดลองเชิงคุณภาพ

ตาราง 5 เป็นผลเชิงคุณภาพที่นำข้อมูลที่ได้จากการครอสโปรดักมาวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนของประโยคที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้อง จำแนกเป็นร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนร้อยละเฉลี่ยของการพิจารณาประโยคที่อ่านได้ความหมายถูกต้องเมื่อพิจารณาตามประโยคที่ประกอบด้วยคำ 2 3 และ 4 คำ

ทั้งสองตารางนำเสนอ ดังนี้ ผลการทดลองเป็นผลการทดลองสุ่มประโยคอย่างอิสระโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยการเขียนโปรแกรมเพื่อสุ่มประโยคในตาราง 1 แต่ละรูปแบบ (21 รูปแบบ) จำนวน 12 ชุด ชุดละ 25 ประโยค (300 ประโยคต่อชุด) รวมทั้งสิ้น 6,300 ประโยค จากนั้นวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแต่ละรูปแบบด้วยคณะผู้วิจัย ที่นำออกมาวิเคราะห์ทีละประโยค ด้วยการให้ความเห็นของคณะผู้วิจัยตัดสินว่าประโยคที่สร้างขึ้นสามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องหรือไม่ ทั้งนี้มิได้กำหนดบริบทตายตัวสำหรับจัดประเภทเพียงแต่ตัดสินว่าสามารถอ่านได้ใจความหรือไม่เท่านั้น

ผลการวิเคราะห์โดยรวม (macro analysis) พบว่า สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องจำนวน 2,312 ประโยค คิดเป็นร้อยละ 36.67 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงดังตาราง 5

พิจารณาจากตาราง 5 อธิบายได้ว่า ผลเชิงคุณภาพที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้อง โดยเฉลี่ยทั้ง 21 รูปแบบ รูปแบบละ 300 ประโยค จำนวนที่อ่านความหมายได้ถูกต้องได้เฉลี่ย 110.10 ประโยค คิดเป็นร้อยละ 36.70 โดยมีค่าน้อยสุดอยู่ที่ร้อยละ 13.33 คือ รูปแบบประโยคที่ 14 ค่ามากที่สุดได้ถึงร้อยละ 64 คือ รูปแบบประโยคที่ 1 และมีค่าจำนวนประโยคเฉลี่ยจาก 25 ประโยคในแต่ละชุดข้อมูล คือ 9.17 ประโยค

วิเคราะห์ในส่วนรายละเอียด (micro analysis) นำผลการทดลองในตาราง 5 มาวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยเปรียบเทียบความยาวของประโยคที่ประกอบด้วย 2 คำ 3 คำ และ 4 คำ โดยประโยค 2 คำ คือ รูปแบบที่ 1 4 8 11 15 และ 21 ประโยคแบบ 3 คำ คือ รูปแบบที่ 2 3 5 6 9 10 12 13 16 17 และ 18 ประโยคแบบ 4 คำ คือ รูปแบบที่ 7 14 19=20 ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อประโยคที่ประกอบด้วยคำ 2 คำ สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องมีร้อยละเฉลี่ยระหว่าง 44.00-64.00 คิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ 53.05 ขณะที่ประโยคที่ประกอบด้วยคำ 3 คำ ได้ร้อยละเฉลี่ยระหว่าง 22.33-57.67 คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.57 และประโยคที่ประกอบด้วยคำ 4 คำ พบว่า ได้ประโยคที่มีความหมาย ร้อยละเฉลี่ยระหว่าง 13.33-21.00 คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.00 แสดงร้อยละเฉลี่ยดังตาราง 6

ตาราง 5

ผลรวม ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประโยคแบบ T_1-T_{21} ที่สามารถอ่านความหมายได้ถูกต้อง

รูปแบบประโยค	ผลรวม	ร้อยละ	$\overline{X}$	SD
T_1	192.00	64.00	16.00	3.07
T_2	116.00	38.67	9.67	3.26
T_3	104.00	34.67	8.67	2.90
T_4	168.00	56.00	14.00	3.64
T_5	173.00	57.67	14.42	5.47
T_6	109.00	36.33	9.08	2.27
T_7	63.00	21.00	5.25	2.26
T_8	166.00	55.33	13.83	4.02
T_9	101.00	33.67	8.42	4.64
T_{10}	98.00	32.67	8.17	4.99
T_{11}	132.00	44.00	11.00	4.00
T_{12}	146.00	48.67	12.17	4.15
T_{13}	76.00	25.33	6.33	2.77
T_{14}	40.00	13.33	3.33	2.39
T_{15}	138.00	46.00	11.50	3.78
T_{16}	67.00	22.33	5.58	2.61
T_{17}	76.00	25.33	6.33	1.92
T_{18}	75.00	25.00	6.25	2.30
T_{19}	51.00	17.00	4.25	3.28
T_{20}	62.00	20.67	5.17	3.97
T_{21}	159.00	53.00	13.25	2.70
เฉลี่ย	110.10	36.70	9.17	3.35

ตาราง 6

ผลร้อยละเฉลี่ยเมื่อพิจารณาความยาวของคำ

ความยาวคำ	ผลรวมเฉลี่ย	$\overline{X}$	ร้อยละ	SD
2	159.17	13.26	53.05	3.54
3	103.73	8.64	34.57	3.39
4	54.00	4.50	18.00	2.98

อภิปรายผล

จากผลการทดลองเชิงปริมาณที่ได้จากการนำคำเข้าเครื่องจักรโดยประมาณ 3x104 คำ ทำให้ได้ประโยคที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องอยู่ที่ร้อยละเฉลี่ย 13.33-64 หรือ 1.0183x1016-4.8891x1016 ประโยค ค่าเฉลี่ยโดยรวมร้อยละ 36.70 คิดเป็นประโยคที่ได้ 2.8036x1016 ประโยค ซึ่งเป็นปริมาณประโยคจำนวนมาก ดังนั้นหากมีการคำเข้าสู่เครื่องจักรที่สร้างขึ้นมากกว่าการทดลองในงานวิจัยนี้จะทำให้ได้ปริมาณของประโยคที่มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ยิ่งมีจำนวนคำมากขึ้นจำเป็นต้องอาศัยขีดความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์มากยิ่งขึ้น รวมถึงจำเป็นต้องพิจารณาขีดความสามารถของระบบจัดการฐานข้อมูลที่สูงขึ้นอีกด้วย ฉะนั้น จำเป็นสำหรับผู้ที่จะใช้งานขั้นตอนวิธีและเครื่องจักรที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องปรับให้เหมาะกับข้อมูลนำเข้าของตนให้เหมาะสม

จากผลการทดลองเชิงคุณภาพ หากพิจารณาโดยจำแนกประโยคที่เกิดจากรูปแบบของประโยคที่ประกอบด้วยคำ 2 คำ ได้ 7.5180x108 ประโยค สามารถเข้าใจความหมายถูกต้องได้ร้อยละ 53.05 คิดเป็น 3.9883x108 ประโยค ประโยคที่ประกอบด้วยคำ 3 คำ ได้ 1.0234x1013 ประโยค สามารถเข้าใจความหมายได้เฉลี่ยร้อยละ 34.57 คิดเป็น 3.5377x1012 ประโยค พิจารณาประโยคที่ประกอบด้วยคำ 4 คำ ได้ประโยคจำนวน 7.6381x1016 ประโยค สามารถเข้าใจความหมายได้เฉลี่ยร้อยละ 18.00 คิดเป็น 1.3749x1016 ประโยค ในกรณีนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของประโยคที่มีความยาวและสั้น จะพบว่าประโยคสั้น (ประโยคที่ประกอบด้วยคำน้อย) จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าประโยคที่มีความยาว(ประโยคที่ประกอบด้วยคำมาก) แต่หากพิจารณาให้ละเอียดลงไปในปริมาณที่ได้ของประโยค พบว่า แม้ว่าค่าเฉลี่ยร้อยละจะน้อยกว่า แต่ความจริงแล้วจำนวนประโยคมีมากขึ้นซึ่งสวนทางกัน เนื่องจากเป็นการใช้วิธีครอสโปรดักที่ได้ปริมาณประโยคเป็นแบบผลคูณคาร์ทีเชียนนั่นเอง ยกตัวอย่างจากผลการทดลองนี้ เมื่อเปรียบเทียบประโยคที่ประกอบด้วยคำ 2, 3 และ 4 คำ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 53.05 34.57 และ 18.00 แต่ปริมาณประโยคอยู่ที่ 3.9883x108 1.0234x1013 และ 1.3749x1016 เป็นต้น

เครื่องจักรที่สร้างขึ้นสามารถทำได้ดีหากยึดปริมาณของประโยคเป็นหลัก แต่หากพิจารณาคุณภาพเป็นหลัก โดยเฉพาะความยาวขนาด 2 คำ และ 3 คำ จะมีค่าร้อยละการอ่านได้ความหมายถูกต้องสูง หากจำนวนคำมากในประโยคทำให้ค่าเฉลี่ยของการอ่านได้ของประโยคจากการคิดจากประโยคทั้งหมดจะได้น้อยลงตามลำดับ ข้อด้อยของเครื่องจักรนี้ คือ เป็นการสร้างประโยคเป็นพื้นฐาน ยังไม่ได้มีการกำหนดบริบทการสร้าง หรือคิดกระบวนการที่ซับซ้อนที่ทำให้ได้ประโยคตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน วิธีการนี้จำเป็นจะต้องหากระบวนการที่สามารถกรองหรือสร้างเงื่อนไขเพิ่มเติมในการสร้างประโยคซึ่งอาจทำให้ค่าเฉลี่ยของการอ่านได้สูงขึ้นก็เป็นได้ หรือหากต้องการให้ได้ตามวัตถุประสงค์ ควรนำงานวิจัย สร้างประโยคภาษาไทยตามวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร (Khancome, Daengcharoen & Charungchit, 2022) มาผนวกหรือประยุกต์คาดว่าจะทำให้ได้ประโยคที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาเครื่องจักรซอฟต์แวร์สำหรับสร้างประโยคภาษาไทยเก็บไว้ในคลังประโยคภาษาไทย เพื่อสนับสนุนการสร้างเรื่องราวในสตอรีเจนเนอเรชันออกแบบโดยอาศัยตัวดำเนินการครอสโปรดักในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และใช้พีชคณิตเชิงสัมพันธ์เป็นกฎการสร้างประโยค ตามรูปแบบไวยากรณ์ ทดลองจากคำในพจนานุกรมไทย-อังกฤษ LEXiTRON ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สามารถสร้างประโยคที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องตามรูปแบบประโยคไวยากรณ์ภาษาไทย 21 รูปแบบ ได้จำนวนเรคอร์ดหรือประโยคแบบผลคูณคาร์ทีเชียน ซึ่งขึ้นกับจำนวนรีเลชัน จำนวนเรคอร์ด จำนวนคำในแต่ละรีเลชัน และจำนวนรูปแบบที่นำเข้าเครื่องจักร โดยการวิจัยนี้ได้ปริมาณประโยครวม 7.6392x1016 ประโยค ได้ประโยคแบบพึ่งบริบทตั้งแต่ร้อยละ 13.33–64 เครื่องจักรสร้างประโยคที่สามารถอ่านได้ความหมายถูกต้องที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 53.05 34.57 และ 18.00 เมื่อพิจารณาประโยคที่ประกอบด้วยคำ 2 คำ 3 คำ และ 4 คำ ตามลำดับ ทั้งนี้หากจัดเตรียมคำชนิดต่าง ๆ ด้วยเงื่อนไขและรูปแบบไวยากรณ์ที่หลากหลายมากขึ้น และ

คำนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่ต้องการมากขึ้น คาดว่าน่าจะได้ประโยคที่สามารถอ่านความหมายได้ถูกต้องมากขึ้นตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

แนวคิดจากงานวิจัยนี้ทำให้เกิดการสร้างประโยคภาษาไทยได้เป็นจำนวนมาก เหมาะสำหรับนำไปต่อยอดเพื่อสกัดเอาประโยคที่ดี สามารถนำเข้าสู่การเรียนรู้เครื่องจักร (machine learning) หรือการเรียนรู้เชิงลึก (deep leaning) เพื่อใช้เรียนรู้ รวมถึงการนำเข้าเพื่อสอนและทดสอบ (train and test) ในตัวแบบภาษาธรรมชาติ (natural language model) ได้ และสามารถนำไปต่อยอดสู่การพัฒนาเป็นตัวแบบสร้างประโยคภาษาไทยหรือปรับใช้สู่ภาษาอังกฤษและภาษาอื่น ๆ ได้

การวิจัยในลำดับต่อไปควรจะมีรูปแบบและตัวแบบในการสกัดเอาประโยคแบบพึ่งบริบทได้ หรือกำหนดรูปแบบการสร้างประโยคตามแนวทางมาร์คอฟเชน (markov chain) โดยการกำหนดค่าความน่าจะเป็นร่วมกับการครอสโปรดักเพื่อสร้างประโยค ซึ่งน่าจะได้ความแม่นยำในเชิงความหมายได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

References

Bui, V., Abbbass, H. S., & Bender, A. (2010). Evolving stories: Grammar evolution for automatic plot generation. *IEEE Congress on Evolutionary Computation 2010* (pp. 1-8). Barcelona, Spain: IEEE doi: 10.1109/CEC.2010.5585934

Daengcharoen, D., Charungchit, K., & Khancome, C. (2020). Thai sentence generation engine for Thai sentences corpus. *Proceedings of the 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society 2020* (pp. 199-204). Bangkok: Kasem Bundit University (in Thai)

Dekpituksirikul, K. (2008). *A comparative study of phrases, sentences and discourses of normal and tistic children* (Master's thesis). Silpakorn University. Nakhon Pathom (in Thai)

Elmasri, R., & Navathe, S. (2010). *Fundamentals of database system* (4th ed.). USA.: Pearson Education Inc.

Grandi, F., Mandreoli, F., martoglia, R., & Penzo, W. (2017). A relational algebra for streaming tables living in a temporal database world. *24th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning (TIME 2007)* (pp. 1-15). Wadern: Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH, Wadern

Hamburg University. (2021). *Story generator algorithms*. Retrieved from http://wikis.sub.uni-hamburg.de/lhn/index.php/Story_Generator_Algorithms.

Jampaibool, T., & Arunmanakul, V. (2016). The complexity of the index noun phrase indicates the complexity of the text: A case study of textbooks for Thai subjects Grade 1-3. *Humanities Journal, 23*(2), 148-177. (in Thai)

Khancome, C., Daengcharoen, D., & Charungchit, K. (2022). The machine creates Thai sentences according to the purpose of communication. *The 14th NPRU National Academic Conference* (pp. 612-623). Nakhon Pathom Nakhon: Pathom Rajabhat University (in Thai)

Krukaset, W., Krukaset, N., & Khancome, C. (2017). Thai sentence generation machine employing fixed patterns". *2017 IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications Workshops* (pp. 70-73). Bangkok: IEEE. (in Thai)

Kybartas, B., & Bidarra, R. (2010). A survey on story generation techinques for authoring computational narratives. *IEEE Trans. on Computational Intelligence and AI in Games, 3*(5), 776-786. doi:10.1109/TCIAIG.2016.2546063

LEXiTRON Data. (2018). *Lecitron data is an ideal database for people to develop or study*. Retrieved from https://lexitron.nectec.or.th/2009_1/index.php?q=common_manager/download#latest_version.

Li, C., Chen-Chuan Chang, K., Ilyas, I. F., & Song, S. (2005). RankSQL: Query algebra and optimization for relational top-k queries. USA: SIGMOD 2005 Bultimore Maryland

Limpanadudadee, W., Punyabukkanna, P., & Poobrasert, O. (2014). Text corpus for natural language story-telling sentence generation: A design and evaluation. *11th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering* (JCSSE) (pp. 80-85). Bangkok: IEEE. (in Thai)

Meehan, J. R. (1976). *The metanovel: Write stories by computer* (Doctoral dissertation). Yale University. USA.

Meehan, J. R. (1977). Tale-Spin, an interactive program that writes stories. *Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 91-98). USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Ontanon, S., & Zhu, J. (2011). The SAM algorithm for analogy-based story generation. *Proceedings of the 9th AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment* (pp. 67-72). USA: AIIDE

Thongkaol, S. (2007). *Artificial Intelligence*. Songkhla: Faculty of Science and Technology Songkhla Rajabhat University. (in Thai)

ก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

Biogas from Wastewater Treatment of Rajabhat Mahasarakham University Water Supply System, Maha Sarakham Province

เชิดชัย สมบัติโยธา[1]* ถวิล แสนตรง[1] และนุกูล กุดแถลง[1]

Cherdchai Sombatyotha[1]*, Tawin Saentrong[1] and Nukool Kudthalang[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[1]Science and Technology Rajabhat Mahasarakham University

*Corresponding author: Cherdchai Sombatyotha

Received: October 1, 2023

Revised: October 28, 2023

Accepted: November 3, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยนำมูลวัวสดซึ่งเป็นมูลของวัวเนื้อมาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ และเพื่อเป็นแหล่งสาธิตการเรียนรู้การใช้พลังงานทดแทนที่สามารถใช้งานได้จริงและเป็นแนวทางในการพัฒนาพลังงานทางเลือกต่อไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้สร้างถังผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ในการวิจัยทำการทดลอง 4 ครั้ง ในแต่ละครั้งเก็บข้อมูลทุกวันติดต่อกัน ระยะเวลาทั้งหมด 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ดีที่สุด คือ น้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 200 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร เวลาการหมัก 58 วัน การจุดติดไฟนาน 171.39 นาที รองลงมา คือ อัตราส่วน น้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 150 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซ 1,656 ลิตร เวลาในการหมัก 46 วัน การจุดติดไฟนาน 83.07 นาที และอัตราส่วนน้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 100 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซ 898 ลิตร เวลาในการหมัก 29 วัน มีการจุดติดไฟนาน 45.54 นาที ส่วนอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ น้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 5 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร เวลาในการหมัก 17 วัน มีการจุดติดไฟนาน 26.55 นาที ตามลำดับ การศึกษาองค์ประกอบของก๊าซ พบว่า ก๊าซมีเทน (CH_4) มีปริมาณก๊าซสูงสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.96% รองลงมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% และก๊าซออกซิเจน (O_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.2 ppm ตามลำดับ

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ น้ำเสียจากกระบวนการประปา กระบวนการจ่ายน้ำ

Abstract

The objectives of the research were to produce biogas from wastewater treatment of the water supply system in RMU, Maha Sarakham Province. Fresh cow manure, which is the manure of beef cows, is part of the biogas production process. To assess biogas production and demonstrate renewable energy applications, the biogas system was constructed. The research focused on the fermentation four times, collecting data one time a day continuously, and designing an experiment for six months. The research results showed that the best ratio to produced biogas was waste water: cow leathate was polluted water 200: cow manure 200, with a yield of biogas of 3,429 litter, a fermentation time of 58 days, and the flammability of biogas of 171.39 minutes. The second ratio to produced biogas was wastewater: cow leathate was polluted water 200: cow manure 150, with a yield of biogas of 1,656 litter, a fermentation time of 46 days, and the flammability of biogas of 83.07 minutes. The third ratio to produced biogas was waste water: cow leathate was polluted water 200: cow manure 100, with a yield of biogas of 898.200 litter, a fermentation time of 29 days, and a flammability of biogas of 45.54 minutes. The minimum ratio to produced biogas was waste water: cow leathate was polluted water 200; cow manure was 5 with a yield of biogas of 522 litter; fermentation time was 17 days; and the flammability of biogas was 26.55 minutes. The research indicates that components of biogas with methane gas (CH_4) had a maximum average of 56.96% (vol/vol), followed by carbon dioxide (CO_2) at 25.44% (vol/vol), other gases at 15.28% (vol/vol), oxygen gas (O_2) at 2.42% (vol/vol), and hydrogen sulfide gas (H_2S) at 232.20 ppm.

Keywords: biogas, wastewater from water supply process, water supply process

บทนำ

องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency--IEA) คาดว่าภายในปีพ.ศ. 2593 ความต้องการพลังงานของโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของปัจจุบัน และความต้องการพลังงานขั้นปฐมภูมิครึ่งหนึ่งจะมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานลม พลังงานก๊าซชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนใต้พิภพ ปัจจุบันทั่วโลกใช้พลังงานในรูปเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือไฮโดรคาร์บอนมากที่สุดรวมถึง 95% (น้ำมัน 42% ถ่านหิน 28% ก๊าซธรรมชาติ 25%) พลังงานนิวเคลียร์ 2% และ 3% มาจากพลังงานอื่น ๆ เช่น พลังงานน้ำจากเขื่อน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานคลื่นในทะเลและพลังงานความร้อนใต้พิภพ ในปี 2540 ปีเดียว โลกใช้พลังงานไปถึง 9,371 พันล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือเกือบ 10,000 พันล้าน ลทนด. ซึ่งปริมาณพลังงานสำรองของโลกนั้น น้ำมันจะสามารถใช้ได้อีก 42 ปี ก๊าซธรรมชาติใช้ได้อีก 64 ปี และถ่านหินใช้ได้อีก 220 ปี ดังนั้นพลังงานหมุนเวียนจึงมีความสำคัญมากในอนาคต เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานหมุนเวียนธรรมชาติ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากน้ำ พลังงานจากคลื่นในมหาสมุทร และพลังงานหมุนเวียนที่ใช้แล้วหมดไป เช่น พลังงานก๊าซชีวภาพจากของเสียหรือมูลฝอย พลังงานเอทานอล พลังงานไบโอดีเซล พลังงานชีวมวลจากฟางข้าว ชานอ้อยและพลังงานจากแกลบ (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2009)

ประเทศไทยได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ได้ให้ความสำคัญในการสร้างความมั่นคงด้านอาหารและพัฒนาพลังงานชีวภาพทั้งในระดับครัวเรือนและชุมชน หรือนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาลปัจจุบัน ในการส่งเสริมการผลิต การใช้ ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยตั้งเป้าหมายให้สามารถทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ภายใน 10 ปี ทั้งนี้ ให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างครบวงจร รวมทั้งส่งเสริมและผลักดันการอนุรักษ์พลังงานอย่างเต็มรูปแบบโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดการพึ่งพาและลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ (National Research Council of Thailand, 2012)

กระทรวงพลังงานได้กำหนดกลยุทธ์การส่งเสริมพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทดแทน และพลังงานจากก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งในการสนับสนุนพัฒนาให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ ข้อดีของพลังงานก๊าซชีวภาพ คือ เป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยลดระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ปราศจากสารก่อมลพิษอื่น ๆ ที่เกิดจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มีความสมดุลด้านพลังงานที่ดีเยี่ยม เป็นแหล่งพลังงานที่น่าเชื่อถือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นการนำของเสียกลับมาเพิ่มมูลค่าด้านพลังงาน (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2012)

ปัจจุบันมลพิษทางน้ำเป็นปัญหาหนึ่งที่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไข การระบายน้ำเสียทั้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำในแหล่งรับน้ำธรรมชาติเน่าเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาตลอดจนต่อการอุปโภคและบริโภคของประชาชน การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นมาตรการที่จำเป็นในการแก้ไขมลพิษทางน้ำ แต่การบำบัดน้ำเสียก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่อชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นการนำเทคโนโลยีที่สามารถลดค่าใช้จ่ายให้ต่ำลง และวิธีการอื่นที่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำเสีย จึงได้รับความสนใจอย่างมาก เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจและนำมาประยุกต์ใช้ร่วมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นี้ ประกอบด้วยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติจุดไฟติดและให้พลังงานความร้อน ก๊าซชีวภาพนี้จึงสามารถใช้เป็นสารพลังงานได้โดยตรง ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานนอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียอีกด้วย (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2009)

ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เป็นพื้นที่ศึกษาโดยมีความเหมาะสมในด้านแหล่งเรียนรู้ให้กับนักศึกษา ทั้งนี้เพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพโดยการนำมูลวัวมาเป็นส่วนเสริมร่วมกับน้ำเสียในการทำก๊าซชีวภาพจะทำให้เพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพมากขึ้น ทั้งนี้เป้าหมายเพื่อที่จะนำพลังงานจากน้ำเสียหรือของเสียมาทำการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ จึงนับว่า เป็นอีกมิติหนึ่งที่ทำให้เกิดประจักษ์จริง เป็นการสาธิต ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการใช้ของเสียมาทำให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลายในอนาคตได้ รวมทั้งสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ และมีความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศได้ในระยะยาวสามารถนำมาใช้ได้จริงในพื้นที่ รวมทั้งเตรียมความพร้อมในการพัฒนาพลังงานทางเลือกสำหรับ ประชาชน ชุมชนและท้องถิ่นในการจัดการด้านพลังงาน และนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างถังหมักก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปาเป็นเครื่องมือในการวิจัยที่สร้างขึ้นเอง โดยมีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1. มูลวัว จำนวน 500 กิโลกรัม
2. น้ำเสียปริมาณ 800 ลิตร
3. กากน้ำตาล จำนวน 50 ลิตร
4. สารเร่ง พด. จำนวน 20 ซอง
5. ถังเก็บน้ำ ขนาด 1,000 ลิตร จำนวน 1 ถัง
6. ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 600 ลิตร จำนวน 1 ถัง

7. ถังเก็บก๊าซชีวภาพ ขนาด 600 ลิตรจำนวน 1 ถัง
8. เตาแก๊สพร้อมหัวจุดไฟ จำนวน 1 เตา
9. สายยางต่อท่อจากถังหมักก๊าซมาที่ถังเก็บก๊าซ
10. สายยางต่อท่อจากถังเก็บก๊าซมาที่เตาแก๊ส
11. ประตูน้ำขนาด 1 นิ้ว ควบคุมการปิดเปิด
12. เครื่องยิงกาวแท่ง
13. เครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ (gas analyzer)

การสร้างเครื่องมือวิจัย

1. นำถังพลาสติกปริมาณ 1,000 ลิตร ใช้มีดปาดบริเวณฝาถังให้สามารถนำถังขนาด 600 ลิตรลงไปด้านในของถังได้ ใช้สำหรับเป็นถังเก็บก๊าซชีวภาพ บรรจุลงไปข้างในถังขนาด 1,000 ลิตร เติมน้ำลงไปในถังขนาด 1,000 ลิตรจนเต็ม

2. นำถังพลาสติกปริมาณ 600 ลิตร ใช้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพ นำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยนำถังเก็บน้ำเสียที่บ่อบำบัดน้ำเสียด้วยการซุ่มเก็บช่วงบริเวณกลางบ่อบำบัดเพื่อให้ได้ค่าที่คงที่เทลงไปในถัง จำนวน 200 ลิตร พร้อมทั้งมูลวัวและสารเร่ง พด.1 ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายเพื่อกระตุ้นจุลินทรีย์ให้ตื่นตัวพร้อมย่อยสลายเศษพืช กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายไขมันและกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส โดยนำกากน้ำตาลมาใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการเพื่อนำกากน้ำตาลมาเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ตามอัตราส่วนดัง ตาราง 1

3. ทำการปิดฝาถังหมักให้สนิทโดยใช้กาวแท่งอุดให้แน่น แล้วทำการต่อท่อพลาสติกจากถังหมักก๊าซไปที่ถังเก็บก๊าซชีวภาพ เขย่าถังหมักก๊าซชีวภาพทุกวัน ทำการวัดค่าความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพที่ลอยสูงขึ้นจากระดับน้ำที่ทำเครื่องหมายไว้ บันทึกค่าที่ได้ นำไปคำนวณหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

4. เมื่อถังเก็บก๊าซชีวภาพเต็ม ทำการจุดไฟเพื่อดูระยะการจุดติดไฟ (นาที) โดยการต่อสายท่อจากถังเก็บก๊าซชีวภาพไปที่เตาแก๊สที่เตรียมไว้ (โดยต้องทำการทดลองในตอนพลบค่ำ เนื่องจากสามารถสังเกตเห็นเปลวไฟจากการผาไหม้ได้อย่างชัดเจนกว่าตอนกลางวัน)

5. ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซเพื่อหาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่อง Gas Analyzer

ตาราง 1

Display the ratios for each experiment

Experiment	Ratios in each experiment			
	polluted water (L)	Cow manure (kg)	molasses (L)	Accelerators PD.6 (bag)
1	200	5	10	5
2	200	100	10	5
3	200	150	10	5
4	200	200	10	5

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การหาอัตราส่วนระหว่าง น้ำเสียจากบ่อบำบัด: มูลวัว ที่ใช้ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ชุดทดลอง ข้อมูลที่ได้ คือ ค่าความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพที่ลอยสูงขึ้นในแต่ละวันมีหน่วยเป็น เซนติเมตร และค่าความสูงสะสมที่ได้ในแต่ละวันมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

2. ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น นำค่าความสูงของถังเก็บก๊าซในแต่ละวันมาทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นสะสมมีหน่วยเป็นลิตร ดังนี้ เส้นผ่าศูนย์กลางถังยาว 71.28 เซนติเมตร ดังนั้นพื้นที่ฐานมีค่า 3,992 ตารางเซนติเมตร เมื่อทราบความสูงของก๊าซในแต่ละวัน จะสามารถทราบปริมาณก๊าซที่สะสมได้ เช่น ถังสูง 2 เซนติเมตร ดังนั้น จะได้ก๊าซ 3,992x2=7,984 ลบ.ซม. หรือ 7.984 ลิตร

3. การศึกษาระยะเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพหาได้โดย เมื่อเก็บก๊าซชีวภาพเต็มที่จะมีความสูงจากระดับน้ำ 95.00 เซนติเมตร โดยจะมีก๊าซเต็มถังอยู่ 379 ลิตร ทำการปล่อยก๊าซชีวภาพในถังออกมาโดยต่อท่อสายยางไปที่หัวเตาแก๊ส จุดไฟแล้วจับเวลา (นาที) ในการเผาไหม้จนหมดไฟดับ ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปถังหมักมีปริมาณก๊าซเต็มถังก็ปล่อยออกเพื่อเก็บเวลาการจุดติดไฟ

4. การหาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยการนำก๊าซชีวภาพจากถังเก็บก๊าซมาทำการผ่านเข้าเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ (gas analyzer) ทำการวิเคราะห์ 5 ครั้ง แล้วนำแต่ละครั้งมาทำการหาค่าเฉลี่ย ก๊าซองค์ประกอบที่อยู่ภายในก๊าซชีวภาพในครั้งนี้ โดยทำการวัดค่า ก๊าซทุกอย่างที่อยู่ในก๊าซชีวภาพ ดังนี้

1. ก๊าซมีเทน (CH_4) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)

3. ก๊าซออกซิเจน (O_2) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)

4. ก๊าซอื่น ๆ (other gases) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)

5. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) วัดปริมาณก๊าซหนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำเสียจากบ่อบำบัด: มูลวัว และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ หาความสัมพันธ์แสดงในรูปกราฟ

2. การศึกษาเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพเกิดขึ้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเก็บสถิติระยะเวลาการติดไฟของก๊าซชีวภาพ และรวบรวมเข้าด้วยกัน นำมาเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดระหว่างชุดทดลอง

3. การหาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ นำข้อมูลแต่ละค่ามารวมกัน หาค่าเฉลี่ยที่ได้แต่ละองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ดีที่สุด คือ น้ำเสีย ต่อ มูลวัว อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน มีการจุดติดไฟนาน 171.39 นาที รองลงมาคือ อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่ต่อสาม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 1,656 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 46 วัน มีการจุดติดไฟนาน 83.07 นาที และอัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 898 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 29 วัน มีการจุดติดไฟนาน 45.54 นาที ส่วนอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่สิบต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 17 วัน มีการจุดติดไฟนาน 26.55 นาที ตามลำดับ

จากภาพ 2 อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว สี่สิบต่อหนึ่ง ระยะเวลาในการหมัก 17 วัน ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร มีการจุดติดไฟนาน 26.55 นาที

ผลการทดลองที่ 1 อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่สิบต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 2

จากภาพ 3 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว สองต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 898 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 29 วัน มีการจุดติดไฟนาน 45.54 นาที

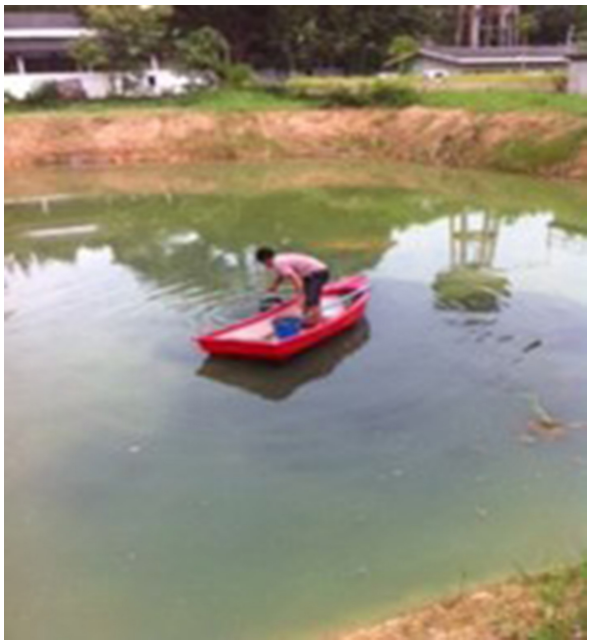
ผลการทดลองที่ 2 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 3

ผลการทดลองที่ 3 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 4

จากภาพ 4 อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่ต่อสาม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 1,656 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 46 วัน มีการจุดติดไฟนาน 83.07 นาที

จากภาพ 5 อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน มีการจุดติดไฟนาน 171.39 นาที

ผลการทดลองที่ 4 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 5



(a) Wastewater

(b) Cow manure

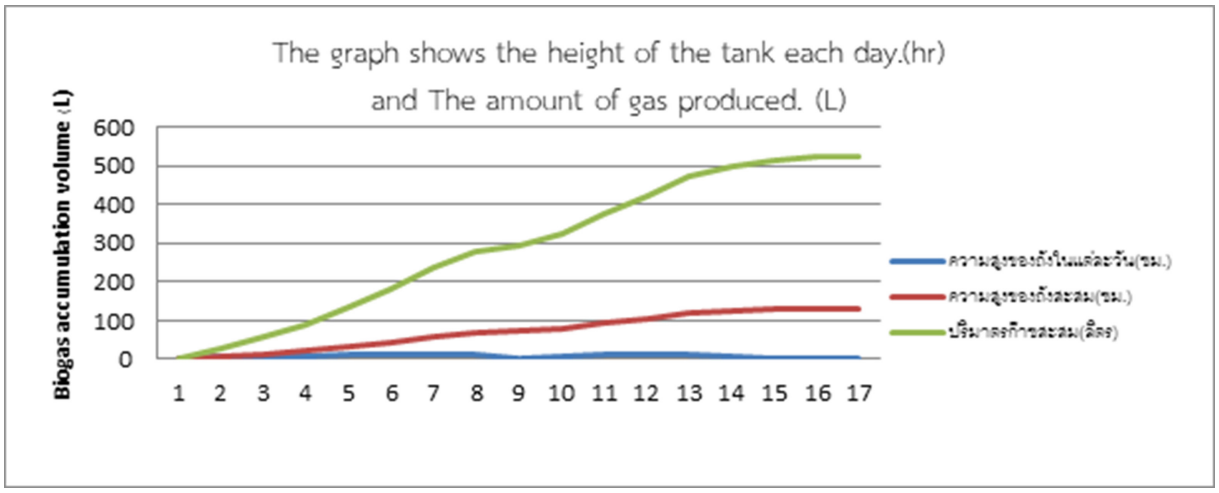
(c) Wastewater to ferment tank

(d) pipe line to connect system

(e) flammable of biogas

(f) gas analyzer

ภาพ 1 Biogas from wastewater treatment system

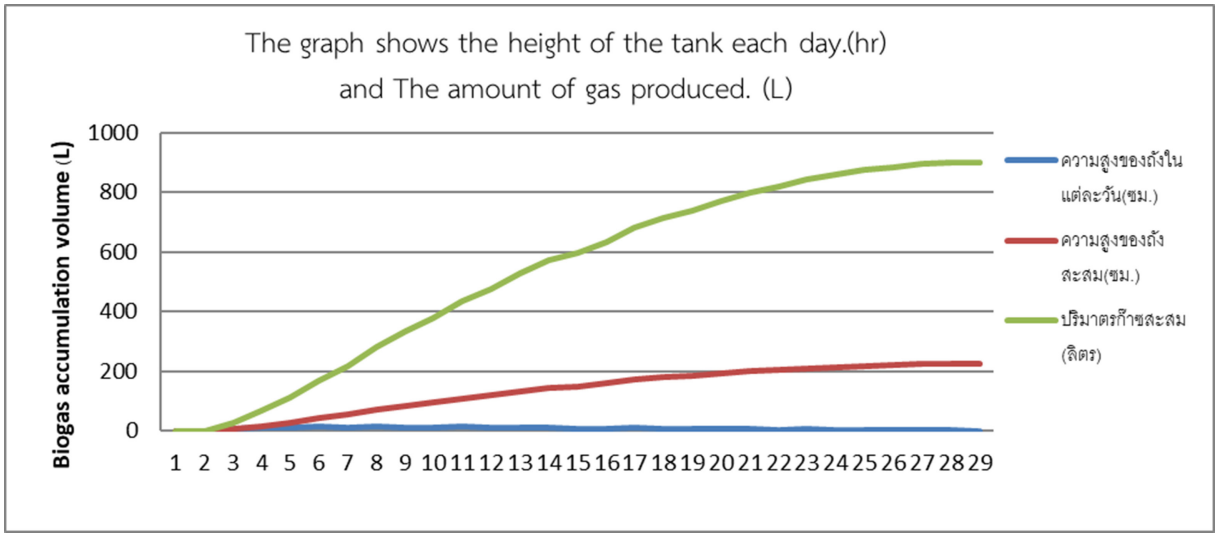


ภาพ 2 The ratio of wastewater to cow manure is forty to one.

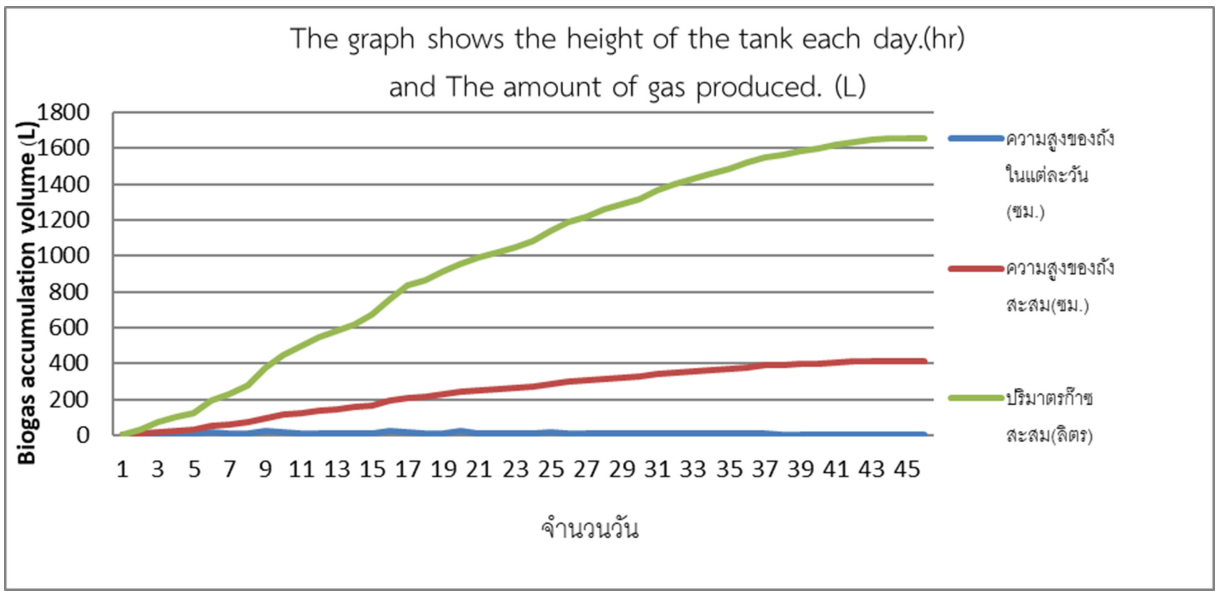
ตาราง 2

Show the ratios in each experiment, the duration of fermentation, and the resulting gas. (Liters)

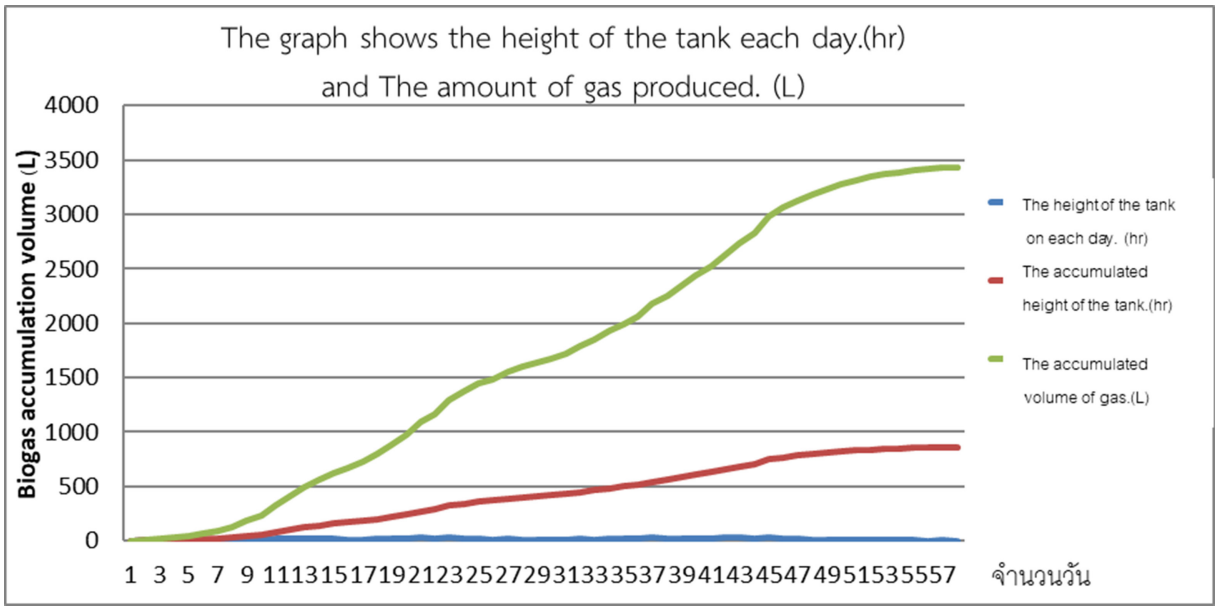
Experiment	Ratios in each experiment				Fermentation period (day)	Biogas yield (L)
	polluted water (L)	Cow manure (kg)	molasses (L)	Accelerators PD.6 (bag)		
1	200	5	10	5	17	522
2	200	100	10	5	29	898
3	200	150	10	5	46	1,656
4	200	200	10	5	58	3,429



ภาพ 3 The ratio of wastewater to cow manure is two to one.



ภาพ 4 The ratio of wastewater to manure is two to one.



ภาพ 5 The ratio of wastewater to manure is one to one.

ตาราง 3

The composition of biogas

Experimentation	The composition of biogas				
	CH_4 (Vol/Vol)	CO_2 (Vol/Vol)	O_2 (Vol/Vol)	Other Gases (Vol/Vol)	H_2S (ppm)
1	57.10	25.30	2.50	15.10	250.00
2	57.10	25.50	2.40	15.50	204.00
3	56.90	25.50	2.40	15.20	231.00
4	56.80	25.40	2.40	15.40	242.00
5	56.90	25.40	2.40	15.20	234.00
average	56.96	25.44	2.42	15.28	232.20

การศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

จากตารางก๊าซมีเทน (CH_4) มีปริมาณก๊าซสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.96% รองลงมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% ก๊าซออกซิเจน (O_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% และน้อยที่สุด คือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.20 ppm ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. อัตราส่วนที่ดีที่สุดในการหมักระหว่าง น้ำเสียต่อมูลวัว

จากการทดลองทั้ง 4 ชุดทดลองพบว่า เติมมูลวัวลงไปมากขึ้น การเกิดก๊าซชีวภาพก็มากขึ้นตามไปด้วย เมื่อสัดส่วนตัวอื่นคงเดิม ไม่ว่าจะเป็น น้ำเสีย กากน้ำตาล และหัวเชื้อสารเร่ง พด.6 ซึ่งใส่ในปริมาณคงเดิม และยังทำให้การหมักเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาการหมัก เมื่อใส่น้ำเสีย

200 ลิตร ต่อ มูลวัว 5 กิโลกรัม เกิดก๊าซชีวภาพเพียง 522 ลิตร และระยะเวลาหมักที่เกิดก๊าซชีวภาพเพียง 17 วัน ในขณะที่ใส่น้ำเสีย 200 ลิตร ต่อมูลวัว 200 กิโลกรัม ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด 3,429 ลิตร มีระยะเวลาที่เกิดก๊าซชีวภาพถึง 58 วัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจน

2. ระยะเวลาการหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้

จากการทดลองทั้ง 4 ชุดทดลอง พบว่า อัตราส่วนของน้ำเสียต่อมูลวัวมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาที่ใช้หมักและส่งผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น หากใส่น้ำเสียต่อมูลวัวที่มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ระยะเวลาการหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จะมากขึ้นตามไปด้วย การทดลองชุดที่ 1 ใส่น้ำเสีย 200 ลิตร ต่อมูลวัว 5 กิโลกรัม มีระยะเวลาในการหมักที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพเพียง 17 วัน มีปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น 522 ลิตร การทดลองชุดที่ 4 ใส่น้ำเสีย 200 ลิตร ต่อมูลวัว 200 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน ดังนั้น เมื่อใส่มูลวัวเพิ่มมากขึ้นปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพเกิดมากขึ้นตามไปด้วยและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาก็นานตามไปด้วย ทั้งนี้ก๊าซที่ได้ปริมาณ 3,429 ลิตร การคำนวณก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (1,000 ลิตร) มีความร้อน 21 เมกกะจูล ดังนั้นก๊าซชีวภาพ 3,429 ลิตร เท่ากับ 3.429 ลูกบาศก์เมตร สามารถบรรจุลงในถังแก๊สได้จำนวน 1.57 กิโลกรัม สอดคล้องกับ Department of Alternative Energy Development and Efficiency (2020) กล่าวว่า ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (ค่าความร้อน 21 เมกกะจูล) เทียบเท่า ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม

3. การศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

จากการศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ พบว่า ก๊าซมีเทน (CH_4) มีปริมาณก๊าซสูงสุดมีค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนเท่ากับ 56.96% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณก๊าซรองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% และมีก๊าซออกซิเจน (O_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.20 ppm. ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าระบบก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปเนื่องจากมีก๊าซมีเทนมากที่สุด รองลงมาคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และระบบไม่มีการรั่วไหลออกสู่ภายนอกจึงทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในปริมาณที่น้อย และการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.20 ppm. แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพดีมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Nararatchporn.N (2018) กล่าวว่าก๊าซชีวภาพจะเกิดในกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในถังหมักโดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 50-70 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 30-50 และก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ

4. การทดสอบระยะเวลาการจุดติดไฟ

ระยะเวลาในการจุดติดไฟนั้นจะทำการทดลองในตอนพลบค่ำ เพราะจะสามารถเห็นเปลวไฟที่เกิดจากก๊าซชีวภาพได้อย่างชัดเจน ซึ่งหากปริมาตรก๊าซที่เก็บกักมีปริมาณมากขึ้นหรือสูง 95 เซนติเมตร จากระดับน้ำในถัง ให้ต่อท่อสายก๊าซชีวภาพเข้ากับเตาแก๊สเพื่อวัดระยะเวลาการจุดติดไฟ เนื่องจากหากสูงกว่า 95 เซนติเมตร ก๊าซชีวภาพจะรั่วออกจากถังเพราะปริมาณเกินขอบถัง ดังนั้นหากจุดไฟที่ระดับความสูงของถัง 95 เซนติเมตร จะบรรจุก๊าซชีวภาพพอดีกับระดับของถังบรรจุก๊าซ จากการทดลองพบว่า เมื่อในถังหมักมีปริมาณน้ำเสียต่อมูลวัวมาก จะส่งผลให้เกิดก๊าซชีวภาพมากตามไปด้วย เมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพมากย่อมทำให้ระยะเวลาในการจุดติดไฟมากหรือนานขึ้นไปด้วย

ในการวิจัยครั้งนี้การเกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณน้ำเสียที่มีค่าคงที่และมีค่าสูงขึ้นเมื่อเติมมูลวัว ผ่านการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายของอินทรีย์ในระยะเวลายิ่งนานยิ่งทำให้เพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพ สอดคล้องกับ Department of Alternative Energy Development and Efficiency (2019) ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานสะอาดที่เกิดจากการนำของเสีย เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผ่านกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยแบคทีเรียหลายชนิดเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม ปริมาณแก๊ส

ชีวภาพที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยพื้นฐานจะขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของของเสียที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้า ปริมาณแก๊สชีวภาพจะมีค่าสูงก็ต่อเมื่อค่าซีโอดีในน้ำเสียที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีค่าสูง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของการผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม สรุปผลการวิจัยดังนี้

อัตราส่วนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ดีที่สุด คือ น้ำเสีย ต่อมูลวัว อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซสูงสุด 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน รองลงมาคือ อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่ต่อสาม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 1,656 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 46 วัน และอัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 898 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 29 วัน ส่วนอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่สิบต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 17 วัน

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ พบว่า มีก๊าซมีเทน (CH_4) มีปริมาณก๊าซสูงสุด (ปริมาตร/ปริมาตร) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.96% รองลงมาคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณก๊าซ (ปริมาตร/ปริมาตร) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีปริมาณก๊าซ (ปริมาตร/ปริมาตร) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% และก๊าซออกซิเจน (O_2) มีปริมาณก๊าซ (ปริมาตร/ปริมาตร) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.2 ppm ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของการผลิตน้ำประปา ในครั้งนี้หากต้องการให้เกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณที่มากนั้นต้องให้สัมผัสกับแสงแดด เนื่องจากหากวันใดที่ฝนตกอากาศเย็นในวันนั้นการผลิตก๊าซจะลดลง ดังนั้นสภาพอากาศซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้

References

Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation. (2009). *Energy conservation*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2020). *Biogas production from livestock farm and industrial waste*. Retrieved from http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf. (in Thai)

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2019). *Biogas lants*. Retrieved from http://thaitapiocastarch.makewebeasy.com/customize-การผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้จากน้ำเสียในกระบวนการผลิต-28936-1.html. (in Thai)

Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation. (2012). *The utilization of bioenergy technology*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)

National Research Council of Thailand. (2012). *Guidelines for Evaluating Research Proposals from Government Agencies for the Fiscal Year 2014 Budget, as resolved by the Cabinet*. Bangkok: National Research Council of Thailand (in Thai)

Nuansawan, N., & Sawatdee, V. (2018). Biogas production from wastewater treatment technology. *The Journal of Industrial Technology, 14*(1), 74-75. (in Thai)

Technology-Driven Perspective in a Sustainable Healthcare Supply Chain for Patient Safety in Radiology Service: A Case Study of Cambodia

เทคโนโลยีขับเคลื่อนในห่วงโซ่อุปทานด้านการดูแลสุขภาพที่ยั่งยืนเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยในบริการรังสีวิทยา: กรณีศึกษาประเทศกัมพูชา

Chayada Kanokphanvanich[1], Wanchai Rattanawong[2] and Varin Vongmanee[2]*
ชญาฎา กนกพันธ์วณิช[1] วันชัย รัตนวงศ์[2] และวรินทร์ วงศ์มณี[2]*
[1]Graduate School, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok Thailanl
[1]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพ ประเทศไทย
[2]School of Engineering, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok Thailand
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพ ประเทศไทย
*Corresponding author: varin_von@utcc.ac.th
Received: November 13, 2023
Revised: December 22, 2023
Accepted: December 28, 2023

Abstract

Radiology services are crucial for patient safety, serving as a cornerstone for accurate diagnosis. With advanced, high-tech equipment, the radiology department conducts intricate diagnostic examinations and treatments. Radiology's intersection with sustainability spans multiple dimensions. Given Cambodia's limited access to modern radiological tools, the challenges surrounding sustainable radiology and its implications for patient safety stand out prominently. A cross-sectional study was carried out in the radiology department of tertiary hospitals in Phnom Penh, Cambodia, between August and September 2023. This research melded a technology-driven perspective with a sustainability conceptual model, encompassing four dimensions and 20 attributes. To rank the significance of various attributes and dimensions, the Fuzzy TOPSIS method was utilized. The closeness coefficient indicated that the technology dimension ranked highest. From the viewpoint of radiologists, technology emerges as the essential factor in radiology services for bolstering patient safety sustainably. The model offers strategies that prioritize sustainable radiology services and patient safety, a fundamental goal in the healthcare sector. This is especially vital for a developing country like Cambodia, where resources are limited.

Keywords: radiology, sustainability, patient safety, technology, Fuzzy TOPSIS

บทคัดย่อ

บริการทางรังสีวิทยาเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับความปลอดภัยของผู้ป่วย โดยทำหน้าที่หลักในการวินิจฉัยโรคอย่างแม่นยำ โดยอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถทำให้แผนกรังสีวิทยาทำการตรวจวินิจฉัยและวางแผนการรักษาโรคให้กับผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากกล่าวถึงงานทางด้านรังสีกับมุมมองของความยั่งยืนนั้นครอบคลุมหลายมิติเช่น ในการศึกษานี้ได้กล่าวถึงประเทศกัมพูชา ซึ่งยังเป็นประเทศที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงงานบริการทางรังสีวิทยาที่ทันสมัย และทำให้พบว่า เป็นข้อจำกัดต่าง ๆ นั้นเป็นอุปสรรคต่อความยั่งยืนของการบริการทางรังสีและส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยนั้นมีความสำคัญอย่างมาก งานวิจัยถูกดำเนินการในแผนกรังสีวิทยาของโรงพยาบาลตติยภูมิในกรุงพนมเปญ ประเทศกัมพูชา ระหว่างเดือนสิงหาคมและกันยายน พ.ศ. 2566 งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองความยั่งยืนโดยควบรวมมิติทางด้านเทคโนโลยีเข้ากับความยั่งยืนแบบดั้งเดิมสามมิติ แบบจำลองสำหรับความยั่งยืนในงานบริการทางรังสีเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย จึงประกอบไปด้วยสี่มิติ และ 20 ปัจจัยภายใต้สี่มิตินั้น จากนั้นการศึกษาได้ทำการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและมิติต่าง ๆ โดยใช้วิธี Fuzzy TOPSIS จากผลการวิจัยแสดงค่า closeness coefficient ในแต่ละมิติ และแสดงให้เห็นว่ามิติเทคโนโลยีมีอันดับสูงสุดในโมเดลความยั่งยืนของงานรังสีวิทยาที่มุ่งเน้นความปลอดภัยคนไข้ จากมุมมองของรังสีแพทย์ เทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญในการให้บริการรังสีวิทยาเพื่อเสริมความปลอดภัยของผู้ป่วยให้ยั่งยืน แบบจำลองนี้สามารถใช้ในการวางกลยุทธ์ที่ให้ความสำคัญกับการให้บริการรังสีวิทยาที่ยั่งยืนและความปลอดภัยของผู้ป่วยซึ่งเป็นเป้าหมายที่สำคัญในกลุ่มสาธารณสุข โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศกำลังพัฒนาอย่างกัมพูชาที่มีข้อจำกัดในทรัพยากรที่มีอยู่

คำสำคัญ: รังสีวิทยา ความยั่งยืน ความปลอดภัยของผู้ป่วย เทคโนโลยี, Fuzzy TOPSIS

Introduction

In recent years, Cambodia, classified as a developing country, has witnessed significant advancements within its healthcare domain. Such progression is quantifiably manifested in metrics such as the decline in child mortality rates, the enhancement of maternal health infrastructure, and a noticeable reduction in the prevalence of communicable ailments, encompassing HIV, tuberculosis, and malaria (Teo et al., 2020). Nonetheless, amidst these progressive strides, Cambodia confronts formidable challenges, accentuated in light of the global COVID-19 crisis. Constraints such as restricted healthcare accessibility, a paucity of requisite medical apparatus-inclusive of radiological instrumentation and a limited healthcare infrastructure present persistent impediments (Grundy-Warr & Lin, 2020; Iwamoto et al., 2020). Cambodia's healthcare infrastructure, including its radiology sector, has experienced steady development over recent years, with marked advancements evident predominantly in urban centers such as Phnom Penh (Harrington, 2015). These urban hubs host a range of radiological equipment, from basic X-ray machines to more sophisticated CT and MRI scanners, primarily concentrated in private hospitals that have benefited from enhanced investments (Harrington, 2015). While the private sector seems to have an edge in terms of modern radiological amenities, public institutions often grapple with challenges linked to outdated equipment and limited resources (Annear et al., 2015). A salient concern remains the shortage of trained radiologists and radiographers, although

initiatives involving foreign medical partnerships have been aiding in capacity-building and training (Harrington, 2015). However, rural regions of Cambodia still confront significant barriers in terms of access and affordability of radiology services. As the country strides toward improved radiology services, it must place equal emphasis on quality control and the establishment of stringent regulations to ensure safe and effective patient care.

While Cambodia has a pressing need to develop its radiological examination capabilities, it is also essential to consider other sustainability impacts. This is mainly because numerous international studies have presented the environmental consequences of radiology services. These impacts range from the high energy consumption of machines like CT and MRI scanners, medical waste resulting from radiological examinations, to the release of carbon dioxide, a greenhouse gas, from radiological equipment (Chua et al., 2021; Heye et al., 2020). Radiology also plays an indispensable role in social sustainability such as global health, making its social implications profound. Ensuring equitable access to radiological services, especially in underserved areas, is fundamental for health equity and social well-being. Continuous training is essential, allowing healthcare professionals to remain adept with evolving technologies. Furthermore, adherence to safe protocols, minimizing unnecessary scans, and transparent communication about risks ensures patient safety and reinforces public trust in the healthcare system (Welling et al., 2011). Radiology is both a significant expenditure and an economic catalyst within healthcare. The purchase, maintenance, and operation of advanced imaging systems represent substantial costs. However, the sector also offers numerous employment opportunities, bolstering economic stability. Medical tourism, spurred by top-tier radiological services, can rejuvenate local economies (Grundy et al., 2009). Moreover, timely and effective radiological interventions can lead to quicker diagnoses and reduced hospital stays, offering potential cost savings in the larger healthcare spectrum (Harrington, 2015; Welling et al., 2011).

The most important key factor for radiology these days is Technology, Technological advancements in radiology present a dual-edged sword. On one hand, the transition to digital imaging, the rise of teleradiology, and integration with AI enhance diagnostic precision and accessibility while potentially reducing environmental impact (de Reeder et al., 2023). Energy-efficient equipment designs, cloud storage solutions, and the seamless integration of radiological data with Electronic Health Records streamline operations and reduce waste (Chua et al., 2021; Schoen, McGinty & Quirk, 2021). On the other hand, rapid technological obsolescence can lead to challenges like electronic waste. Embracing technology with a sustainability lens is crucial to harness its benefits while mitigating its challenges and leads to the ultimate goal of patient safety (Kanokphanvanich, Rattanawong & Vongmanee, 2022, 2023).

Objective

This study aims to understand the perspectives of radiologists in developing countries facing resource challenges, such as Cambodia. The researcher seeks to comprehend which dimensions radiologists believe are most crucial for ensuring sustainability in radiology work and delivering maximum patient safety. The tools used in this study can be further developed to strategize for organizations to enhance sustainability and safety for both staff and patients, which are the utmost goals of healthcare

This research study provides significant contributions in the following areas:

1. Propose a model for sustainability assessment that integrates 'Technology' within its framework. This model can be employed to evaluate the significance of specific attributes and dimensions of sustainability in radiology.

2. Upon successful assessment, the model assists hospital administrators in prioritizing and selecting the most crucial dimensions and attributes. This prioritization facilitates the crafting of sustainable strategies for radiological operations to ensure patient safety.

3. The proposed model holds versatility, allowing for its adaptation in other sectors of medical services such as public health and nursing. Additionally, it can be applied to the broader context of overall hospital operations.

Literature review

Radiology, a critical component of modern medicine, involves the use of imaging to diagnose and treat diseases within the human body. As technology advances, radiological methods, from traditional X-rays to complex MRI scans, have grown in both capability and prevalence. However, with this growth comes the responsibility of ensuring these processes are sustainable. The concept of radiology sustainability blends the principles of long-term viability with medical imaging, covering environmental, social, economic, and technological facets (Kanokphanvanich et al., 2022).

Radiology in social sustainability

For radiology to be socially sustainable, it must remain accessible, equitable, and sensitive to patient needs. This entails ensuring all segments of the population, irrespective of socioeconomic status or geographic location, have access to quality radiological services (Chua et al., 2021; Harrington, 2015). It also emphasizes the importance of ethical considerations in radiology, such as informed consent, patient privacy, and minimizing exposure to radiation. Radiology's social dimension further touches upon professional education, emphasizing the need for continuous training and development to ensure radiologists maintain the highest standards of care (EuroCham Cambodia, 2021; Grundy et al., 2009).

Radiology in environmental sustainability

Radiological services, intrinsic to contemporary healthcare, carry a multifaceted environmental footprint that merits comprehensive scrutiny. Advanced imaging modalities, notably CT and MRI scanners, command significant energy reserves, often resulting in escalated electricity demands within healthcare facilities (McAlister et al., 2022). Such demands not only strain institutional utilities but contribute to broader energy consumption, with associated carbon emissions and environmental repercussions. Furthermore, the entire lifecycle of radiological consumables, especially contrast media and radiopharmaceuticals, warrants attention (Schoen et al., 2021). The manufacturing, usage, and eventual disposal of these agents introduce potential ecological risks, particularly when regulatory oversights are absent or inadequately enforced. Mismanaged disposal can lead to detrimental aquatic and terrestrial contamination, posing harm to ecosystems and potentially entering human consumption chains (Chua et al., 2021; Schoen et al., 2021). Moreover, the emergence of energy-efficient imaging apparatus, combined with

robust waste management protocols and green procurement policies, can substantially mitigate environmental adversities (Woolen et al., 2023). By embracing these strategies, the radiology sector can fortify its commitment to both exemplary patient care and ecological stewardship.

Radiology in economic sustainability

From an economic vantage point, radiology stands as both a valuable asset and a strategic avenue for cost mitigation within healthcare. The acquisition and upkeep of advanced imaging equipment necessitate robust capital investment (Kc & Terwiesch, 2009). Yet, the dividends of such investments manifest in the form of precise and timely diagnoses, facilitating expedited and more efficacious treatments, which in turn, can curtail overarching healthcare expenses in the long run. This duality underlines the imperative for an economic equilibrium in radiology, harmonizing upfront technological investments with the enduring fiscal and therapeutic advantages they usher (Wald et al., 2018). The Sustainable Supply Chain Management--SSCM promotes cost-effectiveness and better operations in supply chains, while also strongly supporting environmental and social values (Swarnakar, Singh & Tiwari, 2021). This aligns with value-based healthcare, which focuses on wisely using resources based on patient needs and ensuring that the financial benefits in healthcare are always clear. Healthcare supply chain managers constantly face challenges balancing costs and risks. They must understand that while saving costs is important, it shouldn't harm patient care (Smith et al., 2021; Swarnakar, Bagherian & Singh, 2022).

Technological dimension for radiology

In today's fast-paced tech world, radiology stands out as a key player in medical advancements. But as radiology grows, we must think about sustainability. This involves using new innovations for better patient care while also considering the environmental and social impacts (Welling et al., 2011). This includes looking at how energy-efficient the equipment is, if we can recycle used equipment and the environmental effects of producing this technology. The digital transformation of radiology-manifested through the ascent of digital imaging and teleradiology-has reshaped how we archive, disseminate, and interpret medical images (Schoen et al., 2021; Woolen et al., 2023). Yet, digital horizons introduce nuanced challenges: data security, electronic refuse, and the carbon footprint of sprawling data centers. At the nexus of these technological shifts lies an unwavering commitment to patient safety (Smith et al., 2021). By synergizing radiology's diagnostic prowess with technologies like IoT and AI, we can diminish manual errors, expedite clinical decision-making, and amplify the precision of patient-centric interventions (Alhasan & Hasaneen, 2021). Such a confluence not only bolsters patient outcomes in the present but augments healthcare resilience against future uncertainties, solidifying technology's pivotal role in steering healthcare, and specifically radiology, towards a sustainable horizon (Kumar, Raut & Narkhede, 2020).

Fuzzy TOPSIS

TOPSIS was originally conceived by Hwang and Yoon (1981) as a tool for Multiple Criteria Decision Making-MCDM. Later on, Chen and Hwang (1992) integrated the fuzzy approach, enhancing

its capabilities. Fuzzy TOPSIS is particularly adept at managing multifaceted criteria, given its incorporation of the fuzzy set theory. This allows it to adeptly navigate the uncertainties in the subjective evaluations made by decision-makers-especially when these evaluations are expressed through linguistic nuances or varying degrees of satisfaction and significance (Chen & Hwang, 1992; Hwang & Yoon, 1981).

Conceptual Framework

The Sustainable Healthcare Supply Chain--SHSC conceptual model focused on patient safety, as presented by Kanokphanvanich et al. (2023) in Figure 1, has been adapted as an evaluation tool. This allows radiologists to determine the significance of various attributes from their viewpoint, emphasizing patient safety.

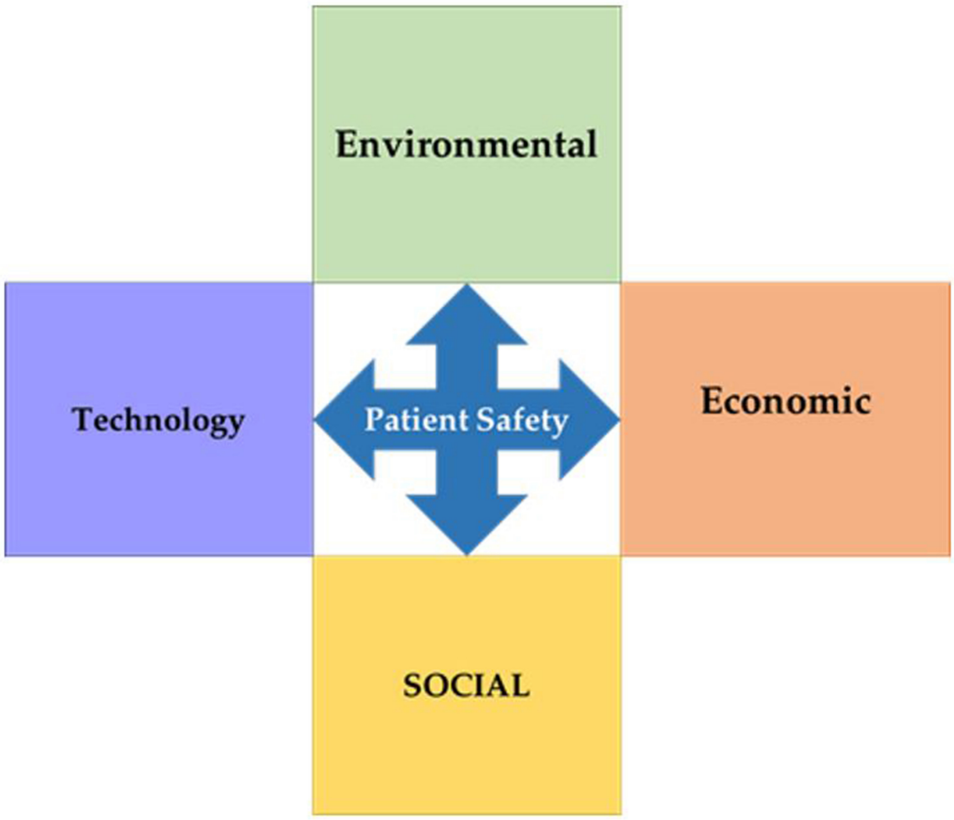


Figure 1 Sustainable Model for Patient Safety integrates technology dimension

Note. From A new model for a sustainable healthcare supply chain prioritizes patient safety: Using the Fuzzy Delphi Method to identify healthcare workers' perspectives by C. Kanokphanvanich, W. Rattanawong and V. Vongmanee, 2023, *Sustainability, 15*(9), 7123. Copyright by MDPI

Methodology

The conceptual model for Sustainable Healthcare Supply Chain--SHSC that prioritize patient safety is adopted (Kanokphanvanich et al., 2023). The model highlighted the importance of enhancing patient safety from the perspective of healthcare professionals in the context of developing countries. To delve deeper and assess real-world application, this study applied the Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution--TOPSIS method, a sophisticate decision-making tool. This technique facilitated the ranking of various attributes based on their importance, helping organizations pinpoint the most crucial elements for formulating effective strategies.

Questionnaire design and distribution

The survey consisted of 4 dimension, 20 attributes adopted from Kanokphanvanich et al. 2023 and was made available in both English and Khmer to cater to the prevalent linguistic preferences in Cambodia. It was structured in two segments. The initial section solicited demographic information of the participants, while the latter section prompted them to gauge the significance of each SHSC attribute. Responses were captured using a 5-point Likert scale (1-Not important, 2-Slightly important, 3-Moderately important, 4-Very important, and 5-Extremely important). The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the National Ethic Committee for Health Research in Cambodia (protocol code No.097/NECHR, with an approval date of 31 March 2023) and the Human Research Ethics Committee of the University of the Thai Chamber of Commerce (protocol code UTCCEC/ Exempt019/2023, with an approval date of 20 February 2023. The informed consent was obtained from all participants in this study

The study was carried out in 5 tertiary hospitals in Phnom Penh, Cambodia's capital. The selection of the five tertiary hospitals in Cambodia based on their status as large-scale tertiary facilities, equipped with comprehensive radiology services, providing a representative sample that reflects the broader healthcare landscape in the context of Cambodia's resource constrains. For a homogenous expert group, satisfactory results can be achieved with a panel of 10-15 individuals (Rodriguez, Otero-Neira & Svensson, 2020; Serrou, Abouabdellah & Mharzi, 2015). Thus, 15 radiology experts were chosen for this study. Three senior radiologists from each hospital were invited as decision-makers. Questionnaires were disseminated to radiologists from July to September 2023. Participants were senior radiologists meeting at least one of these criteria: (1) a minimum of 10 years' experience in healthcare; (2) an executive role in the radiology department; or (3) possessing a doctoral or master's degree. These criteria ensured participants had a deep understanding of radiology and sustainability challenges. Web-based questionnaires were shared via Email, Telegram, and WhatsApp for evaluations and feedback.

Measurement

The variables employed in this research were sourced from healthcare-related literature and identified by experts in developing countries' healthcare. The potential attributes have been itemized and grouped into four dimensions, as depicted in Table 1 below.

Fuzzy TOPSIS

For this research, Fuzzy TOPSIS is utilized to evaluate and prioritize the pivotal attributes for the sustainability of the radiology service within a hospital-based case study in Cambodia. The method unfolds as follows

Step 1: A group of Decision-Makers--DMs, representing key stakeholders from the radiology department in private and public tertiary hospitals in Phnom Penh, are chosen to assess the significance of SHSC attributes. This study employs a five-point scale, permitting these decision-makers to convey their insights. To capture the inherent uncertainties of these evaluations, Triangular Fuzzy Numbers--TFNs are used. The specific TFNs deployed in this assessment process can be viewed in Table 2

Table 1

Attributes for healthcare sustainable model that prioritize patient safety.

Dimension	Attributes	Reference
Social	Health and Safety (SC1) Skills, Knowledge, and Training (SC2) Quality of life (SC3) Equity (SC4) Community health care accessibility (SC5) Collaboration (SC6)	(Cheang & Lee, 2010; Eizenberg & Jabareen, 2017.; Hussain et al., 2019; Tudor et al., 2021)
Environment	Healthcare Waste Management (EV1) Pollution prevention (EV2) Environment-friendly material (EV3) Energy efficiency (EV4)	(Chua et al., 2021; Elabed, Shamayleh & Daghfous, 2021; Harrington, 2015; Heye et al., 2020; de Reeder et al., 2023; Schoen et al., 2021; Welling et al., 2011; Woolen et al., 2023)
Economic	Financial (EC1) Process efficiency (EC2) Marketing (EC3) Relationship Management (EC4) Service Efficiency (EC5) Leadership and Governance (EC6)	(Hwang & Yoon, 1981; Kanokphanvanich et al., 2022, 2023; de Reeder et al., 2023; Swarnakar et al., 2021; Tejativaddhana et al., 2018)
Technology	Information Management (TE1) Cybersecurity (TE2) Transparency and Traceability of healthcare process (TE3) Healthcare Innovation and Advance Technology (TE4)	(Akinwale & AboAlsamh, 2023; Apostolopoulos, Makris & Stavroyianni, 2022; Bialas et al., 2023; Biswas et al., 2023; Chandra et al., 2022; Chen & Chiu, 2022; Garrido, Ramírez López & Álvarez, 2021; George & Elrashid, 2021a, 2021b; Kerr, 2020; Lu et al., 2016; Pennestrì & Banfi, 2022; Tsarfati & Cojocaru, 2022; Welling et al., 2011)

Table 2

Linguistic scale for evaluating 20 attributes of alternatives and criteria

Linguistic Scale for Rating	Abbreviation	TFNs
Not Important	NI	(0,1,3)
Slightly Important	SI	(1,3,5)
Moderately Important	MI	(3,5,7)
Very Important	VI	(5,7,9)
Extremely Important	EI	(7,9,9)

The Triangular Fuzzy Number--TFN Ã is defined as (*a, b, c*) where a indicates the smallest potential value, b indicates average possible value, and c indicates the largest potential value. The membership function $\mu_{\tilde{A}(x)}$ of Ã is described as follows

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 \; x < a, x > c \\ \frac{x-1}{b-1} a \; \leq x \; \leq c \\ \frac{c-x}{c-b} b \; \leq x \; \leq a \end{cases} \quad (1)$$

Decision-makers, represented as DMs (s = 1,...,p) utilize linguistic scales to evaluate the significance of the 20 attributes based on n criteria. The criteria's relative weight vector is denoted by W = (w1,w2,...,wn). An elevated rating signifies greater attribute importance. Aggregated scores from decision-makers form the fuzzy decision matrix, symbolized as $\tilde{D}_s$ as expressed in equation (2).

$$\tilde{D}_s = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{k1} & \cdots & \tilde{x}_{kn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Step 2: The fuzzy decision matrix is normalized using a linear transformation. The normalized fuzzy decision matrix $\tilde{T}$ is conducted using the equations as follow

$$\tilde{T} = \left[\tilde{t}_{ij}\right]_{k \times n}, \text{ i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., n} \quad (3)$$

where

$$\tilde{t}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right), a = \min_k \{a_k\}, b = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} b_k, c = \max_k \{c_k\} \quad (4)$$

and

$$c_j^* = \max \{c_{ij}\} \ldots . \text{importance criteria} \quad (5)$$

Step 3: The weighted normalization matrix ($\tilde{Y}$) is then calculated using the equation as follows:

$$\tilde{Y} = \left[\tilde{y}_{ij}\right]_{k \times n} = \left[\tilde{t}_{ij} \times w_j\right]_{k \times n}, \text{ i = 1, 2, ..., k; j = 1, 2, ..., n} \quad (6)$$

Step 4: The Fuzzy Positive Ideal Solution--FPIS, A^+ and Fuzzy Negative Ideal Solution--FNIS, A^- can be calculated as follows:

$$A^+ = (\tilde{y}_1^+, \tilde{y}_2^+, \ldots . , \tilde{y}_n^+) \quad (7)$$

$$A^- = (\tilde{y}_1^-, \tilde{y}_2^-, \ldots . , \tilde{y}_n^-) \quad (8)$$

where

$$\tilde{y}_1^+ = \max_i \{\tilde{y}_{ij}\}, \text{ and } \tilde{y}_1^- = \min_i \{\tilde{y}_{ij}\}, \text{ i = 1, 2, ..., K; j = 1, 2, ..., n} \quad (9)$$

Step 5: The distance of each alternative from FPIS d_i^+ and FNIS d_i^- is computed as follows

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{n} d_y = \tilde{y}_{ij}, \tilde{y}_{1j}^+ \quad (10)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d_y = \tilde{y}_{ij}, \tilde{y}_{1j}^- \quad (11)$$

$$d(\tilde{r}, \tilde{s}) = \sqrt{\frac{1}{3}(a_r - a_s)^2 + (b_r - b_s)^2 + (c_r - c_s)^2} \quad (12)$$

Step 6: The closeness coefficient (CC_i) of each attribute is computed as follows:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (13)$$

Step 7: The 20 attributes for radiology sustainability that prioritize patient safety from the perspective of radiologists are ranked. The most important attribute is closet to the FPIS and farthest from the FNIS.

Result

The model was applied to healthcare facilities in Phnom Penh, Cambodia. For this study, tertiary hospitals both private and public in Phnom Penh were chosen. Fifteen senior radiologists and hospital executives participated in the research, with their backgrounds detailed in table 3. The Fuzzy TOPSIS methodology was executed as follows

Step 1: The DMs assigned ratings using the linguistic scale based on the four dimensions of the sustainability model. The collective linguistic scale of these four dimensions is represented using TFN, as indicated in equation (1). The scores initially provided by the DMs were consolidated according to equation (2), with the outcomes presented in table 4.

Additionally, the DMs evaluated the 20 attributes using a linguistic scale, reflecting their significance. This linguistic evaluation of the 20 attributes was then structured into a fuzzy decision matrix to facilitate the subsequent phase.

Step 2: The fuzzy decision matrix is normalized using a linear transformation as equation (3-5).

Step 3: The equation (6) then was used to calculate the fuzzy weight normalized matrix.

Step4: The fuzzy positive ideal solution (FPIS, A^+) and fuzzy negative ideal solution (FNIS, A^-) were calculated using equation (7) and (8). Subsequently in step 5, the equation (9)–(11) were used respectively to calculate the distance of each distribute from FPIS (d_i^+) and FNIS (d_i^-). The results of the distance of each attribute from the FPIS and FNIS are presented in table 5.

Step 6 and 7: The equation (12) was applied to compute the closeness coefficient (CC_i) of each attribute. The 20 attributes for a sustainable model for radiology that prioritize patient safety were ranked. The most important attribute was closet to the FPIS and farthest from the FNIS. The results are displayed in table 6.

Based on the data presented in Table 6, the CCi values for the four dimensions-social, environmental, economic, and technology-are 0.653, 0.638, 0.580, and 0.672, respectively. These findings indicate that, from the viewpoint of the hospital's radiologists and healthcare executives, the technological aspect is paramount for radiology services. Within this technology dimension, 'Healthcare Innovation and Advance Technology' (TE4) emerged as the top priority. 'Cybersecurity' (TE2) followed in importance, with 'Information Management' (TE1) and 'Transparency and Traceability' (TE3) ranking third and fourth, respectively.

Table 3

Background of five experts in Radiology and healthcare executives

	Job title	Gender	Education	Work experience
DM1	Head of Radiologist	M	M.D	Over 20 years
Hospital A	Interventional Radiologist	M	M.D	15-20 years
	Head of Radiology Department	F	M.D	Over 20 years
DM2	Chief of Medical Affair	M	M.D	Over 20 years
Hospital B	Head of Radiologist	M	M.D	Over 20 years
	Senior Radiologist	F	M.D	Over 20 years
DM3	Interventional Radiologist	M	M.D	15 – 20 years
Hospital C	Senior Radiologist	F	M.D	15 Years
	Patient Care Unit Director	F	M.D	Over 20 years
DM4	Hospital Director	M	M.D	15 – 20 years
Hospital D	Head of Radiology Department	F	M.D	Over 20 years
	Senior Radiologist	F	M.D	Over 20 years
DM5	Head of Radiology Department	M	M.D	Over 20 years
Hospital E	Radiologist	F	M.D	15 Years
	Interventional Radiologist	M	M.D	15-20 years

Table 4

Linguistic assessment score and aggregated fuzzy weight of criteria by DMs

Criteria	Linguistic assessment of criteria					Aggregated fuzzy weight of criteria		
	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5			
Social	SI	VI	EI	EI	EI	1	7.40	9
Environmental	EI	EI	EI	VI	EI	5	8.60	9
Economic	EI	EI	EI	EI	EI	7	9.00	9
Technology	EI	VI	VI	VI	EI	5	7.80	9

Table 5

Distance of each attribute for sustainable radiology from the FPIS and FNIS

Attributes	FPIS					d_i^+	FNIS					d_i^-
SC1	0.96	0.00	0.00	0.96	0.96	2.87	1.50	2.24	2.24	1.50	1.50	8.98
SC2	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	0.00	8.95
SC3	0.00	2.24	0.96	2.24	0.00	5.43	2.24	0.00	1.50	0.00	2.24	5.97
SC4	0.96	2.24	0.96	0.96	0.96	6.07	1.50	0.00	1.50	1.50	1.50	6.00
SC5	0.00	0.96	0.00	0.96	0.00	1.92	2.24	1.50	2.24	1.50	2.24	9.71
SC6	2.24	0.96	0.96	2.24	2.24	8.63	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	3.00
EV1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	1.28	1.72	1.28	2.80	1.28	0.00	7.08
EV2	1.72	0.00	2.80	1.28	0.00	5.80	0.00	1.28	0.00	0.00	1.28	2.55
EV3	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	1.28	1.72	0.00	2.80	1.28	1.28	7.08
EV4	0.00	0.00	1.28	1.28	1.28	3.83	1.72	1.28	1.72	0.00	0.00	4.72
EC1	1.45	3.14	0.00	1.45	0.00	6.03	1.86	0.00	3.14	1.86	3.14	10.00
EC2	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	3.14	1.86	3.14	3.14	3.14	14.41
EC3	3.14	3.14	1.45	3.14	3.14	14.00	0.00	0.00	1.86	0.00	0.00	1.86
EC4	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	2.90	1.86	1.86	3.14	3.14	3.14	13.14
EC5	0.00	1.45	3.14	0.00	1.45	6.03	3.14	1.86	0.00	3.14	1.86	10.00
EC6	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	2.90	1.86	3.14	3.14	1.86	3.14	13.14
TE1	0.00	1.19	1.19	0.00	1.19	3.57	1.19	0.00	1.66	1.19	0.00	4.03
TE2	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	1.19	2.64	1.19	1.19	6.21
TE3	0.00	0.00	2.64	1.19	0.00	3.83	1.19	1.19	0.00	0.00	1.19	3.57
TE4	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	1.19	2.64	1.19	1.19	6.21

Table 6

Linguistic scale for evaluating 20 attributes of alternatives and criteria.

Dimension	Attributes	d_i^+	d_i^-	CC_i	Rank
	SC1	6.03	10.00	0.624	3
	SC2	1.45	14.41	0.909	1
	SC3	14.00	1.86	0.118	4
	SC4	2.90	13.14	0.819	2
	SC5	6.03	10.00	0.624	3
	SC6	2.90	13.14	0.819	2
Social		5.55	10.43	0.653	(2)
	EV1	1.28	7.08	0.847	1
	EV2	5.80	2.55	0.306	4
	EV3	1.28	7.08	0.847	3
	EV4	3.83	4.72	0.552	2
Environment		3.05	5.36	0.638	(3)
	EC1	2.87	8.98	0.757	3
	EC2	2.24	8.95	0.800	2
	EC3	5.43	5.97	0.524	4
	EC4	6.07	6.00	0.497	5
	EC5	1.92	9.71	0.835	1
	EC6	8.63	3.00	0.258	6
Economic		4.87	6.73	0.580	(4)
	TE1	3.57	4.03	0.531	3
	TE2	1.19	6.19	0.817	2
	TE3	3.83	3.57	0.482	4
	TE4	1.19	6.21	0.839	1
Technology		2.44	5.00	0.672	(1)

Discussions

In this research, the sustainable healthcare supply chain conceptual model, emphasizing patient safety, was utilized in a practical case study at tertiary hospitals in Phnom Penh, Cambodia. The aim was to assess and prioritize dimensions crucial to radiology services. This model integrated a technological dimension into the traditional sustainable framework. The Fuzzy TOPSIS method was employed to rank 20 attributes across 4 dimensions. Senior radiologists and hospital executives from five tertiary hospital in Phnom Penh participated as the Decision-Makers--DMs. Findings suggest that, from the viewpoint of radiologists and hospital executives, the Technology Dimension is paramount for sustainable radiology that emphasizes patient safety. The most vital attribute identified was 'Healthcare Innovation and Advance Technology (TE4)'. This outcome aligns with prior research, such as Andronikou S.'s study on the significance of teleradiology in low-income countries (Andronikou, 2014). This study highlighted the benefits of teleradiology in addressing challengesin regions lacking experienced radiologists (Andronikou, 2014). Amidst the COVID-19 pandemic, both telemedicine and teleradiology usage surged to accommodate social distancing measures (Haleem et al., 2021; Mohammed et al., 2021). One key advantage of teleradiology, as noted by Cambodian hospital executives, is the ability to 'consult on complex cases and solicit opinions from radiology specialists worldwide'. Furthermore, advanced technologies like Artificial Intelligence--AI elevate state-of-the-art radiology, enhancing patient safety. A senior Cambodian radiologist emphasized that AI currently holds a significant role in radiology. Advanced radiological tools, such as MRI, CT, and Radiology Intervention, are often equipped with cutting-edge AI features, assisting radiologists in detecting abnormalities in radiological images. Yet, another senior radiologist from Cambodia cautioned that AI technology is a double-edged sword: radiologists should employ AI as a supportive tool and must not become overly reliant, allowing AI to overshadow their expertise. For cybersecurity in radiology services is crucial as it safeguards sensitive medical information and ensures the integrity of diagnostic procedures. With the increasing digitization of medical records and the interconnected nature of healthcare systems, the vulnerability to cyber threats escalates. A breach in radiology cybersecurity not only jeopardizes patient confidentiality but also poses a direct risk to diagnostic accuracy and treatment plans. Protecting against cyber threats is essential to maintain the trustworthiness of medical data, uphold patient privacy, and ultimately ensure the reliability of radiological assessments crucial for patient care. Radiological Information Management encompasses the effectiveness, accuracy, reliability, and accessibility of data within the healthcare system, specifically within radiology services, facilitating seamless communication among stakeholders. It plays a critical role in ensuring the precision of diagnostic information and the availability of essential data for medical practitioners. Effective information management in radiology not only enhances diagnostic accuracy but also aids in identifying and mitigating potential risks that could disrupt the radiological supply chain. Moreover, by providing robust data tracking and traceability, coupled with efficient communication among stakeholders, radiological information management contributes significantly to patient safety, reducing the likelihood of adverse events and enhancing overall healthcare outcomes. Transparency and traceability in radiology services are pivotal ele-

ments for ensuring patient safety and improving overall healthcare quality. Transparent processes in radiology involve clear communication and accessibility of information among healthcare providers, ensuring that all stakeholders have a comprehensive understanding of diagnostic procedures and results. This transparency fosters collaboration and reduces the likelihood of errors. Additionally, traceability in radiology, through meticulous documentation and tracking of diagnostic processes, contributes to a safer healthcare environment. It enables healthcare professionals to follow the trajectory of patient care, identify any discrepancies, and promptly address potential issues, thereby minimizing the risk of adverse events and enhancing patient safety in the realm of radiological services.

Although numerous studies have explored the environmental impacts resulting from radiology work, in this study, from the perspective of radiologists in a private hospital in Phnom Penh, Cambodia, it was found that the environmental dimension was ranked third in terms of importance. In the researcher's opinion, it's not that Cambodian radiologists don't consider the environmental aspects important, but they prioritize technological advancements that enhance accurate radiology examinations and ensure patient safety even more. The significance given to technology is ranked foremost.

In this research analysis and interpretation of results, the authors recognize the pivotal role of transparency and methodological rigor. To fortify the validity of the findings, the authors have provided a comprehensive data collection approach. The meticulous design not only guards against the introduction of unintended dimensions but also encourages participants to thoughtfully weigh their preferences on specific dimensions. This dual emphasis on preventing biases and eliciting informed responses contributes to the overall robustness of our study. By fostering transparency in the methodology, we aim to enhance the reliability of the results and ensure a comprehensive understanding of the factors influencing research's findings. This commitment to methodological clarity aligns with our broader goal of delivering insights that withstand rigorous scrutiny and contribute meaningfully to the existing body of knowledge.

Conclusion

The role of technology in driving sustainable radiology practices, with a specific focus on patient safety, is paramount, especially in contexts like Cambodia. The utilization of the SHSC conceptual model in a tertiary hospital in Phnom Penh underscored the significance of integrating technological dimensions into traditional sustainable frameworks. As the global healthcare landscape evolves, the importance of technological advancements in radiology cannot be understated. The emphasis on 'Healthcare Innovation' as the most crucial attribute amplifies the potential of technologies such as Artificial Intelligence--AI in reshaping the radiological landscape. The benefits derived from this research are that hospital administrators, managers, and radiologists in Cambodia can utilize this tool to evaluate and prioritize the importance of dimensions and attributes in their organizations. This can guide the development of strategies for sustainable radiology services that ensure patient safety, which is a primary objective in the healthcare industry

Limitation and future research

While a novel model of sustainability integrated Technology dimension for radiology proposed in this research study offers valuable in-sights for healthcare executives and leaders in their pursuit of holistic sustainability, it is important to acknowledge certain limitations, which include the following:

1. The survey, tailored to a group of Cambodian radiology specialists and hospital executives of a private hospital in Cambodia, may limit the model's generalizability to other sectors or countries. Future research should validate this model in varied contexts, explore its relevance across regions, and compare it with other MCDM methods to enrich the model's understanding and applicability.

2. This study reviewed the key attributes from various literatures which pinpointed key attributes from the vantage of the healthcare supply chain experts in Southeast Asia's developing nations. It's crucial to note, however, that our regional focus and literature review approach might have missed some pivotal attributes tied to patient safety in sustainable healthcare supply chain. Expanding the pool of decision-makers in future research could enhance accuracy and provide richer insights.

3. The assignment of weights to criteria in Fuzzy TOPSIS is often subjective, based on expert judgment or decision-maker preferences. This subjectivity can introduce potential biases in this study. Therefore, for a more comprehensive understanding, future research should explore and compare other methods, enriching the in-sights and potentially addressing some of the mentioned limitations

References

Akinwale, Y. O., & AboAlsamh, H. M. (2023). Technology innovation and healthcare performance among healthcare organizations in Saudi Arabia: A structural equation model analysis. *Sustainability, 15*(5), 3962. https://doi.org/10.3390/su15053962

Alhasan, M., & Hasaneen, M. (2021). Digital imaging, technologies and artificial intelligence applications during COVID-19 pandemic. *Computerized Medical Imaging and Graphics: The Official Journal of the Computerized Medical Imaging Society, 91*, 101933. https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2021.101933

Andronikou, S. (2014). Pediatric teleradiology in low-income settings and the areas for future research in teleradiology. *Frontiers in Public Health, 2*, 125. https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00125

Annear, P. L., Grundy, J., Ir, P., Jacobs, B., Men, C., Nachtnebel, M., Oum, S., Robins, A., & Ros, C. E. (2015). The Kingdom of Cambodia Health System Review. *Health Systems in Transition, 5*(2), 20–41. https://www.jstor.org/stable/resrep28461.1

Apostolopoulos, S., Makris, I., & Stavroyiannis, S. (2022). Healthcare innovation in Greece: The views of private health entrepreneurs on implementing innovative plans. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 8*(2), 78. https://doi.org/10.3390/joitmc8020078

Bialas, C., Bechtsis, D., Aivazidou, E., Achillas, C., & Aidonis, D. (2023). A holistic view on the adoption and cost-effectiveness of technology-driven supply chain management practices in healthcare. *Sustainability, 15*(6), 5541. https://doi.org/10.3390/su15065541

Biswas, S., Sanyal, A., Božanić, D., Puška, A., & Marinković, D. (2023). Critical success fFactors for 5G technology adaptation in supply chains. *Sustainability, 15*(6), 5539. https://doi.org/10.3390/su15065539

Chandra, M., Kumar, K., Thakur, P., Chattopadhyaya, S., Alam, F., & Kumar, S. (2022). Digital technologies, healthcare and Covid-19: Insights from developing and emerging nations. *Health and Technology, 12*(2), 547–568. https://doi.org/10.1007/s12553-022-00650-1

Cheang, S., &. Lee, J. (2010). *Evaluation telecenter performance in social sustainability context: A Cambodia case study. 2010 6th International Conference on Advanced Information Management and Service (IMS)* (pp. 135-141). Seoul, Korea (South): IEEE.

Chen, S., & Hwang, C. (1992). *Fuzzy multiple attribute decision making methods*. Berlin, Germany: Springer Nature

Chen, T-CT., & Chiu, M-C. (2022). Evaluating the sustainability of Ssmart technology applications in healthcare after the COVID-19 pandemic: A hybridising subjective and objective Fuzzy Group decision-making approach with explainable artificial intelligence. *Digital Health, 8*, 205520762211363. https://doi.org/10.1177/20552076221136381.

Chua, A. L. B., Amin, R., Zhang, J., Thiel, C. L., & Gross, J. S. (2021). The environmental impact of interventional radiology: An evaluation of greenhouse gas emissions from an academic interventional radiology practice. *Journal of Vascular and Interventional Radiology: JVIR, 32*(6), 907–915.e3. https://doi.org/10.1016/j.jvir.2021.03.531

Eizenberg, E., & Jabareen, Y. (2017). Social sustainability: A new conceptual framework. *Sustainability, 9*(1), 68. https://doi.org/10.3390/su9010068

Elabed, S., Shamayleh, A., & Daghfous, A. (2021). Sustainability-oriented innovation in the health care supply chain. *Computers and Industrial Engineering, 160*(2), 107564. https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107564.

EuroCham Cambodia. (2021). *Sector brief Cambodia: Health care*. Retrieved from https://www.giz.de/en/downloads/SectorBrief_Cambodia_HealthCareSector.pdf

Garrido, A., Ramírez López, L. R., & Álvarez, N. B. (2021). A simulation-based AHP approach to analyze the scalability of EHR systems Using Blockchain Technology in Healthcare Institutions. *Informatics in Medicine Unlocked, 24*, 100576. https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100576

George, S., & Elrashid, S. (2021). The role of information technology and information sharing in pharmaceutical supply chain performance: Private hospitals' perspective. *2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)* (pp. 601-606). Sakheer, Bahrain: IEEE. doi: 10.1109/DASA53625.2021.9682265

Grundy, J., Khut, Q. Y., Oum, S., Annear, P., & Ky, V. (2009). Health system strengthening in Cambodia-A case study of health policy response to social transition. *Health Policy, 92*(2–3), 107–115. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2009.05.001

Grundy-Warr, C., & Lin, S. (2020). COVID-19 Geopolitics: Silence and Erasure in Cambodia and Myanmar in Times of Pandemic. *Eurasian Geography and Economics, 61*(4–5), 493–510. https://doi.org/10.1080/15387216.2020.1780928

Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors International, 2*, 100117. https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100117

Harrington, S. (2015). Imaging in the Khmer's Land: Cambodia Country Report. *Journal of Global Radiology, 1*(2), 2. https://doi.org/10.7191/jgr.2015.1016.

Heye, T., Knoerl, R., Wehrle, T., Mangold, D., Cerminara, A., Loser, M., Plumeyer, M., Degen, M., Lüthy, R., Brodbeck, D., & Merkle, E. (2020). The energy consumption of radiology: Energy-and cost-saving opportunities for CT and MRI operation. *Radiology, 295(*3), 593–605. https://doi.org/10.1148/radiol.2020192084

Hussain, M., Khan, M., Ajmal, M., Sheikh, K. S., & Ahamat, A. (2019). A multi-stakeholders view of the barriers of social sustainability in healthcare supply chains: Analytic hierarchy process approach. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal, 10*(2), 290-313. https://doi.org/10.1108/SAMPJ-05-2018-0140

Hwang, C.-L., & Kwangsun, Y. (1981). *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*. Berlin: Springer.

Iwamoto, A., Tung, R., Ota, T., Hosokawa, S., & Matsui, M. (2020). Challenges to neonatal care in Cambodia amid the COVID-19 pandemic. *Global Health & Medicine, 2*(2), 142–144. https://doi.org/10.35772/ghm.2020.01030

Kanokphanvanich, C., Rattanawong, W., & Vongmanee, V. (2022). Meta-analysis of health care supply chain performance for patient safety. *International Conference on Software, Knowledge Information, Industrial Management and Applications, SKIMA. Vols. 2022-December* (pp. 13–20). Phnom Penh, Cambodia: IEEE

Kanokphanvanich C, Rattanawong W, Vongmanee V. (2023). A new model for a sustainable healthcare supply chain prioritizes patient safety: Using the Fuzzy Delphi Method to identify healthcare workers' perspectives. *Sustainability, 15*(9), 7123. https://doi.org/10.3390/su15097123

KC, D. S., & Terwiesch, C. (2009). Impact of workload on service time and patient safety: An econometric analysis of hospital operations. *Management Science, 55*(9), 1486-1498. http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.1090.1037

Kerr, R. S. (2020). Surgery in the 2020s: Implications of advancing technology for patients and the workforce. *Future Healthcare Journal, 7*(1), 46–49. https://doi.org/10.7861/fhj.2020-0001

Kumar, S., Raut, R. D., & Narkhede, B. E. (2020). A proposed collaborative framework by using artificial intelligence-internet of Things (AI-IoT) in COVID-19 pandemic situation for healthcare workers. *International Journal of Healthcare Management, 13*(4), 337–45. https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1810453

Lu, C., You, J-X., Liu, H-C., & Li, P. (2016). Health-care waste treatment technology selection using the interval 2-tuple induced TOPSIS method. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 13*(6), 562. https://doi.org/10.3390/ijerph13060562

McAlister, S., McGain, F., Petersen, M., Story, D., Charlesworth, K., Ison, G., & Barratt, A. (2022). The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. *The Lancet regional health, Western Pacific, 24*, 100459. https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2022.100459

Mohammed, T. J., Albahri, A. S., Zaidan, A. A. Albahri, O. S., Al-Obaidi, J. R., Zaidan, B. B., Larbani, M., Mohammed, R. T., & Hadi, S. M. (2021). Convalescent-plasma-transfusion intelligent framework for rescuing COVID-19 patients across centralised/decentralised telemedicine hospitals based on AHP-group TOPSIS and matching component. *Applied Intelligence, 51*, 2956–2987. https://doi.org/10.1007/s10489-020-02169-2

Pennestrì, F., & Banfi, G. (2022). The experience of patients in chronic care management: Applications in Health Technology Assessment (HTA) and value for public health. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(16), 9868. https://doi.org/10.3390/ijerph19169868

de Reeder, A., Hendriks, P., Plug-van der Plas, H., Zweers, D., van Overbeeke, P. S. M., Gravendeel, J., Kruimer, J. W. H., van der Meer, R. W., & Burgmans, M. C. (2023). Sustainability within interventional radiology: Opportunities and hurdles. *CVIR Endovascular, 6*(1), 16. https://doi.org/10.1186/s42155-023-00362-1

Rodriguez, R., Otero-Neira, C., & Svensson, G. (2020). Sustainability endeavors and sustainable development in Spanish public hospitals: The case for upstream social marketing. *Journal of Social Marketing, 10*(2), 215-242. https://doi.org/10.1108/JSOCM-11-2018-0136

Schoen, J., McGinty, G. B., & Quirk, C. (2021). Radiology in our changing climate: A call to action. *Journal of the American College of Radiology: JACR, 18*(7), 1041–1043. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.02.009

Serrou, D., Abouabdellah, A., & Mharzi, H. (2015). Proposed an approach for measuring the performance of hospital logistics systems by integrating quality, safety and environment. *International Journal of Scientific Engineering and Technology, 4*(1), 24–27. doi: 10.17950/ijset/v4s1/106.

Smith, S. W., Tiu, J., Caspers, C. G., Lakdawala, V. S., Koziatek, C. A., Swartz, J. L., Lee, D. C., Jamin, C. T., Femia, R. J., & Haines, E. J. (2021). Virtual urgent care quality and safety in the time of coronavirus. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety, 47*(2), 86–98. https://doi.org/10.1016/j.jcjq.2020.10.001

Swarnakar, V., Bagherian, A., & Singh, A. R. (2022). Modeling critical success factors for sustainable LSS implementation in hospitals: an empirical study. *International Journal of Quality & Reliability Management, 39*(5), 1249-1280. https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2021-0099

Swarnakar, V., Singh, A. R., & Tiwari, A. K. (2021). Evaluating the effect of critical failure factors associated with sustainable lean six sigma framework implementation in healthcare organization. *International Journal of Quality and Reliability Management, 38*(5), 1149–1177. doi: 10.1108/IJQRM-07-2020-0243.

Tejativaddhana, P., Briggs, D., Singhadej, O., & Hinoguin, R. (2018). Developing primary health care in Thailand: Innovation in the use of socio-economic determinants, sustainable development goals and the district health strategy. *Public Administration and Policy: An Asia-Pacific Journal, 21*(1), 36-49. https://doi.org/10.1108/PAP-06-2018-005

Teo, A. K. J., Ork, C., Eng, S., Sok, N., Tuot, S., Hsu, L. Y., & Yi, S. (2020). Determinants of delayed diagnosis and treatment of tuberculosis in Cambodia: A mixed-methods study. *Infectious Diseases of Poverty, 9*(1), 49. https://doi.org/10.1186/s40249-020-00665-8

Tsarfati, B., & Cojocaru, D. (2022). The importance of receiving training in computerized technology for nurses to maintain sustainability in the health system. *Sustainability, 14*(23), 15958. https://doi.org/10.3390/su142315958

Tudor, M. A., Filimon Benea, A., & Bratosin, S. (2021). COVID-19 pandemic lockdown and religious mediatization of social sustainability. A case study of Romania. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(5), 2287. https://doi.org/10.3390/ijerph18052287

Wald, J. T., Lowery-Schrandt, S., Hayes, D. L., & Kotsenas, A. L. (2018). Mayo clinic care network: A collaborative health care model. *Journal of the American College of Radiology: JACR, 15*(1 Pt B), 167–172. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.09.031

Welling, R. D., Azene, E. M., Kalia, V., Pongpirul, K., Starikovsky, A., Sydnor, R., Lungren, M. P., Johnson, B., Kimble, C., Wiktorek, S., Drum, T., Short, B., Cooper, J., Khouri, N. F., Mayo-Smith, W. W., Mahesh, M., Goldberg, B. B., Garra, B. S., Destigter, K. K., Lewin, J. S., ... & Mollura, D. J. (2011). White paper report of the 2010 RAD-AID conference on international radiology for developing countries: Identifying sustainable strategies for imaging services in the developing world. *Journal of the American College of Radiology: JACR, 8*(8), 556–562. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2011.01.011

Woolen, S. A., Kim, C. J., Hernandez, A. M., Becker, A., Martin, A. J., Kuoy, E., Pevec, W. C., & Tutton, S. (2023). Radiology Environmental Impact: What Is Known and How Can We Improve?. *Academic radiology, 30*(4), 625–630. https://doi.org/10.1016/j.acra.2022.10.021

ผลของโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและเบาหวาน กรณีศึกษาในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

Effects of Health Literacy Program to Self-Care Behaviour of Patients with Hypertension and Diabetes: Study at Klong-Luang District, Pathum Thani Province

พีรยา สุธีรางกูร[1]* มโนวรรณ มากมา[1] ตติยา ทุมเสน[1] และกัลยา ศารทูลทัต[1]

Peeraya Suteerangkul[1]*, Manowan Makma[1], Tatiya Tumsen[1] and Galaya Saradhuldhat[1]

[1]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

[1]School of Nursing, Eastern Asia University

*Corresponding Author: peeraya@eau.ac.th

Received: November 30, 2023

Revised: February 25, 2024

Accepted: March 4, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยกึ่งทดลองแบบ one group pre-post test เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและเบาหวาน ศึกษาในชุมชนของอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี กลุ่มตัวอย่างเลือกโดยการสุ่ม จำนวน 46 คน เป็นผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและโรคเบาหวาน ที่อาศัยในพื้นที่ชุมชนอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ระยะเวลาที่ศึกษา เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2565 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่โปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพ ประกอบด้วยการให้ความรู้เกี่ยวกับโรคและความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อน โภชนาการ การออกกำลังกาย และการใช้ยาอย่างปลอดภัย และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบสอบถามความรอบรู้ทางสุขภาพและการดูแลพฤติกรรมสุขภาพค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ เท่ากับ .939 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณา และ one sample t-test ผลการวิจัย พบว่า หลังการเข้าร่วมโปรแกรมฯ ในเดือนที่ 3 กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองดีขึ้นทุกด้าน ได้แก่ ด้านการรับประทานอาหาร การออกกำลังกายและการใช้ยา อย่างมีนัยสำคัญ ($t=34.17$ $p<.05$) มีข้อเสนอแนะว่าควรมีการติดตามระดับน้ำตาลในเลือด ระดับความดันโลหิตอย่างต่อเนื่องเป็นระยะอย่างน้อย ทุก 1 เดือน

คำสำคัญ: ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและเบาหวาน ความรอบรู้ทางสุขภาพ การดูแลตนเอง

Abstract

The quasi-experiment, one-group pre-posttest research, aimed to study the effects of program health literacy on the self-care behavior of the patients with hypertension and diabetes. The study was conducted at Klong-Luang communities, Pathum-Thani. A total of 46 people from Klong-Luang communities were randomly selected as samples. Study time is March–May 2021. Research tools composed of the health literacy program consist of disease health education, risk of complications, nutrition, exercise, and safety medicine. Data was collected by the questionnaires (2 parts; health literacy and health behavior), with reliability equal to.939. Analyzed with descriptive statistics and one sample t-test. The results showed that after program training in the 3rd month, samples had a sum mean score of self-care behavior higher than the baseline in every part, such as food consumption, exercise, and medicine taking, significantly ($t = 34.17$; $p<.05$). The suggestion for the next study was to follow up on blood sugar and blood pressure continuously, at least every month.

Keywords: Patients with Hypertension and diabetes, Health literacy, Self-care

บทนำ

ทั่วโลกมีผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงกว่าพันล้านคน ในประเทศไทยมีความชุกของโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2559-2562 และในปี พ.ศ.2564 มีอัตราตายร้อยละ 14.48 ต่อประชากรแสนคน (Division of Non-communicable Disease, 2016) อีกทั้งประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป ยังคงมีปัญหาโรคเบาหวานซึ่งเป็นความบกพร่องของภาวะอินซูลินหรือการดื้อต่ออินซูลิน ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำน้ำตาลในเลือดไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่ตา ไต ระบบหลอดเลือดและหัวใจ หากไม่ได้รับการรักษาที่เหมาะสม จะเป็นสาเหตุการตายที่สำคัญได้ ทำให้ในปีพ.ศ.2564 ในประเทศไทยมีอัตราตายของผู้ป่วยโรคเบาหวาน มากถึงร้อยละ 24.55ต่อประชากรแสนคน (Theerapuncharoen & Theerapuncharoen, 2016; Division of Non-communicable Disease, 2016)

การส่งเสริมสุขภาพและการป้องกันโรคเพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีตลอดช่วงอายุ จำเป็นที่ผู้ป่วยจะต้องมีความรอบรู้ทางสุขภาพ ซึ่งความรอบรู้ทางสุขภาพหมายถึงความรู้ แรงจูงใจและความสามารถของประชาชนในการเข้าถึง เข้าใจ ประเมิน และประยุกต์ข้อมูลข่าวสารทางสุขภาพเพื่อนำมาตัดสินใจในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะการดูแลสุขภาพได้ (Choeisuwan, 2017) แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีความรอบรู้ทางสุขภาพระดับต่ำและแสดงพฤติกรรมสุขภาพในระดับปานกลาง (Chummalee, Sinto, Kamkaew &Srisaknok, 2022) คนไทยบางกลุ่มที่ยังไม่รู้หนังสือ อ่านฉลากยาไม่ได้ เป็นคนหลงลืมง่าย ไม่ค่อยชอบถาม ผู้ป่วยที่ไม่มาตามนัด มักเป็นคนที่มีความรอบรู้ทางสุขภาพต่ำ (low health literacy) ทำให้ไม่สามารถจัดการกับการดูแลตนเองรวมถึงไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตน (Health Education Division, 2023) การให้ความรู้เพื่อกำกับติดตามพฤติกรรมสุขภาพของตนเองที่ดีนั้น เช่นการรับประทานยาอย่างต่อเนื่อง จะช่วยสามารถลดค่าความดันโลหิตซิสโทลิกและไดแอสโทลิกลงได้ สำหรับผู้ป่วยเบาหวานมีพฤติกรรมการรับประทานอาหาร การออกกำลังกายที่ดีขึ้นได้ (Hawkes et al., 2021; Alibrahim et al., 2021; Delavar, Pashaeypoor & Negarandeh, 2020)

จากการศึกษาพบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ในเขตสุขภาพที่ 4 จังหวัดปทุมธานี ปี พ.ศ.2561 มีผู้ป่วยใน (inpatients) อัตรา 1,526.56 ต่อแสนประชากร

ซึ่งเพิ่มจากปี พ.ศ.2559-2560 และปี พ.ศ.2564 คนไทยมีอัตราตายด้วยโรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 5.96 และมีอัตราตายด้วยโรคเบาหวาน ถึงร้อยละ 11.59 (Division of Non-communicable Disease, 2016; Division of Non communicable Disease, 2018)

บุคลากรทางสุขภาพมีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะการป้องกันโรคและภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ของผู้ป่วยโรคเรื้อรังในชุมชน ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือกันระหว่างเครือข่าย และความเข้มแข็งของชุมชน ผ่านผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดูแลสุขภาพทุกระดับเพื่อการสร้างการบริการสุขภาพแบบเป็นมิตรและส่งผลต่อภาวะสุขภาพของประชาชนอีกทั้งควรมีทักษะที่จะช่วยพัฒนาทักษะส่วนบุคคลของผู้รับบริการ เพื่อสร้างเสริมความมั่นใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Panyoyai & Leseure, 2021) ผู้ป่วยที่มีการฝึกทักษะและสามารถควบคุมกำกับตนเองได้ดีอย่างน้อย 3 เดือน สามารถลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง และควบคุมความดันโลหิตได้ (Kongjarean, Wattana & Hanirattisai, 2013) ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้โปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและเบาหวานโดย ศึกษาในชุมชนอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานีเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนและเป็นการสร้างเสริมสุขภาวะที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

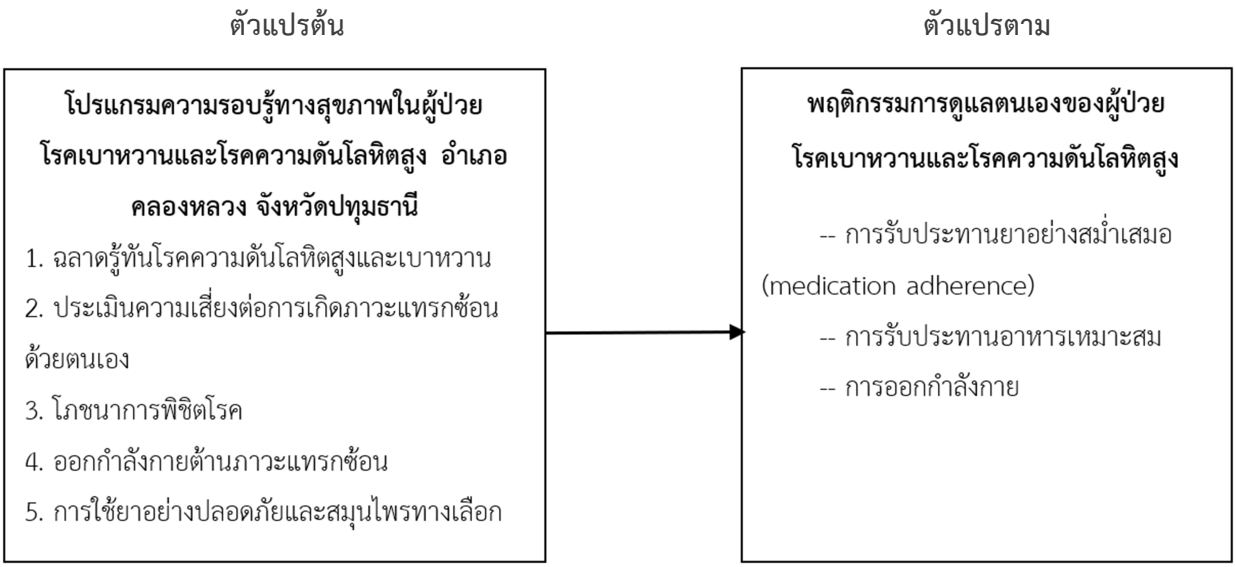
ศึกษาผลของโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและเบาหวาน ศึกษาในชุมชนอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความรอบรู้ทางสุขภาพ (health literacy) คือ ความสามารถและทักษะในการเข้าถึงข้อมูล ความรู้ ความเข้าใจ เพื่อวิเคราะห์ ประเมินการปฏิบัติ และจัดการตนเอง รวมทั้งสามารถชี้แนะเรื่องสุขภาพส่วนบุคคล ครอบครัว และชุมชน จำแนกความรอบรู้ทางสุขภาพออกเป็น 3 ระดับ คือ (1) ความฉลาดทางสุขภาพขั้นพื้นฐาน (functional health literacy) เป็นทักษะพื้นฐานด้านการฟัง พูด อ่านและเขียนที่จำเป็นต่อความเข้าใจและการปฏิบัติในชีวิตประจำวัน ความสามารถประยุกต์ทักษะการอ่านและความเข้าใจด้านตัวเลข (numeracy skill) ด้านการอ่านเอกสารเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น การอ่านใบยินยอม (consent form) หรือการอ่านฉลากยา (medical label) ความเข้าใจต่อรูปแบบการให้ข้อมูลทั้งข้อความเขียนและวาจาจากแพทย์ พยาบาล เภสัชกร รวมถึงเข้าใจในการปฏิบัติตัวตามคำแนะนำ ได้แก่ การรับประทานยา การนัดหมาย (2) ความฉลาดทางสุขภาพขั้นการมีปฏิสัมพันธ์ (communicative/interactive health literacy) ทักษะพื้นฐานและพุทธิปัญญา (cognitive) รวมทักษะทางสังคม (social skill) การรู้จักเลือกใช้ข้อมูลข่าวสาร แยกแยะลักษณะการสื่อสารที่แตกต่างกันรวมถึงการประยุกต์ใช้ข้อมูลข่าวสารเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ (3) ความฉลาดทางสุขภาพขั้นวิจารณญาณ (critical health literacy) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลข่าวสารในการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ การควบคุมจัดการสถานการณ์ในการดำรงชีวิตประจำวัน ความฉลาดระดับนี้ เน้นการกระทำของปัจเจกบุคคล (Individual action) และการมีส่วนร่วมผลักดันสังคมไปพร้อมกัน เป็นการเชื่อมประโยชน์ของบุคคล สังคมและสุขภาพของประชาชนไว้ด้วยกัน (Health System Research Institute,2021)

ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ที่มีการควบคุมกำกับตนเองได้ดี ได้แก่ การรับประทานยาอย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอ ช่วยลดค่าความดันโลหิตลงได้ อีกทั้งยังสามารถลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองอีกด้วย สำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่มีความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน สามารถมีทักษะทางสังคมที่ดี มีความเข้าใจ สามารถแยกแยะข้อมูลข่าวสารจนทำให้มีพฤติกรรมการรับประทานอาหาร การออกกำลังกายที่ดีขึ้นได้ (Hawkes et al., 2021; Alibrahim et al., 2021; Delavar, Pashaeypoor, &Negarandeh, 2020; Kongjarean, Wattana &Hanirattisai, 2013)

กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและเบาหวาน มีพฤติกรรมการรับประทานอาหาร การออกกำลังกายและการรับประทานยา ดีกว่าก่อนการทดลอง

วิธีการดำเนินการวิจัย

ชนิดของการวิจัย การวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experiment research) แบบ 1 กลุ่ม วัดก่อน และหลังการทดลอง (one grouppre-test post-test)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและโรคเบาหวานอาศัยในชุมชนพื้นที่อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

กลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและเบาหวานซึ่งได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ เลือกแบบการสุ่ม ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Krajcie & Morgan, 1970) คำนวนจาก n=X2NP(1-P)/d2(N-1)+X2P(1-P) กำหนดให้ X2=3.41 P=ค่าสัดส่วนประชากรเมื่อทราบค่าประชากรโดยศึกษาจากผลงานวิจัยที่ผ่านมา Kongjarern, Wattana and Hanirattisai (2013) กำหนดให้มีการคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 และสำรองกรณีกลุ่มตัวอย่างไม่ได้มาตรวจตามนัด หรือเข้าร่วมโปรแกรมฯ ไม่ครบตามเกณฑ์อีกร้อยละ 10 จึงได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 52 คนเมื่อสิ้นสุดการวิจัยพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโปรแกรมไม่ครบตามเกณฑ์ และข้อมูลไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ 6 คน คงเหลือกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ทั้งสิ้น 46 คน

การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์คัดเข้า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นเบาหวานและความดันโลหิตสูง และได้รับยาเบาหวานและความดันโลหิตสูง อายุ 18-80 ปีเกณฑ์การคัดออก ผู้ที่อยู่ในระยะวิกฤติ หรือมีโรคอื่น ๆ แทรก เช่น โรคหัวใจ โรคไตเรื้อรัง เป็นต้น ผู้ที่ไม่มีอุปกรณ์สื่อสาร และไม่สามารถอ่าน ออก เขียนได้

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการวิจัย

พัฒนาโดยนำแนวคิดความรอบรู้ด้านสุขภาพของ Nutbeam (2008) และ Rungvachira (2021) ได้รับการอนุญาตให้ใช้เครื่องมือในการทดลองประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. โปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพในผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ด้านตามแนวคิดของความรอบรู้สุขภาพ (ด้านการเข้าถึง ด้านการเข้าใจ และด้านการประเมินข้อมูลสุขภาพ) ดังนี้ 1.1 กิจกรรม ฉลาดรู้ทันโรคความดันโลหิตสูงและเบาหวาน 1.2 ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนด้วยตนเอง 1.3 โภชนาการพิชิตโรค 1.4 ออกกำลังกายต้านภาวะแทรกซ้อน และ 1.5 การใช้ยาอย่างปลอดภัยและสมุนไพรทางเลือกรวมจำนวน 1 ครั้ง และมีการติดตามทางโทรศัพท์ เพื่อให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลอย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือน ใช้เวลาไม่เกิน 15 นาที/ครั้ง ภายในเดือนที่ 2-3

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามความรอบรู้ทางสุขภาพ จำนวน 12 ข้อ กำหนดให้ ง่ายมาก=5 คะแนน ง่าย=4 คะแนน ยาก=3 คะแนน ยากมาก=2 คะแนน และไม่ทราบ=1 คะแนน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน) และพฤติกรรมสุขภาพด้านการรับประทานอาหาร การออกกำลังกายและการใช้ยา รวม 12 ข้อ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน) กำหนดให้ ปฏิบัติ 6-7วัน=5 คะแนน ปฏิบัติ 4-5 วัน=4 คะแนน ปฏิบัติ 3 วัน=3 คะแนน ปฏิบัติ 1-2 วัน=2 คะแนน และไม่ปฏิบัติเลย =1 คะแนน การแปลผลระดับความรอบรู้และพฤติกรรมสุขภาพ (คะแนนเต็ม 5.00) ประเมินระดับตามเกณฑ์มาตรฐาน ≥4.01=ดีมาก 3.51-4.00=ดี 3.01-3.50=ปานกลาง 2.91-3.00=พอใช้ และ ≤2.90=ควรปรับปรุง โดยผู้วิจัยทบทวนจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบบมาตรประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับใช้วัดก่อนการทดลองใช้โปรแกรมและหลังการทดลองในเดือนที่ 3

คุณภาพของเครื่องมือวิจัย การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิเป็นพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน 1 คน และพยาบาลสาธารณสุข 2 คนรวม3 คน ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence--IOC) มีค่า .72 จึงนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ป่วยในรพ.อำเภอธัญบุรี จำนวน 30 คน หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach ความรอบรู้ทางสุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ และรวมทั้งฉบับได้เท่ากับ .939 .594 และ .899 ตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทีมนักวิจัยเริ่มเก็บข้อมูลหลังจากได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมฯ แล้วขออนุญาตเก็บข้อมูลถึงโรงพยาบาลคลองหลวงและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคลองสอง ชี้แจงวัตถุประสงค์ พร้อมอธิบายแบบสอบถาม เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมโครงการจึงมีการลงนามและเก็บข้อมูล ในช่วงเดือนมีนาคม 2565 ถึงเดือนพฤษภาคม 2565

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย เอกสารเลขที่ SN2565-18 ลงวันที่ 25 เมษายน 2565 ผู้วิจัยรักษาความลับของกลุ่มตัวอย่างโดยจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น และกลุ่มตัวอย่างสามารถยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการรักษา การทำงานหรือการเข้าถึงระบบบริการสุขภาพ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเชิงพรรณนาและสถิติที one sample t-test

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 46 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง สถานภาพสมรส คู่ จบการศึกษาระดับประถมศึกษา และได้รับข้อมูลข่าวสารทางสุขภาพจากแผ่นพับ โปสเตอร์ ดังตาราง 2

พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงหลังเข้าร่วมโปรแกรมฯ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังตาราง 3

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมฯพบว่า มีคะแนนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t=34.17 p<.05)

ตาราง 1

กิจกรรมในกลุ่มทดลอง

ครั้งที่/ช่วงเวลา	กิจกรรมในกลุ่มทดลอง
1/สัปดาห์ที่ 1	- การประเมินภาวะเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนของโรค การตรวจวัดสุขภาพเบื้องต้น ชั่งน้ำหนัก วัดความดันโลหิต คำนวณดัชนีมวลกาย วัดรอบเอว DTX และ - การให้ความรู้เรื่องโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง การรับประทานอาหาร การออกกำลังกายและการรับประทานยา วิธีการ การบรรยาย จำนวน 3 ชั่วโมง/การให้คำปรึกษารายบุคคล
2/เดือนที่ 1	- โภชนาการพิชิตโรค การติดตาม สอบถาม การเลือกรับประทานอาหาร อาหารแลกเปลี่ยน - ความรอบรู้เรื่องการค้นหาข้อมูล การเข้าถึงข้อมูล และการนำไปใช้ - ติดตามการรับประทานยา และการออกกำลังกายที่เหมาะสม วิธีการ การให้คำปรึกษารายบุคคล/โทรศัพท์ติดตาม 1 ครั้ง จำนวน 10-15 นาที
3-4/เดือนที่ 2-3	- ติดตาม/สอบถาม การเลือกรับประทานอาหารการรับประทานยา และการออกกำลังกาย วิธีการ โทรศัพท์ติดตามอย่างน้อย 1 ครั้ง/เดือนและให้คำปรึกษารายบุคคล 5-10 นาที/ครั้ง

ตาราง 2

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=46)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	33	71.7
ชาย	13	28.3
อายุ (ปี)		
50-60	11	23.9
61-70	21	45.7
71-80	14	30.4
ค่าเฉลี่ย 66.07 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.84 อายุต่ำสุด 51 ปีอายุสูงสุด 80 ปี		
สถานภาพสมรส		
โสด	7	15.2
หม้าย/หย่า/แยก	17	37.0
คู่	22	47.8

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	5	10.9
ประถมศึกษา	30	65.2
มัธยมศึกษา	2	17.4
ประกาศนียบัตร /ปวช./ ปวส.	8	4.3
ปริญญาตรี	1	2.2
การได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านสุขภาพ		
จากโปสเตอร์ แผ่นพับประชาสัมพันธ์	26	56.5
จากบุคลากรทางสาธารณสุข แพทย์ พยาบาล นักวิชาการสาธารณสุข	19	41.3
จากการเข้าร่วมโครงการวิจัย	1	2.2

ตาราง 3

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมฯ (n=46)

พฤติกรรมการดูแลตนเอง	ก่อนร่วมโปรแกรม ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	หลังเข้าร่วมโปรแกรม ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1) ด้านการรับประทานอาหาร			
จำพวก นม น้ำมัน พืช ถั่ว ที่มีเครื่องหมายรักษ์หัวใจหรือมีคำว่า “ทางเลือกสุขภาพ”	2.37±1.39	3.27±0.74	ดี
การรับประทานอาหารที่มีกากใยสูง ธัญพืช ถั่วเปลือกแข็ง	2.37±1.34	3.48±0.98	ดี
การรับประทานอาหารในแต่ละมื้อที่ประกอบด้วย ผัก 2 ส่วน แป้ง 1 ส่วน โปรตีน 1 ส่วน และผลไม้หวานน้อย 1 จานเล็ก	3.48±1.39	3.78±1.09	ดีมาก
การหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารหวาน มัน เค็ม	3.15±1.37	3.48±1.05	ดี
2) ด้านการออกกำลังกาย			
กลุ่มตัวอย่างมีการออกแรง/ออกกำลังกายวันละ 20-30 นาที	3.57±1.34	3.91±1.05	ดีมาก
การออกกำลังกายโดยมีการอบอุ่นร่างกายก่อนและสิ้นสุดด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5-10 นาที	3.57±1.61	3.65±0.90	ดีมาก
การออกกำลังกาย พอรู้สึกเหนื่อย มีเหงื่อออก และยังพูดเป็นประโยคได้รู้เรื่อง	2.26±1.54	3.50±0.84	ดี
การหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายขณะท้องว่างหรือหลังรับประทานยาลดระดับน้ำตาลในเลือดและ/หรือยาลดความดันโลหิต	1.93±1.42	3.35±0.79	ดี

ตาราง 3 (ต่อ)

พฤติกรรมการดูแลตนเอง	ก่อนร่วมโปรแกรม ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	หลังเข้าร่วมโปรแกรม ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
3) ด้านการใช้ยา			
การตรวจสอบความถูกต้องของชื่อยา ชื่อผู้ป่วย ขนาดยา วิธีการใช้และเวลาที่ต้องรับประทานก่อนทุกครั้ง	4.39±1.31	4.61±0.83	ดีมาก
การรับประทานยาตามที่แพทย์และเภสัชกรแนะนำ ไม่หยุดยาเองหรือปรับขนาดยาเอง	4.54±1.17	4.72±0.72	ดีมาก
การสังเกตอาการผิดปกติของการใช้ยาหรือจากการใช้สมุนไพร ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร	2.87±1.71	3.74±0.93	ดี
การพกลูกอม ขนม น้ำหวาน เพื่อรับประทานเมื่อมีอาการใจสั่น เหงื่อออก คล้ายจะเป็นลม จากผลข้างเคียงของยาลดระดับน้ำตาลในเลือด	2.04±1.59	3.43±0.89	ปานกลาง

ตาราง 4

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลรวมของคะแนนพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมฯ

ข้อมูล	ก่อนเข้าโปรแกรมฯ		หลังเข้าโปรแกรมฯ		df	T	P
	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation			
ค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการดูแลตนเอง	36.04	7.16	44.91	4.87	45	34.17	.000

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย กล่าวคือ ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพ ฯ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและเบาหวานมีพฤติกรรมการรับประทานอาหาร การออกกำลังกายและการรับประทานยา ดีกว่าก่อนการทดลองซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา เมื่อได้รับความรู้ อีกทั้งการแสวงหาข้อมูล ข่าวสารจากสื่อ เทคโนโลยีต่าง ๆ ทำให้เกิดความแตกฉานทางสุขภาพ สามารถเพิ่มการดูแลตนเองในพฤติกรรมสุขภาพ เช่น การรับประทานยาได้ต่อเนื่อง (Delavar, Pashaeypoor &Negarandeh, 2020; Choeisuwan, 2017) ซึ่งอธิบายได้ว่าโปรแกรมความรอบรู้ทางสุขภาพนี้ช่วยสร้างแรงจูงใจและความสามารถของผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูงในการทำความเข้าใจ การประเมินพร้อมกับประยุกต์ข้อมูลข่าวสารทางสุขภาพที่ได้มาจากแผ่นพับ โปสเตอร์ และจากบุคลากรทางสุขภาพ เมื่อนำมาคิดทบทวน พิจารณาและตัดสินใจปฏิบัติตามจะมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในชีวิตประจำวันได้และสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การที่ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีความตระหนัก และจัดการ การดูแลตนเองอีกทั้งสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของบุคลากรทางการแพทย์ ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการรับประทานอาหารให้

ถูกต้อง ส่งผลให้ควบคุมโรคได้ และสามารถลดการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองและหลอดเลือดหัวใจได้เพิ่มขึ้น ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญในการรักษาโรคและฟื้นฟูสุขภาพ (tertiary prevention)(Chai et al., 2018; Sarkongdang et al., 2020; Thai Hypertension Society, 2019) แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ระบุว่าผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงยังคงมีความรอบรู้ทางสุขภาพในระดับต่ำ ซึ่งส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมสุขภาพยังไม่ดีเท่าที่ควร (Sinto, Kamkaew, Chummalee &Srisaknok, 2022) ในงานวิจัยนี้ผู้ป่วยยังคงมีพฤติกรรมบางส่วนที่อยู่ในระดับปานกลาง เช่น การพกลูกอม ขนม น้ำหวาน เพื่อรับประทานเมื่อมีอาการใจสั่น เหงื่อออก คล้ายจะเป็นลม จากผลข้างเคียงของยาลดระดับน้ำตาลในเลือด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าส่วนใหญ่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่สูงอายุ (อายุเฉลี่ย 66.07 ปี) การพกลูกอม น้ำหวาน อาจไม่เหมาะต่อวิถีชีวิตประจำวันซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีนโยบายในการหาแนวทางในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนหรือภาวะเสี่ยงต่อความดันโลหิตสูงและเบาหวานต่อไป (Theerapuncharoen & Theerapuncharoen, 2016) อีกทั้งโปรแกรมการควบคุมกำกับตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงนี้ยังต้องการ การศึกษาในมุมมองของครอบครัวและภาวะจิตใจของผู้ป่วยเพิ่มเติม (Joachimdass et al., 2021)การศึกษาครั้งนี้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีทั้งภาวะความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน จึงจำเป็นจะต้องมีโปรแกรมการจัดการตนเองหรือการดูแลตนเองที่เหมาะสมเฉพาะต่อไป

สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมการรอบรู้ทางสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ในด้านการค้นหาข้อมูลความรู้เรื่องโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง การค้นหาข้อมูลจากแหล่งที่เชื่อถือได้ในการรับประทานอาหาร การเปรียบเทียบผลประโยชน์และโทษของผลิตภัณฑ์สุขภาพในกลุ่มสมุนไพร ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารก่อนเลือกใช้ มีการซักถามจากบุคลากรทางการแพทย์ ออกกำลังกายและการใช้ยาที่ถูกต้อง ทำให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในทางที่ดีขึ้นได้

ข้อจำกัด

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้วยระยะเวลาในการศึกษาและเป็นการวิจัยเพียงกลุ่มเดียว ไม่สามารถขยายผลไปยังกลุ่มต่าง ๆ ได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการวิจัยเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนงานอย่างเหมาะสมในการสร้างเสริมสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงและเบาหวาน

2. บุคลากรทางการแพทย์สามารถนำโปรแกรม ฯ ไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มผู้ป่วยโรคเรื้อรังอื่นๆได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยมีกลุ่มเปรียบเทียบ

2. เพิ่มระยะเวลาของโปรแกรมฯ เพื่อติดตามค่าความดันโลหิตหรือระดับน้ำตาลในเลือดเป็นระยะ อย่างน้อยทุก 1 เดือน เพื่อการประเมินผลเป็นรูปธรรม

References

Alibrahim, A., AlRamadhan, D., Johny, S., Alhashemi, M., Alduwaisan, H., & Al-Hilal, M. (2021). The effect of structured diabetes self-management education on type 2 diabetes patients attending a Primary Health Center in Kuwait. *Diabetes Research and Clinical Practice, 171*, 108567. doi: https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108567

Chai, S., Yao, B., Xu, L., Wang, D., Sun, J., Yuan, N., . . .& Ji, L. (2018). The effect of diabetes self-management education on psychological status and blood glucose in newly diagnosed patients with diabetes type 2. *Patient Education and Counseling, 101*(8), 1427-1432. doi: https://doi.org/10.1016/j.pec.2018.03.020

Choeisuwan, P. (2017). Health literacy: Concept and application for nursing practice. *Royal Thai Navy Medical Journal, 44*(3), 183-197. (in Thai)

Cunningham, A. T., Crittendon, D. R., White, N., Mills, G. D., Diaz, V., & LaNoue, M. D. (2018). The effect of diabetes self-management education on HbA1c and quality of life in African-Americans: A systematic review and meta-analysis. *BMC Health Services Research, 18*(1), 367. doi: 10.1186/s12913-018-3186-7

Delavar, F., Pashaeypoor, S., & Negarandeh, R. (2020). The effects of self-management education tailored to health literacy on medication adherence and blood pressure control among elderly people with primary hypertension: A randomized controlled trial. *Patient Education and Counseling, 103*(2), 336-342. doi: https://doi.org/10.1016/j.pec.2019.08.028

Division of Non Communicable Disease. (2016). *Number and death rate with 5 non-communicable diseasesin B.E.2560-2564, public health area, and country*. Retrieved from http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=14480&tid=32&gid=1-020 (in Thai)

Division of Non Communicable Disease. (2018). *Number and rate of inpatient of hypertension per 100,000 populationsin B.E. 2559-2561 classify by Province, public health area, and country*. Bangkok: Division of Non Communicable Disease (in Thai)

Hawkes, R. E., Miles, L. M., & French, D. P. (2021). The theoretical basis of a nationally implemented type 2 diabetes prevention programme: how is the programme expected to produce changes in behaviour? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 18*(1), 64. doi: 10.1186/s12966-021-01134-7

Hawkes, R.E., Cameron, E., Miles, L.M.& French, D.P. (2021). The fedelity of training in behavior change technics to intervention design in a national diabetes prevention programme. *International Journal of Behavioural Medicine. 28*(6). 671-682. https://doi.org/10.1007/s12529-021-09961-5

Health Education Division. (2023). *Tools for Promote Health Literacy in health care service. Health Education Division.department of Health Service Report*. Nonthaburi: Thai Ministry of Public Health. (in Thai)

Health System Research Institute. (2021). *Health Literacy*. https://www.hsri.or.th/researcher(in Thai)

Joachimdass, R. J., Subramaniam, K., Sit, N. W., Lim, Y. M., Teo, C. H., Ng, C. J., . . & Loganathan, A. (2021). Self-management using crude herbs and the health-related quality of life among adult patients with hypertension living in a suburban setting of Malaysia. *Plos One, 16*(9), e0257336. doi: 10.1371/journal.pone.0257336

Krajcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement 1970, 30*, 607-610. https://doi.org/10.1177/001316447003000308

Kongjarern, S., Wattana, C., & Hanirattisai, T. (2013). Effects of a self-regulation program for blood pressure control on self-regulation behaviour, blood pressure level and stoke risk among Thai Muslim with Hypertension. *Nursing Journal, 40*(1), 23-33. (in Thai)

Matric, M. (2018). *Self-regulatory systems: Self-regulation and learning. Journal of Process Management and New Technologies, 6*(4), 79-84. https://doi.org/10.5937/joupроman6-19338

Nutbeam, D. (2008). The evolving concepts of health literacy. *Social Science and Medicine, 67*(12), 2072-2078. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.09.050

Panyoyai, P., & Leseure, P. (2021). Health promotion innovation for patients with chronic Illness in community. *Journal of The Royal Thai Army Nurses, 22*(2), 31-40. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/view/246959

Rungvachira, O. (2021). *The development of participatory learning management program for elderly people with non-communicable diseases to Promote Health Literacy and Health Behavior* (Doctoral dissertation). Srinakharinwirot University. Bangkok. (in Thai)

Sarkongdang, T., & Janhong, K. (2020). Role of Nurse Practitioner in Caring for Patients with Non-Communicable Disease in community. *Journal of Health and Nursing Research, 36*(3), 317-328. (in Thai)

Sinto, N., Kamkaew, W., Chummalee, I., Srisaknok, T. (2022). Health Literacy and Health Behaviours among Risk Group of Hypertension Disease, Mahasarakhum Province. *Research and Development Health System Journal. 15*(3). 99-113. (in Thai)

Supanam, S., Somkong, A., Rukyingchareon, K., & Rungkitudom, N. (2022). The experience of perceived self-care behavior in uncontrolled diabetes mellitus Type 2 Patients. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 16*(2), 186-198. (in Thai)

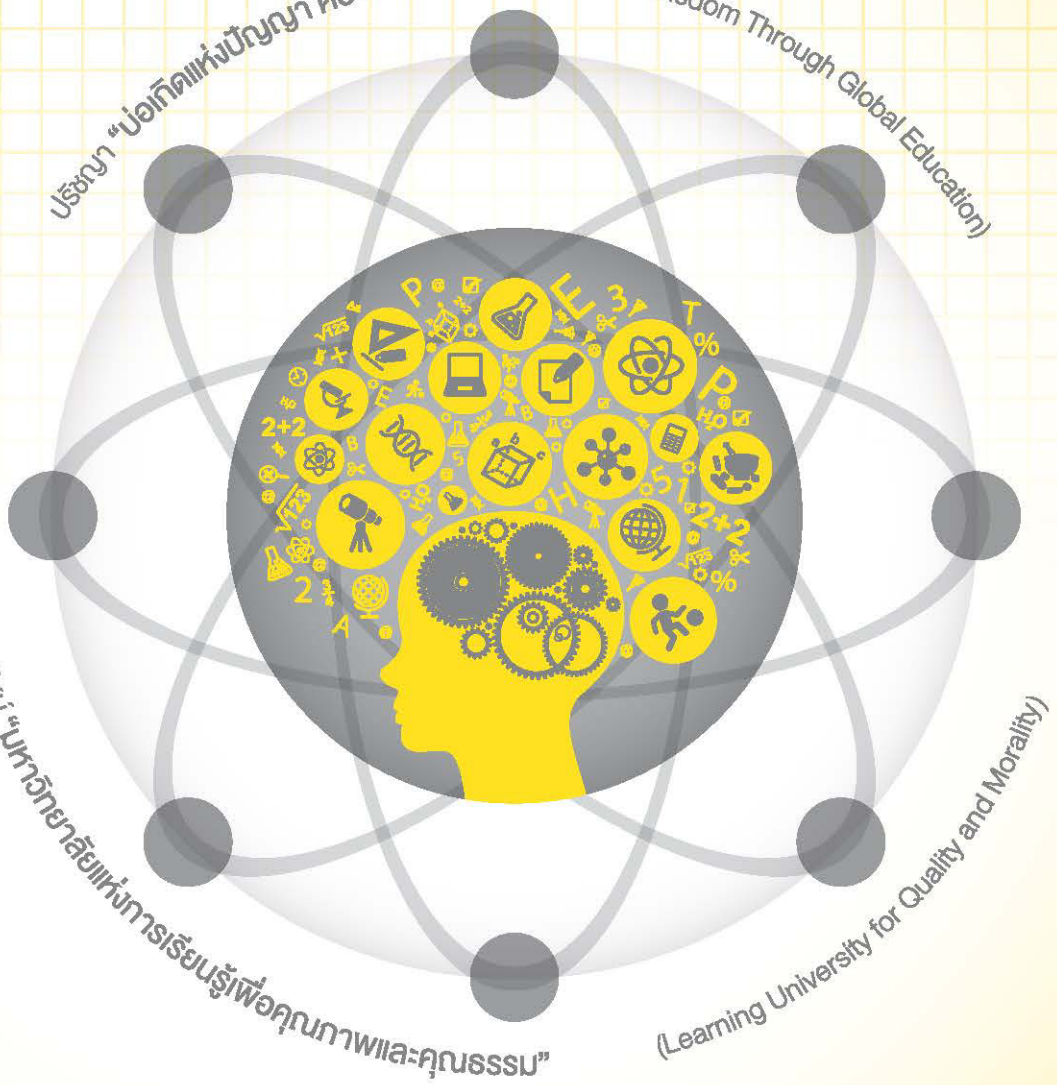
Thai Hypertension Society. (2019). *Guidelines for treatment hypertension in medical practitioner B.E. 2562*. Chiang Mai: Tic Ting co.Ltd. (in Thai)

Theerapuncharoen, N., & Theerapuncharoen, W. (2016). Health risk for ASEAN People. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 10*(2), 50-60. (in Thai)

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

เลขที่ 200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์ : 0-2577-1028 ต่อ 377, 378 โทรสาร : 0-2577-1053

www.eau.ac.th E-mail: eau_heritage@eau.ac.th

http://eauheritage.eau.ac.th/