

การศึกษาการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้ในประเทศไทย
เพื่อเพิ่มคุณภาพในการอยู่อาศัยตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ
A Study of the Implementation of Smart Home Technology in Thailand
to Enhance Living Quality Based on the Smart Living Framework

รับบทความ 10/02/2568
แก้ไขบทความ 08/04/2568
ยอมรับบทความ 17/04/2568

ปฏิพล บุญสุขโชติ
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Patiphol Boonsukachote
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
boonsukachote.patiphol@gmail.com

บทคัดย่อ

บ้านอัจฉริยะ (smart home) เป็นหัวข้อสำคัญที่ได้รับความสนใจและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในยุคของข้อมูลและเทคโนโลยีดิจิทัล เป็นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และอุปกรณ์เซนเซอร์ อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะความสะดวกสบาย ความปลอดภัย และการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ แต่การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้จริงในประเทศไทยยังไม่ครอบคลุมในทุก ๆ ด้าน งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อนำเสนอถึงช่องว่างและข้อจำกัดของการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้จริงในประเทศไทยผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้างกับผู้ให้บริการจำนวน 10 ราย ถึงขอบเขตความสามารถ ความครอบคลุม และรูปแบบลักษณะการให้บริการ โดยมีแบบจำลองความต้องการที่มีต่อบ้านอัจฉริยะ (ideal smart home) เป็นเครื่องมือในการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มอุปกรณ์พื้นฐานของการทำระบบบ้านอัจฉริยะในปัจจุบัน นอกจากมุ่งเน้นที่การอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานด้วยการทำระบบอัตโนมัติแล้ว ยังมีกลุ่มของอุปกรณ์ที่ให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านอื่น ๆ ทั้ง 1) ด้านความปลอดภัย 2) ด้านแสงสว่างและความบันเทิง 3) ด้านความสบายและสุขภาพ และ 4) ด้านการจัดการพลังงาน อย่างไรก็ตาม แม้จะมีอุปกรณ์ที่ครอบคลุมการใช้งานบ้านอัจฉริยะในทุกด้านรวมไปถึงการมีตัวอย่างงานศึกษาทดลองเชิงปฏิบัติที่ได้แสดงให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้ได้อย่างครอบคลุม เพื่อพัฒนาคุณภาพในการอยู่อาศัยแต่จากการสำรวจผู้ให้บริการรายสำคัญในตลาดพบว่า ยังไม่มีผู้ให้บริการรายใดที่สามารถให้บริการได้อย่างครอบคลุมครบถ้วนตามแนวความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ โดยความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน (integration performance) ซึ่งส่งผลให้การพัฒนานวัตกรรมยังไม่สามารถที่จะตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและความต้องการของผู้ใช้งานอาคารได้อย่างเต็มที่ รวมถึงยังไม่สามารถที่จะยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัย อันนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองอัจฉริยะได้อย่างครบถ้วนทุกมิติ

คำสำคัญ: บ้านอัจฉริยะ การนำมาใช้เชิงปฏิบัติ การยกระดับ คุณภาพการอยู่อาศัย กรอบความคิด การดำรงชีวิตอัจฉริยะ

Abstract

Smart homes have become a critical focus of research and development in the contemporary era of data and digital technologies. Representing a significant technological milestone, smart homes integrate advanced information and communication technologies, the Internet of Things, and sensor devices, playing an instrumental role in improving the quality of life. These advancements particularly address enhanced convenience, safety, and energy efficiency for occupants. However, the practical implementation of these technologies in Thailand has yet to achieve comprehensive adoption across all aspects. Therefore, this study aims to explore the gap and limitations of the implementation of smart home technologies in Thailand by conducting semi-structured in-depth interviews with ten smart home providers about services and solutions by using the ideal smart home as a reference tool.

The findings reveal a relationship between the smart home service and the devices. While a fundamental set of devices is universally offered—indicating a baseline necessity for automation-focused smart home solutions—additional devices are available to cater to user needs in four key areas: 1) security and detection, 2) lighting and entertainment, 3) comfortable and health, and 4) energy management. Although smart home devices are available to support all aspects of smart living, and the presence of applied research demonstrates the possible full-scale integration of these technologies for improved living quality, no single service provider currently offers a holistic solution that meets all keys of smart living framework. A significant gap persists in integration performance, referring to the ability to seamlessly connect devices and systems within a building. This limitation hinders the full realization of smart home innovations, preventing them from effectively adapting to evolving technological advancements and user demands. Consequently, the potential for smart home technologies to elevate residential quality and, by extension, contribute to holistic well-being within smart cities remains unfulfilled.

Keywords: *smart home, implementation, enhancing, living quality, framework, smart living*

ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันที่การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 หรือยุคของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สืบเนื่องมาถึงการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 หรือยุคของข้อมูลและเทคโนโลยีดิจิทัล (Ajayi et al., 2022) ซึ่งความหมายของการเปลี่ยนแปลงนี้ได้จำเพาะอยู่เพียงแคในภาคอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังหมายรวมถึงการเปลี่ยนแปลงในการบูรณาการระหว่างระบบดิจิทัลเข้ากับชีวิตประจำวัน (Muhuri et al., 2019) “บ้านอัจฉริยะ” หรือ Smart home จึงได้กลายมาเป็นหัวข้อสำคัญที่ได้รับความสนใจและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง บ้านอัจฉริยะเป็นตัวอย่างที่แสดงได้ดีถึงการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communications Technology: ICT) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of things: IoT) รวมถึงอุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensor) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีพื้นฐานในยุคของข้อมูลและเทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการด้านต่าง ๆ (Ajayi et al., 2022) และทำให้การใช้ชีวิตประจำวันมีความสะดวกสบายมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความปลอดภัย และช่วยในการจัดการการใช้พลังงานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งไม่เพียงแต่เพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้อยู่อาศัยเท่านั้น แต่ยังเป็นการสนับสนุนแนวคิดการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตในยุคดิจิทัล (Adrian et al., 2023)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของสถาปัตยกรรมที่จะต้องมีการปรับตัวเพื่อรองรับกับยุคดิจิทัลและข้อมูลมหัต (big data) ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการใช้งานอาคารโดยตรง ในการเป็นสถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (Data-driven architecture) ด้วยการอาศัยความเชื่อมโยงระหว่าง IoT และแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Model: BIM) ที่จะเอื้อให้เกิดการจัดการข้อมูลด้วยเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล (digital twin) (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร, 2564) อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตและพัฒนาเศรษฐกิจด้วยการเป็นส่วนหนึ่งของเมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืนต่อไป (Goncalves et al., 2021) เพื่อตอบรับกับชุดเป้าหมายในการพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับโลก (Sustainable Development Goal: SDG) และเป้าหมายในการพัฒนาระดับประเทศอย่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หมายเหตุที่ 8 ไทยมีพื้นที่และเมืองอัจฉริยะที่น่าอยู่ ปลอดภัย เดิมได้ได้อย่างยั่งยืน ในการส่งเสริมให้เมืองยกระดับสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะเพื่อสร้างความสามารถของประเทศในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงและความเสี่ยงภายใต้บริบทโลกใหม่

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขีดความสามารถให้กับเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะอย่างต่อเนื่อง แต่จากการศึกษาเบื้องต้นถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทย พบว่า โดยทั่วไปความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (integration performance) ยังคงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ โดยการใช้งานส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การใช้งานเทคโนโลยีเฉพาะด้าน เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้อยู่อาศัยเพียงด้านเดียว เช่น การใช้ระบบเซนเซอร์อัจฉริยะเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่างภายในบ้าน ซึ่งส่งผลให้การพัฒนานวัตกรรมไม่สามารถที่จะตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและความต้องการของผู้ใช้งานอาคาร ที่มีทั้งมิติของผู้อยู่อาศัยและผู้ดูแลอาคารได้อย่างเต็มที่ (Burov et al., 2024) อีกทั้งยังไม่เอื้อให้เกิดความสามารถในการจัดการข้อมูลที่เกิดขึ้น จากการใช้งานอย่างเป็นระบบอันจะนำมาซึ่งการวิเคราะห์และวางแผนในการจัดการอาคารอย่างมีประสิทธิภาพและลดช่องว่างในความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับอาคารที่จะส่งผลในหลากหลายระดับของเมืองอัจฉริยะ (Lu et al., 2020)

ด้วยเหตุนี้ งานศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้เห็นถึงช่องว่างและความท้าทายที่ยังคงมีอยู่ การศึกษาในลักษณะนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยเติมเต็มช่องว่างในองค์ความรู้เท่านั้น แต่ยังสามารถเป็นแนวทางให้กับนักวิจัยและนักพัฒนาในการออกแบบระบบและพัฒนาเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานอาคารในทุกมิติได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิต เศรษฐกิจ และความยั่งยืนในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทย
2. เพื่อนำเสนอถึงช่องว่างและข้อจำกัดระหว่างการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติจริงในปัจจุบันกับการศึกษาทดลองเชิงปฏิบัติในการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

วิธีดำเนินการวิจัย

- ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ รวมไปถึงศึกษาการทดลองเชิงปฏิบัติในการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะเพื่อรวบรวมและสร้างความเข้าใจถึงขอบเขตขององค์ความรู้และการนำเทคโนโลยีมาใช้ในปัจจุบัน
- ศึกษาถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทย โดยมีแบบจำลองความต้องการที่มีต่อบ้านอัจฉริยะ (ideal smart home) ซึ่งอ้างอิงถึงความครบถ้วนในการออกแบบระบบบ้านอัจฉริยะให้มีการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ ตามกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ เป็นเครื่องมือประกอบการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับผู้ให้บริการจำนวน 10 ราย ถึงขอบเขตความสามารถ ความครอบคลุม และรูปแบบลักษณะการให้บริการ
- ประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยเป็นการวิเคราะห์และทำความเข้าใจเพื่อนำเสนอถึงช่องว่างและข้อจำกัดในการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติให้มีความครอบคลุมตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

เป็นการทบทวนวรรณกรรมเพื่อให้ทราบความหมาย รวมถึงหลักเกณฑ์และขอบเขตของการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัย อันนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองอัจฉริยะ โดยการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (smart living) หมายถึงแนวคิดในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในทุก ๆ แง่มุมดังต่อไปนี้ 1) สิ่งอำนวยความสะดวกทางวัฒนธรรม (Cultural facilities) 2) เงื่อนไขด้านสุขภาพ (Health conditions) 3) ความปลอดภัยส่วนบุคคล (Individual safety) 4) คุณภาพที่อยู่อาศัย (Housing quality) 5) สิ่งอำนวยความสะดวกทางการศึกษา (Education facilities) 6) ความน่าดึงดูดด้านการท่องเที่ยว (Touristic attractivity) และ 7) การอยู่ร่วมกันในสังคม (Social cohesion) (Giffinger et al., 2007) บ้านอัจฉริยะจึงมีความสำคัญในการบรรลุเป้าหมายของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย โดยจุดประสงค์หลักของบ้านอัจฉริยะ คือการรวมระบบบริการและการจัดการเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้ใช้งานมีสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตที่มีประสิทธิภาพ สะดวกสบาย ปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Pira, 2021) รวมถึงยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ เช่น ไฟส่องสว่าง เครื่องทำความร้อน เครื่องปรับอากาศ และเครื่องระบายอากาศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยประหยัดพลังงานภายในอาคารได้โดยสามารถตรวจสอบและติดตามการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Majeed et al., 2020) โดยในหลักเกณฑ์ หรือกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะสามารถแบ่งกรอบแนวคิดได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มการบริหารจัดการ ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 5 เกณฑ์ ได้แก่ 1) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านพลังงาน 2) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ 3) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านเทคโนโลยี 4) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านความเป็นส่วนตัว และ 5) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านความปลอดภัย กับกลุ่มการยกระดับ ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 4 เกณฑ์ ได้แก่ 1) เกณฑ์การยกระดับด้านฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ 2) เกณฑ์การยกระดับด้านพื้นที่ 3) เกณฑ์การยกระดับด้านงานบริการ และ 4) เกณฑ์การยกระดับด้านต้นทุนประสิทธิผล รวมหลักเกณฑ์ในกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะทั้งสิ้น 9 เกณฑ์ และประกอบด้วย 30 ตัวบ่งชี้ (สุชนานู ภูประเสริฐ, 2565) (ตาราง 1)

ตาราง 1 กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

กลุ่มหลัก	เกณฑ์	ตัวบ่งชี้
กลุ่มการบริหารจัดการ	เกณฑ์การบริหารจัดการด้านพลังงาน	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
		ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
		ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (smart grid)
	เกณฑ์การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
		ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
		ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
		ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
	เกณฑ์การบริหารจัดการด้านเทคโนโลยี	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
		ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
		ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
	เกณฑ์การบริหารจัดการด้านความเป็นส่วนตัว	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
		ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล
		ด้านการป้องกันข้อมูล
	เกณฑ์การบริหารจัดการด้านความปลอดภัย	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
		ด้านการตรวจหาอัคคีภัย หรือควัน
		ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
		ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
กลุ่มการยกระดับ	เกณฑ์การยกระดับด้านฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	ด้านความง่ายในการติดตั้ง
		ด้านการประจุและเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
		ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
	เกณฑ์การยกระดับด้านพื้นที่	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
		ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
	เกณฑ์การยกระดับด้านงานบริการ	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
		ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย
		ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
		ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ
	เกณฑ์การยกระดับด้านต้นทุนประสิทธิภาพ	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
		ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
		ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
		ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

ที่มา: การรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ โดย สุชานาฏ ภูประเสริฐ, 2565. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6659>

การศึกษาการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติ

ในการศึกษาการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทย พบว่า มีจำนวนผู้ให้บริการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะเพิ่มขึ้น ตลอดช่วงระยะเวลาที่หนึ่งทศวรรษตามการเติบโตอย่างแพร่หลายของเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกผู้ให้บริการที่จะนำมาใช้ในงานศึกษารั้งนี้ทั้งสิ้น 10 ราย โดยอ้างอิงจากการสำรวจเบื้องต้นของตลาดผู้ให้บริการในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากงาน Smart Living Expo 2024 และ Thailand Smart City Expo 2024 ซึ่งเป็นงานที่รวบรวมผู้ให้บริการด้านเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะจากหลากหลายกลุ่ม เพื่อให้มั่นใจว่า ผู้ให้บริการที่เลือกจะสามารถสะท้อนภาพรวมของอุตสาหกรรมผ่าน

กลุ่มผู้เล่นหลัก (key players) ได้อย่างเหมาะสม โดยกำหนดหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้ 1) จะต้องเป็นผู้ให้บริการที่ให้บริการครบวงจร และมีความชำนาญในการพัฒนาระบบเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ 2) จะต้องเป็นผู้ให้บริการที่มีประสบการณ์ในการพัฒนาระบบเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ โดยมีผลงานที่ผ่านมาซึ่งดำเนินการในประเทศไทย 3) สินค้าและบริการจะต้องมีความครอบคลุมในการตอบสนองความต้องการที่หลากหลาย รวมไปถึงต้องได้รับความเชื่อถือจากผู้บริโภค ทั้งนี้ ในผู้บริการที่คัดเลือกมาครอบคลุมทั้งบริษัทขนาดใหญ่ที่มีผลงานระดับโครงการ ไปจนถึงบริษัทขนาดเล็กที่เชี่ยวชาญในการให้บริการสำหรับบ้านพักอาศัยส่วนบุคคล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายผ่านมุมมองที่แตกต่างกัน โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้ใช้บ้านพักอาศัย 3 ชั้น พื้นที่ใช้สอยขนาด 150 ตารางเมตร ซึ่งเป็นรูปแบบการอยู่อาศัยแนวราบที่มีจำนวนหน่วยการอยู่อาศัยมากที่สุดในเขตเมือง จากข้อมูลของศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์เป็นเครื่องมือประกอบการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured in-depth interview) โดยเป็นระเบียบวิธีการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมกับประเด็นศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลเฉพาะทางที่มีความหลากหลายในรายละเอียดและแนวทาง ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ให้บริการแต่ละราย และยังเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยสามารถตั้งคำถามเพิ่มเติมได้เมื่อพบประเด็นสำคัญ หรือข้อมูลเชิงลึกที่แตกต่างกันเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้ให้บริการทั้ง 10 ราย ถึงขอบเขตความสามารถ ความครอบคลุม และรูปแบบลักษณะการให้บริการได้อย่างครบถ้วน โดยอ้างอิงถึงความครบถ้วนในการออกแบบระบบบ้านอัจฉริยะให้มีความตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ ตามกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติบนอาคารจริง โดย ชลัมพล ถวัลย์พงศ์ และคณะ (Chalumpon Thawanapong et al.) (2023) ซึ่งได้มีการกล่าวถึงการออกแบบอาคารอัจฉริยะที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพการอยู่อาศัย (well-being) ประสิทธิภาพของอาคาร (performance) และความปลอดภัย (safety) ด้วยการนำอุปกรณ์บ้านอัจฉริยะ (smart home devices) มาใช้ในการเพิ่มความสามารถของอาคารในด้านต่าง ๆ (IoT service) (ตาราง 2)



ภาพ 1 ผังพื้นแบบจำลองความต้องการที่มีต่อบ้านอัจฉริยะ (ideal smart home)

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

ตาราง 2 สรุปการใช้งานเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะจากกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ

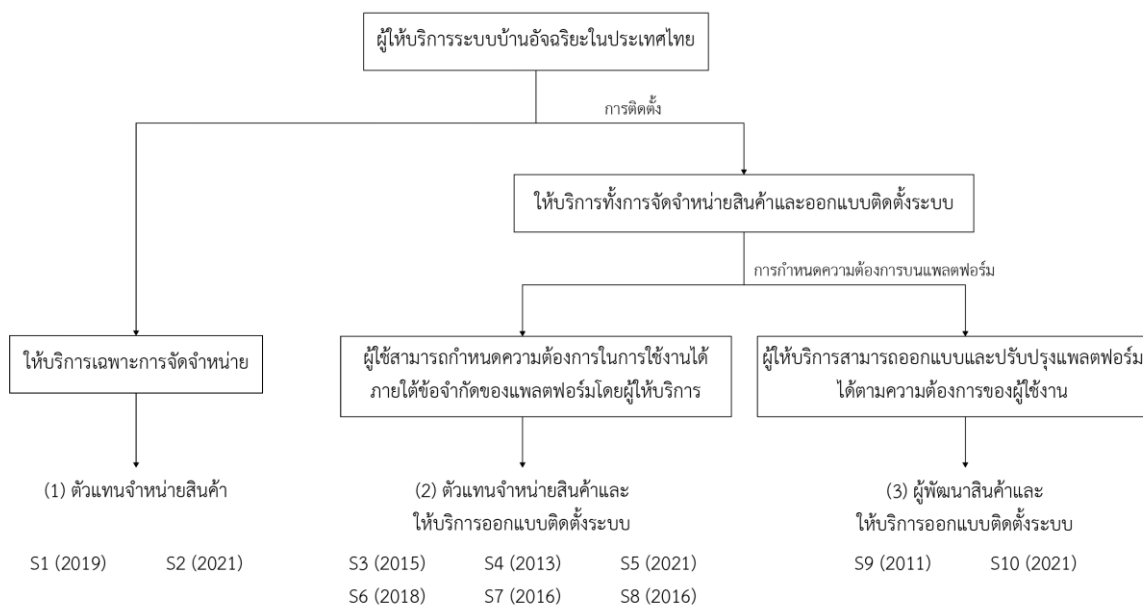
อุปกรณ์บ้านอัจฉริยะ	ระบบอาคาร	ความสามารถของอาคาร							เป้าหมาย		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(ก)	(ข)	(ค)
T & H sensor	ระบบปรับอากาศ	●							●		
Energy meter	ระบบปรับอากาศ		●	●					●	●	
IR controller	ระบบปรับอากาศ		●				●		●	●	
Water sensor	ระบบประปา		●			●			●	●	●
LED controller	ระบบแสงสว่าง		●		●	●	●		●	●	●
Smart bulb	ระบบแสงสว่าง		●		●	●			●	●	●
Light sensor	ระบบแสงสว่าง	●							●		
Smart outlet	ระบบไฟฟ้า		●	●					●	●	
Smart switch	ระบบป้องกันอัคคีภัย				●						●
Siren	ระบบป้องกันอัคคีภัย				●						●
Smoke sensor	ระบบป้องกันอัคคีภัย		●		●				●	●	●
Temperature sensor	ระบบป้องกันอัคคีภัย		●			●			●	●	●
Door sensor	ระบบเปลือกอาคาร		●						●	●	
Face scanner	ระบบเปลือกอาคาร		●				●		●	●	
QR scanner	ระบบเปลือกอาคาร		●					●	●	●	
Automatic door	ระบบเปลือกอาคาร		●		●		●		●	●	●
Magnetic lock controller	ระบบเปลือกอาคาร		●		●			●	●	●	●
Curtain controller	ระบบเปลือกอาคาร		●		●		●		●	●	●
Zigbee gateway	ระบบเครือข่าย										
RF gateway	ระบบเครือข่าย										
Router	ระบบเครือข่าย										
(1) การติดตามสภาพแวดล้อมภายในอาคาร (2) การควบคุมและติดตามการทำงานของอุปกรณ์ (3) การจัดการพลังงาน (4) การอพยพฉุกเฉิน (5) การแจ้งเตือนความผิดปกติ (6) การกำหนดรูปแบบพื้นที่ใช้สอยตามกิจกรรม (7) การควบคุมการเข้าออกอาคาร (ก) คุณภาพการอยู่อาศัย (ข) ประสิทธิภาพของอาคาร (ค) ความปลอดภัย											

ที่มา: Smart home adoption: Challenge and opportunity for digital twin building โดย Thawanapong, C., Tachakitchachorn, T., & Srihiran, K., 2023. In V. Likhiryuangsilp, C. Limsawasd, & N. Yabuki (Eds.), ICCBEI 2023 5th International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (pp. 386-392). Bangkok, Thailand.

อภิปรายผล

ในการศึกษาการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทยจากทั้งสิ้น 10 ผู้ให้บริการ พบว่าสามารถจำแนกผู้ให้บริการออกได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการดำเนินงาน คือ 1) กลุ่มตัวแทนจำหน่ายสินค้าประกอบไปด้วย S1 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2019 และ S2 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2021 โดยในรูปแบบการดำเนินงานของผู้ให้บริการในกลุ่มนี้จะให้บริการเฉพาะการจัดจำหน่ายสินค้าเท่านั้น (device based) ผู้ซื้อ หรือเจ้าของบ้านจะต้องนำอุปกรณ์ไปติดตั้งและออกแบบการใช้งานรวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับบ้านอัจฉริยะด้วยตัวเองบนพื้นฐานของแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มที่ผู้ขายให้บริการเท่านั้น (user interface layer) ในขณะที่กลุ่มผู้ให้บริการ ทั้งการจัดจำหน่ายสินค้าและออกแบบติดตั้งระบบ ซึ่งมุ่งเน้นการออกแบบการใช้งานและปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับบ้านอัจฉริยะตามความต้องการของเจ้าของบ้าน โดยใช้สินค้าเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ

ที่จำหน่ายเป็นหลัก (solution based) นั้น จะสามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 กลุ่มย่อย ตามลักษณะของการกำหนดความต้องการของผู้ใช้บนแพลตฟอร์ม คือ 2) กลุ่มที่เป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้า โดยในกลุ่มนี้ผู้ใช้สามารถกำหนดความต้องการในการใช้งานได้ในระดับที่มากกว่าการกำหนดรูปแบบการทำงานอัตโนมัติ แต่ยังคงอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของแพลตฟอร์มโดยผู้ให้บริการ (front-end layer) เช่น การไม่สามารถจัดการข้อมูลเบื้องหลังได้ ประกอบไปด้วย S3 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2015 S4 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2013 S5 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2021 S6 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2018 S7 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2016 และ S8 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2016 กับ 3) กลุ่มที่เป็นผู้พัฒนาสินค้าและจัดจำหน่ายด้วยตัวเอง ทำให้ในกลุ่มนี้ผู้ให้บริการสามารถออกแบบและปรับปรุงแพลตฟอร์มได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด ซึ่งรวมไปถึงการจัดการข้อมูลเบื้องหลัง (back-end layer) ประกอบไปด้วย S9 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2011 และ S10 ซึ่งเริ่มให้บริการในปี ค.ศ. 2021 ดังที่ได้ในแสดงในภาพ 2

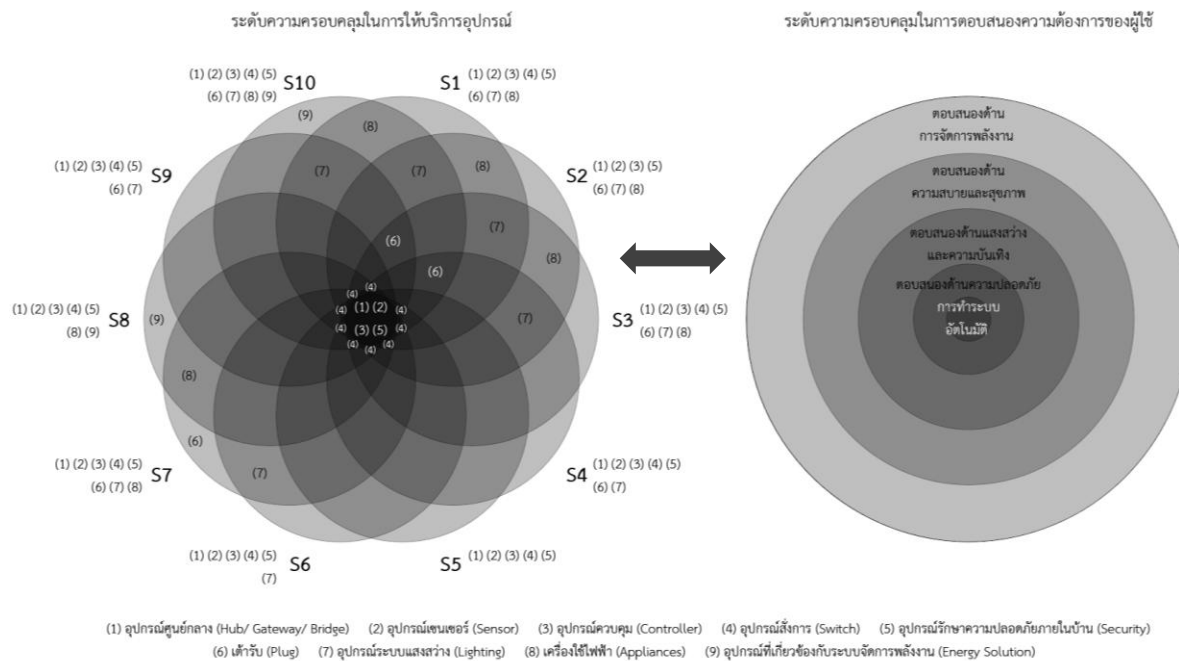


ภาพ 2 แผนผังแสดงการจำแนกผู้ให้บริการระบบบ้านอัจฉริยะในประเทศไทย

ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

จากการรวบรวมรายการอุปกรณ์บ้านอัจฉริยะที่ให้บริการในแต่ละผู้ให้บริการ พบว่า สามารถแบ่งหมวดหมู่ของอุปกรณ์ได้เป็น 9 หมวดหมู่ ได้แก่ 1) อุปกรณ์ศูนย์กลาง (Hub/Gateway/Bridge) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางของระบบบ้านอัจฉริยะในการทำหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับระบบเครือข่าย เพื่อประมวลผลและรับส่งชุดข้อมูล หรือคำสั่งที่เกิดขึ้น 2) อุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensor) 3) อุปกรณ์ควบคุม (Controller) 4) อุปกรณ์สั่งการ (Switch) 5) อุปกรณ์รักษาความปลอดภัยภายในบ้าน (Security) 6) เต้ารับ (Plug) 7) อุปกรณ์ระบบแสงสว่าง (Lighting) 8) เครื่องใช้ไฟฟ้า (Appliances) และ 9) อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบจัดการพลังงาน (Energy solution) ซึ่งในแต่ละผู้ให้บริการก็จะมีครอบคลุมในการให้บริการที่แตกต่างกันออกไป โดยในกลุ่มของอุปกรณ์พื้นฐานที่มีการให้บริการครอบคลุมในทุกผู้ให้บริการอย่าง 1) อุปกรณ์ศูนย์กลาง (Hub/Gateway/Bridge) 2) อุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensor) 3) อุปกรณ์ควบคุม (Controller) และ 4) อุปกรณ์สั่งการ (Switch) ได้สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการพื้นฐานในการทำระบบบ้านอัจฉริยะในปัจจุบันที่ยังคงมุ่งเน้นที่การอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานด้วยการทำระบบอัตโนมัติ (automation) เพื่อการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ (assisted living) ในมิติต่าง ๆ ทั้ง 1) ด้านความปลอดภัย (Security and detection solution) ที่จะเห็นได้ว่าเป็นกลุ่มของอุปกรณ์ที่มีความครอบคลุมในทุกผู้ให้บริการเช่นเดียวกัน ในขณะที่ 2) ด้านแสงสว่างและความบันเทิง (Lighting and entertainment solution) และ 3) ด้านความสบายและสุขภาพ (Comfortable and health solution) มีความครอบคลุมในระดับที่น้อยลงมาตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม 4) ด้านการจัดการพลังงาน (Energy solution) เป็นกลุ่มที่มีความครอบคลุมในการให้บริการน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับด้านอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังจะเห็นได้ผ่านทั้งจำนวนผู้ให้บริการที่มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบจัดการพลังงาน

และในการออกแบบประสบการณ์การใช้งาน (user interaction) บนแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มของผู้ให้บริการทุกรายซึ่งมุ่งเน้น และให้ความสำคัญกับการควบคุมรูปแบบ (scene) ของแสงสว่าง และการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ถึงแม้จะมีการแสดงข้อมูลในการติดตาม สภาพแวดล้อมที่สะท้อนถึงคุณภาพในการอยู่อาศัยทั้งคุณภาพอากาศ อุณหภูมิ หรือแสงสว่าง แต่การแสดงผลที่ได้จากการตรวจวัด พลังงานรวมถึงข้อมูลที่สะท้อนถึงพฤติกรรมการใช้งานอาคารอื่น ๆ ยังคงไม่ได้ปรากฏในการแสดงผลข้อมูล หรือถูกให้ความสำคัญ ในการออกแบบประสบการณ์ของผู้ใช้อาคาร



ภาพ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความครอบคลุมในการให้บริการอุปกรณ์บ้านอัจฉริยะในแต่ละผู้ให้บริการ (ซ้าย) กับความครอบคลุมในการตอบสนอง ความต้องการของผู้ใช้งานในด้านต่าง ๆ (ขวา) โดยใช้ระดับความเข้มของสีเพื่อแสดงถึงระดับของความครอบคลุมในการให้บริการที่สูงขึ้น
ที่มา: ผู้วิจัย, 2568

สรุปผล

ภายใต้การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งก่อให้เกิดการบูรณาการระหว่างระบบ ดิจิทัลเข้ากับชีวิตประจำวัน บ้านอัจฉริยะได้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะการเพิ่มความ สะดวกสบาย ความปลอดภัยและการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และอุปกรณ์เซนเซอร์ (sensor) ในการจัดการด้านต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเบื้องต้น ถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้จริงในเชิงปฏิบัติกลับพบว่า ยังไม่ได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างครอบคลุมในทุก ๆ ด้านเมื่อเทียบงานศึกษา ทดลอง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อนำเสนอถึงช่องว่างและข้อจำกัดระหว่างการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติจริง ในปัจจุบันกับการศึกษาทดลองเชิงปฏิบัติในการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

ในการศึกษาถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติในปัจจุบันของประเทศไทย ผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากทบทวน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ และศึกษาการทดลองเชิงปฏิบัติในการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัย ตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เพื่อรวบรวมและสร้างความเข้าใจถึงขอบเขตขององค์ความรู้และการนำเทคโนโลยีมาใช้ ในปัจจุบัน นำมาสู่ความต้องการที่มีต่อบ้านอัจฉริยะ (ideal smart home) โดยอ้างอิงถึงความครบถ้วนในการออกแบบระบบ บ้านอัจฉริยะให้มีการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ ตามกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือประกอบการสัมภาษณ์ เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured in-depth interview) กับผู้ให้บริการจำนวน 10 ราย ถึงขอบเขตความสามารถ ความครอบคลุม

และรูปแบบลักษณะการให้บริการ จากนั้นจึงนำมาประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล ภายใต้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ในแง่คุณภาพที่อยู่อาศัยเพื่อนำเสนอถึงช่องว่างในการพัฒนาบ้านอัจฉริยะให้มีความครอบคลุม

จากการศึกษาถึงความครอบคลุมในการให้บริการของผู้ให้บริการทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ 1) กลุ่มตัวแทนจำหน่ายสินค้า 2) กลุ่มที่เป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้า และ 3) กลุ่มที่เป็นผู้พัฒนาสินค้าและจัดจำหน่ายด้วยตัวเอง พบว่า ถึงแม้ในแต่ละผู้ให้บริการจะตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ (assisted living) ได้ในทุก ๆ ด้าน แต่ก็มียกระดับของความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้งานในแต่ละด้านนั้น กับการให้บริการอุปกรณ์บ้านอัจฉริยะในแต่ละผู้ให้บริการ โดยในกลุ่มของอุปกรณ์พื้นฐานที่มีการให้บริการครอบคลุมทุกผู้ให้บริการซึ่งประกอบไปด้วย 1) อุปกรณ์ศูนย์กลาง (Hub/Gateway/Bridge) 2) อุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensor) 3) อุปกรณ์ควบคุม (Controller) และ 4) อุปกรณ์สั่งการ (Switch) ได้สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการพื้นฐานในการทำระบบบ้านอัจฉริยะในปัจจุบันที่ยังคงมุ่งเน้นที่การอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานด้วยการทำระบบอัตโนมัติ (Automation) เพื่อการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในมิติต่าง ๆ ทั้ง 1) ด้านความปลอดภัย (Security and detection solution) 2) ด้านแสงสว่างและความบันเทิง (Lighting and entertainment solution) 3) ด้านความสบายและสุขภาพ (Comfortable and health solution) และ 4) ด้านการจัดการพลังงาน (Energy solution) ซึ่งมีความครอบคลุมในการให้บริการที่ลดหลั่นลงมาตามลำดับ

ผลของการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้จะมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขีดความสามารถให้กับเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะอย่างต่อเนื่อง โดยเห็นได้จากความครอบคลุมของอุปกรณ์ที่สนับสนุนการใช้งานอาคารในทุกด้านรวมไปถึงการมีตัวอย่างงานวิจัยเชิงปฏิบัติที่ได้แสดงให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้ได้อย่างครอบคลุมเพื่อพัฒนาคุณภาพในการอยู่อาศัยอัจฉริยะ (smart living) ในทุกมิติ แต่จากการสำรวจผู้ให้บริการรายสำคัญในตลาด พบว่า ยังไม่มีผู้ให้บริการรายใดที่สามารถให้บริการได้อย่างครอบคลุมครบถ้วน ทั้งในแง่ของการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ ที่ยังคงมีความสำคัญที่ด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ และหากพิจารณาโดยใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่คุณภาพที่อยู่อาศัย (ตาราง 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการบูรณาการระบบ (ตัวชี้วัดที่ 1.2, 1.3, 3.2, 5.4, และ 6.2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่มีผู้ให้บริการรายใดที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ หรือรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่นที่อยู่นอกเหนือการให้บริการของตนเองได้โดยวิธีการพื้นฐาน (native application) สืบเนื่องจากการมุ่งเน้นการสร้างระบบนิเวศของสินค้าตัวเอง (product ecosystem) ขึ้นมาเพื่อยกระดับศักยภาพในการแข่งขันและสร้างประสิทธิภาพในการดำเนินงานภายในแต่ละผู้ให้บริการ โดยไม่เปิดโอกาสให้เกิดการบูรณาการข้อมูลเพื่อการจัดการได้โดยทั่วไป (close platform) ซึ่งความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน (integration performance) นั้นเป็นขีดความสามารถที่สำคัญต่อการพัฒนาสถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (data-driven architecture) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบูรณาการเพื่อทำให้เกิดการจัดการอาคารด้วยข้อมูล (Digital Twin Consortium, 2024) และยังส่งผลต่อเนื่องในตัวอย่างที่ว่าด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง (ตัวชี้วัดที่ 3.3) โดยแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดร่วมกันในแต่ละผู้ให้บริการจากการขาดความสามารถในการรวบรวม และบูรณาการข้อมูลระหว่างกันในแต่ละระบบของอาคาร จึงไม่สามารถทำให้เกิดการใช้งานเทคโนโลยีขั้นสูงอย่างปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) ในกระบวนการต่าง ๆ ของการจัดการข้อมูลได้ เช่น การเรียนรู้พฤติกรรมและวิเคราะห์ข้อมูลในการใช้งานเพื่อการรายงานความผิดปกติ

จากข้อจำกัดที่กล่าวมาส่งผลให้การพัฒนานวัตกรรมยังไม่สามารถที่จะสามารถตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและความต้องการของผู้ใช้งานอาคารที่มีทั้งมิติของผู้อยู่อาศัยและผู้ดูแลอาคารได้อย่างเต็มที่ โดยส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นการพัฒนาการใช้งานเทคโนโลยีอย่างเฉพาะเจาะจงเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้อยู่อาศัยเพียงด้านเดียว ทำให้ยังไม่สามารถที่จะยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยอันนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองอัจฉริยะได้อย่างครบถ้วนทุกมิติ

ตาราง 3 เปรียบเทียบความครอบคลุมในการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้ในเชิงปฏิบัติภายใต้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

เกณฑ์	ตัวบ่งชี้	ตัวชี้วัด	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1. เกณฑ์การจัดการพลังงาน	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	การมีอุปกรณ์ติดตามการใช้พลังงานได้	●	●	●				●		●	●
	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	การมีอุปกรณ์และสามารถบริหารจัดการพลังงานทดแทนได้								●		●
	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	การมีอุปกรณ์และความสามารถในการโครงข่ายไฟฟ้าของเมืองได้										●
	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	การมีอุปกรณ์ที่ติดตามและตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2. เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	ด้านการควบคุมสภาวะน้ำสลายทางอุณหภูมิต่ำ	การมีอุปกรณ์ที่ควบคุมอุณหภูมิได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการควบคุมสภาวะน้ำสลายทางอุณหภูมิสูง	การมีอุปกรณ์ที่ควบคุมแสงสว่างได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการควบคุมสภาวะน้ำสลายทางอุณหภูมิสูง	การมีอุปกรณ์ที่ปรับปรุงคุณภาพเสียงภายในอาคารได้										
	ด้านการควบคุมสภาวะน้ำสลายทางอุณหภูมิสูง	การมีอุปกรณ์ที่ปรับปรุงคุณภาพเสียงภายในอาคารได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3. เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	การมีแอปพลิเคชันที่สามารถติดตามตรวจสอบและควบคุมระบบได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	การที่อุปกรณ์สามารถควบคุมและสั่งข้อมูลระบบอาคารได้										
	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	การมีแอปพลิเคชัน AI เพื่อควบคุมและจัดการระบบอัตโนมัติ										
	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการปล่อยมลพิษ	การมีความสามารถในการแจ้งเตือนการทำงานผิดปกติ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4. เกณฑ์การจัดการความเป็นส่วนตัวของข้อมูล	ด้านการบันทึกการปล่อยข้อมูล	การมีความสามารถในการเก็บข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการทำงานของระบบได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการป้องกันการรั่วไหล	การมีความสามารถในการป้องกันข้อมูลและรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบการเคลื่อนที่	การมีอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในอาคารได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบการเคลื่อนที่	การมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันอัคคีภัย										
5. เกณฑ์การยกระดับความปลอดภัย	ด้านการตรวจสอบภัยคุกคามภัยพิบัติ	การมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัย เช่น ไฟฉุกเฉิน										
	ด้านการตรวจสอบภัยคุกคามภัยพิบัติ	การมีความสามารถในการแจ้งเตือนภัยคุกคามภัยพิบัติของภาครัฐได้										
	ด้านการตรวจสอบภัยคุกคามภัยพิบัติ	การที่ผู้ใช้งานสามารถติดตั้ง เซ็นเซอร์ หรืออุปกรณ์ภายในระบบได้ด้วยตัวเอง	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบภัยคุกคามภัยพิบัติ	การที่ผู้ใช้งานสามารถบูรณาการเข้ากับระบบการจราจรจราจรได้										
6. เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การที่ระบบสามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในด้านต่างๆ ได้	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า										
7. เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีอุปกรณ์ที่ตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า										
8. เกณฑ์การยกระดับบริการ	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีความสามารถในการออกแบบระบบให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีกระบวนการข้อมูลสู่ผู้ใช้เป็นต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีกระบวนการข้อมูลสู่ผู้ใช้เป็นต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีกระบวนการข้อมูลสู่ผู้ใช้เป็นต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์										
9. เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ประสิทธิภาพ	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีความสามารถในการรายงานข้อมูลประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีกระบวนการข้อมูลสู่ผู้ใช้เป็นต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีกระบวนการข้อมูลสู่ผู้ใช้เป็นต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์										
	ด้านการตรวจสอบและเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า	การมีกระบวนการข้อมูลสู่ผู้ใช้เป็นต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์										

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า นวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยตามกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะยังคงมีช่องว่างในการพัฒนาอยู่ โดยยังขาดการนำเทคโนโลยีที่จะเป็นตัวกลางในการบูรณาการและรองรับการจัดการข้อมูล ซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้งานอาคารโดยตรงเข้ามาใช้ในการปฏิบัติจริง ดังนั้นหากมีการศึกษาในเรื่องนี้เพิ่มเติมจะช่วยให้การพัฒนาต่อยอดไปสู่สถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (data-driven architecture) ด้วยการอาศัยความเชื่อมโยงระหว่าง IoT และแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Model: BIM) เช่น การจัดการข้อมูลด้วยเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล (digital twin) เป็นต้น (เทิดศักดิ์ เตะชะกิจขจร, 2564)

นอกจากนี้จากการศึกษาการนำเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมาใช้เชิงปฏิบัติยังพบว่า ในผู้ให้บริการบางรายซึ่งไม่ได้จำกัดขอบเขตการนำเทคโนโลยีอัจฉริยะมาใช้เฉพาะในระดับของบ้านพักอาศัยแต่ได้มีการนำเทคโนโลยีอัจฉริยะไปใช้ในระดับของอาคารสำนักงานหรือโรงงานที่มีจำนวนของอุปกรณ์มากขึ้น สามารถที่จะออกแบบประสบการณ์การใช้งานบนแอปพลิเคชันและปรับปรุงแพลตฟอร์มให้แสดงผล หรือควบคุมระบบอาคารตามความต้องการเฉพาะของเจ้าของอาคารได้ ไปจนถึงระดับของการจัดการข้อมูลเบื้องหลัง (back-end layer) รวมถึงการบูรณาการและจัดการข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายในอาคารได้ในทุกผู้ให้บริการ ดังนั้นข้อจำกัดที่พบจากการศึกษาจึงไม่ใช่ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากขีดความสามารถทางเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่จากการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาการของบ้านอัจฉริยะยังพบว่า ปัจจัยภายนอกอย่างการยอมรับเทคโนโลยีจากผู้ใช้งานก็มีผลต่อความก้าวหน้าและการพัฒนาการของบ้านอัจฉริยะในอีกมิติหนึ่ง (Sun & Li, 2021) ดังนั้นแล้วหากต้องการต่อยอดการศึกษาให้ครอบคลุมจึงควรมีการศึกษาปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีจากผู้ใช้งานประกอบเพื่อให้เห็นถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการพัฒนาการของบ้านอัจฉริยะ อย่างความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งานอาคาร ทั้งในมิติของผู้อยู่อาศัยและผู้ดูแลอาคารรวมถึงความสำคัญและประโยชน์ที่ได้จากการที่ผู้ใช้อาคารจะเห็นข้อมูล เพื่อให้การพัฒนาสถาปัตยกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลเป็นไปได้จริง

บรรณานุกรม

- เทิดศักดิ์ เตชะกิจจกร. (2564). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการเทคโนโลยีคู่มือดิจิทัลเพื่อการบริหารจัดการอาคารอัจฉริยะ. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- สุชานาฏ ภูประเสริฐ. (2565). การรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6659>
- Adrian, M. M., Purnomo, E. P., Enrici, A., & Khairunnisa, T. (2023). Energy transition towards renewable energy in Indonesia. *Heritage and Sustainable Development*, 5(1), 107–118. <https://doi.org/10.37868/hsd.v5i1.108>
- Ajayi, O., Bagula, A., & Maluleke, H. (2022). The fourth industrial revolution: A technological wave of change. In M. Gordan, K. Ghaedi & V. Saleh (Eds.), *Industry 4.0*. IntechOpen.
- Burov, Y., Zhovnir, Y., & Zakharia, O. (2024, January). Designing the ontology for intelligent security system of residential community. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*, 116(4), 111–123.
- Digital Twin Consortium. (2024). *Digital twin capabilities periodic table user guide, Version 1.1*. Object Management Group, Inc.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities: Ranking of European medium-sized cities* (Final report). Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. <https://www.smart-cities.eu>
- Gonçalves, G. d. L., Filho, W. L., Neiva, S. d. S., Deggau, A. B., Veras, M. d. O., Ceci, F., Lima, M. A. d., & Guerra, J. B. S. O. d. A. (2021). The impacts of the fourth industrial revolution on smart and sustainable cities. *Sustainability*, 13(13), 7165. doi: 10.3390/su13137165
- Lu, Q., Parlikad, A. K., Woodall, P., Ranasinghe, G. D., Xie, X., Liang, Z., Konstantinou, E., Heaton, J., & Schooling, J. (2020). Developing a digital twin at building and city levels: Case study of West Cambridge campus. *Journal of Management in Engineering*, 36(3), 05020004. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000763
- Majeed, R., Abdullah, N. A., Ashraf, I., Zikria, Y. B., Mushtaq, M. F., & Umer, M. (2020, October). An intelligent, secure, and smart home automation system. *Scientific Programming*, (2), 1–14. doi: 10.1155/2020/4579291
- Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019, February). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218–235. doi: 10.1016/j.engappai.2018.11.007
- Pira, S. (2021). The social issues of smart home: A review of four European cities' experiences. *European Journal of Futures Research*, 9(1). doi: 10.1186/s40309-021-00173
- Sun, Y., & Li, S. (2021). A systematic review of the research framework and evolution of smart homes based on the internet of things. *Telecommunication Systems*, 77(4), 597–623. <https://doi.org/10.1007/s11235-021-00787-w>
- Thawanapong, C., Tachakitkachorn, T., & Srihiran, K. (2023). *Smart home adoption: Challenge and opportunity for digital twin building*. In V. Likhiyruangsilp, C. Limsawasd, & N. Yabuki (Eds.), ICCBEI 2023 5th International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (pp. 386–392). Bangkok, Thailand.