

การรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ จากกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

Accumulation and Classification of Smart Living Framework from Theoretical and Practical Case Studies

รับบทความ 27/02/2566
แก้ไขบทความ 18/04/2566
ยอมรับบทความ 01/05/2566

สุชานาฏ ภูประเสริฐ

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Suchanad Phuprasoet

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

ping_phuprasert@hotmail.com

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีพื้นฐานในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ในขณะเดียวกัน 56% ของประชากรโลกในปัจจุบันอาศัยอยู่ในเมือง ส่งผลให้ทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาการขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเพื่อการจัดการเมืองรวมถึงการปรับปรุงคุณภาพชีวิตของประชากรให้ดียิ่งขึ้นและมุ่งสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะ (smart city) ที่มีการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (smart living) ซึ่งหมายถึงเมืองที่มีแนวคิดในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนที่ประกอบด้วยแง่มุมต่าง ๆ ของคุณภาพชีวิต โดยในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยเป็นส่วนที่เริ่มมีการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในอาคารอัจฉริยะ (smart building) หรือบ้านอัจฉริยะ (smart home) มาประยุกต์ใช้เพื่อการยกระดับคุณภาพชีวิต เนื่องจากงานวิจัยที่มีการจัดการข้อมูลในส่วนนี้ยังเป็นระบบนั้นยังไม่ครอบคลุมและเป็นปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดเพื่อจัดระบบข้อมูลด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่มีความครอบคลุมและประยุกต์ใช้ได้ในปัจจุบัน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้วิธีถอดความคำสำคัญด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยคัดเลือกมาทั้งหมด 7 กรณีศึกษา ถัดมาจึงรวบรวมข้อมูล จำแนกหมวดหมู่ วิเคราะห์และสังเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะตามลำดับ ผลจากการศึกษาพบว่ากรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือการบริหารจัดการและการดำเนินการซึ่งประกอบด้วย 6 เกณฑ์ 70 ตัวบ่งชี้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ในแต่ละเกณฑ์และพบองค์ประกอบพื้นฐานและช่องว่างในการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ งานวิจัยนี้พบว่าการศึกษาเชิงทฤษฎีได้วางกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะไว้เพื่อเป็นแนวทางที่ครอบคลุมมากกว่าการศึกษาเชิงปฏิบัติ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การศึกษาเชิงปฏิบัติจะไม่สามารถครอบคลุมการศึกษาเชิงทฤษฎีได้ทั้งหมดจนกว่าระดับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจะสามารถรองรับการศึกษาเชิงปฏิบัติได้ ดังนั้นการรวบรวมการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติเข้าด้วยกันทำให้ได้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น

คำสำคัญ: กรอบความคิด การดำรงชีวิตอัจฉริยะ การศึกษาเชิงทฤษฎี การศึกษาเชิงปฏิบัติ

Abstract

Information & Communication Technologies (ICTs) and Internet of Things (IoT) are fundamental technologies of Industry 4.0. Simultaneously, 56% of the World population lives in cities which causes global urbanization and climate change. For this reason, those aforementioned technologies can be utilized for city management, improving the citizens' quality of life and aiming to become a Smart city, including Smart living. That means a city with a concept to improve citizens' quality of life with all aspects of quality of life. In terms of housing quality, they began to apply an integration of ICTs in the Smart building or Smart home to enhance the quality of life. Since research about systematic data management in this area is not comprehensive and up to date, hence, this research aims to collect and group the Smart living framework in terms of housing quality that is comprehensive and applicable nowadays.

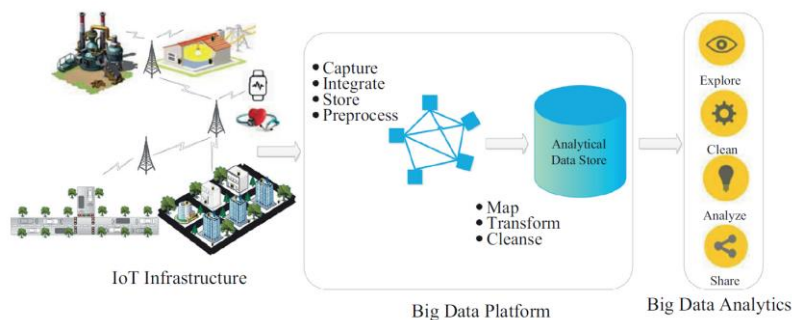
Initially, the researcher used data coding to screen keywords related to the Smart living framework in terms of housing quality throughout the literature review for both theoretical and practical studies. Seven case studies were chosen. Subsequently, accumulating, categorizing, analyzing data, and synthesizing the Smart living framework respectively. The result showed that the Smart living framework in terms of housing quality is classified into two main classes, such as Managing and Operating classes, including a total of 6 criteria and 70 indicators, and also the relationships between indicators in each criterion were analyzed. Significantly, a fundamental component and gap related to Smart living research were found. In this paper, Theoretical studies have conceptual Smart living frameworks as guidelines, which is more comprehensive than practical studies. In other words, Practical studies will not be able to completely follow the guidelines of theoretical studies until the level of technological advancement is able to support them. Consequently, a framework integrated from theoretical and practical studies makes this Smart living framework progressively complete.

Keywords: *Framework, Smart living, Theoretical studies, Practical studies*

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมทั้งหมด 4 ครั้ง ซึ่งการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 นี้ ถูกเรียกว่ายุคข้อมูลข่าวสารหรืออุตสาหกรรม 4.0 (Ajayi et al., 2022: 1-2) โดยอุตสาหกรรม 4.0 นั้นไม่ได้หมายถึงอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียวแต่ยังกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงโดยรวมซึ่งใช้ทั้งการบูรณาการระหว่างระบบดิจิทัล (digital integration) และวิศวกรรมอัจฉริยะ (intelligent engineering) (Muhuri et al., 2019: 218) ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งรวมไปถึงเครือข่ายเซนเซอร์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีพื้นฐานในยุคอุตสาหกรรม 4.0 (Ajayi et al., 2022: 2) ประกอบกับในปัจจุบันที่มีประชากรโลกมากกว่าร้อยละ 56 หรือ 4.4 พันล้านคนอาศัยอยู่ในเมือง (Ivers & Fleury, 2022) ส่งผลให้แต่ละประเทศทั่วโลกต่างเผชิญกับความตึงเครียดที่เพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยเหตุนี้จึงเริ่มมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารพร้อมด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อประโยชน์ในการจัดการและควบคุมกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเมืองได้ดียิ่งขึ้น (Plummer, 2021: 3) นอกจากนี้เมื่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเชื่อมโยงโดยตรงกับข้อมูลหัต (big data) แล้วสามารถนำมาใช้ในการจัดการเมืองได้ในหลายภาคส่วน ยกตัวอย่างเช่น ด้านการจัดการการใช้พลังงานจากภาคส่วนอาคารไปยังเมือง ซึ่งอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการส่งข้อมูลที่เกิดจากการใช้งานของผู้ใช้อาคารระหว่างอุปกรณ์แต่ละชิ้นผ่านอุปกรณ์เกตเวย์ของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์ในลักษณะนี้ เมื่อนำมารวมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ซึ่งเป็นข้อมูลอาคารในรูปแบบดิจิทัลจะก่อให้เกิดการจัดการข้อมูลด้วยการใช้คู่แฝดดิจิทัล (digital twin) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อข้อมูลที่เกิดขึ้นทางกายภาพ เข้ามายังระบบดิจิทัลตามระบบเวลาจริง (realtime) โดยผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลประเภทต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือความเข้มแสงที่ได้ติดตั้งเอาไว้บนอาคาร และนำข้อมูลมาแสดงผลและวิเคราะห์บนฐานข้อมูลดิจิทัล (เทิดศักดิ์ เตะะกิจจวร, 2564: 2) จากนั้นสามารถนำคู่แฝดดิจิทัลไปใช้ในอาคารและเมืองตามสถาปัตยกรรมหลายระดับ (multitier architectures) ที่มีอยู่ เช่น สถาปัตยกรรมของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและข้อมูลมหัตจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการเพิ่มช่องทางปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารกับผู้ใช้งานอาคารเพื่อลดช่องว่างระหว่างความสัมพันธ์ของมนุษย์กับอาคารรวมถึงเมือง (Lu et al., 2020: 05020004-6) โดยสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลประวัติการใช้พลังงานเพื่อนำมาวิเคราะห์ วางแผนในการจัดการ การประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งในระดับบ้าน อาคารและเมืองส่งผลต่อเนื่องถึงการยกระดับคุณภาพชีวิต ดังนั้นการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และข้อมูลมหัตจึงมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นและปรับปรุงการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืนได้ (Gonçalves et al., 2021: 14)

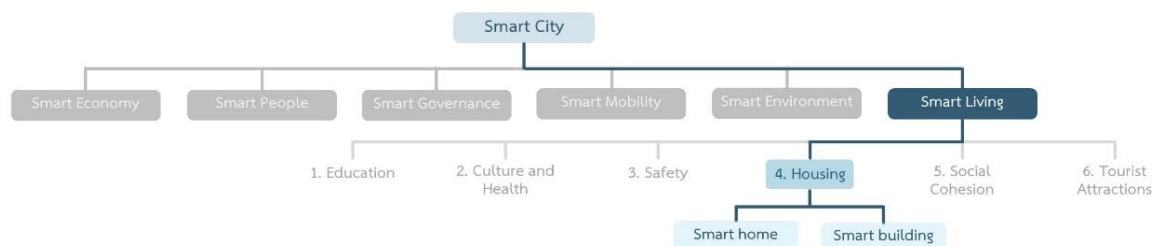


ภาพ 1 แผนภาพสายงานข้อมูลขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งภายในเมืองอัจฉริยะ

ที่มา: จาก The role of big data analytics in internet of things โดย Ahmed et al., 2017. Computer Networks, (129), 459-471.

(doi: 10.1016/j.comnet.2017.06.013).

ในปัจจุบันโครงการที่เกี่ยวกับเมืองอัจฉริยะเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตที่ได้นั้นเริ่มได้รับความสนใจมากขึ้น (Yigitcanlar et al., 2018: 148) และจากงานวิจัยของคณะกรรมการเพื่ออนาคตของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (STOA) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำหรับโครงสร้างรัฐสภายุโรปที่ทำหน้าที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (European Parliament, 2003) ได้อธิบายถึงคำนิยามทั่วไปของเมืองอัจฉริยะว่าขึ้นอยู่กับความและแรงบันดาลใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามโครงการที่มีอยู่ส่วนใหญ่ล้วนเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีในการรวบรวมและประมวลผลข้อมูลเพื่อการตรวจสอบ เพิ่มประสิทธิภาพและบริหารจัดการเมือง (Macaluso et al., 2023: 5) และจากรายงานการจัดอันดับความเป็นเมืองอัจฉริยะระหว่างเมืองขนาดกลางของประเทศในยุโรป ซึ่งเป็นรายงานที่ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเมืองอัจฉริยะตั้งแต่ในช่วงแรก ๆ ของการขับเคลื่อนแนวคิดเมืองอัจฉริยะซึ่งมีการนำเสนอต้นแบบของโครงสร้างเมืองอัจฉริยะไว้ว่าประกอบด้วย 6 คุณลักษณะ ได้แก่ เศรษฐกิจอัจฉริยะ (smart economy) พลเมืองอัจฉริยะ (smart people) การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (smart governance) การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (smart mobility) สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (smart environment) และการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (smart living) โดยคำว่า ‘อัจฉริยะ’ แปลมาจากคำว่า ‘smart’ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้คำนิยามของคำว่า ‘อัจฉริยะ’ สำหรับการตีความหมายของวัตถุทางด้านเทคโนโลยีให้นิยามว่าเป็นลักษณะที่มีการใช้ชิปประมวลผลกลางในคอมพิวเตอร์ในตัวสำหรับการทำงานอัตโนมัติ การประมวลผลข้อมูลหรือเพื่อให้ได้ความสามารถรอบด้านมากขึ้น นอกจากนี้ สำหรับการตีความหมายของวัตถุทางสังคมให้นิยามว่าเป็นลักษณะของการพัฒนา ยกระดับหรือส่งเสริมความรู้ความสามารถ ความคิดสร้างสรรค์ การแข่งขัน การเข้าถึงได้ง่าย ทัศนคติแบบพหุวัฒนธรรม ความยืดหยุ่นในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงและความสะดวกสบายเพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (ฤทัยชนก เมืองรัตน์, 2561: 3-4) ดังนั้นในการพิจารณาและตีความหมายของคำว่า ‘อัจฉริยะ’ ในงานวิจัยนี้ควรพิจารณาก่อนว่าคำหรือวลีที่ถูกขยายความนั้นเป็นวัตถุทางด้านเทคโนโลยีหรือทางสังคมหรือแบบผสมผสาน แล้วจึงตีความหมายของคำว่า ‘อัจฉริยะ’ ให้ตรงกับบริบทของคำนั้น ซึ่งการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ หมายถึง แนวคิดในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนซึ่งประกอบด้วยแง่มุมต่าง ๆ ของคุณภาพชีวิต โดยคุณภาพที่อยู่อาศัยเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Giffinger et al., 2007: 12) (ภาพ 2)



ภาพ 2 แผนผังกรอบความคิดของโครงสร้างเมืองอัจฉริยะ (Smart city) ที่แสดงความเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart living) ที่มา: ผู้วิจัย

นอกจากนี้ยังมีความเคลื่อนไหวด้านเมืองอัจฉริยะอื่น ๆ เช่น มีการจัดตั้งองค์กร International Telecommunication Union Focus Group on Smart Sustainable Cities (ITU-T FG-SSC) ขึ้นมาและองค์กรนี้ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับเมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืนไว้ดังนี้ “เมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืน คือเมืองแห่งนวัตกรรมที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและวิธีอื่น ๆ เพื่อปรับปรุง คุณภาพชีวิต ประสิทธิภาพของการดำเนินการและบริการของเมืองและความสามารถ

ในการแข่งขัน โดยต้องมั่นใจว่าตอบโจทย์ความต้องการของคนยุคปัจจุบันและอนาคตทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ตลอดจนวัฒนธรรม” (Ibrahim et al., 2018: 531) ในทางเดียวกันการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ามาบูรณาการตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนและการออกแบบอาคารจะก่อให้เกิดอาคารอัจฉริยะ ซึ่งหมายถึงอาคารที่มีชุดของเทคโนโลยีการสื่อสารที่ช่วยให้วัตถุ เช่น เซอร์ และฟังก์ชันต่าง ๆ ภายในอาคารที่สามารถสื่อสารและโต้ตอบกันได้และสามารถรับคำสั่งเพื่อการจัดการ ควบคุมและทำให้เป็นอัตโนมัติในระยะไกลได้ (Bonneau et al., 2017: 2) และบ้านอัจฉริยะ คือบ้านที่มีความสามารถในการเชื่อมโยง สื่อสารกันเอง ในขณะที่ผู้ใช้สามารถควบคุมหรือสั่งงานจากระยะไกลหรือไกลได้ผ่านอินเทอร์เน็ตหรือสมาร์ตโฟน (ศุภมาส ด่านวิทยากุล, 2560: 32) ทั้งนี้ เพื่อยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัย เช่น ด้านการจัดการพลังงานเพื่อการประหยัดพลังงาน การควบคุมระบบรักษาความปลอดภัยหรือเพื่อความสะดวกสบายในการอยู่อาศัยภายในบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น ซึ่งการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยในทุกด้านนำมาซึ่งการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

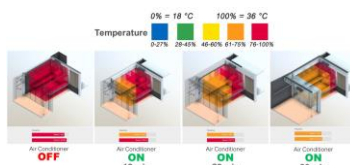
แต่อย่างไรก็ตามจากการทำการทบทวนวรรณกรรมและกรณีศึกษาทั้งทางด้านเมืองอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะ และบ้านอัจฉริยะที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Gunatilaka et al., 2021; Jain, 2019; Majeed et al., 2020; Omar, 2018; Pira, 2021; Verbeke et al., 2020; เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร และคณะ, 2563: 88) พบว่านอกจากมีข้อมูลในเชิงงานวิจัยด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะจำนวนไม่มากแล้ว ยังพบว่ากรณีศึกษาและงานวิจัยส่วนใหญ่มักทำการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น การสร้างระบบเครือข่าย การสร้างซอฟต์แวร์ (software) หรือการสร้างแอปพลิเคชันมากกว่าทางด้านอื่นที่ไม่ใช่เทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น ด้านสังคม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านกายภาพและอื่น ๆ ซึ่งมีจำนวนการศึกษาน้อยเมื่อเทียบกับทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ อีกทั้งข้อมูลด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะยังมีความกว้างขวาง กระจายและสอดคล้องอยู่ภายใต้งานวิจัยด้านเมืองอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะซึ่งยังไม่ถูกรวบรวมและนำมาจำแนกหมวดหมู่ให้เป็นระบบ เข้าใจง่ายและมีความเป็นปัจจุบันอย่างแท้จริง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินงานวิจัยเพื่อลดช่องว่างดังกล่าวและตอบคำถามของงานวิจัยดังนี้ 1) อะไรคือเครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเทคโนโลยีอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะเพื่อรองรับความพร้อมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน 2) ขอบเขตของแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะจนถึง ณ ปัจจุบันที่รวมทั้งมุมมองเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศและเชิงอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เชิงเทคโนโลยีสารสนเทศจากการรวบรวมการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติเป็นอย่างไร 3) มีองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะต่อไปในอนาคตหรือไม่ หากมีประกอบไปด้วยอะไรบ้าง



ภาพ 3 แสดงตัวอย่างของประโยชน์ที่ได้รับจากเทคโนโลยีอัจฉริยะในอาคาร

ที่มา: จาก Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings โดย Verbeke et al., 2020 หน้า 3. Publications Office the European Union.



ภาพ 4 แสดงตัวอย่างของการแสดงผลภาพอุณหภูมิภายในห้องจากการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะในอาคาร

ที่มา: จาก ระบบการแสดงผลภาพแวดล้อมภายในอาคารบนฐานข้อมูลสารสนเทศอาคาร โดย เทิดศักดิ์ เตชะกิจจกร และคณะ, 2563 หน้า 88.

สิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวิสัย, 19(2), 79-92. (doi: 10.14456/bei.2020.11).

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาและจำแนกหมวดหมู่ข้อมูลขององค์ประกอบของการดำรงชีวิตอัจฉริยะและสังเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะอย่างเป็นระบบเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ
- เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพร้อมนำเสนอองค์ประกอบที่สำคัญต่อแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะโดยการเปรียบเทียบระหว่างกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่อยู่ภายใต้บริบทของการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เครื่องมือที่ใช้ในการพิจารณาการใช้เทคโนโลยีเพื่อบ่งบอกถึงความเป็นการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่มีความเป็นปัจจุบันสำหรับผู้ที่ต้องการตรวจสอบทั้งในส่วนของการนักศึกษา งานวิจัยหรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในปัจจุบัน
- กรอบความคิดที่รวบรวมระหว่างองค์ประกอบของการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากทั้งมุมมองเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศและเชิงอื่น ๆ นอกจากเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งถูกจำแนกหมวดหมู่อย่างเป็นระบบมากขึ้นสำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะต่อไป
- สรุปองค์ประกอบที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะภายใต้กรอบแนวคิดที่ได้ โดยวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการศึกษเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ เพื่อการพัฒนาต่อยอดสู่มาตรฐานการดำรงชีวิตอัจฉริยะในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ซึ่งเน้นในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมและอ้างอิงจากกรณีศึกษา โดยจะเริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมเพื่อทำการคัดเลือกกรณีศึกษาที่สอดคล้องกับการตอบคำถามในการวิจัย การรวบรวมข้อมูล การถอดความและจำแนกหมวดหมู่ข้อมูล จากนั้นจึงเริ่มจัดกลุ่มและเรียบเรียงข้อมูลทั้งหมดเพื่อสังเคราะห์และนำเสนอกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ถัดมาจึงนำกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติเพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบจากทั้งกรณีศึกษาทั้ง 2 ประเภทมีความสอดคล้องหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไรแล้วจึงสรุปผลงานวิจัย

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

เป็นการทบทวนวรรณกรรมที่แสดงถึงแนวคิดเรื่องอาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะ เนื่องจากทั้งอาคารและบ้านอัจฉริยะเป็นส่วนหนึ่งของการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ซึ่งการดำรงชีวิตอัจฉริยะเป็นหนึ่งในลักษณะของการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ผู้วิจัยจึงทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของเมืองอัจฉริยะ การดำรงชีวิตอัจฉริยะและการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยทั้งในอาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้ทราบความหมายและขอบเขตของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่คุณภาพที่อยู่อาศัย รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาคารอัจฉริยะ บ้านอัจฉริยะและเมืองอัจฉริยะที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะในปัจจุบัน

ค่านิยมและขอบเขตของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

การดำรงชีวิตอัจฉริยะ หมายถึง แนวคิดในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนซึ่งประกอบด้วยแง่มุมต่าง ๆ ของคุณภาพชีวิต ได้แก่ 1) สิ่งอำนวยความสะดวกทางวัฒนธรรม 2) เงื่อนไขด้านสุขภาพ 3) ความปลอดภัยส่วนบุคคล 4) คุณภาพที่อยู่อาศัย 5) สิ่งอำนวยความสะดวกทางการศึกษา 6) ความน่าดึงดูดด้านการท่องเที่ยว 7) การอยู่ร่วมกันในสังคม โดยมีจุดประสงค์หลัก คือการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในทุกแง่มุมดังกล่าวข้างต้น (Giffinger et al., 2007: 12)

ความสัมพันธ์ระหว่างการดำรงชีวิตอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะ

อาคารเป็นภาคส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุดสำหรับประเทศกำลังพัฒนาในหลายแห่ง (Asadian et al., 2018: 87) จุดประสงค์หลักของการออกแบบอาคารอัจฉริยะจึงมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้พลังงานและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตจากภาคส่วนอาคาร (Omar, 2018: 2909) เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์หลักของอาคารอัจฉริยะควรใช้ทั้งวิธีการแก้ไข ปัญหาในเชิงสถาปัตยกรรมและเชิงเทคโนโลยีเพื่อให้มีส่วนช่วยในการยกระดับคุณภาพชีวิต ความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้อาคาร (Gunatilaka et al., 2021: 6) และเพิ่มความสะดวกสบายซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร (Omar, 2018: 2904) โดยอาคารอัจฉริยะนั้นประกอบด้วยระบบเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อกันหลายระบบซึ่งทำงานร่วมกันและปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการด้วยการจัดการทรัพยากรแบบบูรณาการ (Froufe et al., 2020: 5) อาคารอัจฉริยะจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีส่วนในการส่งเสริมการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

บ้านอัจฉริยะเป็นหนึ่งในทางเลือกเชิงปฏิบัติที่เป็นไปได้จริงในการบรรลุเป้าหมายของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย โดยจุดประสงค์หลักของบ้านอัจฉริยะ คือการรวมระบบบริการและการจัดการเข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานมีสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตที่มีประสิทธิภาพ สะดวกสบาย ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Pira, 2021: 3) บ้านอัจฉริยะช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและสถานะการทำงานของเซ็นเซอร์ได้ เช่น ไฟส่องสว่าง เครื่องทำความร้อน เครื่องปรับอากาศ และเครื่องระบายอากาศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีทางออกที่ช่วยประหยัดพลังงานซึ่งช่วยให้ทราบว่ามิอุปกรณ์ใดในบ้านที่ใช้พลังงานมากกว่าอุปกรณ์อื่น (Majeed et al., 2020: 2) ดังนั้นบ้านอัจฉริยะจึงมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะเช่นเดียวกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างการดำรงชีวิตอัจฉริยะและเมืองอัจฉริยะ

การดำรงชีวิตอัจฉริยะและเมืองอัจฉริยะมีความสัมพันธ์โดยตรงซึ่งกันและกันเนื่องจากการดำรงชีวิตอัจฉริยะเป็นหนึ่งใน 6 คุณลักษณะหลักของโครงสร้างของเมืองอัจฉริยะ นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีข้อมูลมหัตที่มีบทบาทสำคัญต่อเมืองอัจฉริยะ ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้สำหรับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะช่วยให้สามารถจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ในการผลิตข้อมูลที่สามารถใช้ปรับปรุงบริการของเมืองอัจฉริยะต่าง ๆ ได้ (Ahmed et al., 2017: 463) ข้อมูลมหัตเป็นเทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับเมืองอัจฉริยะเพื่อรองรับความมั่นคง ปลอดภัย การศึกษา

และการประยุกต์ใช้ของผู้อยู่อาศัยในเมือง และในทางกลับกันองค์ประกอบเหล่านี้ก็เป็นองค์ประกอบย่อยของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Pira, 2021: 6) ดังนั้น เทคโนโลยีข้อมูลมหัตจึงเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างเมืองอัจฉริยะและการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ซึ่งนอกจากนี้ยังพบอีกหนึ่งความสัมพันธ์ระหว่างเมืองอัจฉริยะและการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่สำคัญและมีความท้าทาย คือการทำให้ภาคประชาชนและภาคธุรกิจต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจและสร้างบริการเพื่อพัฒนาเมืองอัจฉริยะต่อไปในอนาคต (Elberzhager et al., 2021: 689) ซึ่งในทางกลับกันการสร้างบริการดังกล่าวยังส่งผลต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะให้กับประชาชน

แนวคิดเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและเครือข่ายการสื่อสารที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นเทคโนโลยีที่สนับสนุนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลกิจกรรมดังกล่าวประกอบไปด้วยการรวบรวม ประมวลผล จัดเก็บและนำเสนอข้อมูล และยังรวมถึงกิจกรรมความร่วมมือและการสื่อสารที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นเทคโนโลยีสารสนเทศจึงกลายมาเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารซึ่งครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำการจัดเก็บ เรียกใช้ จัดการ ส่งหรือรับข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบดิจิทัล ตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โทรศัพท์มือถือ อีเมลและหุ่นยนต์ (Gokhe, 2018: 1-2)

ยุคอุตสาหกรรม 4.0 นั้นโดดเด่นด้วยดิจิทัลไลเซชัน (digitalization) หมายถึง การนำเอาข้อมูลดิจิทัลมาช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น (เคนชิน, 2022) การเติบโตของอุปกรณ์และอุปกรณ์เชื่อมต่ออย่างแพร่หลาย ทั้งส่วนบุคคลและด้านอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง เช่น "สมาร์ทโฟน" ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเครือข่ายการสื่อสาร ได้พัฒนามาจนถึงรุ่นที่ 5 หรือที่เรียกว่า 5G โดยขอบเขตการประยุกต์ใช้หลักที่เครือข่ายมือถือ 5G จะได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ 1) การใช้งานในที่พักอาศัย 2) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 3) การเชื่อมต่อโครงสร้างพื้นฐาน 4) การเชื่อมต่อระหว่างยานพาหนะและ 5) ความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) และความเป็นจริงเสมือน (Virtual reality) การปรับปรุงเหล่านี้จะใช้ประโยชน์จากความครอบคลุมที่เพิ่มขึ้น แบนด์วิธที่สูงขึ้น ความหน่วงต่ำของ 5G ควบคู่กับการผสมรวมข้ามเครือข่ายหลายเครือข่ายที่รวมทั้งเครือข่ายภาคพื้นดินและเครือข่ายทางอากาศ (Ajayi et al., 2022: 3-4) ด้วยพัฒนาการและประโยชน์ดังกล่าวเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการขับเคลื่อนการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

แนวคิดอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและระบบเครือข่ายเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับอินเทอร์เน็ตและเชื่อมต่อกัน (ARC Advisory Group, 2022) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่ก่อให้เกิดการระเบิดข้อมูล (data explosion) ซึ่งใช้เรียกเมื่อข้อมูลจำนวนมากถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็วและจัดเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ (Zhu et al., 2009: 147) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนั้นมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงปีที่ผ่านมา องค์ประกอบหลักของคำนิยามอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ 1) การเชื่อมต่อ หมายถึง เครือข่าย 2) แบบฝังตัว หมายถึง การรวมในการตรวจจับและสั่งงานในตัว และ 3) ระบุตัวตนได้หมายถึงที่อยู่ที่แตกต่างกัน (Ajayi et al., 2022: 4-5)

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำหน้าที่เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ต่าง ๆ ยานพาหนะ อาคาร และสิ่งของอื่น ๆ ที่มีเทคโนโลยีฝังอยู่ในนั้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเซนเซอร์ ซอฟต์แวร์ แท็กและการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ทำให้ผู้ใช้รับรู้ได้ว่าการใช้สิ่งของต่าง ๆ อย่างไรและทราบถึงวิธีการปรับปรุงการทำงานสิ่งของเหล่านั้นว่าทำอย่างไร ข้อมูลที่มาจากอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงและควบคุมเทคโนโลยีผ่านแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ได้ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถ

ทำการตัดสินใจที่มีข้อมูลรองรับมากขึ้น รวมทั้งทำให้ชีวิตของผู้ใช้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น (NEW PC PLANET, 2019) ตามแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

การกำหนดขอบเขตและคัดเลือกกรณีศึกษา

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะจำนวนกว่า 20 ฉบับทั้งในมุมมองเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศและเชิงอื่น ๆ นอกจากเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่ามีการริเริ่มเสนอโครงสร้างของเมืองอัจฉริยะที่มีการดำรงชีวิตอัจฉริยะเป็นหนึ่งในคุณลักษณะหลักซึ่งแสดงให้เห็นว่าเริ่มมีแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะตั้งแต่ในปี ค.ศ. 2007 (Giffinger et al., 2007: 12) และได้มีงานวิจัยที่ศึกษาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่มากกว่าหนึ่งทศวรรษ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกกรณีศึกษาที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยที่ทุกกรณีศึกษาจะต้องถูกเผยแพร่การศึกษาย้อนหลังไม่เกิน 5 ปีตั้งแต่ในช่วงปี ค.ศ. 2018 มาจนถึงปี ค.ศ. 2021 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเป็นปัจจุบันมากที่สุด นอกจากนั้นจากการรวบรวมข้อมูลโดยการทบทวนวรรณกรรม พบว่าสัดส่วนของกรณีศึกษาในต่างประเทศมีจำนวนที่สูงกว่าในประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกกรณีศึกษาที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ซึ่งประกอบด้วยกรณีศึกษาจากต่างประเทศจำนวนทั้งหมด 6 กรณีศึกษา และกรณีศึกษาในประเทศไทยจำนวน 1 กรณีศึกษา โดยรวมทั้งหมดจำนวน 7 กรณีศึกษาในงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ได้แบ่ง 7 กรณีศึกษาออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) การศึกษาเชิงทฤษฎี และ 2) การศึกษาเชิงปฏิบัติ ซึ่งการศึกษาเชิงทฤษฎีเป็นการศึกษาที่ดำเนินการรวบรวมและจำแนกหมวดหมู่ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปผลการศึกษาด้านอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะ แต่ในส่วนของการศึกษาเชิงปฏิบัตินั้น เป็นการศึกษาที่ดำเนินการรวบรวมและจำแนกหมวดหมู่ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมโดยในขั้นตอนสุดท้ายจะมีการดำเนินการทดลองในสถานที่ปฏิบัติการจริงหรือมีการสัมภาษณ์ประสบการณ์โดยตรงจากผู้ที่ใช้งานบ้านอัจฉริยะในชีวิตประจำวันจริง ๆ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาด้านอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะ (ตาราง 1)

ตาราง 1 รายการกรณีศึกษาที่ใช้ในงานวิจัย

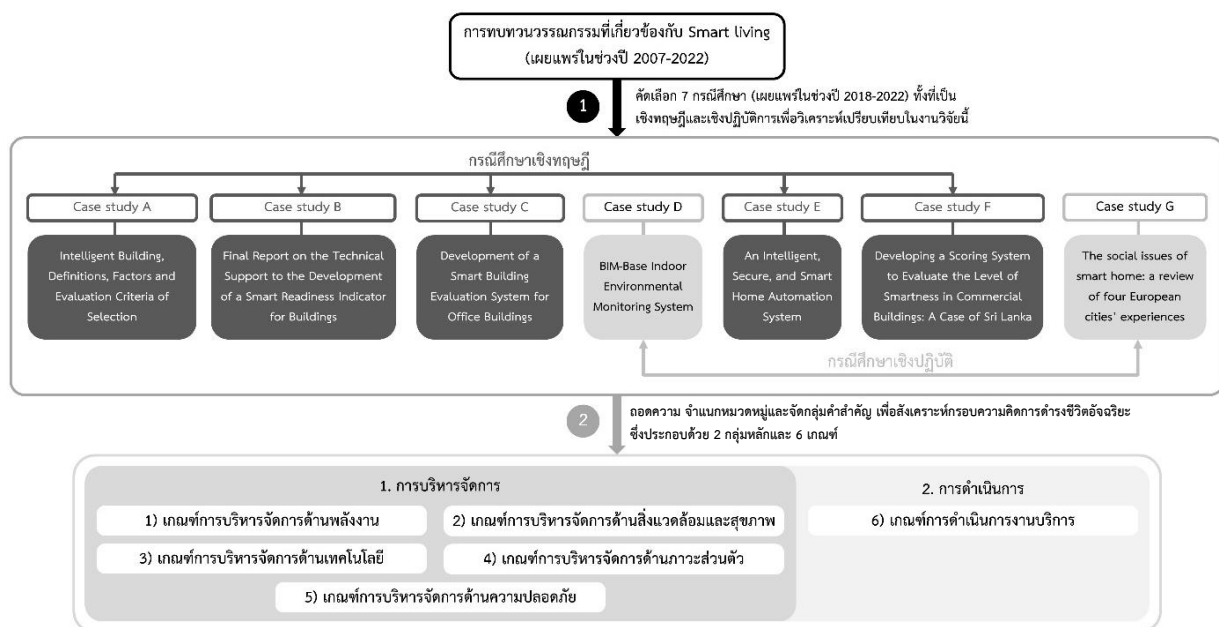
กรณีศึกษา	ชื่อ	ประเภทกรณีศึกษา	ปีที่เผยแพร่ (ค.ศ.)
A	Intelligent Building, Definitions, Factors and Evaluation Criteria of Selection	เชิงทฤษฎี	2018
B	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	เชิงทฤษฎี	2018
C	Development of a Smart Building Evaluation System for Office Buildings	เชิงทฤษฎี	2019
D	BIM-Base Indoor Environmental Monitoring System	เชิงปฏิบัติ	2020
E	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	เชิงทฤษฎี	2020
F	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	เชิงทฤษฎี	2021
G	The social issues of smart home: a review of four European cities' experiences	เชิงปฏิบัติ	2021

การจำแนกหมวดหมู่ข้อมูล

เริ่มโดยวิธีการถอดความจากแต่ละกรณีศึกษา ซึ่งพิจารณาจากคำ วลี และประโยคที่แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะแล้วนำคำสำคัญที่ถอดความได้ทั้งหมดมาตีความ จากนั้นจึงจำแนกหมวดหมู่คำสำคัญที่สื่อความหมายไปในแนวทางเดียวกันให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน โดยทั้งหมดประกอบไปด้วย 6 หมวดหมู่หลัก ได้แก่ ด้านพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพ ด้านเทคโนโลยี ด้านภาวะส่วนตัว ด้านความปลอดภัย และด้านงานบริการ

การจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อสังเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

นำข้อมูลที่ผ่านการจำแนกหมวดหมู่มาเริ่มต้นจัดกลุ่มข้อมูล ดังนั้นจึงได้ทั้งหมด 6 เกณฑ์หลัก และชุดข้อมูลที่อยู่ในเกณฑ์หลักเดียวกันนั้นได้ถูกแบ่งเป็นเกณฑ์รอง ซึ่งจำแนกตามความแตกต่างและจำเพาะเจาะจงของข้อมูลเพื่อช่วยแสดงรายละเอียดและขอบเขตของเกณฑ์หลักให้ชัดเจนมากขึ้นแล้วจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาเรียบเรียงเพื่อสังเคราะห์และนำเสนอกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ขั้นตอนสุดท้ายคือนำกรอบความคิดที่ได้มาพิจารณาประกอบกับกรณีศึกษาทั้ง 7 เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปองค์ประกอบที่สำคัญต่อแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะภายใต้กรอบแนวคิดเพื่อสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสู่มาตรฐานความเป็นการดำรงชีวิตอัจฉริยะต่อไปได้ แต่เนื่องจากการพัฒนาไปถึงมาตรฐานความเป็นการดำรงชีวิตอัจฉริยะนี้อยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ระบุไว้เป็นข้อเสนอแนะในส่วนท้ายของบทสรุป



ภาพ 5 โมเดลแสดงระเบียบวิธีวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัย

สรุป

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานในยุคอุตสาหกรรม 4.0 และในปัจจุบัน 56% ของประชากรโลกอาศัยอยู่ในเมืองจึงส่งผลให้ประเทศทั่วโลกต่างเผชิญกับปัญหาการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงเริ่มมีการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะเพิ่มมากขึ้นเพื่อจัดการและควบคุมกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเมืองซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยสาธารณะและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของประชากร นอกจากนั้นยังส่งผลต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ซึ่งเป็นหนึ่งในลักษณะเพื่อการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ แนวการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยดำเนินการโดยบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะเพื่อบรรลุเป้าหมายการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยและมุ่งสู่การดำรงชีวิตอัจฉริยะ ในปัจจุบันการดำรงชีวิตอัจฉริยะยังคงขาดกรอบความคิดที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาเทคโนโลยี

ด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับบุคคลทั่วไปและขาดการจัดข้อมูลในด้านนี้ที่เป็นระบบหมวดหมู่และมีความเป็นปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อลดช่องว่างดังกล่าว

จากการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน โดยเริ่มจากวิธีการทบทวนวรรณกรรม การศึกษาในเชิงทฤษฎีและการศึกษาในเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับบ้านอัจฉริยะและอาคารอัจฉริยะ จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดเพื่อจัดระบบ วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ

ผลของการศึกษาพบว่าการพัฒนากรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะโดยการจัดระบบข้อมูล การวิเคราะห์แบบเปรียบเทียบการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ การวิเคราะห์ลำดับความสำคัญและการสังเคราะห์ข้อมูล สามารถแบ่ง กรอบแนวคิดได้เป็น 2 กลุ่มหลักคือ การบริหารจัดการและการดำเนินการรวมทั้ง 6 เกณฑ์ 1) เกณฑ์การบริหารจัดด้านพลังงาน 2) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ 3) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านเทคโนโลยี 4) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านภาวะส่วนตัว 5) เกณฑ์การบริหารจัดการด้านความปลอดภัย 6) เกณฑ์การดำเนินการงานบริการ ประกอบด้วยทั้งหมด 70 ตัวบ่งชี้ (ตาราง 2)

ตาราง 2 กรอบความคิด การดำรงชีวิตอัจฉริยะ

กลุ่มหลัก	เกณฑ์	ตัวบ่งชี้
การบริหารจัดการ	1. เกณฑ์การบริหารจัดการด้านพลังงาน	1 การใช้พลังงานทั้งหมดการรวมสมาร์ตกริด 2 การประหยัดพลังงานและการอนุรักษ์ 3 การกู้คืนพลังงาน 4 การฟื้นฟูพลังงาน 5 ความยืดหยุ่นและการทำงานร่วมกันของกริด (ความร้อน/ความเย็น/DHW) 6 การชาร์จ EV (สมตลกริด ข้อมูล และการเชื่อมต่อ) 7 การบูรณาการ Smart grid* 8 ลิฟต์อัจฉริยะ - เทคโนโลยีการจัดกลุ่มอัจฉริยะ 9 การวัดแสงอัจฉริยะและการคำนวณความต้องการใช้พลังงานสูงสุด
	2. เกณฑ์การบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	1 มลพิษที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อเพลิง 2 วิธีการทำความเย็น ความร้อน และการระบายอากาศ 3 การควบคุมสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต (ความร้อน/ความเย็น/DHW) 4 ความเป็นไปได้ในการใช้แสงธรรมชาติ 5 ความสามารถในการระบายอากาศตามธรรมชาติ 6 ความอยู่ดีมีสุขและสุขภาพของผู้ใช้ 7 IAQ (คุณภาพอากาศภายในอาคาร) 8 ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ 9 ระบบน้ำร้อนในอาคาร 10 ความง่ายในการควบคุมเสียง 11 การใช้แสงธรรมชาติในเวลากลางวัน 12 ความสบายทางการมองเห็น 13 ความสบายทางอุณหภูมิ 14 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงแดด 15 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 16 ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้ 17 ปรับปรุงผลผลิตการทำงานของผู้ใช้ 18 การอนุรักษ์วัสดุ 19 การอนุรักษ์น้ำ 20 การอนุรักษ์ที่ดิน 21 การจัดการของเสีย
	3. เกณฑ์การบริหารจัดการด้านเทคโนโลยี	1 มลพิษที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อเพลิง 2 วิธีการทำความเย็น ความร้อน และการระบายอากาศ 3 การควบคุมสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต (ความร้อน/ความเย็น/DHW) 4 ความเป็นไปได้ในการใช้แสงธรรมชาติ 5 ความสามารถในการระบายอากาศตามธรรมชาติ 6 ความอยู่ดีมีสุขและสุขภาพของผู้ใช้ 7 IAQ (คุณภาพอากาศภายในอาคาร) 8 ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ 9 ระบบน้ำร้อนในอาคาร 10 ความง่ายในการควบคุมเสียง 11 การใช้แสงธรรมชาติในเวลากลางวัน 12 ความสบายทางการมองเห็น 13 ความสบายทางอุณหภูมิ

กลุ่มหลัก	เกณฑ์	ตัวบ่งชี้	
		14	การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงแดด
		15	การใช้ปัญญาประดิษฐ์ขั้นสูง
		16	เทคโนโลยีสารสนเทศและการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง
		17	การรายงานการประเมินประสิทธิภาพทางไกล (การจัดการเชิงคาดการณ์)
		18	การควบคุมการทำงานร่วมกันของ TBS (track and Body Synergies)
		19	ลิฟต์อัจฉริยะที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
		20	การติดตามทรัพย์สิน
	4. เกณฑ์การบริหารจัดการด้าน ภาวะส่วนตัว	1	การติดตามเฝ้าระวัง
		2	บันทึกการเฝ้าระวัง
		3	การป้องกันข้อมูล
		4	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Block chain*
	5. เกณฑ์การบริหารจัดการด้าน ความปลอดภัย	1	การปฏิบัติตามกฎหมายอาคาร
		2	ความสามารถในการหลบหนีฉุกเฉิน
		3	เวลาที่ใช้ทั้งหมดสำหรับการออกจากอาคาร
		4	การตรวจจับและการรับมือกับเพลิงไหม้
		5	การตรวจสอบแผ่นดินไหว
		6	การตรวจสอบปริมาณลม
		7	การตรวจสอบโครงสร้าง
		8	ไฟฉุกเฉินอัตโนมัติ
		9	ข้อความภาพการอพยพแบบไดนามิก
		10	ความสามารถในการยกเลิกการควบคุมการเข้าถึงทั้งหมดบนลิฟต์
		11	การตรวจจับความเคลื่อนไหวของผู้ใช้ในอาคาร
2. การดำเนินการ	6. เกณฑ์การดำเนินการงาน บริการ	1	ความสะดวกในการทำความสะอาด
		2	การจัดการบำรุงรักษา
		3	ง่ายสำหรับการติดตั้ง
		4	อายุการใช้งาน
		5	ความน่าเชื่อถือของบริการ

อภิปรายผล

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาตรีเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ที่เป็นองค์ประกอบทั้งในการศึกษาเชิงปฏิบัติและการศึกษาเชิงทฤษฎีในสัดส่วนร้อยละ 10 ของตัวบ่งชี้ทั้งหมด ได้แก่ ตัวบ่งชี้เรื่องการใช้พลังงานรวม การประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน ความเป็นไปได้ในการใช้แสงธรรมชาติ ความสามารถในการบูรณาการระบบ การเฝ้าสังเกตระยะไกลตามเวลาจริง อายุการใช้งาน และความน่าเชื่อถือของบริการแสดงให้เห็นว่าตัวบ่งชี้ดังกล่าวได้ถูกอ้างอิงและนำไปทำการศึกษาค้นคว้าในระดับนี้แล้วทั้งในการศึกษาเชิงปฏิบัติ และการศึกษาเชิงทฤษฎี จึงสรุปได้ว่าตัวบ่งชี้ดังกล่าวเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาตรีเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ที่เป็นองค์ประกอบในการศึกษาเชิงทฤษฎีแต่ไม่เป็นองค์ประกอบในการศึกษาเชิงปฏิบัติทั้งหมด 43 ตัวบ่งชี้ โดยตัวบ่งชี้ที่ถูกลำดับไว้ทำการศึกษาค้นคว้าน้อยที่สุดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.23 ของตัวบ่งชี้กลุ่มดังกล่าว ได้แก่ ตัวบ่งชี้เรื่องการอนุรักษ์วัสดุการอนุรักษ์น้ำ การอนุรักษ์ที่ดิน การจัดการของเสีย ระดับของระบบ ความเป็นไปได้ในการอัปเดตระบบเพิ่มเติม การติดตามทรัพย์สิน การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Blockchain เวลาที่ใช้ทั้งหมดสำหรับการออกจากอาคาร การเฝ้าสังเกตปริมาณลม ข้อความภาพ การอพยพพลวัต ความสามารถในการยกเลิกการควบคุมการเข้าถึงทั้งหมดบนลิฟต์ และความสะดวกในการทำความสะอาด จากข้อค้นพบดังกล่าวชี้ให้เห็นถึง

ช่องว่างในการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่ยังมีการศึกษาเชิงทฤษฎีจำนวนไม่มาก ดังนั้นข้อบ่งชี้เหล่านี้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาในการทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการศึกษาเชิงปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมาเมื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสามารถเข้าถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในตัวบ่งชี้ด้านต่าง ๆ ที่ถูกกล่าวถึงข้างต้นได้ และในทางกลับกัน

ตัวบ่งชี้ที่ถูกลำดับไปทำการศึกษาค้นคว้ามากที่สุดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.30 ของตัวบ่งชี้กลุ่มดังกล่าว ได้แก่ ความสบายทางการมองเห็น ความสบายทางอุณหภูมิ การใช้ปัญญาประดิษฐ์ขั้นสูง และการตรวจจับและการรับมือกับเพลิงไหม้ จากข้อค้นพบดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงช่องว่างในการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ที่มีการศึกษาเชิงทฤษฎีในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่ได้เข้าถึง ในการศึกษาเชิงปฏิบัติที่ถูกลำดับมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นข้อบ่งชี้เหล่านี้จึงมีนัยสำคัญในการทำการศึกษาเชิงปฏิบัติด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เนื่องจากมีการศึกษาเชิงทฤษฎีรองรับข้อบ่งชี้ต่าง ๆ แล้วจึงเล็งเห็นว่าข้อบ่งชี้กลุ่มนี้มีความน่าสนใจและเหมาะสมในการนำไปพิจารณาและนำไปศึกษาอย่างต่อเนื่องในการศึกษาเชิงปฏิบัติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านตัวบ่งชี้ทั้งหมด 70 ตัวบ่งชี้ของทั้ง 6 เกณฑ์ การศึกษาเชิงปฏิบัติในปัจจุบันยังไม่สามารถครอบคลุมแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในการศึกษาเชิงทฤษฎีได้ทั้งหมด กรอบความคิดที่ถูกลำดับเสนอในงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้โดยผู้ออกแบบเพื่อการวางแผนการออกแบบและก่อสร้างอาคารสำหรับการดำรงชีวิตอัจฉริยะและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจและดำเนินการอย่างเหมาะสม โดยสรุปการศึกษาเชิงทฤษฎีด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะได้วางกรอบความคิดในการศึกษาไว้เพื่อเป็นแนวทางที่ค่อนข้างมีความครอบคลุมและสมบูรณ์ในหลายแง่มุม ในขณะเดียวกันบางส่วนของ การศึกษาเชิงปฏิบัติสามารถช่วยตอบคำถามการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่ไม่ถูกครอบคลุมในการศึกษาเชิงทฤษฎีได้ ซึ่งสามารถกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า บางส่วนที่การศึกษาเชิงปฏิบัติไม่สามารถจะดำเนินการได้จริง แนวคิดเหล่านั้นได้ถูกนำเสนออย่างครอบคลุมผ่านการศึกษาเชิงทฤษฎีไว้ล่วงหน้าแล้ว จนกว่าระดับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในอนาคตจะสามารถรองรับการศึกษาเชิงปฏิบัตินี้ได้ ดังนั้นการรวบรวมการศึกษาเชิงทฤษฎีเข้ากับการศึกษาเชิงปฏิบัติการเช่นนี้ จึงเป็นหลักการที่เป็นเหตุเป็นผลที่ทำให้ได้กรอบความคิดที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น และเมื่อเทคโนโลยีในอนาคตถูกพัฒนามากขึ้นจนสามารถรองรับการศึกษาเชิงปฏิบัติด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะให้เป็นไปตามการศึกษาเชิงทฤษฎีได้ จึงจะสามารถพัฒนากรอบความคิดให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นตามช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไป

ข้อเสนอแนะ

การดำรงชีวิตอัจฉริยะยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ได้แก่ อุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีความสามารถในการประมวลผลซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมรวมทั้งสื่อสารข้อมูลดังกล่าวผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังบริการคลาวด์ของระบบ IoT (Amazon Web Services, 2022) ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยครั้งนี้ ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้จะช่วยก่อให้เกิดกรอบความคิดด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่สมบูรณ์และเข้าใจลึกซึ้งกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบันมากที่สุด นอกจากนี้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาไปสู่เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เมืองอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะเพื่อสร้างมาตรฐานด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เช่น การใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (analytical hierarchy process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการวินิจฉัยเพื่อช่วยในการตัดสินใจประเด็นปัญหาที่มีความซับซ้อนให้ดำเนินการง่ายขึ้น (ชินิตา รุ่งแจ้ง และกลวัชร หย่าวิไล, 2563: 210) เพื่อกำหนดเกณฑ์และเข้าใจความสำคัญเชิงสัมพันธ์ของแต่ละเกณฑ์ ใน

การกำหนดระดับความเป็นการดำรงชีวิตอัจฉริยะซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาระบบการให้คะแนนได้ เป็นต้น (Gunatilaka et al., 2021: 9)

บรรณานุกรม

- เคนชิน. (2000). *Digital Transformation คืออะไร ?* <https://tips.thaiware.com/1932.html#what-is-different-between-digitization-digitalization-and-digital-transformation>
- ฉนิศา รุ่งแจ้ง และกมลวัชร หยั่ววิไล. (2563, 31 กรกฎาคม). การวิเคราะห์ปัจจัยความยั่งยืนในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านแหล่งน้ำในประเทศไทย โดยใช้ AHP. ใน *การประชุมวิชาการด้านการชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 13* (หน้า 208-227). ปากเกร็ด นนทบุรี.
- เทิดศักดิ์ เตชะกิจจกร. (2564). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ *โครงการเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลเพื่อการบริหารจัดการอาคารอัจฉริยะ*. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- เทิดศักดิ์ เตชะกิจจกร, ชลัมพล ธาวันพงษ์ และกวีไกร ศรีหิรัญ. (2563, มิถุนายน). ระบบการแสดงผลสภาพแวดล้อมภายในอาคารบนฐานข้อมูลสารสนเทศอาคาร. *สิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวิจัย*, 19(2), 79-92. doi: 10.14456/bei.2020.11
- ฤทัยชนก เมืองรัตน์. (2561, พฤษภาคม). *เมืองอัจฉริยะ : การพัฒนาเมืองยุค ๔.๐*. https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/download/article/article_20180523100916.pdf
- ศุภมาส ตำนวิทยากุล. (2560, มกราคม-มีนาคม). บ้านอัจฉริยะในยุค IoT. *วารสารเทคโนโลยีวิไล*, (84), 31-34.
- Amazon Web Services. (2022). *IoT คืออะไร - คำอธิบายเกี่ยวกับ Internet of Things*. <https://aws.amazon.com/th/what-is/iot/>
- Ahmed, E., I., Yaqoob, I. A., Hashem, T., Khan, I., Ahmed, A. I. A., Imran, M., & Vasilakos, A. V. (2017). The role of big data analytics in internet of things. *Computer Networks*, (129), 459-471. doi: 10.1016/j.comnet.2017.06.013
- Ajayi, O., Bagula, A., & Maluleke, H. (2022). The fourth industrial revolution: A technological wave of change. In Meisam Gordan, Khaled Ghaedi & Vala Saleh (Eds.), *Industry 4.0* (Ch. 1). IntechOpen.
- ARC Advisory Group. (2022). *Five key industry 4.0 technologies*. OTTO Motors. <https://ottomotors.com/blog/5-industry-4-0-technologies>
- Asadian, E., Azari, K. T., & Vakili Ardebili, A. (2018). Chapter 1.5 - Multicriteria selection factors for evaluation of intelligent buildings—A novel approach for energy management. In Ibrahim Dincer, C. Ozgur Colpan & Onder Kizilkan (Eds.), *Exergetic, energetic and environmental dimensions* (pp. 87-102). Academic Press.
- Bonneau, V., Ramahandry IDATE, T., Probst, L., Pedersen, B., & Dakkak-Arnoux PwC, L. (2017). *Smart building-energy efficiency application*. European Commission.

- Elberzhager, F., Mennig, P., Polst, S., Scherr, S., & Stüpfert, P. (2021). Towards a digital ecosystem for a smart city district: Procedure, results, and lessons learned. *Smart Cities*, 4(2), 686-716. doi: 10.3390/smartcities4020035
- European Parliament. (2003). *History and mission*. <https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/about/history-and-mission>
- Froufe, M. M., Chinelli, C. K., Guedes, A. L. A., Haddad, A. N., Hammad, A. W. A., & Soares, C. A. P. (2020). Smart buildings: Systems and drivers. *Buildings*, 10(9), 153. doi: 10.3390/buildings10090153
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities - Ranking of European medium-sized cities*. Vienna University of Technology.
- Gokhe, M. (2018). *IV.1 information and communication technolo*. TSCER. https://www.hzu.edu.in/csit/IV.1_information_and_communication_technology.pdf
- 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
- Gunatilaka, R. N., Abdeen, F. N., & Sepasgozar, S. M. E. (2021). Developing a scoring system to evaluate the level of smartness in commercial buildings: A case of Sri Lanka. *Buildings*, 11(12), 644. doi: 10.3390/buildings11120644
- Ibrahim, M., El-Zaart, A., & Adams, C. (2018). Smart sustainable cities roadmap: Readiness for transformation towards urban sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 37, 530-540. doi: 10.1016/j.scs.2017.10.008
- Ivers, L., & Fleury, M. (2022). *Urban development*. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>
- Jain, K. (2019). *Development of a smart building evaluation system for office buildings* [Unpublished master thesis]. Technische Universitat Berlin.
- 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
- Macaluso, A., Flickenschild, M., Gasparotti, A., Wedman, H., Panagiotidou, Z., Lämmel, P., Vassilev, N., Fernandez, T., Baudouin, P., & Le Gars, G. (2023). *Social approach to the transition to smart cities*. European Parliamentary Research Service (EPRS). doi: 10.2861/564184
- Majeed, R., Abdullah, N. A., Ashraf, I., Zikria, Y. B., Mushtaq, M. F., & Umer, M. (2020). An intelligent, secure, and smart home automation system. *Scientific Programming*, 1-14. doi: 10.1155/2020/4579291
- Merriam-Webster, s.v. (n.d.). *Smart*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/smart>

- Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019). 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
- NEW PC PLANET. (2019). *Smart living with the internet of things*. <https://pcplanet-eg.com/smart-living-internet-things/>
- Omar, O. (2018). Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 2903-2910. doi: 10.1016/j.aej.2018.07.004
- 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/s40309-021-00173-4
- Plummer, L. (2021). *Insight report: Industry 4.0 and the digital transformation of cities*. Smart Cities World.
- Verbeke, S., Aerts, D., Reynders, G., Ma, Y., & Waide, P. (2020). *Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings*. Publications Office the European Union.
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Buys, L., Loppolo, G., Sabatini-Marques, J., da Costa, E. M., & Yun, J. J. (2018). Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities*, 81, 145-160. doi: 10.1016/j.cities.2018.04.003
- Zhu, Y., Zhong, N., & Xiong, Y. (2009). *Data explosion, data nature and dataology*. Heidelberg.