การรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ

น.ส.สุชานาฏ ภู่ประเสริฐ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Miss Suchanad Phuprasoet

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture
Department of Architecture
FACULTY OF ARCHITECTURE
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ
โดย	น.ส.สุชานาฏ ภู่ประเสริฐ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์กวีไกร ศรีหิรัญ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรายุทธ ทรัพย์สุข)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วาริชา วงศ์พยัต)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์กวีไกร ศรีหิรัญ)

---------- กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สริน พินิจ)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.มนสินี อรรถวานิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุชานาฏ ภู่ประเสริฐ : การรวบรวมและจัดกลุ่มกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ. (Accumulation and Classification of Smart Living Framework from Theoretical Studies And Practical Studies) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.กวีไกร ศรีหิรัญ

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีพื้นฐานของอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการในแขนงต่างๆ และเนื่องด้วยในปัจจุบัน 56% ของประชากรโลกอาศัยอยู่ในเมือง ส่งผลให้หลายประเทศเผชิญปัญหาการขยายตัวของเมือง ดังนั้นจึงเริ่มมีการบูรณาการเทคโนโลยีเหล่านี้ร่วมกับการจัดการเมือง เช่น การบูรณาการเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้าซึ่งก่อให้เกิดทางเลือกในการจัดการพลังงานและช่วยเพิ่มปริมาณการประหยัดพลังงานในเมืองได้ โดยการบูรณาการเช่นนี้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของพลเมืองในทุกๆ แง่มุมจนนำไปสู่แนวคิด “การดำรงชีวิตอัจฉริยะ” ในทางเดียวกันการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยเกิดจากการบูรณาการเทคโนโลยีเหล่านี้เข้ากับอาคารอัจฉริยะ (Smart building) หรือบ้านอัจฉริยะ (Smart home) เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ แม้ว่าแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยนั้นเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แต่กลับพบว่าข้อมูลเหล่านั้นกระจายและสอดแทรกอยู่ภายใต้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาคารหรือบ้านอัจฉริยะซึ่งขาดการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลด้านนี้อย่างเป็นระบบรวมถึงขาดการนำเสนอข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน อีกทั้งการศึกษาเกี่ยวกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะส่วนใหญ่เน้นข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมากกว่าด้านที่ไม่ใช่เทคโนโลยีสารสนเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและจัดหมวดหมู่กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ผสานระหว่างข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและด้านที่ไม่ใช่ เทคโนโลยีสารสนเทศจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในบริการและผลิตภัณฑ์จากภาคธุรกิจจริงที่มีความเป็นปัจจุบัน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยที่อ้างอิงตามแนวทางการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ เริ่มต้นด้วยการคัดกรองการศึกษาทางวิชาการทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะจำนวน 30 ฉบับแล้วจึงทำการทบทวนวรรณกรรม จากนั้นจึงคัดเลือกการศึกษาที่มีการนำเสนอรูปแบบของแนวปฏิบัติ เกณฑ์ ตัวบ่งชี้หรือแบบจำลองความคิดสำหรับบ้านหรืออาคารอัจฉริยะ กรณีศึกษาที่ได้รับคัดเลือกประกอบด้วยการศึกษาเชิงทฤษฎี 5 กรณีศึกษาและการศึกษาเชิงปฏิบัติ 2 กรณีศึกษา ต่อมาจึงทำการรวบรวมและจัดหมวดหมู่คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยเพื่อสังเคราะห์เป็นกรอบความคิด ผลการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งกรอบความคิดได้เป็น 2 กลุ่มหลักได้แก่ การจัดการและการยกระดับ ซึ่งประกอบด้วย 9 เกณฑ์และ 30 ตัวบ่งชี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำกรอบความคิดที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ รวมทั้งทำการสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดในการพิจารณาโครงการที่เกี่ยวข้องการดำรงชีวิตอัจฉริยะเพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบและพัฒนาต่อยอดในอนาคต จากการวิเคราะห์พบว่าการศึกษาเชิงทฤษฎีได้วางกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะไว้อย่างคลุมครอบมากกว่าการศึกษาเชิงปฏิบัติ นอกจากนั้นยังทราบถึงแนวโน้มของโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต อัจฉริยะว่ามีการเน้นย้ำในการปฏิบัติการด้านเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัวสูงสุด รวมถึงพบช่องว่างในการสาธิตเกณฑ์การประเมินระดับความอัจฉริยะว่าควรบูรณาทั้งการประเมินเชิงคุณภาพร่วมกับเชิงตัวเลขซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดการประเมินระดับการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่สมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

6570045525 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORD: FRAMEWORK, SMART LIVING, THEORETICAL STUDY, PRACTICAL STUDY
Suchanad Phuprasoet : Accumulation and Classification of Smart Living Framework from Theoretical Studies And Practical Studies. Advisor: Asst. Prof. TERDSAK TACHAKITKACHORN, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. KAWEEKRAI SRIHIRAN

Information & Communication Technologies (ICTs) and Internet of Things (IoTs) are fundamental technologies of Industry 4.0, which can be utilized to manage several fields. Due to 56% of the world's population living in cities nowadays, many countries face urbanization issues. Therefore, these technologies have begun to be integrated with urban management. For instance, integrating ICTs and IoTs with the electricity grid in a Smart city creates alternative solutions for energy management and helps to increase the amount of energy saving. This integration plays an important role in the development of a Smart city, help enhance the citizens' all aspects of quality of life, until contributing to the concept called 'Smart living'. Similarly, Smart living in aspects of housing quality is achieved by integrating these technologies with Smart buildings or Smart homes to enhance users' quality of life. Although the concept of Smart living in aspects of housing quality is widely known nowadays, however, those data are scattered and interpolated under research related to Smart buildings or Smart homes. There is still a lack of studies that accumulate and classify data in this field in a systematic way, including the presentation of up-to-date data. In addition, most of the Smart living-related studies focus on IT-based rather than non-IT-based information. Therefore, this research aims to accumulate and classify the Smart living framework in aspects of housing quality that integrate IT-based and non-IT-based information from theoretical and practical studies. This framework can be used as an up-to-date tool to consider the coverage in terms of Smart living in services and products from the real sector.

In order to achieve such objectives, this research used a methodology based on the systematic review guidelines. Beginning with screening 30 theoretical and practical studies on Smart buildings or homes for the literature reviews. Subsequently, academic studies that present guidelines, criteria, indicators, or conceptual models of Smart buildings or homes. The selected studies consist of 5 theoretical and 2 practical studies. Subsequently, keywords related to Smart living in aspects of housing quality were accumulated and classified to synthesize the framework. The result showed that the framework can be classified into 2 classes; management and enhancement, consisting of 9 criteria and 30 indicators. In addition, the researcher analyzed this Smart living framework with theoretical and practical studies. Including demonstrating how to apply the the framework to consider Smart living-related projects, in order to, propose guidelines for design and development process in the future. From the analysis, it was found that theoretical studies guided the Smart living concept more comprehensively than practical studies. It also noted the trend of the Smart living-related project that there is a strongest emphasis on the implementation of environmental-health management criteria and privacy management criteria. It also found gaps in the demonstration of Smart living level's assessment system that should integrate both qualitative and numerical assessment, thereby fostering a complete the assessment system.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Architecture	Student's Signature .....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจรที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ รวมถึงการสนับสนุนในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ รองศาสตราจารย์ ดร. วาริชา วงศ์พยัต อาจารย์ ดร. สริน พินิจ และ อาจารย์ ดร. มนสินี อรรถวานิช ในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ช่วยชี้ให้เห็นถึงประเด็นและข้อบกพร่องของการศึกษา ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ชิ้นนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุชานาฏ ภู่ประเสริฐ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 15

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 15

1.2 วัตถุประสงค์ 20

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 21

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 21

บทที่ 2 วิธีการวิจัยและพื้นที่กรณีศึกษา 23

2.1 ระเบียบวิธีวิจัย 23

2.1.1 รูปแบบการวิจัย 23

2.1.2 การคัดเลือกกรณีศึกษา 24

2.1.3 การจัดหมวดหมู่กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย 26

2.1.4 การวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย 33

2.2 พื้นที่กรณีศึกษา 34

2.2.1 กรณีศึกษาที่ถูกคัดเลือกและข้อมูลโดยสังเขป 34

2.2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ 43

บทที่ 3 ผลการศึกษา 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 ภาพรวมกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย.....47
3.2 กลุ่มการจัดการ.....50
3.2.1 เกณฑ์การจัดการพลังงาน.....51
3.2.2 เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ.....53
3.2.3 เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี.....56
3.2.4 เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว.....58
3.2.5 เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย.....60
3.3 กลุ่มการยกระดับ.....62
3.3.1 เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้.....63
3.3.2 เกณฑ์การยกระดับพื้นที่.....65
3.3.3 เกณฑ์การยกระดับงานบริการ.....67
3.3.4 เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล.....69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....72
4.1 การวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย.....72
4.1.1 นิยามคำเฉพาะในงานวิจัย.....73
4.1.2 เกณฑ์วิธีในการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยการแปลงค่าเป็นเชิงตัวเลข.....77
4.2 ผลการวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย.....78
4.2.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี.....78
4.2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ.....81
4.2.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับตัวบ่งชี้ระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ.....84
4.2.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย.....88
4.2.5 สรุปภาพรวมผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบในระดับตัวบ่งชี้และเกณฑ์.....96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.6 การวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในเชิงสถาปัตยกรรม 99
4.3 การสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในการพิจารณาโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ 102
4.3.1 ตัวอย่างวิธีการและขั้นตอนในการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย 107
4.3.2 สรุปผลการสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ 122
บทที่ 5 บทสรุป 125
5.1 สรุปผลการศึกษา 125
5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ 128
5.3 ข้อเสนอแนะและการต่อยอดการศึกษา 133
บรรณานุกรม 136
ภาคผนวก ก 140
ภาคผนวก ข 143
ประวัติผู้เขียน 147

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายการกรณีศึกษาที่ถูกคัดเลือก รวมทั้งหมด 7 กรณีศึกษา 26

ตารางที่ 2 แสดงอัตราความหนาแน่นของคำสำคัญในแต่ละกลุ่มที่รวบรวมจากทั้งหมด 7 กรณีศึกษา 30

ตารางที่ 3 กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย 49

ตารางที่ 4 กลุ่มการจัดการของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย....50

ตารางที่ 5 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการพลังงาน 51

ตารางที่ 6 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการพลังงาน (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก) 52

ตารางที่ 7 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ 53

ตารางที่ 8 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก).....55

ตารางที่ 9 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี.....56

ตารางที่ 10 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก).....58

ตารางที่ 11 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว.....58

ตารางที่ 12 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก).....59

ตารางที่ 13 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย 60

ตารางที่ 14 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก).....61

ตารางที่ 15 กลุ่มการยกระดับของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย 62

ตารางที่ 16 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้.....63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข) 65
ตารางที่ 18 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับพื้นที่ 65
ตารางที่ 19 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับพื้นที่ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในภาคผนวก ข) 66
ตารางที่ 20 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับงานบริการ 67
ตารางที่ 21 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับงานบริการ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข) 69
ตารางที่ 22 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล 69
ตารางที่ 23 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข) 71
ตารางที่ 24 แสดงการจำแนกระดับคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี 80
ตารางที่ 25 แสดงการจำแนกระดับคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 83
ตารางที่ 26 แสดงการจำแนกระดับความต่างคะแนนตัวบ่งชี้ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 86
ตารางที่ 27 แสดงการจำแนกระดับคะแนนตัวบ่งชี้ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 88
ตารางที่ 28 แสดงการจำแนกระดับคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี 89
ตารางที่ 29 แสดงการจำแนกระดับคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 90
ตารางที่ 30 แสดงการจำแนกระดับความต่างคะแนนเกณฑ์ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 91
ตารางที่ 31 แสดงการจำแนกระดับคะแนนเกณฑ์ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 92
ตารางที่ 32 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายในกลุ่มการศึกษาประเภทเดี่ยวกัน (รหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์ อ้างอิงจากภาพที่ 17) 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 33 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาต่างประเภทกัน (รหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์ อ้างอิงจากภาพที่ 17).....95

ตารางที่ 34 ตารางสรุปคะแนนตัวบ่งชี้ของการศึกษาเชิงทฤษฎี (กรณีศึกษา A-D) และการศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา F-G)..... 108

ตารางที่ 35 คะแนนตัวบ่งชี้ของกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาค การผลิตจริง ทั้งหมด 3 กรณีศึกษา 120

ตารางที่ 36 กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย..... 126

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบคะแนนเกณฑ์และคะแนนตัวบ่งชี้ของการศึกษาเชิงทฤษฎี (กรณีศึกษา A-D) การศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา F-G) และ 3 กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง 127

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนภาพสายงานข้อมูลขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงกับ IoT ภายในเมืองอัจฉริยะ 16

ภาพที่ 2 แผนผังกรอบความคิดของโครงสร้างเมืองอัจฉริยะ (Smart city) ที่แสดงความเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart living) และคุณภาพที่อยู่อาศัย (Housing quality).....17

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างของประโยชน์ที่ได้รับจากเทคโนโลยีอัจฉริยะในอาคาร.....19

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างของการแสดงผลสภาพอุณหภูมิภายในห้องจากการบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะในอาคาร 20

ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงขั้นตอนของเกณฑ์วิธีในการจัดหมวดหมู่ข้อมูล.....27

ภาพที่ 6 รายการคำสำคัญ หัวข้อหรือประเด็นทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ถูกจำแนกจากทั้ง 7 กรณีศึกษา.....29

ภาพที่ 7 รายละเอียดและอัตราร้อยละของคำสำคัญที่ในแต่ละกลุ่มที่รวบรวมจาก 7 กรณีศึกษา 31

ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงระเบียบวิธีวิจัย 33

ภาพที่ 9 ภาพรวมกรอบความคิดของกรณีศึกษา A.....34

ภาพที่ 10 กรอบโครงสร้างโดเมน (Domain) และเกณฑ์ผลกระทบ (Impact criteria) ที่ถูกนำเสนอในกรณีศึกษา B.....36

ภาพที่ 11 กรอบความคิดของโครงการนำมาสู่ "เครื่องมือประเมินอาคารอัจฉริยะ" (Smart building evaluation tool : SBET) จากกรณีศึกษา C.....37

ภาพที่ 12 กรอบความคิดเกณฑ์อาคารอัจฉริยะ (Smart building criteria) จากกรณีศึกษา D 38

ภาพที่ 13 ตารางรวมฟังก์ชั่นภายในระบบบ้านอัจฉริยะที่ถูกนำเสนอในกรณีศึกษา E.....39

ภาพที่ 14 ตารางจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ที่ใช้ภายในบ้านอัจฉริยะแบ่งตามฟังก์ชั่นและบริการจากกรณีศึกษา F.....41

ภาพที่ 15 แสดงหมวดหมู่ของข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ถูกจัดเก็บผ่านอุปกรณ์ตรวจจับที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต จากกรณีศึกษา G.....42

ภาพที่ 16 องค์ประกอบของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ.....43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 17 แสดงรหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์ 93

ภาพที่ 18 ผังบริเวณ ZEN model 103

ภาพที่ 19 ทัศนียภาพภายใน ZEN model (ห้องนอน) 103

ภาพที่ 20 ทัศนียภาพภายใน ZEN model (ห้องนั่งเล่น) 104

ภาพที่ 21 ทัศนียภาพภายนอก ZEN model 104

ภาพที่ 22 ไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันและระบบการจัดการภายในต้นแบบอาคารอัจฉริยะ (อาคารอัจฉริยะซึ่งบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดง) ที่มีการติดตั้งเครือข่ายอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต (IoT) เพื่อใช้งานร่วมกับระบบโปรแกรมประยุกต์อาคารคู่แฝดดิจิทัล 105

ภาพที่ 23 อินเตอร์เฟสเชิงพื้นที่ในลักษณะของกราฟฟิก 3 มิติสำหรับการเข้าถึงพื้นที่เสมือนของอาคารอัจฉริยะซึ่งบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดง 105

ภาพที่ 24 แสดงการทำงานของอุปกรณ์เคลื่อนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศร่วมโปรแกรมประยุกต์อาคารคู่แฝดดิจิทัล 106

ภาพที่ 25 แสดงขอบเขตคะแนนรวมของตัวบ่งชี้ 1ก 109

ภาพที่ 26 แสดงขอบเขตคะแนนรวมของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 1ค 110

ภาพที่ 27 แสดงขอบเขตคะแนนรวมของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 9ง 112

ภาพที่ 28 แสดงคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก 116

ภาพที่ 29 แสดงคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก 1ข และ 1ค 117

ภาพที่ 30 แสดงขอบเขตคะแนนของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงทั้ง 3 กรณีศึกษา 121

ภาพที่ 31 ผลการประเมินคะแนนของกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง 124

ภาพที่ 32 แสดงคะแนนตัวบ่งชี้ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบของ 3 กรณีศึกษาจากภาคการผลิตจริงซึ่งมีค่าเป็นศูนย์ 130

ภาพที่ 33 แสดงเกณฑ์ที่ถูกเน้นย้ำสูงสุดโดยการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงในเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 34 แสดงตัวบ่งชี้ในเกณฑ์การจัดการพลังงานที่ถูกเน้นย้ำและโดยการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

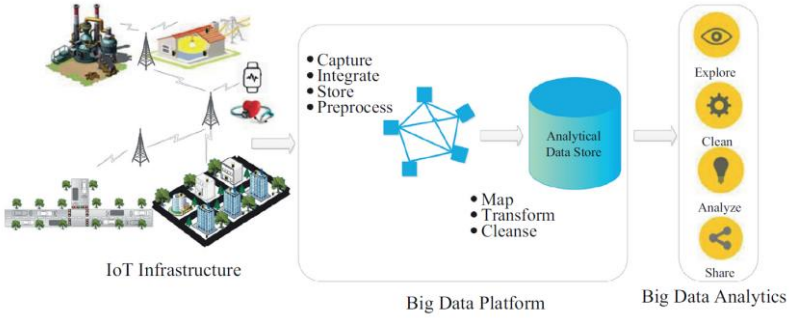
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมทั้งหมด 4 ครั้ง และการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 นี้ถูกเรียกว่ายุคข้อมูลข่าวสารหรืออุตสาหกรรม 4.0 (Ajayi, Bagula, and Maluleke 2022, 4) อุตสาหกรรม 4.0 ไม่ได้หมายถึงอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ยังกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงโดยรวม ทั้งการบูรณาการระหว่างระบบดิจิทัลและวิศวกรรมอัจฉริยะ (Muhuri, Shukla, and Abraham 2019, 218) ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and communications technology : ICT) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) รวมไปถึงเครือข่ายเซนเซอร์นั้นเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีพื้นฐานในยุคอุตสาหกรรม 4.0 และเทคโนโลยีเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการจัดการในแขนงต่างๆได้ (Ajayi, Bagula, and Maluleke 2022, 2) ประกอบกับยุคปัจจุบันที่ 56% ของประชากรโลกอาศัยอยู่ในเมือง (Ivers and Fleury 2022) จึงส่งผลให้แต่ละประเทศทั่วโลกต่างเผชิญกับปัญหาการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งในปัจจุบันจึงเริ่มมีการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาบูรณาการเพื่อใช้ประโยชน์ในการจัดการและควบคุมกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเมืองได้ดียิ่งขึ้น (Plummer 2021, 3) เช่น การบูรณาการ ICT และ IoT เข้ากับโครงข่ายไฟฟ้าซึ่งถูกเรียกว่าโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (Metropolitan Electricity Authority 2020) โดยโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะนั้นก่อให้เกิดทางเลือกในการจัดการพลังงานไปรวมทั้งช่วยเพิ่มปริมาณการประหยัดพลังงานในเมือง (นัทธิ์ธนนท์ พงษ์พานิชและบุญวัฒน์ วิจารณ์พล, 1669)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนั้นการเชื่อมโยงระหว่าง IoT โดยตรงกับข้อมูลมหัต (Big data) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเมืองได้ในหลายภาคส่วน เช่น การจัดการพลังงานจากภาคส่วนอาคารไปยังเมืองโดยอาศัยเทคโนโลยี IoT ในการส่งข้อมูลที่เกิดจากการใช้งานของผู้ใช้อาคารระหว่างอุปกรณ์แต่ละชิ้นผ่านอุปกรณ์เกตเวย์ของ IoT และเมื่อนำการทำงานของอุปกรณ์ในลักษณะนี้มารวมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ซึ่งเป็นข้อมูลอาคารในรูปแบบดิจิทัล จึงเอื้อให้เกิดการจัดการข้อมูลด้วยการใช้คู่แฝดดิจิทัล (Digital twin) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อข้อมูลที่เกิดขึ้นทางกายภาพเข้ามายังระบบดิจิทัลตามระบบเวลาจริง (Realtime) ผ่านอุปกรณ์

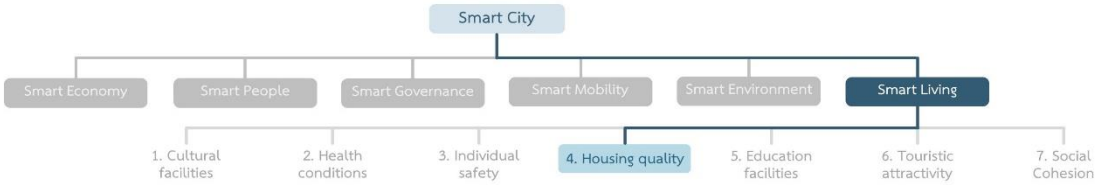
ตรวจวัดข้อมูลประเภทต่างๆที่ถูกติดตั้งไว้บนอาคารแล้วจึงนำข้อมูลมาแสดงผลและวิเคราะห์บนฐานข้อมูลดิจิทัล (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร 2564, 2) จากนั้นสามารถนำ Digital twin ไปใช้ทั้งในระดับอาคารและเมือง เช่น การวางผังและสร้างเมืองอัจฉริยะที่ขึ้นอยู่กับ IoT โดยใช้การวิเคราะห์ Big data เช่น การเพิ่มช่องทางปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารกับผู้ใช้งานอาคารเพื่อลดช่องว่างระหว่างความสัมพันธ์ของมนุษย์และอาคาร ไปจนถึงระดับเมือง (Lu et al. 2020, 05020004-6) ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลประวัติการใช้พลังงานเพื่อนำมาวิเคราะห์วางแผนในการจัดการ การประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งในระดับบ้าน อาคาร และเมือง เนื่องด้วยในปัจจุบันโครงการที่เกี่ยวกับเมืองอัจฉริยะเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและยกระดับคุณภาพชีวิตนั้นเริ่มได้รับความสนใจมากขึ้น (Yigitcanlar et al. 2018, 148) การบูรณาการดังกล่าวจึงมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นและปรับปรุงการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืน (Gonçalves et al. 2021, 14)



ภาพที่ 1 แผนภาพสายงานข้อมูลขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงกับ IoT ภายในเมืองอัจฉริยะ
ที่มา: (Ahmed et al. 2017, 460)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการทบทวนรายงานการจัดอันดับความเป็นเมืองอัจฉริยะระหว่างเมืองขนาดกลางของประเทศในยุโรปซึ่งเป็นรายงานที่ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเมืองอัจฉริยะตั้งแต่ในช่วงแรกๆ ของการขับเคลื่อนแนวคิดเมืองอัจฉริยะ พบว่ามีการนำเสนอต้นแบบของโครงสร้างเมืองอัจฉริยะไว้ว่าประกอบด้วย 6 คุณลักษณะ ได้แก่ เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart economy) พลเมืองอัจฉริยะ (Smart people) การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart governance) การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart mobility) สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart environment) และการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart living) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังกรอบความคิดของโครงสร้างเมืองอัจฉริยะ (Smart city) ที่แสดงความเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart living) และคุณภาพที่อยู่อาศัย (Housing quality)
ที่มา: ผู้วิจัย

คำว่า ‘อัจฉริยะ’ แปลมาจากคำว่า ‘smart’ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้คำนิยามของคำว่า ‘อัจฉริยะ’ สำหรับการตีความหมายของวัตถุทางด้านเทคโนโลยีว่า เป็นลักษณะที่มีการใช้ชิปประมวลผลกลางในคอมพิวเตอร์ในตัว สำหรับการทำงานแบบอัตโนมัติ การประมวลผลข้อมูลหรือเพื่อให้ได้ความสามารถที่รอบด้านมากขึ้น[1] นอกจากนี้ในการตีความหมายของวัตถุทางสังคมให้คำนิยามว่า เป็นลักษณะของการพัฒนา ยกระดับหรือส่งเสริมความรู้ความสามารถ ความคิดสร้างสรรค์ การแข่งขัน การเข้าถึงได้ง่าย ทัศนคติแบบพหุวัฒนธรรม ความยืดหยุ่นในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลง รวมถึงการได้รับความสะดวกสบายเพิ่มมากขึ้น มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (ฤทัยชนก เมืองรัตน์ 2561, 3-4) ดังนั้นในการพิจารณาและตีความหมายของคำว่า ‘อัจฉริยะ’ ในงานวิจัยนี้ควรเริ่มพิจารณาจากคำหรือวลีที่ถูกขยายความว่าเป็นวัตถุทางด้านเทคโนโลยีหรือทางสังคมหรือแบบผสมผสาน จากนั้นจึงตีความหมายของคำว่า ‘อัจฉริยะ’ ให้ตรงกับบริบทของคำนั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้คำนิยามและตีความหมายคำว่า ‘การดำรงชีวิตอัจฉริยะ’ ในงานวิจัยนี้ว่าหมายถึง แนวคิดในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนซึ่งประกอบด้วยแง่มุมต่างๆของคุณภาพชีวิต (Giffinger et al. 2007, 12)

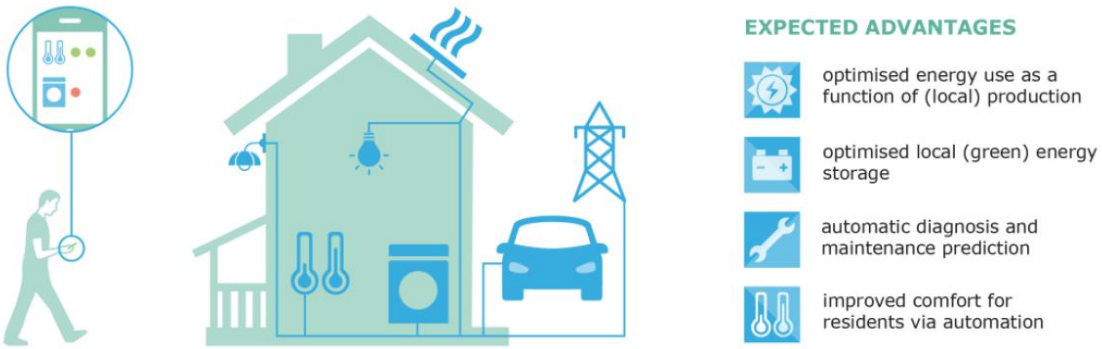
การดำรงชีวิตอัจฉริยะเป็นหนึ่งคุณลักษณะของโครงการเมืองอัจฉริยะที่ประกอบไปด้วยแง่มุมที่หลากหลาย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย ดังแสดงในภาพที่ 2 โครงการเมืองอัจฉริยะเป็นเมืองที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะต่างๆเข้ามาช่วยในการจัดการเมือง ในทางเดียวกันการบูรณาการ ICT และ IoT เข้ากับที่อยู่อาศัยเพื่อยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยรวมถึงคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานภายในที่อยู่อาศัย เช่น การบูรณาการเทคโนโลยี IoT เข้ากับ BIM เพื่อเสริมสร้างงานบริการและฟังก์ชันที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้งานภายในอาคาร

[1] *Merriam-Webster*, s.v. "smart," accessed April 5, 2023, https://www.merriam-webster.com/dictionary/smart.

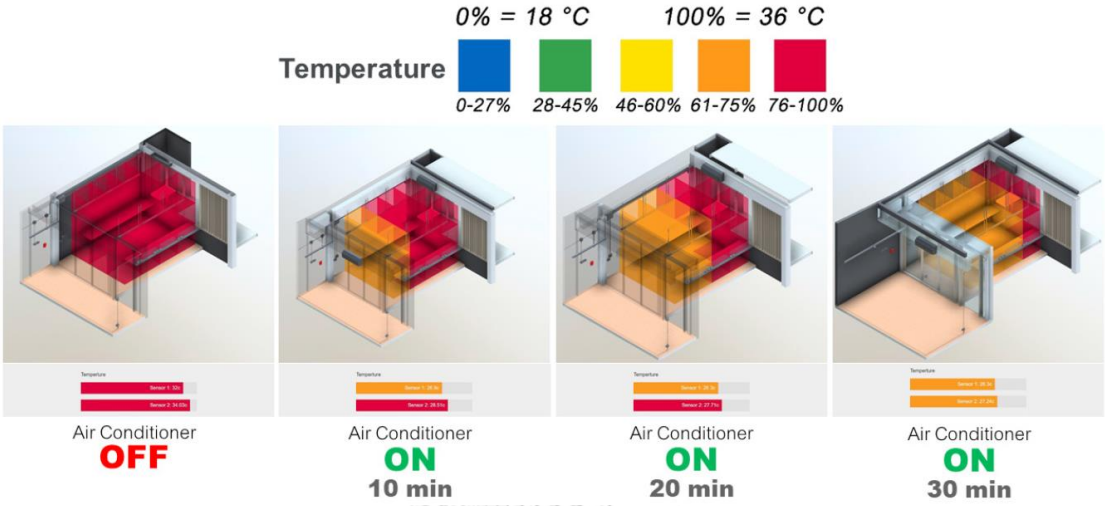
รวมทั้งก่อให้เกิดพื้นที่อัจฉริยะขึ้น เช่น อาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น (Ruiz-Zafra, Benghazi, and Noguera 2022, 1) ในส่วนของอาคารอัจฉริยะคืออาคารที่ประกอบด้วยชุดของเทคโนโลยีการสื่อสารที่ช่วยให้วัตถุ เซ็นเซอร์และฟังก์ชันต่างๆภายในอาคารสามารถสื่อสารและโต้ตอบกันได้ นอกจากนั้นยังสามารถรับคำสั่งเพื่อการจัดการ ควบคุมและทำให้เป็นระบบอัตโนมัติในระยะไกลได้ (Bonneau et al. 2017, 2) ในส่วนของบ้านอัจฉริยะคือบ้านที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงและสื่อสารกันเอง ในขณะเดียวกันผู้ใช้ก็สามารถควบคุมหรือสั่งงานจากระยะใกล้หรือไกลผ่านอินเทอร์เน็ตหรือสมาร์ตโฟนได้เช่นเดียวกัน (ch.aunchalee 2021, 32) ดังนั้นทั้งอาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะสามารถช่วยยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยรวมถึงคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ในด้านต่างๆได้ เช่น ด้านการจัดการพลังงานเพื่อการประหยัดพลังงาน ด้านการควบคุมระบบรักษาความปลอยภัยหรือด้านความสะดวกสบายในการอยู่อาศัยภายในบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคืออาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะนั้นนำมาซึ่ง ‘การดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย’

แม้ว่าแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจะเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย แต่กลับพบว่าข้อมูลเหล่านั้นมีความกว้างขวาง กระจัดกระจายและสอดแทรกภายใต้การศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021; Jain 2019; Majeed et al. 2020; Omar 2018; Pira 2021; Verbeke et al. 2020) (เทิดศักดิ์และคณะ 2563) ซึ่งขาดในส่วนของการรวบรวมและจำแนกเป็นหมวดหมู่อย่างเป็นระบบ การทำข้อมูลให้เข้าใจง่ายและการนำเสนอข้อมูลที่เป็นปัจจุบันอย่างแท้จริง อีกทั้งการศึกษาเกี่ยวกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะส่วนใหญ่เน้นการศึกษาข้อมูลจากมุมมองเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information technology : IT) เช่น การสร้างระบบเครือข่าย การสร้างละมุนภัณฑ์ (Software) หรือการสร้างแอปพลิเคชันโดยไม่ได้เน้นจากมุมมองที่ไม่ใช่เชิงเทคโนโลยีสารสนเทศ (non-Information technology : non-IT) เช่น ด้านสังคม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านกายภาพและอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินงานวิจัยนี้ เพื่อลดช่องว่างดังกล่าวและตอบคำถามของงานวิจัยดังต่อไปนี้

1) อะไรเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการพิจารณาความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่มีความเป็นปัจจุบัน เพื่อการตรวจสอบคุณภาพและฟังก์ชั่นของโครงการหรือผลิตภัณฑ์จากภาคธุรกิจจริง
2) อะไรคือเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้และเอื้อให้เกิดแนวทางในการออกแบบโครงการหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความพร้อมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย
3) ขอบเขตของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจนถึง ณ ปัจจุบันซึ่งรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติและในขณะเดียวกันก็ผสมผสานระหว่างข้อมูลจากมุมมองเชิง IT และ non-IT มีความครอบคลุมในด้านใดและมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง
4) มีองค์ประกอบใดที่มีความสำคัญต่อการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยหรือไม่ หากมีประกอบไปด้วยอะไรและสามารถนำไปศึกษาต่อยอดได้อย่างไรบ้าง
5) โครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจากภาคการผลิตจริงในปัจจุบันมีความสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยหรือไม่อย่างไร



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างของประโยชน์ที่ได้รับจากเทคโนโลยีอัจฉริยะในอาคาร
ที่มา: (Verbeke et al. 2020, 3)



ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างของการแสดงผลสภาพอุณหภูมิภายในห้องจากการบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะในอาคาร

ที่มา: (เทิดศักดิ์และคณะ 2563, 88)

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อรวบรวมและจำแนกหมวดหมู่องค์ประกอบของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ผสานระหว่างข้อมูลจากมุมมองเชิง IT และ non-IT อย่างเป็นระบบ
- เพื่อสังเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะและนำกรอบความคิดจากงานวิจัยนี้ไปต่อยอดในอนาคต
- เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกรอบความคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้กับการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติพร้อมนำเสนอองค์ประกอบที่สำคัญต่อการศึกษาด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย
- เพื่อเสนอแนวทางในการพิจารณาความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในบริการและผลิตภัณฑ์จากภาคธุรกิจจริงที่มีความเป็นปัจจุบันสำหรับตรวจสอบความพร้อมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- การทบทวนวรรณกรรมและการคัดเลือกกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีในงานวิจัยนี้ มีความเกี่ยวข้องกับอาคารอัจฉริยะซึ่งครอบคลุมสถาปัตยกรรมประเภทอาคารอยู่อาศัย อาคารสำนักงาน และอาคารพาณิชย์
- การทบทวนวรรณกรรมและการคัดเลือกกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติในงานวิจัยนี้ มีความเกี่ยวข้องกับบ้านอัจฉริยะซึ่งครอบคลุมสถาปัตยกรรมประเภทอาคารอยู่อาศัยและระดับห้องภายในอาคาร
- การคัดเลือกกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะเพื่อทำการสาธิตการประยุกต์ใช้กรอบความคิดที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ มีความเกี่ยวข้องกับบ้านและอาคารอัจฉริยะซึ่งครอบคลุมสถาปัตยกรรมประเภทอาคารพาณิชย์ ต้นแบบอาคารอยู่อาศัย 1 ยูนิต (บ้านอัจฉริยะ) และการทดลองในพื้นที่ขนาดครอบคลุม 1 ชั้นภายในอาคารสูง
- ทุกโครงการที่ถูกคัดเลือกเป็นกรณีศึกษาในการสาธิตการประยุกต์ใช้กรอบความคิดที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ถูกสร้างขึ้นและทดลองในสถาณการณ์จริง โดยมีสภาพแวดล้อมบริเวณตำแหน่งที่ตั้งในกรุงเทพมหาครทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เครื่องมือที่ใช้ในการพิจารณา 1) งานวิจัยหรือกรณีศึกษาเชิงวิชาการ 2) โครงการ ผลิตภัณฑ์หรือบริการจากภาคการผลิตจริงที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยเพื่อตรวจสอบความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในหลายมิติที่มีความเป็นปัจจุบัน
- กรอบความคิดที่รวบรวมองค์ประกอบของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ผสานระหว่างมุมมองเชิง IT และ non-IT ซึ่งถูกจำแนกหมวดหมู่อย่างเป็นระบบสำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย
- ทราบข้อสรุปที่สำคัญต่อการพัฒนา 1) งานวิจัยหรือกรณีศึกษาเชิงวิชาการ 2) โครงการ ผลิตภัณฑ์หรือบริการจากภาคการผลิตจริงที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

ในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยด้วยการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกรอบแนวคิดในงานวิจัยนี้และการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อยอดในอนาคต เช่น การสร้างระบบให้คะแนนหรือการสร้างมาตรฐานการประเมินความเป็นการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
วิธีการวิจัยและพื้นที่กรณีศึกษา

2.1 ระเบียบวิธีวิจัย

2.1.1 รูปแบบการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยในงานนี้อ้างอิงตามแนวทางการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Kitchenham and Charters 2007, 44) จากแนวทางดังกล่าว ผู้วิจัยใช้ในการแยกแยะ ประเมิน และตีความงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคำถามในงานวิจัยนี้ โดยสรุปแนวทางในการดำเนินการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบว่า ประกอบด้วยทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การวางแผนการทบทวนวรรณกรรม (2) ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมและ (3) การรายงานการทบทวนวรรณกรรม (Kitchenham and Charters 2007, 3-6) เนื่องจากขั้นตอนการดำเนินการนั้นสอดคล้องกับขั้นตอนการวางแผนการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยจึงอธิบายและระบุรายละเอียดของขั้นตอนของการวางแผนร่วมกับการดำเนินการทบทวนวรรณกรรมไว้ด้วยกัน

การอธิบายขั้นตอนดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ข้อ ได้แก่ (ก) ความสำคัญในการทบทวนวรรณกรรม (ข) คำถามในงานวิจัยและ (ค) เกณฑ์วิธีในการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้กล่าวถึงความสำคัญในการทบทวนวรรณกรรมและคำถามในการวิจัยไว้ในบทที่ 1 แล้ว ดังนั้นในบทที่ 2 นี้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการอธิบายในส่วนเกณฑ์วิธีในการทบทวนวรรณกรรมดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ในกระบวนการค้นหา ผู้วิจัยใช้การค้นหาบทความด้วยตนเองในที่เก็บ Scopus ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดย Elsevier ในปีค.ศ. 2004 (พ.ศ. 2547) เป็นฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกรวบรวมไว้อย่างครอบคลุมมากที่สุด ปัจจุบันมีการอ้างอิงถึง 195 ล้านครั้ง (Elsevier solutions n.d.) ผู้เผยแพร่รายใหญ่ทั้งหมด (เช่น ACM, IEEE, Springer, whiley, Elsevier, . . .) ได้ถูกจัดให้มีดรรชนีใน Scopus ประมาณร้อยละ 99.11% ของวารสารที่ถูกจัดให้มีดรรชนีในเว็บไซต์เชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกจัดให้มีดรรชนีใน Scopus (Singh et al. 2021, 5113) ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกทำการสืบค้นบน Scopus
- ในแง่ของเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่การวิจัย (Inclusion criteria) สายอักขระของการค้นหาในเครื่องมือ Scopus ไม่คำนึงถึงตัวพิมพ์เล็กและใหญ่ อันประกอบด้วย

“intelligent” AND “building” AND “evaluation” OR “development” AND “of” AND “a” AND “smart” AND “building” AND “evaluation” OR “intelligent” AND “smart” AND “home” OR “social” AND “issues” AND “of” AND “smart” AND “home” AND “review”

- ในการรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดาวน์โหลดไฟล์เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (.PDF) เพื่อการทบทวนวรรณกรรมและไฟล์แท็กสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลบรรณานุกรม (.RIS หรือ .ENW) เพื่อเก็บชื่อเรื่อง ชื่อผู้แต่ง คำสำคัญ บทคัดย่อ และ DOI ของแต่ละงานวิจัย และในการคัดเลือกกรณีศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้คำตอบที่ตรงกับคำถามในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมโดยเริ่มจากการอ่าน ชื่อเรื่อง คำสำคัญ และบทคัดย่อของงานวิจัยประมาณ 30 ฉบับที่ค้นพบจากการปฏิบัติตามเกณฑ์วิธีในการทบทวนวรรณกรรม จากนั้นจึงอ่านบทนำและบทสรุปของงานวิจัยเหล่านี้ โดยวิธีการเช่นนี้ถูกปฏิบัติวนซ้ำไปเรื่อยๆในงานวิจัยแต่ละฉบับบจนกว่างานวิจัยทั้งหมดจะได้รับการสำรวจจนครบ ต่อมาจึงทำการคัดเลือกการศึกษาทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ แล้วจึงจัดทำแผนที่แสดงภาพรวมแนวคิดการศึกษา (Mapping study) (Carol L. 2016, 79) ที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

2.1.2 การคัดเลือกกรณีศึกษา

ผู้วิจัยเริ่มต้นทำการคัดเลือกงานวิจัยเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาหลังจากดำเนินการทบทวนวรรณกรรมกว่า 30 ฉบับซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย โดยเนื้อหานั้นมีความผสมผสานระหว่างข้อมูลจากมุมมองเชิง IT และ non-IT ที่ผู้วิจัยรวบรวมมาจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

ผู้วิจัยพบว่ามีงานวิจัยที่สำคัญซึ่งได้มีการนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างของเมืองอัจฉริยะในปีค.ศ. 2007 (พ.ศ. 2550) และมีการระบุว่าแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะเป็นหนึ่งในคุณลักษณะของเมืองอัจฉริยะ (Giffinger et al. 2007, 12) จากข้อค้นพบดังกล่าวจึงทำให้ทราบว่าแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะได้เคยปรากฏอยู่ในงานวิจัยและถูกพัฒนาแนวคิดมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่าทศวรรษ

นอกจากนี้งานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายโครงสร้างของเมืองอัจฉริยะด้วยวิธีการจำแนกองค์ประกอบโครงสร้างเมืองอัจฉริยะและนำองค์ประกอบเหล่านั้นมาจัดเป็นหมวดหมู่ รวมทั้งอธิบายรายละเอียดย่อยของแต่ละหมวดหมู่ในรูปแบบของการจำแนกเป็นตัวชี้วัดหรือตัวบ่งชี้เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจง่ายและทราบในรายละเอียดอย่างชัดเจน

จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดและการค้นพบงานวิจัยที่สำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ทั้งระเบียบวิธีในการคัดเลือก รวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกกรณีศึกษาดังนี้

- เป็นกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีหรือเชิงปฏิบัติที่รวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะทั้งจากมุมมองเชิง IT และ non-IT
- มีการนำเสนอผลการวิจัยในรูปแบบของแบบจำลองความคิด (conceptual model) ซึ่งเป็นการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลหรือจำแนกเป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบ้านหรืออาคารอัจฉริยะ รวมทั้งมีการแบ่งระดับภายในการจัดหมวดหมู่เพื่ออธิบายรายละเอียดย่อยของแต่ละหมวดหมู่ เช่น การแบ่งเป็นเกณฑ์หลัก-เกณฑ์รอง เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถนำวิธีการนำเสนอผลการวิจัยในแต่ละกรณีศึกษาไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ได้
- เป็นกรณีศึกษาที่มีอายุการเผยแพร่ไม่เกิน 4 ปี (เผยแพร่ในปีค.ศ. 2018 – 2021 หรือปีพ.ศ. 2561 - 2564) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเป็นปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการคัดเลือกกรณีศึกษาด้วยเกณฑ์ในการคัดเลือกที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น จึงรวบรวมได้ทั้งหมด 7 กรณีศึกษาซึ่งประกอบด้วยงานวิจัยที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับอาคารอัจฉริยะ บ้านอัจฉริยะ การพัฒนาระบบการประเมินความอัจฉริยะและตัวบ่งชี้ความพร้อมด้านความอัจฉริยะ (Smart Readiness Indicator : SRI) ที่ใช้สำหรับประเมินความพร้อมของอาคารอัจฉริยะ (European Commission n.d.) การศึกษาเชิงปฏิบัติจากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีประสบการณ์ตรงในการใช้งานบ้านอัจฉริยะ รวมถึงการศึกษาเชิงปฏิบัติที่บูรณาการ BIM - IoT ในอาคารอัจฉริยะ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการกรณีศึกษาที่ถูกคัดเลือก รวมทั้งหมด 7 กรณีศึกษา

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	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	เชิงทฤษฎี	2021
E	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	เชิงทฤษฎี	2020
F	The social issues of smart home: a review of four European cities' experiences	เชิงปฏิบัติ	2021
G	BIM-Base Indoor Environmental Monitoring System	เชิงปฏิบัติ	2020

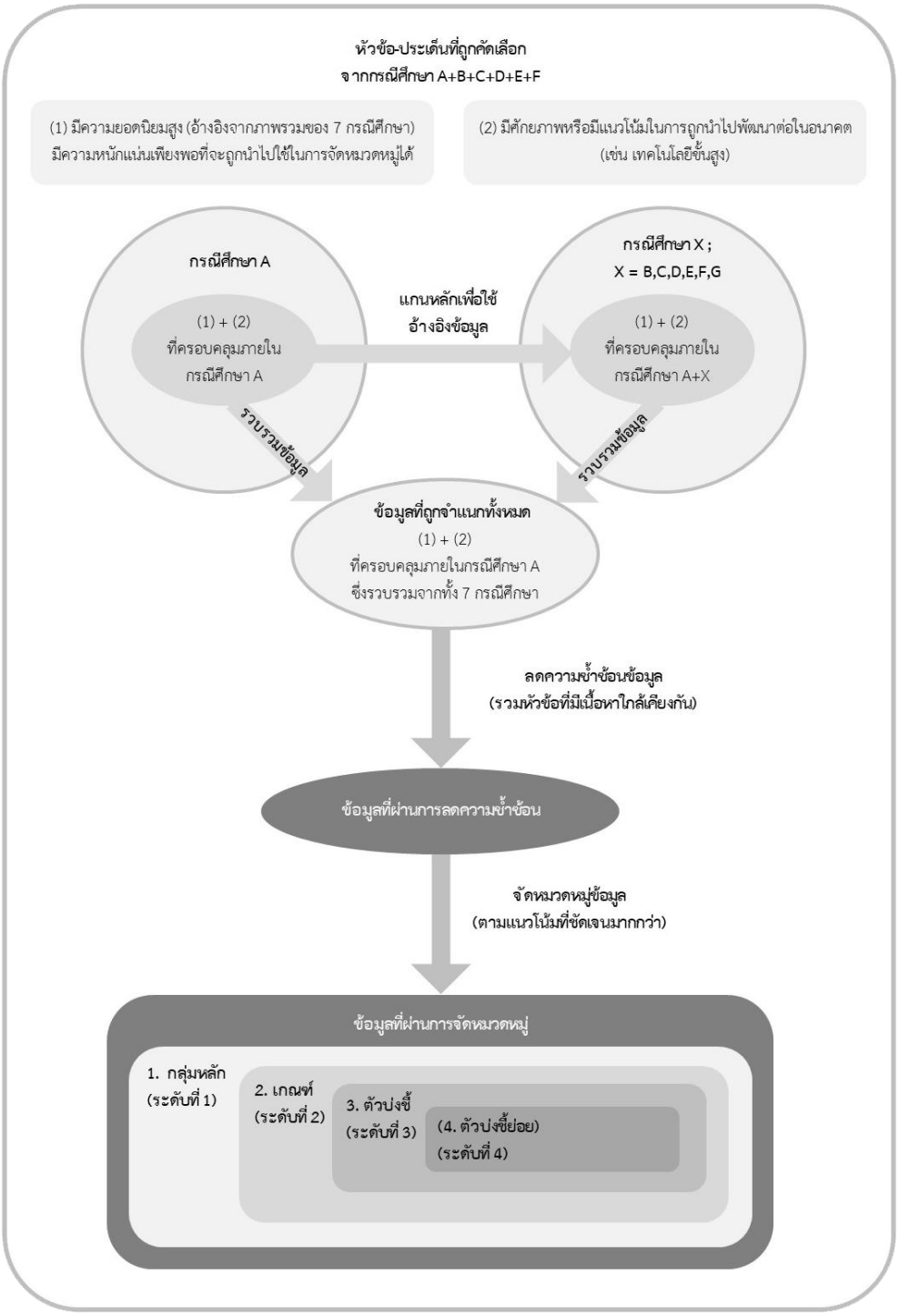
2.1.3 การจัดหมวดหมู่กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

2.1.3.1 การจัดทำแผนที่แสดงภาพรวมแนวคิดการศึกษาอย่างเป็นระบบ

เนื่องจากมีหัวข้อและประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะจำนวนมากจากการทบทวนวรรณกรรมทั้ง 7 กรณีศึกษา (ตารางที่ 1) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดทำภาพรวมเพื่อแสดงขอบเขตการวิจัยอย่างครอบคลุมและเพื่อให้ผู้วิจัยเกิดความเข้าใจในขอบเขตของงานวิจัยนี้ได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นผู้วิจัยจึงจัดหมวดหมู่โดยอ้างอิงตามกระบวนการจัดทำแผนที่แสดงภาพรวมแนวคิดการศึกษาอย่างเป็นระบบ (Systematic mapping study) (Kitchenham and Charters 2007, 44)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.3.2 เกณฑ์วิธีในการจัดหมวดหมู่ข้อมูล



ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงขั้นตอนของเกณฑ์วิธีในการจัดหมวดหมู่ข้อมูล

ที่มา: ผู้วิจัย

- จากแผนที่แสดงภาพรวมแนวคิดการศึกษาอย่างเป็นระบบ ทำให้ทราบถึงหัวข้อหรือประเด็นที่ครอบคลุมภายใน 7 กรณีศึกษา ต่อมาผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกหัวข้อหรือประเด็นซึ่งมีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งคู่ ดังนี้ (1) กลุ่มที่มีความยอดนิยมสูงโดยอ้างอิงจากภาพรวมของทั้ง 7 กรณีศึกษา เนื่องจากมีความหนักแน่นเพียงพอที่จะถูกนำไปใช้ในการรวมกลุ่มและจัดหมวดหมู่ได้ (2) กลุ่มที่มีศักยภาพหรือมีแนวโน้มในการถูกนำไปพัฒนาต่อในอนาคต เช่น หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีขั้นสูง เป็นต้น
- ผู้วิจัยนำหัวข้อหรือประเด็นทั้งหมดที่ครอบคลุมภายในกรณีศึกษา A (Omar 2018) มาเป็นจุดตั้งต้นในการจำแนกข้อมูลทั้งหมดในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นกรณีศึกษาที่ถูกเผยแพร่ก่อนเป็นอันดับแรก (ปีพ.ศ. 2561 หรือปีค.ศ. 2018) เมื่อเทียบกับอีก 6 กรณีศึกษาที่ถูกคัดเลือกมาในงานวิจัยนี้ พร้อมทั้งเป็นกรณีศึกษาที่มีข้อมูลครอบคลุมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอาคารอัจฉริยะและการดำรงชีวิตอัจฉริยะมากที่สุดและยังถูกนำไปใช้เป็นแนวทางหรือฐานข้อมูลในการอ้างอิงในงานวิจัยอื่นๆที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับอาคารอัจฉริยะ เช่น ในกรณีศึกษา D (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021) เป็นต้น
- ในลำดับต่อมาผู้วิจัยดำเนินการจำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจากอีก 6 กรณีศึกษาที่เหลือ โดยอาศัยหัวข้อหรือประเด็นจากกรณีศึกษา A เป็นแกนหลักเพื่อใช้อ้างอิงและควบคุมการจำแนกข้อมูลอย่างเป็นระบบ
- ถัดมาผู้วิจัยจึงทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้ (ภาพที่ 6) เพื่อนำมาดำเนินการลดความซ้ำซ้อนข้อมูล โดยข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนหรือเนื้อหาใกล้เคียงกันจะถูกรวมหัวข้อให้เป็นข้อเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 6 รายการคำสำคัญ หัวข้อหรือประเด็นทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ถูกจำแนกจากทั้ง 7 กรณีศึกษา
ที่มา: ผู้วิจัย

- ข้อมูลทั้งหมดที่สรุปได้จากการลดความซ้ำซ้อนข้อมูลนั้นอาจมีบางเนื้อหาที่คาบเกี่ยวกันระหว่างข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่สำหรับแต่ละหัวข้อให้อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ตามแนวโน้มที่ชัดเจนมากที่สุด (ของหัวข้อหรือประเด็นนั้นๆ) เช่น ประเด็น ก. มีแนวโน้มด้านพลังงาน 60% ด้านเทคโนโลยี 30% และด้านงานบริการ 10% ผู้วิจัยจึงจัดประเด็น ก. ให้อยู่ในกลุ่มด้านพลังงาน เป็นต้น

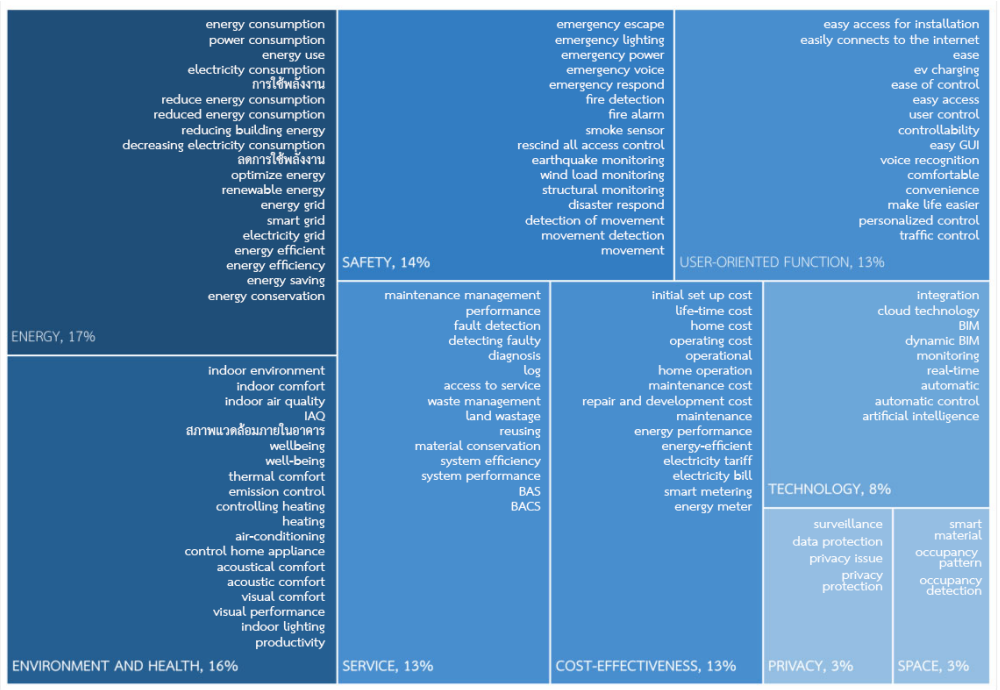
ในแต่ละหมวดหมู่จะประกอบด้วยคำสำคัญที่หลากหลาย ซึ่งจำนวนของคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแต่ละกลุ่มนั้นมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษาผู้วิจัยได้แปลงจำนวนคำสำคัญในแต่ละกลุ่มและแต่ละกรณีศึกษาเป็นอัตราความหนาแน่นของคำสำคัญดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัตราความหนาแน่นของคำสำคัญในแต่ละกลุ่มที่รวบรวมจากทั้งหมด 7 กรณีศึกษา

กรณีศึกษา	หัวข้อหรือประเด็นที่ถูกคัดเลือก								
	ENERGY	ENVIRONMENT AND HEALTH	TECHNOLOGY	PRIVACY	SAFETY	USER-ORIENTED FUNCTION	SPACE	SERVICE	COST-EFFECTIVENESS
	พลังงาน	สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	เทคโนโลยี	ภาวะส่วนตัว	ความปลอดภัย	ฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	พื้นที่	งานบริการ	ต้นทุนประสิทธิผล
A) Intelligent Building, Definitions, Factors and Evaluation Criteria of Selection									
B) Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings									
C) Development of a Smart Building Evaluation System for Office Buildings									
D) Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka									
E) An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System									
F) The social issues of smart home: a review of four European cities' experiences									
G) BIM-Base Indoor Environmental Monitoring System									
อัตราความหนาแน่นคำสำคัญ (%)	<20		≥20 , <40		≥40 , <60		≥60 , <80		≥80
สัญลักษณ์แทนค่า									

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้แสดงรายละเอียดของคำสำคัญในแต่ละกลุ่มและอัตราร้อยละของจำนวนคำสำคัญในแต่ละกลุ่มที่รวบรวมจาก 7 กรณีศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 รายละเอียดและอัตราร้อยละของคำสำคัญที่ในแต่ละกลุ่มที่รวบรวมจาก 7 กรณีศึกษา

ที่มา: ผู้วิจัย

- ในการจำแนกหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มข้างต้น ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่

  (ก) การจัดหมวดหมู่ระดับที่ 1 (ระดับหลัก) โดยอ้างอิงจากแนวคิดการจัดกลุ่มในบทความที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาภาพรวมของระบบนิเวศ IoT (Paolone et al. 2022, 411) ซึ่งอาศัยการจัดทำแผนที่แสดงภาพรวมแนวคิดการศึกษาอย่างเป็นระบบ

  (ข) การจัดหมวดหมู่ระดับที่ 2 (ระดับรอง) โดยอ้างอิงจากกรณีศึกษา A ไปจนถึงกรณีศึกษา D (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021; Jain 2019; Omar 2018; Verbeke et al. 2020) ซึ่งมีการจับประเด็นหลักเพื่อจัดเป็นหมวดหมู่ภายใต้กรอบความคิดในแต่ละกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ค) การจัดหมวดหมู่ระดับที่ 3 (ระดับย่อย) โดยอ้างอิงจากกรณีศึกษา B และกรณีศึกษา C (Jain 2019; Verbeke et al. 2020) ซึ่งมีการจับประเด็นย่อยเพื่อจัดให้เป็นตัวบ่งชี้ภายใต้หมวดหมู่หลักของกรอบความคิดในแต่ละกรณีศึกษา

ผู้วิจัยสรุปการจัดหมวดหมู่กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยสำหรับงานวิจัยนี้ไว้ดังนี้

ระดับที่ 1) <u>กลุ่มหลัก</u> : กลุ่มในระดับสูงสุด รวมถึงมีขนาดของกลุ่มข้อมูลใหญ่ที่สุด

ระดับที่ 2) <u>เกณฑ์</u> : กลุ่มในระดับที่รองลงมาจากกลุ่มหลัก โดยรวมหัวข้อทั้งหมดจากกลุ่มหลักไว้ด้วยกันแล้วจึงแบ่งออกเป็นเกณฑ์

ระดับที่ 3) <u>ตัวบ่งชี้</u> : กลุ่มในระดับที่รองลงมาจากเกณฑ์ โดยบางหัวข้อในบางเกณฑ์ที่มีความแตกต่างในรายละเอียดซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ รายละเอียดเหล่านั้นจะถูกอธิบายด้วยการแบ่งกลุ่มย่อยและถูกจัดอยู่ในระดับตัวบ่งชี้นี้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจขอบเขตของแต่ละหัวข้อหรือประเด็นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

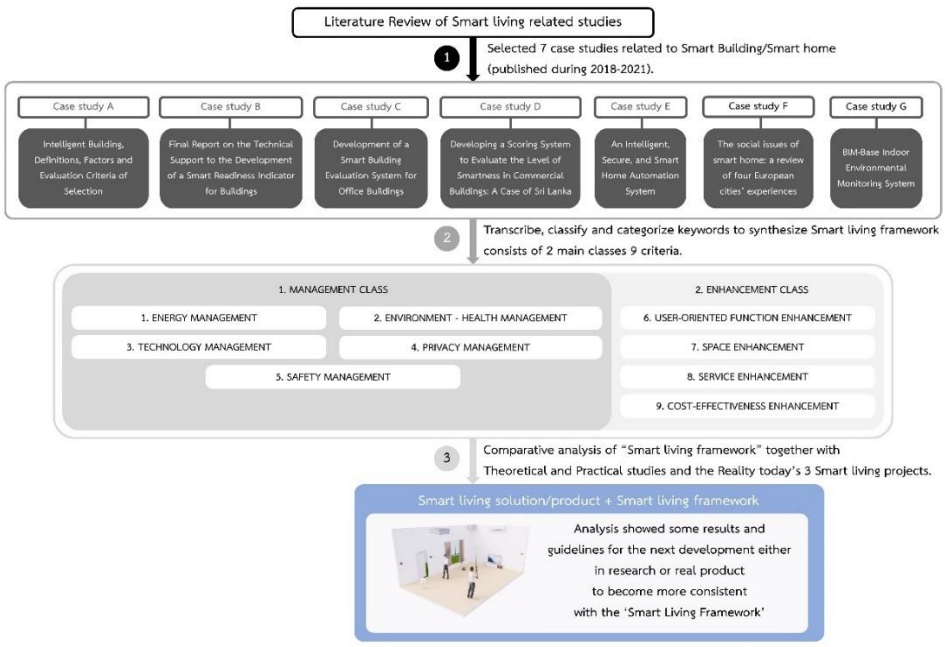
ระดับที่ 4) (ตัวบ่งชี้ย่อย) : มีลำดับรองลงมาจากตัวบ่งชี้โดยเป็นหัวข้อที่มีระดับต่ำสุดในการศึกษานี้ ซึ่งมีหน้าที่ขยายความในรายละเอียดย่อยของตัวบ่งชี้ที่มีปริมาณข้อมูลมาก และในส่วนของตัวบ่งชี้บางตัวที่มีปริมาณข้อมูลน้อยจะไม่มีตัวบ่งชี้ย่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.4 การวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

ข้อมูลที่ถูกรวบรวมและจัดหมวดหมู่จะถูกสังเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบของ 'กรอบความคิดดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย' เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลโดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ประเภท 1) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี 2) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 3) ระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ และ 4) วิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์และวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในเชิงสถาปัตยกรรม

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ดำเนินการสาธิตตัวอย่างการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยด้วยการพิจารณากรณีศึกษาตัวอย่างของโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากภาคการผลิตจริง เพื่อให้ทราบถึงผลการวิเคราะห์ด้านความสอดคล้องหรือความแตกต่างในระดับตัวบ่งชี้ เกณฑ์และภาพรวมของโครงการ ซึ่งการนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เช่นนี้นำไปสู่การพัฒนาต่อยอดระบบการให้คะแนนหรือการประเมินความอัจฉริยะของโครงการในอนาคตต่อไป โดยผู้วิจัยได้สรุประเบียบวิธีวิจัยเป็นโมเดลแสดงระเบียบวิธีวิจัยดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงระเบียบวิธีวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัย

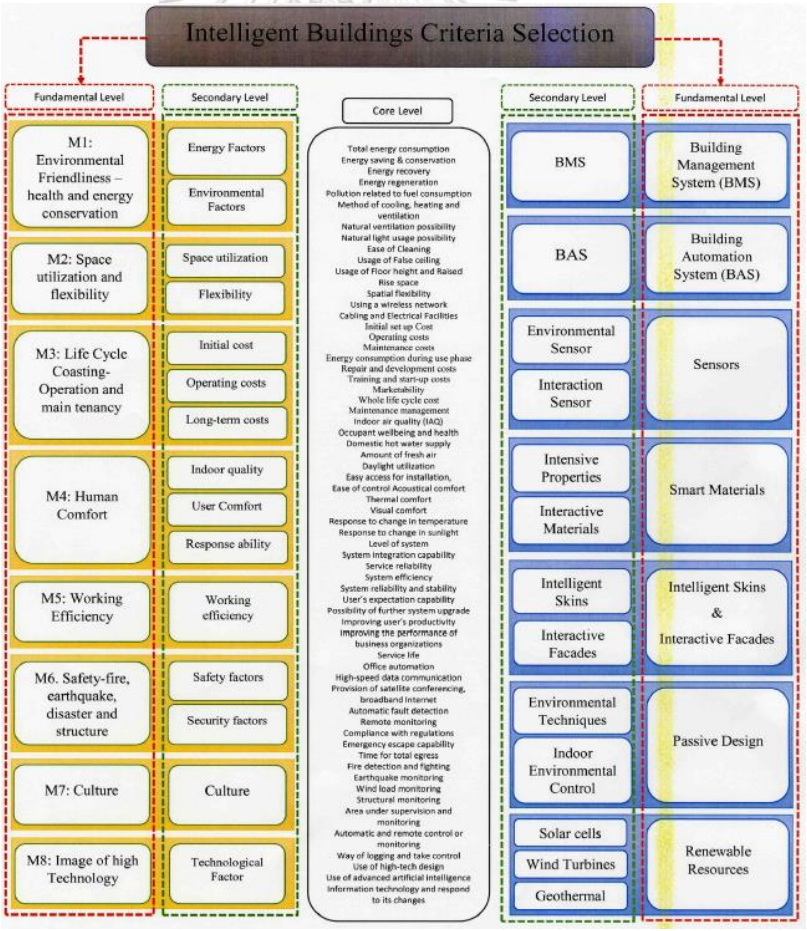
2.2 พื้นที่กรณีศึกษา

2.2.1 กรณีศึกษาที่ถูกคัดเลือกและข้อมูลโดยสังเขป

2.2.2.1 กรณีศึกษาเชิงทฤษฎี

<u>กรณีศึกษา A)</u> Intelligent Building, Definitions, Factors and Evaluation Criteria of Selection (Omar 2018)

การศึกษาที่มุ่งเน้นด้านการสร้างกรอบความคิดที่ครอบคลุมซึ่งมีเกณฑ์ที่ซับซ้อนสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจในการออกแบบอาคารอัจฉริยะ กรอบความคิดนี้ได้ดำเนินการผสาน 2 แนวคิดหลักเข้าด้วยกัน ระหว่าง 1) แบบจำลองเชิงแนวคิดแบบหลายเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการออกแบบ และ 2) แบบจำลองเชิงแนวคิดที่ช่วยด้านการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

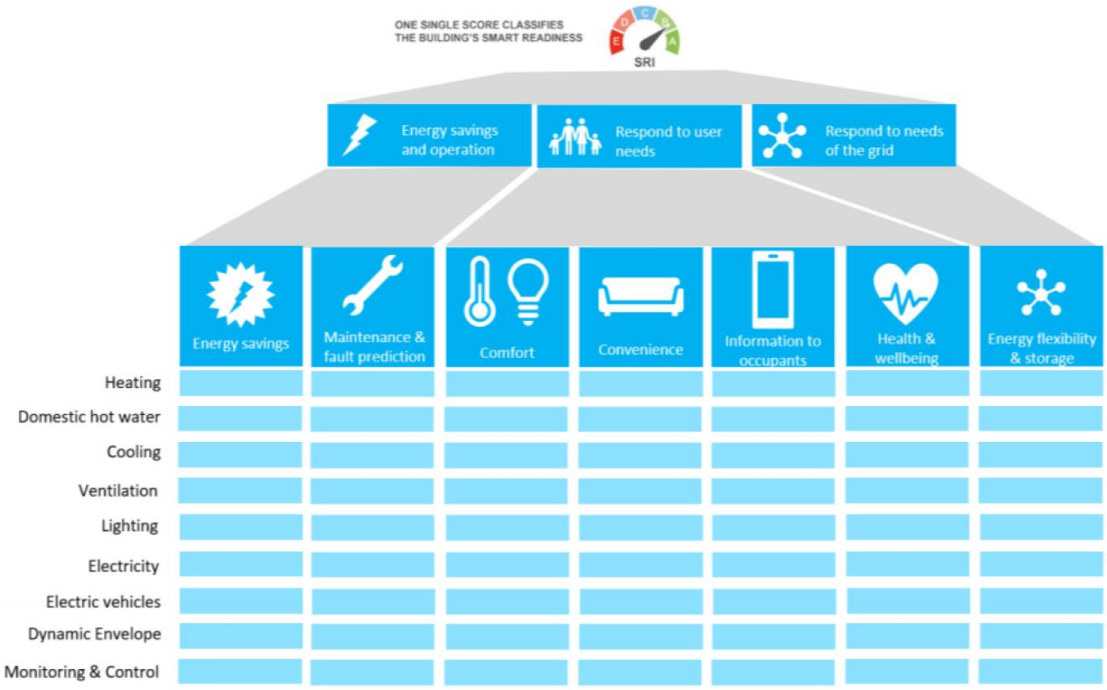


ภาพที่ 9 ภาพรวมกรอบความคิดของกรณีศึกษา A

ที่มา: (Omar 2018, 2908)

กรณีศึกษา B) Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings (Verbeke et al. 2020)

หนึ่งในหัวใจสำคัญของคำสั่งด้านประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Energy Performance of Buildings Directive : EPBD) คือการใช้ประโยชน์จากศักยภาพของเทคโนโลยีอัจฉริยะในภาคอาคารได้ดียิ่งขึ้น EPBD ได้กำหนดบทบัญญัติเพื่อจัดทำ “ตัวบ่งชี้ความพร้อมด้านความอัจฉริยะ” (Smart Readiness Indicator : SRI) เพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมินความพร้อมด้านความอัจฉริยะของอาคาร แผนของสหภาพยุโรปแบบทางเลือกทั่วไปนี้จะประเมินความพร้อมทางเทคโนโลยีของอาคารในการโต้ตอบกับผู้อยู่อาศัย เพื่อโต้ตอบกับโครงข่ายพลังงานที่ถูกเชื่อมต่อและเพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จุดมุ่งหมายของ SRI คือการสร้างความตระหนักรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีอาคารและฟังก์ชันการทำงานที่อัจฉริยะมากขึ้น และทำให้มูลค่าเพิ่มของเทคโนโลยีเหล่านี้จับต้องได้มากขึ้นสำหรับผู้ใช้อาคาร เจ้าของ ผู้เช่าและผู้ให้บริการเชิงอัจฉริยะ โดยบริการของคณะกรรมาธิการยุโรป (The European Commission services : DG ENERGY) ได้รับมอบหมายและรับหน้าที่ดูแลการศึกษา 2 ฉบับโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้การสนับสนุนเชิงเทคนิคเพื่อนำไปสู่การอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการทั่วไปและเส้นทางการดำเนินการที่เป็นไปได้ของตัวบ่งชี้นี้ การศึกษาเชิงเทคนิคชิ้นแรกเสนอคำนิยามและร่างระเบียบวิธีสำหรับ SRI การศึกษาเชิงเทคนิคชิ้นที่สองได้ต่อยอดจากความรู้ที่มีอยู่เพื่อส่งมอบข้อมูลทางเทคนิคที่จำเป็นในการปรับปรุงและสรุปคำจำกัดความของ SRI และวิธีการคำนวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการศึกษาเชิงเทคนิคเหล่านี้ได้พัฒนา ทดสอบคำจำกัดความและวิธีการประเมินที่ใช้ได้จริงสำหรับ SRI



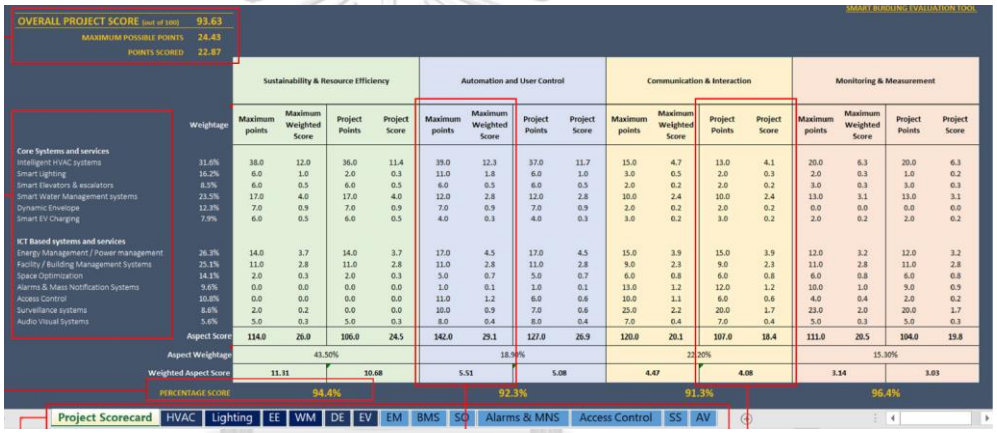
ภาพที่ 10 กรอบโครงสร้างโดเมน (Domain) และเกณฑ์ผลกระทบ (Impact criteria) ที่ถูกนำเสนอในกรณีศึกษา B

ที่มา: (Verbeke et al. 2020, 21)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>กรณีศึกษา C)</u> Development of a Smart Building Evaluation System for Office Buildings (Jain 2019)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นความพยายามที่จะพัฒนาระบบที่สามารถใช้ในการประเมินความอัจฉริยะของอาคารสำนักงานทั่วไป เครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถเป็นจุดเริ่มต้นและพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบการจัดอันดับและการรับรองอาคารอัจฉริยะ รวมถึงให้การยอมรับสำหรับอาคารที่มีคุณสมบัติและความสามารถที่อัจฉริยะได้ โดยเครื่องมือนี้สร้างขึ้นเพื่อสนับสนุนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียด้านอสังหาริมทรัพย์ เช่น สถาปนิก เจ้าของ ผู้จัดการสถานที่ ฯลฯ

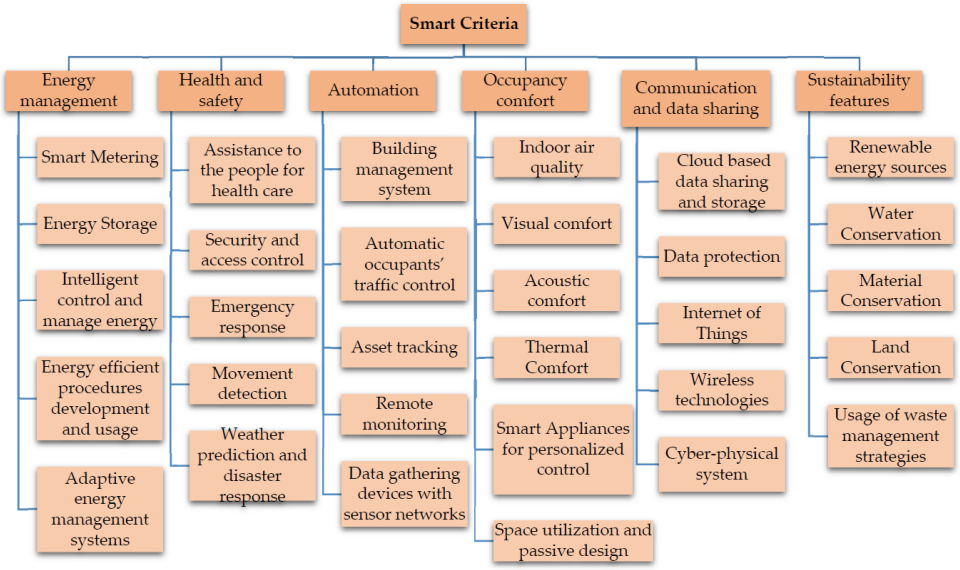


ภาพที่ 11 กรอบความคิดของโครงการนำมาสู่ "เครื่องมือประเมินอาคารอัจฉริยะ" (Smart building evaluation tool : SBET) จากกรณีศึกษา C โดยเกณฑ์ประเมินในเครื่องมือจะถูกแบ่งออกเป็น 1) 4 แง่มุมหลักของอาคารสำนักงานอัจฉริยะ 2) 6 ระบบและบริการหลักที่สามารถทำให้อัจฉริยะ และ 3) 7 ระบบและบริการบนพื้นฐานของ IT ที่สามารถทำให้อัจฉริยะได้ตามแง่มุมที่ถูกเลือกใน 1)

ที่มา: (Jain 2019, 41)

กรณีศึกษา D) Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)

อาคารอัจฉริยะ (Smart buildings) ถูกพัฒนาในรูปแบบต่างๆ มากมาย และอ้างอิงด้วยตนเองว่าอัจฉริยะ โดยที่ระดับความฉลาด ฟังก์ชั่นของระบบอัจฉริยะและประโยชน์ของแต่ละระบบนั้นไม่เหมือนกันซึ่งอาจสร้างความประทับใจที่ไม่ถูกต้องต่อลูกค้าหรือผู้ซื้อที่มีศักยภาพได้ ซึ่งการพัฒนาระบบการให้คะแนนที่ช่วยในการพิจารณาความอัจฉริยะโดยรวมของอาคารเป็นสิ่งที่จำเป็น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อพัฒนาระบบการให้คะแนนในการประเมินระดับความอัจฉริยะของอาคารพาณิชย์ โดยผู้วิจัยได้อ้างอิงประเทศศรีลังกาให้เป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยฉบับนี้



ภาพที่ 12 กรอบความคิดเกณฑ์อาคารอัจฉริยะ (Smart building criteria) จากกรณีศึกษา D

ที่มา: (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 10)

กรณีศึกษา E) An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System (Majeed et al. 2020)

ความท้าทายที่สำคัญสำหรับบ้านอัจฉริยะคือการตัดสินใจอย่างชาญฉลาด การระบุตัวตนที่ปลอดภัยและการรับรองความถูกต้องของอุปกรณ์ IoT การเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง ความปลอดภัยของข้อมูล และปัญหาภาวะส่วนตัว โดยระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถบรรลุ 1-2 เป้าหมายในความท้าทายเหล่านี้

ระบบบ้านอัจฉริยะแบบอัตโนมัติในการศึกษานี้ไม่ได้ช่วยเพียงเรื่องความปลอดภัยเท่านั้นแต่ยังมีการตัดสินใจที่ชาญฉลาดและความสามารถในการวิเคราะห์ การศึกษาฉบับนี้ได้มีการนำเสนอแนวคิดใหม่เกี่ยวกับบ้านอัจฉริยะที่ใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ประเภท SVM (Support Vector Machine) สำหรับการตัดสินใจที่ชาญฉลาดและยังใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain) เพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบุตัวตนและการรับรองความถูกต้องของอุปกรณ์ IoT

Functionality	Old system	Proposed system
Raspberry support	No	Yes
Data logging	No	Yes
Home prototype design	No	Yes
Sensor update	No	Yes
Intensity control	No	Yes
Billing system	No	Yes
Cloud database support	No	Yes
Machine learning classifier	No	Yes
Blockchain technology	No	Yes

ภาพที่ 13 ตารางรวมฟังก์ชั่นภายในระบบบ้านอัจฉริยะที่ถูกนำเสนอในกรณีศึกษา E ที่มา: (Majeed et al. 2020, 13)

2.2.2.2 กรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ

<u>กรณีศึกษา F)</u> The social issues of smart home: a review of four European cities' experiences (Pira 2021)

นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการเสนอแนวคิด "เมืองอัจฉริยะ" ซึ่งมีจุดประสงค์หลักเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยในเมือง และหนึ่งในองค์ประกอบเมืองอัจฉริยะที่เรียกว่า “การดำรงชีวิตอัจฉริยะ” นั้นมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับคุณภาพชีวิตของประชาชน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์บ้านอัจฉริยะซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบย่อยของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ดังนั้นเมื่ออ้างอิงตามมุมมองของผู้อยู่อาศัยใน “บ้านอัจฉริยะ” คำถามหลักคืออุปสรรคทางสังคมใดมีความสำคัญมากกว่ากัน ผู้วิจัยได้เลือกเมืองอัจฉริยะชั้นนำ 4 แห่งในยุโรป ได้แก่ โคเปนเฮเกน เบอร์ลิน ลอนดอน และบาร์เซโลนา เป็นกรณีศึกษา ซึ่งในผลการวิจัยได้ระบุความท้าทายทางสังคมที่สำคัญที่สุดสำหรับบ้านอัจฉริยะ รวมถึงระบุข้อเสนอเพื่อลดผลข้างเคียงของการอยู่อาศัยในบ้านอัจฉริยะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Service	Function	Device
Comfort	Automation of daily routines	Dishwasher Washing machine Refrigerator Cooker
	Remote home management	Closet/drawer/mirror Window/door/gate Mailbox/garden devices
	Intelligent environmental and sustainable services	Heat/gas/electricity/light
	Smart leisure	TV/radio/home cinema
Monitoring	Health and lifestyle monitoring	Infrared sensors Wearable sensors Wearable accelerometer Internal sensors (to monitor physiological signs) EGG (epileptic seizure, sleep disorder) Heart rate Blood oxygen level Blood pressure Blood glucose level Temperature
Health therapy	Remote interaction	Telehealthcare
	Remote therapy	Tremor delivery Drug delivery Hormone delivery
Support	Support patients with hearing issues	Alarm system based on visual signs Teletype machine Special electronic display screen Hearing-disabled persons Special display screen
	Support during a home rehabilitation	Robotic devices for rehabilitation
	Assist patients with mobility issues	Tailored interface Companion robot Mobility devices (electric wheelchair) Computerized voice generation (to communicate)
	Support with socialization Patients with Visual disabilities	Robots Audible beacon Tailored screen Specially designed remote control (voice recognition)
Consultancy	Suggestions	Sensors

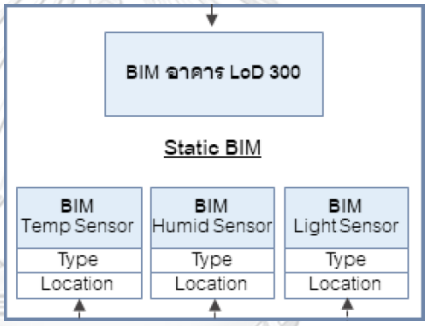
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 14 ตารางจัดหมวดหมู่อุปกรณ์ที่ใช้ภายในบ้านอัจฉริยะแบ่งตามฟังก์ชั่นและบริการจากกรณีศึกษา F

ที่มา: (Pira 2021, 5)

กรณีศึกษา G) BIM-Base Indoor Environmental Monitoring System (เทิดศักดิ์และคณะ 2563)

การเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุคดิจิทัลของเทคโนโลยีอาคารทำให้ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาคารถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลอย่างมีระบบภายใน BIM รวมถึงข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในอาคารยังสามารถถูกตรวจจับและจัดเก็บไว้ในรูปแบบดิจิทัลผ่านอุปกรณ์ IoT เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจาก BIM มีความซับซ้อนและมีลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผนวกข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารร่วมกับข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในอาคารมาแสดงผลบนระบบแสดงผลตามเวลาจริง



ภาพที่ 15 แสดงหมวดหมู่ของข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่ถูกจัดเก็บผ่านอุปกรณ์ตรวจจับที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต จากกรณีศึกษา G
ที่มา: (เทิดศักดิ์และคณะ 2563, 83)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

เนื่องจากทั้งอาคารและบ้านอัจฉริยะเป็นส่วนหนึ่งของการยกระดับคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการทบทวนวรรณกรรมที่แสดงถึงแนวคิดเรื่องอาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะ รวมไปถึงแนวคิดเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and communications technology : ICT) อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) และระบบเครือข่ายเซนเซอร์

นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อาคารอัจฉริยะ บ้านอัจฉริยะ และการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย ทั้งนี้เพื่อให้ทราบความหมายและขอบเขตของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยรวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน

2.2.3.1 คำนิยามและขอบเขตของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

การดำรงชีวิตอัจฉริยะหมายถึงแนวคิดในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ซึ่งประกอบด้วยแง่มุมต่างๆของคุณภาพชีวิต ได้แก่ 1) สิ่งอำนวยความสะดวกทางวัฒนธรรม 2) เงื่อนไขด้านสุขภาพ 3) ความปลอดภัยส่วนบุคคล 4) คุณภาพที่อยู่อาศัย 5) สิ่งอำนวยความสะดวกทางการศึกษา 6) ความน่าดึงดูดด้านการท่องเที่ยว 7) การอยู่ร่วมกันในสังคม โดยมีจุดประสงค์หลักคือการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองในทุกแง่มุมข้างต้น (Giffinger et al. 2007, 12)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SMART LIVING
(Quality of life)

- Cultural facilities
- Health conditions
- Individual safety
- Housing quality
- Education facilities
- Touristic attractivity
- Social cohesion

ภาพที่ 16 องค์ประกอบของการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

ที่มา: (Giffinger et al. 2007)

2.2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยกับอาคารอัจฉริยะและบ้านอัจฉริยะ

อาคารเป็นภาคส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุดสำหรับประเทศกำลังพัฒนาในหลายแห่ง (Asadian, Azari, and Vakili Ardebili 2018, 87) จุดประสงค์หลักของการออกแบบอาคารอัจฉริยะจึงมุ่งเน้นไปที่การลดการใช้พลังงานและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตจากภาคส่วนอาคาร (Omar 2018, 2909) เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์หลักของอาคารอัจฉริยะควรใช้ทั้งวิธีการแก้ไขปัญหาในเชิงสถาปัตยกรรมและเชิงเทคโนโลยีเพื่อให้มีส่วนช่วยในการยกระดับคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้อาคาร (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 6) รวมถึงการเพิ่มความสะดวกสบายซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานและความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร (Omar 2018, 2904) ซึ่งอาคารอัจฉริยะนั้นประกอบด้วยระบบเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อกันระหว่างหลายระบบเพื่อทำงานร่วมกันและสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการด้วยการจัดการทรัพยากรแบบบูรณาการ (Froufe et al. 2020, 5)

ในส่วนของบ้านอัจฉริยะเป็นอีกหนึ่งในทางเลือกเพื่อบรรลุเป้าหมายของแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย โดยจุดประสงค์หลักของบ้านอัจฉริยะคือการรวมระบบ บริการและการจัดการเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้ใช้งานมีสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตที่มีประสิทธิภาพ สะดวกสบาย ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Pira 2021, 3) โดยบ้านอัจฉริยะสามารถช่วยผู้ใช้ในการตรวจสอบและเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและช่วยติดตามสถานะการทำงานของเซ็นเซอร์ได้ เช่น ไฟส่องสว่าง เครื่องทำความร้อน เครื่องปรับอากาศและเครื่องระบายอากาศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยด้านการประหยัดพลังงานโดยการช่วยให้ผู้ใช้ทราบว่ามีอุปกรณ์ใดในบ้านที่ใช้พลังงานมากกว่าอุปกรณ์อื่นๆ (Majeed et al. 2020, 2) ดังนั้นบ้านและอาคารอัจฉริยะจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีส่วนในการส่งเสริมการดำรงชีวิตอัจฉริยะเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.3.3 แนวคิด ICT และเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

เทคโนโลยีสารสนเทศ (IT) เป็นเทคโนโลยีที่สนับสนุนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล กิจกรรมดังกล่าวประกอบไปด้วยการรวบรวม ประมวลผล จัดเก็บและนำเสนอข้อมูล นอกจากนี้ยังรวมถึงกิจกรรมความร่วมมือและการสื่อสารที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น ‘เทคโนโลยีสารสนเทศ’ จึงกลายมาเป็น ‘เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร’ (Information and communications technology : ICT) ซึ่งครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำการจัดเก็บ เรียกใช้ จัดการและการส่งหรือรับข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โทรทัศน์ดิจิทัล อีเมลและหุ่นยนต์ (Gokhe 2018, 1-2)

ยุคอุตสาหกรรม 4.0 นั้นโดดเด่นด้วยดิจิทัลไลเซชัน (Digitalization) อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงบางสิ่งให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล (Merriam-Webster n.d.) พวกอุปกรณ์เชื่อมต่อเติบโตอย่างแพร่หลาย ทั้งในเชิงส่วนบุคคลและเชิงอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องเช่น ‘สมาร์ตโฟน’ ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเครือข่ายการสื่อสารได้รับการพัฒนามาจนถึงรุ่นที่ 5 หรือที่เรียกว่า 5G และขอบเขตการประยุกต์ใช้ของเครือข่ายมือถือ 5G ที่จะได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ 1) การใช้งานในที่พักอาศัย 2) IoT 3) การเชื่อมต่อโครงสร้างพื้นฐาน 4) การเชื่อมต่อระหว่างยานพาหนะและ 5) ความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) และความเป็นจริงเสมือน (Virtual reality)

การปรับปรุงเหล่านี้จะใช้ประโยชน์จากความครอบคลุมที่เพิ่มขึ้น แบนด์วิธที่สูงขึ้น ความหน่วงต่ำของ 5G ควบคู่กับการผสานรวมข้ามเครือข่ายหลายเครือข่าย ที่รวมทั้งเครือข่ายภาคพื้นดินและเครือข่ายทางอากาศ (Ajayi, Bagula, and Maluleke 2022, 3-4) และด้วยพัฒนาการและประโยชน์ดังกล่าว ICT จึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการขับเคลื่อนการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

2.2.3.4 แนวคิด IoT และระบบเครือข่ายเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) คือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับอินเทอร์เน็ต และเชื่อมต่ออุปกรณ์เหล่านั้นเข้าด้วยกัน (ARC Advisory Group 2022) โดย IoT นั้นเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่ก่อให้เกิดการระเบิดของข้อมูล (Data explosion) ซึ่งเป็นคำที่ใช้เรียกเมื่อข้อมูลจำนวนมากถูกสร้างขึ้นอย่างรวดเร็ว และจัดเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ (Zhu, Zhong, and Xiong 2009, 147)

IoT มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงปีที่ผ่านมา ซึ่งองค์ประกอบหลักของคำนิยาม IoT คือ 1) ‘การเชื่อมต่อ’ หมายถึงเครือข่าย 2) ‘แบบฝังตัว’ หมายถึงการรวมการตรวจจับและสั่งงานในตัวและ 3) ‘การระบุตัวตนได้’หมายถึงเลขที่อยู่ที่แตกต่างกัน (Ajayi, Bagula, and Maluleke 2022, 4-5)

IoT ทำหน้าที่เป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ต่างๆ ยานพาหนะ อาคารและสิ่งของอื่นๆ ที่มีเทคโนโลยีฝังอยู่ในนั้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเซ็นเซอร์ ซอฟต์แวร์ แท็กและการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ทำให้ผู้ใช้รับรู้ได้ว่ามีการใช้สิ่งของต่างๆอย่างไรและทราบถึงวิธีการปรับปรุงการทำงานสิ่งของเหล่านั้นว่าสามารถดำเนินการได้อย่างไร ข้อมูลที่มาจากอุปกรณ์ IoT ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงและควบคุมเทคโนโลยีผ่านแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ได้ อีกทั้งยังสามารถทำการตัดสินใจที่มีข้อมูลรองรับมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้การทำกิจกรรมของผู้ใช้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น (NEW PC PLANET 2019) และเป็นไปตามเป้าหมายของแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ผลการศึกษา

3.1 ภาพรวมกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

จากการศึกษาพบว่าสามารถจัดหมวดหมู่กรอบความคิดโดยจำแนกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1) ระดับกลุ่มหลัก ประกอบด้วย 2 กลุ่มหลัก

1.1) กลุ่มการจัดการ

1.2) กลุ่มการยกระดับ

ระดับที่ 2) ระดับเกณฑ์ ประกอบด้วย 9 เกณฑ์

2.1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน

2.2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

2.3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี

2.4) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

2.5) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย

2.6) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้

2.7) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่

2.8) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ

2.9) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

ระดับที่ 3) ระดับตัวบ่งชี้ ประกอบด้วย 30 ตัวบ่งชี้

3.1) ตัวบ่งชีด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน

3.2) ตัวบ่งชี้ด้านการฟื้นฟูพลังงาน

3.3) ตัวบ่งชี้ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)

3.4) ตัวบ่งชี้ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร

3.5) ตัวบ่งชี้ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ

3.6) ตัวบ่งชี้ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น

3.7) ตัวบ่งชี้ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน

3.8) ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ

3.9) ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.10) ตัวบ่งชี้ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ

3.11) ตัวบ่งชี้ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล

3.12) ตัวบ่งชี้ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล

3.13) ตัวบ่งชี้ด้านการป้องกันข้อมูล

3.14) ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน

3.15) ตัวบ่งชี้ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน

3.16) ตัวบ่งชี้ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ

3.17) ตัวบ่งชี้ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว

3.18) ตัวบ่งชี้ด้านความง่ายในการติดตั้ง

3.19) ตัวบ่งชี้ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า

3.20) ตัวบ่งชี้ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้

3.21) ตัวบ่งชี้ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่

3.22) ตัวบ่งชี้ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่

3.23) ตัวบ่งชี้ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา

3.24) ตัวบ่งชี้ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย

3.25) ตัวบ่งชี้ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ

3.26) ตัวบ่งชี้ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)

3.27) ตัวบ่งชี้ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม

3.28) ตัวบ่งชี้ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

3.29) ตัวบ่งชี้ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

3.30) ตัวบ่งชี้ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อนำกลุ่มข้อมูลที่ถูกจำแนกและจัดหมวดหมู่ทั้งหมดข้างต้นนี้ มาสังเคราะห์เป็นกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยตามกระบวนการจัดทำแผนที่แสดงภาพรวมแนวคิดการศึกษาอย่างเป็นระบบ (Systematic mapping study) (Kitchenham and Charters 2007, 44) จึงแสดงผลได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

กลุ่มหลัก	เกณฑ์	ตัวบ่งชี้
1) การจัดการ	1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน	ก) ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
		ข) ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
		ค) ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)
	2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	ก) ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
		ข) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
		ค) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
		ง) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
	3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	ก) ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
		ข) ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
		ค) ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
	4) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	ก) ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
		ข) ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล
		ค) ด้านการป้องกันข้อมูล
	5) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	ก) ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
		ข) ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
		ค) ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
		ง) ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
2) การยกระดับ	6) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	ก) ด้านความง่ายในการติดตั้ง
		ข) ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
		ค) ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
	7) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	ก) ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
		ข) ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
	8) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	ก) ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
		ข) ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย
		ค) ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
		ง) ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)
	9) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	ก) ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
		ข) ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
		ค) ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
		ง) ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 กลุ่มการจัดการ

กลุ่มการจัดการประกอบด้วยทั้งหมด 5 เกณฑ์และ 17 ตัวบ่งชี้ ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยในส่วนนี้ผู้วิจัยได้มีการอธิบายรายละเอียดโดยสังเขปของตัวบ่งชี้แต่ละตัวในแต่ละเกณฑ์ ซึ่งในภาคผนวก ก นั้นมีการแสดงรายการงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (ซึ่งเผยแพร่ตั้งแต่ปีค.ศ. 2018 - 2021 / พ.ศ. 2561 - 2564) เพื่อแสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับทั้ง 5 เกณฑ์ (เกณฑ์ที่ 1-5) ภายในกลุ่มการจัดการนี้

ตารางที่ 4 กลุ่มการจัดการของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

เกณฑ์		ตัวบ่งชี้
เกณฑ์ที่ 1	เกณฑ์การจัดการพลังงาน	ก) ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
		ข) ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
		ค) ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)
เกณฑ์ที่ 2	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	ก) ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
		ข) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
		ค) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
		ง) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
เกณฑ์ที่ 3	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	ก) ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
		ข) ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
		ค) ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
เกณฑ์ที่ 4	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	ก) ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
		ข) ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล
		ค) ด้านการป้องกันข้อมูล
เกณฑ์ที่ 5	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	ก) ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
		ข) ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
		ค) ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
		ง) ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1 เกณฑ์การจัดการพลังงาน

เกณฑ์ที่เน้นในด้านการยกระดับประสิทธิภาพและการดำเนินการด้านพลังงาน เช่น การลดปริมาณการใช้พลังงาน การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน การส่งเสริมการบูรณาการแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Omar 2018, 2909; Verbeke et al. 2020, 29) และการลดความตึงเครียดของระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นต้น (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 5; Pira 2021, 6) ด้วยบทบาทที่สำคัญของการจัดการพลังงานในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การจัดการพลังงานซึ่งประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อย[2] ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการพลังงาน

ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก) ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	1) ปริมาณการใช้พลังงานรวม
	2) การตรวจติดตามการใช้พลังงานแบบตามเวลาจริง (real-time)
	3) การควบคุมการผลิตน้ำร้อนภายในอาคาร
	4) การใช้น้ำสำหรับระบบทำความเย็น (Free Cooling)
	5) การรายงานการใช้
ข) ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	-
ค) ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยระบบเซ็นเซอร์ไร้สาย (Pira 2021, 13)
- การควบคุมระบบการผลิตน้ำร้อนภายในอาคารด้วยการเปิด-ปิดแบบอัตโนมัติ เปิดการใช้งานประจุตามกำหนดเวลา และจัดการที่เก็บข้อมูลด้วยรูปแบบหลายเซ็นเซอร์ (Jain 2019, xi)

[2] *ตัวบ่งชี้ย่อย เป็นข้อย่อยที่จำแนกรายละเอียดย่อยของตัวบ่งชี้ใดๆ โดยปริมาณของตัวบ่งชี้ย่อยมีผลต่อความแตกต่างของ 'ความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ' ของแต่ละตัวบ่งชี้ (ในงานวิจัยนี้เรียกว่าคะแนนตัวบ่งชี้) ซึ่งผู้วิจัยได้ให้คำนิยามคะแนนตัวบ่งชี้ไว้ในบทที่ 4.1 และคะแนนดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการนำเสนอการสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในบทที่ 4.2)*

(ข) ด้านการฟื้นฟูพลังงาน ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การผลิตพลังงานทดแทนโดยสินทรัพย์ในสถานที่นั้นๆและการควบคุมการใช้หรือจัดเก็บพลังงานที่สร้างขึ้นเอง (Jain 2019, 12)
- การจับคู่การจัดหาพลังงานไฟฟ้าหมุนเวียนกับปัจจัยความต้องการต่างๆเป็นระยะ เช่น การเติบโตของประชากร ความกังวลเกี่ยวกับการปล่อยคาร์บอน และพลังงานที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์และพลังงานลม เป็นต้น (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 7)

(ค) ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) คือระบบที่นำเทคโนโลยีหลากหลายประเภทเข้ามาทำงานร่วมกันตลอดทั้งห่วงโซ่ของระบบไฟฟ้าได้อย่างชาญฉลาด (Metropolitan Electricity Authority 2020) ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะผ่านระบบโต้ตอบที่มีความอัจฉริยะ (Pira 2021, 6)
- การจัดการและดำเนินการระบบพลังงานในอาคารโดยขึ้นอยู่กับโหลดของกริดไฟฟ้าและส่วนของการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand-side management) ใช้สำหรับการเปลี่ยนโหลด (Load shifting) (Jain 2019, 26)

ตารางที่ 6 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการพลังงาน (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก)

	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการพลังงาน
1)	energy consumption / power consumption / energy use / electricity consumption / การใช้พลังงาน
2)	reduce energy consumption / reduced energy consumption / reducing building energy / decreasing electricity consumption / ลดการใช้พลังงาน
3)	optimize energy
4)	renewable energy
5)	energy grid / smart grid / electricity grid
6)	energy efficient / energy efficiency
7)	energy saving / energy conservation

3.2.2 เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการสร้างสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยมุ่งเน้นสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีความจำเป็นและเพียงพอสำหรับความต้องการของผู้อยู่อาศัยและประโยชน์ที่ผู้ใช้อาคารจะได้รับ ทั้งด้านความสะดวกสบาย ช่วยเพิ่มความเป็นอยู่ที่ดีและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร (Omar 2018, 2905-2906; Verbeke et al. 2020, 20) เช่น การติดตามตรวจสอบและการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร การควบคุมการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าส่องสว่างหรือระบบเสียงด้วยระบบอัตโนมัติ เป็นต้น ด้วยบทบาทที่สำคัญของการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในอาคารและส่งเสริมสุขภาพของผู้ใช้อาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อย ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก) ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	-
ข) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	1) การควบคุมการทำความร้อนและสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตความร้อน
	2) การควบคุมการทำความเย็นและสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตความเย็น
	3) การควบคุมการไหลของอากาศ
	4) รายงานข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น
	5) รายงานข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบทำความร้อน
ค) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น	1) การควบคุมพลังงานแสงประดิษฐ์โดยอัตโนมัติตามความพร้อมของแสงแดด
	2) การใช้เซ็นเซอร์วัดแสง
ง) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การควบคุมตามความต้องการ (Demand-based control) ตามเซ็นเซอร์คุณภาพอากาศ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) เป็นต้น (Jain 2019, 21)
- การแสดงข้อมูลแบบตามเวลาจริง (real time) สำหรับผู้ใช้งานอาคารและมีการแนะนำตัวกระตุ้น (trigger) ในการปฏิบัติ (Jain 2019, 21)
- การสร้างและประยุกต์ใช้ระบบแสดงผลสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในอาคารด้วยอุปกรณ์ IoT ประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง เพื่อแสดงผลบนฐานข้อมูลสารสนเทศอาคารตามเวลาจริง (เทิดศักดิ์และคณะ 2563, 88)

(ข) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การควบคุมแบบอัตโนมัติขั้นสูงจากส่วนกลางพร้อมการดำเนินการเป็นระยะๆและ/หรือการควบคุมผลป้อนกลับของอุณหภูมิห้อง (Jain 2019, 20)
- การผนวกข้อมูลอุณภูมิในช่วงเวลาต่างๆของอาคารเข้ากับ BIM เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อนของกรอบอาคาร และใช้ในการประเมินภาวะน่าสบายของอาคารที่มีการระบายอากาศตามธรรมชาติ โดยใช้การป้อนข้อมูลลงในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และทำการประมวลผลร่วมกับ BIM เพื่อวิเคราะห์สภาพอาคารหรือจำลองสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นกับอาคาร (Natephra et al. 2017, 194-208)

(ค) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การควบคุมการเข้าใช้พื้นที่ในอาคารสำหรับระบบไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคารด้วยการตรวจหาอัตโนมัติ (เปิดไฟอัตโนมัติ หรือ หรี่/ปิดไฟอัตโนมัติ) (Jain 2019, 22)
- การหรี่แสงอัตโนมัติรวมถึงการควบคุมแสงตามฉาก (scene-based) (1) ตามช่วงเวลาต่างๆ (2) ตามแสงแบบไดนามิกที่ถูกปรับให้เหมาะสมตามที่ตั้งค่าไว้ในแง่ต่างๆ เช่น ระดับความสว่าง อุณหภูมิสีที่สัมพันธ์กัน (CCT : Correlated Colour Temperature)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่แตกต่างกัน (3) ตามความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงการกระจายแสงภายในพื้นที่ตามการออกแบบหรือความต้องการของมนุษย์ (Jain 2019, 22)

(ง) ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การใช้ระบบการกำบังเสียง (Sound masking) ซึ่งเป็นการเพิ่มเสียงรบกวนรอบข้างเพื่อลดผลกระทบจากแหล่งกำเนิดเสียงที่ทำให้เสียสมาธิ เหมาะสำหรับการปรับปรุงสภาวะน่าสบายทางการได้ยินภายในสำนักงานแบบเปิดโล่ง (Glean, Gatland, and Elzeyadi 2022, 2)

ตารางที่ 8 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก)

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	
1)	indoor environment / indoor comfort / indoor air quality / IAQ /สภาพแวดล้อมภายในอาคาร
2)	wellbeing / well-being
3)	thermal comfort / emission control / controlling heating / heating / air-conditioning / control home appliance
4)	acoustical comfort / acoustic comfort
5)	visual comfort / visual performance
6)	indoor lighting
7)	productivity

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3 เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี

แกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการจัดการระบบและข้อมูลของอาคารด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีตั้งแต่ขั้นพื้นฐานไปจนถึงขั้นสูง นอกจากนี้เกณฑ์นี้ยังมุ่งเน้นด้านการตรวจสอบติดตามและการควบคุมโดยอาศัยเทคโนโลยีอัจฉริยะหรือ IoT ในการยกระดับระบบที่ใช้ในการควบคุมให้มีประสิทธิภาพและสะดวกสบายต่อการใช้งาน รวมถึงมีความน่าเชื่อถือและปลอดภัยในการใช้งานสูงขึ้น ซึ่งจากการเติบโตของอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำให้ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกเก็บรวบรวมจะถูกเข้ารหัสและจัดเก็บไว้ในระบบคลาวด์เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายและการใช้ข้อมูลในทางที่ผิดโดยบุคคลภายนอก (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 6) ด้วยบทบาทที่สำคัญของการจัดการเทคโนโลยีในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้น และจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยีซึ่งประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อยดังแสดงในตารางที่ 9 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี

ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก) ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	1) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์
	2) การประยุกต์ใช้ BIM แบบคงที่หรือแบบไดนามิก
	3) การควบคุมด้วยแอปพลิเคชั่นหลายตัว
ข) ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	1) การติดตามตรวจสอบระยะไกลตามเวลาจริง
	2) การควบคุมระยะไกล
	3) การควบคุมแบบอัตโนมัติ
ค) ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	1) การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์

(ก) ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- ระบบควบคุมและติดตามตรวจสอบอาคารแบบอัตโนมัติ (BAS) ที่เชื่อมต่อระหว่างระบบต่างๆ เช่น ระบบเครื่องกล ระบบไฟฟ้า ระบบประปา และอุปกรณ์ควบคุม (เช่น เซ็นเซอร์ มิเตอร์สาธารณูปโภค) โดยใช้เครือข่ายควบคุมที่เป็นพื้นฐาน เพื่อเปิดใช้งานการติดตามตรวจสอบและการจัดการสภาพแวดล้อมอาคารซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 6)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การควบคุมไฟฟ้าส่องสว่างแบบอัตโนมัติผ่านการป้อนกลับจากเซ็นเซอร์ที่ถูกบูรณาการร่วมกับข้อมูลผู้ใช้ บริการคลาวด์ และการป้อนข้อมูลของผู้ใช้ ช่วยในการการประหยัดพลังงาน ฟังก์ชันการทำงานที่ได้รับการยกระดับและระบบไฟฟ้าส่องสว่างที่ผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (Jain 2019, 21)
- การประยุกต์ใช้ BIM แบบไดนามิกซึ่งเป็นโมเดลกล่อง 3 มิติ ภายในฐานข้อมูลสารสนเทศอาคาร ซึ่งจะรับค่ารหัสจากเครือข่ายของข้อมูลจากเทคโนโลยี IoT ผ่านบริการจัดเก็บและบริหารข้อมูลด้วยเทคโนโลยีคลาวด์เพื่อมาแสดงผลภายในอาคารตามเวลาจริง (เทิดศักดิ์และคณะ 2563, 86)

(ข) ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม

- เทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ (SHTs) รวมเอาเซ็นเซอร์ จอภาพ อินเทอร์เฟซ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์เคลื่อนที่เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อเปิดใช้งานระบบอัตโนมัติในสภาพแวดล้อมภายในบ้านและการควบคุมระยะไกล เซ็นเซอร์และระบบติดตามตรวจสอบจะควบคุมตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ไฟฟ้าส่องสว่าง การเคลื่อนไหว และความชื้น เป็นต้น (Pira 2021, 6)
- การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดแสงซึ่งควบคุมสถานะของไฟที่ติดตั้งนอกบ้านโดยอัตโนมัติในเวลากลางวันและกลางคืน (Majeed et al. 2020, 11)

(ค) ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ

- การควบคุมแทนที่ (override control[3]) ซึ่งถูกวางกำหนดการของการควบคุมการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand side management) และการเปิดใช้งานอีกครั้ง (reactivation) ด้วยปัญญาประดิษฐ์ (Jain 2019, 26)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[3] *การควบคุมการรับเข้า (input) เพื่อรักษาการส่งออก (output) ของกระบวนการ*

ตารางที่ 10 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก)

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	
1)	integration
2)	cloud technology
3)	BIM / dynamic BIM
4)	monitoring
5)	real-time
6)	automatic / automatic control
7)	artificial intelligence

3.2.4 เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการจัดการระบบการสอดส่องดูแลเพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัยของผู้ใช้รวมถึงการปกป้องการสูญหายของข้อมูลทั้งส่วนของข้อมูลอาคารและผู้ใช้งานอาคาร ซึ่งอุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งคือความพึงพอใจของผู้ใช้งานบ้านอัจฉริยะรวมถึงการแทรกแซงภาวะส่วนตัวส่วนบุคคล (Pira 2021, 13) ด้วยบทบาทที่สำคัญของการจัดระบบการสอดส่องดูแลในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัวซึ่งประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อยดังแสดงในตารางที่ 11 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

ตัวบ่งชี้		ตัวบ่งชี้ย่อย	
ก)	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล		-
ข)	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล		-
ค)	ด้านการป้องกันข้อมูล	1)	การควบคุมการเข้าถึง
		2)	การระบุและการพิสูจน์ตัวจริงผู้ใช้
		3)	เทคโนโลยีบล็อกเชน

(ก) ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีการแจ้งสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหว (Jain 2019, 29)
- เชื่อมต่อกับสวิตช์เสมือน (Virtual switch[4]) (Jain 2019, 29)

(ข) ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีการเก็บภาพวิดีโอแบบถาวรดำเนินการโดยอัตโนมัติ (Jain 2019, 29)
- การเก็บรักษาข้อมูลเป็นไปตามข้อบังคับด้านความเป็นส่วนตัว (Jain 2019, 29)

(ค) ด้านการป้องกันข้อมูล ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อรักษาความปลอดภัยในการสื่อสารและการพิสูจน์ตัวจริงผู้ใช้ทั้งหมดระหว่างอุปกรณ์ IoT และผู้ใช้ที่ขอให้ "เปิด" หรือ "ปิด" เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านใดๆ (Majeed et al. 2020, 3)
- การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อรับประกันความปลอดภัยของการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ IoT, เซิร์ฟเวอร์, แอปพลิเคชัน และผู้ใช้ระบบบ้านอัจฉริยะ (Majeed et al. 2020, 3)

ตารางที่ 12 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก)

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	
1)	surveillance
2)	data protection
3)	privacy issue / privacy protection

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[4] *Gillis, A. S. 2022. "virtual switch (vSwitch)." TechTarget, Last Modified June 2022, accessed 2023, June 3. https://www.techtarget.com/searchitoperations/definition/virtual-switch.*

3.2.5 เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการจัดการระบบความปลอดภัย เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นภายในอาคาร หรือภัยอันตรายจากภายนอกและภัยพิบัติทางธรรมชาติที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อบุคคลหรือสินทรัพย์ได้ เช่น การตรวจหาความผิดปกติเพื่อดำเนินการแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าให้เตรียมพร้อมกับการรับมือหรือหลบภัยได้ทันสถาณการณ์ ซึ่งเกิดขึ้นในยามฉุกเฉินที่โดยไม่ทันคาดคิด เป็นต้น ด้วยบทบาทที่สำคัญของการจัดระบบความปลอดภัยในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การจัดการความปลอดภัยซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อยดังแสดงในตารางที่ 13 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย

ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก) ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน	1) ข้อความแจ้งเตือนการอพยพแบบเคลื่อนที่
	2) ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาสำหรับการหลบหนีขาออกทั้งหมด
	3) ไฟฉุกเฉินแบบอัตโนมัติ
	4) ความสามารถในการควบคุมเพื่อยกเลิกการเข้าถึงลิฟต์ทั้งหมด
ข) ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน	-
ค) ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ	1) การติดตามตรวจสอบแผ่นดินไหว
	2) การติดตามตรวจสอบปริมาณลม
	3) การติดตามตรวจสอบโครงสร้าง
ง) ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีการติดตั้งไฟฉุกเฉินพร้อมการทดสอบแบบอัตโนมัติซึ่งเชื่อมต่อกับระบบรายงานแบบรวมศูนย์ (Jain 2019, 22)
- มีการจัดการลิฟต์ทั้งแบบแยกรายตัวและตามลำดับด้วยไฟฟ้าฉุกเฉิน (Jain 2019, 23)
- มีโทรศัพท์หรือระบบอินเตอร์คอมในแต่ละชั้น ในลิฟต์ ในโรงรถ และพื้นที่อื่นๆ (Jain 2019, 28)

(ข) ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์บริเวณระยะใกล้ (LAN) ของอาคารกับระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Jain 2019, 29)
- สามารถทำการยกเลิกการควบคุมการเข้าถึงทั้งหมดบนลิฟต์ได้ โดยอย่างน้อยสามารถควบคุมลิฟต์ดับเพลิงได้เป็นอย่างน้อย (Jain 2019, 29)
- มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับควัน (Majeed et al. 2020, 6)

(ค) ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การใช้เทคโนโลยีขั้นสูงซึ่งผสานรวมวิธีการจดจำใบหน้าร่วมกับศูนย์ข้อมูลระดับชาติและบูรณาการข้อมูลอาคารเข้ากับหน่วยงานจัดการภัยพิบัติตามลำดับ (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 17)

(ง) ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีกล้องที่สามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหว (Jain 2019, 29)
- การเชื่อมต่อการแพทย์กับระบบอินเทอร์เน็ต Internet of Medical Things (IoMT) ช่วยให้ผู้ใช้อาคารสามารถติดต่อผู้ให้บริการทางการแพทย์ได้ในทุกสถานการณ์ที่ต้องการ ความช่วยเหลือด้านการดูแลสุขภาพ ซึ่งช่วยด้านการติดตามตำแหน่งที่แม่นยำของทั้งทรัพย์สินทางการแพทย์และผู้ป่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 5-6)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 14 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ก)

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	
1)	emergency escape / emergency lighting / emergency power / emergency voice / emergency respond
2)	fire detection / fire alarm / smoke sensor
3)	rescind all access control
4)	earthquake monitoring / wind load monitoring / structural monitoring / disaster respond
5)	detection of movement / movement detection / movement

3.3 กลุ่มการยกระดับ

กลุ่มการยกระดับประกอบด้วยทั้งหมด 4 เกณฑ์และ 13 ตัวบ่งชี้ ดังแสดงในตารางที่ 15 โดยในส่วนนี้ผู้วิจัยได้มีการอธิบายรายละเอียดโดยสังเขปของตัวบ่งชี้แต่ละ ตัวในแต่ละเกณฑ์ ซึ่งในภาคผนวก ข นั้นมีการแสดงรายการงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (ซึ่งเผยแพร่ตั้งแต่ปีค.ศ. 2020 - 2021 / พ.ศ. 2563 - 2564) เพื่อแสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับทั้ง 4 เกณฑ์ (เกณฑ์ที่ 6-9) ภายในกลุ่มการยกระดับนี้

ตารางที่ 15 กลุ่มการยกระดับของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

เกณฑ์	ตัวบ่งชี้
เกณฑ์ที่ 6 เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	ก) ด้านความง่ายในการติดตั้ง
	ข) ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
	ค) ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
เกณฑ์ที่ 7 เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	ก) ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
	ข) ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
เกณฑ์ที่ 8 เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	ก) ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
	ข) ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย
	ค) ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
	ง) ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)
เกณฑ์ที่ 9 เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	ก) ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
	ข) ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
	ค) ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
	ง) ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.1 เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการยกระดับการใช้งานซึ่งมุ่งเน้นผู้ใช้ โดยโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะควรให้ความสำคัญในการอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้อย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นหลัก รวมทั้งความพึงพอใจและความนิยมในการใช้งานฟังก์ชั่นที่มีความทันสมัยอีกด้วย เช่น การคำนึงถึงความสะดวกสบายในการติดตั้งหรือดำเนินการอื่นๆภายในอาคารเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้หรือมีความยืดหยุ่นในการใช้งานซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความพึงพอใจส่วนบุคคลของผู้ใช้ในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างสะดวก ทำให้ผู้ใช้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป็นต้น ด้วยบทบาทที่สำคัญของการยกระดับการใช้งานซึ่งมุ่งเน้นผู้ใช้ของอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อยดังแสดงในตารางที่ 16 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 16 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้

ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก) ด้านความง่ายในการติดตั้ง	-
ข) ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	1) พร้อมสำหรับการชาร์จ EV
	2) มีการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการชาร์จ EV ให้ผู้ใช้รับทราบ
ค) ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	1) สะดวกต่อการควบคุมเพื่อความน่าสบายของผู้ใช้ (ทางอุณหภูมิ/ทางการมองเห็นภาพ/ทางการได้ยิน)
	2) ระบบควบคุมการจราจรแบบอัตโนมัติ
	3) ระบบการติดตามทรัพย์สิน
	4) มีอุปกรณ์อัจฉริยะสำหรับการควบคุมซึ่งปรับได้ตามลักษณะส่วนบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) ด้านความง่ายในการติดตั้ง ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การนำเอา Raspberry Pi มาประยุกต์ใช้ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ง่าย (Majeed et al. 2020, 2)

(ข) ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการชาร์จ EV ให้กับผู้ใช้ พร้อมมีการระบุตัวตนผู้ขับขี่และให้อนุญาตผู้ขับขี่แบบอัตโนมัติไปยังสถานีชาร์จ (ตามมาตรฐาน ISO 15118) (Jain 2019, 25)

(ค) ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้ ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีวิธีการควบคุมอุปกรณ์ในระบบอาคาร (Technical building system : TBS) เช่น อุปกรณ์ทำความเย็น-ร้อน อุปกรณ์ระบายอากาศ อุปกรณ์ทำน้ำร้อนหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างซึ่งช่วยในการลดการควบคุมโดยใช้มือ (Verbeke et al. 2020, 20)
- ความสามารถของอาคารในการปรับตัวให้ทำงานโดยอัตโนมัติโดยไม่ลดทอนการควบคุมของผู้ใช้ (Jain 2019, 18)
- ผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์แต่ละชิ้นในบ้านด้วยอินเทอร์เฟซแบบ GUI (GUI-based interface) ที่ใช้งานง่าย (Majeed et al. 2020, 13)
- มีระบบควบคุมการจราจรของผู้โดยสารอัตโนมัติเพื่อนำทางผู้คนไปยังจุดหมายปลายทางที่สอดคล้องอย่างเหมาะสม (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 15)
- การควบคุมระยะไกลที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษโดยการจดจำเสียง (Pira 2021, 5)
- มีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อัจฉริยะสำหรับการควบคุมส่วนบุคคล ซึ่งสามารถเป็นส่วนหนึ่งของระบบอัตโนมัติในอาคารเพื่อตรวจสอบสภาพอาคารตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนดไว้ (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 6)
- มีฟังก์ชั่นที่ทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบต้นแบบบ้านอัจฉริยะ (prototype) ได้อย่างเต็มรูปแบบ (Majeed et al. 2020, 13)
- ใช้ระบบการติดตามสินทรัพย์เพื่อรักษาความน่าเชื่อถือและเพิ่มอายุการใช้งานของสินทรัพย์ (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 15)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข)

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	
1)	easy access for installation / easily connects to the internet / ease
2)	ev charging
3)	ease of control / easy access / user control / controllability / easy GUI
4)	voice recognition
5)	comfortable / convenience / make life easier
6)	personalized control
7)	traffic control

3.3.2 เกณฑ์การยกระดับพื้นที่

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการยกระดับประสิทธิภาพและฟังก์ชันในการใช้สอยพื้นที่ เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ในการอยู่อาศัยในพื้นที่ที่มีความยืดหยุ่นทั้งในเชิงกายภาพและการใช้งาน เช่น การมีพื้นที่ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพแวดล้อมภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถปรับตัวในการดำรงชีวิตได้ดีในพื้นที่เดิมที่แม้สภาพแวดล้อมจะมีการแปลี่ยนแปลงหรือการส่งเสริมให้พื้นที่มีความพร้อมในต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นไปตามกำหนดการและความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นต้น ด้วยบทบาทที่สำคัญของการยกระดับประสิทธิภาพและฟังก์ชันในการใช้สอยพื้นที่ในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อย ดังแสดงในตารางที่ 18 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับพื้นที่

ตัวบ่งชี้		ตัวบ่งชี้ย่อย	
ก)	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	1)	มีการใช้วัสดุอัจฉริยะ
ข)	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	1)	การตรวจจับการเข้าใช้อาคาร
		2)	การใช้พื้นที่ตามความต้องการของผู้ใช้

(ก) ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่ ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีการประยุกต์ใช้วัสดุแบบมีการโต้ตอบ (Interactive materials) ซึ่งเป็นองค์ประกอบระดับทุติยภูมิของวัสดุอัจฉริยะ เพื่อสนับสนุนและขยายกรอบแนวคิดวัสดุอัจฉริยะ (Omar 2018, 2909) วัสดุแบบมีการโต้ตอบแสดงถึงวัสดุที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เช่น กระจกอิเล็กโทรโครมิก (electro-chromic glass) ที่มีวัสดุเคลือบในผนังกระจก หน้าต่าง อุปกรณ์บังแดด และการใช้งานอื่นๆ เป็นต้น (Ikechukwu and Moses 2019, 57)

(ข) ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การควบคุมการกระจายระบบปรับอากาศแบบที่ ตัวควบคุมหนึ่งตัวสามารถควบคุมห้องหรือโซนต่างๆที่มีรูปแบบการใช้อาคารเหมือนกันได้ด้วยระบบอัตโนมัติ โดยเกิดจากการประเมินความต้องการของผู้ใช้ (Jain 2019, 20)
- การควบคุมการไหลของอากาศจ่าย (supply air flow) ในระดับห้องด้วยวิธีการตรวจจับการเข้าใช้พื้นที่ในอาคาร (Jain 2019, 21)
- การตรวจจับการเข้าใช้พื้นที่ในอาคาร ซึ่งเชื่อมต่องานบริการด้วยการตรวจจับแบบรวมศูนย์ที่ป้อนเข้าสู่อุปกรณ์ในระบบอาคาร (Technical building system : TBS) เช่น ระบบไฟฟ้าส่องสว่างและระบบทำความร้อน เป็นต้น (Jain 2019, 27)

ตารางที่ 19 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับพื้นที่ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับพื้นที่	
1)	smart material
2)	occupancy pattern / occupancy detection

3.3.3 เกณฑ์การยกระดับงานบริการ

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการยกระดับงานบริการ เพื่อการวางแผนงานบริการอย่างเป็นระบบ ซึ่งส่งผลเกิดการดำเนินงานบริการที่รวดเร็วและตรงเป้าหมาย ด้วยการบูรณาการเทคโนโลยีอัจฉริยะในการวางแผนงานบริการ นอกจากนี้ยังช่วยอำนวยความสะดวกในการซ่อมแซมงานต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ช่วยลดการสื่อสารในการดำเนินงานบริการที่คลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม เป็นต้น ด้วยบทบาทที่สำคัญของการยกระดับงานบริการในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้นและจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การยกระดับงานบริการซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ บางตัวบ่งชี้จะประกอบด้วยตัวบ่งชี้ย่อยดังแสดงในตารางที่ 20 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 20 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับงานบริการ

ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก) ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	1) การรายงานระยะไกลในการประเมินผลการปฏิบัติงาน
	2) การตรวจจับข้อบกพร่องแบบอัตโนมัติ
	3) การจัดการด้านการบันทึก
	4) การเข้าถึงงานบริการ
ข) ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย	1) การใช้ซ้ำอาคารและการนำวัสดุในสถานที่มาใช้ซ้ำ
	2) การอนุรักษ์วัสดุ
ค) ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ	1) มีรายงานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบ
ง) ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)	-

(ก) ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- ในส่วนของระบบบริหารจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกและระบบบริหารจัดการอาคาร มีการบ่งชี้การใช้พลังงานแบบวัดย่อยตามเวลาจริง (real-time) หรือตัวชี้วัดประสิทธิภาพอื่นๆ สำหรับอุปกรณ์หลักทั้งหมดในระบบอาคาร (Technical building system : TBS) (Jain 2019, 27)
- มีการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบภายในอาคาร เช่น ระบบปรับอากาศ โดยการประเมินสมรรถนะซึ่งประกอบไปด้วยการพยากรณ์ การเปรียบเทียบ รวมถึงการจัดการเชิงคาดการณ์และการตรวจจับข้อบกพร่อง (Jain 2019, 20)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ระบบติดตามตรวจสอบดำเนินการบันทึกกิจกรรมการแจ้งเตือนทั้งหมดและมีการเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้เป็นระยะเวลานาน (Jain 2019, 28)
- มีสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้ตรวจสอบและปรับสมดุลการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องว่ามีคนนั่งอยู่ในห้องใดห้องหนึ่ง หรือมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองหรือไม่ (Majeed et al. 2020, 7)
- ผู้ใช้พึงพอใจในการเข้าถึงงานบริการที่ง่ายขึ้น (Pira 2021, 9)

(ข) ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเหมาะสมในขณะออกแบบอาคารอัจฉริยะควรเป็นอาคารสูง (high-rise) เพื่อใช้ประโยชน์สูงสุดจากที่ดินที่มีอยู่และเพื่อลดการสิ้นเปลืองที่ดินให้ได้มากที่สุด (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 18)
- การดำเนินการตามแนวทางการจัดการขยะอย่างเหมาะสม (แนวคิด 3R : Reduce / Reuse / Recycle) (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 18)
- การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เช่น การเก็บเกี่ยวน้ำฝน การแยกน้ำโสโครก (blackwater) และน้ำเสีย (greywater) สำหรับการทำสวน (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 18)
- การใช้วัสดุที่ไม่เป็นอันตราย ทนทาน และย่อยสลายได้ในการก่อสร้างอาคาร (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 18)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ค) ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- รายงานข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบด้วยการประเมินผลการปฏิบัติงานซึ่งประกอบไปด้วยการพยากรณ์ การเปรียบเทียบ รวมถึงการจัดการเชิงคาดการณ์และการตรวจจับข้อบกพร่อง (Jain 2019, 21)

(ง) ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS) ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- การควบคุมการปล่อยความร้อนและความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยวิธีการควบคุมห้องแบบแยกเดี่ยวด้วยการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ควบคุมและระบบที่ตรวจสอบ ควบคุมและบันทึกการทำงานของงานบริการอาคารแบบรวมศูนย์ (Building automation and control system : BACS) (Jain 2019, 20; Designing Buildings 2022)

ตารางที่ 21 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับงานบริการ (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข)

	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับงานบริการ
1)	maintenance management
2)	performance
3)	fault detection / detecting faulty
4)	diagnosis
5)	log
6)	access to service
7)	waste management / land wastage
8)	reusing
9)	material conservation
10)	system efficiency / system performance
11)	BAS / BACS

3.3.4 เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

เกณฑ์ที่เน้นเกี่ยวกับการยกระดับความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อเน้นย้ำและตรวจสอบรายละเอียดของความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในหลากหลายมิติ และช่วยส่งเสริมคุณค่าของโครงการประเภทดังกล่าวให้มีความน่าเชื่อถือให้กับเจ้าของโครงการหรือผู้เช่า เป็นต้น ด้วยบทบาทที่สำคัญของการยกระดับความคุ้มค่าในการลงทุนในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะข้างต้น และจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมจึงนำมาสู่เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผลซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ดังแสดงในตารางที่ 22 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 22 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้ย่อยของเกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

	ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้ย่อย
ก)	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม	-
ข)	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	-
ค)	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	-
ง)	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า	-

(ก) ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- แนวคิดของการเปลี่ยนให้อุปกรณ์ที่มีติดตั้งอยู่ทั่วไปในบ้านให้กลายเป็นอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ นั้นมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ IP พิเศษ เช่น RJ-45 (Chong, Zhihao, and Yifeng 2011, 2946) อยู่มาก วิธีการดังกล่าวจึงเป็นวิธีการที่มีราคาไม่สูงมากสำหรับครอบครัวชนชั้นกลาง (Majeed et al. 2020, 2)
- อาคารอัจฉริยะจะช่วยให้สามารถจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของส่วนอุปกรณ์ (hardware) และสิ่งอำนวยความสะดวกที่น้อยที่สุด (Omar 2018, 2905)

(ข) ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- เป็นระบบที่มีต้นทุนต่ำ มีความเรียบง่าย ยืดหยุ่นและน่าเชื่อถือ และผ่านการทดสอบและได้รับการยอมรับโดยผู้ใช้และสามารถใช้งานได้จริง (Majeed et al. 2020, 13)
- มีการรวมสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ผ่านการใช้รูปแบบการสื่อสารในบ้านอัจฉริยะช่วยให้มั่นใจได้ถึงการดำเนินงานที่ประหยัด (Pira 2021, 3)

(ค) ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- มีระบบการตรวจจับและวินิจฉัยข้อบกพร่องแบบอัตโนมัติซึ่งมีศักยภาพในการปรับปรุงการบำรุงรักษาและการทำงานของอุปกรณ์ในระบบอาคาร (Technical building system : TBS) (Jain 2019, 13)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ง) ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า ตัวอย่างในการดำเนินการเพื่อบรรลุตัวบ่งชี้นี้ เช่น

- ความประมาทและความไม่รู้ในข้อเท็จจริงในหลายกรณีศึกษา อาจเพิ่มต้นทุนหนึ่งในสามของต้นทุนในการออกแบบประสิทธิภาพพลังงานที่เหมาะสมในอาคาร ในขณะที่พฤติกรรมที่ตระหนักรู้และชาญฉลาดสามารถช่วยประหยัดต้นทุนเหล่านั้นได้ (Omar 2018, 2904) ยกตัวอย่างเช่น ในการจำลองสำหรับประเทศญี่ปุ่นนั้นได้มีการแนะนำให้เปลี่ยนจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (absorption chiller) เป็นเครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยง (centrifugal chiller) และจากเครื่องทำความเย็น-ความร้อน แบบดูดซึมที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง (gas-fired absorption chiller / heaters) จะถูกแทนที่ด้วยเครื่องทำความเย็นแบบปั๊มความร้อน (heat pump chillers) เพื่อระบายความร้อน เนื่องจากเครื่องทำความเย็นแบบแรงเหวี่ยงที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพสูง

จะควบคุมความต้องการในการทำความเย็น ดังนั้นเทคโนโลยีดังเช่นปั๊มความร้อนจึงเป็นกุญแจสำคัญสำหรับอาคารสำนักงานที่ใช้พลังงานต่ำ (World Business Council for Sustainable Development 2009, 43)

- การควบคุมระบบทำความร้อน-ความเย็นการควบคุมระบบความร้อนตามสัญญาณภายนอก เช่น ค่าไฟฟ้า ราคาก๊าซ สัญญาณการปลดโหลด เป็นต้น รวมกับสัญญาณภายใน เช่น ความต้องการใช้พลังงาน หรือ อุณหภูมิที่คาดการณ์ไว้ เป็นต้น (Jain 2019, 20)
- ใช้มิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะที่สามารถสั่งการเพื่อบันทึกค่าไฟฟ้าอย่างถูกต้องและแม่นยำ รวมทั้งเป็นพื้นฐานสำหรับการติดตามตรวจสอบและประเมินพลังงาน (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 17)
- ระบบบ้านอัตโนมัติอัจฉริยะที่ช่วยให้ผู้ใช้ตรวจสอบและเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและสถานะการทำงานของเซ็นเซอร์ ซึ่งวิธีการประหยัดพลังงานเช่นนี้ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ใดในบ้านใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่ากัน (Majeed et al. 2020, 2)
- ให้บริการพยากรณ์ค่าไฟฟ้าแก่ผู้ใช้งาน (Majeed et al. 2020, 2)

ตารางที่ 23 คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล (แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องในภาคผนวก ข)

คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	
1)	initial set up cost / life-time cost / home cost
2)	operating cost / operational / home operation
3)	maintenance cost / repair and development cost / maintenance
4)	energy performance / energy-efficient
5)	electricity tariff / electricity bill
6)	smart metering / energy meter

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

4.1 การวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการรวบรวมและจัดหมวดหมู่กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยเริ่มจากกระบวนการคัดเลือกกรณีศึกษาที่มีความเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะผ่านการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งมีกรณีศึกษาที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด 7 กรณีศึกษา จากนั้นจึงเป็นกระบวนการถอดความและตีความคำสำคัญเพื่อจำแนกหัวข้อหรือประเด็นสำคัญจากแต่ละกรณีศึกษา จากนั้นผู้วิจัยจึงรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อทำการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน ก่อนจะนำข้อมูลทั้งหมดมาจัดหมวดหมู่อย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยได้จำแนกหมวดหมู่ออกเป็น 3 ระดับ โดยอ้างอิงรูปแบบการจัดกลุ่มจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ผ่านการทบทวนวรรณกรรม (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021; Jain 2019; Omar 2018; Paolone et al. 2022, 411; Verbeke et al. 2020) ซึ่งระดับของหมวดหมู่ทั้งหมด ได้แก่ ระดับที่1 (กลุ่มหลัก) ระดับที่2 (เกณฑ์) และ ระดับที่3 (ตัวบ่งชี้) โดยมีระดับที่4 (ตัวบ่งชี้ย่อย) ในบางตัวบ่งชี้

สำหรับการประยุกต์ใช้กรอบความคิดในงานวิจัยนี้สำหรับเป็นแนวทางในการวางแผนออกแบบอาคารหรือบ้านอัจฉริยะเพื่อการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะดังกล่าวร่วมกับการศึกษาเชิงทฤษฎีรวมถึงการศึกษาเชิงปฏิบัติและประเมินระดับความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะด้วยการแปลงค่าความครอบคลุมในเชิงคุณภาพนี้เป็นเชิงตัวเลขการแทนค่าข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลเชิงปริมาณช่วยให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและการตีความหมายผลการวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยนี้

4.1.1 นิยามคำเฉพาะในงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้คำศัพท์เฉพาะสำหรับการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ เพื่อให้เกิดความกระชับในการอธิบายผลการวิเคราะห์และสร้างความเข้าใจร่วมกันของผู้อ่านหรือผู้ต้องการศึกษางานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(ก) *“คะแนน” หมายถึงหน่วยนับ 1 หน่วยของการยืนยันว่ามีการถูกกล่าวถึงภายในกรณีศึกษาใดกรณีศึกษาหนึ่งหรือมีความครอบคลุมในประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้หรือตัวบ่งชี้ย่อยนั้นๆ เช่น การที่ตัวบ่งชี้ใดๆได้รับ 1 คะแนนนั้นเป็นเพียงการยืนยันว่ามีการกล่าวถึงหัวข้อหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้นั้นเท่านั้น แต่ไม่ได้สื่อถึงค่าคะแนนเชิงปริมาณว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด เป็นต้น ดังนั้นการประเมินนี้จึงมีข้อจำกัดในการบ่งบอกความครอบคลุมที่ละเอียดและชัดเจนซึ่งเป็นเพียงการยืนยันความครอบคลุมในเชิงคุณภาพเท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมถึงการพิจารณาเพื่อแบ่งแยกระดับความครอบคลุมที่มีความสูงต่ำแตกต่างกันด้วยการแทนค่าคะแนนอย่างละเอียดในเชิงตัวเลข*

(ข) *“คะแนนตัวบ่งชี้” หมายถึง ค่าคะแนนที่แสดงถึงอัตราความครอบคลุมของประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้นั้นๆภายในกลุ่มการศึกษาใดการศึกษาหนึ่ง (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี หรือ กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) กล่าวอีกนัยนึงคือหัวข้อหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ใดๆที่ถูกกล่าวถึงอย่างครอบคลุมและมีจำนวนมากภายในกลุ่มการศึกษาใดกลุ่มการศึกษาหนึ่งจะมีค่าคะแนนตัวบ่งชี้สูง*

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในการรายงานผลการวิเคราะห์ เช่น “ตัวบ่งชี้ด้านการฟื้นฟูพลังงานภายใต้เกณฑ์การจัดการพลังงานมีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับสูงภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีแต่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับต่ำภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ” เป็นต้น ซึ่ง “คะแนนตัวบ่งชี้” เกิดจากอัตราส่วนระหว่าง “ค่าเฉลี่ยตัวบ่งชี้” หารด้วย “คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้” โดยผู้วิจัยได้กำหนดคำนิยามไว้ดังนี้

- *“ค่าเฉลี่ยตัวบ่งชี้”* หมายถึง ค่าที่เกิดจากการเฉลี่ยคะแนนรวมภายในกลุ่มกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีหรือเชิงปฏิบัติของตัวบ่งชี้นั้นๆด้วยจำนวนกรณีศึกษาภายในกลุ่มการศึกษาใดการศึกษาหนึ่ง เพื่อใช้แทนค่าคะแนนของทั้งกลุ่มการศึกษานั้นๆ ซึ่งในกรณีของ (1) กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีจะเฉลี่ยด้วยจำนวน 5 กรณีศึกษา และ (2) กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติจะเฉลี่ยด้วยจำนวน 2 กรณีศึกษา

- *“คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้” หมายถึง* ค่าที่เกิดจากการรวมจำนวนตัวบ่งชี้ย่อยทั้งหมดของตัวบ่งชี้นั้นๆ (หากตัวบ่งชี้ใดไม่มีตัวบ่งชี้ย่อย จะให้มีคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้นั้นเท่ากับ 1)

ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการแปลงค่าเป็นเชิงตัวเลขสำหรับการประเมินภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี ภายใต้เกณฑ์การจัดการพลังงาน (01) ตัวบ่งชี้ ก (ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน) โดยแสดงข้อมูลประกอบการคำนวณดังภาพที่ 411

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G
			(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definition, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social issues of smart homes a review of four European cities' experiences	BIM Based Indoor Environmental Monitoring System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		(7)	3	7	7	4	2	3	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (5)	2	5	5	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (1)	1	1	1	1	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (1)	0	1	1	1	0	1	0

ตัวบ่งชี้		ตัวบ่งชี้ย่อย	
ก)	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	1)	ปริมาณการใช้พลังงานรวม
		2)	การตรวจติดตามการใช้พลังงานแบบตามเวลาจริง (real-time)
	(คะแนนเต็ม 5)	3)	การควบคุมการผลิตน้ำร้อนภายในอาคาร
		4)	การใช้น้ำสำหรับระบบทำความเย็น (Free Cooling)
		5)	การรายงานการใช้
ข)	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน		-
ค)	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)		-

ภาพที่ 411 ภาพประกอบตัวอย่างการคำนวณคะแนนตัวบ่งชี้ 1ก

ที่มา: ผู้วิจัย

$$\text{คะแนนตัวบ่งชี้ 1ก (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี)} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยตัวบ่งชี้ 1ก}}{\text{คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก}}$$

$$= \frac{[\,(2+5+5+2+2) / 5 \text{ กรณีศึกษา }]}{5}$$

$$= 64\ \%$$

(ค) *“คะแนนเกณฑ์” หมายถึง ค่าคะแนนที่แสดงถึงอัตราความครอบคลุมของประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์นั้นๆที่ถูกกล่าวถึงภายในกลุ่มการศึกษาใดการศึกษาหนึ่ง (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี หรือ กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) กล่าวอีกนัยนึงคือหัวข้อหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์ใดๆที่ถูกกล่าวถึงอย่างครอบคลุมและมีจำนวนมากภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีหรือเชิงปฏิบัติจะมีค่าคะแนนเกณฑ์สูง*

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในการรายงานผลการวิเคราะห์ เช่น “เกณฑ์การจัดการพลังงานมีคะแนนเกณฑ์ในระดับสูงภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี แต่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับต่ำภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ” ซึ่ง “คะแนนเกณฑ์” เกิดจากอัตราส่วนระหว่าง “ค่าเฉลี่ยเกณฑ์” หารด้วย “คะแนนเต็มของเกณฑ์” โดยผู้วิจัยได้กำหนดคำนิยามไว้ดังนี้

- *“ค่าเฉลี่ยเกณฑ์”* หมายถึง ค่าที่เกิดจากการเฉลี่ยคะแนนรวมภายในกลุ่มกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีหรือเชิงปฏิบัติของเกณฑ์นั้นๆด้วยจำนวนกรณีศึกษาภายในกลุ่มการศึกษาใดการศึกษาหนึ่ง เพื่อใช้แทนค่าคะแนนของทั้งกลุ่มการศึกษานั้นๆ ซึ่งในกรณีของ (1) กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีจะเฉลี่ยด้วยจำนวน 5 กรณีศึกษา และ (2) กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติจะเฉลี่ยด้วยจำนวน 2 กรณีศึกษา
- *“คะแนนเต็มของเกณฑ์” หมายถึง* ค่าที่เกิดจากการรวมคะแนนเต็มตัวบ่งชี้ทั้งหมดภายในเกณฑ์นั้นๆ (หากตัวบ่งชี้ใดไม่มีตัวบ่งชี้ย่อย จะให้มีคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้นั้นเท่ากับ 1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการแปลงค่าเป็นเชิงตัวเลขสำหรับการประเมินภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี ภายใต้เกณฑ์การจัดการพลังงาน (01) โดยแสดงข้อมูลประกอบการคำนวณดังภาพที่ 412

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G
			(คะแนนเต็ม)	Intelligent building: definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social frames of smart homes: a review of four European cities' experiences	BIM Based Indoor Environmental Monitoring System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		(7)	3	7	7	4	2	3	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (5)	2	5	5	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (1)	1	1	1	1	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (1)	0	1	1	1	0	1	0

ตัวบ่งชี้		ตัวบ่งชี้ย่อย	
ก)	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	1)	ปริมาณการใช้พลังงานรวม
		2)	การตรวจติดตามการใช้พลังงานแบบตามเวลาจริง (real-time)
	(คะแนนเต็ม 7)	3)	การควบคุมการผลิตน้ำร้อนภายในอาคาร
		4)	การใช้น้ำสำหรับระบบทำความเย็น (Free Cooling)
		5)	การรายงานการใช้
ข)	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน		-
ค)	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)		-

ภาพที่ 412 ภาพประกอบตัวอย่างการคำนวณคะแนนเกณฑ์การจัดการพลังงาน

ที่มา: ผู้วิจัย

$$\text{คะแนนเกณฑ์การจัดการพลังงาน (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี)} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยเกณฑ์การจัดการพลังงาน}}{\text{คะแนนเต็มของเกณฑ์การจัดการพลังงาน}}$$

$$= \frac{[\,(3+7+7+4+2) / 5 \text{ กรณีศึกษา }]}{7}$$

$$\approx 67\ \%$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ง) *เมื่อคำนวณ “คะแนนตัวบ่งชี้” และ “คะแนนเกณฑ์” เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการจำแนกคะแนนดังกล่าวเป็น 3 ระดับ เพื่ออธิบายระดับความครอบคลุมเชิงคุณภาพ ได้แก่*

(1) ระดับสูง (มีค่าคะแนนมากกว่าร้อยละ 67)

(2) ระดับปานกลาง (มีค่าคะแนนมากกว่าร้อยละ 33 และน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 67)

(3) ระดับต่ำ (มีค่าคะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 33)

เมื่อได้เกณฑ์ในการจำแนนคะแนนและทราบค่าคะแนนที่ได้จากตัวอย่างการคำนวณ *“คะแนนตัวบ่งชี้”* ในข้อ (ข) และ *“คะแนนเกณฑ์”* ในข้อ (ค) เรียบร้อยแล้ว จึงอธิบายได้ว่า

- คะแนนตัวบ่งชี้ 1ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 64 จึงอธิบายได้ว่า ตัวบ่งชี้ 1ก มีคะแนนตัวบ่งชี้ (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) อยู่ในระดับ “ปานกลาง”
- คะแนนเกณฑ์การจัดการพลังงาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 66 จึงอธิบายได้ว่า เกณฑ์การจัดการพลังงานมีคะแนนเกณฑ์ (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) อยู่ในระดับ “สูง”

4.1.2 เกณฑ์วิธีในการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยการแปลงค่าเป็นเชิงตัวเลข

1) ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์เปรียบเทียบออกเป็น 4 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์เปรียบเทียบ 1) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี 2) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ 3) ระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ 4) เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย
2) ผู้วิจัยอาศัยคะแนนตัวบ่งชี้และคะแนนเกณฑ์ในการเปรียบเทียบระดับความครอบคลุมในเชิงคุณภาพทั้งภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ
3) การสรุปผลการวิเคราะห์ความครอบคลุมในเชิงคุณภาพในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบ วางแผนและริเริ่มโครงการที่เกี่ยวของกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ผลการวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

4.2.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี

การศึกษาเชิงทฤษฎีที่คัดเลือกมาเพื่อพิจารณาในงานวิจัยนี้มีจำนวนทั้งหมด 5 กรณีศึกษา ซึ่งแต่ละกรณีศึกษาจะถูกนำมาพิจารณาโดยการให้คะแนนตัวบ่งชี้รวมทั้งหมด 30 ตัวบ่งชี้จาก 9 เกณฑ์ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับสูง/ปานกลาง/ต่ำ) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี ดังนี้

4.2.1.1 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับสูง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) ประกอบด้วย 11 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (He et al. 2020, 1)
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 3 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
4) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
   - ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล
5) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
6) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
   - ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Designing Buildings 2022)
7) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1.2 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับปานกลาง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) ประกอบด้วย 15 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
   - ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
   - ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
4) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการป้องกันข้อมูล
5) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
   - ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
6) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความง่ายในการติดตั้ง
   - ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
7) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
8) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
9) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 3 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

4.2.1.3 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับต่ำ (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
2) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
3) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
4) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย

ตารางที่ 24 แสดงการจำแนกระดับคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี

ระดับคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ	ตัวบ่งชี้ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	ด้านความง่ายในการติดตั้ง	ตัวบ่งชี้ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	ตัวบ่งชี้ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)
	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า
		ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น	
		ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	
		ด้านการป้องกันข้อมูล	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล	
		ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล	
		ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว		ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน	

4.2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

การศึกษาเชิงปฏิบัติที่คัดเลือกมาเพื่อพิจารณาในงานวิจัยนี้มีจำนวนทั้งหมด 2 กรณีศึกษา ซึ่งแต่ละกรณีศึกษาจะถูกนำมาพิจารณาโดยการให้คะแนนตัวบ่งชี้รวมทั้งหมด 30 ตัวบ่งชี้จาก 9 เกณฑ์ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับสูง/ปานกลาง/ต่ำ) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติดังนี้

4.2.2.1 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับสูง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
2) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
   - ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล

4.2.2.2 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับปานกลาง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) ประกอบด้วย 12 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
   - ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งหมายถึงระบบที่นำเทคโนโลยีหลากหลายประเภทเข้ามาทำงานร่วมกันตลอดทั้งห่วงโซ่ของระบบไฟฟ้าได้อย่างชาญฉลาด
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
   - ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม

4) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
5) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความง่ายในการติดตั้ง
6) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
   - ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
7) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

4.2.2.3 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ในระดับต่ำ (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) ประกอบด้วย 15 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
4) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการป้องกันข้อมูล
5) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 3 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
   - ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
   - ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
6) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
   - ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
   - ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
8) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย
   - ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ
9) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

ตารางที่ 25 แสดงการจำแนกระดับคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

ระดับคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
ตัวบ่งชี้ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	ตัวบ่งชี้ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	ด้านความง่ายในการติดตั้ง	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	
ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	ตัวบ่งชี้ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล	
ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล	
ด้านการป้องกันข้อมูล	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน		
ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า		
ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม			
ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว			
	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา				

4.2.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับตัวบ่งชี้ระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติ

การศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติที่คัดเลือกมาเพื่อพิจารณาในงานวิจัยนี้รวมทั้งหมด 7 กรณีศึกษา ซึ่งแต่ละกรณีศึกษาจะถูกนำมาพิจารณาโดยการให้คะแนนตัวบ่งชี้รวมทั้งหมด 30 ตัวบ่งชี้จาก 9 เกณฑ์ โดยแบ่งผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

4.2.3.1 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับความต่างของคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับความต่างสูง/ปานกลาง/ต่ำ) ดังนี้

4.2.3.1.1 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติที่มีระดับความต่างสูง ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
2) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
3) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.3.1.2 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติที่มีระดับความต่างปานกลาง ประกอบด้วย 10 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
2) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
   - ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ

3) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
4) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
5) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
6) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
7) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

4.2.3.1.3 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับความต่างต่ำ ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
2) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการป้องกันข้อมูล
3) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
4) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 26 แสดงการจำแนกระดับความต่างคะแนนตัวบ่งชี้ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

ระดับความต่างคะแนนตัวบ่งชี้ (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ)					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับความต่างต่ำ		ระดับความต่างปานกลาง		ระดับความต่างสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	ตัวบ่งชี้ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)
ด้านการป้องกันข้อมูล		ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน	
ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ		ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ		
		ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม		
		ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา		

4.2.3.2 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับสูง/ปานกลาง/ต่ำ) ดังนี้

4.2.3.2.1 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับสูงประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
2) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว จำนวน 2 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
   - ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3.2.2 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับปานกลาง ประกอบด้วย 7 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
   - ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งหมายถึงระบบที่นำเทคโนโลยีหลากหลายประเภทเข้ามาทำงานร่วมกันตลอดทั้งห่วงโซ่ของระบบไฟฟ้าได้อย่างชาญฉลาด
2) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
3) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
4) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความง่ายในการติดตั้ง
5) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
6) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3.2.3 กลุ่มที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับต่ำ ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ จำแนกตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
2) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
3) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ จำนวน 1 ตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย

ตารางที่ 27 แสดงการจำแนกระดับคะแนนตัวบ่งชี้ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

ระดับคะแนนตัวบ่งชี้ (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ)					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	ตัวบ่งชี้ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	ด้านความง่ายในการติดตั้ง	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	
	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	ตัวบ่งชี้ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล	
	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล	
		ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว			

4.2.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์จะพิจารณาจากคะแนนเกณฑ์ โดยแบ่งการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) เปรียบเทียบภายในการศึกษาเชิงทฤษฎี 2) เปรียบเทียบภายในการศึกษาเชิงปฏิบัติและ 3) เปรียบเทียบระหว่างการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ ดังนี้

4.2.4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีจะพิจารณาจากคะแนนเกณฑ์ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับสูง/ปานกลาง) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีดังนี้

4.2.4.1.1 กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับสูง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) ประกอบด้วย 3 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี

4.2.4.1.2 กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับปานกลาง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี) ประกอบด้วย 6 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว
2) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย
3) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้
4) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่
5) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ
6) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

ตารางที่ 28 แสดงการจำแนกระดับคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี

ระดับคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
		เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	เกณฑ์การจัดการพลังงาน	
		เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	
			เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	
			เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล		

4.2.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติจะพิจารณาจากคะแนนเกณฑ์ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับปานกลาง/ต่ำ) ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติดังนี้

4.2.4.2.1 กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับปานกลาง (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) ประกอบด้วย 4 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี
4) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

4.2.4.2.2 กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับต่ำ (ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) ประกอบด้วย 5 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย
2) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้
3) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่
4) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ
5) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

ตารางที่ 29 แสดงการจำแนกระดับคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

ระดับคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			
	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ			
	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี			
	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว			

4.2.4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเกณฑ์ระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติจะพิจารณาจากคะแนนเกณฑ์ โดยแบ่งผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

4.2.4.3.1 กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ ผู้วิจัยได้จำแนกและรายงานผลการวิเคราะห์ตามระดับคะแนนตัวบ่งชี้เชิงคุณภาพ (ระดับปานกลาง/ต่ำ) ดังนี้

a) กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับปานกลาง ประกอบด้วย 2 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย
2) เกณฑ์การยกระดับพื้นที่

b) กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับต่ำ ประกอบด้วย 6 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการพลังงาน
2) เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ
3) เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี
4) เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้
5) เกณฑ์การยกระดับงานบริการ
6) เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

ตารางที่ 30 แสดงการจำแนกระดับความต่างคะแนนเกณฑ์ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

ระดับความต่างคะแนนเกณฑ์ (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ)					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับความต่างต่ำ		ระดับความต่างปานกลาง		ระดับความต่างสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
เกณฑ์การจัดการพลังงาน	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่		
เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ				
เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล				

4.2.4.3.2 กลุ่มที่มีคะแนนเกณฑ์ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับปานกลาง มีจำนวน 1 เกณฑ์ดังนี้

1) เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

ตารางที่ 31 แสดงการจำแนกระดับคะแนนเกณฑ์ที่กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ

ระดับคะแนนเกณฑ์ (กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีมีคะแนนเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ)					
> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
		เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว			

ในขั้นตอนสุดท้ายนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลของการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อให้ทราบระดับคะแนนและความต่างระดับคะแนนระหว่าง 1) แต่ละตัวบ่งชี้ และ 2) แต่ละเกณฑ์ โดยผลจาการวิเคราะห์คะแนนตัวบ่งชี้และคะแนนเกณฑ์ถูกจำแนกเป็น 3 ระดับ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงแสดงผลการวิเคราะห์โดยแบ่งเป็น 2 ตารางตามรูปแบบการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ได้แก่ 1) ภายในกลุ่มการศึกษาประเภทเดียวกัน (เปรียบเทียบภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติ) และ 2) ระหว่างกลุ่มการศึกษาต่างประเภทกัน (เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ) ดังแสดงในตารางที่ 24 และ ตารางที่ 25 ตามลำดับ (ผู้วิจัยแทนชื่อตัวบ่งชี้และเกณฑ์ด้วย รหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์ ซึ่งอ้างอิงจากภาพที่ 17)

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด
	รหัสเกณฑ์		
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ		
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี		
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว		
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล
13	4	ค	ด้านการป้องกันข้อมูล
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย		
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
15	5	ข	ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้		
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง
19	6	ข	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่		
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ		
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)
09	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล		
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

รหัสตัวบ่งชี้

ภาพที่ 17 แสดงรหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์

ตารางที่ 32 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายในกลุ่มการศึกษาประเภทเดียวกัน (รหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์ อ้างอิงจากภาพที่ 17)

รูปแบบการวิเคราะห์เปรียบเทียบ		ระดับคะแนนตัวบ่งชี้-เกณฑ์					
		> 0% , ≤ 33		> 33% , ≤ 67		> 67%	
		ระดับต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับสูง	
		กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ	กลุ่มการจัดการ	กลุ่มการยกระดับ
ตัวบ่งชี้	ภายในการศึกษาเชิงทฤษฎี		5ค / 6ข / 7ก	1ก / 1ค / 2ง / 3ก / 3ค / 4ค / 5ก / 5ง	6ก / 6ค / 7ข / 8ก / 9ก / 9ข / 9ค	1ข / 2ก / 2ข / 2ค / 3ข / 4ก / 4ข / 5ข	8ค / 8ง / 9ง
	ภายในการศึกษาเชิงปฏิบัติ	1ข / 2ง / 3ค / 4ค / 5ก / 5ข / 5ค	6ข / 6ค / 7ก / 7ข / 8ข / 8ง / 9ก / 9ค	1ก / 1ค / 2ข / 2ค / 3ก / 3ข / 5ง	6ก / 8ก / 8ค / 9ข / 9ง	2ก / 4ก / 4ข	
เกณฑ์	ภายในการศึกษาเชิงทฤษฎี			04 / 05	06 / 07 / 08 / 09	01 / 02 / 03	
	ภายในการศึกษาเชิงปฏิบัติ	05	06 / 07 / 08 / 09	01 / 02 / 03 / 04			

ตารางที่ 33 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาต่างประเภทกัน (รหัสตัวบ่งชี้และรหัสเกณฑ์ อ้างอิงจากภาพที่ 17)

รูปแบบการวิเคราะห์เปรียบเทียบ		ระดับคะแนนตัวบ่งชี้-เกณฑ์/ระดับความต่างคะแนนตัวบ่งชี้-เกณฑ์											
		> 0% , ≤ 33				> 33% , ≤ 67				> 67%			
		ระดับต่ำ		ระดับความต่างต่ำ		ระดับปานกลาง		ระดับความต่างปานกลาง		ระดับสูง		ระดับความต่างสูง	
		การจัดการ	การยกระดับ	การจัดการ	การยกระดับ	การจัดการ	การยกระดับ	การจัดการ	การยกระดับ	การจัดการ	การยกระดับ	การจัดการ	การยกระดับ
ตัวบ่งชี้	การศึกษาเชิงทฤษฎี > การศึกษาเชิงปฏิบัติ			2ข / 4ค / 5ค	9ง			2ค / 2ง / 3ข / 3ค / 5ก	6ค / 7ข / 8ค / 9ก / 9ค			1ข / 5ข	8ง
	การศึกษาเชิงทฤษฎี = การศึกษาเชิงปฏิบัติ		6ข / 7ก / 8ข			1ก / 1ค / 3ก / 5ง	6ก / 8ก / 9ข			2ก / 4ก / 4ข			
เกณฑ์	การศึกษาเชิงทฤษฎี > การศึกษาเชิงปฏิบัติ			01 / 02 / 03	06 / 08 / 09			05	07				
	การศึกษาเชิงทฤษฎี = การศึกษาเชิงปฏิบัติ					04							

4.2.5 สรุปภาพรวมผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบในระดับตัวบ่งชี้และเกณฑ์

จากการวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยแล้วจึงแบ่งผลสรุปได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกรอบความคิดในระดับตัวบ่งชี้

2) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกรอบความคิดในระดับเกณฑ์

3) ผลการวิเคราะห์ในเชิงสถาปัตยกรรม

ทั้งนี้เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบ วางแผน และริเริ่มโครงการที่เกี่ยวของกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ให้แนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะของโครงการนั้นๆมีความชัดเจนและเป็นแบบแผนมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในเชิงวิชาการสำหรับผู้ที่มีความสนใจศึกษาด้านนี้ต่อไปในอนาคตและในเชิงปฏิบัติสำหรับภาคการผลิตจริงในปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.6.1 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบในระดับตัวบ่งชี้

1) จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ สรุปได้ว่ามีตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีในระดับ“สูง” จำนวนมากกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติกว่า 3.5 เท่า รวมทั้งจากการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติจึงได้ผลสรุปในการจัดอันดับตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนตัวบ่งชี้สูงสุด 3 อันดับแรกดังนี้

Chulalongkorn University

1.1) คะแนนตัวบ่งชี้สูงสุดอันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคารในเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

1.2) คะแนนตัวบ่งชี้สูงสุดอันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านการติดตามตรวจสอบ ควบคุม และบันทึกการสอดส่องดูแลในเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

1.3) คะแนนตัวบ่งชี้สูงสุดอันดับที่ 3 ได้แก่ ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุมในเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี และด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบในเกณฑ์การยกระดับงานบริการ

2) จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ สรุปได้ว่ามีตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับ“ต่ำ” มากกว่าเชิงทฤษฎี 3.75 เท่า รวมทั้งจากการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติจึงได้ผลสรุปในการจัดอันดับตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ต่ำสุด 3 อันดับแรกดังนี้

   2.1) คะแนนตัวบ่งชี้ต่ำสุดอันดับที่ 1 ได้แก่ ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้าในเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้ และด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่ในเกณฑ์การยกระดับพื้นที่

   2.2) คะแนนตัวบ่งชี้ต่ำสุดอันดับที่ 2 ได้แก่ ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสียในเกณฑ์การยกระดับงานบริการ

   2.3) คะแนนตัวบ่งชี้ต่ำสุดอันดับที่ 3 ได้แก่ ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติในเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย

3) กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติมีเพียงตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ต่ำกว่าหรือเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงทฏษฎี กล่าวอีกนัยนึงคือไม่มีตัวบ่งชี้ใดในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ที่สูงกว่าตัวบ่งชี้ในกลุ่มการศึกษาเชิงทฏษฎี รวมทั้งสรุปได้ว่าตัวบ่งชี้ที่มีคะแนนตัวบ่งชี้ภายในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีสูงกว่ากลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติในระดับสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่

   3.1) ด้านการฟื้นฟูพลังงานในเกณฑ์การจัดการพลังงาน

   3.2) ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควันในเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย

   3.3) ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS) ในเกณฑ์การยกระดับงานบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.6.2 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบในระดับเกณฑ์

1) กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีประกอบด้วยเกณฑ์ 2 ระดับดังนี้
   - เกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับสูง
   - เกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับปานกลาง

   ** กลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีไม่มีเกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับต่ำ*

2) กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติประกอบด้วยเกณฑ์ 2 ระดับดังนี้
   - เกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ปานกลาง
   - เกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ต่ำ

   ** กลุ่มการศึกษาเชิปฏิบัติไม่มีเกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ในระดับสูง*

3) เกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ในกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติเทียบเท่ากลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎี ได้แก่ เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

4) เกณฑ์ที่มีคะแนนเกณฑ์ที่แตกต่างกันมากที่สุด (ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด) ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการศึกษาชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ ได้แก่ เกณฑ์การยกระดับพื้นที่

สรุปได้ว่าการศึกษาเชิงทฤษฎีมีความครอบคลุมมากกว่าเชิงปฏิบัติและมีการนำเสนอแนวทางเพื่อรองรับแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่มุมของคุณภาพที่อยู่อาศัย ที่ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้ ในขณะเดียวกันเทคโนโลยีที่สามารถรองรับแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะบางส่วนได้รับการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการศึกษาเชิงปฏิบัติแล้ว แต่ในขณะเดียวกันยังมีแนวคิดที่เทคโนโลยียังไม่สามารถรองรับได้ โดยแนวคิดเหล่านี้ควรได้รับการพัฒนาองค์ความรู้เชิงทฤษฎีในด้านต่างๆเพิ่มมากขึ้นเพื่อสามารถใช้เป็นพื้นฐานความรู้และแนวทางในการศึกษาเชิงปฏิบัติต่อไป

4.2.6 การวิเคราะห์กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในเชิงสถาปัตยกรรม

- เกณฑ์การยกระดับพื้นที่เป็นเกณฑ์ที่ยังมีการพัฒนาในระดับที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์อื่นๆทั้งในกลุ่มการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยเกณฑ์การยกระดับพื้นที่ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้หลัก ได้แก่

    1) ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวกับการเพิ่มความสามารถของพื้นที่ในการปรับเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อม เช่น การใช้วัสดุอัจฉริยะประเภท Smart wrap แนวคิด Smart Wrap จะมอบการควบคุมสภาพอากาศและไฟฟ้าส่องสว่าง การแสดงผลข้อมูลและกำลังไฟฟ้าด้วยวัสดุโพลิเมอร์ที่ถูกพิมพ์และซ้อนหลายชั้น Smart Wrap นั้นเป็นวัสดุก่อสร้างแห่งอนาคตที่สามารถแทนที่วัสดุผนังภายในและภายนอกที่มีอยู่ทั้งหมด เป็นต้น (Mohamed 2017, 146)
    2) ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวกับการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการใช้งานพื้นที่อาคาร เช่น การตรวจหาการใช้อาคาร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการตรวจหาสามารถเป็นข้อมูลเพื่อแนะนำการใช้พื้นที่ตามความต้องการของผู้ใช้หรือพื้นที่ที่ได้รับการปรับอุณหภูมิตามความต้องการของผู้ใช้ เป็นต้น (Jain 2019, 27)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- เกณฑ์การยกระดับพื้นที่มีความสำคัญเชิงสถาปัตยกรรมที่สงผลโดยตรงต่อการใช้งานของผู้ใช้อาคารและช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดีต่อผู้ใช้อาคาร ดังนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการศึกษา ออกแบบ พัฒนาและสร้างโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะจึงควรพิจารณาและพัฒนาให้เป็นไปตามแนวทางหรือพัฒนาต่อยอดตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์นี้ให้มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

- การบูรณาการกรอบความคิดอัจฉริยะตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบเพื่อวางแผนองค์ประกอบของโครงการอัจฉริยะว่าจะประกอบด้วยอะไรบ้างจะนำไปสู่การผสมผสานระหว่างอุปกรณ์เทคโนโลยี IoT และสถาปัตยกรรมทั้งในส่วนของโครงสร้างและความงาม สามารถเป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างเป็นระบบมากขึ้น

- โครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะควรเป็นการออกแบบแบบเฉพาะตัวสำหรับแต่ละโครงการ เพื่อช่วยในด้านการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยการบูรณาการระบบต่างๆเข้าด้วยกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ความสะดวกและง่ายในการติดตั้ง การบำรุงรักษาและส่งเสริมการลดต้นทุนด้านวัสดุในการผลิตซึ่งช่วยในการยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

- เนื่องจากการคัดเลือกกรณีศึกษาทั้ง 7 ประกอบด้วยกรณีศึกษาในหลากหลายสเกลและประเภทของอาคารทั้งอาคารอยู่อาศัย อาคารสำนักงานและอาคารพาณิชย์จึงส่งผลให้แต่กรณีศึกษามีการส่งเสริมหรือเน้นย้ำฟังก์ชั่นการใช้งานของอาคารและแนวโน้มในการพัฒนาตามแต่ละเกณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ในกรณีศึกษา C ซึ่งเป็นกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอาคารสำนักงานจึงมีการพัฒนาในเกณฑ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน สิ่งแวดล้อม สุขภาพ เทคโนโลยีและความปลอดภัยเป็นหลักเนื่องจากมีผู้ใช้จำนวนมากภายในอาคาร โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางวันถึงเย็นจึงต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกระบบภายในอาคารเพื่อประโยชน์ด้านการประหยัดพลังงาน มีความเป็นมิตรต่อสุขภาพของผู้ใช้ เพิ่มสะดวกสบายในการใช้งานด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆรวมทั้งช่วยรักษาความปลอดภัยของผู้ใช้งานอาคาร เป็นต้น ส่งผลให้ในส่วนของการนำกรณีศึกษาทั้งหมดที่มีความแตกต่างกันดังที่ได้กล่าวข้างต้นมาวิเคราะห์ร่วมกันอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือความไม่ชัดเจนในผลการวิเคราะห์ซึ่งหากมีการพัฒนากรอบความคิดนี้ต่อไปในอนาคต ควรคัดเลือกกรณีศึกษาแยกตามแต่ละประเภทอาคารเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดแนวทางในการออกแบบโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- การริเริ่มโครงการที่มีแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะแบบยืดหยุ่น (Resilient) เผื่อในอนาคตให้สามารถปรับเปลี่ยนสถาปัตยกรรมเพื่อรองรับสถาการณ์ที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลานั้นได้อย่างทันท่วงที เช่น ในยามฉุกเฉินไม่สามารถรับไฟฟ้าจากภาคส่วนรัฐหรือส่วนกลางได้แต่ก็ยังสามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองได้ด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ การมีระบบกรอง บำบัดและกักเก็บน้ำสำรองสำหรับใช้ในกรณีฉุกเฉิน ในสภาวะภัยแล้งได้ นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ในด้านการทำงานรูปแบบองค์กรหรือบริษัทในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ไม่คาดคิดกับตัวบุคคลที่มีหน้าที่รับผิดชอบงานใดงานหนึ่งซึ่งอาจส่งผลให้บุคคลนั้นได้รับความกระทบกระเทือนทางกายหรือจิตใจจนไม่สามารถเรียกความจำเดิมกลับมาได้ ทำให้ข้อมูลสำคัญนั้นเข้าถึงยาก สืบค้นได้ยากและข้อมูลขององค์กรนั้นก็ไม่ได้อยู่ภายใต้ภาวะส่วนตัวที่มีความปลอดภัยเนื่องจากขาดผู้ควบคุมดูแล แต่หากผู้รับผิดชอบงานมีการเตรียมพร้อมล่วงหน้าด้วยระบบเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะซึ่งคอยช่วยสำรองข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของงานนั้นไว้ ผู้ใช้งานท่านอื่นก็จะสามารถเรียกหรือสืบค้นประวัติของข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ให้คืนกลับมาได้ ดังนั้นแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะแบบยืดหยุ่นนี้จะช่วยลดอุปสรรคสำหรับการรับช่วงงานต่อให้กับบุคคลถัดไปที่ได้รับมอบหมายได้ รวมทั้งช่วยเสริมสร้างความปลอดภัยให้กับข้อมูลอีกด้วย เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 การสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในการพิจารณาโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะของโครงการต่างๆได้ เช่น บ้านอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะ หรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากภาคการผลิตจริง เป็นต้น โดยการสาธิตได้มีการนำตัวอย่างจำนวน 3 กรณีศึกษามาทำการทดลองประยุกต์ใช้กับกรอบความคิดที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกกรณีศึกษาดังนี้

1) ทุกโครงการถูกสร้างขึ้นจริง หรือ ถูกทดลองในสถาณการณ์จริง
2) มีสภาพแวดล้อมบริเวณตำแหน่งที่ตั้งที่ใกล้เคียงกัน
3) มีสเกลของโครงการที่แตกต่างกัน เพื่อทำการทดลองโดยมีความแตกต่างในสเกลของโครงการเป็นตัวแปร ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในเชิงปฏิบัติการจริงอย่างมีนัยสำคัญ

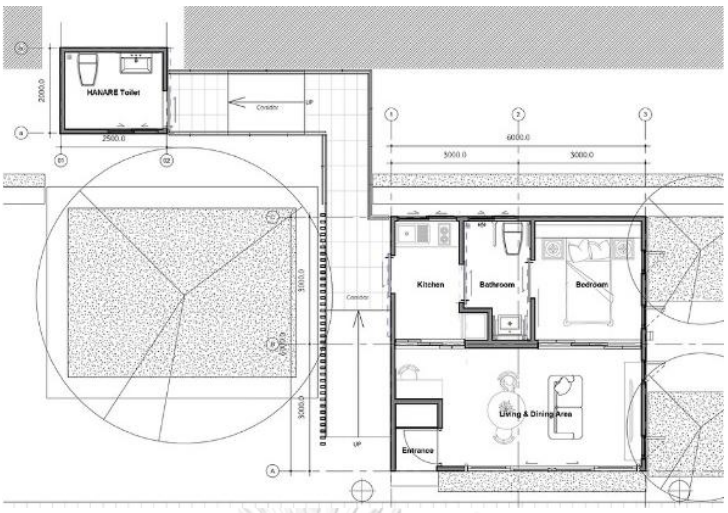
ดังนั้นจึงได้คัดเลือกกรณีศึกษาซึ่งประกอบด้วยทั้งโครงการบ้านอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะ และอุปกรณ์อัจฉริยะ ได้แก่

กรณีศึกษาที่ 1) โครงการต้นแบบหน่วยบ้านอัจฉริยะ “ ZEN model ” (Zen model 2023)

กรณีศึกษาที่ 2) อาคารอัจฉริยะซึ่งบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดง (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร 2564ข)

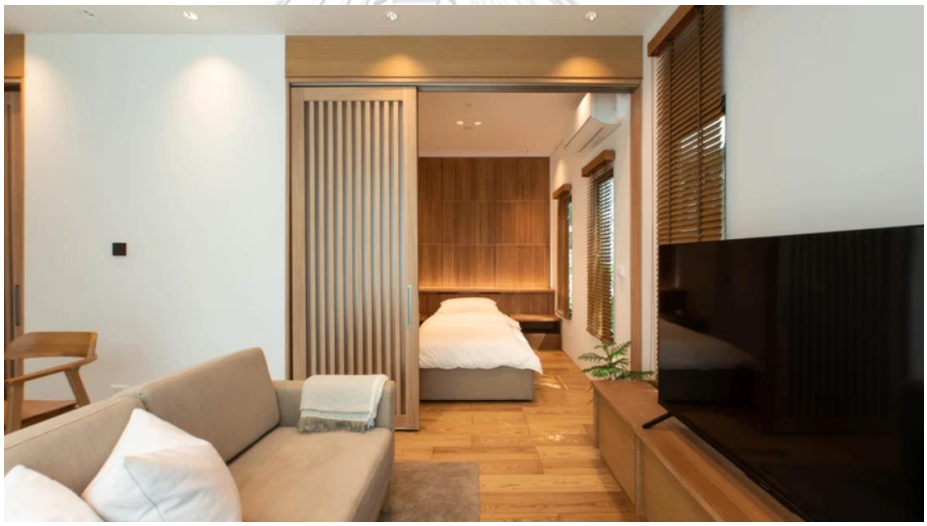
กรณีศึกษาที่ 3) อุปกรณ์เคลื่อนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 14 (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจรและกวีไกร ศรีหิรัญ 2564ก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 18 ผังบริเวณ ZEN model

ที่มา: (Zen model 2023)



ภาพที่ 19 ทัศนียภาพภายใน ZEN model (ห้องนอน)

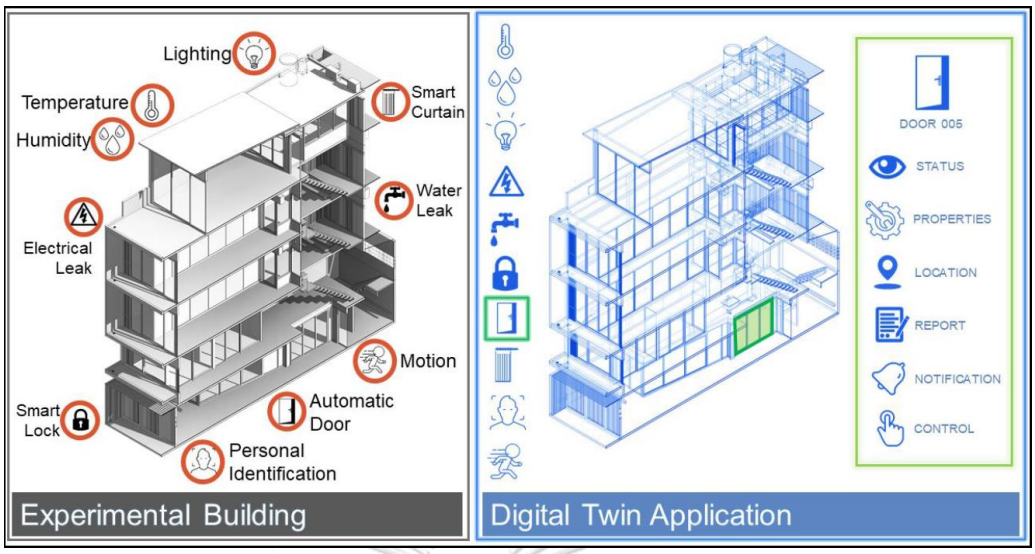
ที่มา: (Zen model 2023)

ภาพที่ 20 ทัศนียภาพภายใน ZEN model (ห้องนั่งเล่น)

ที่มา: (Zen model 2023)

ภาพที่ 21 ทัศนียภาพภายนอก ZEN model

ที่มา: (Zen model 2023)

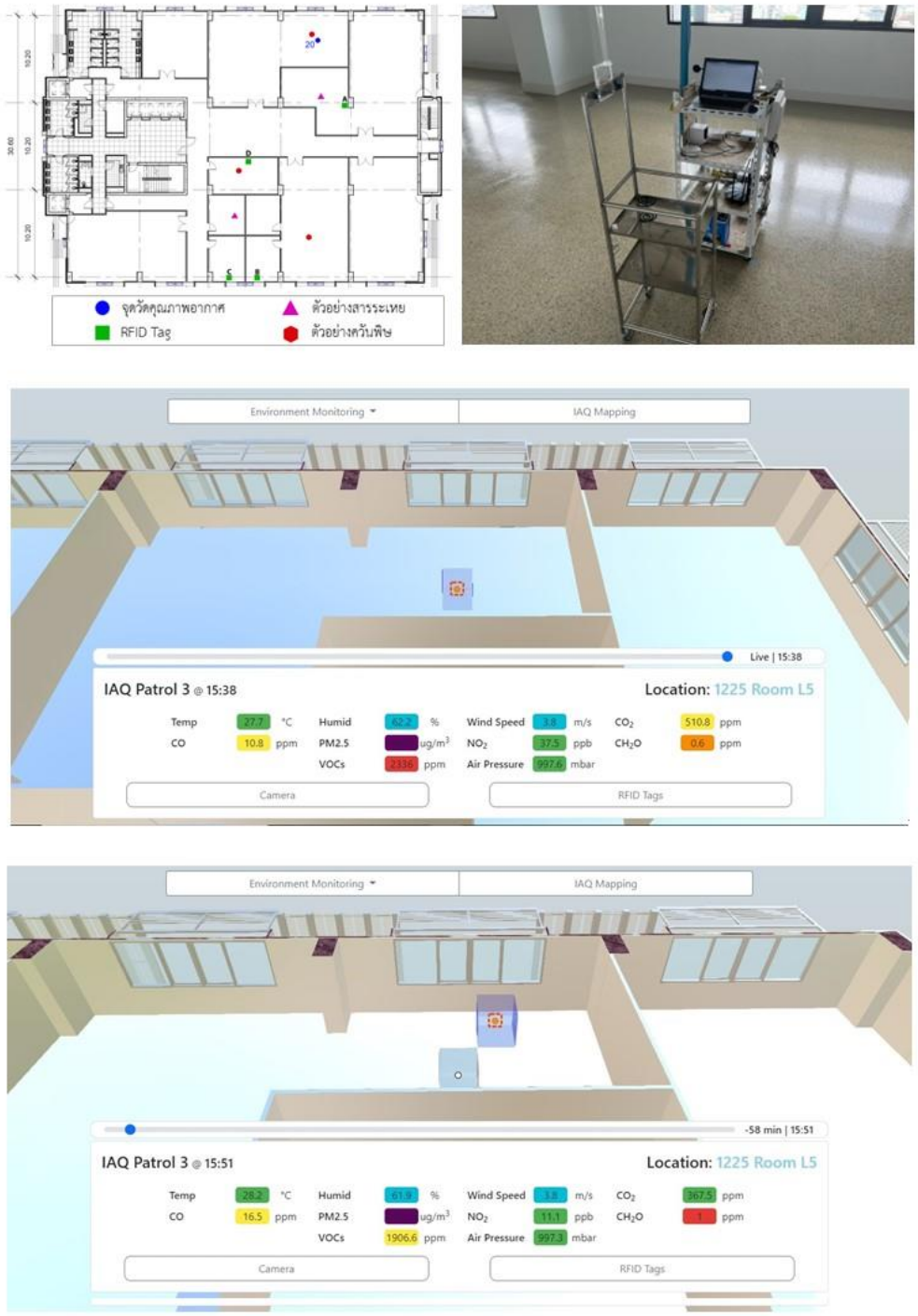


ภาพที่ 22 ไดอะแกรมแสดงฟังก์ชันและระบบการจัดการภายในต้นแบบอาคารอัจฉริยะ (อาคารอัจฉริยะซึ่งบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดง) ที่มีการติดตั้งเครือข่ายอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต (IoT) เพื่อใช้งานร่วมกับระบบโปรแกรมประยุกต์อาคารคู่แฝดดิจิทัล

ที่มา: (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร 2564ข, 5)

ภาพที่ 23 อินเตอร์เฟสเชิงพื้นที่ในลักษณะของกราฟฟิก 3 มิติสำหรับการเข้าถึงพื้นที่เสมือนของอาคารอัจฉริยะซึ่งบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดง

ที่มา: (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร 2564ข, 51)



ภาพที่ 24 แสดงการทำงานของอุปกรณ์เคลื่อนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศร่วมโปรแกรมประยุกต์อาคารคู่แฝดดิจิทัล

ที่มา: (เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจรและกวีไกร ศรีหิรัญ 2564ก)

4.3.1 ตัวอย่างวิธีการและขั้นตอนในการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

<u>ขั้นตอนที่ 1)</u> การเตรียมระบบการประเมินระดับความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในเชิงปฏิบัติการจริง

เกณฑ์วิธีในการประเมินระดับความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะนี้อ้างอิงจากวิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple Additive Weighting: SAW) โดยใช้แนวคิดในการรวมค่าน้ำหนักเชิงเส้นตรง (Weighted Linear Combination: WLC) หรือแนวคิดการให้คะแนน (Scoring methods) ซึ่งใช้หลักการบนพื้นฐานของการให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย โดยจะให้ค่าถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันตามความสำคัญ (อภิรดี สรวิสูตร 2559, 184)

การสาธิตวิธีการประเมินคะแนนครั้งนี้มีการประยุกต์ใช้ *“คะแนนตัวบ่งชี้”* ซึ่งได้จากการแปลงค่าความครอบคลุมในเชิงคุณภาพของแต่ละตัวบ่งชี้ในแต่ละกรณีศึกษาเป็นเชิงตัวเลขดังอธิบายไว้ในข้อ 4.1.1 เมื่อแปลงค่า *“คะแนนตัวบ่งชี้”* ครบทุกตัวแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 34 จึงนำค่าเหล่านี้ไปใช้ในการคำนวณ *“ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้”* และ *“ค่าน้ำหนักของเกณฑ์”* ในลำดับถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 34 ตารางสรุปคะแนนตัวบ่งชี้ของการศึกษาเชิงทฤษฎี (กรณีศึกษา A-D) และการศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา F-G)

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G
			(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social issues of smart homes: a review of four European cities' experiences	BIM Based Indoor Environmental Monitoring System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		(7)	3	7	7	4	2	3	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (5)	2	5	5	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (1)	1	1	1	1	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (1)	0	1	1	1	0	1	0
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ		(9)	7	8	9	4	9	6	4
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร (1)	1	1	1	1	1	1	1
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ (5)	3	5	5	2	5	4	2
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น (2)	2	2	2	1	2	1	1
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน (1)	1	0	1	0	1	0	0
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี		(7)	6	5	6	5	5	3	4
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ (3)	2	2	2	2	2	1	3
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม (3)	3	3	3	3	3	2	1
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชั้นสูงในการออกแบบ (1)	1	0	1	0	0	0	0
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว		(5)	3	0	4	3	5	4	2
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล (1)	1	0	1	1	1	1	1
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล (1)	1	0	1	1	1	1	1
13	4	ค	ด้านการโจมตีทางกายภาพ (3)	1	0	2	1	3	2	0
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย		(9)	5	2	5	5	2	1	0
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน (4)	1	1	3	1	1	0	0
15	5	ข	ด้านการตรวจหาสัตว์มีพิษหรือควัน (1)	1	1	1	1	1	0	0
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ (3)	3	0	0	2	0	0	0
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว (1)	0	0	1	1	0	1	0
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้		(7)	2	2	3	4	3	2	0
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง (1)	1	0	0	0	1	1	0
19	6	ข	ด้านการประหยัดและการเชื่อมต่อรอไฟฟ้า (2)	0	1	1	0	0	0	0
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้ (4)	1	1	2	4	2	1	0
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่		(3)	1	2	2	1	0	0	0
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่ (1)	1	0	0	0	0	0	0
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ (2)	0	2	2	1	0	0	0
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ		(8)	4	4	5	6	3	4	1
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา (4)	2	2	3	2	2	3	1
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย (2)	0	0	0	2	0	0	0
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ (1)	1	1	1	1	1	1	0
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS) (1)	1	1	1	1	0	0	0
09	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล		(4)	4	0	2	1	3	2	0
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม (1)	1	0	0	0	1	0	0
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (1)	1	0	0	0	1	1	0
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (1)	1	0	1	0	0	0	0
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า (1)	1	0	1	1	1	1	0

(ก) ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้

การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักตามลำดับความสำคัญให้กับแต่ละตัวบ่งชี้ (อภิรดี สรวิสูตร 2559, 184) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างผลรวมคะแนนตัวบ่งชี้ใดๆและผลรวมคะแนนตัวบ่งชี้ทั้งหมดที่ถูกจัดให้อยู่ในเกณฑ์เดียวกัน ซึ่งในการรวมคะแนนตัวบ่งชี้จะเริ่มตั้งแต่การศึกษาเชิงทฤษฎี (กรณีศึกษา A-D) ไปจนถึงการศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา F-G)

ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่าง การหาค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ “ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงานภายใต้เกณฑ์การจัดการพลังงาน (1ก)”สำหรับใช้ในการประเมินคะแนนความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะของ 3 กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1) หาผลรวมคะแนนจากกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีจนถึงกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา A-G) ของตัวบ่งชี้ 1ก โดยมีภาพประกอบดังภาพที่ 25

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G
			(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a smart readiness indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social issues of smart homes: a review of Iran European cities' experiences	BIM-base Indoor Environmental Monitoring System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		(7)	3	7	7	4	2	3	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (5)	2	5	5	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (1)	1	1	1	1	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (1)	0	1	1	1	0	1	0

ภาพที่ 25 แสดงขอบเขตคะแนนรวมของตัวบ่งชี้ 1ก

ที่มา: ผู้วิจัย

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก = 2+5+5+2+2+2+2

= 20

2) หาผลรวมคะแนนจากกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีจนถึงกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา A-G) ของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 1ค โดยมีภาพประกอบดังภาพที่ 26

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G
			(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, indices and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Small Business Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social issues of smart homes: a review of four European cities' experiences	BIM-Based Indoor Environmental Monitoring System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		(7)	3	7	7	4	2	3	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (5)	2	5	5	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (1)	1	1	1	1	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (1)	0	1	1	1	0	1	0

ภาพที่ 26 แสดงขอบเขตคะแนนรวมของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 1ค

ที่มา: ผู้วิจัย

$$\text{คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก-1ค} = (2+5+5+2+2+2+2) + (1+1+1+1+0+0+0) + (0+1+1+1+0+1+0)$$

$$= 28$$

3) หาค่าน้ำหนักของ *“ตัวบ่งชี้ 1ก”* โดยการหาร *“คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก”* จากข้อ 1) ด้วย *“คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 1ค”* จากข้อ 2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ 1ก} = \frac{20}{28}$$

$$\approx 0.71$$

(ข) ค่าน้ำหนักของเกณฑ์

การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักตามลำดับความสำคัญให้กับแต่ละเกณฑ์ (อภิรดี สรวิสูตร 2559, 184) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างผลรวมคะแนนตัวบ่งชี้ทั้งหมดที่ถูกจัดให้อยู่ในเกณฑ์เดียวกัน และผลรวมคะแนนตัวบ่งชี้ทั้งหมดในกรอบความคิดนี้ ซึ่งในการรวมคะแนนตัวบ่งชี้จะเริ่มตั้งแต่การศึกษาเชิงทฤษฎี (กรณีศึกษา A-D) ไปจนถึงการศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา F-G)

ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่าง การหาค่าน้ำหนักของ *“เกณฑ์การจัดการพลังงาน”* สำหรับใช้ในการประเมินคะแนนความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะของ 3 กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1) หาผลรวมคะแนนจากกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีจนถึงกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา A-G) ของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 1ค โดยมีภาพประกอบดังภาพที่ 26

$$\text{คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก-1ค} = (2+5+5+2+2+2+2) + (1+1+1+1+0+0+0) + (0+1+1+1+0+1+0)$$

$$= 28$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) หาผลรวมคะแนนจากกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีจนถึงกรณีศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา A-G) ของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 9ง โดยมีภาพประกอบดังภาพที่ 27

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด		กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G
				(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social issues of smart home: a review of four European cities' experiences	BIM-Base Indoor Environmental Monitoring System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			(7)	3	7	7	4	2	3	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	(5)	2	5	5	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นคืนพลังงาน	(1)	1	1	1	1	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	(1)	0	1	1	1	0	1	0
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ			(9)	7	8	9	4	9	6	4
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	(1)	1	1	1	1	1	1	1
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	(5)	3	5	5	2	5	4	2
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น	(2)	2	2	2	1	2	1	1
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	(1)	1	0	1	0	1	0	0
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี			(7)	6	5	6	5	5	3	4
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	(3)	2	2	2	2	2	1	3
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	(3)	3	3	3	3	3	2	1
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	(1)	1	0	1	0	0	0	0
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว			(5)	3	0	4	3	5	4	2
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการลอดล่องดูแล	(1)	1	0	1	1	1	1	1
12	4	ข	ด้านการบันทึกการลอดล่องดูแล	(1)	1	0	1	1	1	1	1
13	4	ค	ด้านการป้องกันข้อมูล	(3)	1	0	2	1	3	2	0
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย			(9)	5	2	5	5	2	1	0
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหยุดหนีในภาวะฉุกเฉิน	(4)	1	1	3	1	1	0	0
15	5	ข	ด้านการตรวจหาอัคคีภัยพร้อมควัน	(1)	1	1	1	1	1	0	0
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ	(3)	3	0	0	2	0	0	0
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว	(1)	0	0	1	1	0	1	0
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้			(7)	2	2	3	4	3	2	0
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง	(1)	1	0	0	0	1	1	0
19	6	ข	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	(2)	0	1	1	0	0	0	0
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	(4)	1	1	2	4	2	1	0
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่			(3)	1	2	2	1	0	0	0
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	(1)	1	0	0	0	0	0	0
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	(2)	0	2	2	1	0	0	0
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ			(8)	4	4	5	6	3	4	1
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	(4)	2	2	3	2	2	3	1
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการทางเลือก	(2)	0	0	0	2	0	0	0
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ	(1)	1	1	1	1	1	1	0
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)	(1)	1	1	1	1	0	0	0
09	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล			(4)	4	0	2	1	3	2	0
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม	(1)	1	0	0	0	1	0	0
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	(1)	1	0	0	0	1	1	0
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	(1)	1	0	1	0	0	0	0
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า	(1)	1	0	1	1	1	1	0

ภาพที่ 27 แสดงขอบเขตคะแนนรวมของตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 9ง

ที่มา: ผู้วิจัย

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก-1ค = (2+5+5+2+2+2+2) +
(1+1+1+1+0+0+0) +
(0+1+1+1+0+1+0)
= 28

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 2ก-2ง = (1+1+1+1+1+1+1) +
(3+5+5+2+5+4+2) +
(2+2+2+1+2+1+1) +
(1+0+1+0+1+0+0)
= 47

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 3ก-3ค = (2+2+2+2+2+1+3) +
(3+3+3+3+3+2+1) +
(1+0+1+0+0+0+0)
= 34

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 4ก-4ค = (1+0+1+1+1+1+1) +
(1+0+1+1+1+1+1) +
(1+0+2+1+3+2+0)
= 21

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 5ก-5ง = (1+1+3+1+1+0+0) +
(1+1+1+1+1+0+0) +
(3+0+0+2+0+0+0) +
(0+0+1+1+0+1+0)
= 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 6ก-6ค = (1+0+0+0+1+1+0) + (0+1+1+0+0+0+0) + (1+1+2+4+2+1+0)

= 16

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 7ก-7ข = (1+0+0+0+0+0+0) + (0+2+2+1+0+0+0)

= 6

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 8ก-8ง = (2+2+3+2+2+3+1) + (0+0+0+2+0+0+0) + (1+1+1+1+1+1+0) + (1+1+1+1+0+0+0)

= 27

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 9ก-9ง = (1+0+0+0+1+0+0) + (1+0+0+0+1+1+0) + (1+0+1+0+0+0+0) + (1+0+1+1+1+1+0)

= 12

คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก-9ง	=	28+47+34+21+20+16+6+27+12
	=	211

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) หาค่าน้ำหนักของ *“เกณฑ์การจัดการพลังงาน”* โดยการหาร *“คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 1ค”* จากข้อ 1) ด้วย *“คะแนนรวมตัวบ่งชี้ 1ก จนถึง 9ง”* จากข้อ 2)

$$\text{ค่าน้ำหนักของเกณฑ์การจัดการพลังงาน} = \frac{28}{211} \approx 0.13$$

(ค) คะแนนเต็มสูงสุด

“คะแนนเต็มสูงสุด”ในงานวิจัยนี้ หมายถึง คะแนนเต็มในรูปแบบร้อยละ (100%) ซึ่งเกิดจากการสมมติในกรณีที่มีคะแนนเต็มสูงสุดในทุกตัวบ่งชี้ของทุกเกณฑ์ ซึ่งใช้ในการอ้างอิงและเปรียบเทียบกับคะแนนของแต่ละกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงว่าแต่ละกรณีศึกษานั้นสามารถปฏิบัติการได้จริงร้อยละเท่าใด ซึ่งคะแนนเต็มสูงสุดจะต้องผ่านการถ่วงค่าน้ำหนักทั้งหมด 2 ขั้นตอน โดยการถ่วงค่าน้ำหนักดังกล่าวอ้างอิงจากวิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple Additive Weighting: SAW) (อภิรดี สรวิสูตร 2559, 184) เพื่อความเข้าใจง่ายในการทดลองนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายรายละเอียดในการถ่วงค่าน้ำหนักในระดับตัวบ่งชี้ (ขั้นตอนที่ [1]) และระดับเกณฑ์ (ขั้นตอนที่ [2]) ดังนี้

Chulalongkorn University

<u>ขั้นตอนที่ [1]</u> เป็นการถ่วงค่าน้ำหนักในระดับตัวบ่งชี้โดยนำแต่ละ “คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้” (ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในข้อ 4.1.1) มาคูณกับ “ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้” (ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในข้อ 4.3.1(ก)) เพื่อทำการถ่วงค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้นั้นๆ ซึ่งในกรณีนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างวิธีการการถ่วงน้ำหนัก “คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก” และแสดงรายละเอียดขั้นตอน รวมทั้งภาพประกอบการคำนวณดังต่อไปนี้

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด		กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E
				(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			(7)	3	7	7	4	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	(5)	2	5	5	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	(1)	1	1	1	1	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	(1)	0	1	1	1	0

ภาพที่ 28 แสดงคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก

ที่มา: ผู้วิจัย

[1.1] จากภาพที่ 28 คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก = 5

[1.2] จากตัวอย่างในข้อ 4.3.1(ก) ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ 1ก ≈ 0.71

[1.3] คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก (ที่ผ่านการถ่วงค่าน้ำหนักระดับตัวบ่งชี้)

≈ 5 x 0.71

≈ 3.57

ขั้นตอนที่ [2] เป็นการถ่วงค่าน้ำหนักในระดับเกณฑ์โดยนำค่าที่ได้จากการคำนวณตามขั้นตอนที่ [1] ครบทุกตัวบ่งชี้ในเกณฑ์นั้นๆ มาหาผลรวมแล้วจึงนำผลรวมที่ได้มาถ่วง *"ค่าน้ำหนักของเกณฑ์"* (ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในข้อ 4.3.1(ข)) ที่ตัวบ่งชี้เหล่านั้นอยู่ภายใต้ ซึ่งในกรณีนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างวิธีการถ่วงน้ำหนัก *"คะแนนเต็มของเกณฑ์การจัดการพลังงาน"* และแสดงรายละเอียดขั้นตอนรวมทั้งภาพประกอบการคำนวณดังต่อไปนี้

[2.1] เริ่มจากการคำนวณและปฏิบัติตามข้อ 4.3.1(ก) เพื่อให้ทราบค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้แต่ละตัวในเกณฑ์การจัดการพลังงาน

$$\text{ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ 1ก} = \frac{(2+5+5+2+2+2+2)}{28}$$

$$\approx 0.71$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ 1ข} = \frac{(1+1+1+1+0+0+0)}{28} \approx 0.14$$

$$\text{ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ 1ค} = \frac{(0+1+1+1+0+1+0)}{28} \approx 0.14$$

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด		กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E
				(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			(7)	3	7	7	4	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	(5)	2	5	5	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	(1)	1	1	1	1	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	(1)	0	1	1	1	0

ภาพที่ 29 แสดงคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก 1ข และ 1ค

ที่มา: ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[2.2] นำ “ค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ 1ก 1ข และ 1ค” ที่ได้จากข้อ [2.1] และคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก 1ข และ 1ค (ดังแสดงในภาพที่ 29) มาปฏิบัติตามข้อ [1.1] จนถึง [1.3] จนครบทั้ง 3 ตัวบ่งชี้ เพื่อทำการถ่วงค่าน้ำหนักในระดับตัวบ่งชี้ของเกณฑ์การจัดการพลังงานทั้งหมด

คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก (ที่ผ่านการถ่วงค่าน้ำหนักระดับตัวบ่งชี้)	≈	5 X 0.71
	≈	3.57

คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ข (ที่ผ่านการถ่วงค่าน้ำหนักระดับตัวบ่งชี้)	≈	1 X 0.14
	≈	0.14

คะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ค (ที่ผ่านการถ่วงค่าน้ำหนักระดับตัวบ่งชี้)	≈	1 X 0.14
	≈	0.14

[2.3] หาผลรวมคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ 1ก 1ข และ 1ค (ที่ผ่านการถ่วงค่าน้ำหนักระดับตัวบ่งชี้) จากข้อ [2.2] เพื่อใช้ในการถ่วงน้ำหนักระดับเกณฑ์ของเกณฑ์การจัดการพลังงาน

ผลรวมคะแนนเต็มของตัวบ่งชี้ทั้งหมดภายใต้เกณฑ์การจัดการพลังงาน	≈	3.57+0.14+0.14
	≈	3.86

[2.4] ถ่วงค่าน้ำหนักระดับเกณฑ์โดยคูณค่าที่ได้จากข้อ [2.3] กับ *“ค่าน้ำหนักของเกณฑ์การจัดการพลังงาน”* (จากตัวอย่างในข้อ 4.1.3(ข)) เพื่อทราบ *“คะแนนเต็มของเกณฑ์การจัดการพลังงาน”*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตัวอย่างในข้อ 4.1.3(ข)

ค่าน้ำหนักของเกณฑ์การจัดการพลังงาน ≈ 0.13

คะแนนเต็มของเกณฑ์การจัดการพลังงาน	≈	3.86 X 0.13
	≈	0.51

ในการถ่วงค่าน้ำหนักทั้งในระดับตัวบ่งชี้ (ขั้นตอนที่ [1]) และระดับเกณฑ์ (ขั้นตอนที่ [2]) จะต้องดำเนินการตามลำดับดังที่ผู้วิจัยแสดงตัวอย่างไว้จนครบทั้ง 9 เกณฑ์ เพื่อให้ทราบคะแนนเต็มของทุกเกณฑ์ ในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการรวมคะแนนเต็มจากทั้ง 9 เกณฑ์ แล้วนำผลรวมที่ได้มาแปลงค่าเป็นรูปแบบเต็มร้อยละ (100%) เพื่อใช้อ้างอิงแทนค่าคะแนนเต็มสูงสุด ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดของคะแนนเต็มจำแนกตามเกณฑ์และผลรวมคะแนนเต็มจากทั้ง 9 เกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1)	เกณฑ์การจัดการพลังงาน	0.51	คะแนน
2)	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	0.76	คะแนน
3)	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	0.46	คะแนน
4)	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	0.18	คะแนน
5)	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	0.20	คะแนน
6)	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	0.24	คะแนน
7)	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	0.05	คะแนน
8)	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	0.36	คะแนน
9)	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	0.05	คะแนน
คะแนนรวมทั้งหมด		*2.85*	*คะแนน (100%)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ขั้นตอนที่ 2)</u> การประเมินคะแนนความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะของกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง

เริ่มต้นโดยการให้คะแนนตัวบ่งชี้ (ทั้งหมด 30 ตัวบ่งชี้ภายใต้ 9 เกณฑ์) ให้กับทั้ง 3 กรณีศึกษาที่เลือกมาใช้ในการสาธิตในงานวิจัยนี้ (ตารางที่ 35) ซึ่งแต่ละตัวบ่งชี้นั้นมีคะแนนเต็มที่ต่างกันเนื่องจากมีตัวบ่งชี้ย่อยจำนวนต่างกัน ดังนั้นเกณฑ์ที่ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ที่มีตัวบ่งชี้ย่อยจำนวนมากจะส่งผลให้มีทั้งค่าน้ำหนักของเกณฑ์และค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้สูง

ตารางที่ 35 คะแนนตัวบ่งชี้ของกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงทั้งหมด 3 กรณีศึกษา

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด		ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
				(คะแนนเต็ม)	โครงการต้นแบบหน่วยบ้านอัจฉริยะ " ZEN model "	อาคารอัจฉริยะซึ่งบูรณาการเทคโนโลยีสู่แม่ในศาลาแดง	อุปกรณ์เคลื่อนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 14
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			(7)	2	2	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	(5)	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	(1)	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	(1)	0	0	0
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ			(9)	5	3	3
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	(1)	0	1	1
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	(5)	3	2	1
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น	(2)	1	1	1
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	(1)	1	0	0
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี			(7)	3	5	3
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	(3)	1	3	1
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	(3)	2	2	2
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	(1)	0	0	0
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว			(5)	3	4	2
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล	(1)	1	1	1
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล	(1)	1	1	1
13	4	ค	ด้านการป้องกันข้อมูล	(3)	1	2	0
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย			(9)	1	2	1
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน	(4)	0	1	0
15	5	ข	ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน	(1)	1	1	1
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ	(3)	0	0	0
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว	(1)	0	0	0
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้			(7)	1	2	0
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง	(1)	0	0	0
19	6	ข	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	(2)	0	0	0
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	(4)	1	2	0
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่			(3)	0	1	0
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	(1)	0	0	0
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	(2)	0	1	0
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ			(8)	0	4	0
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	(4)	0	2	0
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย	(2)	0	0	0
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ	(1)	0	1	0
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)	(1)	0	1	0
09	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล			(4)	1	1	0
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม	(1)	0	0	0
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	(1)	0	0	0
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	(1)	0	0	0
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า	(1)	1	1	0

หลังจากให้คะแนนตัวบ่งชี้ของกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงกับทั้ง 3 กรณีศึกษาจนครบทุกตัวบ่งชี้ (30 ตัวบ่งชี้) เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มทำการถ่วงค่าน้ำหนัก 2 ขั้นตอนตามวิธีการและขั้นตอนในข้อ 4.1.3(ค) แต่ในกรณีนี้จะใช้คะแนนตัวบ่งชี้ของทั้ง 3 กรณีศึกษาข้างต้นแทนค่าคะแนนเต็มสูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 30

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด		ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
				(คะแนนเต็ม)	โครงการต้นแบบหน่วยบ้านอัจฉริยะ " ZEN model "	อาคารอัจฉริยะเชิงบูรณาการเทคโนโลยีดูแลในศาลาแดง	อุปกรณ์เหมือนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 14
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			(7)	2	2	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	(5)	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	(1)	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	(1)	0	0	0
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ			(9)	5	3	3
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร	(1)	0	1	1
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ	(5)	3	2	1
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น	(2)	1	1	1
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน	(1)	1	0	0
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี			(7)	3	5	3
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	(3)	1	3	1
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม	(3)	2	2	2
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	(1)	0	0	0
04	เกณฑ์การจัดการการะส่วนตัว			(5)	3	4	2
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล	(1)	1	1	1
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล	(1)	1	1	1
13	4	ค	ด้านการป้องกันข้อมูล	(3)	1	2	0
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย			(9)	1	2	1
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน	(4)	0	1	0
15	5	ข	ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน	(1)	1	1	1
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ	(3)	0	0	0
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว	(1)	0	0	0
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้			(7)	1	2	0
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง	(1)	0	0	0
19	6	ข	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า	(2)	0	0	0
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้	(4)	1	2	0
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่			(3)	0	1	0
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่	(1)	0	0	0
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่	(2)	0	1	0
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ			(8)	0	4	0
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา	(4)	0	2	0
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย	(2)	0	0	0
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ	(1)	0	1	0
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)	(1)	0	1	0
09	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล			(4)	1	1	0
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม	(1)	0	0	0
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	(1)	0	0	0
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	(1)	0	0	0
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า	(1)	1	1	0

ภาพที่ 30 แสดงขอบเขตคะแนนของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงทั้ง 3 กรณีศึกษา
ที่มา: ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยได้ทำการถ่วงน้ำหนักในระดับตัวบ่งชี้ (ขั้นตอนที่ [1]) และระดับเกณฑ์ (ขั้นตอนที่ [2]) ของทั้ง 3 กรณีศึกษาจนครบ 9 เกณฑ์ จากนั้นจึงรวมคะแนนจากทั้ง 9 เกณฑ์ของแต่ละกรณีศึกษาเพื่อนำผลรวมคะแนนทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับคะแนนเต็มสูงสุด (100%) (ที่ถูกกำหนดเพื่อใช้ในการสาธิตในงานวิจัยนี้เท่านั้น) แล้วจึงแปลงค่าคะแนนรวมให้อยู่ในรูปแบบร้อยละ (%) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระดับความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในเชิงปฏิบัติการจริงระหว่างแต่ละกรณีศึกษา

4.3.2 สรุปผลการสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะ

4.3.2.1 ผลสรุปคะแนนรวมของแต่ละกรณีศึกษาจำแนกตามเกณฑ์

กรณีศึกษาที่ 1) โครงการต้นแบบหน่วยบ้านอัจฉริยะ “ ZEN model ”

1)	เกณฑ์การจัดการพลังงาน	0.19	คะแนน
2)	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	0.44	คะแนน
3)	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	0.24	คะแนน
4)	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	0.10	คะแนน
5)	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	0.02	คะแนน
6)	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	0.05	คะแนน
7)	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	0.00	คะแนน
8)	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	0.00	คะแนน
9)	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	0.02	คะแนน
คะแนนรวมทั้งหมด		*1.06*	*คะแนน (38%)*

กรณีศึกษาที่ 2) อาคารอัจฉริยะบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดง

1)	เกณฑ์การจัดการพลังงาน	0.19	คะแนน
2)	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	0.33	คะแนน
3)	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	0.37	คะแนน
4)	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	0.14	คะแนน
5)	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	0.05	คะแนน
6)	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	0.10	คะแนน
7)	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	0.02	คะแนน
8)	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	0.18	คะแนน
9)	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	0.02	คะแนน
คะแนนรวมทั้งหมด		*1.42*	*คะแนน (50%)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

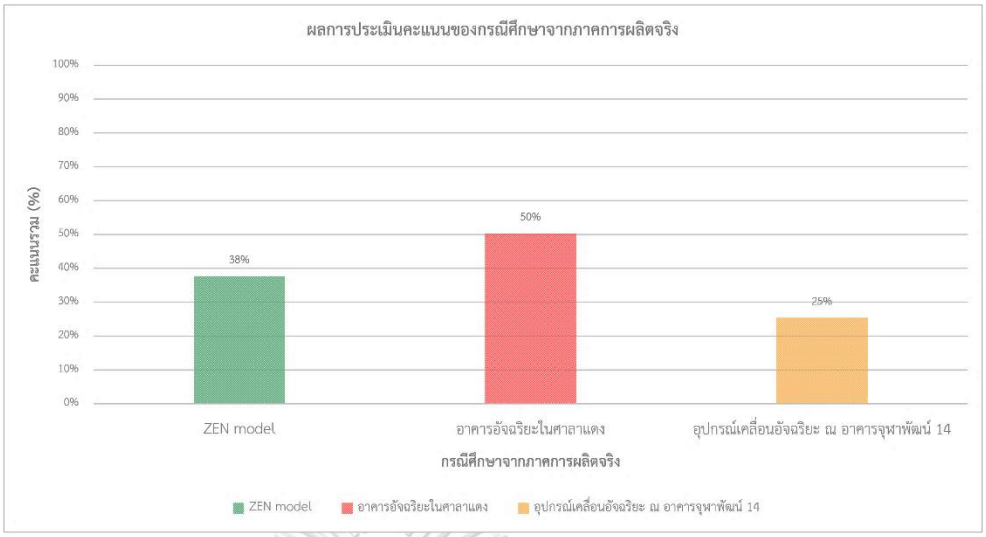
กรณีศึกษาที่ 3) อุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศอัจฉริยะ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 14

1)	เกณฑ์การจัดการพลังงาน	0.19	คะแนน
2)	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	0.21	คะแนน
3)	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี	0.24	คะแนน
4)	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว	0.06	คะแนน
5)	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย	0.02	คะแนน
6)	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้	0.00	คะแนน
7)	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่	0.00	คะแนน
8)	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ	0.00	คะแนน
9)	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล	0.00	คะแนน
คะแนนรวมทั้งหมด		*0.72*	*คะแนน (25%)*

4.3.2.2 สรุปผลคะแนนรวม 3 กรณีศึกษา

จากการสาธิตตัวอย่างการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยและแสดงรายละเอียดการคำนวณข้างต้น จึงสรุปผลการประเมินคะแนนความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะของ 3 กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงในงานวิจัยนี้ได้ว่า อาคารอัจฉริยะบูรณาการเทคโนโลยีคู่แฝดในศาลาแดงมีความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะมากที่สุด โดยกรณีศึกษานี้มีคะแนนรวมร้อยละ 50 และอันดับรองลงมาคือโครงการต้นแบบหน่วยบ้านอัจฉริยะ “ ZEN model ” ซึ่งมีคะแนนรวมร้อยละ 38 ซึ่งอุปกรณ์เคลื่อนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 14 มีความครอบคลุมต่ำที่สุดซึ่งมีคะแนนรวมร้อยละ 25 ดังแสดงในภาพที่ 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 31 ผลการประเมินคะแนนของกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง

โดยในการสาธิตการประยุกต์ใช้กรอบความคิดในงานวิจัยนี้ มีข้อจำกัดในการคัดเลือกกรณีศึกษาของโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะจากภาคการผลิตจริงซึ่งมีเจตนาในการก่อสร้างและการเลือกใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีตัวแปรอื่นๆนอกเหนือจากนี้ที่การสาธิตในงานวิจัยครั้งนี้จะสามารถควบคุมได้ภายในช่วงเวลาของการวิจัยที่มีอย่างจำกัด ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นเพียงกระบวนการเริ่มต้นในการทดลองประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในขั้นต้นเท่านั้น การนำกรอบความคิดนี้ไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในด้านการประเมินและการให้คะแนนจริงในอนาคตจะต้องมีการวางแผนระบบหรือกฎเกณฑ์การให้คะแนนและการประเมินที่มีความครอบคลุมและซับซ้อนของรายละเอียดในทุกมิติของการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่คุณภาพที่อยู่อาศัยให้มากยิ่งขึ้นเพื่อให้เกิดความชัดเจนและน่าเชื่อของระบบการประเมินคะแนน

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการศึกษา

ในปัจจุบันเป็นยุคอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งมี ICT และ IoT เป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่เริ่มได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการในระดับเมือง เช่น ในโครงการเมืองอัจฉริยะเพื่อรับมือกับปัญหาการขยายตัวของเมืองทั่วโลก เป็นต้น ซึ่งจุดประสงค์ในการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ คือ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต โดยหนึ่งในคุณลักษณะสำคัญของเมืองอัจฉริยะคือแนวคิด 'การดำรงชีวิตอัจฉริยะ' ที่ส่งผลโดยตรงในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ในทุกแง่มุม

การประยุกต์ใช้ ICT และ IoT ภายในอาคารหรือบ้านอัจฉริยะเป็นตัวแปรสำคัญที่ก่อให้เกิดแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย ซึ่งในปัจจุบันยังขาดการศึกษาที่รวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อสังเคราะห์เป็นแนวทางหรือกรอบความคิดที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณาเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมและครอบคลุมแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่มีความเป็นปัจจุบัน ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวต้องสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะสำหรับบุคคลทั่วไป รวมทั้งเป็นประโยชน์ในการวางแผน ออกแบบและริเริ่มโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยนี้เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและการศึกษาเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับอาคารและบ้านอัจฉริยะเพื่อคัดเลือกกรณีศึกษาตัวอย่างที่สอดคล้องกับคำถามในงานวิจัยนี้ จากนั้นจึงคัดกรองและตีความคำสำคัญ รวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลอย่างเป็นระบบแล้วสังเคราะห์เป็นกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย ขั้นตอนสุดท้ายจึงนำกรอบความคิดดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรณีศึกษาที่คัดเลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้และสรุปผลตามลำดับ ผลจากการรวบรวมและจัดหมวดหมู่กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อาศัย แสดงดังตางรางที่ 36

ตารางที่ 36 กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ		
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี		
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว		
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล
13	4	ค	ด้านการป้องกันข้อมูล
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย		
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน
15	5	ข	ด้านการตรวจหาอัคคีภัยหรือควัน
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้		
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง
19	6	ข	ด้านการประจุและการเชื่อมต่อรถไฟฟ้า
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่		
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ		
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและกลยุทธ์เพื่อการจัดการของเสีย
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS)
09	เกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล		
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบคะแนนเกณฑ์และคะแนนตัวบ่งชี้ของการศึกษาเชิงทฤษฎี (กรณีศึกษา A-D) การศึกษาเชิงปฏิบัติ (กรณีศึกษา F-G) และ 3 กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G	ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
			(คะแนนเต็ม)	Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection	Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings	Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings	Developing a Scoring System to Evaluate the Level of Smartness in Commercial Buildings: A Case of Sri Lanka	An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System	The social issues of smart homes: a review of four European cities' experiences	BIM-base Indoor Environmental Monitoring System	โครงการต้นแบบหน่วยทำเย็นอัจฉริยะ " ZEN model "	อาคารอัจฉริยะที่ขุมชนการเทคโนโลยีคุมเย็นแห่งประเทศ	อุบาหน่อเลี้ยงอัจฉริยะที่เพื่อควบคุมอุณหภูมิการผลิต ณ อาคารจุฬาภรณ์ 14
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน		(7)	3	7	7	4	2	3	2	2	2	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (5)	2	5	5	2	2	2	2	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน (1)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) (1)	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์		(9)	7	8	9	4	9	6	4	5	3	3
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร (1)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ (5)	3	5	5	2	5	4	2	3	2	1
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางทัศนียภาพ (2)	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน (1)	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี		(7)	6	5	6	5	5	3	4	3	5	3
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ (3)	2	2	2	2	2	1	3	1	3	1
9	3	ข	ด้านความสามารถในการติดตามตรวจสอบและควบคุม (3)	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ (1)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว		(5)	3	0	4	3	5	4	2	3	4	2
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล (1)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล (1)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	4	ค	ด้านการโอนถ่ายข้อมูล (3)	1	0	2	1	3	2	0	1	2	0
05	เกณฑ์การจัดการความปลอดภัย		(9)	5	2	5	5	2	1	0	1	2	1
14	5	ก	ด้านความสามารถในการหลบหนีในภาวะฉุกเฉิน (4)	1	1	3	1	1	0	0	0	1	0
15	5	ข	ด้านการตรวจหาสัญญาณเตือนภัย (1)	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
16	5	ค	ด้านการติดตามตรวจสอบภัยพิบัติ (3)	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17	5	ง	ด้านการตรวจหาการเคลื่อนไหว (1)	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
06	เกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้		(7)	2	2	3	4	3	2	0	1	2	0
18	6	ก	ด้านความง่ายในการติดตั้ง (1)	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
19	6	ข	ด้านการประยุกต์และการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า (2)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
20	6	ค	ด้านความสามารถในการยกระดับความสะดวกสบายของผู้ใช้ (4)	1	1	2	4	2	1	0	1	2	0
07	เกณฑ์การยกระดับพื้นที่		(3)	1	2	2	1	0	0	0	0	1	0
21	7	ก	ด้านความยืดหยุ่นของพื้นที่ (1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	7	ข	ด้านการใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่ (2)	0	2	2	1	0	0	0	0	1	0
08	เกณฑ์การยกระดับงานบริการ		(8)	4	4	5	6	3	4	1	0	4	0
23	8	ก	ด้านการจัดการงานบำรุงรักษา (4)	2	2	3	2	2	3	1	0	2	0
24	8	ข	ด้านการอนุรักษ์ที่ดินและสาธุทร์เพื่อการจัดการของเสีย (2)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
25	8	ค	ด้านการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ (1)	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
26	8	ง	ด้านระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (BACS) (1)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
09	เกณฑ์การยกระดับด้านคุณประสิทธิผล		(4)	4	0	2	1	3	2	0	1	1	0
27	9	ก	ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแรกเริ่ม (1)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
28	9	ข	ด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (1)	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
29	9	ค	ด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (1)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
30	9	ง	ด้านค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า (1)	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0

5.2 สรุปผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกรณีศึกษาที่คัดเลือกมาร่วมกับกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยซึ่งมีทั้งหมด 9 เกณฑ์และ 30 ตัวบ่งชี้ ซึ่งกรณีศึกษาดังกล่าวประกอบด้วยการศึกษาเชิงทฤษฎี การศึกษาเชิงปฏิบัติ และ 3 กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง จึงได้ข้อสรุปที่เป็นสาระสำคัญในงานวิจัยดังนี้

1) งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกและทบทวนวรรณกรรมจากกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีที่ถูกเผยแพร่ช่วงปีค.ศ. 2018 - 2021 (พ.ศ. 2561 - 2564) และการศึกษาเชิงปฏิบัติที่ถูกเผยแพร่ช่วงปีค.ศ. 2020 - 2021 (พ.ศ. 2563 - 2564) พบว่าการศึกษาเชิงทฤษฎีมีความครอบคลุมมากกว่าการศึกษาเชิงปฏิบัติ โดยได้ข้อสรุปดังนี้

   (ก) การศึกษาเชิงทฤษฎีที่คัดเลือกมาเกิดขึ้นก่อนการศึกษาเชิงปฏิบัติ ซึ่งเชิงทฤษฎีมีการนำเสนอแนวคิดของการดำรงชีวิตอัจฉริยะที่มีเนื้อหากว้างและยังไม่มีการวางกรอบความคิดด้านนี้อย่างชัดเจน ต่อมาการศึกษาเชิงทฤษฎีหลายฉบับเริ่มมีความครอบคลุมด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะนี้ซึ่งมีความชัดเจนมากขึ้น รวมถึงเนื้อหาของการศึกษาเชิงทฤษฎีมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น จึงมีการประยุกต์ใช้การศึกษาเชิงทฤษฎีเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับเชิงปฏิบัติ

   (ข) ผู้วิจัยได้นำกรอบความคิดที่รวบรวมได้จากกรณีศึกษาทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการพิจารณากรณีศึกษาซึ่งเป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะทั้งหมด 3 กรณีศึกษา โดยโครงการดังกล่าวถูกดำเนินการทดลองและสร้างขึ้นในช่วงปีค.ศ. 2021 - 2023 (พ.ศ. 2564 – 2566) ซึ่งเป็นปัจจุบันมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

   งานวิจัยนี้พบว่าโครงการทั้ง 3 ยังถูกครอบคลุมภายใน 30 ตัวบ่งชี้ โดยสังเกตได้จากตารางเปรียบเทียบคะแนนเกณฑ์และตัวบ่งชี้ดังแสดงในตางรางที่ 37 ดังนั้นกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพิสูจน์และยืนยันว่าการศึกษาเชิงทฤษฎีสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ในกระบวนการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถดำเนินการได้ในหลายรูปแบบ โดยในงานวิจัยนี้จัดให้อยู่ในรูปแบบของ 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1) กลุ่มการจัดการ และ 2) กลุ่มการยกระดับ ซึ่งในอนาคตอาจมีตัวบ่งชี้หรือเกณฑ์เพิ่มขึ้นและถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดยอาจมีแนวโน้มดังต่อไปนี้

(ก) แนวโน้มที่ตัวบ่งชี้จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและยังมีจำนวนไม่คงที่ขึ้นอยู่กับการจัดกลุ่มข้อมูล แต่ไม่ได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากกรอบความคิดในงานวิจัยนี้มีความครอบคลุมในระดับหนึ่งจากการรวบรวมและจัดกลุ่มข้อมูลจากทั้งกรณีศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติที่ถูกเผยแพร่ช่วงปีค.ศ. 2018 - 2021 (พ.ศ. 2561 - 2564) ซึ่งมีความเป็นปัจจุบัน

(ข) แนวโน้มในการศึกษาเชิงปฏิบัติ มีความนิยมในด้านการจัดการมากกว่าการยกระดับเนื่องจากเป็นกลุ่มของเกณฑ์ที่มีการศึกษาทั้งในเชิงทฤษฎี เชิงปฏิบัติและการทดลองเชิงปฏิบัติการมาก่อนแล้วในระดับหนึ่งโดยมีเทคโนโลยีที่มารองรับจำนวนมาก ในทางกลับกันเกณฑ์ในกลุ่มการยกระดับต้องอาศัยการบูรณาการและประยุกต์เครื่องมือทางเทคโนโลยีขั้นสูงที่มีความซับซ้อนมากกว่ากลุ่มการจัดการ อย่างไรก็ตามหัวข้อนี้มีความสำคัญในอนาคตเนื่องจากเรื่องของการบูรณาการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวจะมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น

3) จากการสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในการพิจารณาโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะโดยอ้างอิงจากวิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย สรุปรายละเอียดได้ดังนี้

(ก) สำหรับการประเมินคะแนนความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะเชิงตัวเลขสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงด้วยการสาธิตในข้อ 4.3 แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้การประเมินเป็นไปอย่างสมบูรณ์และลดข้อบกพร่องได้มากขึ้น จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในการเลือกใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ รวมถึงควรใช้ข้อมูลชั้นปฐมภูมิในการสร้างเกณฑ์การประเมิน เช่น ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลจากบทสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านสถาปัตยกรรมที่มีความรู้ความเข้าใจทางด้าน ICT หรือ IoT ในอาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้ทดลองสาธิตเพียงรูปแบบเดียวจึงส่งผลให้ได้ผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่ได้มีความสมเหตุสมผลเป็นบางค่า ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นการพิสูจน์ว่าสามารถสร้างเกณฑ์การประเมินได้จริงแต่ในขณะเดียวกันควรพิจารณา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวแปรอื่นร่วมด้วย เช่น จำนวนของกรณีศึกษาที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์การประเมินเพื่อความน่าเชื่อถือของเกณฑ์ หรือ อายุการเผยแพร่ของทุกกรณีศึกษาจะต้องไม่เกิน 3 ปีเพื่อให้มีความเป็นปัจจุบันมากขึ้น เป็นต้น

(ข) ในการประเมินความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะนั้น ไม่สามารถประเมินเพียงแค่ในเชิงตัวเลขและละเว้นการประเมินในเชิงคุณภาพได้ แม้ว่าการแปลงค่าตัวบ่งชี้จากเชิงคุณภาพเป็นคะแนนตัวบ่งชี้ในเชิงตัวเลขสามารถทำได้แต่เป็นการแปลงค่าเพื่อจุดประสงค์ที่ต้องการจะให้ผู้อ่านและผู้วิจัยสามารถเข้าใจได้ง่ายและมองเห็นภาพรวมของระดับความครอบคลุมในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะเท่านั้น เนื่องจากภายในกรอบความคิดนี้ยังคงมีช่องว่างที่ไม่สามารถแปลงเป็นเชิงตัวเลขได้ ยกตัวอย่างเช่น ภายใต้เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยีด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบที่กล่าวถึงการใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับปัญญาประดิษฐ์นั้นยังไม่มีการทดลองที่เกิดขึ้นจริง (ดังแสดงในภาพที่ 32) เป็นต้น ดังนั้นการประเมินในเชิงตัวเลขพร้อมอ้างอิงการประเมินในเชิงคุณภาพช่วยให้สามารถครอบคลุมข้อมูลได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด		กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G	ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
03	เกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี			(7)	6	5	6	5	5	3	4	3	5	3
8	3	ก	ด้านความสามารถในการบูรณาการระบบ	(3)	2	2	2	2	2	1	3	1	3	1
9	3	ข	ด้านความสามารถในการคิดตามตรวจสอบและควบคุม	(3)	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2
10	3	ค	ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบ	(1)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 32 แสดงคะแนนตัวบ่งชี้ด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการออกแบบของ 3 กรณีศึกษาจากภาคการผลิตจริงซึ่งมีค่าเป็นศูนย์

ที่มา: ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) กรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะมีแนวโน้มที่เน้นย้ำในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้หรือเกณฑ์บางตัวร่วมกันซึ่งทำให้มีฐานข้อมูลด้านตัวบ่งชี้หรือเกณฑ์นั้นที่ชัดเจน ซึ่งถ้าหากโครงการใดปฏิบัติตามหัวข้อนั้นๆแล้วได้อาจผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงหรือมีอุปสงค์รองรับในภาคการผลิตจริง

(ก) เกณฑ์ที่ถูกเน้นย้ำโดยการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงสูงสุด ได้แก่ *เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว* ซึ่งมีความครอบคลุมในระดับที่ใกล้เคียงกับการศึกษาเชิงปฏิบัติที่มีการสัมภาษณ์ด้านความกังวลและความคาดหวังจากผู้มีประสบการณ์ตรงในการใช้งานบ้านอัจฉริยะจริงหรือแม้แต่อุปกรณ์เคลื่อนอัจฉริยะที่เพื่อตรวจคุณภาพอากาศ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 14 ซึ่งเป็นโครงการที่มีสเกลเล็กที่สุดในกลุ่มกรณีศึกษาของการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงก็ยังคงเน้นทั้ง 2 เกณฑ์นี้เป็นพื้นฐาน ดังแสดงในภาพที่ 33

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G	ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
02	เกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ		(9)	7	8	9	4	9	6	4	5	3	3
4	2	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร (1)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
5	2	ข	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ (5)	3	5	5	2	5	4	2	3	2	1
6	2	ค	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการมองเห็น (2)	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1
7	2	ง	ด้านการควบคุมสภาวะน่าสบายทางการได้ยิน (1)	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด	กรณีศึกษา A	กรณีศึกษา B	กรณีศึกษา C	กรณีศึกษา D	กรณีศึกษา E	กรณีศึกษา F	กรณีศึกษา G	ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
04	เกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว		(5)	3	0	4	3	5	4	2	3	4	2
11	4	ก	ด้านการติดตามตรวจสอบและควบคุมการสอดส่องดูแล (1)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
12	4	ข	ด้านการบันทึกการสอดส่องดูแล (1)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	4	ค	ด้านการป้องกันข้อมูล (3)	1	0	2	1	3	2	0	1	2	0

ภาพที่ 33 แสดงเกณฑ์ที่ถูกเน้นย้ำสูงสุดโดยการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงในเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

ที่มา: ผู้วิจัย

(ข) เกณฑ์การจัดการพลังงานไม่มีแนวโน้มที่จะเป็นเกณฑ์ที่ได้รับการเน้นย้ำสูงสุดแบบเกณฑ์ในข้อ 4) (ก) เนื่องจากมีตัวบ่งชี้ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน (1ก) เพียงตัวเดียวที่ถูกเน้นย้ำโดยกลุ่มการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงซึ่งเกี่ยวข้องเพียงแค่กับโครงการสเกลระดับอาคาร ยังมีตัวบ่งชี้อื่นๆสำหรับโครงการสเกลระดับท้องถิ่นหรือระดับเมือง เช่น ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะและด้านการฟื้นฟูพลังงานที่ยังไม่ถูกเน้นย้ำโดยกลุ่มการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง ดังแสดงในภาพที่ 34

ลำดับ	เกณฑ์หลัก	เกณฑ์รอง	รายละเอียด (คะแนนเต็ม)		ZEN MODEL	SALADAENG DIGITAL TWIN BUILDING	CU PAT 14
01	เกณฑ์การจัดการพลังงาน			(7)	2	2	2
1	1	ก	ด้านการประหยัดและการอนุรักษ์พลังงาน	(5)	2	2	2
2	1	ข	ด้านการฟื้นฟูพลังงาน	(1)	0	0	0
3	1	ค	ด้านการบูรณาการระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid)	(1)	0	0	0

ภาพที่ 34 แสดงตัวบ่งชี้ในเกณฑ์การจัดการพลังงานที่ถูกเน้นย้ำและโดยการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง

ที่มา: ผู้วิจัย

5) ในอนาคตมีความเป็นไปได้ที่การทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริงหรือโครงการที่เกี่ยวข้องในด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะและ IoT จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจนส่งผลให้เกิดบางประเด็นที่ก้าวล้ำเกินกว่ากรอบความคิดของกลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติที่ครอบคลุมภายในงานวิจัยนี้ ดังนั้นอาจส่งผลให้ตัวบ่งชี้หรือเกณฑ์มีจำนวนเพิ่มเติมขึ้นมานอกเหนือจากที่กลุ่มการศึกษาเชิงปฏิบัติเคยนำเสนอไว้ ทั้งนี้ส่วนที่สำคัญคือฐานข้อมูลสำหรับการทดลองเชิงปฏิบัติการในภาคการผลิตจริง หากเป็นประเด็นที่ไม่ปรากฏในการศึกษาเชิงปฏิบัติแต่ปรากฏในเชิงทฤษฎีจะกลายเป็นการพิสูจน์การศึกษาเชิงทฤษฎีที่ช่วยเพิ่มความชัดเจนของข้อมูลมากขึ้นต่อไป

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3 ข้อเสนอแนะและการต่อยอดการศึกษา

เนื่องจากเวลาในการวิจัยครั้งนี้มีจำกัดทำให้ปริมาณข้อมูลและจำนวนของกรณีศึกษาที่ใช้ในการพัฒนากรอบความคิดนั้นมีปริมาณไม่มากพอซึ่งส่งผลต่อความน่าเชื่อถือและความชัดเจนของกรอบความคิดในงานวิจัยนี้ ดังนั้นหากมีปริมาณข้อมูลมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดการพัฒนากรอบความคิดที่ชัดเจนมากกว่ากรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้

ในอนาคตอาจมีปริมาณของเนื้อหาหรือคำสำคัญใหม่ๆในแต่ละเกณฑ์เพิ่มขึ้นจึงอาจส่งผลต่อขอบเขตของกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะให้ถูกขยายเป็นวงกว้างมากขึ้นและก่อให้เกิดการคาบเกี่ยวกันระหว่างข้อมูลในแต่ละหมวดหมู่ที่ถูกจัดหมวดหมู่ในงานวิจัยนี้ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการทดลองจัดหมวดหมู่ด้วยวิธีการแบบเรียบง่ายเพียงวิธีเดียวและมีการปรับให้เป็นปัจจุบันจนถึงเพียงปี พ.ศ. 2564 (ค.ศ. 2021) เท่านั้นซึ่งอาจไม่มีประสิทธิภาพสูงพอที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่เพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นการศึกษาด้านกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในอนาคตควรมีการเปลี่ยนแปลงระเบียบวิธีการที่ใช้ในการรวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ในส่วนของการจัดหมวดหมู่ข้อมูล หากมีการเพิ่มความละเอียดและความซับซ้อนของระบบการจัดหมวดหมู่ที่มีฐานข้อมูลที่ละเอียดและครอบคลุมเนื้อหาที่มีความเป็นปัจจุบันมากยิ่งขึ้นและมีระบบจัดหมวดหมู่ที่ยืดหยุ่นได้ตามแนวคิดของแต่ละโครงการที่มีความโดดเด่นแตกต่างกันเพื่อให้สามารถรองรับและปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับแต่ละโครงการที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตอัจฉริยะในอนาคต การปฏิบัติเช่นนี้จะสามารถนำไปสู่การพัฒนากรอบความคิดให้กลายเป็นมาตรฐานที่มีความเป็นกลางในระดับสากลต่อไป

นอกจากนี้ 3 กรณีศึกษาที่คัดเลือกมาเพื่อใช้ในการสาธิตในการประยุกต์ใช้เครื่องมือกรอบความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะนั้นมีความจำกัดอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น ซึ่งในงานวิจัยถัดไปอาจทำคัดเลือกกรณีศึกษาในระดับสากลเพิ่มเติมเพื่อให้มีความครอบคลุมน่าเชื่อถือและปรับให้มีความทันสมัย เข้าใกล้ความเป็นจริงมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อช่วยให้งานวิจัยนั้นมีมาตรฐานระดับสากลมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากมีการเพิ่มเติมกรณีศึกษาของบ้านหรืออาคารอัจฉริยะในประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นประเทศที่มีโอกาสเผชิญกับภัยพิบัติทางธรรมชาติสูงและมีการเตรียมพร้อมรับมือสูงกว่าในประเทศไทยให้เข้ามาเป็นหนึ่งในกรณีศึกษาในการสาธิตวิธีการประยุกต์ใช้กรอบความคิดนั้นจะส่งผลให้ผลการทดลองด้านเกณฑ์การจัดการความปลอดภัยมีการเปลี่ยนแปลงและทำให้เกิดช่องว่างในการวิจัยต่อไปในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนดังกล่าวจะช่วยก่อให้เกิดกรอบความคิดด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยที่มีความชัดเจน สมบูรณ์และเข้าใกล้กับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในยุคปัจจุบันมากที่สุด นอกจากนี้ผู้วิจัยยังต้องการเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาและพัฒนาในด้านนี้ต่อว่าสามารถนำกรอบความคิดในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการต่อยอดสู่เกณฑ์การประเมินเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัย ทั้งสำหรับการประยุกต์ใช้กับโครงการเมืองอัจฉริยะ อาคารอัจฉริยะหรือบ้านอัจฉริยะไปจนถึงการสร้างมาตรฐานด้านการดำรงชีวิตอัจฉริยะ ทั้งนี้ผู้ศึกษาหรือผู้พัฒนาจะต้องอาศัยวิธีการสร้างเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสมกับการประเมินทางด้านความครอบคลุมเชิงการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เช่น การเลือกใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCDM) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process : AHP) ช่วยให้ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจสามารถค้นพบสิ่งที่เหมาะสมกับเป้าหมายและเข้าใจในปัญหานั้นๆมากที่สุด ผู้ศึกษาสามารถวิธการดังกล่าวนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดเกณฑ์และเข้าใจความสำคัญเชิงสัมพัทธ์ของแต่ละเกณฑ์ในการประเมินระดับความเป็นการดำรงชีวิตอัจฉริยะของโครงการที่เกี่ยวข้องการดำรงชีวิตอัจฉริยะในแง่ของคุณภาพที่อยู่อาศัยในภาคธุรกิจจริงเพื่อนำไปสู่การพัฒนาระบบการให้คะแนนเชิงการดำรงชีวิตอัจฉริยะ เป็นต้น (Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021, 9; Majumder 2015, 39)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Ahmed, E., I. Yaqoob, I. A. T. Hashem, I. Khan, A. I. A. Ahmed, M. Imran, and A. V. Vasilakos. 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., A. Bagula, and H. Maluleke. 2022. "The Fourth Industrial Revolution: A Technological Wave of Change." In *Industry 4.0*, edited by Meisam Gordan, Khaled Ghaedi and Vala Saleh, Ch. 1. Rijeka: IntechOpen.

ARC Advisory Group. 2022. "Five Key Industry 4.0 Technologies." OTTO Motors, accessed 22 Mar. https://ottomotors.com/blog/5-industry-4-0-technologies.

Asadian, E., K. T. Azari, and A. Vakili Ardebili. 2018. "Chapter 1.5 - Multicriteria Selection Factors for Evaluation of Intelligent Buildings—A Novel Approach for Energy Management." In *Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions*, edited by Ibrahim Dincer, C. Ozgur Colpan and Onder Kizilkan, 87-102. Academic Press.

Bonneau, V., T. Ramahandry, IDATE, L. Probst, B. Pedersen, and L. Dakkak-Arnoux PwC. 2017. Smart Building- Energy efficiency application.

Carol L., P. 2016. "Mapping studies." *Journal of the Medical Library Association : JMLA* 104 (1):79-82. doi: 10.3163/1536-5050.104.1.014.

ch.aunchalee. 2021. "I o t 302_47." https://pubhtml5.com/ktnj/oyuw/basic/.

Chong, G., L. Zhihao, and Y. Yifeng. 2011. "The research and implement of smart home system based on Internet of Things." 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), 9-11 Sept. 2011.

Designing Buildings. 2022. "Building Automation and control system BACS." Last Modified Jan 27, accessed May 5. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_Automation_and_Control_System_BACS.

Elsevier solutions. n.d. "Coverage you can count on." accessed June 1. https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

European Commission. n.d. "Smart readiness indicator ", accessed June 2. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator_en.

Froufe, M. M., C. K. Chinelli, A. L. A. Guedes, A. N. Haddad, A. W. A. Hammad, and C. A. P. Soares. 2020. "Smart Buildings: Systems and Drivers." *Buildings* 10 (9):153. doi: 10.3390/buildings10090153.

Giffinger, R., C. Fertner, H. Kramar, R. Kalasek, N. Milanović, and E. Meijers. 2007. *Smart cities - Ranking of European medium-sized cities*.

Glean, A. A., S. D. Gatland, and I. Elzeyadi. 2022. "Visualization of Acoustic Comfort in an Open-Plan, High-Performance Glass Building." *Buildings* 12 (3):338.

Gokhe, M. 2018. " IV.1 Information and Communication Technolo." In: TSCER. https://www.hzu.edu.in/csit/IV.1_information_and_communication_technology.pdf.

Gonçalves, G. d. L., W. L. Filho, S. d. S. Neiva, A. B. Deggau, M. d. O. Veras, F. Ceci, M. A. d. Lima, and J. B. S. O. d. A. Guerra. 2021. "The Impacts of the Fourth Industrial Revolution on Smart and Sustainable Cities." *Sustainability* 13 (13):7165. doi: 10.3390/su13137165.

Gunatilaka, R. N., F. N. Abdeen, and S. M. E. Sepasgozar. 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.

He, X., G. Xiao, B. Hu, L. Tan, H. Tang, S. He, and Z. He. 2020. "The applications of energy regeneration and conversion technologies based on hydraulic transmission systems: A review." *Energy Conversion and Management* 205:112413. doi: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112413.

Ikechukwu, O., and O. Moses. 2019. "Conceptual Issues in the Qualification of Intelligent Buildings." *Open Journal of Energy Efficiency* 8:52-63. doi: 10.4236/ojee.2019.82004.

Ivers, L., and M. Fleury. 2022. "*Urban Development*." World Bank, Last Modified 2022, October 6, accessed 29 November. https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview.

Jain, K. 2019. "Development of a Smart Building Evaluation System for office buildings."

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Kitchenham, B., and S. Charters. 2007. "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering." 2.

Lu, Q., A. K. Parlikad, P. Woodall, G. D. Ranasinghe, X. Xie, Z. Liang, E. Konstantinou, J. Heaton, and J. Schooling. 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: doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000763.

Majeed, R., N. A. Abdullah, I. Ashraf, Y. B. Zikria, M. F. Mushtaq, and M. Umer. 2020. "An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System." *Scientific Programming* 2020:1-14. doi: 10.1155/2020/4579291.

Majumder, M. 2015. Multi Criteria Decision Making. In *Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations*: Springer Singapore.

Merriam-Webster.com dictionary, s.v. "Digitalization," accessed April 11, 2023, n.d., https://www.merriam-webster.com/dictionary/digitalization.

Metropolitan Electricity Authority. 2020. "Smart Grid คืออะไร ?", Last Modified September 29, accessed May 21. https://www.mea.or.th/content/detail/82/3131/5524.

Mohamed, A. S. Y. 2017. "Smart Materials Innovative Technologies in architecture; Towards Innovative design paradigm." *Energy Procedia* 115:139-154. doi: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.014.

Muhuri, P. K., A. K. Shukla, and A. Abraham. 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.

Natephra, W., A. Motamedi, T. Fukuda, and N. Yabuki. 2017. "Integrating building information modeling and virtual reality development engines for building indoor lighting design." *Visualization in Engineering* 5. doi: 10.1186/s40327-017-0058-x.

NEW PC PLANET. 2019. "Smart Living with the Internet of Things." accessed 22 Mar. 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.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Paolone, G., D. Iachetti, R. Paesani, F. Pilotti, M. Marinelli, and P. Di Felice. 2022. "A Holistic Overview of the Internet of Things Ecosystem." *IoT* 3 (4):398-434.

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.

Ruiz-Zafra, A., K. Benghazi, and M. Noguera. 2022. *IFC+: Towards the integration of IoT into early stages of building design*. Vol. 136.

Singh, V. K., P. Singh, M. Karmakar, J. Leta, and P. Mayr. 2021. "The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis." *Scientometrics* 126 (6):5113-5142. doi: 10.1007/s11192-021-03948-5.

Verbeke, S., D. Aerts, G. Reynders, Y. Ma, and P. Waide. 2020. *Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings : summary*: Publications Office.

World Business Council for Sustainable Development. 2009. Transforming the Market: Energy Efficiency in Buildings.

Yigitcanlar, T., M. Kamruzzaman, L. Buys, G. Ioppolo, J. Sabatini-Marques, E. M. da Costa, and J. J. Yun. 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.

Zen model. 2023. "Co-creation Chula and Panasonic TH | Zen Model." accessed May 23. https://www.cocreation-cupsth.com/zen.

Zhu, Y., N. Zhong, and Y. Xiong. 2009. "Data Explosion, Data Nature and Dataology." Berlin, Heidelberg.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. 2022. "รายละเอียดคำอธิบายชุดข้อมูล." Last Modified Jan 25, 2022, accessed June 5. https://gdhelppage.nso.go.th/p00_03_006.html.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ภาคผนวกนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนตามจำนวนเกณฑ์ภายใต้กลุ่มการจัดการของกรอบความความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ (ตารางที่ 4) แต่ละส่วนได้มีการรวบรวมคำอธิบายชุดข้อมูล (Metadata) ซึ่งหมายถึงข้อมูลที่ใช้อธิบายชุดข้อมูลโดยระบุรายละเอียดแหล่งข้อมูลและคำอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม 2022) ในส่วนนี้การอธิบายประกอบด้วย 2 หัวข้อได้แก่ (ก) การอ้างอิงแหล่งที่มาข้อมูล (ข) คำสำคัญที่แสดงอยู่ในไฟล์ต้นฉบับ (.PDF)

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการพลังงาน

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	energy consumption, energy use, reduced energy consumption, optimize energy, energy saving, energy conservation
(Verbeke et al. 2020)	energy consumption, energy use, reducing building energy, renewable energy, energy grid, electricity grid, energy efficiency, energy saving
(Jain 2019)	energy consumption, energy use, reduce energy consumption, optimize energy, renewable energy, energy grid, smart grid, energy efficiency, energy saving
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	energy use, decreasing electricity consumption, renewable energy, smart grid, energy efficiency, energy saving
(Majeed et al. 2020)	power consumption, electricity consumption, energy-efficient, energy saving
(Pira 2021)	energy consumption, power consumption, energy use, reduce energy consumption, smart grid, energy conservation
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	การใช้พลังงาน, ลดการใช้พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	indoor environment, indoor air quality, IAQ, wellbeing, thermal comfort, acoustical comfort, visual comfort, productivity
(Verbeke et al. 2020)	indoor comfort, indoor air quality, well-being, thermal comfort, emission control, acoustic comfort, visual performance
(Jain 2019)	indoor air quality, IAQ, well-being, thermal comfort, emission control, acoustic comfort, visual performance, indoor lighting
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	indoor comfort, indoor air quality, IAQ, thermal comfort, acoustic comfort, visual comfort, productivity
(Majeed et al. 2020)	heating, air-conditioning, control home appliance
(Pira 2021)	controlling heating
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	สภาพแวดล้อมภายในอาคาร

3. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการเทคโนโลยี

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	system integration, monitoring, automatic, artificial intelligence
(Verbeke et al. 2020)	system integration, BIM, monitoring, automatic control
(Jain 2019)	system integration, cloud technology, monitoring, real-time, automatic control, artificial intelligence
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	system integration, cloud technology, monitoring, automatic
(Majeed et al. 2020)	system integration, cloud technology, monitoring, real-time, automatic control
(Pira 2021)	cloud technology, monitoring, real-time
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	BIM, dynamic BIM, monitoring, real-time

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการภาวะส่วนตัว

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	-
(Verbeke et al. 2020)	data protection
(Jain 2019)	surveillance
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	data protection
(Majeed et al. 2020)	privacy issue
(Pira 2021)	Surveillance, privacy protection
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	-

5. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การจัดการความปลอดภัย

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	emergency escape, fire detection, earthquake monitoring, wind load monitoring, structural monitoring
(Verbeke et al. 2020)	-
(Jain 2019)	emergency lighting, emergency power, emergency voice, fire alarm, rescind all access control, detection of movement
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	emergency respond, disaster respond, movement detection
(Majeed et al. 2020)	smoke sensor
(Pira 2021)	movement
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ภาคผนวกนี้ประกอบด้วย 4 ส่วนตามจำนวนเกณฑ์ภายใต้กลุ่มการยกระดับของกรอบความความคิดการดำรงชีวิตอัจฉริยะในงานวิจัยนี้ (ตารางที่ 15) แต่ละส่วนได้มีการรวบรวมคำอธิบายชุดข้อมูล (Metadata) ซึ่งหมายถึงข้อมูลที่ใช้อธิบายชุดข้อมูลโดยระบุรายละเอียดแหล่งข้อมูลและคำอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม 2022) ในส่วนนี้การอธิบายประกอบด้วย 2 หัวข้อได้แก่ (ก) การอ้างอิงแหล่งที่มาข้อมูล (ข) คำสำคัญที่แสดงอยู่ในไฟล์ต้นฉบับ (.PDF)

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับฟังก์ชันที่มุ่งเน้นผู้ใช้

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	easy access for installation, ease of control, comfortable
(Verbeke et al. 2020)	ev charging, convenience, make life easier
(Jain 2019)	ev charging, easy access, user control, comfortable, convenience, make life easier, traffic control
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	controllability, comfortable, personalized control, traffic control, asset tracking
(Majeed et al. 2020)	easily connects to the internet, ease, easy GUI
(Pira 2021)	ease, voice recognition
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับพื้นที่

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	smart material
(Verbeke et al. 2020)	occupancy pattern, occupancy detection
(Jain 2019)	occupancy pattern, occupancy detection
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	-
(Majeed et al. 2020)	-
(Pira 2021)	-
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	-

3. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับงานบริการ

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	maintenance management, fault detection, log, system efficiency, BAS
(Verbeke et al. 2020)	Performance, fault detection, diagnosis, system performance, BACS
(Jain 2019)	Performance, fault detection, diagnosis, log, system performance, BACS
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	maintenance management, fault detection, diagnosis, waste management, land wastage, reusing, material conservation, BAS
(Majeed et al. 2020)	Diagnosis, log
(Pira 2021)	detecting faulty, access to service
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	-

4. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การยกระดับต้นทุนประสิทธิผล

แหล่งที่มาข้อมูล	คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์
(Omar 2018)	initial set up cost, operating cost, maintenance cost, repair and development cost, energy performance
(Verbeke et al. 2020)	life-time cost, energy performance
(Jain 2019)	Maintenance, energy performance, electricity tariff
(Gunatilaka, Abdeen, and Sepasgozar 2021)	energy performance, smart metering
(Majeed et al. 2020)	home cost, operational, energy-efficient, electricity bill
(Pira 2021)	home operation, energy meter
(เทิดศักดิ์และคณะ 2563)	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สุชานาฏ ภู่ประเสริฐ
วัน เดือน ปี เกิด	23 มกราคม 2541
สถานที่เกิด	ลำพูน
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2560 สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 1/77 หมู่ 4 ตำบล บ้านกลาง อำเภือง เมืองลำพูน จังหวัด ลำพูน 51000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY