ระบบส่งผ่านสารสนเทศในโครงการที่ใช้ BIM สำหรับการจัดการอาคาร

น.ส.สุธาสินี ทาแดง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

An Information Transition System in BIM Projects for Facility Management

Miss Sutasinee Thadaeng

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบส่งผ่านสารสนเทศในโครงการที่ใช้ BIM สำหรับการจัดการอาคาร
โดย	น.ส.สุธาสินี ทาแดง
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.สรัสไชย องค์ประเสริฐ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุธาสินี ทาแดง : ระบบส่งผ่านสารสนเทศในโครงการที่ใช้ BIM สำหรับการจัดการอาคาร. (An Information Transition System in BIM Projects for Facility Management) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์

ในปัจจุบันการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมก่อสร้าง BIM สามารถถูกนำมาใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคาร ตั้งแต่ขั้นตอนวางแผน ออกแบบ ก่อสร้าง จนถึงปฏิบัติการและบำรุงรักษา (Operation & Maintenance, O&M) ถึงแม้ว่า BIM จะถูกนำมาใช้สำหรับการบริหารจัดการอาคาร (Facility Management, FM) ในช่วง O&M แต่การประยุกต์ใช้ในงานดังกล่าวยังค่อนข้างจำกัด อุปสรรคที่สำคัญคือกระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความซับซ้อนและการส่งผ่านข้อมูลก็มักจะไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบเพื่อดึงข้อมูลและสารสนเทศที่จำเป็นจากแบบจำลอง as-built BIM และส่งผ่านไปยังกระบวนการ FM ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือกระบวนการทำงาน (work process) ได้แก่ กระแสงาน (workflow), การแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (information exchange), รวมถึงบทบาทและความรับผิดชอบ (roles and responsibilities) ของแต่ละฝ่าย ส่วนที่สองคือซอฟต์แวร์ประยุกต์ (software application) ซึ่งแสดงในรูปแบบของ Graphic User Interface (GUI) โดยใช้ภาษาโปรแกรม Python ระบบทั้งสองส่วนนี้ถูกพัฒนาขึ้นจากแนวคิดที่ได้รับจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้าน BIM และผู้จัดการอาคาร ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์สำหรับการจัดการอาคารสำนักงานในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อแสดงประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ โดยเริ่มจากการระบุและตรวจสอบข้อมูลและสารสนเทศสำหรับ FM ในแบบจำลอง as-built BIM จากนั้นจึงเป็นการดึงและส่งต่อข้อมูลและสารสนเทศจากแบบจำลองเข้าสู่กระบวนการ FM สุดท้ายผลลัพธ์จะถูกแสดงโดยซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น การประยุกต์นี้แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้สำหรับการวางแผนปฏิบัติการและบำรุงรักษาอาคาร ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับเจ้าของอาคาร, ผู้จัดการอาคาร และฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ FM

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6070352021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD: Building Information Modeling, Facility Management, as-built BIM Model

Sutasinee Thadaeng : An Information Transition System in BIM Projects for Facility Management. Advisor: Assoc. Prof. VEERASAK LIKHITRUANGSILP, Ph.D.

Building Information Modeling (BIM) can be used throughout the building life cycle: planning, design, construction, as well as operation and maintenance (O&M). Yet, the applications of BIM for facility management (FM) in the O&M phase are comparatively limited. A major obstacle is that the related work processes are complex and the information transition is incomplete. This research develops a system for extracting necessary data and information from as-built BIM models and transferring them for FM. The system consists of two main parts: (1) the work process encompassing workflow, information exchange, and the roles and responsibilities of each party involved; and (2) software application in the form of graphic user interface (GUI) using Python programming language. Both system parts are created based on the concepts that are compiled from the in-depth interviews with a group of BIM experts and facility managers. The proposed system is applied for the facility management of an office building on the Chulalongkorn University campus to illustrate its efficacy and practicality. It begins with defining and verifying the FM data and information in as-built BIM models. The data and information are then extracted from the BIM models and transferred to the FM process. The results are then displayed by the GUI software application. The proposed system can substantially benefit building owners, facility managers, and other parties involved in FM.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Civil Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนอย่างดีมาตลอดไม่ว่าจะเป็นครอบครัว เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่คอยให้กำลังใจ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ที่ได้เสียสละเวลาคอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในด้านต่างๆในการทำวิจัยนี้ตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ที่ซึ่งประกอบไปด้วย รองศาสตรตราจารย์ ดร. นคร กกแก้ว และดร. สรัสไชย องค์ประเสริฐ ที่ให้เกียรติ และสละเวลาอันมีค่ามาให้คำแนะนำในงานวิจัยของข้าพเจ้าจนสำเร็จไปด้วยดี

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณผู้ให้สัมภาษณ์ อ.กวีโกร ศรีหิรัญ ที่ให้คำแนะนำในงานวิจัยมาโดยตลอด และกราบขอบพระคุณหน่วยงานการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเฉพาะทีมงานซ่อมบำรุง ที่คอยให้ข้อมูลที่จำเป็น และคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

สุธาสินี ทาแดง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 15

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 15

1.2 วัตถุประสงค์ 17

1.3 ขอบเขตการวิจัย 17

1.4 ขั้นตอนการวิจัย 18

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

2.1 แนวคิด และทฤษฎีของ BIM 19

2.1.1 คำนิยามของ BIM 19

2.1.2 ส่วนประกอบของแบบจำลอง BIM 20

2.1.3 แนวทางการทำงาน BIM 22

2.1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงาน BIM 23

2.1.5 การใช้ BIM ในขั้นตอนต่าง ๆ 23

2.2 แบบจำลอง as-built BIM 25

2.3 คำนิยามและวิวัฒนาการของ FM 30

2.4 การทำงานของแบบจำลอง BIM ร่วมกับกระบวนการ FM 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 ตัวอย่างกรณีศึกษาของกระบวนการ BIM ทำงานร่วมกับ FM.....37
2.6 การทำงานของ COBie.....41
2.7 สรุปท้ายบท.....42
บทที่ 3 บทนำ.....43
3.1 ลักษณะของงานวิจัย.....43
3.2 ขั้นตอนการวิจัย.....44
3.3 ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....45
3.4 ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงานของ BIM ร่วมกับ FM.....45
3.5 ศึกษาและวิเคราะห์การทำงานจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....46
3.6 พัฒนากระบวนการและขั้นตอนสำหรับการดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้สำหรับงาน FM.....46
3.7 ตรวจสอบความถูกต้อง.....47
3.8 สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย.....47
บทที่ 4 การวิเคราะห์กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน.....48
4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ.....48
4.2 กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน.....51
4.3 โครงสร้างข้อมูลสำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM.....53
4.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM.....54
4.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูล FM.....58
4.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล FM กับ COBie.....60
4.3.4 สรุปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล.....64
4.4 สรุปท้ายบท.....65

บทที่ 5 กรอบแนวคิดสำหรับพัฒนาระบบส่งผ่านสารสนเทศ จากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM 67
5.1 ขั้นตอนของกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM 67
5.2 กรอบแนวคิดที่นำเสนอ.....68
5.3 สรุปท้ายบท.....75
บทที่ 6 สถาปัตยกรรมระบบส่งผ่านสารสนเทศ จากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM.76
6.1 สถาปัตยกรรมระบบ.....76
6.2 มอดูลที่ 1 ตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM.....76
6.3 มอดูลที่ 2 ส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM.....80
6.4 มอดูลที่ 3 จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM 81
6.5 มอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการ FM 85
6.6 สรุปซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทำงาน.....85
6.7 สรุปท้ายบท 88
บทที่ 7 การประยุกต์ใช้ระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM กับอาคารตัวอย่าง.....89
7.1 อาคารตัวอย่าง 89
7.2 ขั้นตอนการนำระบบส่งผ่านสารสนเทศมาใช้กับอาคารตัวอย่าง 90
7.2.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลไปยัง software application.....90
7.2.2 การระบุข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM.....91
7.2.3 การส่งออกข้อมูล.....96
7.2.4 การแสดงผลของ software application..... 100
7.2.5 คู่มือการใช้งาน software application 106
7.3 สรุปท้ายบท..... 106
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8.1 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย 108
8.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 111
8.3 ข้อจำกัดงานวิจัย 111
8.4 ข้อแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต 112
ภาคผนวก 114
ภาคผนวก ก 115
ภาคผนวก ข 118
ภาคผนวก ค 123
ภาคผนวก ง 127
ภาคผนวก จ 133
บรรณานุกรม 2
ประวัติผู้เขียน 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ความต้องการของข้อมูลจัดเรียงตาม COBie 63

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน และขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น.....74

ตารางที่ 6.1 parameters ของชุดข้อมูลที่ถูกตั้งค่าขึ้น 79

ตารางที่ 6.2 คำสั่งหลักของ code Python.....87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ศัพท์เฉพาะของ BIM แบบเป็นมิติตั้งแต่ 3 มิติ ถึง 7 มิติ (Cunha, 2018).....20

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างข้อมูลในรูปทรงเรขาคณิต (geometric forms) และรูปทรงที่ไม่เป็นเรขาคณิต (non-geometric forms) (Building and Construction Authority, 2013).....21

รูปที่ 2.3 ระบบ FMS (กระบวนการทางธุรกิจ) (Sinopoli, 2010) 33

รูปที่ 2.4 แสดงวิวัฒนาการของระบบ ICT (INFORMATION and COMMUNICATION TECHNOLOGY) ในงาน FM เป็นเวลามากกว่า 40 ปี (Nor Diana et al., 2016).....34

รูปที่ 2.5 การใช้ BIM (BIM USES) ในช่วงต่าง ๆ ของโครงการ (Messner et al., 2019).....36

รูปที่ 2.6 ความหลากหลายของงาน FM ที่ได้รับการสนับสนุนโดย BIM (Burcin et al., 2012).....36

รูปที่ 2.7 กระบวนการทำงานระหว่าง BIM และ FM ที่ได้รับการพัฒนาในโครงการนี้ สำหรับเก็บข้อมูล จัดการข้อมูลและแลกเปลี่ยนข้อมูลโครงการ (Pishdad-Bozorgi et al., 2018).....40

รูปที่ 2.8 การเปรียบเทียบการส่งมอบข้อมูลที่ใช้ BIM กับการส่งมอบแบบเดิม (Pishdad-Bozorgi et al., 2018).....40

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย.....45

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการพัฒนาของระบบที่นำเสนอ.....47

รูปที่ 4.1 กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปยังกระบวนการ FM ในปัจจุบัน ...55

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปยังกระบวนการ FM ในปัจจุบันของอาคารแห่งหนึ่ง.....55

รูปที่ 4.3 โครงสร้างของข้อมูลสำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM 56

รูปที่ 4.4 Category อ้างอิงมาตรฐาน Ominclass ตารางที่ 23 56

รูปที่ 4.5 Parameter ซึ่งแสดงหัวข้อหลักและระบุรายละเอียดย่อยของอุปกรณ์นั้น ๆ (ที่มา : แบบจำลอง as-built BIM ของอาคารกรณีศึกษา).....57

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของ Family: M_Lighting and Appliance Panelboard – 208V MCB 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.7 การเลือกข้อมูลที่ต้องการก่อนการส่งออก 61
รูปที่ 4.8 โปรแกรมประมวลผลเพื่อส่งออกข้อมูลแสดงรูปแบบของ Worksheets 61
รูปที่ 4.9 ผลลัพธ์หน้าแรกที่ได้จากการส่งออกข้อมูล 62
รูปที่ 4.10 Tab ที่ปรากฏจะแสดงประเภทหัวข้อหลัก (Type) และ รายละเอียดชนิดของแต่ละอุปกรณ์นั้น ๆ จะแสดงในแต่ละ Column 63
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จำเป็นสำหรับกระบวนการ FM สู่แบบจำลอง as-built BIM 65
รูปที่ 5.1 ช่วงที่ 1 ช่วงออกแบบ 70
รูปที่ 5.2 ช่วง 2 ช่วงก่อสร้าง 71
รูปที่ 5.3 ช่วง 3 ช่วงส่งมอบ 72
รูปที่ 5.4 ช่วงที่ 4 ช่วงดำเนินการและบำรุงรักษา 73
รูปที่ 6.1 สถาปัตยกรรมระบบการส่งผ่านสารสนเทศจาก as-built BIM สู่กระบวนการ FM 77
รูปที่ 6.2 ขั้นตอนการออกแบบในแต่ละมอดูลของสถาปัตยกรรม 78
รูปที่ 6.3 การตั้งค่าข้อมูลโดยการเลือก shared parameter จากนั้นตั้งค่ากลุ่มของข้อมูล 78
รูปที่ 6.4 การตั้งค่าข้อมูลของแต่ละ parameter 79
รูปที่ 6.5 ภาพรวมขั้นตอนการเขียน Dynamo 82
รูปที่ 6.6 ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้เลือก category 82
รูปที่ 6.7 ขั้นตอนที่ 2 การเลือก parameter ที่ส่งออกข้อมูล 83
รูปที่ 6.8 ขั้นตอนที่ 3 การรวมข้อมูลตามหมวดหมู่สำหรับส่งออก 83
รูปที่ 6.9 ขั้นตอนที่ 4 การสลับข้อมูลเพื่อจัดเรียงในแต่ละ category 84
รูปที่ 6.10 นำส่งข้อมูลส่งออกไปยังไฟล์นามสกุล .CSV 84
รูปที่ 6.11 ขั้นตอนการออกแบบการเขียน code โดยใช้ซอฟต์แวร์ Python 86
รูปที่ 6.12 การออกแบบหน้าต่างหลักโดยใช้ซอฟต์แวร์ QT Design 87
รูปที่ 6.13 การออกแบบหน้าต่างหลักของ software application โดยใช้เครื่องมือ QT Design 87
รูปที่ 6.14 ตัวอย่างการเขียน code โดยใช้ซอฟต์แวร์ Python 88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 6.15 การนำเข้าไฟล์นามสกุล .CSV โดยการเขียน code 88
รูปที่ 7.1 อาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 90
รูปที่ 7.2 แผนที่อาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 91
รูปที่ 7.3 ข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง 93
รูปที่ 7.4 ข้อมูล families ของงานระบบเครื่องกล, ไฟฟ้า และประปาของอาคารตัวอย่าง 94
รูปที่ 7.5 แบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง 94
รูปที่ 7.6 การระบุข้อมูลในแต่ละ parameter 95
รูปที่ 7.7 ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการระบุ 95
รูปที่ 7.8 ผู้ใช้เปิดซอฟต์แวร์ Dynamo 96
รูปที่ 7.9 ตัวอย่างการเลือก category ในหมวดหมู่ของ Electrical Equipment 97
รูปที่ 7.10 ตัวอย่างการส่งผ่านข้อมูลของหมวดหมู่ Electrical Equipment จากแบบจำลอง as-built BIM 97
รูปที่ 7.11 ตัวอย่างการกดปุ่ม RUN เพื่อส่งออกข้อมูล 98
รูปที่ 7.12 ตัวอย่างการส่งออกข้อมูลของหมวดหมู่ Electrical Equipment เป็นไฟล์นามสกุล .CSV 98
รูปที่ 7.13 ตัวอย่างการเลือก category ในหมวดหมู่ของ Mechanical Equipment 99
รูปที่ 7.14 ตัวอย่างการส่งผ่านข้อมูลของหมวดหมู่ Mechanical Equipment จากแบบจำลอง as-built BIM 99
รูปที่ 7.15 ตัวอย่างการส่งออกข้อมูลของหมวดหมู่ Mechanical Equipment 100
รูปที่ 7.16 software application เป็นไฟล์นามสกุล .UI 102
รูปที่ 7.17 หน้าต่างสำหรับผู้ใช้เข้าใช้งาน 102
รูปที่ 7.18 ตัวอย่างหน้าต่างกรอกข้อมูลในหมวดหมู่ Electrical Equipment 103
รูปที่ 7.19 ตัวอย่างหน้าต่างกรอกข้อมูลในหมวดหมู่ Mechanical Equipment 103
รูปที่ 7.20 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของหมวดหมู่ Electrical Equipment 104
รูปที่ 7.21 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของหมวดหมู่ Mechanical Equipment 104

รูปที่ 7.22 ตัวอย่างหน้าต่างบันทึกประวัติซ่อมบำรุง 105

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัฏจักรชีวิตของอาคาร (building life-cycle) อาจแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนออกแบบ ขั้นตอนก่อสร้าง และขั้นตอนปฏิบัติการและบำรุงรักษา ในขณะเดียวกันโครงการก่อสร้างอาจแบ่งออกได้เป็นช่วงระยะเวลาต่าง ๆ คือ ช่วงออกแบบ ช่วงก่อสร้าง ช่วงตรวจสอบการใช้งานของระบบ และช่วงส่งมอบโครงการ (Pishdad-Bozorgi, Gao, Eastman, & Self, 2018) การบริหารงานก่อสร้างให้เป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้จำเป็นต้องอาศัยการบริหารต้นทุนและคุณภาพให้เป็นไปตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนดไว้ในสัญญามีข้อมูล (data) และสารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาต่าง ๆ จำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการบริหารจัดการอาคาร (Facility Management, FM) (รัศรินทร์ โคตรปาลี, 2559) เมื่ออาคารสร้างเสร็จสารสนเทศที่ผู้ว่าจ้าง (employer) หรือเจ้าของโครงการ (project owner) ได้รับจากผู้รับจ้างก่อสร้าง (construction contractor) ควรจะตรงกับความต้องการของผู้ว่าจ้าง FM เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการและบำรุงรักษาอาคารเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่กระบวนการทำงานจะต้องเป็นระบบ ไม่ว่าจะเป็นอาคารขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ ในประเทศไทยการจัดการสารสนเทศในโครงการก่อสร้างโดยทั่วไปมักจะอยู่ในรูปแบบกระดาษและเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไฟล์ CAD (รัศรินทร์ โคตรปาลี, 2559) เครื่องมือที่ช่วยในงานดังกล่าวซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน คือ การจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM)

BIM เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยเฉพาะในขั้นตอนออกแบบและก่อสร้าง ประโยชน์ของ BIM มีอยู่มากมาย เช่น design visualization, clash detection, construction phasing and scheduling และ quantity take off ทรงพล ยมนาค (2561a) ในโครงการก่อสร้างอาคาร ผู้ว่าจ้างต้องการทราบข้อมูลอันหลากหลายจาก BIM ในแต่ละช่วงเวลา เช่น ในช่วงออกแบบและก่อสร้าง นอกจากการใช้ BIM ในช่วงออกแบบและก่อสร้าง (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จาก BIM สำหรับ FM โดยนำเสนอกรอบแนวคิดในการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกี่ยวกับ FM โดยการใช้เครื่องมือ BIM 360, มาตรฐาน COBie (Construction Operations Building information exchange) และซอฟต์แวร์ทาง FM (CMMS) นอกจากนั้นผู้ว่าจ้างมีความต้องการที่จะนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM model) มาใช้ในโครงการก่อสร้าง เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยได้นำแบบจำลอง BIM สำหรับใช้ในโครงการก่อสร้างในช่วงของการออกแบบและก่อสร้างเป็นหลัก

แนวทางที่ดำเนินการอยู่ คือ การกำหนดให้ผู้รับจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ตามที่ระบุไว้ในสัญญา นอกเหนือจากสิ่งที่จะต้องส่งมอบ (deliverables) จากโครงการก่อสร้างทั่วไป เช่น แบบก่อสร้าง (drawings) ข้อกำหนด (specification) และคู่มือการซ่อมบำรุง (O&M manual) ในโครงการก่อสร้างซึ่งใช้ BIM ในปัจจุบันผู้รับจ้างมักจะต้องส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ให้แก่ผู้ว่าจ้างภายหลังจากที่โครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ ผู้จัดการอาคาร (FM manager) จะตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับจากผู้ว่าจ้างก่อนที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในงาน FM เพื่อให้กระบวนการทำงาน (work process) เป็นไปโดยประสิทธิภาพ

ปัญหาหนึ่งที่มักจะพบภายหลังจากที่ผู้รับจ้างได้ส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ให้ผู้ว่าจ้าง คือ เมื่อผู้ว่าจ้างจะนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้สำหรับ FM จะพบว่าข้อมูลที่ผู้ว่าจ้างต้องการไม่ปรากฏอยู่ในแบบจำลองดังกล่าว ทำให้ผู้ว่าจ้างไม่สามารถดำเนินการได้ บ่อยครั้งยังพบว่าผู้ว่าจ้างไม่มีความรู้ความเข้าใจในหลาย ๆ ด้าน เช่น กระบวนการนำแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้สำหรับ FM รวมถึงอุปสรรคในการทำงานอย่างหนึ่ง คือ ในการเปิดแบบจำลอง as-built BIM สำหรับการทำ FM พบว่าไม่มีความสะดวกในการทำงาน เนื่องจาก เป็นแบบจำลองของอาคารที่มีขนาดใหญ่ทำให้มีข้อมูลจำนวนมาก และการนำซอฟต์แวร์สำหรับ FM มาประยุกต์ใช้กับ BIM ในหน่วยงานเพื่อวางแผนการวางแผนการบำรุงรักษา และการบริการการซ่อมบำรุง รวมทั้งการจัดการข้อมูลสำหรับ FM จะเห็นได้ว่าการนำ BIM ไปใช้ใน FM เกี่ยวข้องกับกระบวนการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM รวมไปถึงกระแสงาน (workflow) ของกระบวนการส่งผ่านข้อมูลในช่วงระหว่างการก่อสร้างไปจนถึงช่วงในช่วงการปฏิบัติการและบำรุงรักษาอาคาร ซึ่งจำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างผู้ออกแบบและผู้รับจ้าง โครงการก่อสร้างส่วนใหญ่มักจะไม่มีการเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลในแบบจำลอง BIM จากช่วงออกแบบและก่อสร้างไปยังผู้จัดการอาคารในการดูแลอาคาร ทั้งนี้เนื่องจากเอกสารที่เกี่ยวข้องมีจำนวนมาก เมื่อมีการส่งผ่านเอกสารดังกล่าวจึงทำให้ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ อาจตกหล่นสูญหายไป ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นและคุณภาพในการจัดการอาคารลดลง (East & Jackson, 2016) จากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต พบว่า กระบวนการทำงานดังกล่าวมักจะมีความซับซ้อน การเชื่อมต่อกันระหว่างข้อมูลมักจะไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ความต้องการในเชิงการจัดการอาคารด้านอื่น ๆ รวมถึงการจัดการข้อมูลสำหรับ FM จำเป็นต้องอาศัยบุคคลากรที่มีทักษะในการจัดการฐานข้อมูล ที่อยู่ในรูปแบบข้อความ ตัวเลข รูปภาพ รวมถึงสารสนเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาแล้ว นอกจากนั้นเมื่อนำซอฟต์แวร์สำหรับ FM มาประยุกต์ใช้กับ BIM พบว่าไม่สามารถเชื่อมข้อมูลโดยตรงจากสินทรัพย์ และไม่สามารถเชื่อมข้อมูล จาก BIM ไปยังซอฟต์แวร์ FM ได้โดยตรง รวมถึงการใช้มาตรฐาน COBie สำหรับการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปใช้ในงาน FM พบว่า ข้อมูลไม่ตรงกับความต้องการของผู้จัดการอาคาร (Teicholz, 2013)

จากประเด็นปัญหาทั้งหมดในข้างต้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนากระบวนการทำงานที่เป็นระบบและเหมาะสมสำหรับการนำข้อมูลและสารสนเทศในแบบจำลอง BIM มาใช้ใน FM ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังจำเป็นที่จะต้องศึกษาและพัฒนากระบวนการจัดการข้อมูลสารสนเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งผ่านข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการจัดการอาคารต่อไป กระบวนการทำงานที่พัฒนาขึ้นนี้ยังจำเป็นต้องสอดคล้องกับระบบนิเวศน์ BIM (BIM ecosystem) ในประเทศไทยอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบซึ่งช่วยในการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ (1) กระบวนการทำงาน (work process) ได้แก่ กระแสงาน (workflow), การแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (information exchange), บทบาทและความรับผิดชอบ (roles and responsibilities) ของแต่ละฝ่ายในขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารและ (2) ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (software application) ซึ่งแสดงในรูปแบบของ (Graphic User Interface, GUI) ระบบนี้สามารถรวบรวมและจัดเตรียมสารสนเทศจากแหล่งต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลอง as-built BIM ที่จำเป็นต่อการดำเนินการ FM ในช่วงดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance, O&M) อาคาร

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1) งานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาสารสนเทศเกี่ยวข้องกับงาน FM โดยเฉพาะในด้านการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance, PM)

2) แนวทางปฏิบัติในงาน FM ได้จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการอาคาร ฝ่ายจัดการทรัพยากรอาคาร วิศวกร รวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้าน BIM จากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น ฝ่ายจัดการทรัพยากรอาคาร สภากาชาดไทย, บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด, บริษัท ออเรคอน (ประเทศไทย) จำกัด, และ บริษัท วี อาร์ ดิจิตอล จำกัด นอกจากนั้นยังได้รับการอนุเคราะห์ด้านข้อมูลจากฝ่ายซ่อมบำรุง สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ระบบซึ่งพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ได้ถูกประยุกต์ใช้กับอาคารจามจุรี 5 ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในส่วนของงานวิศวกรรมระบบ (Mechanical Electrical and Plumbing, MEP)

4) ชุดโปรแกรมซึ่งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ Autodesk Revit, Dynamo, Python และ Microsoft Excel

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน คือ

1) ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยในอดีต หนังสือ และ เอกสารที่เกี่ยวข้อง บทความวิจัย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2) ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงาน BIM ร่วมกับ FM โดยศึกษากระบวนการพัฒนา แบบจำลอง as-built BIM ในช่วงการส่งมอบโครงการ เพื่อจัดการอาคารในช่วง O&M

3) รวบรวมข้อมูล และสารสนเทศสำหรับ FM โดยสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในด้าน BIM ผู้จัดการอาคารและผู้ปฏิบัติงานจริง รวมทั้งสรุป และวิเคราะห์ข้อมูลและสารสนเทศที่จำเป็น ซึ่งแบ่งออกเป็น 1) ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง as-built BIM 2) ข้อมูลจากแหล่งอื่นๆเช่น เอกสารต่าง ๆ ที่ใช้ใน FM และ 3) มาตรฐาน COBie

4) พัฒนาโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบ (system architecture) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM และแหล่งอื่น ๆ กับกระบวนการทำงานของ FM

5) พัฒนาระบบในการส่งผ่านสารสนเทศ จากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ (1) กระบวนการทำงาน (work process) อันได้แก่ กระแสงาน (workflow), การแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (information exchange), บทบาทและความรับผิดชอบ (roles and responsibilities) ของแต่ละฝ่ายและ (2) ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (software application) ซึ่งแสดงในรูปแบบของ GUI (Graphic User Interface)

6) ทวนสอบระบบโดยการประยุกต์ใช้กับอาคารตัวอย่าง นำผลการประยุกต์มาวิเคราะห์เพื่อระบุ ปัญหาและข้อควรปรับปรุง จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขระบบให้มีความถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7) สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยแนวคิด และทฤษฎีของการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ซึ่งจะอธิบายคำนิยามของ BIM ส่วนประกอบของ BIM แนวทางการทำงานของ BIM ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงาน BIM และการใช้ BIM ในขั้นตอนต่าง ๆ จากนั้นจึงกล่าวถึงแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM), คำนิยามและวิวัฒนาการของการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management, FM) ตลอดจนการทำงานของ BIM ร่วมกับ FM และการทำงานของมาตรฐาน COBie (The Construction Operations Building information exchange) จากนั้นจึงกล่าวถึงตัวอย่างกรณีศึกษาของกระบวนการ BIM ทำงานร่วมกับ FM

2.1 แนวคิด และทฤษฎีของ BIM

2.1.1 คำนิยามของ BIM

BIM เป็นวิธีการใหม่ที่ใช้ออกแบบอาคาร ก่อสร้างและใช้สำหรับงาน FM โดย BIM เป็นตัวแทนรูปแบบดิจิทัลของกระบวนการก่อสร้างซึ่งได้รับการพัฒนาเพื่อความสะดวก การแลกเปลี่ยนและการทำงานร่วมกันของข้อมูล อีกทั้ง BIM มักจะสร้างฐานข้อมูลดิจิทัลของสินทรัพย์ทั้งหมดของอาคารและสามารถช่วยเหลือการทำงานร่วมกันในรูปแบบเสมือนจริงแบบ 3 มิติ ของกิจกรรมก่อสร้าง ปฏิบัติการและ FM (Chen, Chen, Cheng, Wang, & Gan, 2018)

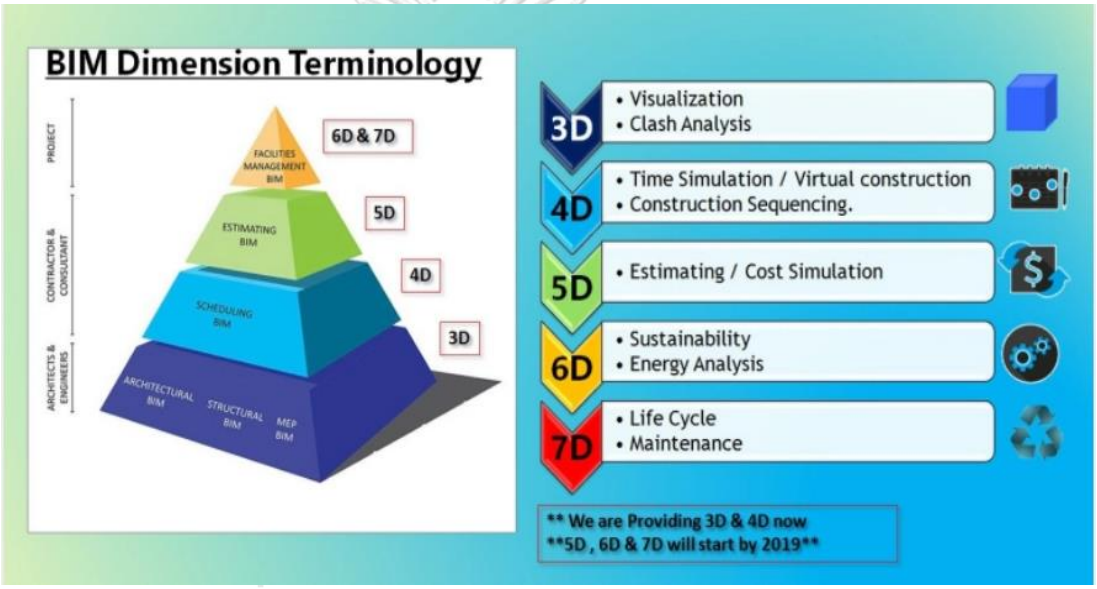
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนั้น BIM อาจหมายถึง การแสดงลักษณะทางกายภาพและการทำงานของสิ่งปลูกสร้างในรูปแบบดิจิทัล ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูล สามารถเข้าถึงในรายละเอียดต่าง ๆ ของสิ่งปลูกสร้างได้และเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจต่าง ๆ สำหรับสิ่งปลูกสร้างระหว่างช่วงอายุการใช้งานนับตั้งแต่เริ่มต้น (National Institute of BUILDING SCIENCES, 2015) อีกทั้ง BIM ได้รับการพัฒนาในขั้นตอนออกแบบ ก่อสร้างและ O&M สำหรับโครงการก่อสร้างใหม่ในทศวรรษที่ผ่านมาและเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นแนวทางที่ดีที่สุดในอุตสาหกรรม AEC (Architecture, Engineering and Construction) (Lin, Lin, Hu, & Su, 2018)

อย่างไรก็ตามการประยุกต์ BIM ในขั้นตอนของ FM ยังคงได้รับการพัฒนา (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) ข้อมูลใน BIM โดยผู้รับจ้างที่จะประมาณการอย่างง่าย โดยการถอดปริมาณอัตโนมัติ

การศึกษาต่าง ๆ จาก clash detection เพื่อทำให้ผู้ออกแบบมั่นใจว่าการออกแบบดังกล่าวสามารถที่จะได้รับการสร้างขึ้นและเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยในที่สุด รวมถึงเรื่องการเปลี่ยนแปลงคำสั่งงาน (Weygant, 2011)

BIM สามารถแบ่งออกเป็นหลายมิติ (Dimensions) ตั้งแต่ 3 มิติ ถึง 7 มิติ รูปที่ 2.1 แสดงศัพท์เฉพาะของ BIM แบบเป็นมิติตั้งแต่ 3 มิติ ถึง 7 มิติ (Cunha, 2018) สำหรับ BIM แบบ 6 มิติ (sixth-dimensional Building Information Modeling, BIM 6D) เป็นการอ้างถึงช่วงหลังก่อสร้างของอาคาร (ช่วง O&M) (Nicał & Wodyński, 2016) และการใช้งานของ BIM (BIM USES) คือ วิธีการหรือกลยุทธ์ของการพัฒนา BIM ในช่วงระหว่างอายุการใช้งาน (Kreider, 2013)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.1 ศัพท์เฉพาะของ BIM แบบเป็นมิติตั้งแต่ 3 มิติ ถึง 7 มิติ (Cunha, 2018)

2.1.2 ส่วนประกอบของแบบจำลอง BIM

ส่วนประกอบแต่ละส่วนของแบบจำลอง BIM แสดงในรูปแบบดิจิทัลของลักษณะทางกายภาพและหน้าที่ของส่วนประกอบอาคารจริงที่ใช้ในโครงการ แบ่งส่วนประกอบของแบบจำลอง BIM ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1. แบ่งตามลักษณะของส่วนประกอบแบบจำลอง BIM (attributes of BIM elements) 2. แบ่งตามขั้นตอนก่อสร้าง รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลในรูปทรงเรขาคณิต (geometric forms) และรูปทรงที่ไม่เป็นเรขาคณิต (non-geometric forms) (Building and Construction Authority, 2013)

1) แบ่งตามลักษณะของส่วนประกอบของแบบจำลอง BIM (attributes of BIM elements) ซึ่ง BIM สามารถบรรจุข้อมูลลงในแบบจำลอง BIM และข้อมูลสามารถอยู่ในรูปทรงเรขาคณิต (geometric forms) และรูปทรงที่ไม่เป็นเรขาคณิต (non-geometric forms)
2) แบ่งตามขั้นตอนก่อสร้าง ได้แก่
   (2.1) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารทางสถาปัยตกรรม (Architectural BIM elements)
   (2.2) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารทางโครงสร้าง (Structural BIM elements)
   (2.3) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารทางโยธา (Civil BIM elements)
   (2.4) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ACMV (Air Conditioning and Mechanical ventilation BIM elements)
   (2.5) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารประปาและสุขาภิบาล (Plumbing and sanitary BIM elements)
   (2.6) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารป้องกันอัคคีภัย (Fire protection BIM elements)
   (2.7) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารทางระบบไฟฟ้า (Electrical BIM elements)
   (2.8) องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารทางระบบก๊าซ (Gas BIM elements)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

GEOMETRICAL ATTRIBUTES	NON-GEOMETRICAL ATTRIBUTES
• Size	• System data
• Volume	• Performance data
• Shape	• Regulatory compliance
• Height	• Specifications
• Orientation	• Cost

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างข้อมูลในรูปทรงเรขาคณิต (geometric forms) และรูปทรงที่ไม่เป็นเรขาคณิต (non-geometric forms) (Building and Construction Authority, 2013)

นอกจากส่วนประกอบของแบบจำลอง BIM สภาสถาปนิก (2560) ได้กล่าวถึงสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างแบบจำลอง BIM ประกอบไปด้วย 6 วิธี คือ 1) กำหนดการใช้ LOD ในแต่ละขั้นตอนการทำงานและแต่ละหน้าที่ 2) วิธีการแสดงผลการใช้งานด้านต่าง ๆ 3) วิธีการแสดงผลของอุปกรณ์อาคาร, ระยะ, และขอบเขตของการใช้งานเพื่อประกอบการดูแลอาคารและซ่อมแซม 4) วิธีการวิเคราะห์ทางสถาปัตยกรรม, วิศวกรรม เช่น โครงสร้าง, พื้นที่, พลังงาน 5) วิธีการปรับปรุงข้อมูลในแบบจำลอง BIM และการประสานงานในกรณีที่มีการแก้ไข และ 6) วิธีที่จะนำข้อมูลไปใช้ใน FM

2.1.3 แนวทางการทำงาน BIM

แนวทางการทำงาน BIM แบ่งออกได้เป็น 6 หัวข้อ คือ 1. การจัดเตรียมโครงการ BIM 2. กระบวนการทำงานร่วมกัน 3. การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างกัน 4. ระเบียบวิธีการสร้างแบบจำลอง BIM 5. ขั้นตอนการทำงานโครงการ, และ 6. การส่งมอบโครงการ (สภาสถาปนิก, 2560) การจัดเตรียมโครงการ BIM โดยเริ่มจากการจัดเตรียมการเริ่มต้นทำงานซึ่งจุดประสงค์ของการใช้ BIM คือ การจัดเตรียมแผนปฏิบัติการ (BIM execution plan) ความรับผิดชอบของผู้ร่วมงานและแผนการปฏิบัติงานในหน้าที่ต่าง ๆ รวมถึงขั้นตอนการทำงานด้วยแบบจำลอง (model)

1) กระบวนการทำงานร่วมกัน มีเนื้อหาระบุการทำงานที่คำนึง เช่น มาตรฐานของการทำงาน, open standard, BIM coordination/ clash detection, folder structure ของโครงการ แนวทางการตั้งชื่อ naming conventions, พื้นฐานของเทคโนโลยี, และ software รวมถึงความปลอดภัยในการใช้ข้อมูล
2) การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างกัน เพื่อสามารถให้ผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ข้อมูลร่วมกันได้
3) ระเบียบวิธีการสร้างแบบจำลอง BIM มีเนื้อหาในการจัดทำ โครงสร้างของ model, ความรับผิดชอบของผู้ทำ model, model content, element code, พัฒนาการขั้นตอนการทำงาน LOD และการควบคุมคุณภาพ
4) ขั้นตอนการทำงานโครงการ โดยระบุการทำงานตั้งแต่เริ่มออกแบบ ก่อสร้าง และส่งมอบอาคาร ซึ่งแสดงเนื้อหาการทำงานและรายละเอียดของการทำงานของแบบจำลอง BIM, แบบก่อสร้างและข้อมูล
5) การส่งมอบโครงการ มีเนื้อหาในการจัดส่งไฟล์และเอกสารในรูปแบบต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในแผนงาน

สำหรับแผนปฏิบัติงาน BIM หรือ BIM execution plan เป็นกระบวนการทำงานที่ออกแบบยุทธศาสตร์การทำงานให้มีประสิทธิภาพ ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการโดยทำตามวัตถุประสงค์ในการใช้ BIM ของโครงการ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสร้าง model สำหรับงานออกแบบ นอกจากเรื่องของการ

กำหนดการใช้ LOD หรือวิธีการแสดงผลการใช้งานด้านต่าง ๆ นั่นคือเรื่องของวิธีที่จะนำข้อมูลไปใช้ใน FM และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสร้าง model สำหรับงานก่อสร้าง นอกจากเรื่องของการใช้ BIM ในการวิเคราะห์ความสามารถในการก่อสร้างหรือการจัดทำแผนงานก่อสร้างและงวดงานการทำงาน นั่นคือ การจัดทำข้อมูลในการส่งมอบงานและข้อมูลที่ปรับปรุงเป็นแบบจำลองสร้างจริง (as-built Model) รวมถึงการจัดทำข้อมูลและการปรับเปลี่ยนระหว่างการก่อสร้างเพื่อนำส่งในรูปแบบ BIM และการจัดทำข้อมูลอาคารสำหรับทำ FM (สภาสถาปนิก, 2560)

2.1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงาน BIM

BIM ส่วนที่เป็นข้อมูลคุณลักษณะในแบบข้อมูลอักขระและตัวเลข นอกเหนือจากกราฟิก รวมถึงฐานข้อมูลในแบบจำลอง BIM ข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในงานสถาปัตยกรรมโดยการเพิ่มความลึกมิติอื่น ๆ ของข้อมูล (data dimension) ได้แก่ ข้อมูลในมิติด้านเวลา (time) ที่ต้องใช้ในขั้นตอนการก่อสร้างจริงหรือ 4D BIM ที่สามารถนำไปใช้วางแผนและบริหารงานก่อสร้าง ข้อมูลในมิติด้านทุน (cost) หรือ 5D BIM ที่สามารถนำไปใช้ในการประเมินด้านต้นทุนก่อสร้างและข้อมูลในมิติด้านอายุการใช้งานและการบำรุงรักษา (life span and maintenance) หรือ 6D BIM เพื่อการใช้งานการดูแล, บำรุงรักษาอาคารและการทำ FM (กวีไกร ศรีหิรัญ, 2562)

2.1.5 การใช้ BIM ในขั้นตอนต่าง ๆ

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2547) ได้กล่าวถึง การประยุกต์ใช้ BIM กับข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนการทำงานสถาปัตยกรรม ดังต่อไปนี้

- การใช้ BIM ขั้นตอนการศึกษาขั้นตอนก่อนการออกแบบ (pre-design stage)
- การใช้ BIM ขั้นตอนการออกแบบ (design stage)
- การใช้ BIM ขั้นตอนก่อนการก่อสร้าง (pre-construction stage)
- การใช้ BIM ขั้นตอนก่อนการก่อสร้าง (construction stage)
- การใช้ BIM ขั้นตอนหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ (post construction)
- การใช้ BIM ขั้นตอนการทำ FM รวมไปถึง การใช้ BIM ขั้นตอนการรื้อถอน (demolition) และปรับปรุงอาคาร (renovation)

1) **การใช้ BIM ขั้นตอนการศึกษาขั้นตอนก่อนการออกแบบ (pre-design stage)** กล่าวถึงระยะเริ่มต้นการทำงานที่ได้รับมอบหมายจากเจ้าของโครงการ แบ่งขั้นตอน คือ

(1.1) การศึกษาเพื่อกำหนดรายละเอียดโครงการ เป็นการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับโครงการ เช่น ข้อมูลความต้องการโครงการ ข้อมูล

ลักษณะการใช้งานของโครงการเบื้องต้น ข้อมูลเกี่ยวกับทำเลที่ตั้งโครงการ เป็นต้น

(1.2) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เป็นการทบทวน แก้ไข ปรับปรุง เพิ่มเติมข้อมูลที่มาจากในขั้นตอนการศึกษา กำหนดรายละเอียดโครงการ เช่น ข้อมูลกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับทำเลที่ตั้งโครงการ ข้อมูลแหล่งเงินทุน รวมไปถึงข้อมูลประมาณราคาค่าก่อสร้างโครงการเบื้องต้น

(1.3) ขั้นตอนการจัดทำรายละเอียดการออกแบบ เป็นการจัดทำรายละเอียดเพื่อการออกแบบ

(1.4) ขั้นตอนการจัดทำแนวความคิดในการออกแบบ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลรูปแบบหรือ รูปทรง ภาพร่างโครงการ

ดังนั้น การใช้ BIM ในขั้นตอนก่อนการออกแบบเป็นการสร้างข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เหมาะสม ระหว่างการออกแบบรูปทรงอาคารขั้นต้นกับข้อมูลความต้องการด้านพื้นที่ใช้สอยและการลงทุน

2) **การใช้ BIM ขั้นตอนการออกแบบ (design stage)** กล่าวถึงระยะเริ่มต้นการทำงานที่ได้รับมอบหมายจากเจ้าของโครงการ แบ่งขั้นตอน คือ ขั้นตอนการออกแบบร่างทางเลือก เป็นการสร้างทางเลือกที่เหมาะสม นำเสนอในรูปของร่างภาพวาด หรือ ภาพ 3 มิติ

(2.1) ขั้นตอนการออกแบบร่างขั้นต้น เป็นการพัฒนาแบบเพื่อนำไปสรุปและนำเสนอต่อเจ้าของโครงการ นำเสนอรูปของแบบร่างผังบริเวณ แสดงตำแหน่งตัวอาคาร แบบร่างแปลน รูปด้าน รูปตัด พร้อมเอกสารประมาณราคาเบื้องต้น

(2.2) ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียด เป็นการออกแบบขั้นสมบูรณ์หลังจากการอนุมัติสมบูรณ์จากเจ้าของโครงการแล้ว รวมทั้งประสานกับวิศวกรงานระบบสาขาต่างๆ เพื่อออกแบบและตรวจสอบราคาค่าก่อสร้างกับแบบในขั้นสุดท้าย

(2.3) ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง เป็นการนำข้อมูลจากการออกแบบรายละเอียด มาจัดทำเอกสารที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งเอกสารข้อมูลประมาณราคากลางในการก่อสร้าง (Bill of Quantities, BOQ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การใช้ BIM ขั้นตอนก่อนการก่อสร้าง (pre-construction stage) กล่าวถึงขั้นตอนการประกวดราคาและขั้นตอนการจัดทำสัญญาก่อสร้าง
4) การใช้ BIM ขั้นตอนก่อนการก่อสร้าง (construction stage) กล่าวถึงงานการบริหารจัดการงานก่อสร้างและงานควบคุมโครงการระหว่างก่อสร้าง อีกทั้งการใช้ BIM ในขั้นตอนดังกล่าวมีการใช้งานมากที่สุดในปัจจุบัน โดยส่วนใหญ่นำไปใช้เพื่อการตรวจสอบข้อขัดแย้งในแบบ (crash detection) และสร้างข้อมูลเพิ่มเติมลงไปในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิธีก่อสร้าง เช่น เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างส่วนต่าง ๆ ของอาคาร (4D BIM) สำหรับติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง รวมถึงค่าใช้จ่ายก่อสร้าง (5D BIM)
5) **การใช้ BIM ขั้นตอนหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ (Post Construction)** กล่าวถึงผู้รับจ้างจะส่งมอบงานต่อผู้ว่าจ้างและมีการดำเนินการในขั้นตอน คือ
   (1) การตรวจรับมอบอาคาร เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของงานก่อสร้างอาคาร
   (2) การวางแผนเข้าใจอาคาร โดยการจัดเตรียมพื้นที่ เฟอร์นิเจอร์ ครุภัณฑ์ ระบบต่าง ๆ ของอาคารให้มีความพร้อมสำหรับการใช้งานอาคาร

ในส่วนของข้อมูล BIM ที่จะส่งมอบในขั้นตอนนี้หรือ as-built BIM จะเป็นการปรับแต่งและเพิ่มเติมข้อมูลองค์ประกอบอาคารส่วนต่างๆ จาก BIM ในระหว่างการก่อสร้าง ให้มีรายละเอียดที่เป็นจริงตรงตามอาคารที่ก่อสร้างเสร็จ ในส่วนที่เป็นข้อมูลกราฟิก ได้แก่ รูปลักษณะ ขนาด ตำแหน่งและข้อมูลอักขระและตัวเลขเชิงคุณลักษณะ ได้แก่ รุ่น ยี่ห้อ คุณสมบัติต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งานหรือบำรุงรักษา

6) **การใช้ BIM ขั้นตอนใน FM** เป็นการสร้างข้อมูลในระบบ BIM ที่ต้องการความละเอียดสูง ทั้งข้อมูลกราฟิกและข้อมูลเชิงอักขระและตัวเลข ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของข้อมูลในระบบ BIM มีขนาดใหญ่มากขึ้น โดยเฉพาะอาคารที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ผู้ใช้อาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุง (update) ข้อมูลเฉพาะบางส่วน ตามรอบเวลาของการบำรุงรักษา

2.2 แบบจำลอง as-built BIM

แบบที่นำไปใช้ในการก่อสร้างมีอยู่ 3 แบบ คือ แบบก่อสร้าง (Construction Drawing) แบบ Shop Drawing และแบบก่อสร้างจริง (As-Built Drawing) (ทรงพล ยมนาค, 2561b)

1) Construction Drawing คือ แบบที่ทำขึ้นจากผู้ออกแบบโดยระบุรายละเอียดของอาคารทั้งหมดก่อนการก่อสร้างอีกทั้งยังเพื่อประมูลและประกอบการทำสัญญา

2) Shop Drawing คือ แบบที่ผู้รับเหมาก่อสร้างทำขึ้นโดยอ้างอิงจากแบบ Construction Drawing เพื่อขออนุมัติแล้วจึงนำไปก่อสร้าง
3) As-Built Drawing คือ แบบที่ระบุรายละเอียดที่ผู้รับเหมาทำขึ้น เมื่อผ่านการก่อสร้างแล้วมีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของอาคารไว้

จากการศึกษาของ รัศรินทร์ โคตรปาลี (2559) นำแนวคิด BIM มาใช้ในการพัฒนา as-built BIM มักจะมีมาตรฐานในบางประเทศที่กล่าวถึงการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการก่อสร้าง ในการนำมาประยุกต์ใช้ทางทฤษฎีและกระบวนการทำงานในอุดมคติ และได้กล่าวถึงส่วนประกอบของแบบจำลอง as-built BIM ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1. องค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (model elements) 2. สารสนเทศ และคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลอง (information and attribute) และ 3. ระดับพัฒนา และความละเอียดของแบบจำลอง (Level of development and detail)

1) องค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (model elements) อ้างอิงรายการมาจากมาตรฐาน OmniClassTM table 21 และแบ่งออกตามสาขางาน ประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้า งานระบบเครื่องกลปรับอากาศและระบายอากาศและงานระบบสุขาภิบาล
2) สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลอง (model information and attribute) ได้จัดหมวดหมู่ของข้อมูลออกเป็น 4 หมวด คือ ข้อมูลทางกายภาพ (physical) ข้อมูลด้านการผลิต (manufacturing) ข้อมูลทางเทคนิค (technical) และข้อมูลสำหรับการบริการ (facility service)
3) ระดับพัฒนาและความละเอียดของแบบจำลอง (Level of development and detail) การกำหนดระดับ LoD สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง มุ่งเน้น 2 วัตถุประสงค์หลัก คือ หนึ่งเพื่อการสื่อสารของขอบเขตการพัฒนา โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างระดับรายละเอียดขององค์ประกอบแบบจำลอง และพัฒนาการขององค์ประกอบของแบบจำลอง สองเพื่อการสื่อสารกันในขอบเขตการใช้งานในแต่ละระดับของ LoD และมุ่งเน้นอธิบายสำหรับรายละเอียดระดับ LoD 300 detail Design, LoD 400 implementation documents และ LoD 500 construction โดยระดับรายละเอียดของแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบ และการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์

ความต้องการข้อมูลของผู้ว่าจ้าง หรือ EIR (Employer Information Requirements) ได้รับการอ้างอิงจากประเทศอังกฤษ เริ่มจากความต้องการขอข้อมูลในแต่ละโครงการเป็นข้อตกลง

ระหว่างกันกับผู้ร่วมงานทุกฝ่ายและสามารถนำข้อมูลนี้ส่งต่อถึงปลายทางได้ตามจุดประสงค์ ข้อมูลนี้ได้รับการจัดทำจากผู้ว่าจ้างในระยะเริ่มต้นโครงการและทำความเข้าใจกับผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างให้เข้าใจถึงการใช้ข้อมูลในแต่ละขั้นตอน จากนั้นจึงนำไปสู่แผนปฏิบัติงาน BIM (BIM execution plan) และจัดสรรผู้ร่วมงาน โดย EIR ได้ระบุโดยสังเขป กำหนดเงื่อนไขการทำงานกับข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 หมวดใหญ่ ๆ คือ (1) Project Information (2) Information Management (3) Commercial Management (4) Competence Assessment (ทรงพล ยมนาค, 2561a)

(1) Project Information

- Project Scope
- Project Detail
- Project Description

(2) Information Management

- Level of Detail
- Training Requirements
- Planning of work and Data Segregation
- Co-ordination and Clash Detection
- Collaboration Process
- Health and Safety
- Security Requirements
- Information to be included or excluded from BIM models
- System Performance
- Compliance Plan
- Coordinates
- Software formats

(3) Commercial Management

- Exchange of Information
- Client’s Strategic Purpose
- Software format
- Responsibility Matrix
- Standard and Guidance Documents

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Role's, Responsibilities and Authorities

(4) Competence Assessment

- Competence Assessment
- Changes to Associated Tender Documents
- BIM Tender Assessment Details

นอกจากนั้น ขั้นตอนการพัฒนา as-built BIM สำหรับโครงการที่ใช้ BIM จากงานวิจัย CHENG (2020) ได้กล่าวถึงขั้นตอนแบบจำลอง as-built BIM ในประเทศฮ่องกง ซึ่งสอดคล้องกันกับประเทศไทย คือ ในช่วงออกแบบและก่อสร้างจะยึดใช้แบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลอง as-designed ซึ่งอาจจะเหมือนหรือต่างกันและสำหรับช่วงหลังก่อสร้างไปจนถึงช่วง O&M จะใช้แบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลอง as-built BIM ซึ่งอาจจะเหมือนหรือต่างกันและสำหรับ LOD ระดับความละเอียดของแบบจำลองนั้น ในช่วงออกแบบและก่อสร้าง ระดับความละเอียดจะอยู่ที่ LOD100 จนถึง LOD 450 และภายหลังช่วงก่อสร้างเสร็จจนไปถึงช่วงการใช้งาน ระดับความละเอียดจะอยู่ที่ LOD 500 *Singapore BIM Guide Version2* ได้กล่าวถึงแนวทางคำแนะนำสำหรับส่วนประกอบของแบบจำลอง BIM ที่แบบจำลองควรจะเป็น ในข้อกำหนดที่แตกต่างกันและช่วงที่แตกต่างกันของโครงการ แบ่งเป็น 5 แนวทาง คือ 1) ภาพรวม (overview) 2) การประกันคุณภาพ (quality assurance) 3) แนวทางแบบจำลอง BIM ที่เกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรม (architectural BIM modelling guidelines) 4) แนวทางแบบจำลอง BIM ที่เกี่ยวกับงานโครงสร้าง (structural BIM modelling Guidelines) 5) แนวทางแบบจำลอง BIM ที่เกี่ยวกับงานระบบ (MEP BIM Modelling Guidelines) และสำหรับแนวทางของแบบจำลองสำหรับ FM จะระบุแนวทางสำหรับ version แบบจำลอง as-built BIM ในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ภาพรวม (Overview) กล่าวถึง ขั้นตอนของแบบจำลอง as-built BIM แบ่งออกได้ดังนี้

- ข้อกำหนดทางการออกแบบสถาปัตยกรรมเป็นการอัพเดทรายละเอียดแบบจำลองเช่นเดียวกับเงื่อนไขต่อไซต์งานจริง
- ข้อกำหนดทางการออกแบบโครงสร้างเป็นการอัพเดทรายละเอียดแบบจำลองเช่นเดียวกับเงื่อนไขต่อไซต์งานจริง
- ข้อกำหนดทางการออกแบบระบบเป็นการอัพเดทรายละเอียดแบบจำลองเช่นเดียวกับเงื่อนไขต่อไซต์งานจริง
- การใช้งานที่ตั้งไว้ คือ ข้อมูลจะส่งมอบเพื่อใช้ในงาน FM (maintenance & repairs; space & occupancy management)

2) การประกันคุณภาพ (Quality Assurance) แบ่งออกได้ดังนี้

- รายละเอียดการออกแบบแบบจำลอง BIM งานสถาปัตยกรรม
- รายละเอียดการออกแบบแบบจำลอง BIM งานโครงสร้าง
- รายละเอียดการออกแบบแบบจำลอง BIM งาน MEP
- การรวมโมเดลที่ขั้นตอนการออกแบบการเตรียมการ ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียด ขั้นตอนการก่อสร้างและขั้นตอนของแบบจำลอง as-built BIM

3) แนวทางแบบจำลอง BIM ที่เกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรม (Architectural BIM Modelling Guidelines) กล่าวถึง ขั้นตอนของแบบจำลอง as-built ในส่วนขององค์ประกอบให้อ้างอิงตามแบบจำลองก่อสร้างและแนวทางการสร้างแบบจำลอง คือ เมื่ออาคารก่อสร้างเสร็จ ผู้ให้คำปรึกษาควรจะเช็ครายละเอียดการออกแบบที่สัมพันธ์กับการนำแบบจำลอง as-built ไปใช้ท้ายสุด โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากผู้รับจ้างและในส่วนของผลลัพธ์ คือ แบบจำลองสามารถใช้สำหรับการจัดการเชิงพื้นที่ การบำรุงรักษาอาคารและระหว่างการครอบครองอาคารสามารถแก้ไขโดยผู้จัดการอาคาร/ นายจ้าง

4) แนวทางแบบจำลอง BIM ที่เกี่ยวกับงานโครงสร้าง (Structural BIM Modelling Guidelines) กล่าวถึง ขั้นตอนของแบบจำลอง as-built ในส่วนขององค์ประกอบให้อ้างอิงตามแบบจำลองก่อสร้างและแนวทางการสร้างแบบจำลอง คือ เมื่ออาคารก่อสร้างเสร็จ ผู้ให้คำปรึกษาควรจะเช็ครายละเอียดการออกแบบที่สัมพันธ์กับการนำแบบจำลอง as-built ไปใช้ท้ายสุด โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากผู้รับจ้างและในส่วนของผลลัพธ์ คือ แบบจำลองสามารถใช้สำหรับการจัดการเชิงพื้นที่ การบำรุงรักษาอาคารและระหว่างการครอบครองอาคารสามารถแก้ไขโดยผู้จัดการอาคาร/ นายจ้าง

5) แนวทางแบบจำลอง BIM ที่เกี่ยวกับงานระบบ (MEP BIM Modelling Guidelines)

งานระบบ ACMV, Plumbing & Sanitary, Fire Protection, Electrical จะกล่าวถึงขั้นตอนของแบบจำลอง as-built ในส่วนขององค์ประกอบเหมือนกันกับช่วง ก่อสร้างมีแนวทางการสร้างแบบจำลอง as-built คือ เมื่ออาคารก่อสร้างเสร็จ ผู้ให้คำปรึกษาควรจะเช็ครายละเอียดการออกแบบที่สัมพันธ์กับการนำแบบจำลอง as-built ไปใช้ท้ายสุด โดยขึ้นอยู่กับข้อมูลจากผู้รับจ้างและในส่วนของผลลัพธ์ คือ แบบจำลองสามารถถูกใช้สำหรับการจัดการเชิงพื้นที่การบำรุงรักษาอาคาและระหว่างการครอบครองอาคารสามารถแก้ไขโดยผู้จัดการอาคาร/ นายจ้าง

2.3 คำนิยามและวิวัฒนาการของ FM

ในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นในเรื่องการทำ FM ของอุตสาหกรรม AEC (Architecture, Engineering, Construction ;สถาปัตยกรรม วิศวกรรมและการก่อสร้าง) เนื่องมาจากมีความต้องการของการก่อสร้างเพิ่มขึ้น มีความต้องการทางความก้าวหน้าของเทคโนโลยี มีความต้องการของผู้ใช้เปลี่ยนแปลงและมีความต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Mohanta, 2016) สำหรับองค์กรด้าน FM ที่เป็นที่ยอมรับทางสากล ได้แก่ International Facilities Management Association (IFMA) และ Building Owners and Management Association (BOMA) นอกจากนั้น องค์กร International Facility Management Association (International Facility Management Association, 2013) ให้คำนิยาม FM ว่า เป็นอาชีพที่ครอบคลุมหลายสาขาวิชาเพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานของสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นโดยการรวมกันของคน (people) สถานที่ (places) กระบวนการ (processes) และเทคโนโลยี (technology)

FM นอกเหนือจากเรื่องการจัดการด้านการบำรุงรักษา แต่ยังรวมถึงการจัดการในด้านอื่น ๆ เช่น การสื่อสาร (communication) การเตรียมพร้อมกรณีฉุกเฉินและความต่อเนื่องทางธุรกิจ (emergency preparedness and business continuity) ภาวะการให้บริการดูแลสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืน การเงินและธุรกิจ (finance and business) มนุษยปัจจัย (human factors) การเป็นผู้นำและกลยุทธ์ (leadership and strategy) การจัดการโครงการ (project management) คุณภาพ (quality) การจัดการอสังหาริมทรัพย์และทรัพย์สิน (real estate and property management) และเทคโนโลยี (technology) (International Facility Management Association, 2009)

การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม (Maintenance and Repair, M&R) ซึ่งได้แบ่งการบำรุงรักษา (maintenance) ออกเป็น 3 ประเภท คือ การแทนที่ (replacement) การติดตั้ง (installation) และเปลี่ยนแปลงสภานะ (status change) เช่น แก้การอุดตัน (unclog) ทำความสะอาด (clean) ปิดสวิตซ์ (switch off) และเปลี่ยนใหม่ (reset) (Akcamete, 2010)

กลยุทธ์งานบำรุงรักษา (Maintenance Strategies) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ (Daniel, 2019)

1) การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance) คือ แก้ไขเมื่อผิดพลาด (fix as fail) ซึ่งจะนำไปสู่คำถามสำคัญที่ว่า อะไรคือความผิดพลาดที่แท้จริง สถาบันต่าง ๆ หรือส่วนตัวบุคคล ได้ให้ความหมายในเรื่องนี้และให้คำนิยามที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างคำจำกัดความที่อ้างอิงจากรายงานขององค์กร PIANC ซึ่งระบุไว้ว่า ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากโครงสร้างหรือส่วนประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งนั้น ไม่เป็นไปตามคุณสมบัติที่ได้ถูกกำหนดไว้

2) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) คือ เปลี่ยนแปลงก่อนที่จะผิดพลาด (change before fail) ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า องค์ประกอบจะไม่ถูกเปลี่ยนก่อนที่สิ่งเหล่านั้นจะผิดพลาดจริง โดยผู้เชี่ยวชาวอเมริกันจะเห็นด้วยกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มุ่งเน้นการทำงานที่ยังดำเนินอยู่ เช่น การตรวจสอบ (inspections) การทำความสะอาด (cleaning) และการหล่อลื่น (lubrication) ขององค์ประกอบนั้น ๆ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เป็นเชิงป้องกัน (preventive) อย่างชัดเจน ซึ่งต่างจากผู้เชี่ยวชาญชาวยุโรปที่มุ่งเน้นไปที่องค์ประกอบของตัวสิ่งเหล่านั้น หากใช้งานจนกระทั่งเกิดความผิดพลาด ดังนั้นการบำรุงรักษาโดยทั่วไปเป็นเชิงแก้ไขปรับปรุง (corrective)

3) กลยุทธ์การบำรุงรักษาอื่น ๆ (Other Maintenance Strategies)

จากคำจำกัดความของ Sinopoli (2010) กล่าวว่า ระบบการจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management Systems, FMS) เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการจัดการอาคาร (Building Management System, BMS) คือ ระบบ FMS มีประเด็นสำคัญอยู่ที่กระบวนการทางธุรกิจของการ FM แบ่งเป็น 4 หมวด คือ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ผังระบบ FMS (กระบวนการทางธุรกิจ)

1) การจัดการคำสั่งงาน (work order management)

2) การจัดการการจัดซื้อ (procurement management)

3) การจัดการส่วนของวัสดุและอุปกรณ์ (material and equipment parts management)

4) การจัดการสินทรัพย์ (asset management) ส่วนระบบการจัดการอาคาร (Building Management System, BMS) ประเด็นสำคัญอยู่ที่ระบบอาคารที่ฉลาด (smart building systems) คือ

(1) ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า (Electric Power Management System)

(2) ระบบควบคุมโปรแกรมแสงสว่าง (Programmable Lighting Control System)

(3) ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้ (Fire Alarm System)

(4) ระบบกล้องวงจรปิด (Video Surveillance System)

(5) ระบบปรับอากาศ (HVAC Control System)

(6) ระบบควบคุมการเข้าใช้ (Access Control System)

สำหรับวิวัฒนาการของเทคโนโลยี (technology) ที่ใช้ใน FM ประกอบไปด้วย 6 เทคโนโลยี คือ (Nor Diana, Abdul Hadi, & Nor Rima Muhamad, 2016)

1) Email Document ทำหน้าที่ส่งและรับข้อมูลในโครงสร้างอิเล็กทรอนิคที่เป็นไปได้มากที่สุด (Smith & Tardif, 2012) ผู้คนยังคงใช้ Email ที่จะถ่ายข้อมูลในองค์กรและข้อความที่เป็นส่วนตัวใน email ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับสำหรับการสื่อสาร และมีขอบเขตของต้นทุนต่ำที่สุด

(Petrovčič, Petrič, & Lozar Manfreda, 2016) และมีความเป็นส่วนตัวเมื่อผู้จัดการอาคารไม่สามารถดูการสนทนาย้อนหลังใน Email ส่วนตัวได้

2) Maintenance management software เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการบำรุงรักษาในตลาดธุรกิจซอฟต์แวร์ที่ใช้ทั่วไป นั่นก็คือ Computerised Maintenance Management System (CMMS) C-work TMA และ EAM ซอฟต์แวร์เหล่านี้สามารถจัดการการบำรุงรักษาไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการบันทึกการสร้างการบำรุงรักษาของอุปกรณ์และทรัพย์สิน, การบันทึกการสร้างและบำรุงรักษาวัสดุของใบแจ้งหนี้อุปกรณ์และทรัพย์สิน, ควบคุมสินค้าคงเหลือ, แผนงานสำหรับผู้จัดการโครงการ, ทรัพยากรบุคคล, ตาราง และรายงาน

3) Computer Aided Facilities Management (CAFM) เป็นเครื่องมือสำหรับการจัดการอย่างเป็นระบบหรือการจัดการภายในทรัพย์สินสิ่งปลูกสร้าง (The facilities asset) เช่น การใช้งานและบำรุงรักษางบประมาณสิ่งปลูกสร้าง (Lee et al., 2013) และการบัญชี การบริหารการก่อสร้างและการจัดการโครงการของพื้นที่สินค้าคงเหลือและการจัดการการวางแผนทางสถาปัตยกรรมและออกแบบภายใน อย่างไรก็ตามการมีการจำกัดการมองเห็นเพียง 2 มิติหรือจำกัดการวาดรูปแบบไฟล์ jpec (Joint Photographic Experts Group)

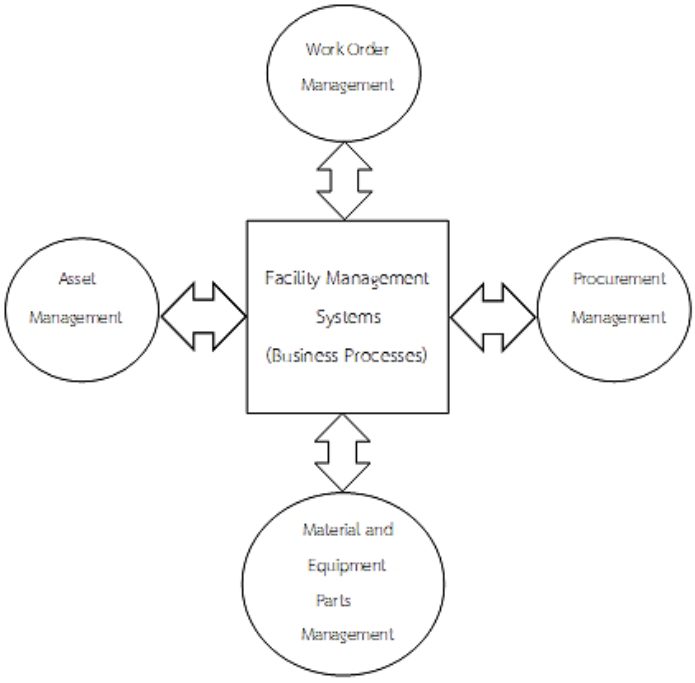
4) Building Energy Management (BEM) ได้รับการพัฒนาสม่ำเสมอที่จะควบคุมระบบพลังงาน เช่น HVAC system (Heating, Ventilation Air-Conditioning) อีกทั้งสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของพลังงานที่สิ้นเปลืองในอาคาร ความซับซ้อนของ BEMS สามารถรวมเข้าด้วยกันกับ CAFM (Elmualim & Pelumi-Johnson, 2009) รวมถึง BIM และระบบการจัดการบำรุงรักษาที่ควบคุมอุปกรณ์ปฏิบัติการ (the operating equipment)

5) Agile software เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการสนับสนุนวัตถุประสงค์ทางธุรกิจ FM มีหน้าที่รวบรวมทุกบริการที่จะสนับสนุนธุรกิจหลักขององค์กรและการมีส่วนร่วมของเครื่องมือ Agile software ในอุตสาหกรรม FM เช่น การจองล่วงหน้า ออนไลน์ช้อปปิ้งและการตอบกลับจากลูกค้าภายนอก ตัวอย่างเว็บเพจที่ถูกสร้างโดยเครื่องมือนี้ เช่น ลาซาดา (online shopping) อโกด้า (hotel booking)

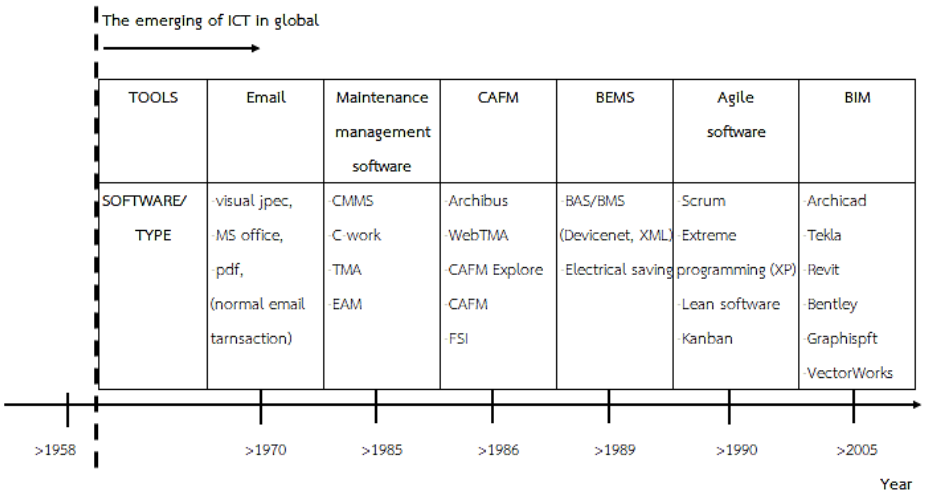
6) BIM เป็นเทคโนโลยีซึ่งมีวิวัฒนาการของระบบ ICT (Information Communication Technology) ที่นิยมในปัจจุบันในวัฏจักรชีวิตของการก่อสร้าง ประโยชน์ของ BIM คือ เป็นข้อมูลที่หลากหลายที่สามารถโอนถ่ายและนำมาใช้ใหม่ในช่วง FM สำหรับโครงการแรกที่จะใช้เครื่องมือ BIM (แบบจำลอง As-Built model) สำหรับอุตสาหกรรม FM และได้รับการพัฒนาเริ่มแรกที่ Sydney Opera House ประเทศออสเตรเลีย วิวัฒนาการของเทคโนโลยี (technology) รวมทั้งรายละเอียดชื่อซอฟต์แวร์ และประเภทต่าง ๆ รูปที่ 2.4 แสดงวิวัฒนาการของระบบ ICT (INFORMATION and

COMMUNICATION TECHNOLOGY) ในงาน FM เป็นเวลามากกว่า 40 ปี (Nor Diana et al., 2016)

แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่ช่วยให้การทำงานง่ายขึ้นผ่านยุคสมัย อย่างไรก็ตาม ผู้ว่าจ้างหรือผู้จัดการอาคารต้องการที่จะใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยที่จะปรับปรุงการทำ FM (Akcamete, 2010) อีกหนึ่งเทคโนโลยีใหม่ที่เรียกว่า Digital Twin หมายถึงสำเนาของสินทรัพย์ สิ่งของ อาคาร หรือเครื่องจักรในรูปแบบดิจิทัล เป็นการจำลองของสิ่งของในแบบ 3 มิติและการบันทึกข้อมูลสถานะเพื่อตรวจสอบการทำงาน เพื่อคาดการณ์ความผิดปกติล่วงหน้า เพื่อหาต้นตอของปัญหาและหลีกเลี่ยงปัญหาในอนาคต โดยอาศัยการติดเซนเซอร์จำนวนมากเพื่อให้ได้สำเนาที่ใกล้เคียงความจริงในปัจจุบัน จากนั้นจะถูกส่งขึ้นคลาวด์เพื่อจัดเก็บและประมวลผลตามบริบทของการใช้งาน (ดร.พนิตา พงษ์ไพบูลย์, 2060) จากงานวิจัยของ Macchi, Roda, Negri, and Fumagalli (2018) ได้กล่าวถึงการสำรวจบทบาทของ *Digital Twin* สำหรับการจัดการวัฏจักรชีวิตของสินทรัพย์ วัตถุประสงค์สำหรับการสำรวจนี้เพื่ออภิปรายบทบาท *Digital Twin* ในการจัดการสินทรัพย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินทรัพย์ที่สัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจ โดยรวบรวมจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับประโยชน์จากการใช้แบบจำลอง *Digital Twin* ที่มีความเกี่ยวข้องกับการจัดการวัฏจักรชีวิตของสินทรัพย์ซึ่งนำมาใช้กับกรณีศึกษาในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิตของสินทรัพย์



รูปที่ 2.3 ระบบ FMS (กระบวนการทางธุรกิจ) (Sinopoli, 2010)



รูปที่ 2.4 แสดงวิวัฒนาการของระบบ ICT (INFORMATION and COMMUNICATION TECHNOLOGY) ในงาน FM เป็นเวลามากกว่า 40 ปี (Nor Diana et al., 2016)

2.4 การทำงานของแบบจำลอง BIM ร่วมกับกระบวนการ FM

การใช้ BIM ในงาน FM มีการปรับปรุงสำหรับกระบวนการในการส่งมอบงาน ข้อมูลถูกเก็บผ่านกระบวนการของ BIM ระหว่างวัฏจักรชีวิตอาคารเพื่อลดต้นทุนและเวลาลง (NATHAN H., 2018) การใช้ BIM สามารถนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาคารในแต่ละช่วงเวลามาใช้ประโยชน์ รวมถึงในด้านอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์ด้านพลังงาน (energy analysis) แผนงานของโครงการ (time schedule for project) BIM เปรียบเหมือนกับเครื่องมือทาง FM ที่สามารถทำให้ความเสียหายของข้อมูลลดลง จากมาตรฐานของรูปแบบข้อมูล (data format) สำหรับรูปแบบข้อมูลทั่วไปประกอบไปด้วย 3 รูปแบบ คือ (Mohanta, 2016)

1) มาตรฐาน COBie (construction operations building information exchange)

2) IFC (industry foundation classes)

3) XML (extensible mark-up language)

นอกจากนี้ การใช้ BIM (BIM Uses) ในโครงการ เพื่อเป็นการกำหนดแนวทางการทำงานร่วมกัน รวมถึงการวางแผนขั้นตอนในการทำงานต่าง ๆ โดยองค์กร CIC มีทั้งหมด 25 ข้อ แบ่งตามลำดับแต่ละช่วงโครงการ รูปที่ 2.4 แสดงการใช้ BIM (BIM USES) ในช่วงต่าง ๆ ของโครงการ (Messner et al., 2019) สำหรับ BIM Uses ที่เกี่ยวข้องกับงาน FM จากการให้คำนิยามในงานวิจัยของ (จิราภรณ์ ธรรมรักษา, 2558) ได้แก่

1) Record Modeling เป็นการบันทึกการสร้างแบบจำลองในรูปแบบของการบันทึก ซึ่งค่าระดับขั้นต่ำควรมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมหลัก โครงสร้างและงานระบบ เป็นการสร้างแบบจำลองตลอดโครงการ รวมถึงการดำเนินงาน การบำรุงรักษา ข้อมูลสินทรัพย์ ในการส่งมอบแบบจำลองให้กับผู้ว่าจ้างหรือผู้จัดการอาคาร

2) Asset Management เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ระบบจัดการองค์กร (organized management system) สามารถเชื่อมต่อแบบสองทางกับ record model เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำรุงรักษา การจัดการการใช้อาคาร, และทรัพย์สิน ซึ่งประกอบด้วย ตัวอาคาร ระบบอาคาร สภาพแวดล้อมโดยรอบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการบำรุงรักษา เพื่อประโยชน์แก่เจ้าของโครงการและผู้ใช้งานภายใต้งบประมาณที่กำหนด ช่วยในการตัดสินใจทางการเงิน การวางแผนระยะสั้น-ยาว รวมถึงการออกแผนงานการสั่งซื้อ เป็นต้น

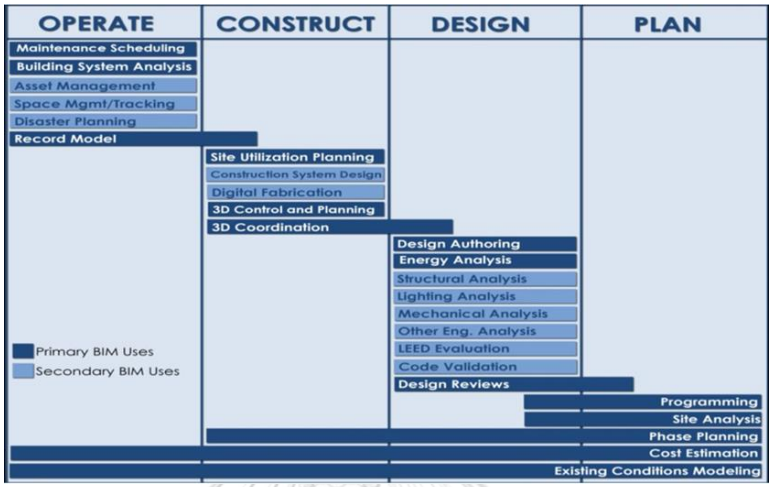
3) Building (Preventive) Maintenance Scheduling เป็นกระบวนการใช้ข้อมูลที่กำหนดในองค์ประกอบหลักของอาคาร เช่น ผนัง พื้น หลังคาและรวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในงานระบบอาคาร เช่น งานระบบเครื่องกล งานระบบไฟฟ้า งานระบบสุขาภิบาล ที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาและใช้งานอาคาร เพื่อประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานอาคารและลดงานซ่อมบำรุงและลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการจัดการอาคาร

4) Space Management and Tracking เป็นกระบวนการที่ BIM ถูกนำมาใช้จัดการและติดตามพื้นที่อย่างเหมาะสมกับทรัพยากรที่เกี่ยวข้องภายในสถานที่ รวมถึงข้อมูลสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์การใช้งานที่มีอยู่ของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้ในการวางแผนการจัดการและเป็นประโยชน์ในระหว่างการปรับปรุงโครงการ การจัดการพื้นที่และการติดตามเพื่อให้แน่ใจว่าการจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสมเชิงพื้นที่ตลอดชีวิตของสิ่งอำนวยความสะดวก

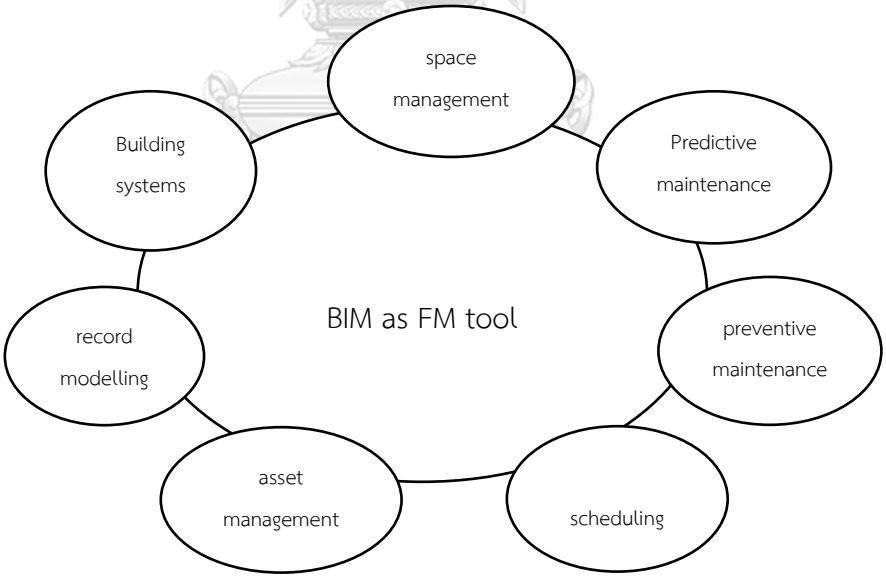
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนั้นการใช้แบบจำลอง BIM สำหรับงาน FM มีจุดประสงค์เพื่อประหยัดเวลา เพื่อการจำแนกและจัดหมวดหมู่ของข้อมูลในโปรแกรม FM ดังรูปที่ 2.6 แสดงความหลากหลายของงาน FM ที่ได้รับการสนับสนุนโดย BIM เช่น การจัดการพื้นที่ว่าง การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (predictive maintenance) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance) การจัดลำดับงาน (scheduling) การจัดการสินทรัพย์ (asset management) การจำลองโมเดลบันทึก (record modelling) และระบบวิเคราะห์อาคาร (building systems analysis) อีกทั้งการพัฒนา BIM ระหว่างการใช้งานของอาคารสามารถลดโอกาสของความผิดพลาดและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพอีกด้วย (Burcin, Farrokh, Nan, & Gulben, 2012) และฟังก์ชันของ BIM สามารถเพิ่มระดับการบริการ เช่นการค้นหาห้องในอาคาร การรายงานความผิดพลาดหรือการสร้างตัวเลือกการตกแต่งใหม่ รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของอาคาร การบริการเหล่านี้เพื่อเป็นการลดเวลาในการค้นหา เช่น

ระดับชั้นและห้องต่าง ๆ เช่น เมื่อเจ้าหน้าที่ต้องการที่จะเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าในอาคาร เจ้าหน้าที่ควรจะสามารถตรวจเช็คได้ทันทีเกี่ยวกับชนิดของหลอดไฟฟ้าและผู้ผลิต เป็นต้น (Mohamad, Graham, Nashwan, Michael, & Steve, 2015)



รูปที่ 2.5 การใช้ BIM (BIM USES) ในช่วงต่าง ๆ ของโครงการ (Messner et al., 2019)



รูปที่ 2.6 ความหลากหลายของงาน FM ที่ได้รับการสนับสนุนโดย BIM (Burcin et al., 2012)

กระบวนการทำงานของ BIM และ FM สำหรับใช้ในโครงการสำหรับงานวิจัยของ (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) ที่จะจับข้อมูล จัดการข้อมูลและแลกเปลี่ยนข้อมูลของโครงการ แบ่งขั้นตอนปฏิบัติงานออกเป็น 4 ช่วงเวลา 1) ช่วงการออกแบบ 2) ช่วงก่อสร้าง 3) ช่วงทดสอบใช้งานของระบบ และ 4) ช่วงส่งมอบ โดยแต่ละช่วงมีความสัมพันธ์กันซึ่งมีลูกศรแสดงทิศทางและสัญลักษณ์กราฟิกแสดงผู้สร้างข้อมูลนั้น ๆ เริ่มจากความต้องการของผู้ว่าจ้างไปยังผู้ออกแบบได้ออกแบบแบบจำลอง BIM ในช่วงออกแบบ จากนั้นผู้รับจ้างใช้เครื่องมือ BIM ในการก่อสร้างจริง โดยมีเครื่องมือสนับสนุนกระบวนการ BIM สำหรับงานวิจัยดังกล่าวได้ใช้เครื่องมือ BIMLink Export และ BIM 360 Field Export เพื่อที่จะส่งออกข้อมูล ในช่วงก่อสร้างและช่วงทดสอบการใช้งานของระบบ ภายหลังที่ส่งออกข้อมูลแล้ว มีเครื่องมือสนับสนุนกระบวนการใน BIM คือ BIMLink Import สำหรับนำเข้าข้อมูลไปยังแบบจำลอง as-built BIM ในซอฟต์แวร์ Autodesk Revit และเครื่องมือ COBie Toolkit Export เพื่อส่งออกเป็นไฟล์ COBie Format Spreadsheetsnและไปยังระบบ FM นั่นคือ ซอฟต์แวร์ AiM (CMMS) ในช่วงส่งมอบ รูปที่ 2.7 แสดงกระบวนการทำงานระหว่าง BIM และ FM ที่ได้รับการพัฒนาในโครงการนี้ (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) สำหรับเก็บข้อมูล จัดการข้อมูลและแลกเปลี่ยนข้อมูลโครงการ และรูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบการส่งมอบข้อมูลที่ใช้ BIM กับการส่งมอบแบบเดิม (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา 1) ช่วงออกแบบ 2) ช่วงก่อสร้าง 3) ช่วงทดสอบใช้งานของระบบ และ 4) ช่วงส่งมอบ ซึ่งจะสามารถมองเห็นภาพการทำงานชัดเจนในแต่ละช่วงเวลาที่เกี่ยวกับการใช้ BIM ทำงานร่วมกับ FM

นอกจากนั้น วิธีแก้ปัญหาอื่น มีการออกแบบที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนของข้อมูลระหว่างแบบจำลอง BIM และชุดข้อมูลหลากหลายชุดซึ่งใช้ในงาน FM นั่นคือ COBie เป็นรูปแบบข้อมูลซอฟต์แวร์ตารางทำงาน (spreadsheet) กับเครื่องมือที่เพิ่มเข้าไป เช่น COBIE Toolkit for Revit (Araszkiewicz, 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 ตัวอย่างกรณีศึกษาของกระบวนการ BIM ทำงานร่วมกับ FM

จากการรวบรวมกรณีศึกษาของ Teicholz (2013) มีลักษณะการใช้งานของอาคารแตกต่างกันออกไปและมีการใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยในการทำงาน คือ ซอฟต์แวร์ในการสร้าง BIM เช่น ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit, ซอฟต์แวร์ Tekla, ซอฟต์แวร์ Naviswork และซอฟต์แวร์ทาง FM เช่น AiM, CMMS, EcoDomus, FM: Interact เป็นต้น และการใช้มาตรฐาน COBie สำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM สู่กระบวนการ FM ผู้วิจัยได้ยกกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องมา 5 กรณีศึกษา คือ

1) องค์กร MathWorks (การใช้ BIM เชื่อมกันกับระบบ FM ของอาคาร)

องค์กร MathWorks เป็นผู้นำด้านการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ทางคณิตศาสตร์ของวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์ สำหรับการวางแผนการสร้างอาคารใหม่ในเมืองเนติก รัฐแมสซาชูเซตส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยโครงการนี้มีการใช้เทคโนโลยี BIM และ FM ตั้งแต่ขั้นตอนก่อสร้าง ซึ่งทีมงานสำหรับโครงการนี้ ประกอบไปด้วย ทีมงานสถาปัตยกรรมทั้งโครงภายนอกและภายในอาคาร ผู้รับจ้างวิศวกรงานระบบและที่ปรึกษาด้าน BIM และซอฟต์แวร์ FM องค์กร MathWorks ซึ่งเป็นเจ้าของโครงการได้ให้รายละเอียดข้อมูลเฉพาะ เช่น ชื่อ ตัวเลข และมาตรฐานของพื้นที่และสินทรัพย์เพื่อที่จะให้ BIM และความต้องการของข้อมูลของแต่ละประเภทของอุปกรณ์มีความสมบูรณ์ นอกจากนั้น BIM ดังกล่าวได้แบ่งเป็น 5 โมเดลที่เชื่อมกัน เช่น โมเดลทางสถาปัตยกรรม เครื่องกล ไฟฟ้า ประปา และเฟอร์นิเจอร์ ถูกส่งออกเป็น as-built model ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่ช่วยในงาน FM นั่นก็คือ FM:SYSTEMS สำหรับการทำงาน BIM จะรวมเข้ากันกับแบบจำลอง FM ในการทำรายการสินทรัพย์ การเก็บสินค้าคงเหลือและการสร้างการป้องกันการบำรุงรักษา ต่อมาองค์กร MathWorks ได้ใช้มาตรฐาน COBie เพื่อเทียบแหล่งอ้างอิงในการสร้างคู่มือการส่งมอบ BIM แต่ไม่ใช้มาตรฐาน COBie เพื่อการถ่ายโอนข้อมูล สำหรับต้นทุนในการใช้ BIM ในโครงการพบว่า ต้นทุนมากกว่าการใช้การเขียนโดยซอฟต์แวร์ CAD เนื่องจากระดับของการพัฒนา (Level of development, LOD) จำเป็นต้องใช้ในการส่งมอบข้อมูลสำหรับ FM อย่างไรก็ตามผู้จัดการอาคารได้กล่าวว่า ต้นทุนที่เพิ่มมานั้นมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกรณีมีการเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้าง (Bernardi and Donahue, 2012) และจากบทเรียนในโครงการนี้ MathWorks ได้นำ BIM มาทำงานร่วมกันกับซอฟต์แวร์ FM:SYSTEMS ในระบบทดสอบนี้ พบว่าไม่มีแผนงานที่จะพัฒนาต่อ หรือปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ในระบบปฏิบัติงานจริง เนื่องจากจะต้องผ่านกระบวนการทำงานที่ซับซ้อน

2) อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาเขต Texas A&M ประเทศสหรัฐอเมริกา

มีการใช้ BIM สำหรับขั้นตอนออกแบบ และก่อสร้า รวมถึงมีการใช้ COBie เพื่อเชื่อมกับระบบทาง FM สำหรับกรณีศึกษานี้ ได้ทบทวนการจับข้อมูลดิจิทัลเกี่ยวกับพื้นที่ว่าง ระบบและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ FM การใช้ COBie เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการสนับสนุนงาน FM ด้าน PM และการวิเคราะห์สภาพสิ่งก่อสร้าง การใช้ระบบ CMMS สำหรับกิจกรรมในการบำรุงรักษา วัตถุประสงค์หลักในการใช้ BIM ประกอบไปด้วย 3 วัตถุประสงค์ คือ (1) ส่งมอบโมเดล as-built ในรูปแบบ 3 มิติ จากขั้นตอนการก่อสร้าง (2) ส่งมอบข้อมูลสำหรับ FM ในรูปแบบ COBie (3) การนำเข้าขั้นตอนของข้อมูลและเอกสารไปยังซอฟต์แวร์ CMMS ที่ทำให้ง่ายขึ้น พบข้อจำกัดในกรณีศึกษานี้ คือ ไม่สามารถเชื่อมข้อมูลโดยตรงจากสินทรัพย์และไม่สามารถเชื่อมข้อมูลโดยตรงจาก BIM ไปซอฟต์แวร์ CMMS

3) โรงเรียนศิลปะภาพยนตร์ USC เมืองลอสแอนเจลิส รัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

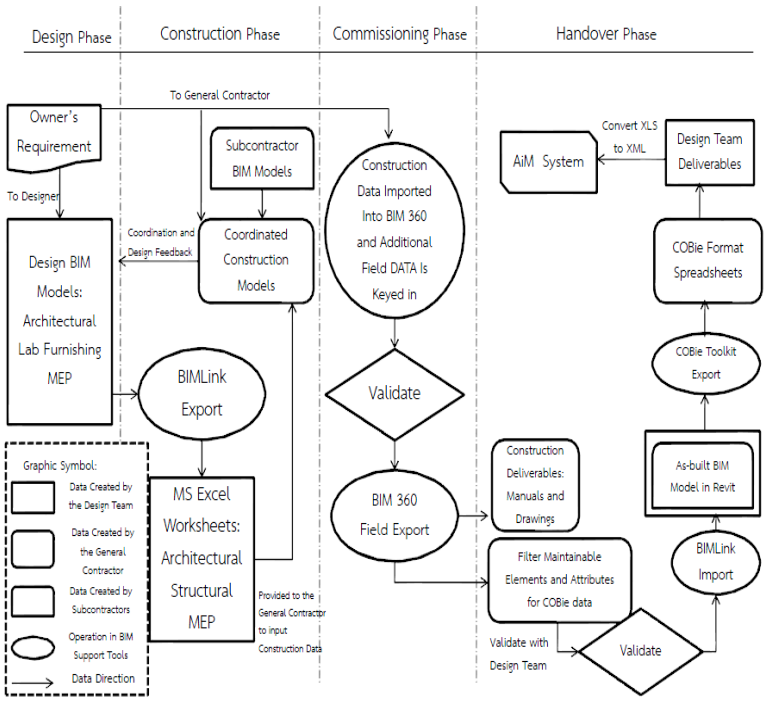
มีการใช้ BIM สำหรับออกแบบและก่อสร้าง รวมถึงมีการใช้ COBie เชื่อมกับระบบ CMMS หัวข้อหลักที่พัฒนา ประกอบไปด้วย (1) การพัฒนาคู่มือ BIM และวิธีการใช้มาตรฐานทั่วไปในอุตสาหกรรม เช่น มาตรฐาน Omniclass มาตรฐาน National CAD และ COBie คู่มือเหล่านี้จะให้กรอบแนวคิดสำหรับหุ้นส่วนของโครงการในการปฏิบัติสำหรับการบริการและการส่งมอบความต้องการ ซึ่งทำให้เป้าหมายในงาน FM ของอาคารสมบูรณ์ (2) การตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลสำหรับ FM (3) การพัฒนาระบบพอร์ทัล (portal) ซึ่งถูกสร้างจากความต้องการของบุคลากรของหน่วยงาน FM เพื่อช่วยการตัดสินใจและการค้นหาข้อมูลสะดวกมากขึ้น สำหรับเทคโนโลยีที่ถูกใช้ในโครงการนี้ คือ ซอฟต์แวร์ BIM (Revit architecture, Revit MEP, Tekla structures) ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ (Navisworks Manage, EcoDomus) และซอฟต์แวร์ FMIS จากกรณีศึกษานี้พบว่ามีความต้องการสำหรับกระบวนการใหม่ ๆ ของการทำงาน BIM และ FM มีความต้องการสำหรับเทคโนโลยีใหม่และมีความต้องการสำหรับวิธีการใหม่เพื่อใช้ในการสื่อสาร

4) *มหาวิทยาลัย Xavier เมืองซินซินแนติ รัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา*

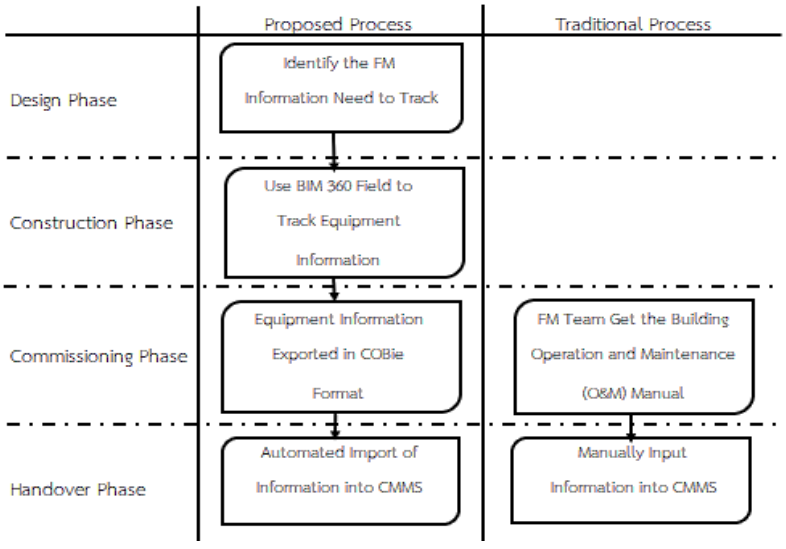
มีการใช้ BIM สำหรับขั้นตอนออกแบบ ก่อสร้างและO&M ซึ่งเลือกใช้ซอฟต์แวร์ BIM (Autodesk evit) ในการออกแบบและก่อสร้าง สำหรับในงาน FM นั้น ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ใช้แตกต่างจากกรณีศึกษาอื่น คือ มีการใช้ซอฟต์แวร์ FM:Interact สำหรับเชื่อมระหว่าง BIM กับ FM โดยทีมงานเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ FM เช่น รหัสประเภทของพื้นที่ ผู้จัดการอาคารกล่าวถึง ผู้ใช้งานสามารถทำรายงานงบประมาณที่เป็นจำนวนมากได้และสามารถที่จะใช้ในการตัดสินใจ สำหรับการจัดการพื้นที่ของอาคาร

5) *มหาวิทยาลัยชิคาโก รัฐอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา*

มีการใช้ BIM เพื่อการปรับปรุงอาคาร กรณีศึกษานี้มุ่งเน้นที่การส่งมอบข้อมูลระหว่างก่อสร้าง และ FM การใช้ซอฟต์แวร์ในการออกแบบและก่อสร้าง คือ Autodesk Revit, Autodesk Naviswork และ 3D MEP fabrication ซอฟต์แวร์สำหรับ FM คือ Maximo เพื่อการจัดการสินทรัพย์ การจัดการการบำรุงรักษาและคำสั่งงาน รวมทั้งซอฟต์แวร์ Archibus เพื่อการจัดการพื้นที่ และจากการใช้ COBie พบว่า การใช้ดังกล่าวไม่สอดคล้องตามความต้องการของมหาวิทยาลัยและข้อมูลใหม่ที่มีการเพิ่มเติมนั้นไม่ได้อยู่ใน COBie อีกทั้งกรณีศึกษานี้มีการใช้ระดับการพัฒนา (level of development) อ้างอิงจาก AIA Document E202-2008 โดยระดับที่ใช้ในงาน FM คือ LOD 500 ที่สามารถสร้างได้จริง ประกอบไปด้วย ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งที่ตั้ง ปริมาณและข้อมูลกำหนดตำแหน่ง นอกจากนั้นผู้เขียนได้กล่าวถึง การเพิ่มขึ้นของการใช้ข้อมูลงาน FM และการส่งมอบข้อมูลระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับบุคลากรภายในองค์กรที่จะต้องมีทักษะการจัดการฐานข้อมูล (database management)



รูปที่ 2.7 กระบวนการทำงานระหว่าง BIM และ FM ที่ได้รับการพัฒนาในโครงการนี้สำหรับเก็บข้อมูล จัดการข้อมูลและแลกเปลี่ยนข้อมูลโครงการ (Pishdad-Bozorgi et al., 2018)



รูปที่ 2.8 การเปรียบเทียบการส่งมอบข้อมูลที่ใช้ BIM กับการส่งมอบแบบเดิม (Pishdad-Bozorgi et al., 2018)

2.6 การทำงานของ COBie

นิยามของ COBie เป็นมาตรฐานสากลที่ส่งมอบการจัดการข้อมูลสินทรัพย์ คำว่า COBie แทนชื่อเต็ม Construction Operations Building information exchange สามารถสร้างและแลกเปลี่ยนด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ตารางทำงาน (spreadsheet) อย่างง่าย การใช้ COBie โดย National Research Council, 1983 อ้างถึงโดย Teicholz (2013) ว่ามูลค่ามากมายของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนออกแบบ ก่อสร้างและ O&M ได้หายไประหว่างวัฏจักรชีวิตของอาคาร สำหรับมาตรฐานของ COBie มี 3 รูปแบบ คือ 1) IFC 2) ifcXML และ 3) SpreadsheetML

นอกจากนั้น COBie คือ ข้อมูลแลกเปลี่ยนที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับ ข้อมูลจะได้รับการรวบรวมระหว่างขั้นตอนออกแบบอาคารและขั้นตอนก่อสร้างซึ่งสามารถโอนถ่ายข้อมูลเหล่านั้นได้ไปใช้ในขั้นตอน O&M (AUTODESK, 2017) รูปแบบข้อมูล COBie ได้รับการพัฒนาให้มีมาตรฐานของการนำข้อมูล การบันทึกและส่งมอบข้อมูลของโครงการ COBie สามารถเก็บข้อมูลที่มีปริมาณมากของชนิดข้อมูลที่แตกต่าง สามารถระบุความต้องการข้อมูล BIM สำหรับกิจกรรมทาง FM โดยผู้ใช้ COBie มักจะกำหนดรูปแบบ ความต้องการหรือจำกัดขอบเขตของข้อมูล โดยการเลือกคำสั่งติดตั้ง (setup) หรือ แก้ไข (modify) ในซอฟต์แวร์ Autodesk Revit (Pishdad-Bozorgi et al., 2018)

COBie ได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อปี ค.ศ.2007 โดย บิล อีสต์ จากองค์กร The Army Corps of Engineers ประเทศสหรัฐอเมริกาที่ร่วมกับพัฒนากับองค์กร NASA ความเป็นมาของ COBie เนื่องมาจากการส่งมอบข้อมูลเอกสารต่าง ๆ หรือข้อมูลสำหรับการดูแลจัดการอาคารในรูปแบบเอกสาร เอกสารดังกล่าวได้มาจากผู้รับจ้างจะส่งมอบให้ผู้ว่าจ้างและภายหลังได้ส่งมอบให้ผู้จัดการอาคารในการดูแลอาคาร เนื่องจากเอกสารมีจำนวนมากในบางครั้งเอกสารถูกเคลื่อนย้ายและสูญหายไป ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพในการจัดการอาคารลดลง (East & Jackson, 2016)

COBie เป็นรูปแบบการจัดการข้อมูลมาตรฐานรูปแบบหนึ่ง ของการจัดการเกี่ยวกับสินทรัพย์ของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) และช่วยในการจัดการข้อมูลเป็นระบบมากขึ้นในการจัดการอาคาร ผู้ใช้สามารถใช้ COBie ดังกล่าวโดยเพิ่มการติดตั้งบนซอฟต์แวร์ revit และสามารถเลือกข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการไม่ว่าจะในส่วนขององค์ประกอบเช่น พื้นที่ ความยาว ข้อมูลวันที่ติดตั้ง เป็นต้น รวมถึงประเภทของอุปกรณ์ต่างๆ จากนั้นส่งออกข้อมูลในรูปแบบของ Microsoft excel spreadsheet และในงานวิจัยของ (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) มีการนำข้อมูล BIM มาใช้กับรูปแบบ COBie จากนั้นส่งข้อมูลเข้าไปยังซอฟต์แวร์ทาง FM (CMMS) พบข้อจำกัดคือ ข้อมูลจากรูปแบบ COBie ไม่สามารถเข้ากับกับซอฟต์แวร์ดังกล่าวได้ 100% และพบข้อผิดพลาด เช่น ความสูงที่ใช้งานได้ เช่น ความสูงที่ระดับ 16’-6’ ซึ่งซอฟต์แวร์ CMMS ไม่สามารถที่จะอ่านค่าเครื่องหมายได้ รวมถึงข้อผิดพลาดด้านอื่น เช่น ผู้ใช้ต้องการที่จะเพิ่มข้อมูลบางประเภทในซอฟต์แวร์ CMMS แต่ข้อมูลไม่ได้สอดคล้องกับตำแหน่งที่อยู่ใน COBie spreadsheet

2.7 สรุปท้ายบท

ในบทนี้เป็นการศึกษาจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิด และทฤษฎีของ BIM เช่น คำนิยามของ BIM, ส่วนประกอบของ BIM, แนวทางการทำงาน BIM, ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงาน BIM, การใช้ BIM ในขั้นตอนต่าง ๆ , แนวคิดและทฤษฎีของแบบจำลอง as-built BIM ร่วม, คำนิยามและวิวัฒนาการของ FM รวมถึงการทำงานของ as-built BIM ร่วมกับกระบวนการ FM, การทำงานของ COBie และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปยังกระบวนการ FM ยังมีช่องว่างหรือความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเพิ่มโดยแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ คือ 1) กระบวนการทำงานดังกล่าวมีความซับซ้อนและไม่ชัดเจน 2) ข้อมูลหรือสารสนเทศที่ผู้จัดการอาคารต้องการใช้ในกระบวนการ FM ไม่รวมอยู่ใน COBie 3) เจ้าของอาคารหรือผู้จัดการอาคารขาดความรู้และความเข้าใจในกระบวนการทำงานซึ่งทำให้ไม่สามารถนำแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้ในงาน FM ได้ และ 4) อุปสรรคในการทำงาน คือ ในการเปิดแบบจำลอง as-built BIM สำหรับการทำ FM พบว่าไม่มีความสะดวก เนื่องจากเป็นแบบจำลองของอาคารที่มีขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้นจึงมีแนวคิดที่สำคัญ คือ ความจำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลภายหลังจากดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM เพื่อให้การวางแผนในการทำ FM สะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากประเด็นที่จะต้องศึกษาดังกล่าวนั้นจะนำไปสู่การพัฒนาระบบและกระบวนการทำงานต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปยังกระบวนการ FM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
บทนำ

บทนี้นำเสนอขั้นตอนดำเนินงานวิจัยตลอดถึงวิธีการและแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย โดยหัวข้อการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยลักษณะของงานวิจัยซึ่งอธิบายเกณฑ์ในการใช้แบ่งประเภทของงานวิจัย หัวข้อต่อมา คือ ขั้นตอนการวิจัยซึ่งประกอบด้วยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงานของ BIM ร่วมกับ FM และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปพัฒนาระบบการส่งผ่านข้อมูลและสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM และตรวจสอบความถูกต้องของตัวอย่างการประยุกต์ใช้ จากนั้นจึงสรุปงานวิจัยและวิเคราะห์หาข้อจำกัดของงานวิจัย

3.1 ลักษณะของงานวิจัย

อาทิวรรณ โชติพฤกษ์ (2555) , Marczyk and DeMatteo (2005) อ้างถึงโดย (รัศรินทร์ โคตรปาลี, 2559) ได้แบ่งงานวิจัยโดยอาศัยเกณฑ์หลักได้ 2 เกณฑ์ คือ ลักษณะของข้อมูลและประโยชน์ที่ได้รับ

3.1.1 <u>ลักษณะของข้อมูล</u> แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) งานวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) เป็นงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2) งานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) เป็นงานวิจัยซึ่งเน้นการสัมภาษณ์และการสังเกตโดยการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปของรหัสข้อความรวมถึงการวิเคราะห์จากรูปภาพ

3.1.2 <u>ประโยชน์ที่ได้รับ</u> แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) งานวิจัยบริสุทธิ์ (pure research) มุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เป็นการพัฒนาทฤษฎี สูตรหรือองค์ความรู้ที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

2) งานวิจัยเชิงประยุกต์ (applied research) มุ่งนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติ เช่น เพื่อนำไปแก้ปัญหาประกอบการตัดสินใจและนำไปพัฒนาโครงการ

จากรายละเอียดข้างต้นงานวิจัยนี้จัดเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ เนื่องจากมีการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์และเป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ ซึ่งจะนำผลจากการพัฒนากระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

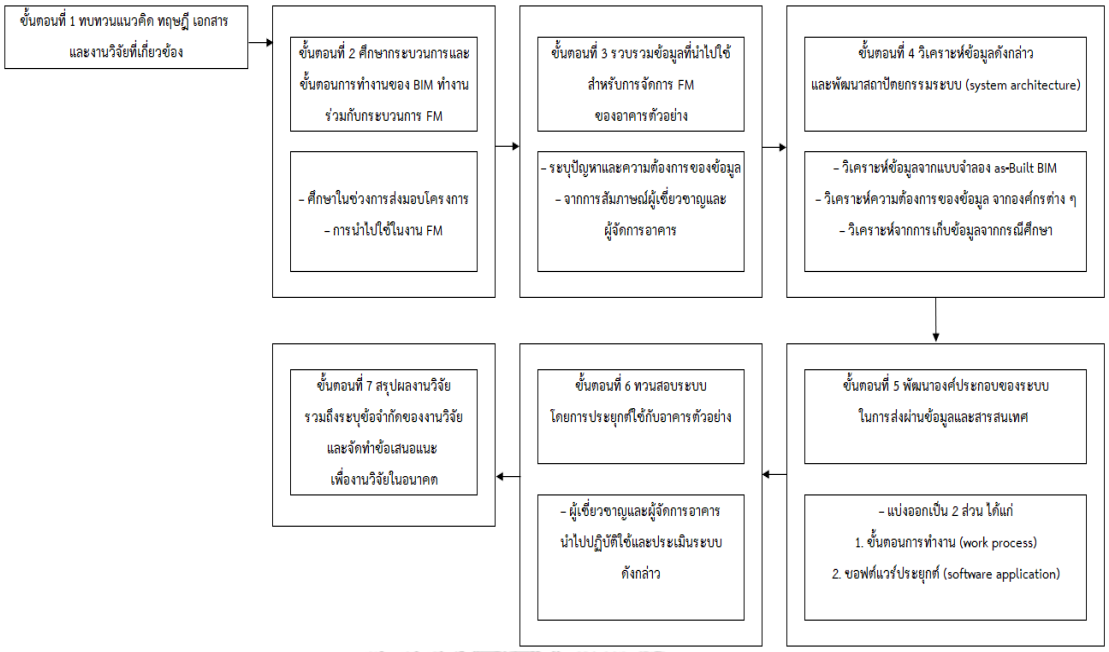
และการจัดการสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management, FM) ในช่วงการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation & Maintenance, O&M) เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้ เช่น ผู้ว่าจ้างหรือผู้จัดการอาคารตลอดจนผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องในหน่วยงาน FM

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการวิจัย คือ

1) ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยในอดีต หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง บทความวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ
2) ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงานของการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Model, BIM) ร่วมกับ FM โดยศึกษาจากกระบวนการปฏิบัติงานจริง ซึ่งข้อมูลที่ได้รับนั้นมาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการอาคาร
3) รวบรวมข้อมูลและสารสนเทศสำหรับ FM โดยสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในด้าน BIM ผู้จัดการอาคารและผู้ปฏิบัติงานจริง รวมทั้งสรุปและวิเคราะห์ข้อมูล และสารสนเทศที่จำเป็น ซึ่งแบ่งออกเป็น ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง as-built BIM ข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น เอกสารต่าง ๆ ที่ใช้ใน FM และมาตรฐาน COBie
4) พัฒนาสถาปัตยกรรมระบบ (system architecture) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อ ข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM และแหล่งอื่น ๆ กับกระบวนการทำงานของ FM
5) พัฒนาองค์ประกอบของระบบในการส่งผ่านข้อมูลและสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ซึ่งได้พัฒนาสถาปัตยกรรมระบบ ไว้ในขั้นตอนที่ 4 ระบบดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ (1) กระบวนการทำงาน (work process) อันได้แก่ กระแสงาน (workflow), การแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (information exchange), บทบาทและความรับผิดชอบ (roles and responsibilities) ของแต่ละฝ่ายและ (2) ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (software application) ซึ่งแสดงในรูปแบบของ Graphic User Interface (GUI)
6) ทวนสอบระบบโดยการประยุกต์ใช้กับอาคารตัวอย่าง นำผลการประยุกต์มาวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหาและข้อควรปรับปรุง จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขระบบให้มีความถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
7) สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.3 ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบ่งออกได้เป็นหัวข้อหลัก คือ

1) แนวคิดและทฤษฎีของ BIM
2) แนวคิดและทฤษฎีของแบบจำลอง as-built BIM
3) คำนิยามและวิวัฒนาการของ FM
4) การทำงานของแบบจำลอง as-built BIM ร่วมกับ FM
5) การทำงานของ COBie (The Construction Operations Building information exchange)
6) ตัวอย่างกรณีศึกษาของกระบวนการ BIM ทำงานร่วมกับ FM

3.4 ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงานของ BIM ร่วมกับ FM

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการของเจ้าของอาคาร รวมถึงกระบวนการทำงานของ BIM ร่วมกับ FM สำหรับโครงการก่อสร้างในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อสัมภาษณ์ผู้จัดการอาคารหรือตัวแทนจากฝ่ายจัดการทรัพยากรอาคารในหัวข้อหลัก 5 หัวข้อ คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ความต้องการในการใช้ประโยชน์จากแบบจำลอง as-built BIM สำหรับ FM
2) ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับ FM ที่ใช้ในการจัดการอาคาร
3) ชนิดหรือประเภทของข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ได้รับหรือจัดทำขึ้น
4) ความต้องการของฝ่ายจัดการทรัพยากรอาคารที่จะนำแบบจำลอง as-built BIM ไปปรับใช้กับกระบวนการ FM เดิม ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
5) ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำ FM ในองค์กรต่าง ๆ เช่น การซ่อม การบำรุงรักษา ที่จำเป็นต้องได้รับการปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้น

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้จัดการอาคาร ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน BIM ซึ่งเป็นกลุ่มผู้พัฒนาโครงการ รวมถึงที่ปรึกษาโครงการ รายละเอียดดังกล่าวจะแสดงในบทที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง as-built BIM กับกระบวนการ FM

3.5 ศึกษาและวิเคราะห์การทำงานจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลของแบบจำลอง as-built BIM รวมถึงรวบรวมข้อมูลและสารสนเทศที่ได้จากการสัมภาษณ์ในขั้นตอนที่ 3.4 จากนั้นจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลและสารสนเทศร่วมกับแบบจำลอง as-built BIM โดยจัดทำเป็นโครงสร้างของข้อมูล (data structure) ซึ่งองค์ประกอบของข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 3 หัวข้อ คือ 1) ข้อมูลที่มีอยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคาร 2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ FM โดยเฉพาะข้อมูลเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance, PM) และ 3) ข้อมูลอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐาน COBie

3.6 พัฒนากระบวนการและขั้นตอนสำหรับการดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้สำหรับงาน FM

ขั้นตอนนี้เกี่ยวกับการพัฒนาระบบในการดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM มาใช้กับ FM ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนา software application ขึ้น เพื่อใช้สำหรับการดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งจะนำไปเป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในกระบวนการ FM ของอาคารจริงพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของระบบดังกล่าว และรูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการพัฒนาของระบบที่นำเสนอแบ่งเป็นขั้นตอนตามลำดับ คือ

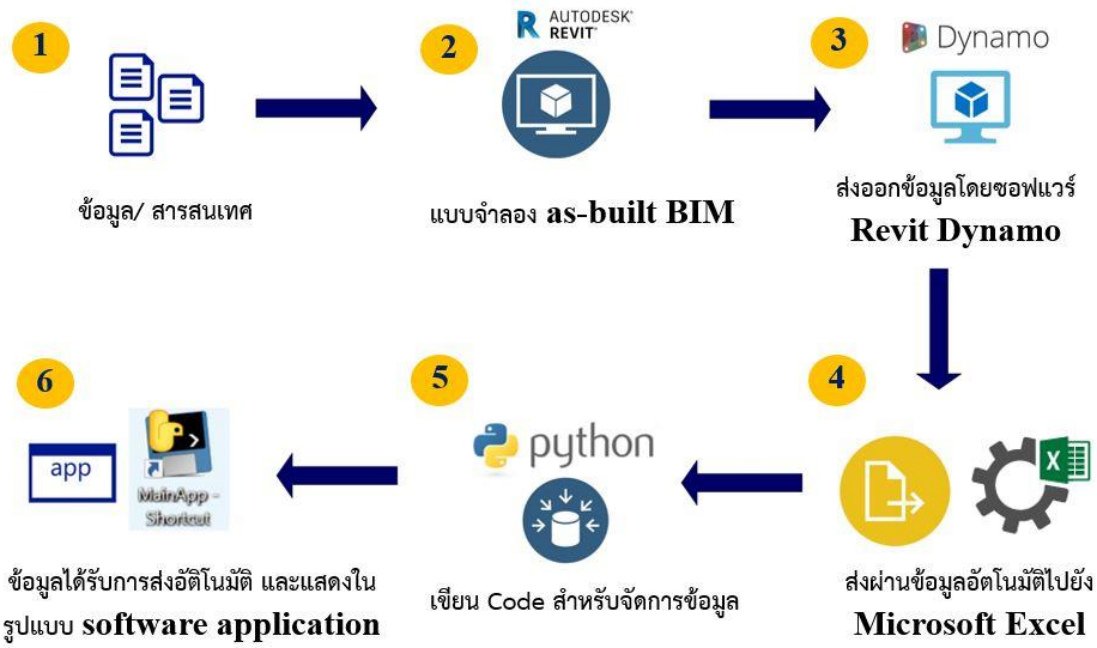
1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับกับ FM จากหลากหลายโครงการและจัดทำโครงสร้างข้อมูล

2) ระบบนี้จำเป็นต้องมีแบบจำลอง as-built BIM และจะต้องถูกพัฒนาโดยซอฟต์แวร์ BIM ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง BIM ของอาคาร แนวทางที่พัฒนาคือการตั้งค่าข้อมูลที่ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) เขียน code เพื่อส่งออกข้อมูลซึ่งได้รับการตั้งค่าข้อมูลไว้ในขั้นตอนที่ 2) โดยใช้ซอฟต์แวร์ Dynamo

4) เขียน code สำหรับ software application เพื่อจัดเรียงข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบของ Graphic User Interface (GUI) โดยใช้ซอฟต์แวร์ Python



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการพัฒนาของระบบที่นำเสนอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7 ตรวจสอบความถูกต้อง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่พัฒนาแล้วซึ่งได้จากนำไปใช้งานจริงในอาคารตัวอย่างการประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

3.8 สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นผลที่ได้จากการวิจัยรวมถึงข้อจำกัดของงานวิจัยและคำแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต

บทที่ 4
การวิเคราะห์กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน

บทนี้นำเสนอการวิเคราะห์กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM) กับกระบวนการบริหารจัดการอาคาร (Facility Management, FM) เริ่มจากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานต่าง ๆ และศึกษากระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน จากนั้นจึงศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM, ข้อมูล FM รวมถึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล FM กับ COBie สุดท้ายจะนำเสนอการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล FM กับแบบจำลอง as-built BIM

4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่าง ๆ จำนวน 10 ท่าน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 ผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ (developer) จำนวน 2 ท่าน ในที่นี้จะเรียกว่าผู้เชี่ยวชาญ 1 และ 2
- กลุ่มที่ 2 ที่ปรึกษาโครงการ (project consultant) จำนวน 3 ท่าน จะเรียกว่าผู้เชี่ยวชาญ 3, 4 และ 5
- กลุ่มที่ 3 ผู้จัดการอาคาร (FACILITY MANAGER, FM) จำนวน 4 ท่าน จะเรียกว่าผู้เชี่ยวชาญ 6, 7, 8
- กลุ่มที่ 4 ที่ปรึกษา BIM (BIM consultant) จำนวน 1 ท่าน จะเรียกว่าผู้เชี่ยวชาญ 9
- กลุ่มที่ 5 วิศวกรไฟฟ้า (electrical engineer) จำนวน 1 ท่าน จะเรียกว่าผู้เชี่ยวชาญ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ จากนั้นจึงสัมภาษณ์ที่ปรึกษาโครงการซึ่งเป็นตัวแทนของเจ้าของโครงการแล้วจึงสัมภาษณ์ผู้จัดการอาคารในหน่วยงานต่าง ๆ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญสามารถแบ่งประเด็นสำคัญได้ 4 หัวข้อ คือ 1) ความต้องการของผู้ว่าจ้างสำหรับการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ภายหลังโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ 2) ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำ FM 3) แนวทางสำหรับกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM และ 4) ข้อจำกัดในการทำงาน

ประเด็นสำคัญจากการสัมภาษณ์หัวข้อต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) **ความต้องการของผู้ว่าจ้างสำหรับการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ภายหลังโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ** เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยได้นำแบบจำลอง BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างในช่วงออกแบบและก่อสร้างเป็นหลัก อย่างไรก็ตามในหลายโครงการกำหนดให้ผู้รับจ้างนำส่งแบบจำลอง as-built BIM ภายหลังจากที่โครงการก่อสร้างเสร็จ ทั้งนี้ผู้ว่าจ้างได้ระบุถึงเรื่องการนำส่งแบบจำลองดังกล่าวก่อนการประกวดราคา (ผู้เชี่ยวชาญ 1 และ 2) ในมุมมองผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ที่ปรึกษาโครงการ และผู้จัดการอาคาร เกี่ยวกับการนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ใน FM หน่วยงานเหล่านี้ได้เริ่มนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในงาน FM และมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่าควรนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ในกระบวนการ FM (ผู้เชี่ยวชาญ 1 ถึง 8) ประโยชน์จากการนำแบบจำลอง BIM มาใช้ในงาน FM มีดังนี้ (ผู้เชี่ยวชาญ 4)

- การวางแผน ทำให้มีการวางแผนการบำรุงรักษาอาคารและวางแผนสำหรับประมาณค่าใช้จ่าย
- การจัดการข้อมูล ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ FM เช่น ทำให้สามารถทราบตำแหน่งที่ชัดเจนของอุปกรณ์ในอาคาร รวมถึงสามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องและการทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็วและการเชื่อมโยงข้อมูลกับหน่วยงานต่าง ๆ เช่น การเชื่อมข้อมูลกับหน่วยงานจัดซื้อจัดจ้างอุปกรณ์ เรื่องของอัคคีภัย ทางหนีไฟ การประเมินสินทรัพย์ รวมไปถึงการบริหารค่าเสื่อมบริหารสินทรัพย์หรือการขออนุมัติในการประมาณค่าใช้จ่าย

โดยทั่วไปขั้นตอนการส่งมอบและตรวจรับแบบจำลอง as-built BIM ในโครงการก่อสร้างมีดังนี้ (1) ส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM (2) ส่งมอบซอฟต์แวร์ NavisWork ซึ่งสามารถใช้ในการดูการถอดปริมาณ รวมไปถึงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตรวจสอบการขัดแย้ง (clash detection) และ (3) ส่งมอบไฟล์ Microsoft Excel สำหรับข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในอาคาร (ผู้เชี่ยวชาญ 4)

ประเด็นปัญหาที่เกี่ยวกับความต้องการของผู้ว่าจ้างสำหรับการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ภายหลังโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ คือ 1) เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์เนื่องจากผู้จัดการอาคารไม่สามารถค้นหาตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ได้ทันทีเพราะการจัดการข้อมูลที่ไม่เป็นระบบเป็นผลทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการทำงาน สำหรับแนวทางการแก้ไขปัญหา คือ ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารควรจะจัดหาเครื่องมือสำหรับช่วยในการค้นหาตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอาคาร เพื่อให้ผู้จัดการอาคารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น 2) กระบวนการเชื่อมโยงข้อมูล FM กับหน่วยงานอื่น ๆ เช่น หน่วยงานจัดซื้อจัดจ้างอุปกรณ์ แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ การตั้งค่าชื่ออุปกรณ์หรือรหัสเลขของอุปกรณ์ให้ตรงกันจะทำให้แต่ละหน่วยงานมีข้อมูลที่เหมือนกัน

(2) **ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำ FM** ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นว่าข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM จำเป็นสำหรับงาน FM เพื่อที่ผู้จัดการอาคารสามารถวางแผนสำหรับงบประมาณการซ่อมบำรุงอาคารและประเมินประสิทธิภาพของอาคารในด้านต่าง ๆ เช่น ความปลอดภัย สำหรับข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ที่จำเป็นในงาน FM มีดังนี้

- ข้อมูลทั่วไปของผู้ผลิต ผู้จัดหา ผู้จำหน่ายอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอาคาร (supplier)
- ราคา (price)
- วิธีการติดตั้ง (install)
- สถานที่ตั้ง (location)
- การรับประกัน (warranty)
- ข้อกำหนด (specification)

ประเด็นปัญหาที่พบสำหรับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำ FM คือ ข้อมูลที่จำเป็นในกระบวนการ FM ไม่เชื่อมโยงกับแบบจำลอง as-built BIM และข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง as-built BIM ไม่ครบถ้วนจึงทำให้ไม่สามารถนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในงาน FM ได้ สำหรับแนวทางการแก้ไขปัญหา คือ การระบุข้อมูลที่จำเป็นก่อนการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM เพื่อให้กระบวนการ FM มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) **แนวทางสำหรับกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM** ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าจำเป็นต้องนำแบบจำลอง as-built BIM เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของงาน FM เพื่อที่จะสามารถประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นและวางแผนงานซ่อมบำรุงในอนาคต นอกจากนั้นยังควรเชื่อมโยงข้อมูลกับแผนกจัดซื้อจัดจ้างในหน่วยงานเพื่อใช้ในงาน FM และเมื่อมีการนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ในงาน FM ซึ่งควรจะอัพเดทข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ให้สามารถประยุกต์ใช้ในงาน FM ได้ (ผู้เชี่ยวชาญ 7)

(4) **ข้อจำกัดในการทำงาน** ผู้เชี่ยวชาญ 4 เห็นว่าหน่วยงานต่าง ๆ ไม่ได้ให้ความสำคัญกระบวนการนำแบบจำลอง BIM มาใช้ในงาน FM มากนัก ผู้เชี่ยวชาญ 7 ได้ระบุปัญหา คือ ข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM และข้อมูลที่มีอยู่ในกระบวนการ FM ในหน่วยงาน เช่น การใช้เรียกชื่ออุปกรณ์ไม่ตรงกัน โดยเสนอวิธีแก้ปัญหาดังกล่าว คือ ควรจัดหมวดหมู่ของข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ให้ชัดเจนและเชื่อมกับข้อมูลในระบบ FM ของหน่วยงานได้ อีกทั้งผู้บริหารหน่วยงานขาดความรู้เรื่องในงาน FM นอกจากนั้นหน่วยงานส่วนใหญ่ยังขาดทรัพยากรคนที่มีความรู้และความเข้าใจในเรื่องของแบบจำลอง BIM รวมถึงการสร้าง Interface ของ software application สำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ผู้เชี่ยวชาญ 7 เห็นว่าการลงทุนสร้าง Interface ของ software application สำหรับหน่วยงานขนาดเล็กไม่คุ้มค่า นอกจากนั้นหน่วยงานควรจัดทำมาตรฐานการทำงานที่ชัดเจนระหว่างกระบวนการ BIM ร่วมกับ FM สำหรับวิธีการตรวจรับข้อมูลที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน

โดยทั่วไปกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM เมื่อโครงการก่อสร้างเสร็จสิ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี (ดังแสดงในรูปที่ 4.1) คือ

1) กรณีไม่ใช้แบบจำลอง as-built BIM

เมื่อโครงการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว ผู้รับจ้างจะส่งมอบไฟล์และเอกสารต่าง ๆ แก่ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารตามลำดับ ได้แก่ แบบสร้างจริง (as-built drawings) ในรูปแบบกระดาษ, ไฟล์ AutoCad ของ as-built drawings, Specification และคู่มือประกอบการซ่อมแซมอุปกรณ์ ผู้จัดการอาคารจะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในงาน FM

กระบวนการ FM ของแต่ละอาคารแตกต่างกันออกไป ในขณะที่บางอาคารจะใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยในการจัดการอาคาร ประเด็นปัญหาที่พบ คือ ข้อมูลบางส่วนสูญหายทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์ข้อมูลในกระบวนการ FM, ข้อมูลในแบบก่อสร้างไม่ได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับกระบวนการ FM และข้อมูลในแบบก่อสร้างได้รับการอัพเดทจึงทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานลดลง

2) กรณีที่ใช้แบบจำลอง as-built BIM แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ

รูปแบบ 1 เมื่อโครงการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว ผู้รับจ้างส่งมอบไฟล์และเอกสารต่อไปนี้แก่ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารตามลำดับ ได้แก่ แบบจำลอง as-built BIM, Specification และคู่มือประกอบการซ่อมแซมอุปกรณ์ จากนั้นผู้จัดการอาคารจะนำข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM และเอกสารต่าง ๆ ไปใช้ในงาน FM กระบวนการ FM ของแต่ละอาคารแตกต่างกันออกไป บางอาคารจะใช้ซอฟต์แวร์ทาง FM เข้ามาช่วยในการจัดการอาคารหรืออาจมีการใช้มาตรฐาน COBie ในการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM ช่วยในกระบวนการ FM

รูปแบบ 2 สำหรับอาคารที่มีอยู่แล้วซึ่งมีข้อมูลอยู่ในเอกสารรูปแบบกระดาษรวมถึงไฟล์เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารมีความต้องการนำแบบจำลอง BIM เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลกับกระบวนการ FM รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM สู่กระบวนการ FM ของอาคารแห่งหนึ่ง โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองและนำข้อมูล FM เข้าสู่แบบจำลอง BIM จากนั้นจึงปรับปรุงให้แบบจำลอง BIM และข้อมูลเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในงาน FM โดยจะได้แบบจำลอง BIM ของอาคาร, แบบ as-built drawings ของอาคารและข้อมูลสารสนเทศของอาคารเพื่อนำไปใช้สำหรับ FM จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญพบว่าบางอาคารใช้ซอฟต์แวร์ทาง FM เข้ามาช่วยในการจัดการอาคารอีกทั้งมีการใช้มาตรฐาน COBie ในการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM

ประเด็นปัญหาสำคัญที่พบในกรณีใช้แบบจำลอง as-built BIM คือ กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM สู่กระบวนการ FM ไม่มีประสิทธิภาพและไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ต่อได้ทันที รวมถึงข้อมูลที่ถูกส่งออกจากแบบจำลอง as-built BIM ไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการ FM ได้ เนื่องจากไม่ตรงกับความต้องการของผู้จัดการอาคาร กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน

กระบวนการทำงานดังกล่าวมีความซับซ้อนจึงทำให้ไม่สามารถนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ในงาน FM ได้ อีกทั้งผู้จัดการอาคารยังขาดความรู้และความเข้าใจในกระบวนการ BIM ทำให้ไม่สามารถนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้งาน FM ได้ สำหรับแนวทางการแก้ไขปัญหาจากกรณีใช้แบบจำลอง as-built BIM คือ ผู้รับจ้างระบุข้อมูลที่จำเป็นก่อนการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM เพื่อให้กระบวนการ FM มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งผู้จัดการอาคารควรศึกษากระบวนการทำงานของ BIM และ FM รวมทั้งจัดทำคู่มือการใช้งานและมาตฐานสำหรับระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและผู้จัดการอาคารควรจะจัดทำแพลตฟอร์มสำหรับหน่วยงานที่กระบวนการไม่ซับซ้อนและสามารถนำข้อมูลไปใช้ได้ทันที

4.3 โครงสร้างข้อมูลสำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM

แบบจำลอง as-built BIM เป็นแบบจำลองสุดท้ายในวัฏจักรชีวิตของอาคารซึ่งจะถูกนำไปใช้งาน FM หน่วยงานส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม spreadsheet เช่น Microsoft Excel หรือซอฟต์แวร์ทาง FM เพื่อช่วยในการจัดการข้อมูล โครงสร้างข้อมูลดังกล่าวมีข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูลเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) ข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM 2) ข้อมูลที่ส่งมอบพร้อมกับแบบจำลอง as-built BIM และ 3) ข้อมูลที่เกี่ยวกับ FM จากแหล่งอื่น ๆ เช่น การสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ รวมทั้งข้อมูลจากมาตรฐาน COBie รูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดโครงสร้างข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM

1) ข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM หมายถึงข้อมูลที่ผู้รับจ้างจัดทำขึ้นและปรากฏอยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์ในระบบประกอบอาคาร สำหรับในงานวิจัยนี้จะหมายถึงอุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ประปาโดยจะแบ่งประเภทตาม Category ซึ่งอ้างอิงมาตรฐาน Omniclass ตารางที่ 23 (Omniclass Construction Classification System) ตารางนี้เป็นรหัสมาตรฐานที่ใช้สำหรับการจัดการหมวดหมู่สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง (VR DIGITAL, 2562) ภาคผนวก ข แสดงรายละเอียดของ category งานระบบ MEP ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารกรณีศึกษา
2) ข้อมูลที่ส่งมอบพร้อมกับแบบจำลอง as-built BIM หมายถึงข้อมูลที่ผู้รับจ้างส่งมอบพร้อมกับแบบจำลอง as-built BIM ได้แก่ แบบสร้างจริง (as-built drawings), ข้อกำหนด (specification) และคู่มือประกอบการซ่อมแซมอุปกรณ์ (O&M Manual)

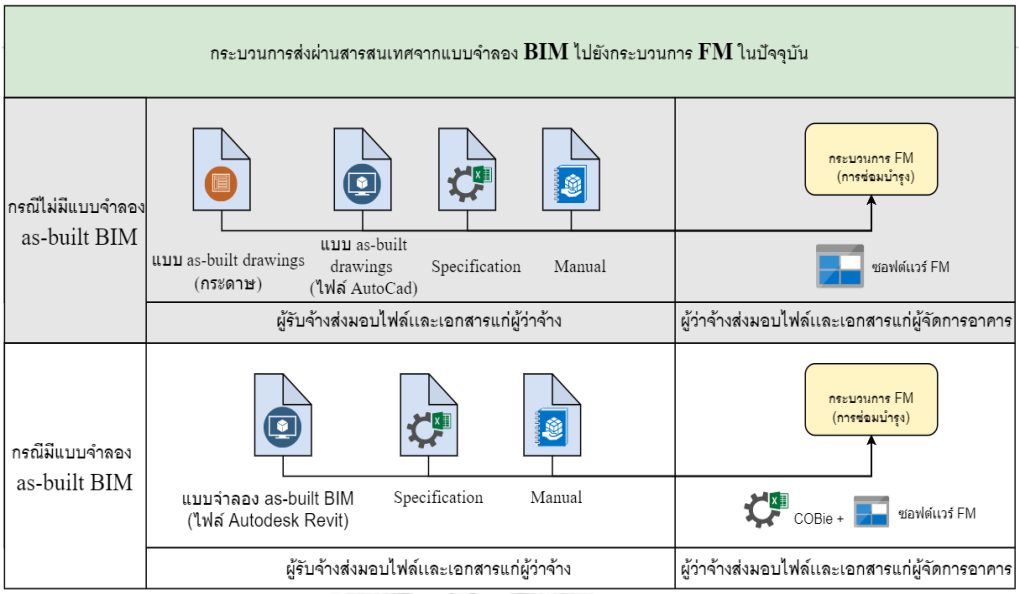
3) ข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ FM ได้แก่ ความต้องการของเจ้าของโครงการที่เกี่ยวกับงาน FM เช่น ประวัติการซ่อมบำรุง (Maintenance History), แผนการซ่อมบำรุง (Maintenance Schedule), ใบแจ้งซ่อม (Repair Invoice), และใบเสนอราคา (Quotation) รวมถึงข้อมูลที่สอดคล้องกับมาตรฐาน COBie

4.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM

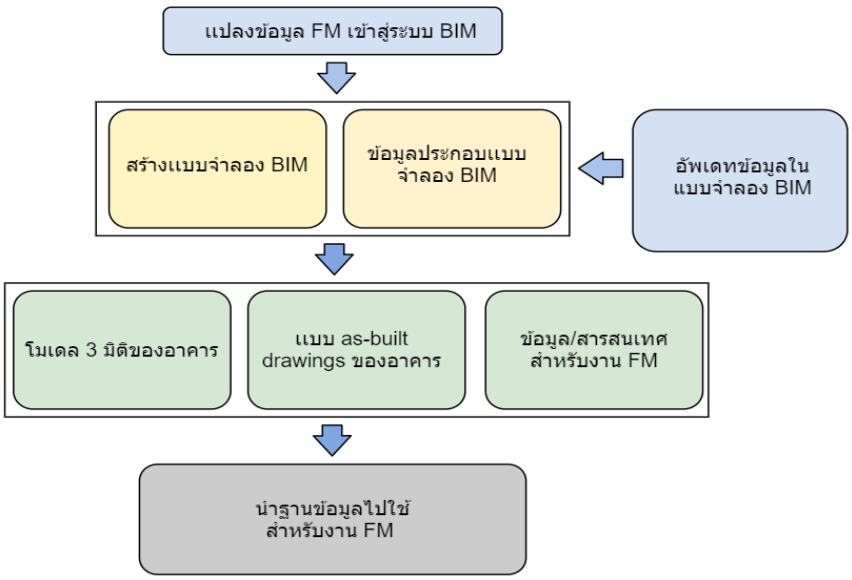
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิเคราะห์ในส่วนของงานระบบภายในอาคาร MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) ซึ่งแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่างมีรายละเอียดของหมวดหมู่งานระบบประกอบอาคาร (category) ดังแสดงในภาคผนวก ข. อ้างอิงตามมาตรฐาน *Omniclass Table 23* แบ่งออกเป็น อุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ประปา โดยมีรหัสเลขตามหมวดหมู่อุปกรณ์นั้น ๆ เช่น หมวดหมู่ของอุปกรณ์เครื่องกล รหัสเลข 23.65.35.00 หมายถึง อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับ Heaters for Supplied Liquids/ Gases รูปที่ 4.4 แสดง category อ้างอิงมาตรฐาน Omniclass Table 23 และรูปที่ 4.5 แสดง parameter ซึ่งแสดงหัวข้อหลักและระบุรายละเอียดย่อยของอุปกรณ์นั้น ๆ เช่น ในส่วนหัวข้อ constraints หมายถึงการกำหนดข้อมูลเริ่มต้น เช่น default elevation คือ ระดับของตัวอุปกรณ์นั้น ๆ ในส่วนหัวข้อ identity data หมายถึงการระบุรายละเอียดของข้อมูลอุปกรณ์ โดยมีหัวข้อย่อยซึ่งผู้ใช้สามารถใส่ข้อมูลลงไป เช่น Type Image, Assembly Code, Cost, Omniclass Number และ Edited by รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างของ Family: M_Lighting and Appliance Panelboard – 208V MCB สำหรับผังงานระบบ MEP ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง ประกอบไปด้วย 8 ระบบงาน คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

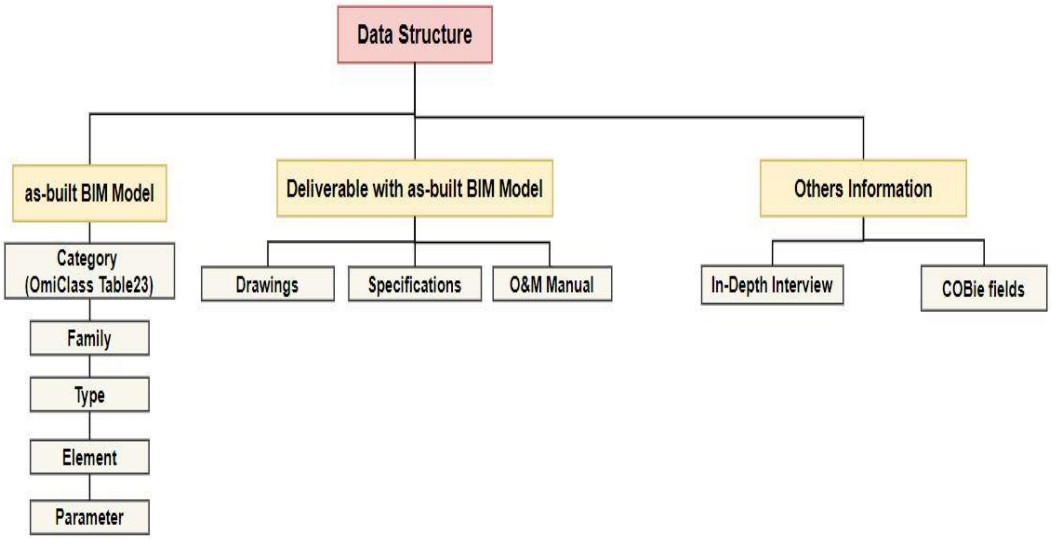
1.	HVAC	ผังระบบปรับอากาศชั้นดาดฟ้า
2.	Sanitary	ผังระบบน้ำประปา
3.	Fire Protection	ผังระบบดับเพลิง
4.	Main Power	ผังระบบไฟฟ้า
5.	Lighting	ผังระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
6.	Fire Alarm	ผังระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย
7.	Detail Receptacle, Power, TV	ผังระบบไฟฟ้าเต้ารับและโทรศัพท์
8.	Power, LAN	ผังระบบไฟฟ้าและสื่อสาร



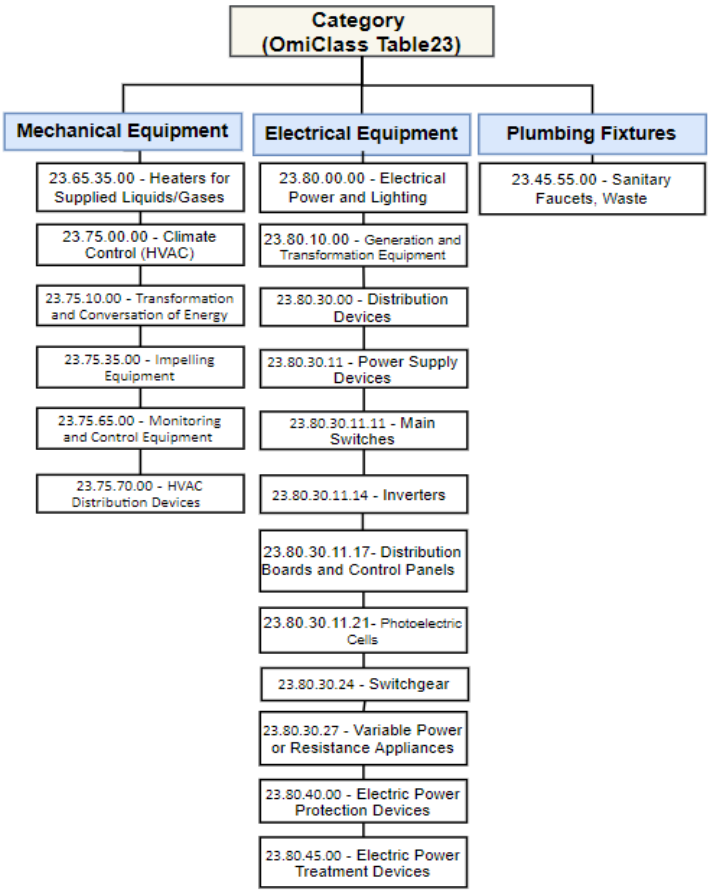
รูปที่ 4.1 กระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปยังกระบวนการ FM ในปัจจุบัน



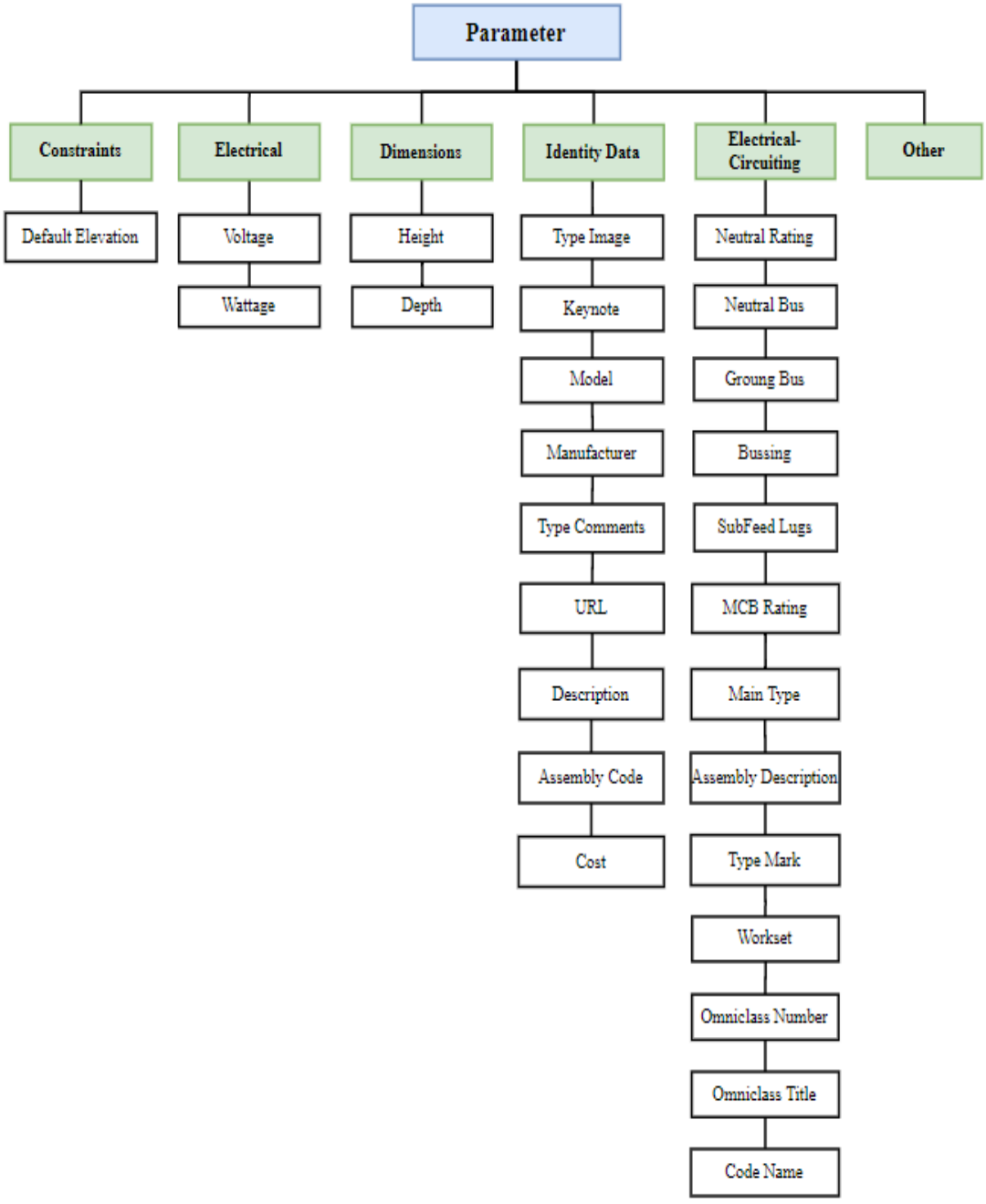
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง BIM ไปยังกระบวนการ FM ในปัจจุบันของอาคารแห่งหนึ่ง



รูปที่ 4.3 โครงสร้างของข้อมูลสำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM



รูปที่ 4.4 Category อ้างอิงมาตรฐาน Ominclass ตารางที่ 23



รูปที่ 4.5 Parameter ซึ่งแสดงหัวข้อหลักและระบุรายละเอียดย่อยของอุปกรณ์นั้น ๆ
(ที่มา : แบบจำลอง as-built BIM ของอาคารกรณีศึกษา)

Family: M_Lighting and Appliance Panelboard - 208V MCB

Type: 100 A

Type Parameters

Parameter	
Constraints	
Default Elevation	1.2000
Electrical	
Load Classification	Other
Voltage	
Wattage	
Dimensions	
Width	0.5080
Depth	0.1461
42 Circuit Height	1.2700
30 Circuit Height	0.7366
24 Circuit Height	0.6604
12 Circuit Height	0.5842
Identity Data	
Type Image	
Keynote	
Model	
Manufacturer	

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของ Family: M_Lighting and Appliance Panelboard – 208V MCB

4.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูล FM

ในงานวิจัยนี้ข้อมูล FM ที่ผู้จัดการอาคารจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการ FM รวบรวมได้มาจากสามแหล่ง คือ (1) การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ (2) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงาน FM ของอาคารแห่งหนึ่ง และ (3) ข้อมูลเกี่ยวกับแผนงานซ่อมบำรุงซึ่งของอาคารกรณีศึกษา

1) ข้อมูล FM ที่สัมพันธ์กับแบบจำลอง as-built BIM จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ 1 ถึง 9 มีความเห็นตรงกันว่าข้อมูลที่จำเป็น ได้แก่

- ข้อมูลทั่วไปของผู้ผลิต ผู้จัดหาและผู้จำหน่ายอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอาคาร (supplier)
- ราคาของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในอาคาร (price)
- วิธีการติดตั้งของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในอาคาร (installation)
- ตำแหน่งของอุปกรณ์ในอาคาร (location)
- ระยะเวลาการรับประกันของอุปกรณ์ต่าง ๆ (warranty)
- ข้อกำหนดต่าง ๆ ของอาคาร (specifications)

2) ข้อมูลสินทรัพย์ของอาคารกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง สามารถแบ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับระบบประกอบอาคาร คือ

1) ยี่ห้อ รุ่น ขนาด รหัสของสินค้า (serial number)

2) วันเดือนปี ที่จัดซื้ออุปกรณ์ตามที่บันทึกไว้ในระบบโดยใส่ข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM

3) ระบบประกอบอาคาร เช่น ลิฟต์, บันไดเลื่อน, fire alarm, access control, อุปกรณ์ดับเพลิง รวมถึงอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องมีการบำรุงรักษาประจำปีหรือเป็นระยะเวลาที่กำหนด ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบไฟฟ้าสำรอง ตามข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ในระบบงาน FM โดยใส่ข้อมูลเหล่านี้ลงในแบบจำลอง as-built BIM

3) ข้อมูลแผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรซึ่งมาจากการรวบรวมข้อมูลของอาคารกรณีศึกษาอีกหลังการประยุกต์ใช้โดยระบุข้อมูลชื่อและชนิดของอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับงาน FM ตามหมวดหมู่ของงานระบบประกอบอาคาร ดังแสดงในภาคผนวก ข ข้อมูลแผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร เป็นรายละเอียดลำดับชื่อและชนิดของเครื่องจักร ชื่อย่อของเครื่องจักรและความถี่ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร แบ่งออกได้เป็น 5 หมวด คือ 1) หมวด A Electrical System 2) หมวด B Communication System (COM) 3) หมวด C Sanitary System (SN) 4) หมวด D Fire Fighting & Fire Protection System (FF&FP) และ 5) หมวด F Air Conditioning System and Ventilation System

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตามหัวข้อที่แสดงในข้างต้นนี้ ในหัวข้อที่ 1 และ 2 สามารถระบุข้อมูล FM ที่ผู้จัดการอาคารสามารถนำไปใช้สำหรับกระบวนการ FM และสำหรับหัวข้อที่ 3 ข้อมูลแสดงแผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรของอาคารกรณีศึกษาสามารถระบุชนิดของอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับระบบประกอบอาคารซึ่งเป็นข้อมูลที่นำไปใช้ในกระบวนการ FM

4.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล FM กับ COBie

มาตรฐาน COBie สามารถติดตั้งผ่าน BIM ซอฟต์แวร์ เช่น Autodesk Revit และส่งออกข้อมูลออกโดยใช้ SPREADSHEET เช่น Microsoft Excel ในรูปแบบ Worksheets เพื่อนำไปใช้ในงาน FM โดยเริ่มจากเลือกเมนู BIM Interoperability Tools จากนั้นจึงเลือก Select (Select elements for COBie export) รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกข้อมูลที่ต้องการก่อนการส่งออกข้อมูล ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการและโปรแกรมจะประมวลผลและส่งออกข้อมูลแสดงในรูปแบบของ Worksheets รูปที่ 4.8 แสดงโปรแกรมประมวลผลเพื่อส่งออกข้อมูลและ Worksheets รูปที่ 4.9 แสดง Worksheets ที่ถูกส่งออกจากซอฟต์แวร์ Autodesk Revit มีรายละเอียดของแต่ละ Worksheet คือ 1) All Phases 2) Early Design Worksheets 3) Detailed Design Worksheets 4) Construction Worksheets และ 5) Operations and Maintenance Worksheets ดังแสดงในภาคผนวก ง. รายละเอียดข้อมูลแต่ละ Worksheets

1) All Phases

Contact เป็นรายละเอียดของข้อมูลทั่วไปของผู้เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง as-built BIM อาคาร

2) Early Design Worksheets

2.1 Facility เป็นข้อมูลเกี่ยวกับของโครงการ ไซต์งานและสิ่งอำนวยความสะดวกของอาคาร

2.2 Floor เป็นข้อมูลแสดงระดับแนวตั้งและพื้นที่ภายนอกของแบบจำลอง as-built BIM

2.3 Space เป็นข้อมูลแสดงพื้นที่ต่าง ๆ ของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร

2.4 Zone เป็นชนิดของบริเวณของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร

2.5 Type เป็นชนิดของอุปกรณ์ สินค้าและวัสดุต่าง ๆ ของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร

3) Detailed Design Worksheets

3.1 Component ซึ่งเป็นรายละเอียดชื่อบุคคลหรือรายการตารางของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร

3.2 System ซึ่งเป็นรายละเอียดชุดของส่วนประกอบที่ให้บริการของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร

4) Construction Worksheets ของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร ยกตัวอย่างเช่น

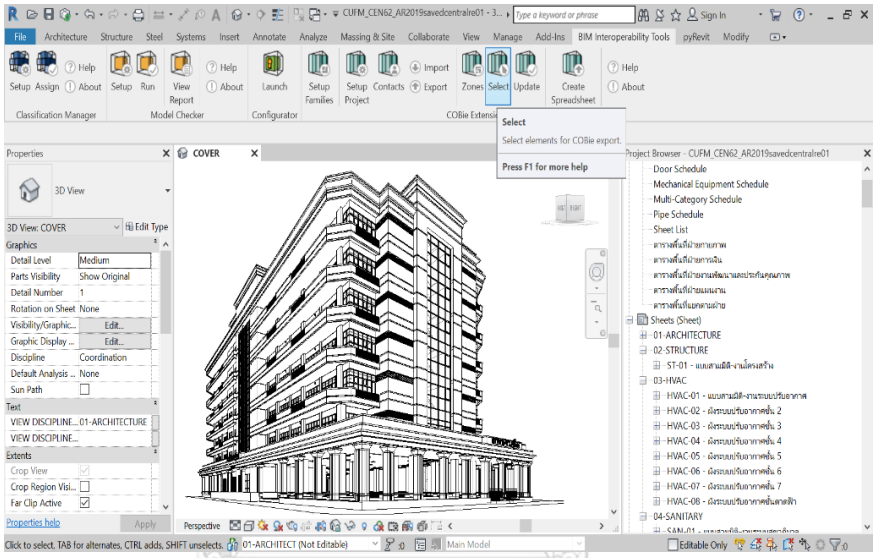
- เอกสารการส่งมอบและการอนุมัติซึ่งได้เพิ่มเข้าไปในแผ่นงานในส่วนของ Documents
- เอกสารการผลิตและแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งได้เพิ่มเข้าไปในแผ่นงานในส่วนของ Type

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เอกสารหมายเลขผลิตภัณฑ์และแถบป้ายบอกข้อมูลซึ่งได้เพิ่มเข้าไปในแผ่นงานในส่วนของ Component

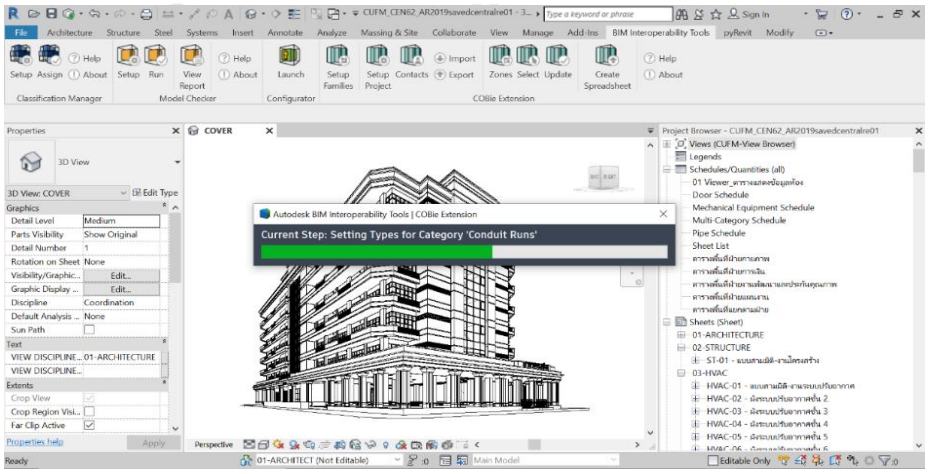
5) Operations and Maintenance Worksheets ซึ่งเป็นรายละเอียดของข้อมูลการประกันที่เพิ่มในส่วนแผ่นงาน Type ยกตัวอย่างเช่น

- Resource ในส่วนของวัสดุที่จำเป็น เครื่องมือและการฝึกอบรม
- Job ในส่วนของ Preventive Maintenance ความปลอดภัยและแผนงาน

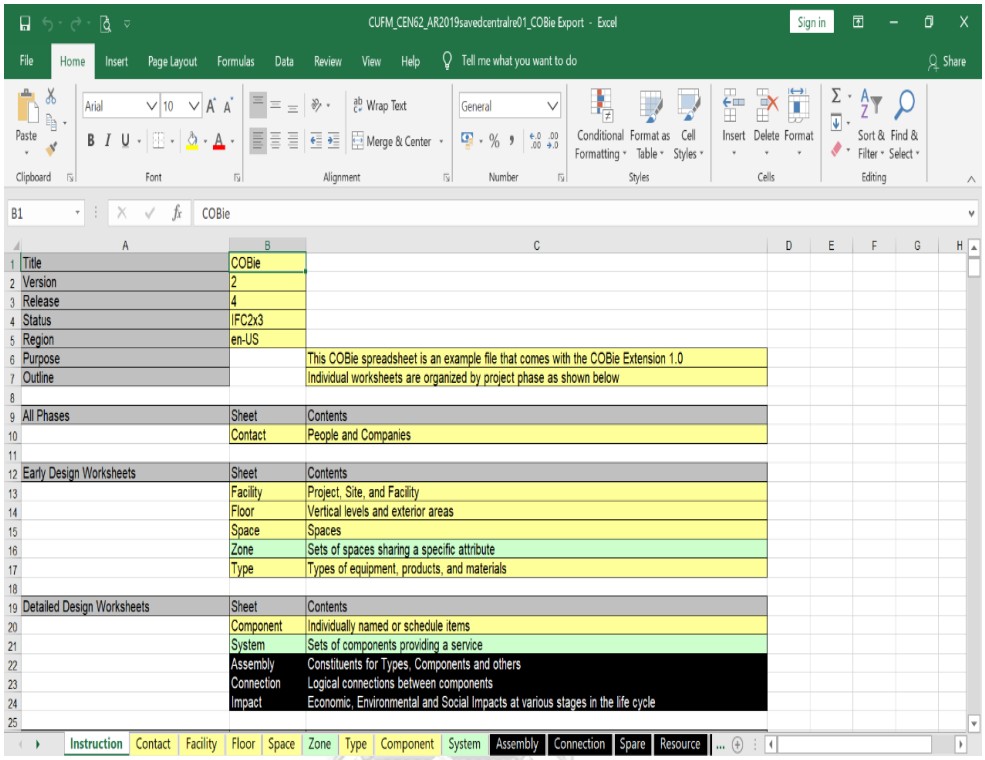


รูปที่ 4.7 การเลือกข้อมูลที่ต้องการก่อนการส่งออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 โปรแกรมประมวลผลเพื่อส่งออกข้อมูลแสดงรูปแบบของ Worksheets

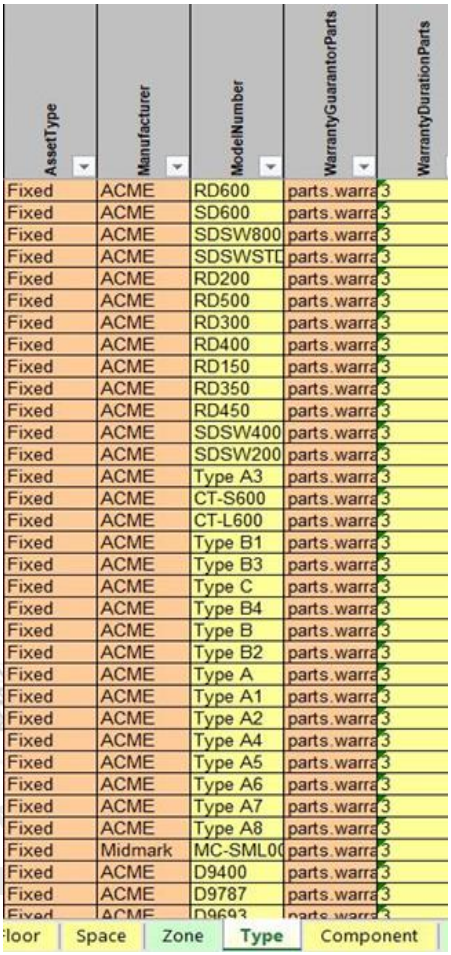


รูปที่ 4.9 ผลลัพธ์หน้าแรกที่ได้จากการส่งออกข้อมูล

ความต้องการของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ COBie แบ่งออกเป็น 1) “COBie Tab” จะแสดงผลเมื่อส่งออกข้อมูลจากซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ไปยังแต่ละ Tab ด้านล่างแสดงในรูปแบบไฟล์ MS.Excel จากรูป 4.9 แสดงผลลัพธ์ที่ได้หน้าแรกจากการส่งออกข้อมูล เช่น “COBie.Space” หรือ “COBie.Component” และ 2) “COBie Column” คือ แสดงผลตามข้อมูลหัวข้อหลัก Tab รายละเอียดย่อยของแต่ละอุปกรณ์นั้น ๆ แสดงใน Column ดังตารางที่ 4.1 แสดงความต้องการของข้อมูลจัดเรียงตามมาตรฐาน COBie (Pishdad-Bozorgi et al., 2018) สำหรับตัวอย่าง SPREADSHEET หัวข้อ Type มีรายละเอียดชนิดของแต่ละอุปกรณ์นั้น ๆ แสดงในแต่ละ Column แสดงดังรูปที่ 4.10

สรุปการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล FM กับ COBie จาก 8 หมวดหมู่ของมาตรฐาน COBie ที่ได้วิเคราะห์ พบว่ามี 4 หมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับ FM ได้แก่ Contact, Facility, Type, และ Component โดย Contact และ Facility เป็นข้อมูลทั่วไปของโครงการและผู้จัดเตรียมข้อมูลในส่วน

นี้ คือ ผู้รับจ้าง ซึ่งอาจถูกระบุในสัญญาก่อสร้าง สำหรับผู้จัดเตรียมข้อมูล Type คือ ผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ติดตั้งในอาคาร และ Component ซึ่งผู้จัดเตรียมข้อมูลในส่วนนี้ คือ ผู้รับจ้าง



AssetType	Manufacturer	ModelNumber	WarrantyGuarantorParts	WarrantyDurationParts
Fixed	ACME	RD600	parts.warra	3
Fixed	ACME	SD600	parts.warra	3
Fixed	ACME	SDSW800	parts.warra	3
Fixed	ACME	SDSWSTD	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD200	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD500	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD300	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD400	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD150	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD350	parts.warra	3
Fixed	ACME	RD450	parts.warra	3
Fixed	ACME	SDSW400	parts.warra	3
Fixed	ACME	SDSW200	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A3	parts.warra	3
Fixed	ACME	CT-S600	parts.warra	3
Fixed	ACME	CT-L600	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type B1	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type B3	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type C	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type B4	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type B	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type B2	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A1	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A2	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A4	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A5	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A6	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A7	parts.warra	3
Fixed	ACME	Type A8	parts.warra	3
Fixed	Midmark	MC-SML0(	parts.warra	3
Fixed	ACME	D9400	parts.warra	3
Fixed	ACME	D9787	parts.warra	3
Fixed	ACME	D9693	parts.warra	3

loor | Space | Zone | Type | Component

รูปที่ 4.10 Tab ที่ปรากฏจะแสดงประเภทหัวข้อหลัก (Type) และรายละเอียดชนิดของแต่ละอุปกรณ์นั้น ๆ จะแสดงในแต่ละ Column

ตารางที่ 4.1 ความต้องการของข้อมูลจัดเรียงตาม COBie

Data requirements	COBie fields	
	Tab	Column
Asset tag	Component	Tag number

	Tab	Column
Asset description	Type	Name
Asset type	Type	Asset type
Asset group	Type	Category
Status code	Internal [a]	Internal [a]
Region code	Internal [a]	Internal [a]
Facility identification	Facility	Site description
Building name	Facility	Name
Floor identification	Floor	Name
Location identification	Component	Space
Shop location	Internal [a]	Internal [a]
Lockout	Internal [a]	Internal [a]
Manufacturer	Type	Manufacturer
Model	Type	Model number
Serial number	Component	Serial number
Warranty start date	Component	Warranty start date
Warranty expiration date	Type	Warranty duration parts

หมายเหตุ [a] กล่าวถึงประเภทของฐานข้อมูลสร้างโดยสถาบัน Georgia Insititute of Technology

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.4 สรุปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล

จากการวิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลเกิดจากกระบวนการคิดย้อนกลับ โดยกระบวนการทำงานทั่วไปคือการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM มาใช้สำหรับงาน FM แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์จากข้อมูลที่จำเป็นสำหรับงาน FM และนำข้อมูลหรือสารสนเทศเข้าสู่แบบจำลอง as-built BIM กระบวนการคิดย้อนกลับดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ 1) กลุ่มข้อมูลจากงาน FM สู่แบบจำลอง as-built BIM และ 2) กลุ่มข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ดังแสดงในรูปที่ 4.11

1) กลุ่มข้อมูลจากงาน FM สู่แบบจำลอง as-built BIM ได้แก่

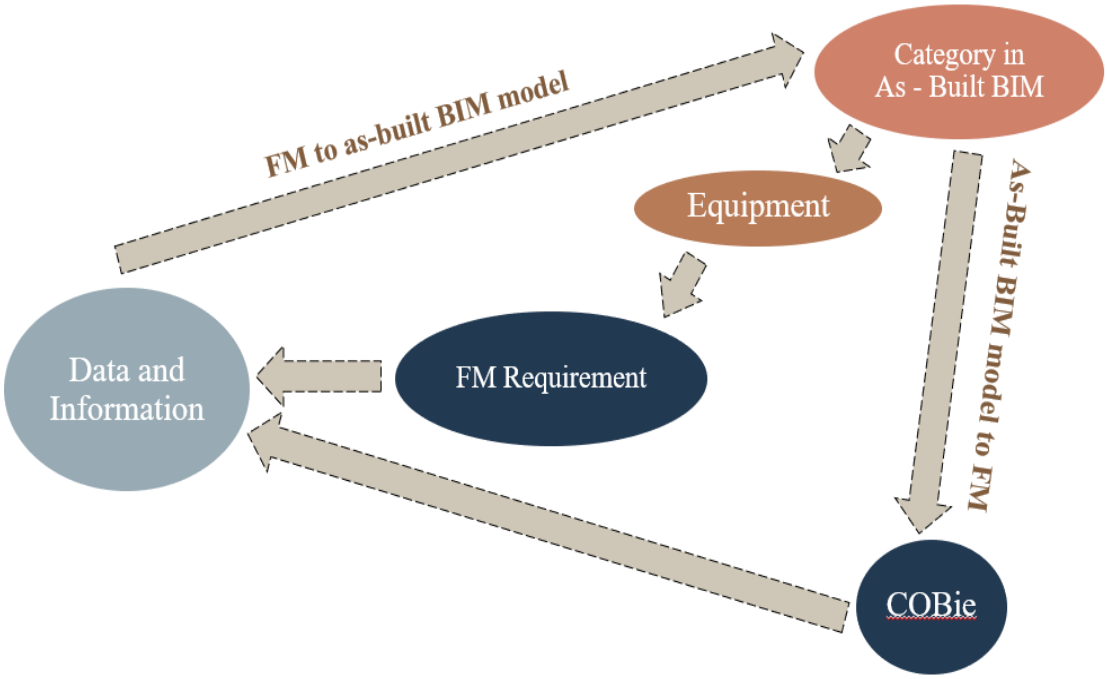
- ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับกระบวนการ FM (FM Requirement) เช่น การวางแผนบำรุงรักษาของเครื่องปรับอากาศ แผนงานซ่อมบำรุงของอาคาร นอกจากนั้นผู้เชี่ยวชาญ 10 ได้จัด

ประเภทหมวดหมู่ ตามอุปกรณ์ต่าง ๆ ของแผนงานซ่อมบำรุงอาคารกรณีศึกษาเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหมวดหมู่ของแบบจำลอง as-built BIM และข้อมูลในงาน FM ดังแสดงในภาคผนวก จ.

- อุปกรณ์ที่ต้องการซ่อมบำรุง เช่น เครื่องปรับอากาศ (equipment) อยู่ในหมวดหมู่ของงานเครื่องกล (Mechanical)
- ข้อมูล หมายถึง parameter หรือชุดข้อมูลที่จำเป็นอ้างอิงตามมาตรฐาน COBie เช่น รุ่น, หมายเลข, ราคาของอุปกรณ์

2) กลุ่มข้อมูลงานระบบประกอบอาคาร (MEP) ที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ได้แก่

- หมวดหมู่ของแบบจำลอง (category)
- ข้อมูลแสดงอุปกรณ์ (equipment)



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จำเป็นสำหรับกระบวนการ FM สู่แบบจำลอง as-built BIM

4.4 สรุปท้ายบท

บทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ในงาน FM ไม่ว่าจะเป็นความต้องการของผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารในการนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ในงาน FM ในกระบวนการปัจจุบัน รวมถึงสารสนเทศที่จำเป็นในงาน FM โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ คือ ผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์, ที่ปรึกษาโครงการ, ผู้จัดการอาคาร และที่ปรึกษา

BIM จากนั้นจึงศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM, ข้อมูล FM รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล FM กับ COBie จากประเด็นปัญหาในหัวข้อต่าง ๆ และแนวทางที่นำเสนอจะนำไปสู่กระบวนการพัฒนาระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ดังกล่าวในบทถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
กรอบแนวคิดสำหรับพัฒนาระบบส่งผ่านสารสนเทศ จากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM

เนื่องจากกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบันยังไม่มีขั้นตอนที่ชัดเจน ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องพัฒนากระบวนการที่เป็นระบบ บทนี้จะนำเสนอกรอบแนวคิด (conceptual framework) ของกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM เพื่อการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation & Maintenance, O&M) เริ่มจากวิเคราะห์กระบวนการในการนำข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ที่ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารได้รับจากผู้รับจ้างภายหลังโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จมาใช้ในงาน FM จากนั้นจึงเสนอขั้นตอนการทำงาน รวมถึงบทบาทและความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องในช่วงวัฏจักรชีวิตของอาคาร (building life-cycle)

5.1 ขั้นตอนของกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM

ตามที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 4.3.4 สรุปการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM

ก่อนการส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ผู้รับจ้างก่อสร้างต้องระบุข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ให้ตรงกับความต้องการของผู้ว่าจ้างและผู้จัดการ ทั้งนี้เพื่อให้ความเข้าใจของทั้ง 2 ฝ่ายตรงกัน ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารจำเป็นต้องนำเข้าข้อมูลที่จำเป็นสำหรับงาน FM ให้ชัดเจน จากนั้นผู้รับจ้างจึงต้องนำเข้าข้อมูลดังกล่าวลงในแบบจำลอง as-built BIM ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคาร โดยผู้จัดการอาคารสามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ได้ในกรณีที่ผู้จัดการอาคารต้องการเพิ่มเติมข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM

2) ดึงข้อมูลหรือส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM

ผู้รับจ้างระบุข้อมูลที่จำเป็นลงในแบบจำลอง as-built BIM และผู้จัดการอาคารนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในงาน FM ได้ สำหรับบทบาทและความรับผิดชอบในขั้นตอนนี้ คือ ผู้จัดการอาคารสำหรับส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM เพื่อใช้ในงาน FM

ในช่วงดำเนินการและบำรุงรักษาอาคาร ดังนั้นขั้นตอนนี้จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ สำหรับส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM

3) จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM

ในขั้นตอนนี้การจัดการข้อมูลมีความจำเป็นต้องมีเครื่องมือเข้ามาช่วยจัดการข้อมูลและแสดงบนหน้าจอแสดงผลลัพธ์ ซึ่งสามารถจัดการข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM โดยการเขียนโปรแกรมคำสั่ง ผู้จัดการอาคารสามารถใช้งานโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นบนหน้าจอแสดงผลลัพธ์สำหรับกระบวนการ FM ได้ทันที

4) นำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้งาน

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ถูกจัดเรียงแล้วไปใช้ในงาน FM โดยนำเสนอข้อมูลบนหน้าจอแสดงผลลัพธ์ ผู้จัดการอาคารสามารถค้นหาข้อมูลที่ต้องการบนหน้าจอแสดงผลลัพธ์ที่ถูกสร้างขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือเข้ามาช่วยเช่นเดียวกับขั้นตอนก่อนหน้าจอแสดงผลลัพธ์จะถูกสร้างขึ้นโดยการเขียนโปรแกรมและเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกันโดยการเขียนคำสั่งต่าง ๆ เพื่อผู้จัดการอาคารสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปทำงานในกระบวนการ FM ต่อไปได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

5.2 กรอบแนวคิดที่นำเสนอ

ระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ แบ่งได้ออกเป็น 2 องค์ประกอบหลัก คือ (1) กระแสงาน (workflow) ได้แก่ กระบวนการ (process) ข้อมูลอ้างอิง (reference information) และข้อมูลแลกเปลี่ยน (information exchange) ตามช่วงวัฏจักรชีวิตของโครงการ รวมถึงบทบาทและความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้อง และ (2) โปรแกรมประยุกต์ (software application) สำหรับผู้จัดการอาคารเพื่อประยุกต์ใช้ในงาน FM ในช่วง O&M

ขั้นตอนของการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ตลอดวัฏจักรชีวิตของโครงการ อาจแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ

1) Phase 1 ช่วงออกแบบ

รูปที่ 5.1 แสดงกระบวนการในช่วงออกแบบจะเห็นได้ว่ากระบวนการทำงานเริ่มต้นจากจุด A (จุดเริ่มต้น) โดยผู้ว่าจ้างหรือผู้มีส่วนร่วมกำหนดข้อมูลที่จำเป็นสำหรับโครงการโดยมีข้อมูลแลกเปลี่ยนเป็นความต้องการข้อมูลของผู้ว่าจ้าง จากนั้นผู้ออกแบบหรือผู้มีส่วนร่วมได้จัดทำแบบจำลอง BIM เรียกว่า BIM Design Model และส่งมอบแบบจำลองดังกล่าวให้แก่ผู้ว่าจ้างซึ่งกระบวนการทำงานนี้จะสิ้นสุดที่จุด B (จุดสิ้นสุด)

2) Phase 2 ช่วงก่อสร้าง

รูปที่ 5.2 แสดงกระบวนการในช่วงก่อสร้าง กระบวนการทำงานเริ่มต้นจากจุด B ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงก่อสร้างอาคาร ผู้รับจ้างหรือผู้มีส่วนร่วมจัดทำแบบจำลอง as-built BIM และได้ก่อสร้างโครงการตามสัญญาก่อสร้าง จากนั้นจึงเป็นการอัพเดทข้อมูลซึ่งมีข้อมูลที่แลกเปลี่ยน คือ ข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM และผู้รับจ้างระบุข้อมูลที่จำเป็นสำหรับผู้จัดการอาคารโดยมีการอ้างอิงข้อมูลจากข้อกำหนด (specification) และข้อมูล FM ที่จำเป็นจากความต้องการของผู้ว่าจ้าง กระบวนการทำงานนี้จะสิ้นสุดที่จุด C สำหรับขั้นตอนการทำงานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นดังแสดงในตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน และขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นซึ่งผู้รับจ้างหรือผู้มีส่วนร่วมระบุข้อมูลที่จำเป็นบนซอฟต์แวร์ Autodesk Revit

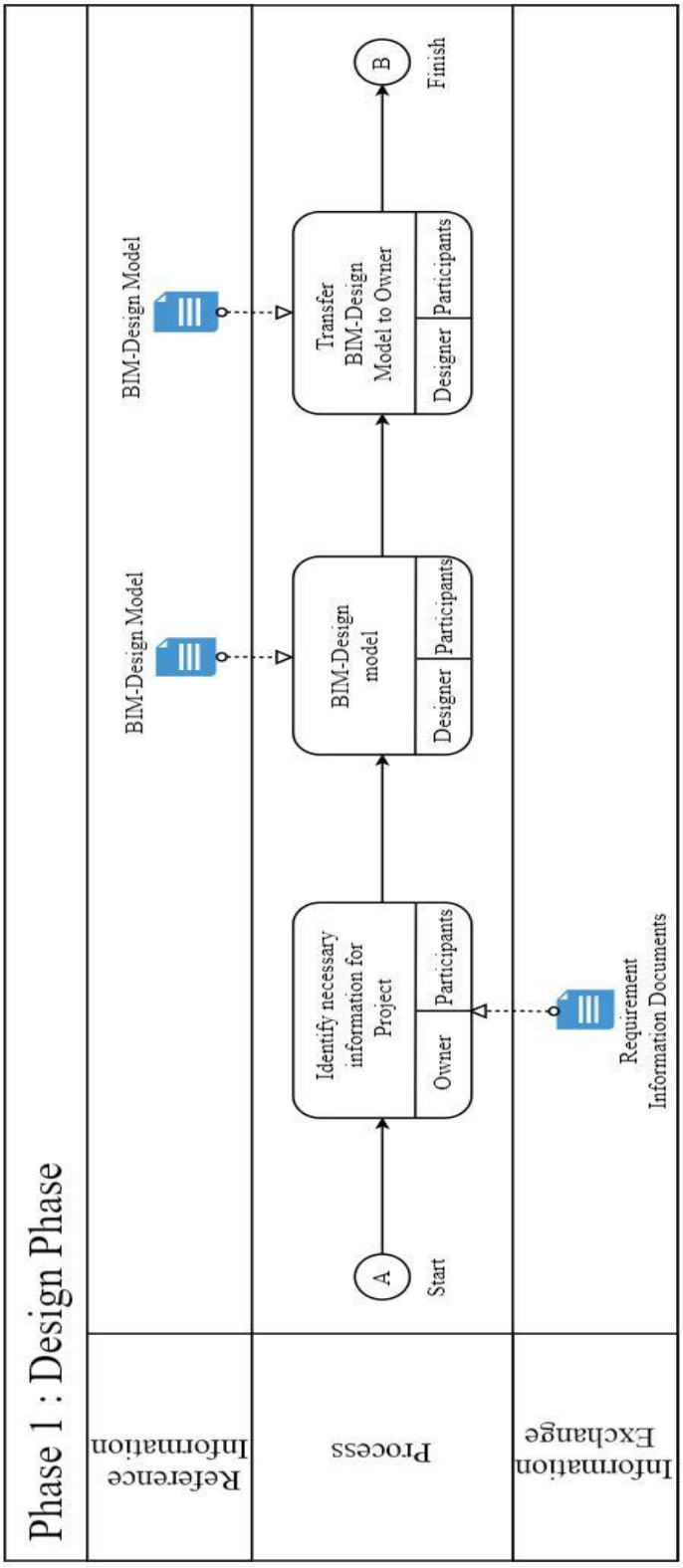
3) Phase 3 ช่วงส่งมอบ

รูปที่ 5.3 แสดงช่วงส่งมอบ กระบวนการทำงานเริ่มต้นเริ่มจากจุด C ซึ่งผู้รับจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM หลังจากโครงการก่อสร้างเสร็จ พร้อมกับแบบก่อสร้างจริง (as-built drawings), ข้อกำหนด, คู่มือประกอบการซ่อมแซมอุปกรณ์ และข้อมูล FM ที่จำเป็นสำหรับความต้องการของผู้ว่าจ้าง จากนั้นผู้ว่าจ้างส่งต่อแบบจำลอง as-built BIM และเอกสารเหล่านี้ให้แก่ผู้จัดการอาคาร ซึ่งกระบวนการทำงานนี้จะสิ้นสุดที่จุด D

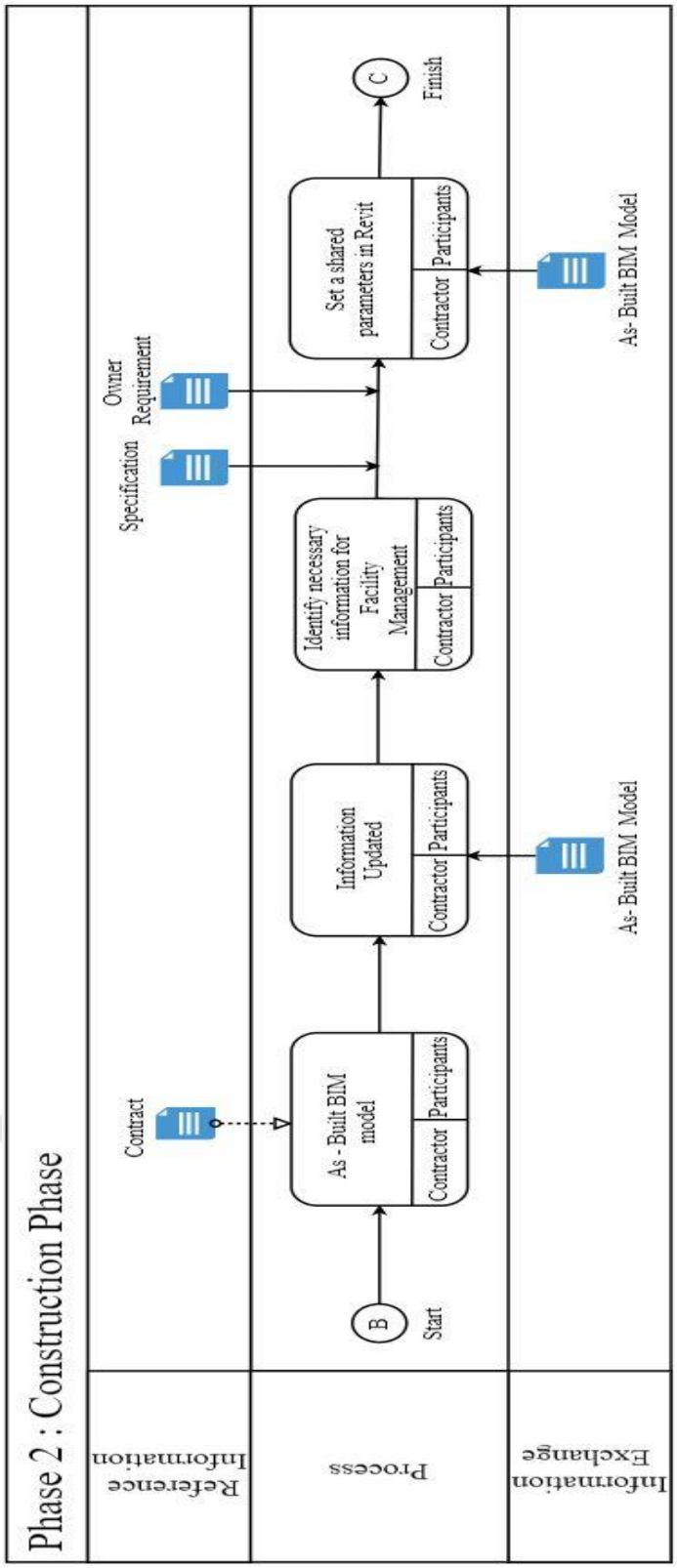
4) Phase 4 ช่วงดำเนินการและบำรุงรักษา

รูปที่ 5.4 แสดงช่วงดำเนินการและบำรุงรักษานี้ กระบวนการทำงานเริ่มต้นเริ่มจากจุด D ซึ่งเป็นกระบวนการส่งออกข้อมูลของแต่ละหมวดหมู่ของงานระบบสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยมีเครื่องมือเข้ามาช่วยสำหรับการส่งออกข้อมูล และมีการอ้างอิงข้อมูลจากคู่มือประกอบการซ่อมแซมอุปกรณ์ และจากนั้นเป็นจึงการใช้แพลตฟอร์มหรือ software application ซึ่งกระบวนการทำงานนี้จะสิ้นสุดที่จุด E

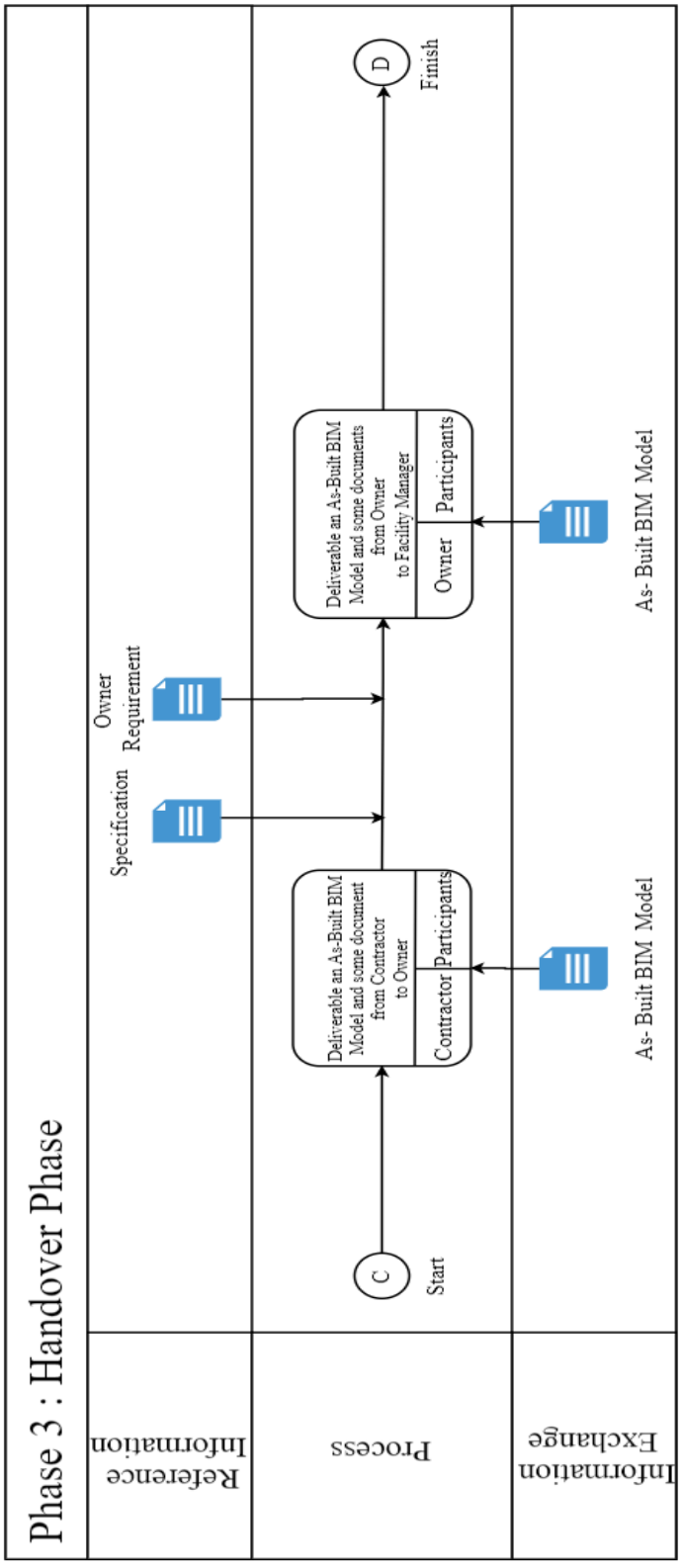
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



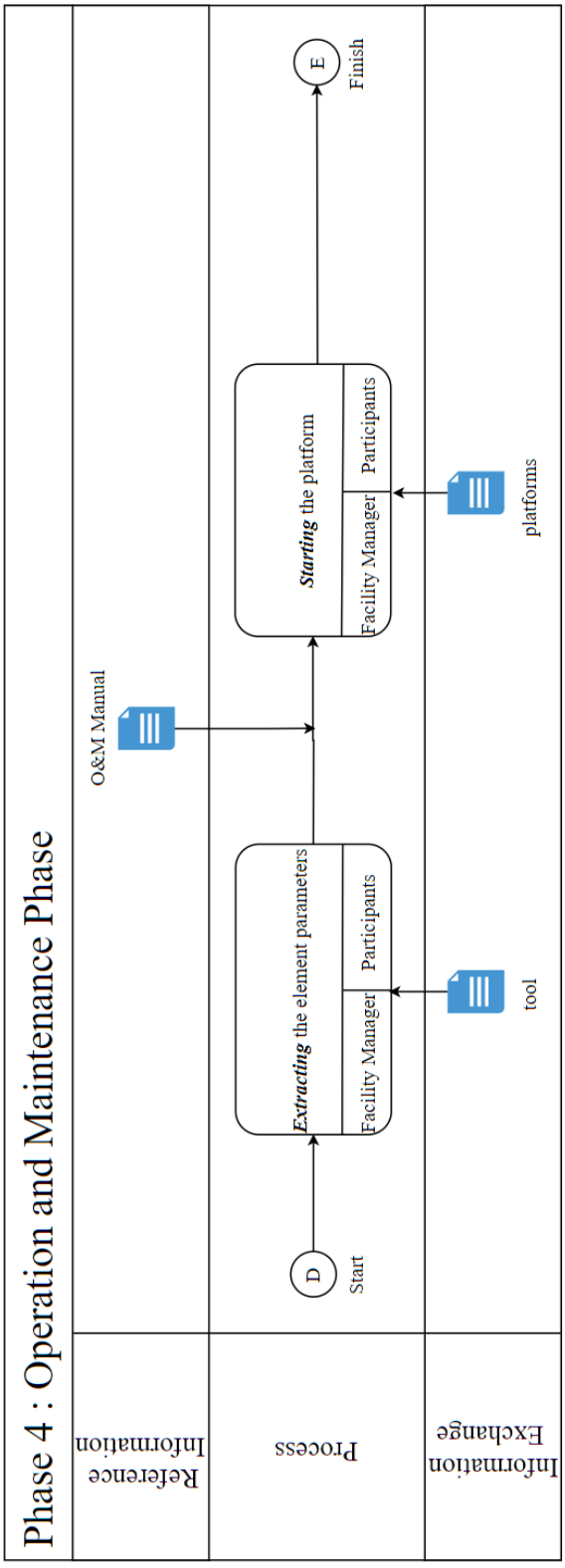
รูปที่ 5.1 ช่วงที่ 1 ช่วงออกแบบ



รูปที่ 5.2 ช่วง 2 ช่วงก่อสร้าง



รูปที่ 5.3 ช่วง 3 ช่วงส่งมอบ



รูปที่ 5.4 ช่วงที่ 4 ช่วงดำเนินการและบำรุงรักษา

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน และขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น

ช่วงเวลา	**ขั้นตอนปัจจุบัน**	**ขั้นตอนที่ได้รับการพัฒนาขึ้น**
ช่วงออกแบบ	ผู้ออกแบบจัดทำแบบจำลอง BIM	ผู้ออกแบบจัดทำแบบจำลอง BIM
ช่วงก่อสร้าง	ผู้รับจ้างจัดทำแบบจำลอง as-built BIM	• ผู้รับจ้างจัดทำแบบจำลอง as-built BIM • ผู้รับจ้างอัพเดทข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM • ผู้รับจ้างตั้งค่าข้อมูลที่จำเป็นผ่านซอฟต์แวร์ Autodesk Revit สำหรับนำไปใช้ในงาน FM
ช่วงส่งมอบ	• ผู้รับจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM พร้อมกับเอกสาร specification ให้แก่ผู้ว่าจ้าง • ผู้ว่าจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM พร้อมกับเอกสาร specification ให้แก่ผู้จัดการอาคาร	• ผู้รับจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM พร้อมกับเอกสาร Specification ให้แก่ผู้ว่าจ้าง • ผู้ว่าจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM พร้อมกับเอกสาร specification ให้แก่ผู้จัดการอาคาร
ช่วงดำเนินงานและบำรุงรักษา		ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารนำระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM และ นำแพลตฟอร์มที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับใน FM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 สรุปท้ายบท

กรอบแนวคิดการวิจัยสำหรับการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM แบ่งตามลักษณะของกรอบแนวคิดการวิจัยดังแสดงข้างต้นและสำหรับขั้นตอนการทำงานจะแสดงในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิตของอาคารซึ่งประกอบไปด้วย 1) กระแสงาน ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการ (process) ข้อมูลอ้างอิง (reference information) และข้อมูลแลกเปลี่ยน (information exchange) และ 2) โปรแกรมประยุกต์ กรอบแนวคิดที่นำเสนอนี้สามารถนำไปใช้ได้จริงต้องได้รับการพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สถาปัตยกรรมระบบส่งผ่านสารสนเทศ
จากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM

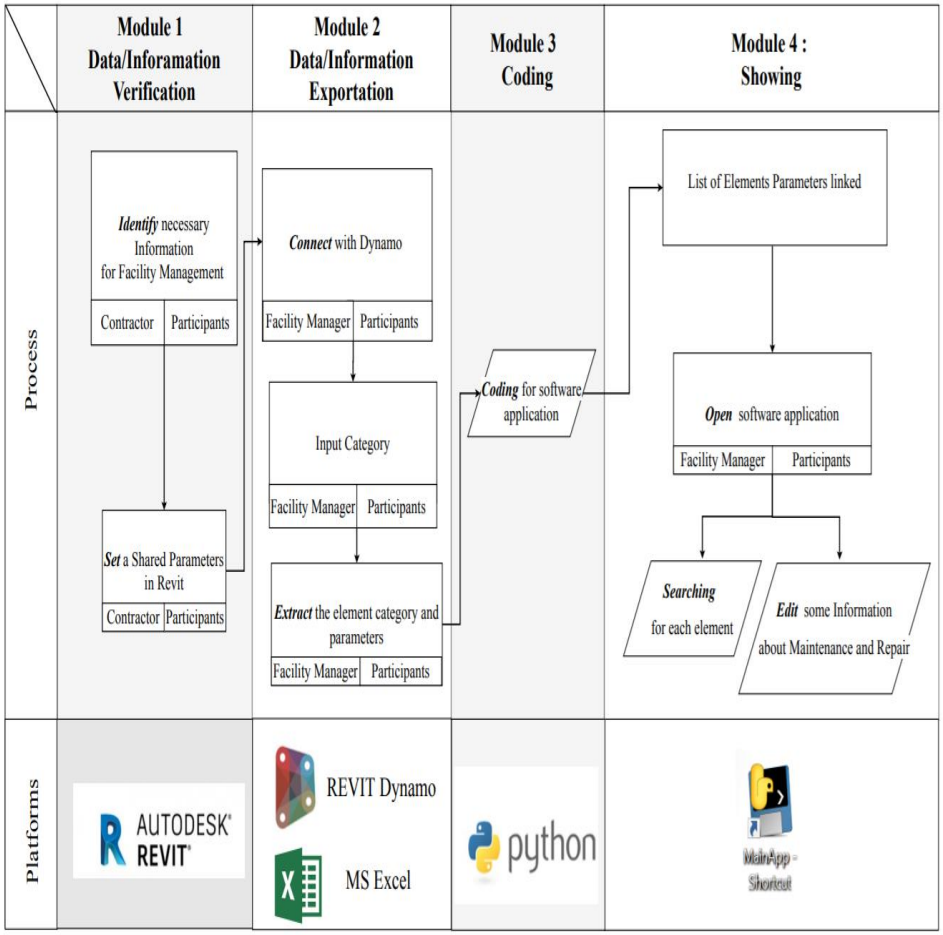
6.1 สถาปัตยกรรมระบบ

เมื่องานก่อสร้างในโครงการที่ใช้ BIM แล้วเสร็จ ผู้รับจ้างจะต้องนำส่งแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง (as-built BIM) ให้แก่ผู้ว่าจ้างเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการบริหารจัดการอาคาร (Facility Management, FM) กระบวนการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยัง FM นี้มีความซับซ้อน เราจึงไม่สามารถนำแบบจำลอง as-built BIM ใช้ในกระบวนการ FM ได้ทันที บทนี้นำเสนอการพัฒนากรอบแนวคิด (conceptual framework) ซึ่งแสดงในบทก่อน ให้เป็นสถาปัตยกรรมระบบ (system architecture) ขึ้น โดยจะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมระบบเพื่อให้ช่วยให้การส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM มีประสิทธิภาพสูงสุด สถาปัตยกรรมระบบดังกล่าวโดยอ้างอิงและพัฒนามาจากแนวคิดของกรอบแนวคิดซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM 2) ดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM 3) จัดการข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง as-built BIM และ 4) นำข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้ในงาน FM สถาปัตยกรรมระบบนี้จะประกอบด้วย 4 มอดูลที่เชื่อมโยงกัน คือ มอดูลที่ 1 ตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM, มอดูลที่ 2 ส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM, มอดูลที่ 3 จัดเรียงข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM และมอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการ FM ในแต่ละมอดูลจะกล่าวถึงกระบวนการทำงานและซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่เข้ามาช่วยให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ รูปที่ 6.1 แสดงสถาปัตยกรรมระบบการส่งผ่านสารสนเทศจาก as-built BIM สู่กระบวนการ FM จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของแต่ละมอดูลรวมถึงบทบาทและความรับผิดชอบ รูปที่ 6.2 แสดงขั้นตอนการออกแบบในแต่ละมอดูลของสถาปัตยกรรมระบบ

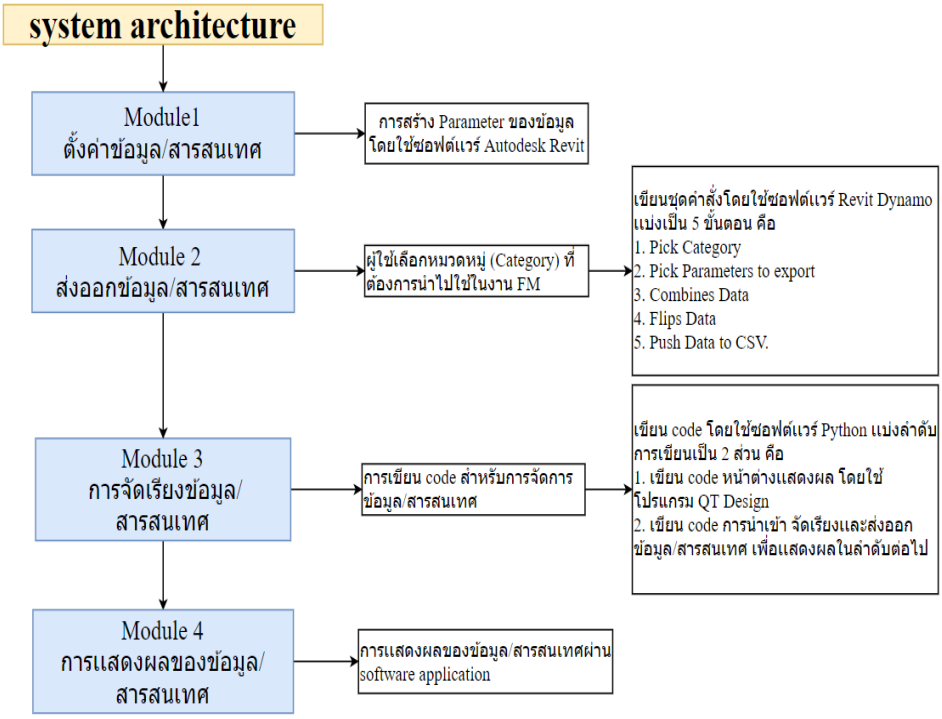
6.2 มอดูลที่ 1 ตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM

ข้อมูลสำหรับงาน FM เป็นชุดข้อมูลตามความต้องการของผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลอง as-built BIM สำหรับการพัฒนามอดูลนี้เราจะใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ในขั้นตอนแรกจำเป็นต้องตั้งค่าข้อมูลผ่านเมนู manage จากนั้นเลือกคำสั่ง shared parameter ดังแสดงในรูปที่ 6.3 จากนั้นจึงตั้งค่าข้อมูลโดยการเลือก shared parameter และตั้งค่ากลุ่มและการเพิ่มข้อมูลดังกล่าว รูปที่ 6.4 แสดงการตั้งค่าข้อมูลแต่ละ parameter ข้อมูลที่

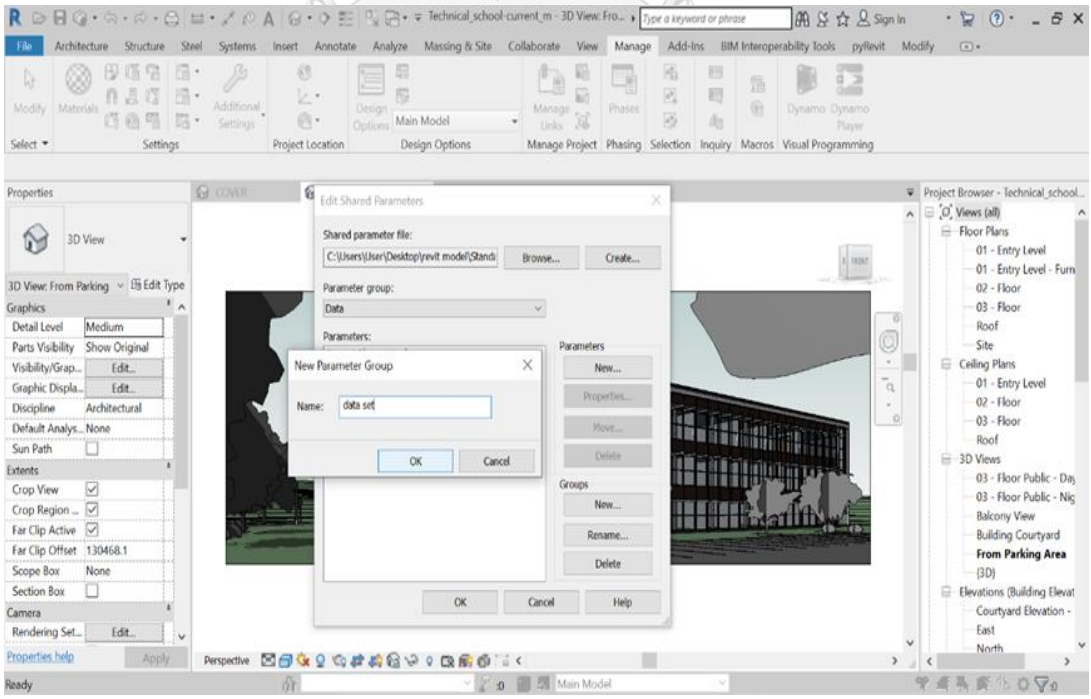
ได้รับการตั้งค่านั้นจะแสดงผลบนซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ข้อมูลดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้รับจ้างและผู้จัดการอาคารที่จะเพิ่มข้อมูลของอุปกรณ์ (equipment) ของงานระบบประกอบอาคารนั้น ๆ จากนั้นผู้วิจัยจึงตั้งค่าตั้งค่ากลุ่มของข้อมูลและ parameters ที่ต้องการ คือ Contact Phone Number, Model, Preventive Maintenance, Price, Serial Number, Supplier Name และ Warranty Period แสดงดังตารางที่ 6.1 parameters ของชุดข้อมูลที่ถูกตั้งค่า ซึ่งผู้จัดการอาคารได้กรอกข้อมูลตามอุปกรณ์ของงานระบบประกอบอาคารนั้น ๆ (กรณีอาคารตัวอย่างนี้ เนื่องจากเป็นแบบจำลอง as-built BIM ที่ได้จัดทำขึ้นภายหลังการก่อสร้างเสร็จ ดังนั้นผู้จัดการอาคารมีความจำเป็นที่จะกรอกรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละ parameter) โดยแสดงรายละเอียดทั้งหมดก่อนที่จะส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ให้แก่ผู้ว่าจ้าง ข้อมูลดังกล่าวจะเชื่อมโยงกับการออกแบบสำหรับการส่งออกข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์ Dynamo และการแสดงผลลัพธ์ของ software application



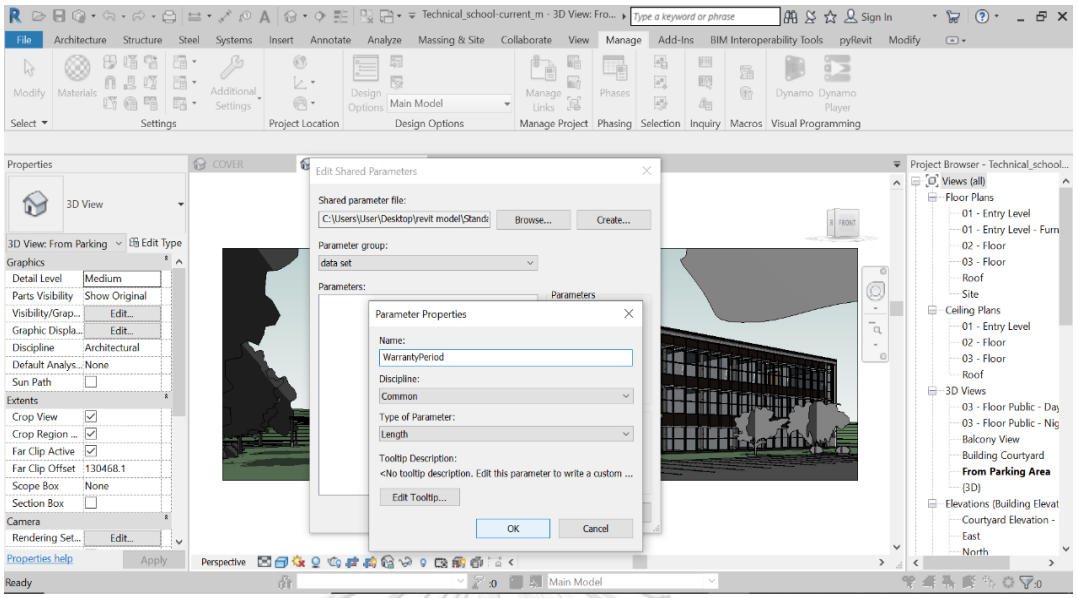
รูปที่ 6.1 สถาปัตยกรรมระบบการส่งผ่านสารสนเทศจาก as-built BIM สู่กระบวนการ FM



รูปที่ 6.2 ขั้นตอนการออกแบบในแต่ละมอดูลของสถาปัตยกรรม



รูปที่ 6.3 การตั้งค่าข้อมูลโดยการเลือก shared parameter จากนั้นตั้งค่ากลุ่มของข้อมูล



รูปที่ 6.4 การตั้งค่าข้อมูลของแต่ละ parameter

ตารางที่ 6.1 parameters ของชุดข้อมูลที่ถูกตั้งค่าขึ้น

ชุดข้อมูล	ความหมาย
Model	รุ่นของอุปกรณ์
Serial Number	หมายเลขของอุปกรณ์
Price	ราคาของอุปกรณ์
Supplier Name	ผู้จำหน่ายอุปกรณ์
Contact Phone Number	หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อผู้จำหน่ายอุปกรณ์
Warranty Period	ระยะเวลาการรับประกัน
Preventive Maintenance	การบำรุงรักษา
Image	รูปภาพ
ETC	ข้อมูลอื่น ๆ

โดยแสดงรายละเอียดทั้งหมดก่อนที่จะส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ให้แก่ผู้ว่าจ้าง ข้อมูลดังกล่าวจะเชื่อมโยงกับการออกแบบสำหรับการส่งออกข้อมูลโดยใช้ซอฟต์แวร์ Dynamo และการแสดงผลลัพธ์ของ software application

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.3 มอดูลที่ 2 ส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM

มอดูลนี้ทำหน้าที่ส่งออกข้อมูลจากมอดูลแรกและเป็นระบบที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการนำเข้าและการส่งออกข้อมูล ในการพัฒนามอดูลนี้เราใช้ซอฟต์แวร์ Dynamo ในรูปที่ 6.5 แสดงลำดับขั้นตอนการเขียนคำสั่ง Dynamo เพื่อส่งออกข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 pick category (แสดงในรูปที่ 6.6) เป็นการกำหนดให้ผู้ใช้เลือก category ของข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการทราบหรือค้นหาข้อมูลนั้น โดยสร้างคำสั่งที่เรียกว่า “categories” มีการนำเข้าข้อมูล คือ การเลือก category ที่ต้องการและส่งออกข้อมูลจะเชื่อมโยงข้อมูลกับคำสั่งต่อไป จากนั้นจึงสร้างคำสั่ง “elements (all elements of category)” ในการดู element ทั้งหมดใน category ดังกล่าว ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย category สำหรับนำเข้าข้อมูลและเชื่อมโยงกับข้อมูลคำสั่งก่อนหน้าและมีคำสั่ง “elements” สำหรับส่งออกข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 pick parameters to export (แสดงในรูปที่ 6.7) เป็นการเลือก Parameters ที่ส่งออกข้อมูล โดยใช้คำสั่งที่เรียกว่า “ Element.GetParameterValueByName” ประกอบไปด้วย element และ parameterName สำหรับนำเข้าข้อมูลซึ่งแต่ละ element จะเชื่อมโยงกับข้อมูลในคำสั่งก่อนหน้าและสร้างชื่อของ parameter ที่ต้องการ โดยใช้คำสั่ง “string” และ “code block” เช่น serial number, price เป็นต้น และมีคำสั่งสำหรับส่งออกข้อมูลคือ “var[]..[]”

ขั้นตอนที่ 3 combine data (แสดงในรูปที่ 6.8) เป็นคำสั่งการสร้างลำดับที่เรียกว่า “list create” ประกอบไปด้วย ลำดับที่ 0, ลำดับที่ 1 เป็นต้น (item0 + ..) เพื่อนำเข้าข้อมูลและคำสั่ง “list” สำหรับส่งออกข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 flip data การพลิกกลับข้อมูล (แสดงในรูปที่ 6.9) กล่าวคือ เนื่องจากแต่ละข้อมูลจะถูกเรียงตามหมวดหมู่เดียวกันของแต่ละ item ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องสร้างคำสั่งสลับข้อมูล “list.Transpose” โดยใช้คำสั่งสำหรับนำเข้าข้อมูลและคำสั่งที่เรียกว่า “list” สำหรับส่งออกข้อมูล

ขั้นตอนที่ 5 push data to CSV (แสดงในรูปที่ 6.10) การส่งออกข้อมูลไปยังไฟล์นามสกุล .CSV ในซอฟต์แวร์ MS Excel โดยการสร้างคำสั่ง “Data.ExportCSV” และมีคำสั่งที่เรียกว่า “FilePath, Data” สำหรับนำเข้าข้อมูลจากไฟล์นามสกุล .CSV โดยขั้นตอนนี้ผู้ใช้ต้องสร้างและตั้งชื่อไฟล์ excel เพื่อสามารถเชื่อมกับคำสั่ง “FilePath” ดังกล่าวได้เพื่อให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลเหล่านั้นเชื่อมโยงระหว่างกันและสามารถแสดงผลลัพธ์โดยการกดปุ่ม RUN สำหรับส่งออกข้อมูลทั้งหมด

6.4 มอดูลที่ 3 จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM

มอดูลนี้ใช้ซอฟต์แวร์ Python ในการเขียนโปรแกรม เริ่มจากการส่งผ่านข้อมูลจากไฟล์นามสกุล .CSV ซึ่งได้ส่งออกจากซอฟต์แวร์ Dynamo ในขั้นตอนก่อนหน้าไปยังซอฟต์แวร์ประยุกต์ (software application) สำหรับการพัฒนา software application มีการออกแบบขั้นตอนในการเขียน code แสดงในรูปที่ 6.11 ขั้นตอนออกแบบสำหรับการเขียน code โดยใช้ซอฟต์แวร์ Python ตารางที่ 6.2 แสดงคำสั่งหลักของ code Python

ขั้นตอนการออกแบบสำหรับการเขียน code สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

1) การออกแบบหน้าต่างหลักของโปรแกรม software application โดยใช้ซอฟต์แวร์ QT design software application ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบหน้าต่างโปรแกรมตามความต้องการของผู้ออกแบบซึ่งไฟล์ที่ได้จากการเขียน software application นี้จะเป็นไฟล์นามสกุล .UI (User Interface) ไฟล์ดังกล่าวสามารถแปลงเป็นไฟล์นามสกุล .PY (Python) รูปที่ 6.12 แสดงการออกแบบหน้าต่างหลักโดยใช้ซอฟต์แวร์ QT Design

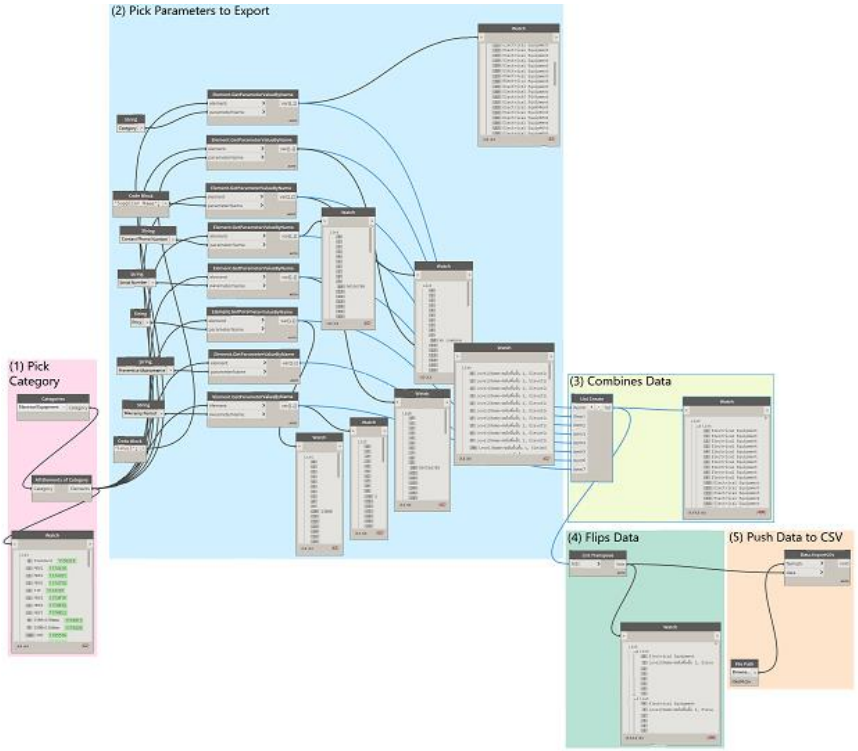
2) แปลงไฟล์นามสกุล .UI ในขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อให้ไฟล์ดังกล่าวเป็นไฟล์เดียวกันกับไฟล์นามสกุล .PY (python) โดยใช้ซอฟต์แวร์ python (Anaconda Prompt Application)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

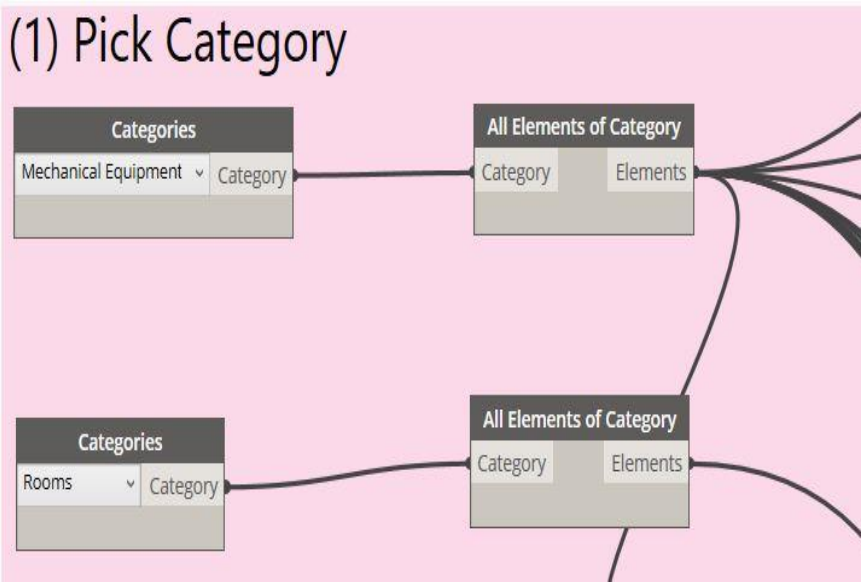
3) หลังจากแปลงไฟล์ในขั้นตอนก่อนหน้าแล้ว ในขั้นตอนนี้คือการเรียกไฟล์ดังกล่าวมาใช้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ python (IDLE) และในรูปที่ 6.13 แสดงตัวอย่างการเขียน code

4) จากนั้นเขียน code เพื่อเรียกเข้าข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากแบบจำลอง as-built BIM (ไฟล์นามสกุล .CSV) รูปที่ 6.14 แสดงการนำเข้าไฟล์นามสกุล .CSV โดยการเขียน code

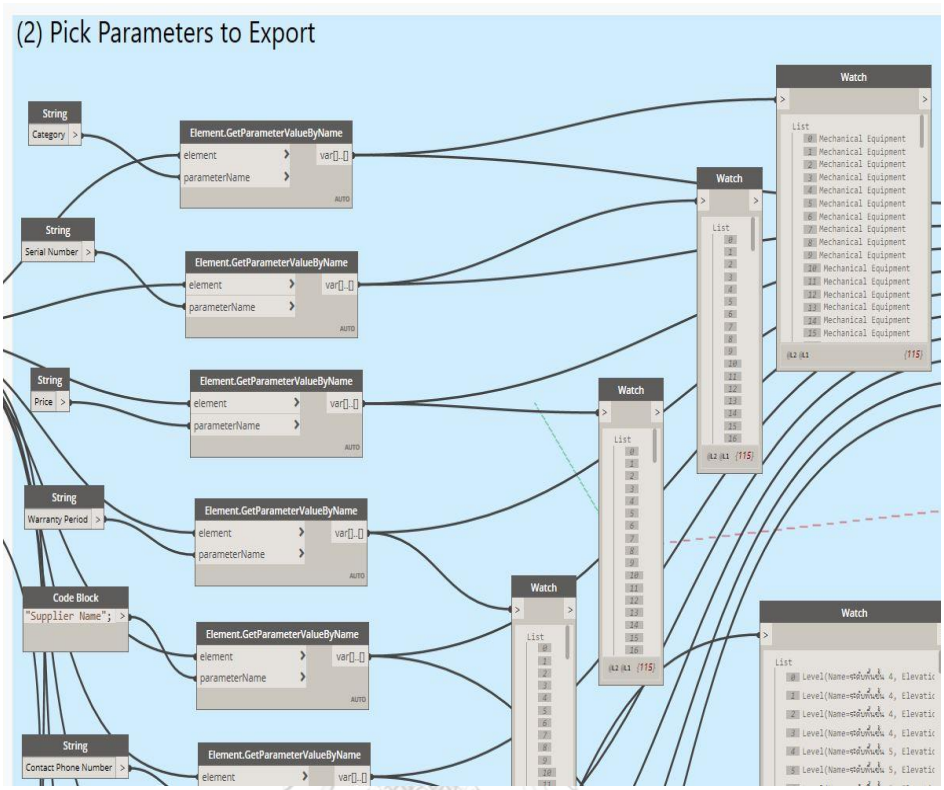
5) เขียน code เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ถูกจัดเรียงให้แสดงตามหมวดหมู่ category และรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์นั้น



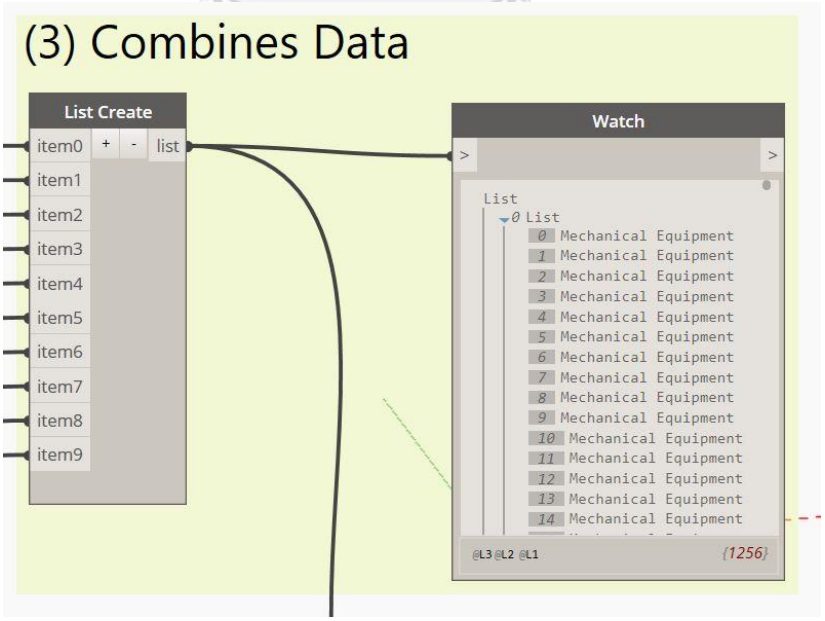
รูปที่ 6.5 ภาพรวมขั้นตอนการเขียน Dynamo



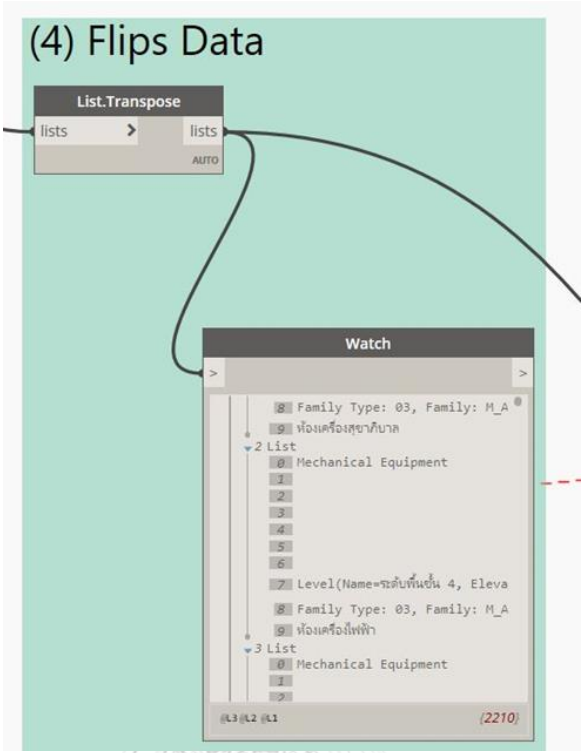
รูปที่ 6.6 ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้เลือก category



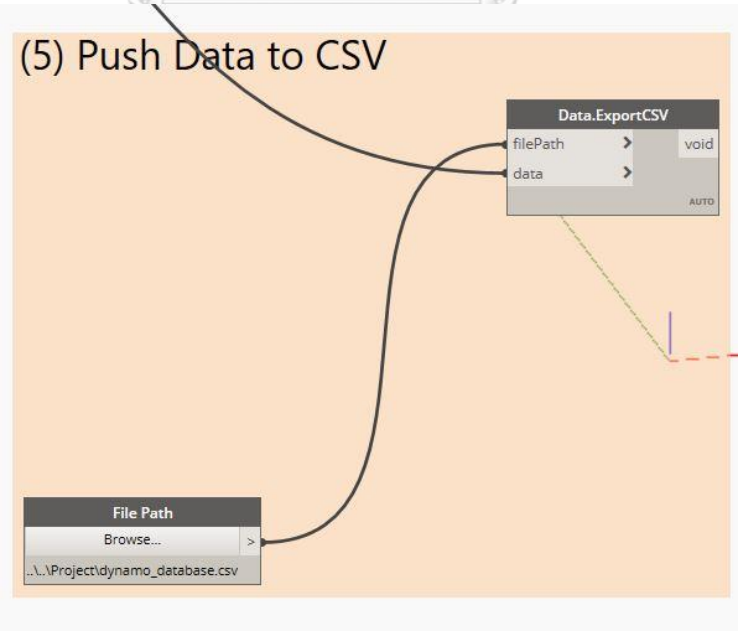
รูปที่ 6.7 ขั้นตอนที่ 2 การเลือก parameter ที่ส่งออกข้อมูล



รูปที่ 6.8 ขั้นตอนที่ 3 การรวมข้อมูลตามหมวดหมู่สำหรับส่งออก



รูปที่ 6.9 ขั้นตอนที่ 4 การสลับข้อมูลเพื่อจัดเรียงในแต่ละ category



รูปที่ 6.10 นำส่งข้อมูลส่งออกไปยังไฟล์นามสกุล .CSV

6.5 มอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการ FM

มอดูลนี้แสดงผลของ software application โดยถูกพัฒนาจากซอฟต์แวร์ Python (IDLE) ภายหลังจากการเขียนคำสั่งการจัดเรียงข้อมูลที่ได้จากการส่งออกจากแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งมอดูลนี้จะเชื่อมโยงข้อมูลกับมอดูลที่ 3 การจัดการข้อมูล โดยการเขียน code ให้แสดงผล 2 หน้าต่าง คือ หน้าต่างสำหรับผู้ใช้กรอกข้อมูลที่ต้องการทราบและหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ จากนั้นจึงทำการ RUN code ทั้งหมดเพื่อประมวลผล สำหรับผู้ใช้ software application สามารถแปลงไฟล์ดังกล่าวนี้จากไฟล์นามสกุล .PY เป็นไฟล์นามสกุล .exe สำหรับแสดงผลเป็นหน้าจอ software application ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 หน้าต่างแสดงผล คือ

1) หน้าต่างเข้าใช้ software application ซึ่งผู้ใช้กรอกข้อมูลเพื่อยืนยันตัวตน (identification) และรหัสผ่าน (password) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้จัดการอาคารเพื่อจำกัดการใช้งานของผู้ใช้ software application นี้

2) หน้าต่างสำหรับระบุความต้องการของข้อมูล จะแบ่งออกเป็น (1) ผู้ใช้กรอกหมวดหมู่ category หรือ serial number ของแต่ละ element ที่ต้องการทราบข้อมูลซึ่งสอดคล้องกับผู้ใช้เลือก category (Pick Category) ในขั้นตอนก่อนการส่งออกข้อมูลและ (2) ผู้ใช้กรอกประวัติการซ่อมบำรุง

3) หน้าต่างสำหรับแสดงผลลัพธ์ จะแสดงผลเมื่อข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการทราบ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกแสดงผลทันที

4) หน้าต่างประวัติการซ่อมบำรุง จะแสดงเมื่อผู้จัดการอาคารกรอกรายละเอียดประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและสามารถบันทึกข้อมูลดังกล่าวได้ ซึ่งได้ออกแบบให้มีการบันทึกประวัติซ่อมบำรุงได้ ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกบันทึกและแสดงผลตามลำดับหัวข้อที่ผู้จัดการอาคารกรอกข้อมูลนั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

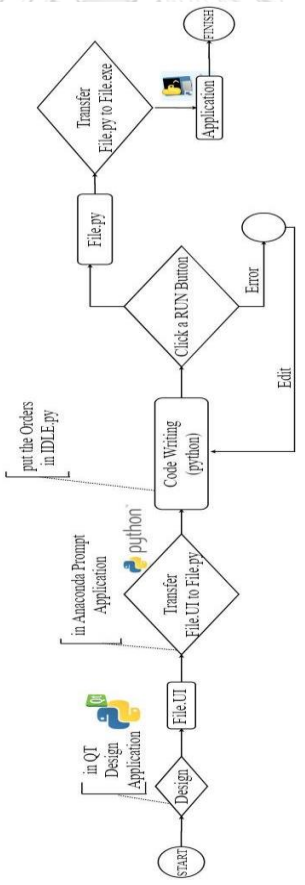
6.6 สรุปซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทำงาน

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ประกอบไปด้วย 4 ซอฟต์แวร์ คือ

1) **ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit** สำหรับเปิดแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารและตั้งค่าข้อมูลที่จำเป็นสำหรับกระบวนการ FM ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2019
2) **ซอฟต์แวร์ Dynamo** เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถดึงข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM โดยประกอบไปด้วยขั้นตอนและคำสั่งต่าง ๆ ให้เลือกใช้ในการ

ออกแบบ Dynamo เช่น ขั้นตอนนำเข้าข้อมูลและขั้นตอนส่งออกข้อมูลไปยังรูปแบบต่าง ๆ โดยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ Dynamo Version 2.2

3) **Microsoft Excel** เป็นซอฟต์แวร์เพื่อใช้เก็บข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากซอฟต์แวร์ Revit Dynamo แต่ข้อมูลที่ถูกส่งออกมานั้นการจัดเรียงเป็นรูปแบบของแต่ละ column ซึ่งไม่สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องได้รับการจัดเรียงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเรียงอยู่ในแต่ละหมวดหมู่ของข้อมูล
4) **ซอฟต์แวร์ python** เป็นซอฟต์แวร์ในการเขียน software application แสดงผลในรูปแบบของ GUI ซึ่งประกอบไปด้วย code คำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับเปิดไฟล์นามสกุล .CSV ที่ถูกส่งออกมาจากซอฟต์แวร์ Revit Dynamo อีกทั้งสามารถจัดเรียงข้อมูลที่ถูกส่งออกมาให้เป็นระบบและสำหรับออกแบบฟังก์ชันการใช้งานบน software application ในงานวิจัยนี้เราใช้โปรแกรม IDLE (Python 3.7) และ QT Design (Pyqt5)

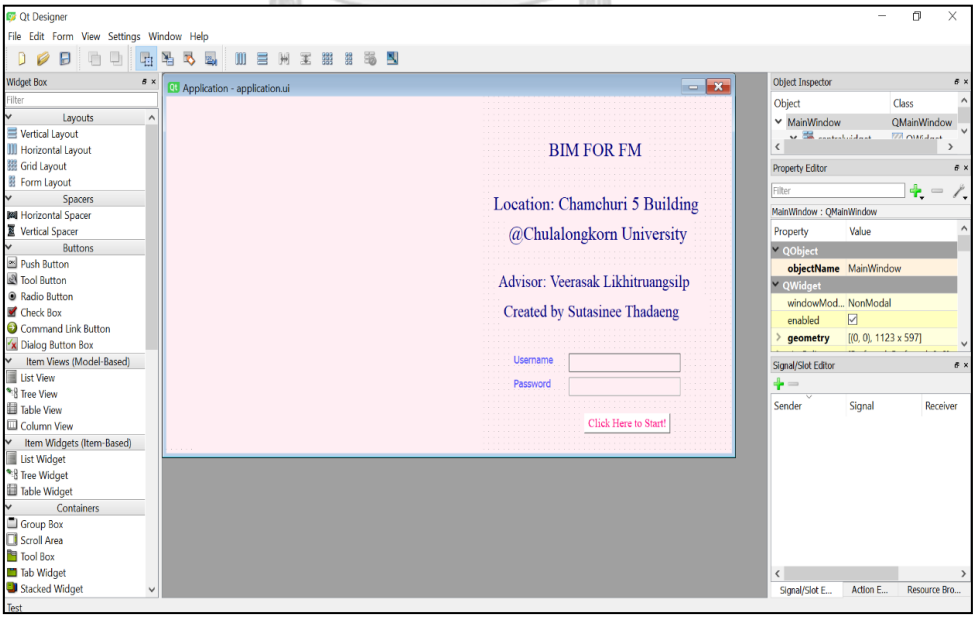


รูปที่ 6.11 ขั้นตอนการออกแบบการเขียน code โดยใช้ซอฟต์แวร์ Python

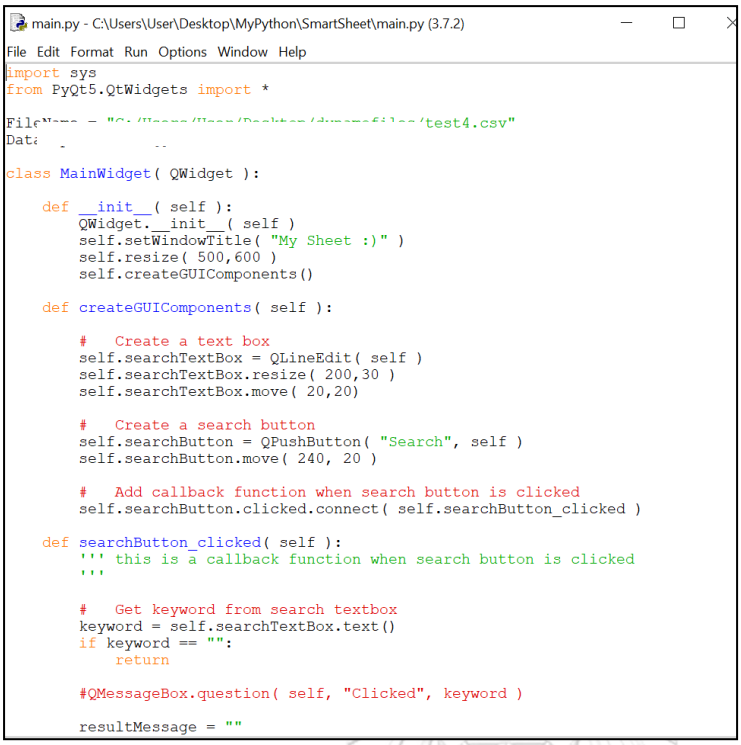
ตารางที่ 6.2 คำสั่งหลักของ code Python

Code คำสั่ง (Python) หลัก		
ลำดับ	Code คำสั่ง (Python)	ความหมาย
1	# Form implementation generated from reading ui file '.\application.ui'	นำเข้าหน้าต่างหลักของ software application (ออกแบบโดยใช้เครื่องมือ QT Design)
2	FileName = "C:/Users/User/Desktop/dynamofiles/test4.csv"	นำเข้าไฟล์นามสกุล .CSV ที่ถูกส่งออกจาก Revit Dynamo
3	Category = columns[0].strip()	ตั้งค่าข้อมูลจาก column จากไฟล์นามสกุล .CSV
4	DataTupleList.append	เก็บค่าของข้อมูล
5	print(DataTupleList)	แสดงผลข้อมูล
6	username= self.lineEdit_username.text()	ตั้งค่ารหัสของผู้ใช้ข้อมูล
7	self.setWindowTitle(_translate("Searching Result", "Searching Result"))	สร้างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์
8	resultMessage += 'Category: {}\n'.format(Category)	แสดงผลลัพธ์รายละเอียดของข้อมูล
9	def readDataFromDB(self): withopen(MaintenanceHistoryFileName, encoding="utf-8") as f:	นำเข้า Database และเปิดไฟล์ข้อมูลบำรุงรักษา
10	pyuic 5 -x-o .\page2.py.\page2.ui	แปลงไฟล์นามสกุล .PY (Python) เป็นไฟล์นามสกุล .UI (User Interface)

รูปที่ 6.12 การออกแบบหน้าต่างหลักโดยใช้ซอฟต์แวร์ QT Design



รูปที่ 6.13 การออกแบบหน้าต่างหลักของ software application โดยใช้เครื่องมือ QT Design



รูปที่ 6.14 ตัวอย่างการเขียน code โดยใช้ซอฟต์แวร์ Python

```
FileName = "C:/Users/User/Desktop/dynamofiles/test4.csv"
DataTupleList = []
```

รูปที่ 6.15 การนำเข้าไฟล์นามสกุล .CSV โดยการเขียน code

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.7 สรุปท้ายบท

บทนี้ได้กล่าวถึงสถาปัตยกรรมระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่ FM ประกอบไปด้วย 4 มอดูล คือ มอดูลที่ 1 การตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM, มอดูลที่ 2 ส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM, มอดูลที่ 3 จัดเรียงข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM และมอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการ FM แต่ละมอดูลแสดงขั้นตอนและรายละเอียดต่าง ๆ รวมถึงซอฟต์แวร์ในการทำงานที่เกี่ยวข้อง สำหรับช่วยพัฒนาระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ว่าจ้าง ผู้จัดการอาคารและผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยสถาปัตยกรรมระบบดังกล่าวจะนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารกรณีศึกษาซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

บทที่ 7
การประยุกต์ใช้ระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM กับอาคารตัวอย่าง

บทนี้นำเสนอการพัฒนาระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลองสร้างจริง (as-built BIM) สู่กระบวนการ FM มาใช้กับอาคารตัวอย่าง เริ่มจากการนำเสนอข้อมูลพื้นฐานอาคารตัวอย่าง จากนั้นจึงอธิบายขั้นตอนการนำระบบการส่งผ่านสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับอาคารตัวอย่าง สุดท้ายจะนำเสนอคู่มือการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ (software application) เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้ เช่น ผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคาร

7.1 อาคารตัวอย่าง

แบบจำลอง BIM ของอาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามประเภทของอาคาร คือ 1) อาคารที่ก่อสร้างใหม่ (new building) หมายถึง ผู้รับจ้างส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ให้แก่ผู้ว่าจ้างเมื่ออาคารสร้างเสร็จ 2) อาคารที่มีอยู่แล้ว (existing buildings) หมายถึง อาคารก่อสร้างในอดีตแต่ไม่มีแบบจำลอง BIM จึงจำเป็นต้องทำแบบจำลอง BIM ขึ้นเพื่อใช้ในงานบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management, FM) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกอาคารในประเภทที่ 2 เนื่องจากโครงการก่อสร้างอาคารที่นำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ช่วงดำเนินงานและบำรุงรักษา (Operation & Maintenance, O&M) มีค่อนข้างจำกัด โดยในที่นี้ ผู้วิจัยเลือกอาคารจามจุรี 5 ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานตั้งอยู่ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากอาคารจามจุรี 5 แห่งนี้ได้รับการจัดทำแบบจำลอง BIM ขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ BIM รูปที่ 7.1 แสดงอาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และรูปที่ 7.2 แสดงแผนที่ของอาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร

ชื่ออาคาร	:	อาคารจามจุรี 5
สถานที่ตั้ง	:	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รหัสอาคาร	:	CEN 062
ลักษณะการใช้งานอาคาร	:	อาคารสำนักงานมหาวิทยาลัย
รายละเอียดอาคาร	:	เป็นอาคารสูง 7 ชั้น พื้นที่อาคาร 11,685.45 ตารางเมตร โดยชั้นที่ 2-6 เป็นสำนักงาน

7.2 ขั้นตอนการนำระบบส่งผ่านสารสนเทศมาใช้กับอาคารตัวอย่าง

7.2.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลไปยัง software application

1) ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit

- การติดตั้งซอฟต์แวร์ Version Autodesk Revit 2019

2) ซอฟต์แวร์ Dynamo

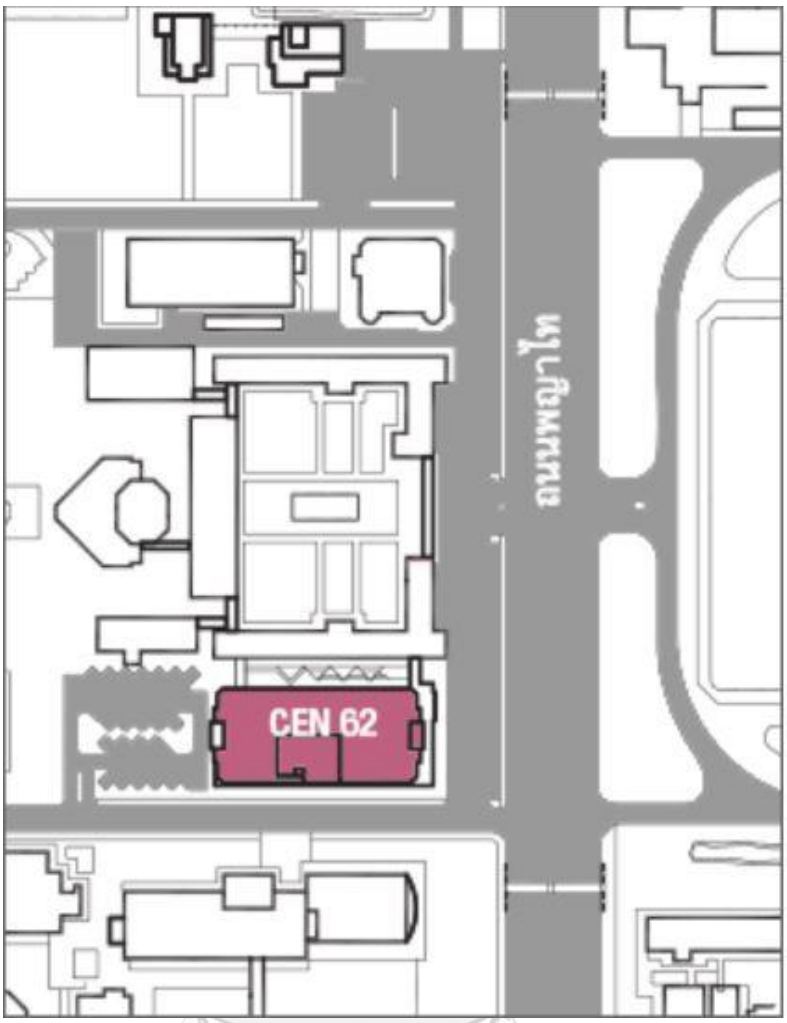
- การติดตั้งซอฟต์แวร์ Dynamo Version 2.2

3) Microsoft Excel

4) ซอฟต์แวร์ python

- การติดตั้งซอฟต์แวร์ IDLE (Python 3.7)

รูปที่ 7.1 อาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.2 แผนที่อาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.2.2 การระบุข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM

แบบจำลอง as-built BIM ในกรณีอาคารตัวอย่างนี้ถูกจัดทำขึ้นภายหลังการก่อสร้างเสร็จ เนื่องจากได้มีการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ขึ้น เพื่อนำไปใช้ในงาน FM สำหรับกระบวนการทำงานเริ่มจากการสร้างแบบจำลองขึ้น จากนั้นจึงนำข้อมูลที่จำเป็นเข้าสู่แบบจำลอง as-built BIM โดยข้อมูลที่จำเป็นดังกล่าวได้รับการอ้างอิงจากแบบสร้างจริง (as-built drawings), ข้อกำหนด (specification) ,คู่มือประกอบการซ่อมแซมอุปกรณ์ (O&M Manual) และจากการเดินสำรวจอุปกรณ์ประกอบอาคาร เนื่องจากมีการเปลี่ยนเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษา สำหรับข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ประกอบไปด้วย 3 หัวข้อ คือ 1) ข้อมูลตารางและปริมาณ (schedules and quantities) 2) แบบก่อสร้าง (sheets) 3) รูปของวัตถุในรูปแบบสัญลักษณ์ 3 มิติ หรือ 2 มิติ ที่เรียกว่า “families” ดังแสดงในรูปที่ 7.3

1) ข้อมูลตารางและปริมาณ (schedules and quantities) เช่น

- ตารางแสดงข้อมูลห้องต่าง ๆ ในอาคาร โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลระดับชั้น, ชื่อหน่วยงาน, หมายเลข, ชื่อและพื้นที่ของห้อง
- ตารางแสดงรายละเอียดของประตู โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลระดับชั้น, family และชนิดของประตู
- ตารางแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์งานระบบเครื่องกล โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลระดับชั้น, family และชนิดของอุปกรณ์
- ตารางแสดงรายละเอียดของท่อ โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลชนิดของท่อ, ชื่อ และจำนวนท่อแต่ละชนิด
- ตารางแสดงพื้นที่ของหน่วยงานต่าง ๆ ในอาคาร

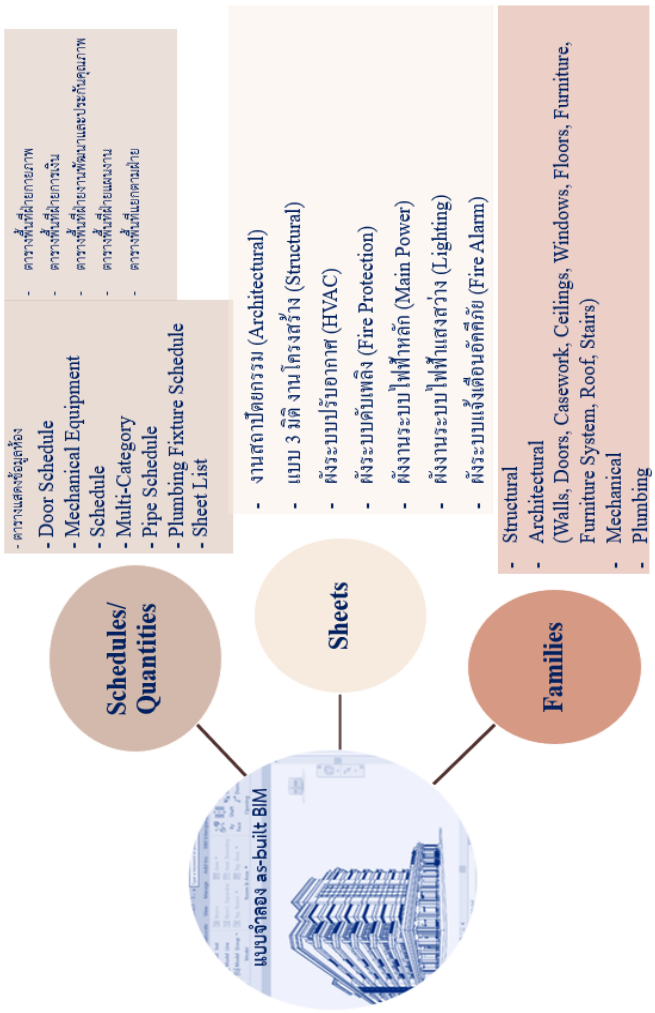
2) แบบก่อสร้าง (sheets) เช่น

- งานสถาปัตยกรรม (architectural) แสดงแบบสามมิติของงานสถาปัตยกรรม, ผังพื้นของชั้นต่าง ๆ, รูปด้าน และรูปตัดของอาคาร
- งานระบบปรับอากาศ (HVAC) แสดงแบบสามมิติของงานระบบปรับอากาศ, ผังระบบปรับอากาศของชั้นต่าง ๆ
- งานระบบสุขาภิบาล (sanitary) แสดงแบบสามมิติของงานระบบสุขาภิบาล, ผังระบบสุขาภิบาลของชั้นต่าง ๆ และแบบขยายห้องน้ำ
- งานระบบดับเพลิง (fire protection) แสดงแบบสามมิติของงานระบบดับเพลิง, ผังระบบดับเพลิงของชั้นต่าง ๆ
- งานระบบไฟฟ้าหลัก (main power) แสดงแบบสามมิติของงานระบบไฟฟ้าหลัก, ห้องเครื่องไฟฟ้า และผังระบบไฟฟ้าของชั้นต่าง ๆ
- งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (lighting) แสดงผังระบบไฟฟ้าแสงสว่างของชั้นต่าง ๆ
- งานระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย (fire alarm) แสดงแบบสามมิติของงานระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย, ผังระบบเต้ารับไฟฟ้าและโทรทัศน์ของชั้นต่าง ๆ

3) รูปของวัตถุในรูปแบบสัญลักษณ์ 3 มิติ หรือ 2 มิติ ที่เรียกว่า “families” แสดงตามประเภทของงานโครงสร้าง, งานสถาปัตยกรรม, งานระบบเครื่องกล, งานระบบไฟฟ้า และงานระบบประปา ในงานวิจัยนี้เรามุ่งเน้นไปที่ families ของงานระบบเครื่องกล, งานระบบไฟฟ้าและงานระบบประปา ดังแสดงในรูปที่ 7.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

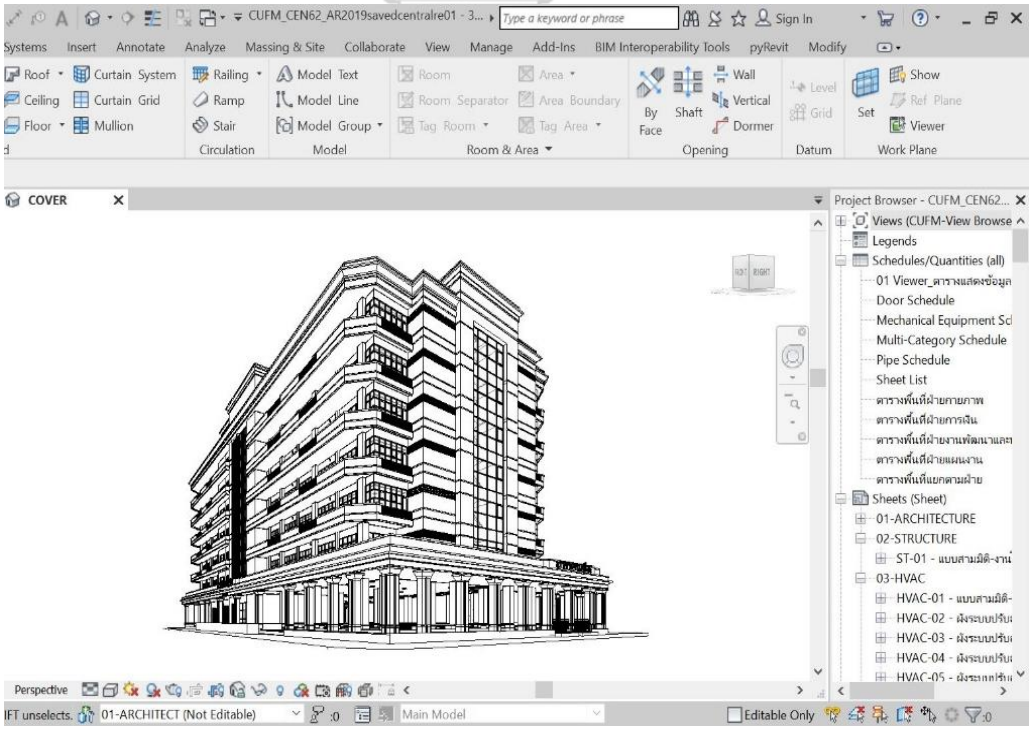
สำหรับการประยุกต์ใช้ระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในที่นี้เราอ้างถึงมอดูลที่ 1 ตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM เป็นชุดข้อมูลตามความต้องการของผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลอง as-built BIM ในขั้นตอนแรกจึงจำเป็นต้องระบุข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในงาน FM เริ่มจากผู้ใช้เปิดแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่างบนซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ดังแสดงในรูปที่ 7.5 จากนั้นจึงตั้งค่ากลุ่มของข้อมูลและ parameters ที่ต้องการ โดยในที่นี้มีชื่อกลุ่มของข้อมูลและ parameters คือ Contact Phone Number, Model, Preventive Maintenance, Price, Serial Number, Supplier Name และ Warranty Period รูปที่ 7.6 แสดงการกรอกรายละเอียดของข้อมูลตามอุปกรณ์ของงานระบบประกอบอาคารนั้น ๆ และรูปที่ 7.7 แสดงผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้รับการตั้งค่าบนซอฟต์แวร์ Autodesk Revit



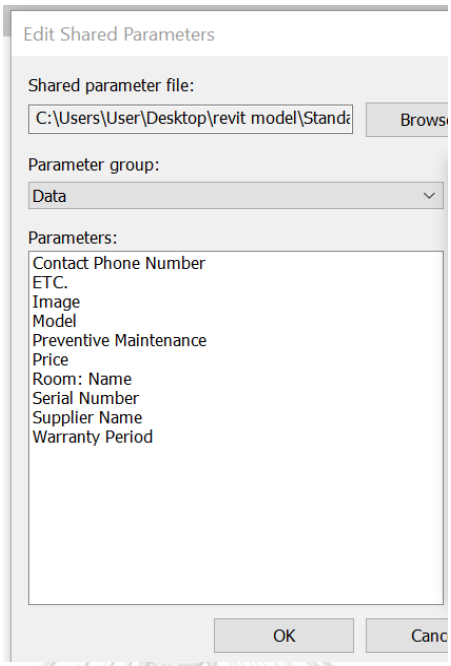
รูปที่ 7.3 ข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง

Mechanical	Electrical	Plumbing
Air Terminals	Areas	Areas
Areas	Cable Tray Fittings	Detail Items
Detail Items	Cable Trays	Flex Pipes
Duct Accessories	Communication Devices	Generic Models
Duct Fittings	Conduit Fittings	Lines
Duct Insulations	Conduits	Mechanical Equipment
Duct Linings	Data Devices	MEP Fabrication Ductwork
Duct Placeholders	Detail Items	MEP Fabrication Hangers
Ducts	Electrical Equipment	MEP Fabrication Pipework
Flex Ducts	Electrical Fixtures	Pipe Accessories
Generic Models	Fire Alarm Devices	Pipe Fittings
Lines	Generic Models	Pipe Insulations
Mechanical Equipment	Lighting Devices	Pipe Placeholders
MEP Fabrication Ductwork	Lighting Fixtures	Pipes
MEP Fabrication Hangers	Lines	Plumbing Fixtues
Raster Images	MEP Fabrication Containment	Raster Images
	MEP Fabrication Hangers	Sprinklers
	Nurse Call Devices	
	Raster Images	
	Security Devices	
	Telephone Devices	
	Wires	

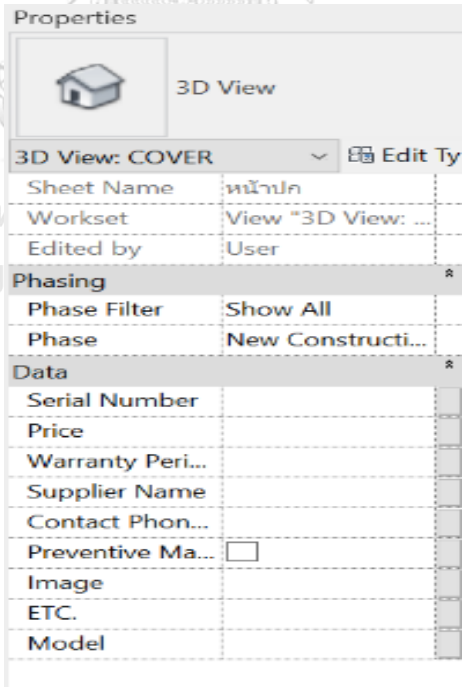
รูปที่ 7.4 ข้อมูล families ของงานระบบเครื่องกล, ไฟฟ้า และประปาของอาคารตัวอย่าง



รูปที่ 7.5 แบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง



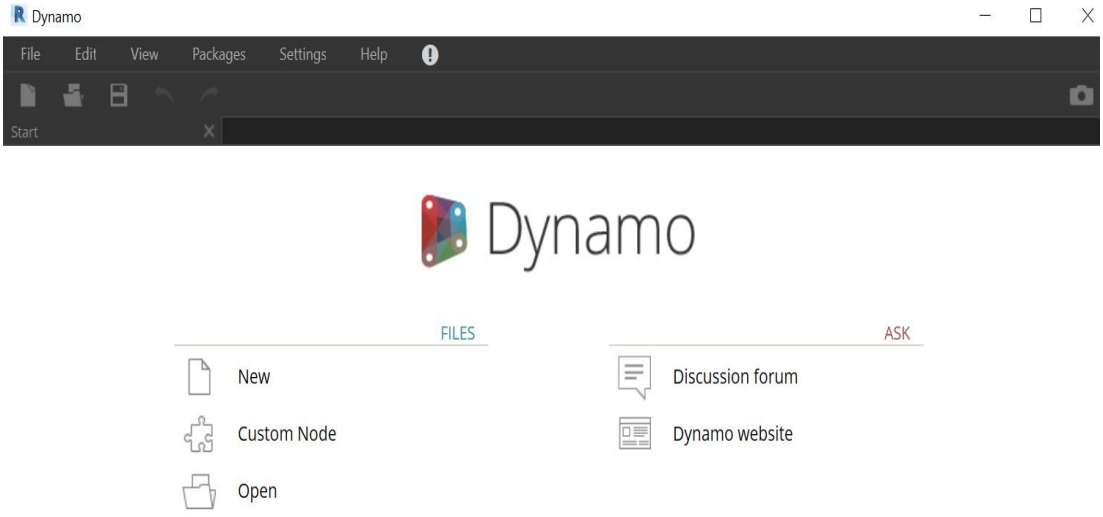
รูปที่ 7.6 การระบุข้อมูลในแต่ละ parameter



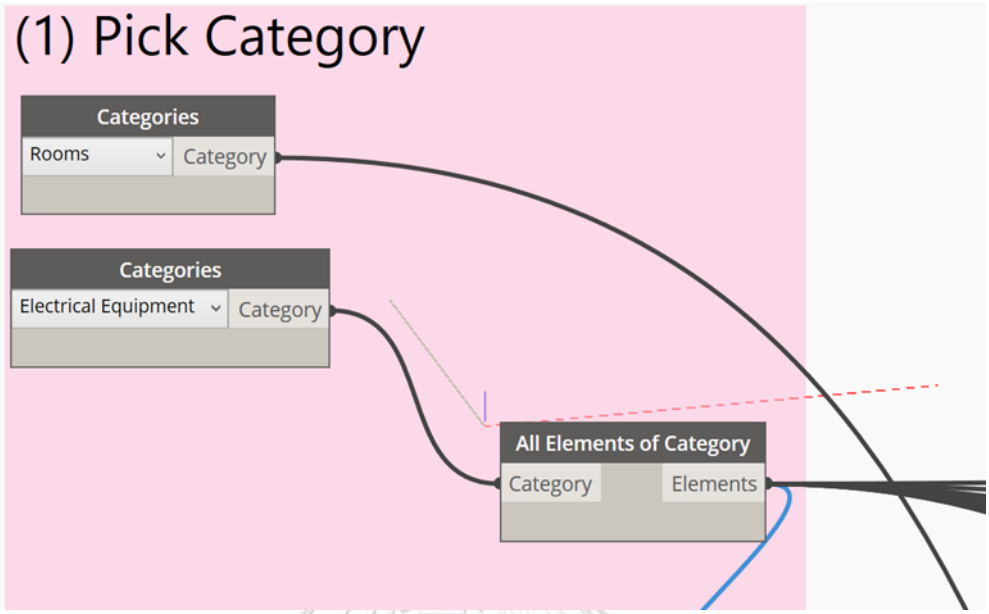
รูปที่ 7.7 ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากการระบุ

7.2.3 การส่งออกข้อมูล

ในขั้นตอนนี้เราอ้างถึงมอดูลที่ 2 ส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM มอดูลดังกล่าวทำหน้าที่ส่งออกข้อมูลจากมอดูลแรกและเป็นระบบที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการนำเข้าและการส่งออกข้อมูล โดยผู้ใช้เลือกหมวดหมู่ของข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้ในงาน FM เริ่มต้นจากเปิดซอฟต์แวร์ Dynamo โดยเลือกเมนูบนซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ดังนี้ Manage » Visual Programming » Dynamo ดังแสดงในรูปที่ 7.8 จากนั้นจึงเลือกหมวดหมู่ของข้อมูลในส่วนของงานระบบไฟฟ้า (Electrical Equipment) ดังแสดงในรูปที่ 7.9 สำหรับอาคารตัวอย่างนี้ ผู้วิจัยได้เขียนคำสั่งการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ดังแสดงในหัวข้อที่ 6.3 มอดูลที่ 2 โดยข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ สามารถแสดงในซอฟต์แวร์ Dynamo เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ดังแสดงในรูปที่ 7.10 จากนั้นเราจึงกดปุ่ม RUN เพื่อส่งออกข้อมูลไปยัง Microsoft Excel เป็นไฟล์นามสกุล .CSV ดังแสดงในรูปที่ 7.11 โดยกระบวนการส่งผ่านข้อมูลต่าง ๆ นั้นโดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไฟล์นามสกุล .CSV ดังแสดงในรูปที่ 7.12 หรือตัวอย่างการเลือกหมวดหมู่ของระบบอื่น ๆ เช่น ระบบเครื่องกล (Mechanical Equipment) ดังแสดงในรูปที่ 7.13 ตัวอย่างการส่งผ่านข้อมูลของหมวดหมู่ Mechanical Equipment จากแบบจำลอง as-built BIM ดังแสดงในรูปที่ 7.14 และข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไฟล์นามสกุล .CSV ดังแสดงในรูปที่ 7.15

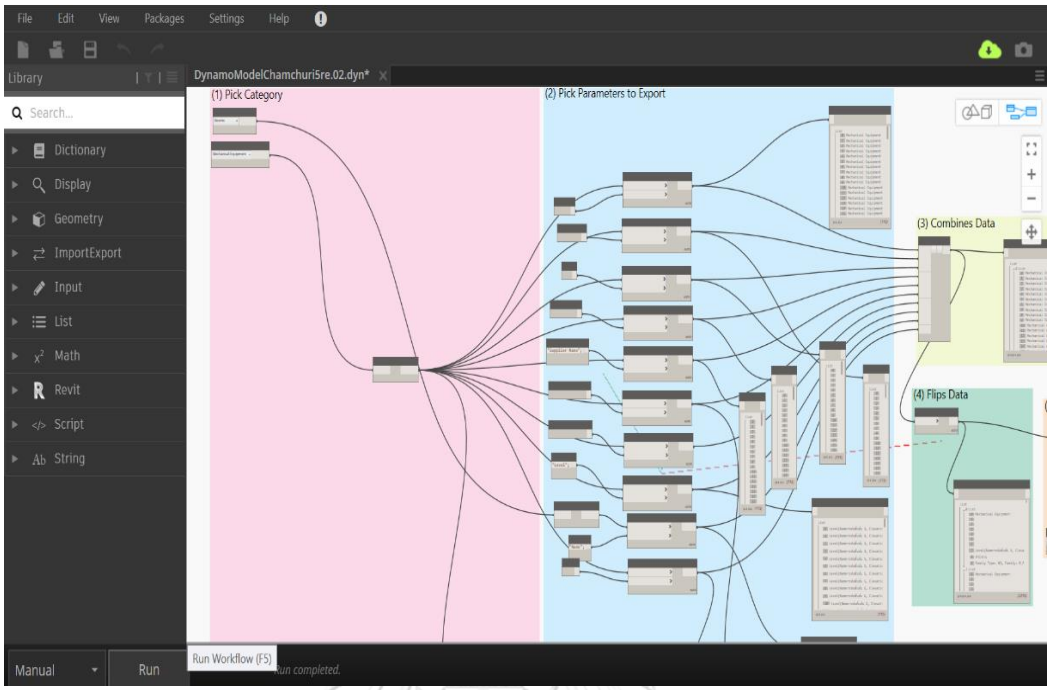


รูปที่ 7.8 ผู้ใช้เปิดซอฟต์แวร์ Dynamo

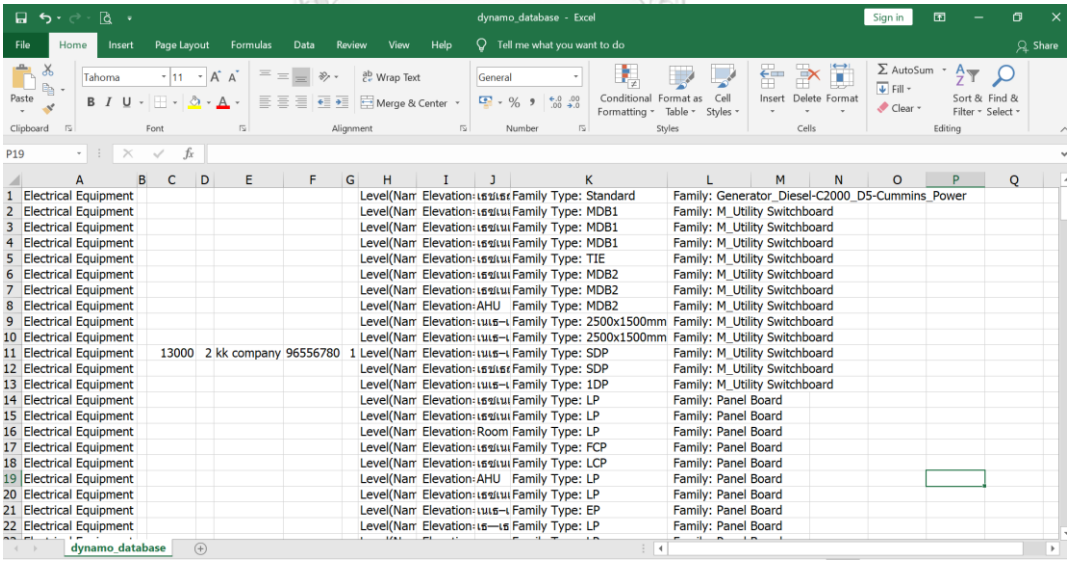


รูปที่ 7.9 ตัวอย่างการเลือก category ในหมวดหมู่ของ Electrical Equipment

รูปที่ 7.10 ตัวอย่างการส่งผ่านข้อมูลของหมวดหมู่ Electrical Equipment จากแบบจำลอง as-built BIM

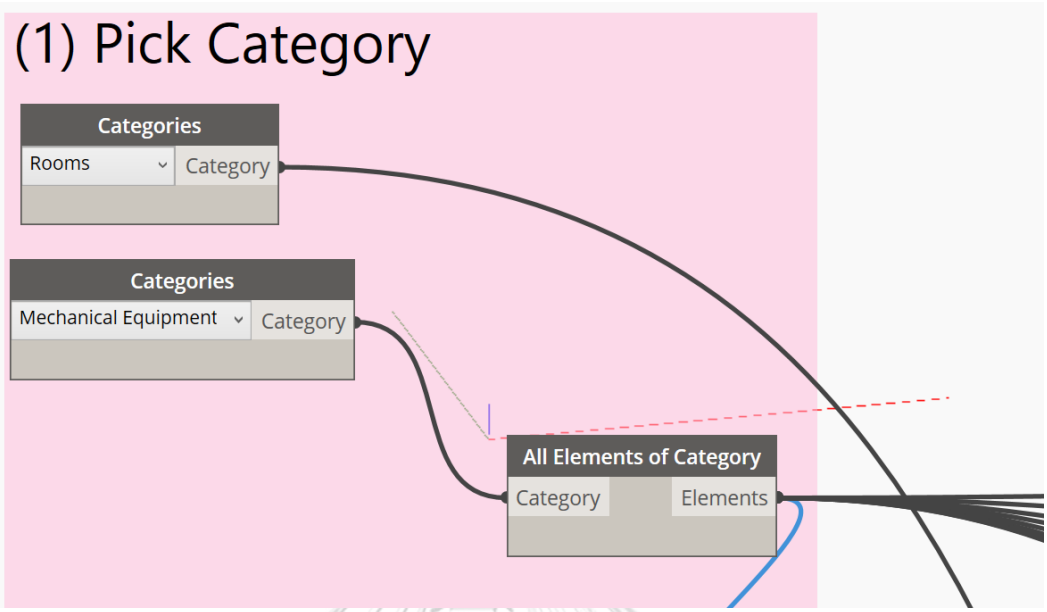


รูปที่ 7.11 ตัวอย่างการกดปุ่ม RUN เพื่อส่งออกข้อมูล

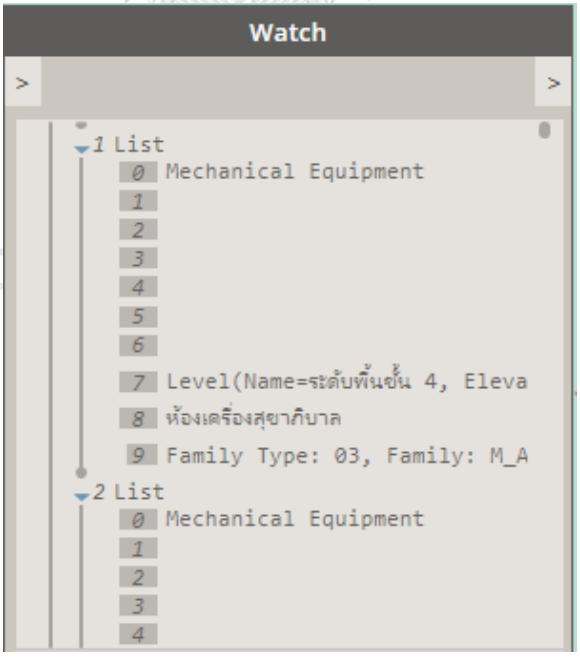


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: Standard	Family: Generator_Diesel-C2000_D5-Cummins_Power					
2	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: MDB1	Family: M_Utility Switchboard					
3	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: MDB1	Family: M_Utility Switchboard					
4	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: MDB1	Family: M_Utility Switchboard					
5	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: TIE	Family: M_Utility Switchboard					
6	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: MDB2	Family: M_Utility Switchboard					
7	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: MDB2	Family: M_Utility Switchboard					
8	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:	AHU	Family Type: MDB2	Family: M_Utility Switchboard					
9	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: 2500x1500mm	Family: M_Utility Switchboard					
10	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: 2500x1500mm	Family: M_Utility Switchboard					
11	Electrical Equipment		13000	2	kk company	96556780	1	Level(Nam	Elevation:		Family Type: SDP	Family: M_Utility Switchboard					
12	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: SDP	Family: M_Utility Switchboard					
13	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: 1DP	Family: M_Utility Switchboard					
14	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: LP	Family: Panel Board					
15	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: LP	Family: Panel Board					
16	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:	Room	Family Type: LP	Family: Panel Board					
17	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: FCP	Family: Panel Board					
18	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: LCP	Family: Panel Board					
19	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:	AHU	Family Type: LP	Family: Panel Board					
20	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: LP	Family: Panel Board					
21	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: EP	Family: Panel Board					
22	Electrical Equipment							Level(Nam	Elevation:		Family Type: LP	Family: Panel Board					

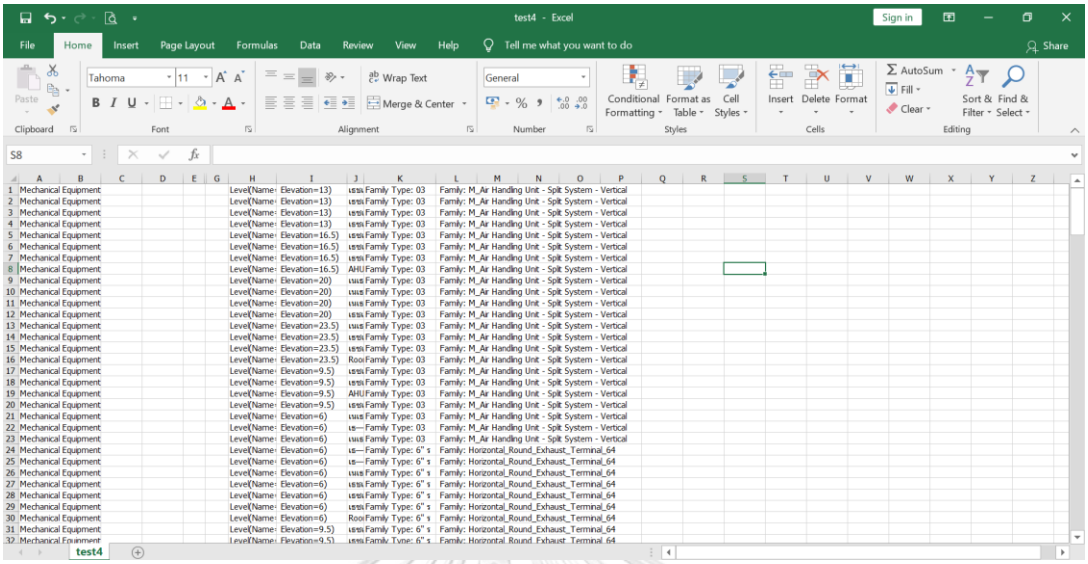
รูปที่ 7.12 ตัวอย่างการส่งออกข้อมูลของหมวดหมู่ Electrical Equipment เป็นไฟล์นามสกุล .CSV



รูปที่ 7.13 ตัวอย่างการเลือก category ในหมวดหมู่ของ Mechanical Equipment



รูปที่ 7.14 ตัวอย่างการส่งผ่านข้อมูลของหมวดหมู่ Mechanical Equipment
จากแบบจำลอง as-built BIM



รูปที่ 7.15 ตัวอย่างการส่งออกข้อมูลของหมวดหมู่ Mechanical Equipment เป็นไฟล์นามสกุล .CSV

7.2.4 การแสดงผลของ software application

เนื่องจากมอดูลที่ 3 จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM จากเดิมเป็นรูปแบบที่ข้อมูลยังไม่ได้รับการจัดเรียง มอดูลนี้จะช่วยในการจัดเรียงข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแสดงผลของ software application (ผู้วิจัยได้อธิบายขั้นตอนการเขียน code เพื่อจัดเรียงข้อมูลและแสดงผลข้อมูล ในหัวข้อที่ 6.4 มอดูลที่ 3 จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM) สำหรับการแสดงผลของ software application ซึ่งเป็นไฟล์นามสกุล .UI อ้างถึงมอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูล กล่าวถึงการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับการจัดเรียงจากมอดูลก่อนหน้าเพื่อใช้ในกระบวนการ FM โดยขั้นตอนเริ่มจากผู้ใช้เปิด software application หน้าต่างแสดงผลจะปรากฏขึ้น สำหรับหน้าต่างแสดงผลของ software application สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 หน้าต่างแสดงผล คือ

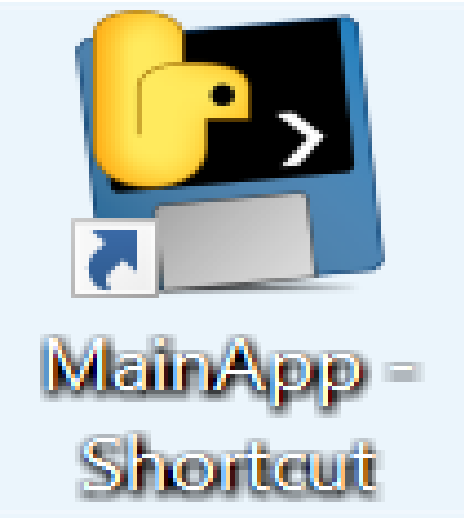
1) หน้าต่างสำหรับผู้ใช้เข้าถึง software application ซึ่งผู้ในที่นี้ผู้วิจัยได้กำหนดข้อมูลแสดงตัวตน คือ “admin” และรหัสผ่าน คือ “1234” ดังแสดงในรูปที่ 7.17
2) หน้าต่างสำหรับกรอกหมวดหมู่ของข้อมูลที่ต้องการทราบ ประกอบด้วยหน้าต่างแสดงผลสำหรับผู้ใช้กรอกข้อมูลที่ต้องการทราบในหมวดหมู่ (category) หรือ serial number ของแต่ละ element และหน้าต่างแสดงผล สำหรับกรอกประวัติการซ่อม

บำรุงรักษาเครื่องจักร ผู้ใช้จะต้องกรอก category ตรงกับในขั้นตอนการส่งออกข้อมูลและสำหรับขั้นตอนนี้ ผู้ใช้ได้พิมพ์ Electrical Equipment หรือ Mechanical Equipment ในช่อง category ดังแสดงในรูปที่ 7.18 และ 7.19

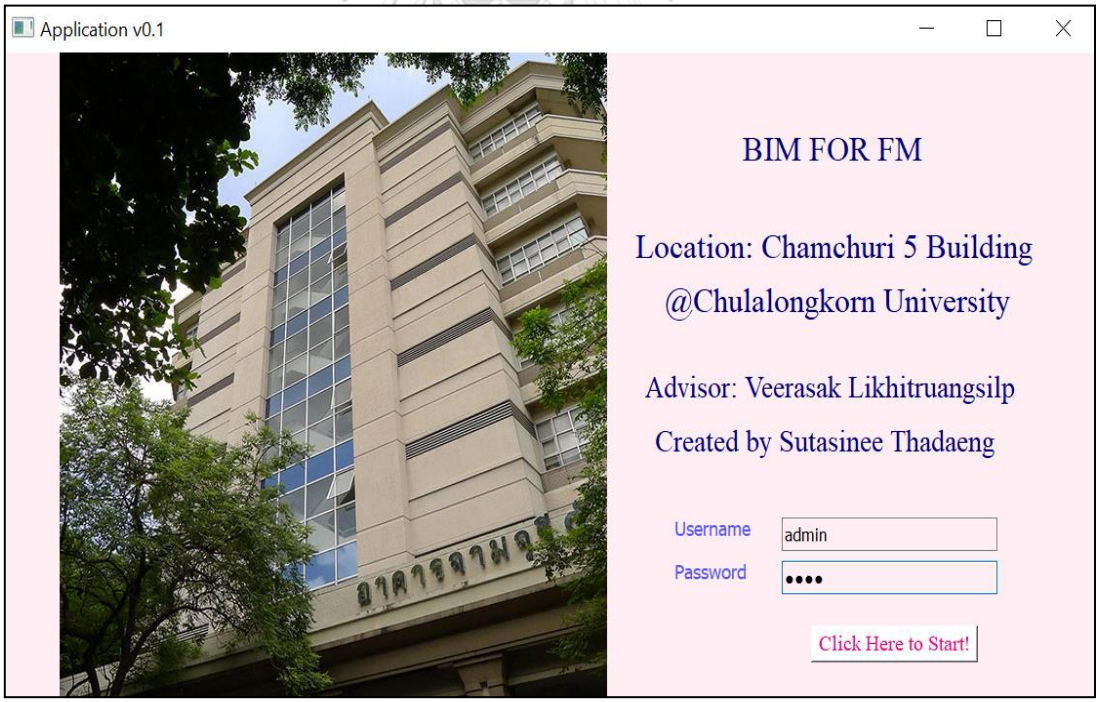
3) หน้าต่างสำหรับแสดงผลลัพธ์โดยกรอกข้อมูลที่ต้องการทราบในลำดับข้างต้นแล้ว ข้อมูลดังกล่าวจะแสดงผลทันที สำหรับอาคารตัวอย่างนี้ ข้อมูลที่สามารถแสดงไม่เพียงแต่ครอบคลุมข้อมูลทั่วไปเช่น serial number, price, warranty period, supplier name แต่ยังทราบข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของอุปกรณ์, ตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์เครื่องจักร สำหรับหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของหมวดหมู่ Electrical Equipment และ Mechanical Equipment ดังแสดงในรูปที่ 7.20 และ 7.21 จากการแสดงผลลัพธ์ถูกพบว่า parameter และรายละเอียดต่าง ๆ ที่ปรากฏนั้นจะเชื่อมโยงกับขั้นตอนการระบุข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ดังแสดงในหัวข้อที่ 6.2 มอดูลที่ 1

4) หน้าต่างสำหรับประวัติการซ่อมบำรุงโดยผู้ใช้สามารถกรอกรายละเอียดประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ทั้งนี้สามารถกดเพิ่มข้อมูลในหน้าต่างเดียวกันกับกรอกหมวดหมู่ของข้อมูลและสามารถบันทึกข้อมูลเหล่านั้นได้ หน้าต่างดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้มีการบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงและข้อมูลเหล่านั้นจะถูกบันทึกพร้อมทั้งแสดงผลตามลำดับของข้อมูลที่ผู้ใช้กรอก ดังแสดงในรูปที่ 7.22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



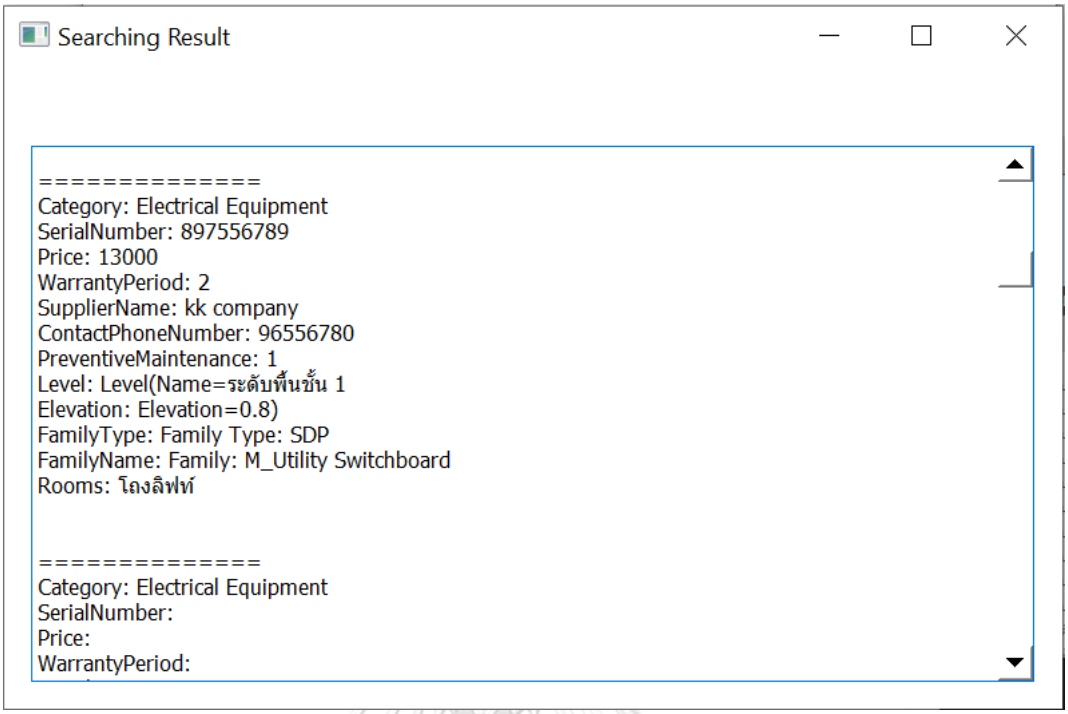
รูปที่ 7.16 software application เป็นไฟล์นามสกุล .UI



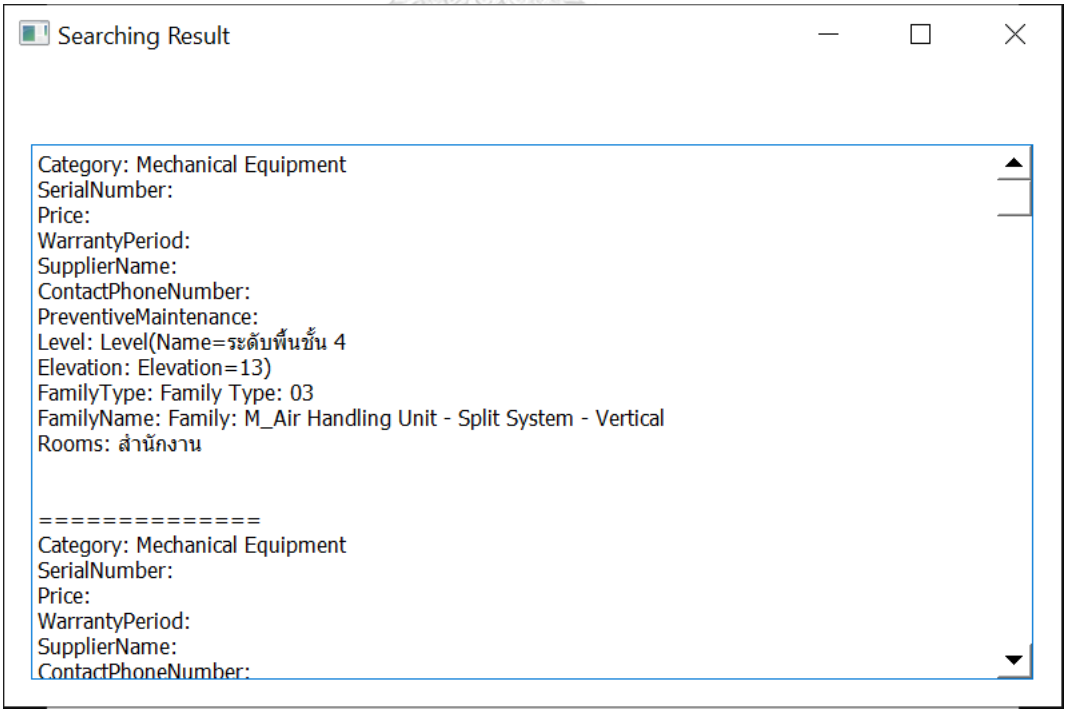
รูปที่ 7.17 หน้าต่างสำหรับผู้ใช้เข้าใช้งาน

รูปที่ 7.18 ตัวอย่างหน้าต่างกรอกข้อมูลในหมวดหมู่ Electrical Equipment

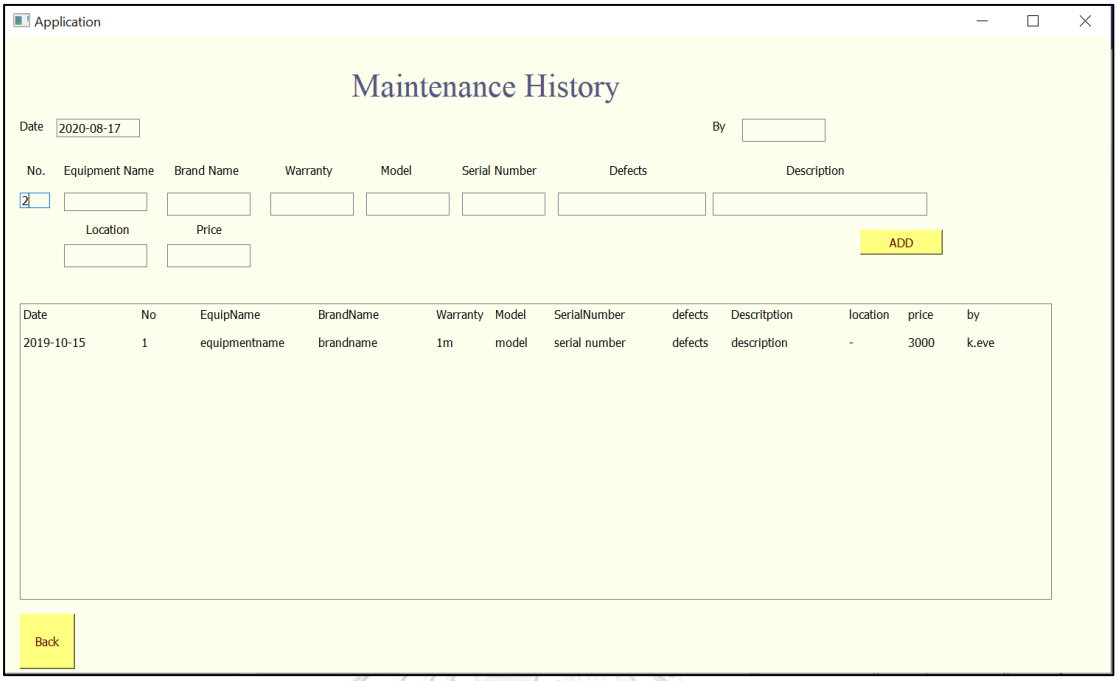
รูปที่ 7.19 ตัวอย่างหน้าต่างกรอกข้อมูลในหมวดหมู่ Mechanical Equipment



รูปที่ 7.20 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของหมวดหมู่ Electrical Equipment



รูปที่ 7.21 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของหมวดหมู่ Mechanical Equipment



รูปที่ 7.22 ตัวอย่างหน้าต่างบันทึกประวัติซ่อมบำรุง

จากรูปตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ของอาคารตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 7.20 และ 7.21 นี้ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM เราสามารถเลือกแสดงผลลัพธ์ของหมวดหมู่ต่าง ๆ ได้ โดยขึ้นอยู่กับความต้องการทราบข้อมูลของหมวดหมู่นั้น ๆ สำหรับข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากแบบจำลอง as-built BIM เป็นไฟล์นามสกุล .CSV ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นยังไม่ได้รับการจัดเรียง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องจัดเรียงข้อมูลโดยการเขียนคำสั่งการจัดเรียงข้อมูลต่าง ๆ และสามารถส่งข้อมูลเหล่านั้นเพื่อแสดงใน software application ข้อสังเกตสำหรับการประยุกต์ใช้ระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM นี้ คือ ผู้ใช้สามารถทราบข้อมูลในรูปแบบของ GUI รวมถึงแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์นั้น ๆ ที่จำเป็นสำหรับนำไปใช้ในงาน FM ไม่ว่าจะเป็น ชื่อ, ชนิด, ตำแหน่งที่ตั้ง โดยข้อมูลเหล่านี้จะเชื่อมโยงระหว่างในขั้นตอนการระบุข้อมูลและรายละเอียดในแบบจำลอง as-built BIM และในขั้นตอนการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM

7.2.5 คู่มือการใช้งาน software application

การใช้งาน software application จะถูกใช้ในช่วง O&M สำหรับผู้ใช้งาน software application นี้ คือ เจ้าของอาคาร, ผู้ว่าจ้าง, ผู้จัดการอาคาร และผู้ปฏิบัติงาน FM ที่เกี่ยวข้อง โดยขั้นตอนการใช้งาน software application สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. ผู้ใช้เปิดแบบจำลอง as-built BIM อาคารที่ผู้ใช้จะใช้งานในครั้งนี้บนซอฟต์แวร์ Autodesk Revit และระบุข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการสำหรับงาน FM จากนั้นผู้ใช้เปิดเครื่องมือ Dynamo เพื่อส่งออกข้อมูล

2. ผู้ใช้เลือก category ที่ต้องการทราบ จากนั้นผู้ใช้จึงกดปุ่ม RUN (ข้อมูลจะถูกส่งออกไปที่ไฟล์นามสกุล .CSV ซึ่งผู้ใช้จะต้องตั้งชื่อไฟล์ของผู้ใช้ และข้อมูลเหล่านี้จะเชื่อมโยงกับ software application

3. ผู้ใช้เปิด software application ซึ่งเป็นไฟล์นามสกุล .UI โดยผู้ใช้กรอกข้อมูลที่ต้องการทราบ เช่น category หรือ serial number (ข้อมูลที่ส่งออกจากขั้นตอนก่อนหน้าจะนำเข้า software application อัตโนมัติ) สำหรับข้อดีของ software application จะช่วยให้ผู้ใช้ค้นหาข้อมูลทั่วไปได้อย่างรวดเร็ว และสามารถนำไปใช้ในการทำ FM ได้ทันที รวมทั้งผู้ใช้สามารถเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูลการแจ้งซ่อมหรือบำรุงรักษา เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลดังกล่าวย้อนหลัง และสามารถวางแผนงานสำหรับการบำรุงรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.3 สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM รวมถึง software application สำหรับนำไปใช้ในงาน FM โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร กระบวนการทำงานของระบบดังกล่าวที่นำเสนอไปนั้นพบว่ามีส่วนที่เชื่อมโยงข้อมูลที่จำเป็นในงาน FM และความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการทำงานดังกล่าว คือ ผู้รับจ้างเป็นผู้นำเข้าข้อมูล จากนั้นผู้จัดการอาคารจึงเป็นผู้ส่งออกข้อมูลนั้นมาใช้สำหรับกระบวนการ FM ในหน่วยงานของตน โดยการส่งออกข้อมูลมีซอฟต์แวร์ Microsoft Excel ช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์ Dynamo และ software application เนื่องจากข้อมูลที่ถูกส่งออกจากซอฟต์แวร์ดังกล่าวจะถูกจัดเรียงแนวตั้งหรือคอลัมน์ (column) และการนำเข้าข้อมูลสู่ software application ได้จากการเขียน code ขึ้นเพื่อช่วยในการจัดเรียงข้อมูลและแสดงผลข้อมูล สำหรับ

ขั้นตอนการพัฒนาระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ดังกล่าวนี้จะเป็นแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาในกระบวนการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ในปัจจุบัน รวมถึงมีประโยชน์สำหรับผู้มีส่วนร่วมทั้งหมดในโครงการก่อสร้าง เช่น ผู้รับจ้างจะทราบถึงกระบวนการในการจัดทำข้อมูล และผู้จัดการอาคารสามารถจัดการข้อมูลที่ได้รับจากแบบจำลอง as-built BIM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน สำหรับผลการวิจัยในการนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารตัวอย่างจะกล่าวในบทต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย

ผลที่ได้รับจากงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ 1) กระบวนการทำงาน (work process) ประกอบด้วย กระแสงาน (workflow), การแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (information exchange), บทบาทและความรับผิดชอบ (roles and responsibilities) ของแต่ละฝ่าย เช่น ผู้ว่าจ้างก่อสร้าง, ผู้รับจ้างก่อสร้าง และผู้จัดการอาคาร ในขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคาร ผลที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ ผู้ใช้สามารถนำระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลองสร้างจริง (as-built BIM) ไปใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของโครงการก่อสร้าง และ 2) ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (software application) สำหรับระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management, FM) ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้มีแนวคิดเนื่องมาจากในปัจจุบันโครงการที่นำแบบจำลอง BIM มาใช้ในงาน FM ในประเทศไทยมีอยู่ค่อนข้างจำกัดมากและช่วงเวลาในการนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้กับกระบวนการ FM มีระยะเวลานานพอสมควร และจากกระบวนการนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้ในกระบวนการ FM ในปัจจุบันมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อนและไม่ชัดเจน ดังนั้นเราจึงพัฒนาระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ขึ้น โดยประกอบไปด้วย 4 มอดูล คือ มอดูลที่ 1 ตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM, มอดูลที่ 2 ส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปยังกระบวนการ FM, มอดูลที่ 3 จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM และมอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการ FM

มอดูลที่ 1 การตั้งค่าข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลอง as-built BIM ขั้นตอนการทำงาน คือ ผู้รับจ้างจำเป็นต้องระบุข้อมูลดังกล่าวในแบบจำลอง as-built BIM ให้ตรงกับความต้องการของผู้ว่าจ้างและผู้จัดการอาคารก่อนส่งมอบแบบจำลองดังกล่าวให้แก่ผู้ว่าจ้างภายหลังโครงการก่อสร้างเสร็จสิ้น

มอดูลที่ 2 การส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM สำหรับมอดูลนี้ทำหน้าที่ส่งออกข้อมูลจากมอดูลก่อนหน้าและเป็นมอดูลที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการนำเข้าและการส่งออกข้อมูล ในการพัฒนามอดูลนี้เราใช้ซอฟต์แวร์ Dynamo สำหรับขั้นตอนการทำงานสำหรับมอดูลนี้ คือ ผู้ใช้เลือกหมวดหมู่ของงานระบบที่ต้องการทราบและกดปุ่ม RUN เพื่อส่งออกข้อมูลดังกล่าวในซอฟต์แวร์ Dynamo ที่ถูกพัฒนาขึ้น

มอดูลที่ 3 การจัดการข้อมูล สำหรับมอดูลนี้มีหน้าที่จัดการข้อมูลที่ได้จากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM จากมอดูลก่อนหน้า เราใช้ซอฟต์แวร์ Python ในการเขียนโปรแกรม โดยขั้นตอนการทำงาน คือ การส่งผ่านข้อมูลจากไฟล์นามสกุล .CSV ซึ่งได้ส่งออกจากซอฟต์แวร์ Dynamo ในขั้นตอนก่อนหน้าไปยัง software application

มอดูลที่ 4 แสดงผลข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการ FM โดยทำหน้าที่แสดงผลของ software application โดยถูกพัฒนาจากซอฟต์แวร์ Python (IDLE) มอดูลนี้จะเชื่อมโยงข้อมูลกับมอดูลที่ 3 การจัดการข้อมูล โดยการเขียน code สำหรับขั้นตอนการทำงานนี้จะแสดงผล 2 หน้าต่าง คือ หน้าต่างสำหรับผู้ใช้กรอกข้อมูลที่ต้องการทราบและหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์

สำหรับการประยุกต์ใช้ระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ผู้วิจัยได้เลือกแบบจำลอง as-built BIM ที่จัดทำขึ้นจากอาคารจามจุรี 5 ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งเป็นอาคารสำนักงานและเป็นอาคารประเภทอาคารที่มีอยู่แล้ว (EXISTING BUIDINGS) สำหรับอาคารตัวอย่างแห่งนี้ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการของขั้นตอน O&M และการนำ software application มาประยุกต์ใช้กับอาคารตัวอย่าง โดยผลลัพธ์ที่ได้รับมาจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญของอาคารตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 3 ท่าน คือ ผู้จัดการอาคาร, วิศวกรและช่างซ่อมบำรุงอาคารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการทำงานของ software application ได้ถูกให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ (9) และ (6) พบว่ามีข้อดี ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของการใช้งาน software application

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อดีของการใช้งาน software application

1) ผู้ใช้งานมีความเห็นว่า software application นี้สามารถใช้งานได้ง่าย เพราะเมื่อต้องการที่จะทราบรายละเอียดต่าง ๆ ของอุปกรณ์ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องค้นหาข้อมูลโดยตรงจากซอฟต์แวร์ Autodesk Revit อีกทั้งผู้ใช้งานซึ่งหมายถึงวิศวกรที่มีความรู้ด้าน BIM วิศวกรสามารถเข้าไปแก้ข้อมูลเชิงลึกได้ในแบบจำลอง as-built BIM แต่ช่างซ่อมบำรุงสามารถเข้าไปค้นหารายละเอียดของข้อมูลและบันทึกประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักรได้ใน software application ดังกล่าวนี้

2) ผู้ใช้สามารถนำ software application ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในเรื่องของเทคโนโลยีโดยอยู่ในรูปแบบดิจิทัลเพื่อแทนที่จากกระบวนการทำงานเดิมซึ่งใช้เอกสารในรูปแบบของกระดาษ และสามารถใช้ประโยชน์จาก software application ในเรื่องการประเมินอายุการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องจักรนั้น ๆ รวมถึงใช้ประโยชน์จาก software

application ในเรื่องการประมาณการใช้จ่ายสำหรับจัดทำแผนงานรายปีของหน่วยงานเพื่อการซ่อมบำรุงเครื่องจักรต่อไป

3) ผู้ใช้สามารถนำ software application เพื่อช่วยจัดการข้อมูลได้ดี เพราะกระบวนการทำงานเดิมซึ่งหน่วยงาน FM ไม่เคยนำแบบจำลอง BIM มาใช้ในการทำงาน รวมถึงเรื่องเทคโนโลยีในการทำงานเพราะต้องรองรับซอฟต์แวร์ Autodesk Revit

4) ผู้ใช้มีความเห็นว่า software application นี้เป็นการต่อยอดการทำงานจากแบบจำลอง as-built BIM ที่ได้รับจากผู้รับจ้างก่อสร้างให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่งาน FM

ข้อจำกัดของการใช้งาน software application

1) ผู้จัดการอาคารและวิศวกรไฟฟ้ามีความเห็นว่าการนำซอฟต์แวร์ Autodesk Revit มาใช้ในกระบวนการทำงานจริงซึ่งหน่วยงานมีความจำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ดังกล่าวเพิ่มเติม

2) ผู้จัดการอาคารมีความต้องการให้ผู้ใช้สามารถเพิ่มข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูล ซึ่งจำเป็นต้องให้วิศวกรระบบประกอบอาคารเป็นผู้อัพเดทข้อมูลในแบบจำลอง as-built BIM และมีความต้องการจำกัดสำหรับการเข้าใช้ใน software application

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของการใช้งาน software application

1) ผู้ใช้ได้ให้ความเห็นว่าควรจะมีการเข้าถึงข้อมูลใน software application เช่น ผู้ใช้ในตำแหน่งที่แตกต่างกันการเข้าถึงข้อมูลก็แตกต่างกัน

2) ผู้ใช้มีความเห็นว่าเมื่อผู้ใช้ต้องการเขียนในส่วนของ data เพิ่มเติมควรระบุวิธีการใช้งานในคู่มือการใช้งานของ software application นี้สำหรับผู้ใช้ที่ต้องการเพิ่มเติมข้อมูลและรายละเอียดของข้อมูลลงไปในแบบจำลอง as-built BIM

3) ในมุมมองของผู้ใช้พบว่าระบบ software application นี้สามารถพัฒนาต่อไปได้สำหรับงานวิจัยอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง ผู้วิจัยมีความเห็นว่าสามารถนำข้อมูลที่ไม่เพียงแต่ข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาในระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM นี้ แต่ยังมีข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลขนาดของอุปกรณ์, ข้อมูลพื้นที่ของห้องในอาคารตัวอย่าง โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้งาน FM ได้

8.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

สำหรับกลุ่มเป้าหมายในการนำระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ไปใช้ประโยชน์ คือ ผู้ว่าจ้าง, ผู้จัดการอาคาร และผู้ใช้งานอื่น ๆ สำหรับนำระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM มาใช้สำหรับงาน FM ในหน่วยงานของตน เพื่อให้กระบวนการทำงานในช่วง O&M มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงการปรับปรุงกระบวนการทำงานเดิมจากการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการนำสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM ที่ได้รับภายหลังอาคารก่อสร้างเสร็จมาใช้ในงาน FM ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

8.3 ข้อจำกัดงานวิจัย

1) กรอบแนวคิดในการส่งผ่านข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัฏจักรชีวิตของอาคารมีระยะเวลานานพอสมควรจึงทำให้ไม่สามารถประยุกต์ใช้ระบบการส่งผ่านแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM สำหรับทุกช่วงเวลาของโครงการก่อสร้างได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) เรื่องซอฟต์แวร์ในการทำงานและเรื่องผู้ใช้งาน พบว่าเรื่องซอฟต์แวร์ได้มีการนำซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยในองค์กรต่าง ๆ บ้างแล้ว แต่ยังมีไม่มากพอ รวมถึงซอฟต์แวร์ในการติดตั้งและการใช้งานอาจมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อน อีกทั้งผู้ใช้งานขาดความรู้และความเข้าใจในการใช้งาน รวมถึงกระบวนการทำงานเดิมซึ่งจำเป็นต้องใช้อยู่ ดังนั้นหน่วยงานต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนให้มีการเข้าถึงซอฟต์แวร์มากขึ้นและการฝึกฝนผู้ใช้งานให้มีความเข้าใจ สำหรับกระบวนการใช้งานต่าง ๆ เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุด

3) ระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ที่นำเสนอในเรื่องของข้อมูลที่จำเป็นสำหรับ FM ทั้งนี้กระบวนการทำงานดังกล่าวขึ้นอยู่กับประเภทของอาคาร เช่น โรงพยาบาล โรงแรม โรงเรียน คอนโดมิเนียม เป็นต้น ซึ่งอาจจะใช้ข้อมูลและรายละเอียดของข้อมูลในการทำงานที่แตกต่างกันออกไป

4) ระบบส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้เป็นเพียงกรอบแนวคิด แต่เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานต่อไปซึ่งมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบดังกล่าวให้เป็นมิตรกับผู้ใช้มากยิ่งขึ้น

8.4 ข้อแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากงานวิจัยในครั้งนี้ พบข้อเสนอแนะในงานวิจัยในอนาคตเกี่ยวกับแนวทางการทำงาน โดยอ้างอิงจากองค์กร CIC เรื่องของกระบวนการนำ BIM มารวมเข้าด้วยกัน (BIM Integrated Process) เกี่ยวกับกระบวนการทำงานและผู้รับผิดชอบในงานนั้น ๆ ในการทำงานร่วมกันของแต่ละฝ่ายจะต้องมีการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบ ระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM ที่นำเสนอไปนั้นถูกใช้ในช่วงการดำเนินงานและบำรุงรักษาผู้รับผิดชอบในการกระบวนการดังกล่าว คือ ผู้จัดการอาคารและผู้ใช้งาน ซึ่งต่างจากกระบวนทำงานเดิมซึ่งไม่ได้มีการนำแบบจำลอง as-built BIM เข้ามาช่วยใน FM สำหรับงานวิจัยในอนาคตสำหรับเรื่องกระบวนการทำงานของระบบการส่งผ่านสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM สู่กระบวนการ FM อาจมีการพัฒนาโดยเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ กับโทรศัพท์มือถือและแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ รวมถึงต้องเป็นมิตรกับผู้ใช้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น และเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบงาน FM ในเรื่องอื่น ๆ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลผู้เชี่ยวชาญหน่วยงานต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์หน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

1) หน่วยงานผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ (Developer) จำนวน 2 ท่าน แบ่งเป็น

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (1)

ชื่อหน่วยงาน : บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้

ตำแหน่ง : ผู้จัดการอาวุโส งานพัฒนาระบบงานและระบบบริหารโครงการ

อายุ : 35-40 ปี

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (2)

ชื่อหน่วยงาน : บริษัท อนันดา ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน)

ตำแหน่ง : Assistant BIM Director

อายุ : 35-40 ปี

2) ที่ปรึกษาโครงการ (Consultant) จำนวน 2 ท่าน แบ่งเป็น

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (3)

ชื่อหน่วยงาน : บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด (มหาชน)

ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการศูนย์แอดวานซ์เทคโนโลยี

อายุ : 35-40 ปี

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (4)

ชื่อหน่วยงาน : บริษัท ออเรคอน คอนซัลติ้ง (ประเทศไทย) จำกัด

ตำแหน่ง : BIM Management Leader

อายุ : 35-40 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (5)

ชื่อหน่วยงาน : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่ง : อาจารย์

อายุ : 40-45 ปี

3) ผู้เชี่ยวชาญทาง FM (ผู้จัดการอาคาร) จำนวน 3 ท่าน แบ่งเป็น

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (6)

ชื่อหน่วยงาน : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่ง : ผู้จัดการอาคารส่วนซ่อมบำรุง

อายุ : 50-55 ปี

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (7)

ชื่อหน่วยงาน : โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สภากาชาดไทย

ตำแหน่ง : รองผู้อำนวยการสำนักงานบริหารระบบกายภาพ

อายุ : 55-60 ปี

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (8)

ชื่อหน่วยงาน : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่ง : ผู้จัดการอาคาร

อายุ : 50-55 ปี

4) ผู้เชี่ยวชาญทาง BIM

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (9)

ชื่อหน่วยงาน : VR DIGITAL COMPANY LIMITED

ตำแหน่ง : BIM MANAGER

อายุ : 30 ปี

5) วิศวกรไฟฟ้า

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (10)

ชื่อหน่วยงาน : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่ง : วิศวกรไฟฟ้า

อายุ : 30 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข.

แผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรของอาคารกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ลำดับ (Item)	ชื่อ/ ชนิดของเครื่องจักร	ชื่อย่อ	ความถี่ในการซ่อมบำรุง
A	Electrical System (EE)		
1	Ring Main Unit	RMU	Y
2	Transformer	TR	S, Y
3	Main Distribution Board	MDB	Y
	3.1 Air Circuit Breaker		Y
	3.2 Molded Case Circuit Breaker	MCCB	Y
	3.3 Capacitor Bank	CAP	Y
	3.4 Automatic Transfer Switch	ATS	Y
4	Busway	BUS	Y
5	Plug-in Unit		Y
6	Emergency Main Distribution	EMDB	Y
7	Distribution Board	DB	Y
8	Load Panel	LP	Y
9	Emergency Load Panel	ELP	M, Y
10	Generator	GEN	W, Y
11	Grounding	GND	Y
12	Air- Therminal Lighting	AT	Y
13	Elevator System	ELEV	M
B	Communication System (COM)		
14	Telephone System	TEL	
	14.1 Main Distribution Frame	MDF	Q
	14.2 Telephone Cabinet	TC	Q

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร (ต่อ)

	Sanitary System (SN)	C	
15	Cold Water Pump/ Transfer Pump	CWP	M, Y
16	Booster Pump	BP	M, S
17	Roof Water Tank	RWT	Q, S, Y
18	Under Ground Water Tank/ Storage Tank	UGWT	Q, S, Y
19	Sewage Pump	SP	Q, S, Y
20	Effiuent Pump	EFP	Q, S, Y
21	Sumergesible Ejector	EJ	Q, S, Y
22	Drainage Pump	DP	Q, S, Y
D	Fire Fighting & Fire Protection System (FF&FP)		
23	Fire Alarm System	FAS	
	23.1 Fire Alarm Control Panel	FCP	M, Y
	23.2 Graphic Annunciator	ANN	M, Y
	23.3 Monitor Module	FA	Y
	23.4 Manual Station	M	Y
	23.5 Heat Detector	H	Y
	23.6 Smoke Detector	S	Y
	23.7 Alarm Bell	B	Y
	23.8 Fire Alarm Amplifier	ATP	Y
	23.9 Fire Alarm Speaker	SPK	Y
	23.10 Fire Telephone Jack	FTL	Y

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร (ต่อ)

24	Engine Fire Pump	EFP	W, Y
25	Jockey Pump	JP	W, Y
26	Sprinkler System	SPR	
	26.1 Fire Protection Graphic Annuanciator	FPANN	Y
	26.2 Flow Switch	FS	Y
	26.3 Supervisory Switch	SS	Y
	26.4 Alarm Gong	AG	Y
27	Fire Hose Cabinet	FHC	Y
28	Fire Extinguisher Tank	FET	M, S
29	Obstruction Light	OBL	M, Y
30	Emergency Light Central Battery	BAT	M, Y
31	Exit Light	EXL	M, Y
F	Air Conditioning System and Ventilation System		
32	Fan Coil Unit & Condensing Unit (Split Type)	FCU	2M, S
33	Fan Coil Unit	FCU	2M, S
34	Condensing Unit	CDU	2M, S
35	Air Handling Unit	AHU	2M, S
36	Exhaust Fan	EXF	2M, S
37	Pressurized Blower	PB	2M, S

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ W = ความถี่ในการซ่อมบำรุงทุก ๆ 1 สัปดาห์

M = ความถี่ในการซ่อมบำรุงทุก ๆ 1 เดือน

2M = ความถี่ในการซ่อมบำรุงทุก ๆ 2 เดือน

Q = ความถี่ในการซ่อมบำรุงทุก ๆ 3 เดือน

S = ความถี่ในการซ่อมบำรุงทุก ๆ ครึ่งปี

Y = ความถี่ในการซ่อมบำรุงทุก ๆ ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค.

category ของงานระบบ MEP ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับ category ของระบบเครื่องกล (Mechanical) ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง แบ่งออกเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- Air Terminals
- Areas
- Detail Items
- Duct Accessories
- Duct Fittings
- Duct Insulations
- Duct Linings
- Duct Placeholders
- Ducts
- Flex Ducts
- Generic Models
- Lines
- Mechanical Equipment
- MEP Fabrication Ductwork
- MEP Fabrication Hangers
- Raster Images

สำหรับ category ของระบบไฟฟ้า (Electrical) ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง แบ่งออกเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- Areas
- Cable Tray Fittings
- Cable Trays
- Communication Devices
- Conduit Fittings
- Conduits
- Data Devices
- Detail Items
- Electrical Equipment
- Electrical Fixtures

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Fire Alarm Devices
- Generic Models
- Lighting Devices
- Lighting Fixtures
- Lines
- MEP Fabrication Containment
- MEP Fabrication Hangers
- Nurse Call Devices
- Raster Images
- Security Devices
- Telephone Devices
- Wires

สำหรับ category ของระบบสุขภัณฑ์ (Plumbing) ในแบบจำลอง as-built BIM ของอาคารตัวอย่าง แบ่งออกเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- Areas
- Detail Items
- Flex Pipes
- Generic Models
- Lines
- Mechanical Equipment
- MEP Fabrication Ductwork
- MEP Fabrication Hangers
- MEP Fabrication Pipework
- Pipe Accessories
- Pipe Fittings
- Pipe Insulations
- Pipe Placeholders
- Pipes
- Plumbing Fixtures
- Raster Images

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Sprinklers

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง.
รูปแบบ worksheets ต่าง ๆ ที่ถูกส่งออกจาก COBie

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) All Phases

Contact เป็นรายละเอียดของข้อมูลทั่วไปของผู้เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Email
- Created By
- Created On
- Category
- Company
- Phone
- Ext System
- Ext Object
- Ext ldentifier
- Department
- Organization Code
- Given Name
- Family Name
- Street
- Postal Box
- Town
- State Region
- Postal Code
- Country

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) **Early Design Worksheets**

2.1 Facility เป็นข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ ไซต์งานและสิ่งอำนวยความสะดวกของอาคาร ได้แก่

- Name
- Created By
- Created On
- Category
- Project Name
- Site Name
- Linear Units

- Area Units
- Volume Units
- Area Measurement
- External System
- External Project Object
- External Project Identifier
- External Site Object
- External Site Identifier
- External Facility Object
- External Facility Identifier
- Description
- Project Description
- Site Description
- Phase

2.2 Floor เป็นข้อมูลแสดงระดับแนวตั้งและพื้นที่ภายนอกของแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Name
- Created By
- Created On
- Category
- Ext System
- Ext Object
- Ext Identifier
- Description
- Elevation
- Height

2.3 Space เป็นข้อมูลแสดงพื้นที่ต่าง ๆ ของแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Name
- Created By
- Created On
- Category

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Floor Name
- Description
- Ext System
- Ext Object
- Ext Identifier
- Room Tag
- Usable Height
- Gross Area
- Net Area

2.4 Zone เป็นชนิดของบริเวณของแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Name
- Created By
- Created On
- Category
- Space Names
- Ext System
- Ext Object
- Ext Identifier
- Description

2.5 Type เป็นชนิดของอุปกรณ์ สินค้าและวัสดุต่าง ๆ ของแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Name
- Manufacturer
- Model Number
- Warranty Guarantor Parts
- Warranty Guarantor Labor
- Warranty Duration Labor
- Warranty Duration Unit
- Ext System
- Ext Object
- Ext Identifier
- Replacement Cost

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Expected Life
- Duration Unit

3) **Detailed Design Worksheets**

3.1 Component ซึ่งเป็นรายละเอียดชื่อบุคคลหรือรายการตารางของแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Name
- Created By
- Created On
- Type Name
- Space
- Description
- Ext System
- Ext Object
- Ext Identifier
- Serial Number
- Installation Date
- Warranty Start Date
- Tag Number
- Bar Code
- Asset Identifier
- Area
- Length

3.2 System ซึ่งเป็นรายละเอียดชุดของส่วนประกอบที่ให้บริการของแบบจำลอง as-built BIM อาคารนี้ ได้แก่

- Name
- Created By
- Created On
- Category
- Component Names
- Ext System
- Ext Object

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- Ext Identifier
- Description

4) **Construction Worksheets** ของแบบจำลอง as-built BIM อาคาร ได้แก่

- เอกสารการส่งมอบและการอนุมัติ ซึ่งได้เพิ่มเข้าไปในแผ่นงานในส่วนของ Documents
- เอกสารการผลิตและแบบจำลอง ซึ่งได้เพิ่มเข้าไปในแผ่นงานในส่วนของ Type
- เอกสารหมายเลขผลิตภัณฑ์และแถบป้ายบอกข้อมูล ซึ่งได้เพิ่มเข้าไปในแผ่นงานในส่วนของ Component

5) **Operations and Maintenance Worksheets** ซึ่งเป็นรายละเอียดของข้อมูลการประกันที่เพิ่มในส่วนแผ่นงาน Type ได้แก่

- Spare ในส่วนประกอบอะไหล่
- Resource ในส่วนของวัสดุที่จำเป็น เครื่องมือและการฝึกอบรม
- Job ในส่วนของ Preventive Maintenance ความปลอดภัยและแผนงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ.
แผนงานซ่อมบำรุงที่สัมพันธ์กับหมวดหมู่แบบจำลอง as-built BIM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนงานซ่อมบำรุงที่สัมพันธ์กับหมวดหมู่แบบจำลอง as-built BIM

ลำดับ (Item)	ชื่อ/ ชนิดของเครื่องจักร	ชื่อย่อ	สอดคล้องกับ Category ในหมวดหมู่แบบจำลอง as-built BIM
A	**Electrical System (EE)**		
1	Ring Main Unit	**RMU**	Electrical Equipment
2	Transformer	**TR**	Electrical Fixtures
3	Main Distribution Board	**MDB**	Electrical Equipment
	3.1 Air Circuit Breaker	**ACB**	Electrical Equipment
	3.2 Molded Case Circuit Breaker	**MCCB**	Electrical Equipment
	3.3 Capacitor Bank	**CAP**	Electrical Fixtures
	3.4 Automatic Transfer Switch	**ATS**	Electrical Equipment
4	Busway	**BUS**	Electrical Fixtures
5	Plug-in Unit		Electrical Equipment
6	Emergency Main Distribution	**EMDB**	Electrical Equipment
7	Distribution Board	**DB**	Electrical Equipment
8	Load Panel	**LP**	Electrical Equipment Electrical Equipment
9	Emergency Load Panel	**ELP**	Electrical Equipment
10	Generator	**GEN**	Electrical Equipment
11	Grounding	**GND**	Electrical Fixtures
12	Air-Terminal Lighting	**AT**	Electrical Equipment
13	Elevator System	**ELEV**	Electrical Equipment
B	**Communication System (COM)**		
14	Telephone System	**TEL**	Telephone Devices
	14.1 Main Distribution Frame	**MDF**	Telephone Devices
	14.2 Telephone Cabinet	**TC**	Telephone Devices

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

C	Sanitary System (SN)		
15	Cold Water Pump/ Transfer Pump	**CWP**	Mechanical Equipment
16	Booster Pump	**BP**	Mechanical Equipment
17	Roof Water Tank	**RWT**	Areas
18	Under Ground Water Tank/ Storage Tank	**UGWT**	Areas
19	Sewage Pump	**SP**	Mechanical Equipment
20	Effluent Pump	**EFP**	Mechanical Equipment
21	Submersible Ejector	**EJ**	Mechanical Equipment
22	Drainage Pump	**DP**	Mechanical Equipment
D	**Fire Fighting & Fire Protection System (FF&FP)**		
23	Fire Alarm System	**FAS**	Fire Alarm Devices
	23.1 Fire Alarm Control Panel	**FCP**	Fire Alarm Devices
	23.2 Graphic Annunciator	**ANN**	Fire Alarm Devices
	23.3 Monitor Module	**FA**	Fire Alarm Devices
	23.4 Manual Station	**M**	Fire Alarm Devices

	23.6 Smoke Detector	**S**	Fire Alarm Devices
	23.7 Alarm Bell	**B**	Fire Alarm Devices
	23.8 Fire Alarm Amplifier	**ATP**	Fire Alarm Devices
	23.9 Fire Alarm Speaker	**SPK**	Fire Alarm Devices
	23.10 Fire Telephone Jack	**FTL**	Fire Alarm Devices Fire Alarm Devices
24	Engine Fire Pump	**EFP**	Mechanical Equipment
25	Jockey Pump	**JP**	Mechanical Equipment
26	Sprinkler System	**SPR**	
	26.1 Fire Protection Graphic Annunciator	**FPANN**	Mechanical Equipment
	26.2 Flow Switch	**FS**	Pipe Accessories
	26.3 Supervisory Switch	**SS**	Pipe Accessories
27	Fire Hose Cabinet	**FHC**	Mechanical Equipment
28	Fire Extinguisher Tank	**FET**	Pipe Accessories
29	Obstruction Light	**OBL**	Electrical Equipment

30	Emergency Light Central Battery	**BAT**	Electrical Equipment
31	Exit Light	**EXL**	Electrical Equipment
F	**Air Conditioning System and Ventilation System**		
32	Fan Coil Unit & Condensing Unit (Split Type)	**FCU**	Mechanical Equipment
33	Fan Coil Unit	**FCU**	Mechanical Equipment
34	Condensing Unit	**CDU**	Mechanical Equipment
37	Pressurized Blower	**PB**	Mechanical Equipment

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Akcamete, A., Akinci, B., Garrete, G.H.,. (2010). *Potential utilization of building information models for planning maintenance activities*. Paper presented at the icccbe2010, Nothingham University Press. https://www.researchgate.net/profile/Asli_Akcamete/publication/260056325_Potential_utilization_of_building_information_models_for_planning_maintenance_activities/links/54fefabf0cf2741b69f1e055/Potential-utilization-of-building-information-models-for-planning-maintenance-activities.pdf

Araszkiewicz, K. (2017). Digital Technologies in Facility Management – The state of Practice and Research Challenges. *Procedia Engineering,* 196, 1034-1042. doi:https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.059

AUTODESK. (2017). AUTODESK BIM INTEROPERABILITY TOOLS. Retrieved from http://www.biminteroperabilitytools.com/cobieextensionrevit.php

Building and Construction Authority. (2013). *Singapore BIM Guide Version*2. In (pp. 70).

Burcin, B. C., Farrokh, J., Nan, L., & Gulben, C. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management,* 138(3), 431-442. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433

Chen, W., Chen, K., Cheng, J. C. P., Wang, Q., & Gan, V. J. L. (2018). BIM-based framework for automatic scheduling of facility maintenance work orders. *Automation in Construction,* 91, 15-30. doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.007

CHENG, J. C. P. (2020). *Creation, Integration and Management of BIM Information*. Hong Kong.

Cunha, F. (2018). The 7 Dimensions of Building Information Modeling. Retrieved from https://ilovemyarchitect.com/2018/07/05/the-7-dimensions-of-building-information-modeling/

Daniel, R. A., Paulus, T.,. (2019). Chapter 15 - Maintenance Issues. In R. Daniel & T. Paulus (Eds.), *Lock Gates and Other Closures in Hydraulic Projects* (pp. 883-916): Butterworth-Heinemann.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

East, E. W., & Jackson, R. (2016). Construction-Operations Building Information Exchange (COBie) Retrieved from https://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie

Elmualim, A., & Pelumi-Johnson, A. (2009). Application of computer-aided facilities management (CAFM) for intelligent buildings operation. 27(11/12), pp.421-428.

International Facility Management Association. (2009). Global Job Task Analysis.

International Facility Management Association. (2013). What is Facility Management? Retrieved from https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management

Kreider, R. G., Messner,J.I., Penn State.,. (2013). The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. In (pp. 23). The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Retrieved from http://bim.psu.edu.

Lee, J., Jeong, Y., Oh, Y. S., Lee, J. C., Ahn, N., Lee, J., & Yoon, S. H. (2013). An integrated approach to intelligent urban facilities management for real-time emergency response. *Automation in Construction,* 30, 256-264. doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.008

Lin, Y. C., Lin, C. P., Hu, H. T., & Su, Y. C. (2018). Developing final as-built BIM model management system for owners during project closeout: A case study. *Advanced Engineering Informatics,* 36, 178-193. doi:https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.04.001

Macchi, M., Roda, I., Negri, E., & Fumagalli, L. (2018). Exploring the role of Digital Twin for Asset Lifecycle Management. *IFAC-PapersOnLine,* 51(11), 790-795. doi:https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.415

Marczyk, G., & DeMatteo, D. (2005). *Essentials of Research Design and Methodology*: John Wiley & Sons.

Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R. G., . . . Zikic, N. (2019). BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2. In. University Park, Penn State, USA: Computer Integrated Construction Research Program. Retrieved from https://psu.pb.unizin.org/

Mohanta, A., Das, S.,. (2016). *BIM AS FACILITIES MANAGEMENT TOOL: A BRIEF REVIEW*. Paper presented at the The 7th International Conference on Sustainable Built

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Environment Earl's Regency Hotel, Kandym Sri Lanka. http://dl.lib.mrt.ac.lk/handle/123/12542

NATHAN H. (2018). BIM for FM, Clients, Owners and Operators. In BIM JOURNAL. Retrieved from https://issuu.com/bimjournal/docs/bim_journal_20180205.

National Institute of BUILDING SCIENCES. (2015). National BIM Standard-United States. In. Retrieved from https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf.

Nicał, A. K., & Wodyński, W. (2016). Enhancing Facility Management through BIM 6D. *Procedia Engineering,* 164, 299-306. doi:https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.623

Nor Diana, A., Abdul Hadi, N., & Nor Rima Muhamad, A. (2016). ICT Evolution in Facilities Management (FM): Building Information Modelling (BIM) as the Latest Technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 234, 363-371. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.253

Petrovčič, A., Petrič, G., & Lozar Manfreda, K. (2016). The effect of email invitation elements on response rate in a web survey within an online community. *Computers in Human Behavior,* 56, 320-329. doi:https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.025

Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X., Eastman, C., & Self, A. P. (2018). Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). *Automation in Construction,* 87, 22-38. doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.004

Sinopoli, J. (2010). Chapter 12 - Facility Management Systems. In J. Sinopoli (Ed.), *Smart Building Systems for Architects, Owners and Builders* (pp. 129-137). Boston: Butterworth-Heinemann.

Smith, D. K., & Tardif, M. (2012). *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*: Wiley.

Teicholz, P. (2013). *BIM for FACILITY MANAGERS.*: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

VR DIGITAL. (2562). [REVIT] รู้จักกับ OMNICLASS รหัสมาตรฐานเพื่อการกำหนดหมวดหมู่ ที่มีมาพร้อมกับซอฟต์แวร์ REVIT. Retrieved from https://www.vrdigital.co.th/2017th/archives/10674

Weygant, R. S. (2011). BIM Content Development: Standards, Strategies, and Best Practices. In (pp. 464). Retrieved from https://www.wiley.com/en-us/BIM+Content+Development%3A+Standards%2C+Strategies%2C+and+Best+Practices-p-9780470583579.

กวีไกร ศรีหิรัญ. (2562). *BIM* ในขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้าง งานสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิราภรณ์ ธรรมรักษา. (2558). แนวทางการบริหารจัดการออกแบบในช่วงเปลี่ยนผ่านเพื่อนำแบบจำลองสารสนเทศ (*BIM)* มาใช้ในกระบวนการทำงานร่วมกัน (*COLLABORATION)* ในการพัฒนาแบบสถาปัตยกรรม สำหรับสำนักงานสถาปนิกในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,

ดร.พนิตา พงษ์ไพบูลย์. (2060). ทันกระแส IOT. หนังสือพิมพ์โพสต์ทูเดย์. Retrieved from https://blog.netpie.io/archives/2594

ทรงพล ยมนาค. (2561a). จัดการข้อมูลที่เป็นแหล่งเดียวกัน. Retrieved from https://www.facebook.com/RevitThai/posts/956219181229288/

ทรงพล ยมนาค. (2561b). พื้นฐานการทำงานด้วย BIM. Retrieved from https://www.facebook.com/RevitThai/posts/782203711964170/

รัศรินทร์ โคตรปาลี. (2559). แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

สภาสถาปนิก, ส., วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์,. (2560). *Building Information Modeling Guide* แนวทางการทำงานแบบจำลองสารสนเทศสนเทศอาคาร ฉบับที่ 1 ปี พ.ศ. 2560.

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2547). คู่มือสถาปนิก พ.ศ.2547. In. Retrieved from http://www.thailaws.com/law/thaiacts/code5015.pdf

อาทิวรรณ โชติพฤกษ์. (2555). ก้าวสู่ความเป็นนักวิจัยมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สุธาสินี ทาแดง
วัน เดือน ปี เกิด	11 มีนาคม 2537
สถานที่เกิด	ไทย
ที่อยู่ปัจจุบัน	22/72 หมู่บ้านกาญจน์กนกวิลล์ 2 ตำบลสันทรายน้อย อ.สันทราย จ. เชียงใหม่ 50210

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University