แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง

นางสาวรัศรินทร์ โคตรปาลี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Guideline for Developing As-Built Building Information Modeling (BIM) Models

Miss Rutsarin Kotpalee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง
โดย	นางสาวรัศรินทร์ โคตรปาลี
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล)

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

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รัศรินทร์ โคตรปาลี : แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (A Guideline for Developing As-Built Building Information Modeling (BIM) Models) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์, 224 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM model) ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานของเจ้าของอาคาร โดยมุ่งเน้นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการพัฒนา as-built BIM model งานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลที่ได้จากเอกสารที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์เชิงลึกฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างที่มีการนำการจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มาใช้ในโครงการก่อสร้างอาคาร จำนวน 24 ท่าน จาก 14 องค์กร องค์ประกอบของแบบจำลองถูกรวบรวมจากมาตรฐาน OmniClass table 21 และถูกตรวจสอบความถูกต้องโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ BIM ข้อมูลสารสนเทศและคุณลักษณะของ as-built BIM model ถูกพัฒนาจากขั้นตอนการจัดเตรียมแบบสร้างจริงและการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานจริงการบำรุงรักษาอาคาร และถูกตรวจสอบความถูกต้องโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

แนวทางการพัฒนา as-built BIM model ที่สำคัญ ได้แก่ (1) แบบจำลอง as-built BIM ที่เหมาะสมจะต้องมาจากวัตถุประสงค์การนำไปใช้งานของเจ้าของอาคาร ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไป operation and maintenance (2) การพัฒนา as-built BIM model ไม่จำเป็นต้องถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากแบบจำลองในช่วงออกแบบ (design model) และแบบจำลองในช่วงการก่อสร้าง (constriction model) (3) as-built BIM model ควรจะพัฒนาอ้างอิงมาจากแบบจำลอง design models และข้อมูลบางส่วนมาจาก construction model (4) ระดับรายละเอียดที่เหมาะสม (Level of Details, LoD) ของ as-built BIM model ควรอยู่ระหว่าง LoD 300-LoD 400 (5) รายละเอียดขององค์ประกอบและข้อมูลสารสนเทศควรมาจากความต้องการของผู้ใช้งานอาคารเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบหลักของ as-built BIM model ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) องค์ประกอบของแบบจำลอง (model elements) (2) ข้อมูลสารสนเทศและคุณลักษณะของแบบจำลอง (information and model attributes) (3) ระดับรายละเอียดของแบบจำลอง (Level of Detail, LoD) แนวทางที่นำเสนอนี้ได้ถูกตรวจสอบโดยประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา อาคารจุฬาพัฒน์ 14 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อยืนยันว่าแนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5570559921 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: BUILDING INFORMATION MODEILING / AS-BUILT BIM MODELS

RUTSARIN KOTPALEE: A Guideline for Developing As-Built Building Information Modeling (BIM) Models. ADVISOR: ASSOC. PROF. VEERASAK LIKHITRUANGSILP, Ph.D., 224 pp.

The objective of this thesis is to propose a guideline for developing as-built Building Information Modeling (BIM) models, which corresponds with building owners' goals by focusing on necessary elements for developing the models. This research is based on the relevant literature and in-depth interviews with involved parties which implement BIM in their building projects (24 people from 14 companies). The model components are based on the OmniClass table 21 standard and verified by in-depth interviews with BIM experts. Data, information, and the characteristics of as-built BIM model are compiled from standard procedures for preparing as-built drawings and interviews with building maintenance staff members. The results are then verified by in-depth interviews with facility management experts.

There are several issues while developing as-built BIM models. First, as-built BIM models must be initiated from the goals of building owners (herein for building operation and maintenance). Second, as-built BIM models may not necessarily been developed from design BIM models and construction BIM models. Third, as-built BIM models should however be develop based on design BIM models with additional information from construction BIM models. Fourth, the appropriate Level of Detail (LoD) for as-built BIM models should be between LoD 300 and LoD 400. Fifth, the details of model elements and information should be derived from the needs of building users. Furthermore, as-built BIM models consists of three principal components: (1) model elements, (2) information and model attributes, (3) LoD of the model. The proposed guideline is verified by applying to a case study of actual building project, Chula Pat 14 at Chulalongkorn University to confirm its practicality.

Department: Civil Engineering
Field of Study: Civil Engineering
Academic Year: 2016

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้ความอนุเคราะห์ทั้งด้านวิชาการและด้านกำลังใจจากบุคคลรอบข้าง ไม่ว่าจะเป็นบุคคลในครอบครัว เพื่อน และผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาค่อยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและแนวทางในการทำงานวิจัย ตลอดจนการตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ด้วยความใส่ใจอย่างเต็มที่มาโดยตลอด จนกระทั้งงานวิจัยสำเร็จลุล่วง อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านซึ่งประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. วิศณุ ทรัพย์สมพล และรองศาสตราจารย์ วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร ที่เอื้อเฟื้อเวลาอันมีค่ามาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ รวมไปถึงการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบของพระคุณ กลุ่มภารกิจซ่อมบำรุง สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าในการทำงานของท่านในการให้สัมภาษณ์ และให้ความอนุเคราะห์ให้เข้าสังเกตการณ์ในโครงการก่อสร้างเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัวทั้งบิดา มารดา และน้องสาว ตลอดจนเพื่อนสนิททุกท่าน ที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และเป็นแรงผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3
1.2 ขั้นตอนการวิจัย 4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 การจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง 6
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับ BIM 9
2.2.1 คำนิยาม 11
2.2.2 เครื่องมือ 12
2.2.3 ประโยชน์และอุปสรรคในการประยุกต์ใช้ BIM 13
2.2.4 ระดับของการพัฒนา 15
2.2.5 องค์ประกอบของแบบจำลอง 17
2.3 มาตรฐาน BIM ในต่างประเทศ 20
2.4 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit 24
2.5 แนวคิด และคำนิยามเกี่ยวกับ FM 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.6 การประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ใน FM 31
2.7 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง 34
2.8 สรุปท้ายบท 38
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 39
3.1 ลักษณะของงานวิจัย 39
3.2 แนวคิดและหลักการทำวิจัย 41
3.3 ขั้นตอนงานวิจัย 42
3.4 ทบทวนงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง 43
3.5 ศึกษากระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง 43
3.6 ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 45
3.7 รวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร 46
3.8 วิเคราะห์องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 47
3.9 พัฒนากรอบเบื้องต้นสำหรับพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 47
3.10 ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงกระบวนการนำ BIM ไปปฏิบัติใช้ 48
3.11 สรุปงานวิจัย และวิเคราะห์หาข้อจำกัดของงานวิจัย 49
3.12 สรุปท้ายบท 49
บทที่ 4 การวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาแบบก่อสร้างจริง 50
4.1 กระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง 50
4.2 พัฒนาการของแบบระหว่างการก่อสร้าง 58
4.3 ปัญหาในกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริง 59
4.4 การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ที่นำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ 64
4.4.1 การใช้ประโยชน์ BIM ในช่วงการก่อสร้าง 65
4.4.2 กระบวนการก่อสร้างอาคารที่นำแนวคิด BIM มาใช้ตามทฤษฎี 67

หน้า

4.5 การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 76
4.5.1 การใช้ประโยชน์ BIM ในระหว่างการก่อสร้าง 76
4.5.2 การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ในประเทศไทย 83
4.6 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างจริง 93
4.7 สรุปท้ายบท 98
บทที่ 5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM 102
5.1 องค์ประกอบ 102
5.2 สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบ 111
5.3 ระดับของการพัฒนาและความละเอียด 119
5.4 สรุปท้ายบท 128
บทที่ 6 ขั้นตอนในการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 131
6.1 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในโครงการก่อสร้าง 131
6.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 135
6.3 พัฒนากรอบเบื้องต้นสำหรับพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 139
6.3.1 ปัจจัยหลักในการตัดสินใจ 142
6.3.2 ลักษณะของโครงการก่อสร้าง 146
6.3.3 ลักษณะของแบบจำลอง 148
6.3.4 รูปแบบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 151
6.3.5 พัฒนาแนวทางการนำ BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM 153
6.4 การตรวจสอบความถูกต้องของกรอบพื้นฐานที่พัฒนาขึ้น 157
6.5 สรุปท้ายบท 159
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 161
7.1 สรุปผลการวิจัย 161

หน้า

7.1.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ 161
7.1.2 ผลลัพธ์ที่พัฒนาขึ้น 164
7.2 ข้อจำกัดงานวิจัย 166
7.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยในอนาคต 167
รายการอ้างอิง 168
ภาคผนวก ก ผลการสัมภาษณ์ 177
ภาคผนวก ข กระบวนการซ่อมบำรุงอาคาร 182
ภาคผนวก ค สรุปสัมภาษณ์กระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างก่อสร้าง 195
ภาคผนวก ง รายชื่อผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 216
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 224

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 อุปสรรคต่อการนำ BIM มาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง 16
ตารางที่ 2.2 คำอธิบายระดับการพัฒนา 18
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างรายการองค์ประกอบ 23
ตารางที่ 2.4 ช่วงเวลาในการก่อสร้าง 25
ตารางที่ 2.5 ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการทำงานร่วมกันที่ไม่มีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการก่อสร้างปี 2002 33
ตารางที่ 2.6 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการทำงานร่วมกันที่ไม่มีประสิทธิภาพของผู้มีส่วนร่วม 33
ตารางที่ 3.1 ประเภทของงานวิจัยจำแนกตามลักษณะการพิจารณา ((Marczyk G et al., 2005), (อาทิวรรณ โชติพฤกษ์, 2555)) 39
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแบบระหว่างการก่อสร้าง 62
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง 72
ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบของแบบจำลอง BIMForum (2015) 74
ตารางที่ 4.4 วัตถุประสงค์ในการนำ BIM มาใช้ในโครงการของแต่ละบริษัท 84
ตารางที่ 4.5 BIM Use ที่นำมาใช้ในโครงการของแต่ละบริษัท 85
ตารางที่ 5.1 รายการ elements ในต่างประเทศ 104
ตารางที่ 5.2 รายการ elements ที่เหมือนกันในแต่ละมาตรฐาน 106
ตารางที่ 5.3 องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM 108
ตารางที่ 5.4 ตัวอย่างรายการข้อมูลงานสถาปัตยกรรม 113
ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างรายการข้อมูลงานวิศวกรรมโครงสร้าง 114
ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างรายการข้อมูลงานระบบต่าง ๆ 115
ตารางที่ 5.7 รายการข้อมูลและสารสนเทศของแบบจำลองก่อสร้างจริง 116
ตารางที่ 5.8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM 118

Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้..... 140
ตารางที่ 6.2 การจำแนกหมวดของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการ..... 142
ตารางที่ 6.3 ลำดับความสำคัญของปัจจัยจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 144
ตารางที่ 6.4 BIM use ที่นำมาใช้ในโครงการก่อสร้าง (Malvar, 2014)..... 149
ตารางที่ 6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ในการใช้ BIM และ BIM use..... 156
ตารางที่ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างกับแผนการพัฒนาแบบจำลอง..... 157

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 การจัดการสารสนเทศตลอดวงจรชีวิตอาคารโดยแนวคิด BIM 10

ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงการประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ในโครงการก่อสร้าง ในปี 2008 และ ปี 2009 10

ภาพที่ 2.3 ผลสำรวจร้อยละของโครงการที่นำซอฟต์แวร์ BIM ใช้ในโครงการก่อสร้างในประเทศสหรัฐอเมริกา 14

ภาพที่ 2.4 รายละเอียดความหมาย OmnniClass Number 23

ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit 28

ภาพที่ 2.6 ระดับข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit 29

ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างระดับข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit 29

ภาพที่ 2.8 ปฏิสัมพันธ์ของคน งาน และอาคาร อ้างอิงจาก 32

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดพัฒนาการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 41

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยรวม 44

ภาพที่ 4.1 กระบวนการจัดเตรียมแบบสร้างจริงโดยทั่วไป 57

ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์การจัดซื้อจัดจ้างประเภท ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง (design-bid-build) 64

ภาพที่ 4.3 การทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศตามหลักทฤษฎี 71

ภาพที่ 4.4 กระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในช่วงการก่อสร้างตามหลักทฤษฎี 78

ภาพที่ 4.5 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในช่วงการก่อสร้างโดยทั่วไป รูปแบบที่ 1 96

ภาพที่ 4.6 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในช่วงการก่อสร้างโดยทั่วไป รูปแบบที่ 2 97

ภาพที่ 5.1 ระดับรายละเอียดที่กำหนดโดย CityGML 120

ภาพที่ 5.2 พัฒนาการของแบบจำลองตามระดับสารสนเทศ 122

ภาพที่ 5.3 ตารางการระบุระดับรายละเอียดขององค์ประกอบของแบบจำลอง 128

ภาพที่ 6.1 ตารางวัตถุประสงค์และหน้าที่ความรับผิดชอบ 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 6.2 รูปแบบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM..... 153

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยทั่วไปการบริหารงานก่อสร้างจะเกี่ยวข้องกับหลายหลายองค์ประกอบของโครงการ ไม่ว่าจะเป็นการบริหารเวลาให้เป็นไปตามกำหนดการที่ได้วางแผนไว้เพื่อให้โครงการแล้วเสร็จตามที่ได้กำหนดในสัญญาก่อสร้าง การบริหารต้นทุนเพื่อควบคุมให้อยู่ในจำนวนที่เหมาะสมและไม่เกินกว่าจำนวนที่ได้คำนวณไว้ การบริหารคุณภาพงานก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐานหรือตรงตามข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ผู้ว่าจ้างกำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้าง และการจัดการความปลอดภัยของงานก่อสร้างให้มีความปลอดภัยต่อบุคคลกรในพื้นก่อสร้างและบุคคลทั่วไปที่อาศัยอยู่โดยรอบของพื้นที่ก่อสร้าง นอกจากการบริหารองค์ประกอบหลักทั้งสี่แล้ว งานก่อสร้างยังมีสารสนเทศ (information) อีกมากมายที่เกี่ยวข้องในช่วงต่าง ๆ ของโครงการก่อสร้างซึ่งจำเป็นต้องได้รับการบริหารจัดการ สารสนเทศอาคารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารของเจ้าของอาคารเมื่ออาคารก่อสร้างแล้วเสร็จ

ในประเทศไทยการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย อีกทั้งยังไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร กล่าวคือ การบริหารจัดการทรัพยากรอาคารสำหรับโครงการก่อสร้างหรืออาคารที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่ มักจะครอบคลุมแต่การดูแลและใช้งานอาคารเท่านั้น สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากสารสนเทศของอาคารที่มีอยู่ไม่สมบูรณ์ โดยสารสนเทศส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารนั้นมาจากแบบก่อสร้างจริง (as-built drawing) รายการประกอบแบบและคู่มือผู้ใช้งาน ซึ่งมักไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ตัวอย่างสาเหตุซึ่งนำไปสู่ความไม่มีประสิทธิภาพของกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงได้แก่

(1) ข้อมูลในแบบก่อสร้างไม่ได้ปรับแก้ให้เป็นปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง (ธณัชชา สุขขี, 2554)

(2) ข้อมูลจากการจดบันทึกสิ่งที่เปลี่ยนแปลงและการเดินตรวจสอบหน้างานก่อสร้างเพื่อทำแบบก่อสร้างจริงคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับการก่อสร้างจริง ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลในแบบก่อสร้างจริง เป็นผลทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการตรวจสอบและแก้ไขให้ถูกต้อง

(3) การสื่อสารที่ไม่มีประสิทธิภาพระหว่างเจ้าของโครงการ สถาปนิกวิศวกร ผู้ควบคุมงานผู้รับจ้างก่อสร้าง และผู้รับจ้างช่วง นำไปสู่ความขัดแย้งระหว่างการดำเนินงานก่อสร้าง

(4) ความไม่พร้อมด้านการจัดการสารสนเทศของอาคารซึ่งจะนำไปใช้ประกอบการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร เพราะข้อมูลส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปแบบกระดาษหรือเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (เช่น AutoCAD) ทำให้ข้อมูลไม่ครบถ้วนและสืบค้นได้ยาก

แนวทางหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าวคือการประยุกต์ใช้แนวคิดการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ในกระบวนการจัดเตรียมแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง (As-Built BIM) Eastman, His et al. (1998) แห่ง Georgia Institute of Technology ได้เสนอแนวคิด BIM มาใช้ในการบริหารงานก่อสร้าง แนวคิด BIM เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์เพื่อบริหารจัดการและแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศอาคารอย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยแก้ปัญหาการด้านการสื่อสาร นอกจากนี้แบบจำลองที่สร้างขึ้นยังเป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการสารสนเทศตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร (building lifecycle) ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารอีกด้วย เช่น การประมาณต้นทุนก่อสร้าง การชนกันของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในอาคาร (clash detection) และการวางแผนงานการใช้จ่าย (ธณัชชา สุขขี, 2554)

แม้ว่าในปัจจุบันแนวคิด BIM เป็นที่รู้จักแพร่หลายในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยแนวคิด BIM ยังเป็นเรื่องใหม่และยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย นอกจากนี้คู่มือ มาตรฐาน และแนวคิด BIM ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับนำไปใช้กับโครงการก่อสร้างที่ใช้การจัดจ้างประเภทออกแบบและก่อสร้าง (design and build) ขณะที่ในประเทศไทยโครงการก่อสร้างโดยส่วนใหญ่ใช้การจัดจ้างประเภทออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง (design-bid-build) การนำแนวคิด BIM จากต่างประเทศมาใช้กับโครงการก่อสร้างในประเทศไทยโดยตรงจึงไม่เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการส่งผ่านข้อมูล การสื่อสาร และการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของฝ่ายต่าง ๆ ที่มีเกี่ยวข้องมีรูปแบบที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การที่ฝ่ายออกแบบและฝ่ายก่อสร้างในรูปแบบออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง เป็นคนละฝ่ายทำให้เป็นอุปสรรคในการแบ่งปันข้อมูลให้องค์กรอื่นที่ร่วมโครงการด้วย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการก่อสร้างไทยเริ่มมีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในงานก่อสร้างอยู่บ้าง ในบางโครงการผู้รับจ้างก่อสร้างจะต้องส่งมอบแบบจำลอง as-built BIM ให้เจ้าของโครงการตามที่ระบุในสัญญา แต่แบบจำลองดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงเนื่องจาก ขนาดของแบบจำลองใหญ่เกินไป รายละเอียดของแบบจำลองบางส่วนมีมากเกินความจำเป็นและบางส่วนมีรายละเอียดไม่เพียงพอสำหรับการใช้งาน ข้อมูลที่บรรจุอยู่ในแบบจำลองมากหรือน้อยเกินไป จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาขั้นตอนในการนำ BIM มาใช้ในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงอาคารที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเตรียมแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งมีข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เหมาะสมที่จะนำไปใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารต่อไป

ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง(as-built BIM) ที่เหมาะสมกับประเทศไทยจึงมีความจำเป็น เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถจัดเตรียมสารสนเทศสำหรับสร้างแบบจำลอง as-built BIM ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งฝ่ายบริหารจัดการทรัพยากรอาคารสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารของตนให้มีประสิทธิภาพสำหรับโครงการในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM) ที่มีความเหมาะสมกับโครงการก่อสร้างในประเทศไทยซึ่งประกอบสองส่วนหลัก คือ องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริงของโครงการที่ใช้ระบบส่งมอบ (project delivery system) ประเภท ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง (design-bid-build project) โดยศึกษาตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นการก่อสร้างจนจบโครงการก่อสร้าง การศึกษามุ่งเน้นกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้าง การรวบรวมข้อมูลสารสนเทศ และการจัดทำแบบก่อสร้างจริง ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิจัยได้จากสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานจริงจำนวน 31 ท่าน จาก 19 องค์กร การศึกษาสารสนเทศที่จำเป็นสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารมุ่งเน้นการซ่อมบำรุงระบบ

ประกอบอาคาร ผู้วิจัยได้เลือกอาคารจุฬาพัฒน์ 14 ที่ตั้งอยู่ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษา

1.2 ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 8 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นจากงานวิจัยในอดีต บทความทางวิชาการ วารสารทางวิชาการ หนังสือ และเอกสารที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

(2) ศึกษากระบวนการจัดเตรียมแบบระหว่างการก่อสร้างและการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง โดยสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในกระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงและการสังเกตการณ์ แล้วนำมาสรุปขั้นตอนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไป หน้าที่ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม และปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

(3) รวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร โดยการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ ผู้ปฏิบัติงานจริง และผู้จัดการอาคาร เพื่อสรุปข้อมูลที่จำเป็นสำหรับจัดการอาคารและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ประกอบอาคาร

(4) ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ตามหลักทฤษฎี และกระบวนการที่ใช้จริงในประเทศไทย ข้อมูลในส่วนนี้ได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์และผู้ปฏิบัติงานจริง รวมถึงการสังเกตการณ์การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากนั้นจึงสรุปข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน ระดับข้อมูลและสารสนเทศที่ควรระบุลงในแบบจำลองอาคาร

(5) วิเคราะห์องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIMพร้อมทั้งพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารแบบก่อสร้างจริงสำหรับบริหารจัดการทรัพยากรอาคารสำหรับโครงการก่อสร้างในประเทศไทย

(6) พัฒนากรอบเบื้องต้น (preliminary framework) สำหรับพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง

(7) ตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงกระบวนการ รายละเอียดของแบบจำลองสารสนเทศอาคารแบบก่อสร้างจริงสำหรับบริหารจัดการทรัพยากรอาคารโดยอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากประยุกต์ใช้กรอบเบื้องต้นในกรณีศึกษา นำไปสู่กรอบสุดท้าย (final framework) ซึ่งมีความถูกต้องเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอื่นๆ ในประเทศไทยได้จริง

(8) สรุปผลการศึกษา หาข้อจำกัดของงานวิจัย ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต และจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาหลัก ๆ คือ การจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง (as-built drawing) การบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management, FM) และการประยุกต์ใช้แนวคิดการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ในการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (As-built BIM)

2.1 การจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง

แบบในการก่อสร้างโดยทั่วไปมี 3 ประเภท ประกอบด้วย (1) แบบสัญญา (contract drawing) เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้างและการติดตั้งวัสดุต่าง ๆ ขั้นต้น ซึ่งจัดทำโดยวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อสื่อสารในการถ่ายทอดความต้องการของเจ้าของอาคารไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด (2) แบบก่อสร้าง (shop drawing) เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้าง และการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับอาคารที่จะทำการก่อสร้าง ซึ่งเป็นแบบที่ได้พัฒนามาจากแบบสัญญา โดยมีการศึกษาและทบทวนรูปแบบและวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสม ตลอดจนการแก้ไขข้อขัดแย้งในการก่อสร้างและการติดตั้งขององค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร รวมทั้งแสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงแบบตามวัตถุประสงค์เพิ่มเติมของเจ้าของอาคาร เพื่อให้เป็นแบบชุดที่สมบูรณ์และสามารถใช้ในการก่อสร้างและติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารได้ตามวัตถุประสงค์ และ (3) แบบก่อสร้างจริง เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้างจริงของอาคารและการติดตั้งจริงของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดของอาคาร เช่น ตำแหน่งฐานราก ค่าระดับขององค์อาคาร และอุปกรณ์ประกอบอาคารต่าง ๆ ลักษณะการติดตั้งประตู หน้าต่าง เป็นต้น โดยเป็นแบบที่ดัดแปลงมาจากแบบสัญญาซึ่งได้ปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดให้เป็นไปตามที่ได้ทำการสร้างหรือติดตั้งจริง เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้งานและเจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างและฝ่ายซ่อมบำรุงอาคารรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบและเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการก่อสร้างและการติดตั้งระบบต่าง ๆ ของอาคาร นอกจากนั้นยังสามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการใช้งานและซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์ประกอบอาคาร ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลในการดัดแปลง ต่อเติม รื้อถอน หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้สอยอาคารในภายภาคหน้า โดยปกติแล้วแบบก่อสร้างจริงจะส่งมอบพร้อมกับคู่มือผู้ใช้งาน (user's manual) ซึ่งเป็นเอกสารสรุปรายการวัสดุ

อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร ซึ่งอาจจะเป็นรายการประกอบแบบ (specification) ฉบับแนบท้ายสัญญาก่อสร้าง พร้อมทั้งเอกสารแสดงสินค้า (catalog) เอกสารคู่มือการใช้และบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือเครื่องจักร (operating and maintenance manual) หนังสือรับประกันคุณภาพ (warrantee) ที่จัดทำโดยผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์หรือเครื่องจักรนั้น ๆ พร้อมทั้งเอกสารที่แสดงรายละเอียดและข้อมูลที่จำเป็นของอุปกรณ์นั้น ๆ เช่น รุ่น สี และตัวแทนผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น นอกจากนั้นยังรวมถึงเอกสารที่แสดงวิธีการใช้งาน การบำรุงรักษา และการซ่อมแซมเบื้องต้น ของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีวิธีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีราคาสูงหรือเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการการใช้งานหรือการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ ซึ่งหากมีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากหรือเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ประตูอัตโนมัติ หรือเครื่องจักรต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องทำความเย็น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนั้นคู่มือผู้ใช้งานต้องระบุหลักเกณฑ์ในการออกแบบ (design criteria) ของวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อเป็นเอกสารอ้างอิงในการดัดแปลง ต่อเติม หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้สอยอาคารในภายภาคหน้าได้ต่อไป (วสท., 2553)

ผู้เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ ผู้จัดทำแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน และผู้ตรวจสอบและอนุมัติแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน

(1) ผู้จัดทำแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน ประกอบไปด้วย

- วิศวกรและสถาปนิกของบริษัทผู้รับจ้างก่อสร้างอาคาร
- วิศวกรของบริษัทผู้รับจ้างติดตั้งงานระบบต่าง ๆ
- ผู้ขายวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโครงการ

(2) ผู้ตรวจสอบและอนุมัติแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน

- วิศวกรและสถาปนิกผู้ควบคุมงาน หรือตัวแทนเจ้าของอาคาร

แบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งานอาคารโดยทั่วไป สำหรับการส่งมอบให้เจ้าของอาคาร จะประกอบไปด้วย ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริง สำเนาแบบก่อสร้างจริง คู่มือผู้ใช้งาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริง จัดอยู่ใน 2 รูปแบบ ดังนี้

- ต้นฉบับแบบกระดาษไข โดยเป็นกระดาษไขที่มีขนาดเท่ากับแบบสัญญาและแบบก่อสร้าง และเป็นขนาดมาตรฐาน เช่น A1 A2 และ A0

- ต้นฉบับแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์ไฟล์ เช่น ไฟล์ในรูปแบบออโตแคด (AutoCAD) พีดีเอฟ (PDF) หรือ อาร์ชิแคต (ArchiCAD) เป็นต้น โดยปกติข้อมูลและเนื้อหาในไฟล์ควรตรงกับแบบต้นฉบับแบบกระดาษ

(2) สำเนาของแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปจะทำการสำเนาจากแบบต้นฉบับแบบกระดาษไขออกมาเป็นกระดาษพิมพ์เขียว ซึ่งมีขนาดเท่ากับแบบต้นฉบับ

(3) คู่มือผู้ใช้งาน จัดอยู่ใน 2 รูปแบบ ดังนี้

- รูปแบบต้นฉบับคู่มือผู้ใช้งานเป็นรูปเล่มที่รวบรวมเอกสารจากผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์ต่าง ๆ

- รูปแบบสำเนาของผู้ใช้งานโดยทั่วไปได้จากการสำเนาจากต้นฉบับคู่มือผู้ใช้งาน

ช่วงเวลาในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง ในการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ๆ มักจะมีการจัดทำแบบก่อสร้างเพื่อขออนุมัติจากผู้ควบคุมงาน แบบเหล่านี้เป็นแบบที่นำไปใช้ทำการก่อสร้างจริง ดังนั้นหากแบบก่อสร้างที่มีการสำรวจ ตรวจสอบ และจัดการอย่างดี จะสามารถนำมาปรับปรุงเป็นแบบก่อสร้างจริงได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องในการปฏิบัติงานจริงในโครงการโดยส่วนใหญ่แล้วไม่ได้มีกระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงตามมาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงดังที่กล่าวมาข้างต้น และมีระบบจัดการแบบที่ไม่เป็นระบบทำให้ใช้เวลาในการจัดทำแบบก่อสร้างจริงมากขึ้น

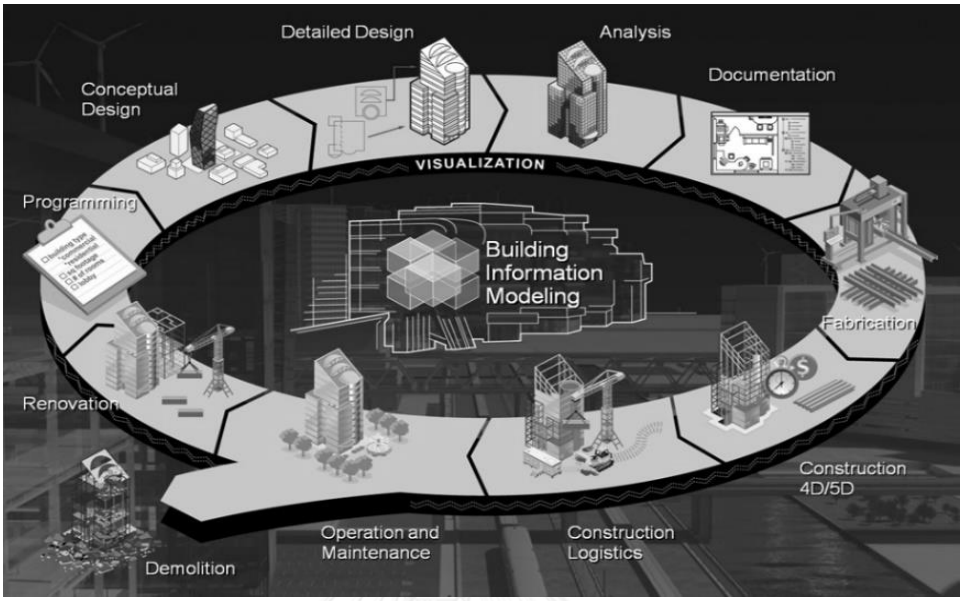
จากการศึกษากระบวนการทำแบบก่อสร้างในปัจจุบัน พบว่าเกิดจากธรรมชาติของกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่แยกออกจากกันเป็นส่วน ๆ และการสื่อสารกันระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการยังคงใช้ระบบเอกสาร ซึ่งอาจเกิดการละเลยหรือความผิดพลาดขึ้นได้ง่ายในเอกสารที่เป็นกระดาษ ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่คาดคิด ความล่าช้าและคดีความระหว่างผู้เกี่ยวข้องในโครงการ (Eastman, Teicholz et al., 2008) สำหรับเจ้าของโครงการเมื่อโครงการแล้วเสร็จ เจ้าของโครงการจะได้รับเอกสารและแบบพิมพ์เขียวที่เต็มไปด้วยข้อมูลจำนวน

มากและยุ่งเหยิง การก่อสร้างอาคารอาจจะยาวนานกว่า 2 ปี แต่เมื่อโครงการแล้วเสร็จอาคารอาจจะมีการใช้งานยาวนาน 30 ถึง 50ปี หรือมากกว่า แบบและข้อมูลอาจะสูญหายไป หรือการปรับข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน (update) ตามการเปลี่ยนแปลงอาคารเมื่อเวลาผ่านไปก็จะยากต่อการปรับเปลี่ยนแบบการทำการซ่อมบำรุงจึงเกิดความวุ่นวาย (วรัญญู สงกรานต์, 2555)

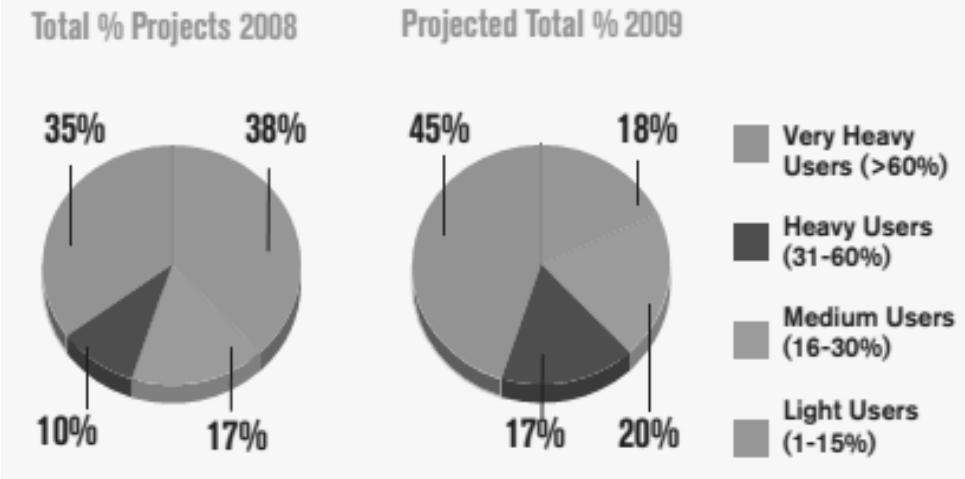
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับ BIM

แนวคิดการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับช่วยแก้ไขกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยอยู่บนพื้นฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูลในรูปแบบดิจิตอล การทำงานร่วมกันของหลาย ๆ ฝ่าย และบรรจุข้อมูลทั้งทางกายภาพและข้อมูลที่ไม่เป็นกายภาพ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการก่อสร้าง ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้าง เพิ่มคุณภาพในงานก่อสร้าง ลดต้นทุน และสามารถจัดการสารสนเทศตลอดวงจรชีวิตอาคาร Eastman, Teicholz et al. (2011) รูปภาพที่ 2.1 แสดงการจัดการข้อมูลตลอดวงจรชีวิตอาคารโดยแนวคิด BIM เริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การก่อสร้าง การดำเนินการ และการรื้อถอนเมื่อหมดอายุการใช้งาน ซึ่งในระหว่างการส่งผ่านจากกระบวนการหนึ่งไปอีกกระบวนการหนึ่งมีสารสนเทศไหลผ่าน มีการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ และการสื่อสารระหว่างผู้มีส่วนร่วมในโครงการ เช่น ผู้ออกแบบ สถาปนิก ผู้รับจ้าง ผู้รับจ้างช่วง เจ้าของอาคาร และวิศวกร (Hooper, 2012) นอกจากนี้ยังมีการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในงาน FM ยกตัวอย่างเช่น การระบุตำแหน่งพิกัดของอุปกรณ์เป็นต้น (Jazizadeh, Li et al., 2012) การพัฒนาแบบจำลอง BIM สามารถสร้างได้ทั้งในรูป 3 มิติ 4 มิติสามารถใช้เพื่อการบริหารระยะเวลา หรือการนำเสนอในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว (Hooper, 2012) แนวคิด BIM มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น จากผลการสำรวจของ (McGraw-Hil Construction, 2012) พบว่าในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการนำ แนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้เพิ่มสูงขึ้น ดังภาพที่ 2.2 แสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงการประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ในโครงการก่อสร้างระหว่างปี 2008 เปรียบเทียบกับปี 2009 จะเห็นได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้น ในปี 2008 มีปริมาณโครงการที่ประยุกต์ใช้ร้อยละ 35 ในปี 2009 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45 และปริมาณโครงการที่ประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ในโครงการอยู่บ้างมีแนวโน้มลดลงจากปี 2008 ร้อยละ 38 ลดลงเป็นร้อยละ 18 ในปี 2009 การนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาซอฟต์แวร์

เพื่อมาสนับสนุนให้แนวคิดนี้เป็นไปได้ อาจจะเรียกว่า เครื่องมือ BIM ยกตัวอย่างเช่น Autodesk Revit, ArchiCAD, Tekla เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 การจัดการสารสนเทศตลอดวงจรชีวิตอาคารโดยแนวคิด BIM (Dispensa, 2010)



ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงการประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ในโครงการก่อสร้าง ในปี 2008 และ ปี 2009 (McGraw-Hil Construction, 2012)

มาตรฐาน NBIMS (2007) ได้กล่าวไว้ว่า การจำลองสารสนเทศอาคารนั้นสามารถจัดกลุ่มออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

(1) BIM คือ ผลิตผล (product) ที่มันสมัยซึ่งประกอบไปด้วยสารสนเทศต่าง ๆ ของสิ่งก่อสร้างอีกทั้งยังเป็นเครื่องที่ใช้รวบรวมสารสนเทศที่กระจัดกระจายไม่เป็นระบบโดยการสร้างภาพเสมือนจริง เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจการก่อสร้าง

(2) BIM เป็นขั้นตอนการทำงานร่วมกัน (collaboration process) ของแต่ละฝ่ายของสิ่งก่อสร้าง โดยเริ่มต้นตั้งแต่การออกแบบ ระกว่างการก่อสร้าง ตลอดจนการใช้งานและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง หรือตลอดวงจรชีวิตอาคาร

(3) BIM เป็นเครื่องมือเพื่อใช้ในบริหารจัดการสิ่งก่อสร้างตลอดวงจรชีวิตอาคาร (facility lifecycle management tool) มีการไหลเวียนและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศตลอดทุกช่วงของสิ่งก่อสร้าง

นอกจากนี้ (National Institute of Building Sciences BuildingSMART alliance™, 2012) ยังได้อธิบายเกี่ยวกับตัวย่อของคำ “BIM” M ในที่นี้นั้นสามารถย่อมาจาก 3 สิ่ง คือ

- M คือ modeling กระบวนการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร
- M คือ model หมายถึงแบบจำลองสามมิติที่อยู่ในรูปแบบของดิจิตอล
- M คือ management หมายถึงการจัดการสารสนเทศและการทำงานร่วมกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสิ่งก่อสร้างตลอดวงจรชีวิตอาคาร

ในงานวิจัยนี้ใช้ความหมายของตัวย่อ M เป็น Model ในการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง และจะใช้คำภาษาอังกฤษคือ แบบจำลอง as-built BIM

2.2.1 คำนิยาม

Eastman et al. (1998) จาก Georgia Institute of Technology ได้เสนอแนวคิด BIM มาใช้ในการบริหารงานก่อสร้าง แนวคิด BIM เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์เพื่อบริหารจัดการและแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศอาคารอย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยแก้ปัญหาการด้านการสื่อสาร

นอกจากนี้แบบจำลองที่สร้างขึ้นยังเป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการสารสนเทศตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร (building lifecycle) ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารอีกด้วย เช่น การประมาณต้นทุนก่อสร้าง การชนกันของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในอาคาร (crash detection) และการวางแผนงานการใช้จ่าย (ธณัชชา สุขขี, 2554) และยังได้นิยามแนวคิด BIM ไว้ว่า “แนวคิด BIM เป็นหนึ่งการพัฒนาศักยภาพที่ดีที่สุดในงานด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติในรูปแบบดิจิตอล และบรรจุสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ในการก่อสร้าง การประกอบชิ้นส่วนหน้างาน และการจัดซื้อจัดจ้าง”

The National Building Information Modeling Standards (NBIMS) นิยาม BIM ไว้ว่า “BIM เป็นทรัพยากรความรู้และข้อมูลสารสนเทศร่วมกัน เพื่ออำนวยความสะดวกในการสร้างพื้นฐานที่เชื่อถือได้สำหรับการตัดสินใจระหว่างวัฏจักรชีวิตอาคาร โดยแนวคิด BIM เป็นความร่วมมือของผู้มีส่วนได้เสียที่แตกต่างกันในขั้นตอนต่าง ๆ ของวงจรชีวิตของการถ่ายทอดสารสนเทศ และการปรับให้เป็นปัจจุบันหรือการปรับเปลี่ยนสารสนเทศใน BIM เพื่อสนับสนุนและสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทของผู้มีส่วนได้เสีย”

ปัจจุบันได้มีผู้ให้คำนิยามแนวคิด BIM ไว้มากมาย โดยส่วนใหญ่แล้วคำนิยามจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของการปรับเปลี่ยนและการพัฒนากระบวนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพโดยใช้การจำลองอาคารในรูปแบบดิจิตอลและการใช้สารสนเทศร่วมกันของหลาย ๆ ฝ่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2 เครื่องมือ

BIM เป็นแนวคิดเพื่อการจัดการสารสนเทศตลอดวงจรชีวิตอาคาร มีประสิทธิภาพสูงในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยในการประยุกต์ใช้ BIM นั้นจำเป็นที่จะต้องมีซอฟต์แวร์และเทคโนโลยีเพื่อมาสนับสนุนแนวคิดนี้ เพื่อการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ 3 มิติ ในปัจจุบันมีบริษัทพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับแนวคิด BIM มากมาย

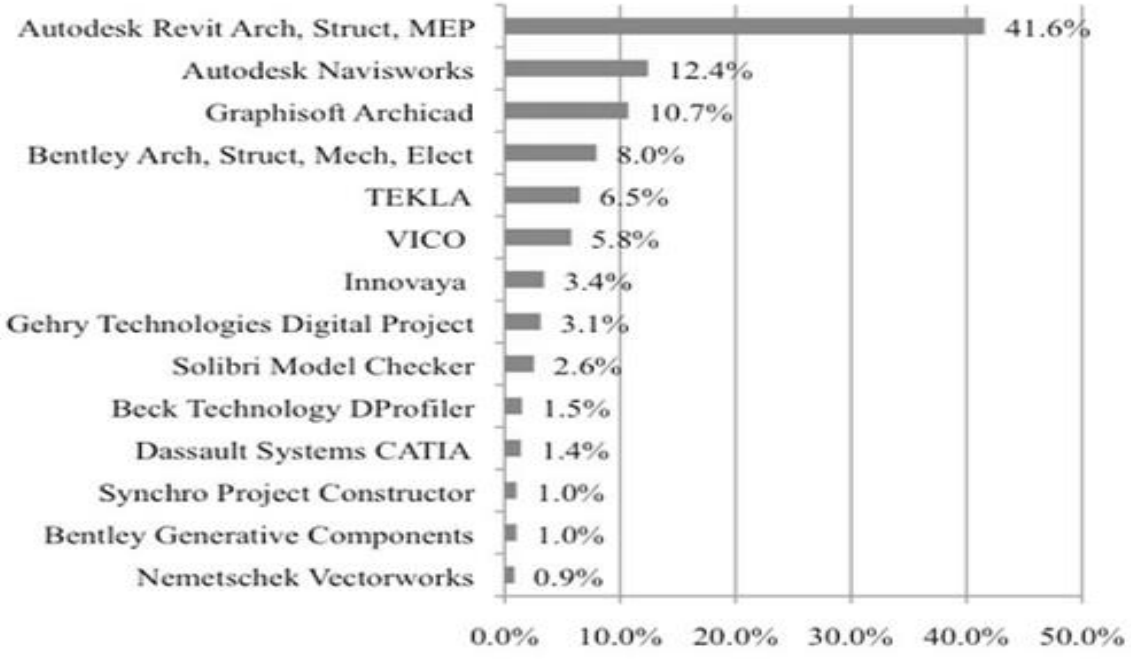
Burcin (2010) ได้ทำการสำรวจการประยุกต์ใช้เครื่องมือ BIM ในงานก่อสร้างในประเทศสหรัฐอเมริกา จาก 424 โครงการก่อสร้างทำให้เห็นว่ามีเครื่องมือ BIM หลากหลายที่นำมาใช้งาน ดังที่แสดงในภาพที่ 2.3 แสดงถึงส่วนแบ่งทางการตลอดของซอฟต์แวร์ที่ใช้งานใน 424 โครงการก่อสร้าง จากรูปแสดงให้เห็นว่า ซอฟต์แวร์จากทางบริษัท Autodesk เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

โครงการก่อสร้างนำมาใช้มากถึง 54% ของโครงการทั้งหมด Autodesk Navisworks มีจำนวนร้อยละ 12.7 โครงการที่ใช้ซอฟต์แวร์ Graphisoft ArchiCAD™ มีจำนวนร้อยละ 10.7 โครงการที่ใช้ซอฟต์แวร์ Bentley BIM มีจำนวน 8% โครงการที่ใช้ซอฟต์แวร์ Tekla มีจำนวนร้อยละ 6.5 และโครงการที่ใช้ Vico และ Innovaya มีจำนวนร้อยละ 5.8 และร้อยละ 3.4 ตามลำดับ ส่วนซอฟต์แวร์อื่นๆ เช่น Dprofiler™ Vectorworks™ Gehry Technologies Digitail Project เป็นต้นได้มีการประยุกต์ใช้ในโครงการขนาดเล็ก (Burcin (2010) อ้างถึงใน Jiang (2011)) นอกจากนี้ Burcin (2010) ได้ทำการสำรวจการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ BIM ในด้านต่างๆในโครงการก่อสร้าง และในระหว่างโครงการก่อสร้าง ผลสำรวจมีดังนี้ การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ BIM เพื่อการสร้างแบบจำลองสามมิติและเพื่อการแสดงผลในรูปแบบสามมิติ มีมากที่สุดเป็นจำนวนร้อยละ 63.8 การใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดการชนกันของชิ้นส่วน มีจำนวนร้อยละ 60.7 และการใช้เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร มีจำนวนร้อยละ 15.8 เครื่องมือของ BIM สามารถประยุกต์ใช้ได้ตลอดวงจรชีวิตของโครงการและในช่วงของงานที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ช่วงการออกแบบเบื้องต้น ช่วงการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ การประกอบชิ้นส่วนหน้างานในระหว่างการก่อสร้าง ช่วงการประมาณราคาก่อสร้าง การวางแผนกำหนดระยะเวลาในการก่อสร้าง และการใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนร่วมในโครงการ เป็นต้น

2.2.3 ประโยชน์และอุปสรรคในการประยุกต์ใช้ BIM

ประโยชน์ที่สำคัญในการนำ BIM มาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ในการสนับสนุนกระบวนการทำงานร่วมกันทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีประสิทธิภาพของงานเพิ่มมากขึ้น ลดระยะเวลาและข้อผิดพลาดในการทำงาน และส่งเสริมให้มีคุณภาพของงานเพิ่มมากขึ้น (Kassem, Kelly et al., 2014), (Sebastian R, 2010) ศูนย์บูรณาการวิศวกรรมแห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ต (Stanford University Center for Integrated Facilitied Engineering, CIFE) ได้ศึกษาประโยชน์การใช้ BIM จาก 32 โครงการก่อสร้าง พบว่า BIM สามารถลดการเปลี่ยนแปลงงบประมาณได้มากกว่าร้อยละ 40 สามารถประมาณราคาก่อสร้างได้แม่นยำไม่เกินร้อยละ 3 สามารถลดเวลาการประมาณราคาก่อสร้างลงมากกว่าร้อยละ 80 สามารถลดปัญหาความขัดแย้งจากแบบได้มากกว่าร้อยละ 10 และสามารถลดเวลาดำเนินโครงการได้มากกว่าร้อยละ 7

ธณัชชา สุขขี (2554) ได้ศึกษาการเลือกใช้ BIM สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย พบว่าการเลือกใช้ BIM เกิดจากการความต้องการลดข้อผิดพลาดและลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง โดยทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะได้รับประโยชน์ร่วมกัน อาทิเช่น ทำให้การประสานงานเฉพาะหน้าลดลง เนื่องจากความชัดเจนของแบบก่อสร้างที่มากขึ้น นอกจากนี้พบว่า BIM สามารถลดเวลาในการวาดแบบน้อยลงและลดปัญหาการแก้แบบซ้ำไปซ้ำมา และในการทำงานมีการร้องขอข้อมูลเพิ่มน้อยลง เพราะความชัดเจนของแบบก่อสร้าง นอกจากนี้ยังสามารถลดงบประมาณและประหยัดเวลาก่อสร้างได้อีกด้วย จากการศึกษา McGraw-Hill Construction Research and Analytics (2008) พบว่าปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างใช้ BIM นั้น มีหลายปัจจัย ทั้งนี้สามารถสรุปแบ่งได้เป็น 3 ด้านดังนี้ ด้านการลดข้อผิดพลาด ด้านการใช้งานและประโยชน์ที่ได้รับ ด้านเวลาและงบประมาณประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ BIM ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น มีมากมายและเพิ่มมูลค่าให้กับการก่อสร้างและอาคาร แต่ยังมีเหตุผลอีกมากมายที่ทำให้เกิดความลังเลในการนำ BIM มาใช้ในการก่อสร้าง แม้ว่าการนำ BIM มาใช้อาจจะนำประโยชน์หลายด้านให้แก่การก่อสร้าง แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีเหตุผลหลายประการที่เป็นอุปสรรคต่อการนำ BIM มาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง



ภาพที่ 2.3 ผลสำรวจร้อยละของโครงการที่นำซอฟต์แวร์ BIM ใช้ในโครงการก่อสร้างในประเทศสหรัฐอเมริกา (Burcin, 2010)

จากการศึกษาของ Eadie R, Browne M et al. (2013) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์การนำ BIM ไปปฏิบัติใช้กับอุตสาหกรรมการก่อสร้างตลอดวัฏจักรโครงการก่อสร้างของ สหราชอาณาจักร (United Kingdom, UK) พบว่าได้รับผลประโยชน์ด้านการเงินและได้ทำการตรวจสอบการใช้งานในหลาย ๆ ช่วงเวลาของโครงการก่อสร้าง เพื่อศึกษาว่าเหตุใดผู้มีส่วนร่วมในโครงการจึงไม่สนับสนุนการนำ BIM มาใช้ในโครงการ โดยมีข้อสรุปดังนี้

- ขาดผู้เชี่ยวชาญที่ทราบเกี่ยวกับกระบวนการนำ BIM มาใช้ในโครงการและองค์กร
- อุปสงค์จากลูกค้า
- ข้อจำกัดด้านวัฒนธรรมการก่อสร้าง
- มูลค่าในการลงทุนสูง
- ขาดเงินทุนเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนการนำ BIMมาใช้
- ข้อจำกัดการปฏิบัติในระดับปฏิบัติการ
- ข้อจำกัดของการไม่เต็มใจแบ่งปันสารสนเทศระหว่างสมาชิกในทีม
- ข้อจำกัดเรื่องการได้ประโยชน์ในทันที
- ข้อจำกัดเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของแบบจำลอง

ผลจากการทบทวนวรรณกรรมพบการนำ BIM ไปปฏิบัติใช้ในกระบวนการก่อสร้างได้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน และได้รับประโยชน์ในทุก ๆ ฝ่ายที่มีส่วนร่วมในโครงการก่อสร้าง แต่อย่างไรก็ตามการนำ BIM มาประยุกต์ใช้ยังมีอุปสรรคและเหตุผลมากมายในการนำ BIM มาประยุกต์ใช้

2.2.4 ระดับของการพัฒนา

ในปี 2008 AIA ได้พัฒนาระดับการพัฒนา (Level of Development, LOD) ชุดแรกในเอกสาร AIA Document E202™ หลังจากนั้นได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆ ซึ่งผลจากการพัฒนาระบุใน AIA E203™–2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit, AIA G201™–

2013, Project Digital Data Protocol Form, and AIA G202™–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form (BIMForum, 2015)

ในการจัดทำเพื่อช่วยกำหนดมาตรฐานในการใช้ LOD และประโยชน์หลักอีกอย่างหนึ่งคือการเป็นรากฐานของการร่วมมือกัน AIA ได้ทำการออกเอกสารที่ชื่อว่า BIMForum เพื่อเป็นประโยชน์ในการระบุนิยามและข้อจำกัดของแต่ละ LOD ระดับการพัฒนาสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ LOD 100 LOD 200 LOD 300 LOD 400 และ LOD 500 (American Institute of Architects (AIA), 2013) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 คำอธิบายระดับการพัฒนารวบรวมมาจาก BIMForum (2015), American Institute of Architects (AIA) (2013), และ New York City Department of Design and Construction (2012)

ตารางที่ 2.1 อุปสรรคต่อการนำ BIM มาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

Barriers to BIM	References
Lack of knowledge and awareness	(Bin Zakaria et al., 2013)
Lack of support from policy makers	(Bin Zakaria et al., 2013; Abubakar et al., 2014)
Unavailability of standards and guidelines	(Bin Zakaria et al., 2013; Chan, 2014)
Initial costs	(buildingSMART, 2011; Abubakar et al., 2014; Rogers et al., 2015)
Training and learning issues	(buildingSMART, 2011; Abubakar et al., 2014; Chan, 2014; Nanajkar and Gao, 2014)
Incompatibility and interoperability problems	(Nanajkar and Gao, 2014; Rogers et al., 2015)
Lack of demand	(Chan, 2014; Rogers et al., 2015)
Lack of skilled personnel	(buildingSMART, 2011; Chan, 2014; Rogers et al., 2015)

2.2.5 องค์ประกอบของแบบจำลอง

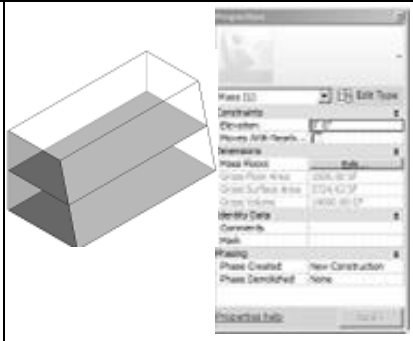
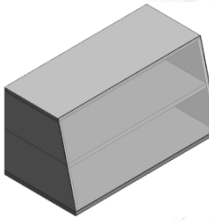
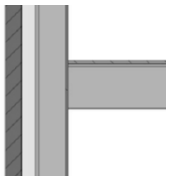
องค์ประกอบของแบบจำลอง (elements) เป็นองค์อาคารหลัก ส่วนประกอบอาคาร หรือส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบกันจนเป็นส่วนใหญ่ของส่วนประกอบอาคาร โดยสามารถแบ่งเป็นหมวดงานออกเป็น 5 หมวดหลักได้แก่ หมวดงานโครงสร้างวิศวกรรมโครงสร้าง หมวดงานสถาปัตยกรรม หมวดงานระบบสุขาภิบาล และดับเพลิง หมวดงานระบบไฟฟ้า และหมวดงานวิศวกรรมเครื่องกลปรับอากาศและระบายอากาศ ในต่างประเทศมีการเผยแพร่และให้คำนิยามเกี่ยวกับ elements มากมาย ยกตัวอย่างเช่น National Institute of Standard and Technology (1999) นิยามว่า “elements เป็นองค์ประกอบทั่วไปที่สำคัญของอาคาร ที่ดำเนินการทำงานตามข้อกำหนดของการออกแบบ วิธีการสร้าง และวัสดุที่ใช้”

Royal Institution of Chartered Surveyors (1996) กล่าวว่า “elements เป็นส่วนประกอบสำคัญทางกายภาพของสิ่งก่อสร้างที่ตอบสนองการทำงานที่เฉพาะเจาะจงของการออกแบบ ข้อจำกัด หรือการก่อสร้าง”

The OmniClassTM Construction Classification System (2012) กล่าวว่า “elements เป็น องค์ประกอบหลัก ชุดชิ้นส่วนขององค์ประกอบ ส่วนประกอบของวัตถุในที่ก่อสร้าง หรือส่วนประกอบที่ใช้ร่วมกับส่วนอื่น ๆ เพื่อตอบสนองการทำงานขององค์ประกอบอื่น ๆ ในการก่อสร้าง.

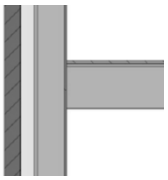
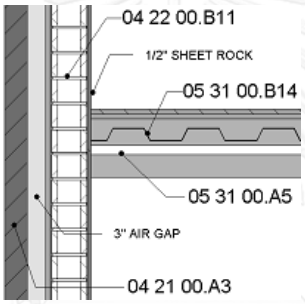
จึงสรุปได้ว่า ความหมายและคำนิยายโดยร่วมจะคล้ายคลึงกัน คือ องค์อาคารหลัก ส่วนประกอบอาคาร หรือส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบกันจนเป็นส่วนใหญ่ของส่วนประกอบอาคาร หรือ ส่วนที่มาเติมเต็มให้ส่วนประกอบ สนับสนุน กับงานก่อสร้างอาคาร จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับมาตรฐานของ elements ในต่างประเทศ เช่น Uniformat II element classification for building specifications, cost estimating, and cost analysis (NIST, 1999), Omniclass^{TM} table 21 – elements, และ Elements for Design and Build (RICS, 1996) เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ตารางสรุปรายการ Elements ของแต่ละมาตรฐานในแต่ละประเทศ หรือทวีปนั้น ๆ โดยรายการส่วนใหญ่จะมีความคล้ายคลึงกัน แต่มีชื่อเรียกต่างกัน เช่น foundation และ substructure เป็นต้น ตารางที่ 5.2 แสดงรายการ elements ที่ซ้ำกันและเหมือนกันในแต่ละมาตรฐานเนื้อหารายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคารจะแสดงอยู่ในหัวข้อที่ 5.1

ตารางที่ 2.2 คำอธิบายระดับการพัฒนา

ระดับการพัฒนา	ตัวอย่างการใส่ ระดับการพัฒนา	คำอธิบาย (Description)
LOD 100 Schematic Design Model		องค์ประกอบของแบบจำลองจะแสดงเป็นภาพประกอบกับสัญลักษณ์โดยทั่วไปต่างๆ สารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดระดับนี้คือ ราคาต่อหน่วย
LOD 200 Design Development Model	 Wall Schedule (LoD-2) Family | Type | Width | Length | Area | Volume Basic Wall | Generic - 8" | 0' - 8" | 39' - 0" | 656 SF | 437.51 CF Basic Wall | Generic - 12" | 1' - 0" | 39' - 4" | 759 SF | 759.22 CF	องค์ประกอบของแบบจำลองแสดงในรูปแบบภาพ ประกอบด้วย ระบบทั่วไป วัตถุ หรือชิ้นส่วนที่มีขนาด รูปร่าง จำนวน ที่ตั้ง สารสนเทศที่ไม่ใช่ภาพจะมีการแนบมาในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง
LOD 300 Construction Documentation Model	 Wall Material Takeoff (LoD-3) Material: Name | Material: Volume Gypsum Wall Board | 58.66 CF Masonry - Brick | 425.26 CF Metal - Stud Layer | 703.87 CF Misc. Air Layers - Air Space | 351.94 CF Wood - Sheathing - plywood | 87.98 CF	องค์ประกอบของแบบจำลองแสดงในรูปแบบภาพ ประกอบด้วย ระบบ วัตถุ หรือชิ้นส่วนที่มีขนาด รูปร่าง จำนวน ที่ตั้งที่ถูกต้อง สารสนเทศที่ไม่ใช่ภาพจะมีการแนบมาในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1(ต่อ) คำอธิบายระดับการพัฒนา

ระดับการพัฒนา	ตัวอย่างการใส่ ระดับการพัฒนา	คำอธิบาย (Description)
LOD 300 Construction Documentation Model		องค์ประกอบของแบบจำลองแสดงในรูปแบบภาพ ประกอบด้วย ระบบ วัตถุ หรือชิ้นส่วนที่มีขนาด รูปร่าง จำนวน ที่ตั้งที่ถูกต้อง สารสนเทศที่ไม่ใช่ภาพจะมีการแนบมาในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง
LOD 400 Construction Model		องค์ประกอบของแบบจำลองแสดงในรูปแบบภาพ ประกอบด้วย ระบบ วัตถุ หรือชิ้นส่วนที่มีขนาด รูปร่าง จำนวน ที่ตั้งที่ถูกต้องประกอบกับรายละเอียดในการติดตั้ง และการประกอบชิ้นส่วน สารสนเทศที่ไม่ใช่ภาพจะมีการแนบมาในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง
LOD 500 Record Model		แบบจำลองมีความถูกต้องและรายละเอียดเทียบเท่าสิ่งก่อสร้างจริง

Wall Material Takeoff (LoD-3)

Material: Name	Material: Volume
Gypsum Wall Board	58.66 CF
Masonry - Brick	425.26 CF
Metal - Stud Layer	703.87 CF
Misc. Air Layers - Air Space	351.94 CF
Wood - Sheathing - plywood	87.98 CF

element_ID	revit_ID	last_inspected	next_inspection_due_date	priority	condition
132457383	659832	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132426790	679334	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132447782	650023	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131276003	672363	4/20/2006	1/24/2011	high	fair
132786522	650933	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131028862	667681	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132290073	679911	6/2/2008	9/11/2011	medium	excellent
131189520	640087	6/2/2008	9/11/2011	medium	good

2.3 มาตรฐาน BIM ในต่างประเทศ

ปัจจุบันแนวคิด BIM ได้ขยายออกไปอย่างกว้างขวางทั้งในทวีปอเมริกา และได้มีการแผ่แพร่คู่มือ มาตรฐานเกี่ยวกับแนวคิด BIM ไม่ว่าจะเป็นสหรัฐอเมริกา แคนนาดา ในทวีปยุโรป ไม่ว่าจะเป็นอังกฤษ ฟินแลนด์ เดนมาร์ก รวมทั้งทวีปเอเชีย เช่น ฮ่องกง เกาหลี และสิงคโปร์ ซึ่งในแต่ละประเทศนั้น คู่มือและมาตรฐานจะมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม วัฒนธรรมในการทำงานของแต่ละประเทศ

มาตรฐาน The OmniclassTM A Strategy for Classifying the Built Environment (2006) เป็นมาตรฐานที่จัดแบ่งประเภทข้อมูลสำหรับใช้งานในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง Omniclass™ เป็นประโยชน์สำหรับใช้งานได้หลากหลายในขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด BIM ที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เช่น การจัดระเบียบรายงาน การจัดระเบียบรายการวัสดุก่อสร้าง การสร้างระบบจัดเก็บสารสนเทศในการก่อสร้าง เป็นต้น โดยระบบการจัดเก็บและการจำแนกข้อมูลอยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์สะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ การจำแนกออกเป็นตาราง หรือที่เรียกว่า Omniclass™ Table ประกอบด้วยทั้งหมด 15 ตาราง ซึ่งตารางแต่ละอันจะนำเสนอถึงแง่มุมที่ต่างกันของข้อมูลสารสนเทศของการก่อสร้าง ประกอบด้วยรายการตารางดังนี้

Table 11 -Construction Entities by Function

Table 12 - Construction Entities by Form

Table 13 - Spaces by Function

Table 14 - Spaces by Form

Table 21 - Elements (includes Designed Elements)

Table 22 - Work Results

Table 23 - Products

Table 31 - Phases

Table 32 - Services

Table 33 - Disciplines

Table 34 - Organizational Roles

Table 35 - Tools

Table 36 - Information

Table 41 - Materials

Table 49 - Properties

ในงานวิจัยนี้ได้นำ The OmniClassTM Construction Classification System (2012) มาใช้ในประกอบการศึกษา 2 ตาราง คือ ตารางที่ 21 องค์ประกอบของแบบจำลอง (Table 21 - Elements includes Designed Elements) และตารางที่ 31 การจำแนกช่วงเวลาในการก่อสร้าง (Table 31 – Phases) โดยมีรายละเอียดเนื้อหาดังนี้

(1) ตารางที่ 21 องค์ประกอบของแบบจำลอง (Table 21 - Elements includes designed elements)

จุดประสงค์สำหรับการใช้ตารางเพื่อระบุเกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับโครงการก่อสร้าง และการรายงานผล เช่น เกณฑ์ในการออกแบบ กำหนดรหัสองค์ประกอบและกฎระเบียบข้อกำหนดต่าง ๆ ในการก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งตารางจะเป็นประโยชน์ต่อหลายฝ่าย เช่น เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้รับจ้างก่อสร้าง ที่ปรึกษาโครงการ เป็นต้น องค์ประกอบที่เป็นส่วนประกอบ ชุดชิ้นส่วนองค์ประกอบของแบบจำลองในตารางนี้แบ่งออกเป็น 7 หมวดหลัก ประกอบด้วย หมวดโครงสร้างใต้ดิน (substructure) หมวดเปลือกห่อหุ้มอาคาร (shell) หมวดโครงสร้างภายในอาคาร (interiors) หมวดอุปกรณ์ขนย้ายและงานระบบต่าง ๆ (services) หมวดอุปกรณ์และเครื่องตกแต่ง (equipment and furnishings) หมวดโครงสร้างพิเศษและการรื้อถอน (special construction and demolition) หมวดไซต์งาน (site work) และมีการกำหนดรหัสเพื่อระบุระดับความละเอียดของข้อมูลในแต่ละหมวดหมู่ โดยระดับความละเอียดของข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ระดับ โดยรายละเอียดความหมายของ OmniClass Number ดังแสดงอยู่ในภาพที่ 2.4

(2) ตารางที่ 31 การจำแนกช่วงเวลาในการก่อสร้าง (Table 31 – Phases)

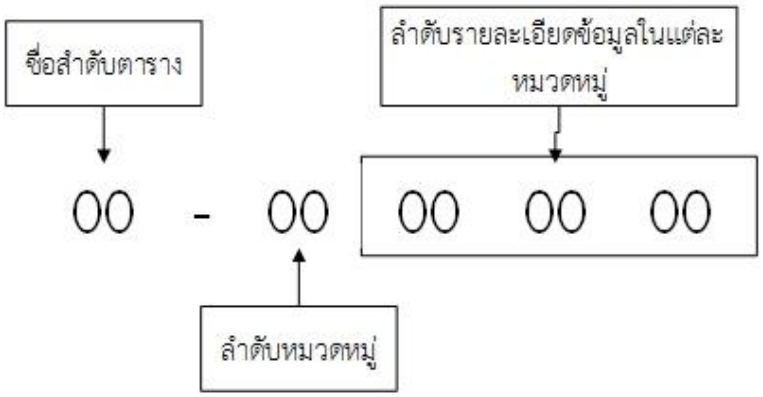
ช่วงเวลาในโครงการก่อสร้างแบ่งโดยลักษณะโดยรวมที่เกิดขึ้นของกระบวนการก่อสร้าง โดยในตารางที่ 31 นี้ได้จำแนกช่วงเวลาในโครงก่อสร้างออกเป็น 9 ช่วง ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ในงานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริง ซึ่งเริ่มศึกษาหลังจากเสร็จสิ้นการประกวดราคาไปจนถึงจบโครงการก่อสร้างและส่งงานให้กับเจ้าของอาคาร จึงมุ่งเน้นศึกษาในช่วงเวลา ที่ 6 implementation phase ไปจนถึง ช่วงเวลาที่ 7 handover phase โดยมีรายละเอียดในแต่ละช่วงเวลาดังต่อไปนี้

Implementation phase

เป็นขั้นตอนที่ผู้รับจ้างก่อสร้างดำเนินการรวบรวมเอกสารประกอบสัญญาจ้างก่อสร้างทั้งหมดเพื่อวางแผนการก่อสร้าง การวางแผนประกอบชิ้นส่วนภาคสนาม การจัดทำตารางเวลาก่อสร้าง และวางแผนการดำเนินการก่อสร้าง ภายใต้เงื่อนไขการประกันคุณภาพและระเบียบการ ที่กำหนดในสัญญาก่อสร้าง

Handover phase

เป็นขั้นตอนในประเมินการทำงานหรือตรวจรับงานที่เสร็จสมบูรณ์ผ่านการทดสอบ การตรวจสอบ และ กระบวนการทดสอบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆรวมทั้งอุปกรณ์ในการตกแต่งอาคาร เพื่อให้มั่นใจส่วนต่าง ๆ ที่ก่อสร้างในอาคารนี้เป็นไปตามการออกแบบและประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ และสอดคล้องกันมาตรฐานที่กำหนด และข้อมูลถูกรวบรวมถ่ายโอนจากการออกแบบ และการก่อสร้าง และส่งมอบให้กับเจ้าของโครงการ ผ่านการสาธิตวิธีการใช้งานและฝึกอบรม เพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร



ภาพที่ 2.4 รายละเอียดความหมาย OmnniClass Number

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างรายการองค์ประกอบ

OmniClass Number	Element	Description and examples
21-01 00 00 21-01 10 21-01 10 10 21-01 10 10 10	**Substructure** Foundations Standard Foundations Wall Foundations	Foundations, Subgrade enclosures, Slabs-on-grade, Water and Gas mitigation, Substructure related activities
21-02 00 00 21-02 10 21-02 10 10 21-02 10 10 10	**Shell** Superstructure Floor Construction Floor Structural Frame	Superstructure, Exterior Vertical Enclosures, Exterior Horizontal Enclosures
21-03 00 00 21-03 10 21-03 10 10 21-03 10 10 10	**Interiors** Interior Construction Interior Partitions Interior Fixed Partitions	Interior Construction, Interior Finishes
21-04 00 00 21-04 10 21-04 10 10 21-04 10 10 10	**Services** Conveying Vertical Conveying Systems Elevators	Conveying, Plumbing, HVAC, Fire Protection, Electrical, Communications, Electronic Safety and Security, Integrated Automation
21-05 00 00 21-05 10	**Equipment and Furnishings** Equipment	Equipment, Furnishings

OmniClass Number	Element	Description and examples
21-05 10 10 21-05 10 10 10	Vehicle and Pedestrian Equipment Vehicle Servicing Equipment	

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) ตัวอย่างรายการองค์ประกอบ

OmniClass Number	Element	Description and examples
21-06 00 00 21-06 10 21-06 10 10 21-06 10 10	**Special Construction and Demolition** Special Construction Integrated Construction Building Modules	Special Construction, Facility Remediation, Demolition
21-07 00 00 21-07 10 21-07 10 10 21-07 10 10 10	**Site work** Site Preparation Site Clearing Clearing and Grubbing	Site Preparation, Site Improvements, Liquid and Gas Site Utilities, Electrical Site Improvements, Site Communications, Miscellaneous Site Construction

2.4 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit

โปรแกรม Autodesk Revit เป็นโปรแกรมที่พัฒนาภายใต้แนวคิด Building Information Modeling (BIM) ซึ่งเป็นแนวคิดที่นักพัฒนาซอฟท์แวร์ทางด้านคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการออกแบบ และเป็นซอฟท์แวร์ที่มีความสามารถในการสร้างชิ้นงานออกแบบทั้งทางด้านสถาปัตยกรรม ด้านวิศวกรรมโครงสร้าง วิศวกรรมเครื่องกล และงานด้านระบบต่าง ๆ ในลักษณะการสร้างชิ้นงานแบบสามมิติ Autodesk Revit เป็นซอฟท์แวร์ที่มีขั้นตอนการทำงานที่มีลักษณะของการทำงานใน

รูปแบบของ building base technology ทำให้การออกแบบอาคารมีความสามารถทำงานได้ในลักษณะของพาราเมตริก (parametric)

การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของโปรแกรมเสียก่อน โดยโครงสร้างขององค์ประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมจะเป็นการทำงานลักษณะของการเพิ่มองค์ประกอบต่าง ๆ (elements) ของอาคารเข้าไปในชิ้นงาน ภาพที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revitโปรแกรม Autodesk Revit แบ่งกลุ่มโครงสร้างขององค์ประกอบ ออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ คือ model elements, datum elements, และ view-specific elements (Autodesk**,** 2012)

ตารางที่ 2.4 ช่วงเวลาในการก่อสร้าง

OmniClass Number	**Phase**
31-10 00 00	Inception Phase
31-20 00 00	Conceptualization Phase
31-30 00 00	Criteria Definition Phase
31-40 00 00	Design Phase
31-50 00 00	Coordination Phase
31-60 00 00	Implementation Phase
31-70 00 00	Handover Phase
31-80 00 00	Operations Phase
31-90 00 00	Closure Phase

Model elements

คือองค์ประกอบในรูปแบบวัตถุทรง 3 มิติของแบบจำลองอาคาร เช่น ผนัง หน้าต่าง ประตู เสา คาน พื้น เป็นต้น ซึ่ง model elements นั้นจะแสดงอยู่ในทุกมุมมองของชิ้นงานโครงการ (project) โดย model elements นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

(1) hosts elements เป็นองค์ประกอบหลักของอาคารที่จะต้องสร้างขึ้นในสถานที่ก่อสร้าง หรือจะต้องสร้างขึ้นในพื้นที่ทำงานเป็นหลัก เช่น ผนัง คาน เสา พื้น หลังคา เป็นต้น

(2) model components เป็นองค์ประกอบที่ขึ้นอยู่กับ host elements อีกนัยหนึ่งคือ เป็นองค์ประกอบที่วางอยู่บน host elements หรือเป็นองค์ประกอบที่ติดตั้งภายหลังการสร้างส่วนหลักของอาคารเสร็จสิ้นแล้ว ไม่สามารถตั้งด้วยตัวมันเองได้จะต้องวางอยู่บน หรืออาศัย host elements เช่น หน้าต่าง ประตู บันได เฟอร์นิเจอร์ สุขภัณฑ์ เป็นต้น

datum elements

เป็นองค์ประกอบสำหรับใช้ช่วยในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิง และการกำหนดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของชิ้นงาน ประกอบไปด้วย เส้นกริด (grids line), เส้นระดับ (levels), และระนาบอ้างอิง (reference plans) ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดแนวกริดเสา การกำหนดค่าระดับ เป็นต้น

view-specific elements

เป็นองค์ประกอบที่แสดงเฉพาะภายในมุมมองที่วางองค์ประกอบนั้น ๆ ลงไป โดยองค์ประกอบเหล่านี้มีไว้เพื่อช่วยอธิบายและลงรายละเอียดบนแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) annotations เป็นส่วนประกอบ (components) ที่แสดงบนมุมมอง 2 มิติ โดยเครื่องมือนี้ทำหน้าที่ให้รายละเอียดแก่แบบ (drawings) ในมุมมอง 2 มิติ ยกตัวอย่างเช่น dimensions, tags ต่าง ๆ สัญลักษณ์ต่าง ๆ และตัวอักษร เป็นต้น

(2) details เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดต่าง ๆ เช่น detail lines, filled regions (hatch) เป็นต้น

ระดับข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit

องค์ประกอบแต่ละชนิดในโปรแกรม Autodesk Revit ได้แบ่งประเภทขององค์ประกอบออกเป็นย่อยดังแสดงในภาพที่ 2.6 ระดับข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit ประกอบด้วย categories, families, types, และ instances มีรายละเอียดดังนี้

(1) category

คือกลุ่มของ elements ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง เช่น model category ประกอบด้วย ผนัง ประตู หลังคา ในส่วนของ annotation category ประกอบด้วย เส้นบอกระยะ สัญลักษณ์ ประกอบแบบ และ keynote เป็นต้น

(2) family

ในโปรแกรม Autodesk Revit ถือเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของการใช้งานโปรแกรม และการสร้างแบบจำลอง โดย family เป็นระดับขั้นย่อยของ category โดย family ประกอบไปด้วย กลุ่มของ parameters หรือคุณสมบัติตัวแปรเหมือนกัน มีการใช้งานแบบเดียวกัน และการแสดงผล ทางกราฟิกที่คล้ายกัน ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน parameters ของ family ที่โปรแกรมให้มา หรือ สร้าง family ขึ้นมาใช้งานเองได้เช่น colonial door เป็น family ที่อยู่ใน category ของ doors หรือ structural walls เป็น family ที่อยู่ใน category ของ wall เป็นต้น ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างระดับ ข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit

<u>Revit แบ่ง family ออกเป็น 3 ประเภท คือ</u>

- system family หรือ host elements เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการสร้าง แบบจำลอง เช่น ผนัง พื้น หลังคา ฝ้าเพดาน ราวกันตก ทางลาด เสา คาน และ ฐาน ราก เป็นต้น นอกจากนี้ datum elements และ view-specific elements เช่น grids, levels, drawing sheets, และ viewpoint เป็นต้น system family เป็น องค์ประกอบพื้นฐานที่มีอยู่ในโปรแกรมและมีให้ตั้งแต่เริ่มสร้างชิ้นงาน โดยไม่จำเป็น ต้นโหลดเพิ่มหรือติดตั้งเครื่องมือเพิ่มเติมจากไฟล์อื่น ผู้ใช้ไม่สามารถ สร้าง เปลี่ยนแปลง หรือลบ system family ได้ แต่สามารถ duplicate และแก้ไข types ได้

- loadable family เป็นองค์ประกอบ model components elements ที่นำมา ติดตั้งในที่ก่อสร้าง หรือองค์ประกอบที่โปรแกรมอนุญาตให้สร้าง และแก้ไขได้ เช่น เสา ประตู หนาต่าง สุขภัณฑ์ เครื่องเรือง ต้นไม้ เป็นต้น รวมถึง annotation elements บางอย่างที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ เช่น symbols และ title blocks loadable family เป็น family ที่ถูกสร้าง หรือแก้ไขขึ้น โดยแยกเป็นไฟล์ และ สามารถโหลดเข้ามาใช้งานบนชิ้นงานได้

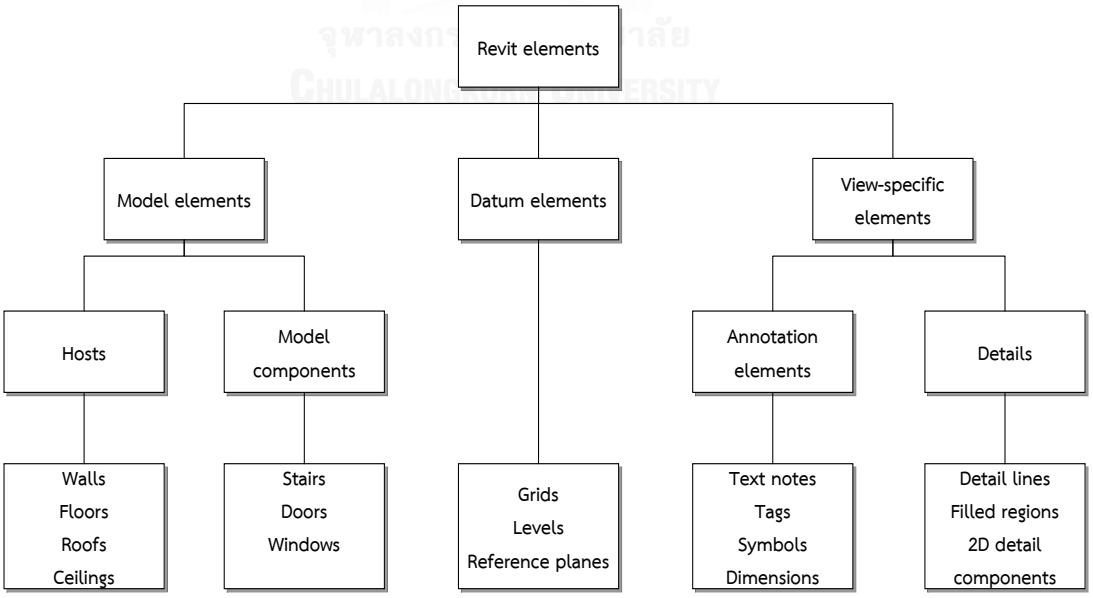
- in-place family เป็นองค์ประกอบพิเศษที่สร้างขึ้นในชิ้นงานที่ผู้ใช้ต้องการสร้างองค์ประกอบหรือวัตถุพิเศษขึ้นมาใช้ในชิ้นงานที่กำลังเปิดใช้งานอยู่ ซึ่งจะแตกต่างจาก loadable family ตรงที่จะต้องสร้างแล้วโหลดเข้ามาภายในชิ้นงาน และจึงกำหนดตำแหน่งสำหรับวาง family นั้น ๆ แต่ in-place family จะทำการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของ family ก่อนแล้วค่อยสร้าง family ขึ้นมาในตำแหน่งที่ต้องการบนชิ้นงาน

(3) types

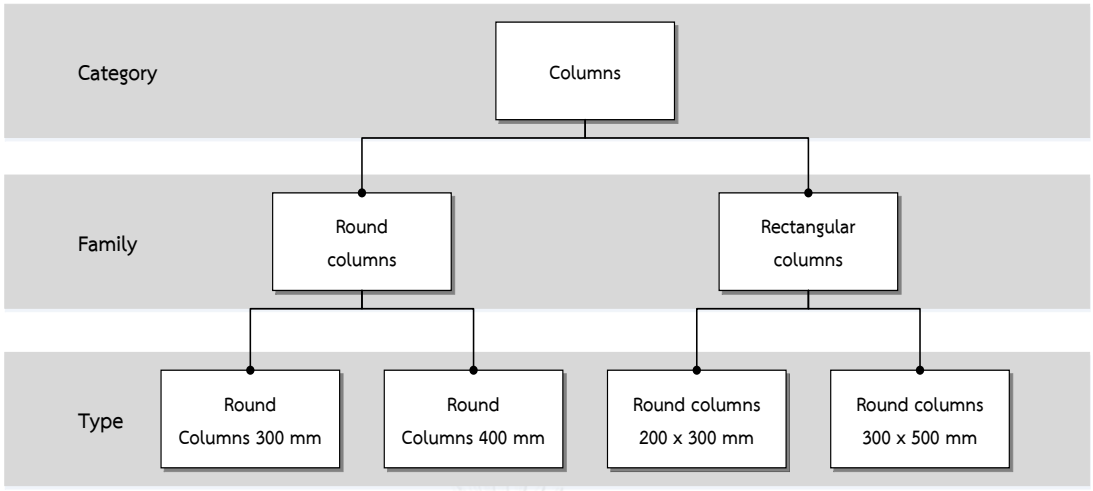
ระดับ type เป็นระดับข้อมูลที่รองจาก family โดย type เป็นตัวจำแนก family ออกเป็นประเภท และขนาดต่าง ๆ เช่น family คานประเภทคานคอนกรีต ขนาด 15x15 cm. เป็นต้น

(4) instance

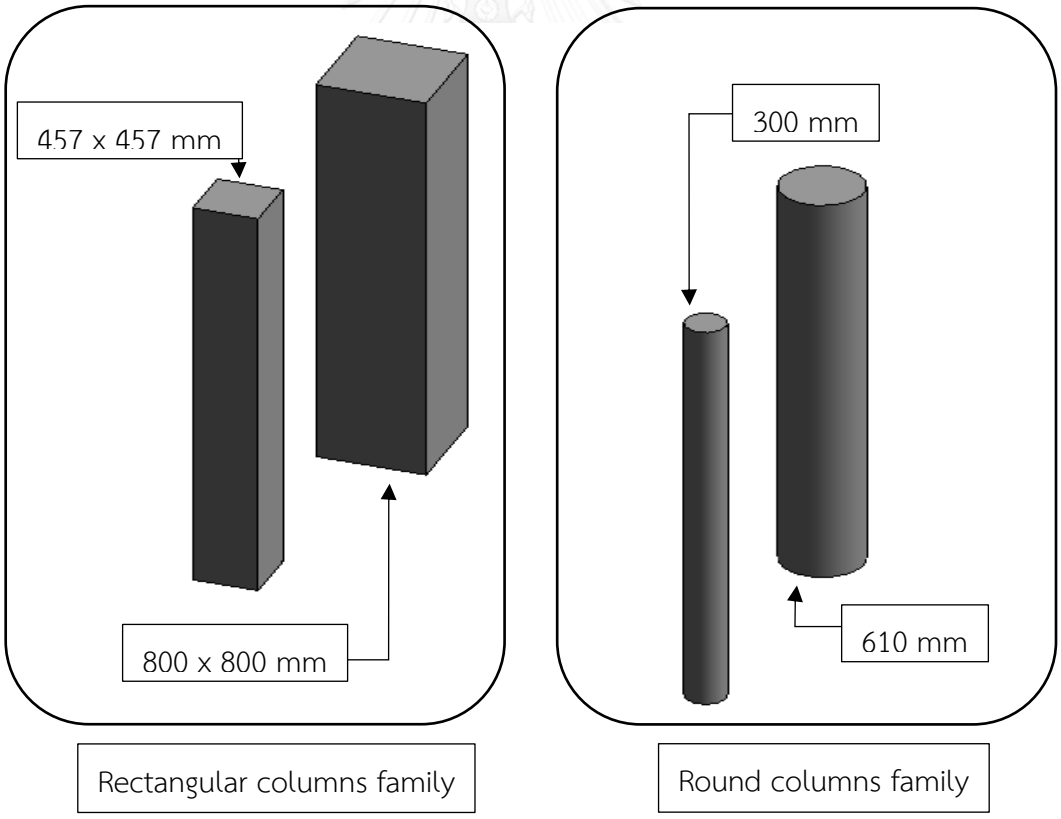
เป็นวัตถุเฉพาะเจาะจงของ elements แต่ละตัวที่วางลงในชิ้นงาน ซึ่งจะแสดงค่าของตำแหน่งบนอาคารที่ออกแบบ (model instance) หรือบนกระดาษแสดงแบบ drawing sheet (annotation instance) ซึ่ง instance นี้จะเป็นส่วนหนึ่งของ family และอยู่ภายใน family ที่มีความเฉพาะตัวในแต่ละชิ้นงาน



ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit



ภาพที่ 2.6 ระดับข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างระดับข้อมูลขององค์ประกอบในโปรแกรม Autodesk Revit

2.5 แนวคิด และคำนิยามเกี่ยวกับ FM

การบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (Facility Management, FM) มีการเปลี่ยนแปลงไปมากจากเมื่อ 20 ปีที่แล้ว ในอดีต FM ไม่มีความเกี่ยวข้องกับอสังหาริมทรัพย์ สถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง (Booty, 2009) เนื่องจาก FM เป็นเพียงการดูแลบำรุงรักษา การทำความสะอาด และการซ่อมแซม แต่ในปัจจุบัน FM มีความซับซ้อนมากขึ้น และครอบคลุม ถึงการจัดการอสังหาริมทรัพย์ การจัดการทางการเงิน การจัดการความเปลี่ยนแปลง การจัดการทรัพยากรมนุษย์ การจัดการความปลอดภัย สุขภาพ และสัญญา รวมทั้งการจัดการบริการบำรุงรักษางานด้านวิศวกรรม (Atin, 2009)

The International Facility Management Association (1980) ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับ FM ว่า “กระบวนการประสานการทำงานระหว่างสถานที่ทำงาน เพื่อให้สอดคล้องกับผู้คนและงานขององค์กรนั้น โดยเป็นการประสานความรู้ทางด้านการบริหารธุรกิจกับทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม”

Barrett (2003) ได้นิยาม FM ไว้ว่า “การบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร คือวิธีการแบบบูรณาการ เพื่อการดำเนินงาน การซ่อมบำรุง การปรับปรุง และการประยุกต์ใช้อาคาร และการใช้โครงสร้างพื้นฐานภายในองค์กรโดยสร้างสภาพแวดล้อมที่แข็งแกร่งเพื่อสนับสนุนวัตถุประสงค์หลักขององค์กร”

บัณฑิต จุลาสัย and เสริชย์ โชติพานิช (2547) ได้กล่าวว่า “การบริหารทรัพยากรกายภาพเป็นกระบวนการทำงานบริหารจัดการ กำกับการใช้ และดูแลซ่อมบำรุงอาคารและทรัพยากรกายภาพ ได้แก่ สิ่งก่อสร้าง อุปกรณ์อาคาร อุปกรณ์สำนักงาน สถานที่และสภาพแวดล้อม ให้มีความพร้อมและตอบสนองการใช้งาน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้และเจ้าของอาคาร โดยกำหนดให้กิจกรรมและเป้าหมายขององค์กรเป็นศูนย์กลาง อาคารเป็นเครื่องมือสนับสนุนองค์กร ในการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผล”

การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก มุ่งเน้นให้การบริการต่อผู้คนในอาคาร การทำงาน และอาคารสถานที่ ให้สามารถทำงานกันได้อย่างสอดคล้อง เพื่อบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายขององค์กร

การใช้อาคารและความต้องการในอาคารสมัยใหม่ สามารถอธิบายได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ของ 3 องค์ประกอบสำคัญ คือ คน กระบวนการ และสถานที่

คน (People) หมายถึง ผู้ใช้อาคาร

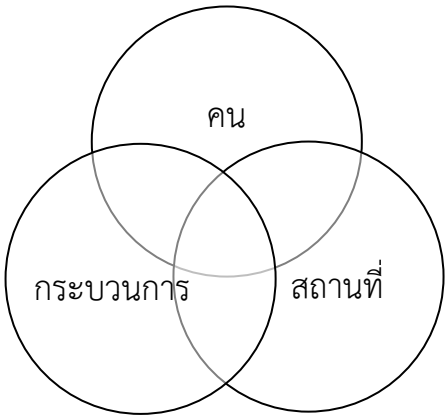
กระบวนการ (Process) หมายถึง กิจกรรม ธุรกิจ หรือธุรกรรม ที่เกิดขึ้นภายในอาคารนั้น

สถานที่ (Place) หมายถึง อาคาร พื้นที่ทำงาน บริเวณสิ่งแวดล้อม และเครื่องใช้สำนักงาน

ภาพที่ 2.8 แสดงปฏิสัมพันธ์ของทั้งสามองค์ประกอบ อาคารที่ถูกกำหนดให้เป็นตามเป้าหมายของกิจการหรือกิจกรรมขององค์กรนั้น และแปรผันไปตามสภาวะเศรษฐกิจของโลกซึ่งเป็นผลต่อรูปแบบแนวคิด ความต้องการใช้งาน และการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกสมัยใหม่

2.6 การประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ใน FM

National Institute of Standard and Technology (1999) ได้ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และเกิดขึ้นจากความไม่มีประสิทธิภาพในการร่วมมือกันทำงาน ของหลายๆฝ่ายในการศึกษาประกอบด้วยการแลกเปลี่ยนข้อมูล และการจัดการข้อมูล ปัญหาที่พบในการแลกเปลี่ยนข้อมูลคือไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และปัญหาของการเข้ากันไม่ได้ของข้อมูล รวมทั้งปัญหาของค่าใช้จ่ายที่มีเพิ่มมากขึ้น NIST ให้ความสนใจ ในการศึกษาส่วนของ ธุรกิจการค้า (commercial) อุตสาหกรรม (industrial) และสถาบันการก่อสร้าง (institutional buildings)จากการศึกษาพบว่า ความไม่มีประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกันสามารถก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 12 ต่อตารางฟุตสำหรับอาคารใหม่ และสำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาอาคาร มีค่าใช้จ่ายเป็น 2 ใน 3ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างวัฏจักรชีวิตอาคาร และมีค่าใช้จ่ายในช่วงการดำเนินงานและบำรุงรักษาร้อยละ 57.5 และคิดค่าใช้จ่ายต่อตารางฟุตเป็นร้อยละ 0.24 ต่อตารางฟุต (Gallaher et al. 2004)



ภาพที่ 2.8 ปฏิสัมพันธ์ของคน งาน และอาคาร
อ้างอิงจาก (บัณฑิต จุลาสัย and เสริชย์ โชติพานิช, 2547)

นอกจากนี้ The International Facility Management Association (1980) ได้สำรวจค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา พบว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษาเป็นร้อยละ 12.4 ของผลรวมค่าใช้จ่ายต่อปีที่ส่งผลกระทบและเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอาคาร ตารางที่ 2.5 แสดงค่าใช้จ่ายที่สามารถหลีกเลี่ยง และลดลงได้จากปริมาณของต้นทุนที่เกิดขึ้นของเจ้าของอาคารหรือผู้ดำเนินงานอาคาร (Teicholz, 2013) และมีผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมทั้งหมด 15.8 พันล้านดอลลาร์ ตารางที่ 2.6 แสดงการแบ่งส่วน ค่าใช้จ่ายของผู้มีส่วนร่วมในแต่ละช่วงของการก่อสร้าง การคำนวณค่าใช้จ่ายในการศึกษาของ NIST ได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบของสถานการณ์ทำธุรกิจในช่วงระยะเวลานั้น และค่าใช้จ่ายที่ได้ตั้งสมมุติฐานขึ้นมาตามสถานการณ์ ที่ไม่มีข้อมูล และได้ผลลัพธ์ในการคำนวณดังนี้

(1) หลีกเลี่ยง การใช้ระบบคอมพิวเตอร์หลายระบบมากเกินไป กระบวนการจัดการธุรกิจที่ไม่มีประสิทธิภาพ การใช้พนักงานในการรองรับระบบสารสนเทศมากเกินไป

(2) ลด การกรอกข้อมูลกลับเข้าไปใหม่โดยใช้คน ข้อมูลสารสนเทศ มีความต้องการในการจัดการ

(3) ความล่าช้า ค่าใช้จ่ายสำหรับพนักงานที่ไม่ได้ทำงาน และแหล่งทรัพยากรอื่นๆ ในองค์กร

ค่าใช้จ่ายจากสาเหตุที่กล่าวมานั้น พบว่าเจ้าของอาคารและผู้ดำเนินงาน มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม มากถึงร้อยละ 68 หรือ ประมาณ 10.6 พันล้านดอลลาร์ แต่การประมาณต้นทุนจากการคำนวณนี้ไม่แน่นอน เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณไม่สามารถนำข้อมูล ที่ถูกต้องแม่นยำมาใช้ได้ แต่อย่างไรก็ตามความสำคัญ และความคุ้มค่าของการพิจารณาอย่างจริงจัง และพยายามที่จะลดหรือหลีกเลี่ยงปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้นให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Eastman, Teicholz et al., 2011)

ตารางที่ 2.5 ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการทำงานร่วมกันที่ไม่มีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการก่อสร้างปี 2002

Stakeholder Group	Planning, Design, and Eng. Phase	Construction Phase	Operations and Maint. Phase	Total	Pct. of Total
Architects and Engineers	1,007.2	147.0	15.7	1,169.8	7.4%
Per square foot (SF)	0.89	0.13		1.02	
General Contractors	485.9	1,265.3	50.4	1,801.6	11.4%
Per SF	0.43	1.11			
Special Fabricators and Suppliers	442.4	1,762.2		2,204.6	13.9%
Per SF	0.39	1.55			
Owners and Operators	722.8	898.0	9,072.2	10,648.0	67.3%
Per SF	0.64	0.79	0.23	1.66	
Total	2,658.3	4,072.4	9,093.3	15,824.0	100.0%
Per SF	2.34	3.58	0.24	6.16	
Pct. of Total	16.8%	25.7%	57.5%	100.0%	

Note: Sums may not add to totals due to independent rounding.

Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.6 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการทำงานร่วมกันที่ไม่มีประสิทธิภาพของผู้มีส่วนร่วม

Cost Category	Avoidance Costs	Mitigation Costs	Delay Costs	Total	Pct. of Total
Architects and Engineers	485.3	684.5	—	1,169.8	7.4%
General Contractors	1,095.4	693.3	13.0	1,801.7	11.4%
Special Fabricators and Suppliers	1,908.4	296.1	—	2,204.5	13.9%
Owners and Operators	3,120.0	6,028.2	1,499.8	10,648.0	67.3%
Total	6,609.1	7,702.0	1,512.8	15,824.0	100.0%
Pct. of Total	41.8%	48.7%	9.6%	100.0%	

Note: Sums may not add to totals due to independent rounding.

2.7 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่นำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ใน FM สามารถแบ่งลักษณะของการศึกษางานวิจัยได้ดังนี้ การนำเอาแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ใน FM ได้แก่ Lui (2010), Cooperative Research Centre for Constrction Innovations (CRC) (2007) เป็นต้น ส่วนงานวิจัยที่สนับสนุนการใช้แนวคิด BIM ช่วยให้การบริหาร FM มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้แก่ Liu and Issa (2013), Leite, Bogen and Gong (2012), (Olatunji and Sher, 2010) เป็นต้น

งานวิจัยที่นำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในการบริหาร FM เริ่มด้วยงานวิจัยของ Mendez (2006) ศึกษาเกี่ยวกับการนำแนวคิด เทคโนโลยี และเครื่องมือ BIM มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยให้การไหลของสารสนเทศได้อย่างต่อเนื่องในการประสานงาน ครอบคลุมการออกแบบ การดำเนินงานก่อสร้าง และการดำเนินการใช้งานอาคารโดยเจ้าของอาคาร ด้วยวิธีการสัมภาษณ์และใช้กรณีศึกษา ซึ่งการดำเนินงานวิจัยโดยสัมภาษณ์บุคลากรของฝ่ายจัดการ FM ของมหาวิทยาลัย Worcester Polytechnic Institute จำนวน 4 ท่านจุดประสงค์ของการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบ พิจารณาปัญหาในการดำเนินการและการบำรุงรักษาของอาคาร โดยใช้อาคาร James Bartlett Center เป็นกรณีศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 8.1 พร้อมทั้งใส่รายละเอียดของข้อมูลในแบบจำลองตามที่ได้จากการสัมภาษณ์ จากนั้นส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ DWF ในรูปแบบ 2 และ 3 มิติและบรรจุเข้าในเว็บ E-Building เพื่อทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงแบบจำลองได้ เพื่อความสะดวกการนำไปทดลองใช้จริง การเข้าถึงจะถูกจำกัดเพียงผู้ได้รับอนุญาตเท่านั้น จากนั้นนำไปทดลองใช้จริงโดยผู้ที่ได้รับอนุญาตให้เข้าใช้การติดต่อสื่อสารผ่านเว็บ และกลับไปทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความแตกต่างระหว่างการทำงานที่ไม่ใช้ และใช้ BIM ซึ่งพบว่า 2 ใน 5 ของวิทยาเขต เห็นว่าการนำ BIM มาประยุกต์ใช้นั้นสร้างความแตกต่างในทางที่ดีกับการบริหาร FM เพราะทำให้ประหยัดเวลา เงิน และยังสามารถวางแผนล่วงหน้าในการดำเนินงานได้ แต่อีก 3 วิทยาเขตที่เหลือคิดว่า การนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้นั้นมีประโยชน์จริงแต่อาจเกิดปัญหาในระหว่างการเปลี่ยนแปลงอาจไม่คุ้มค่ากับเวลาที่เสียไป นอกจากนี้จากการศึกษายังพบอีกว่า แนวคิดการจำลองสารสนเทศยังลดปัญหาการสื่อสารในการก่อสร้างระหว่าง สถาปนิก วิศวกร ผู้รับจ้าง เจ้าของอาคาร และผู้ดำเนินการอาคาร และสามารถลดระยะเวลาในการออกแบบได้ถึงร้อยละ 40 และยังสามารถลดระยะเวลาการก่อสร้างได้ ในส่วนของการดำเนินการและการบำรุงรักษายังมีความ

แม่นยำและสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยผู้ทำงานไม่ต้องเสียเวลาสืบค้นข้อมูลที่ต้องการในการบำรุงรักษา งานวิจัยนี้ได้สรุปข้อจำกัดของงานวิจัยและคำแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคตไว้ดังนี้ งานวิจัยนี้ ยังไม่รวมงานระบบเครื่องกล ไฟฟ้า และระบบท่อ และความสามารถในการเชื่อมต่อเครื่องมือของ BIM เช่น Autodesk Revit ให้ใช้งานร่วมกันกับซอฟต์แวร์ ของ FM เช่น Bacnet หรือ SchoolDude เป็นต้น และแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อประมาณ และติดตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดระหว่างการใช้งานอาคาร และในการพิจารณากระบวนการทำสัญญาหรือข้อตกลงและการตรวจสอบอาคาร ควรเตรียมเอกสารหรือมีเอกสารเพื่อประกอบการพิจารณาและควรระบุข้อกำหนดอะไรในขั้นต้น

นอกจากนี้มีงานวิจัยของ Lui (2010) ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำแนวคิดทฤษฎีและเครื่องมือเกี่ยวกับ BIM เพื่อสนับสนุนและระบุสารสนเทศที่ต้องการเพื่อการวางแผน การออกแบบ การจัดซื้อจัดจ้าง การดำเนินการก่อสร้าง และการดำเนินงาน และบำรุงรักษาอาคารของมหาวิทยาลัย Worcester Polytechnic Institute และได้จัดทำคู่มือเพื่อการประยุกต์ใช้จริงของแนวคิด BIM โดยมีกระบวนการจัดทำคู่มือดังนี้ การหาสารสนเทศที่ต้องการเพื่อนำมาใส่ในแบบจำลอง พัฒนากระบวนการเพื่อระบุแนวทางที่เฉพาะเพื่อให้สามารถจัดการสารสนเทศที่ต้องการใน FM ได้

ศึกษาโดยใช้กรณีศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนอาคารเดี่ยว และหลายอาคาร โดยทั้งสองส่วนได้ใช้ Autodesk Revit ในการพัฒนาแบบจำลอง พร้อมทั้งระบุสารสนเทศของงานสถาปัตยกรรม และงานการดำเนินงานและบำรุงรักษา โดยข้อมูลที่ใส่อ้างอิงจากความต้องการของผู้จัดการสิ่งอำนวยความสะดวกที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการอาคารของแผนกการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก และพัฒนามาจากรายละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) นำแนวคิดที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบความถูกต้องโดยฝ่ายจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกของมหาวิทยาลัย และนำไปปรับปรุงคู่มือให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน นำแบบจำลองและคู่มือไปประยุกต์ใช้จริง พร้อมกับสัมภาษณ์เพื่อรับผลตอบรับ จากการศึกษาของ Lui (2010) พบว่าการนำแนวคิด ทฤษฎี และเครื่องมือของ BIM ในการประยุกต์ใช้ช่วยลดเวลาในการออกแบบและการก่อสร้างจากการแสดงผลแบบ 3 มิติและช่วยในการประสานงาน และเจ้าของอาคารได้ประโยชน์จากการลดระยะเวลาในการก่อสร้าง นอกจากนี้เจ้าของอาคารได้รับแบบก่อสร้างจริงที่เป็น 3 มิติที่แนบมาพร้อมสารสนเทศต่างๆเมื่ออาคารก่อสร้างเสร็จ ในส่วนของการจัดการ FM สามารถทำงานร่วมกันได้มากขึ้นและสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายขึ้น

เพื่อการดำเนินงานและการบำรุงรักษา และได้ระบุอุปสรรคสำหรับการประยุกต์ใช้จริงไว้สองหัวข้อหลัก คือ การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบระหว่างผู้มีส่วนร่วมในโครงการเนื่องจากการนำ BIM มาใช้งานจริงยังไม่เป็นที่แพร่หลาย และขาดผู้มีความรู้ ความสามารถในการใช้งาน BIM ผู้ใช้งานจึงสนใจในการนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในองค์กรเสียก่อน จึงพัฒนาขยายวงกว้างสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นนอกองค์กรได้ และหัวข้อที่สองคืออุปสรรคเกี่ยวกับต้นทุนของการฝึกฝนการใช้งานโปรแกรมมีต้นทุนสูง นอกจากนี้งานวิจัยนี้ ได้ระบุข้อจำกัดของงานวิจัย และให้คำแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคตดังนี้ ปัญหาของการทำงานร่วมกันระหว่างซอฟต์แวร์ Maximo และ Revit ซึ่งซอฟต์แวร์ Maximo เป็นซอฟต์แวร์ ทางด้าน FM ทำหน้าที่กระจายงานตามคำสั่ง ในขณะที่ Revit สามารถเก็บสารสนเทศและเป็นตัวกลางในการประสานงานได้ดี แต่ซอฟต์แวร์ทั้งสองยังไม่สามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างอัตโนมัติ จึงทำให้การทำงานในปัจจุบันยังเป็นการกรอกข้อมูลเข้าในแบบจำลอง Revit หลังจากที่ได้รับใบสั่งงานจาก Maximo เท่านั้น

งานวิจัยของ Leite Bogen และ Gong (2012) ได้ศึกษาความท้าทายในการจำลองสารสนเทศเพื่อใช้ใน สถาปัตยกรรม วิศวกรรม การก่อสร้าง และการจัดการ FM จากการศึกษาพบว่าสามารถระบุปัญหาใหญ่ได้ 5 หัวข้อ ในการจำลองสารสนเทศอาคาร คือ

(1) รูปแบบและการทำงานร่วมกันในการใช้งานข้อมูลร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนร่วมตลอดวงจรชีวิตของโครงการ

(2) แหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ที่ใช้งานร่วมกันอาจจะมีข้อกำหนดมากกว่าที่ได้แบ่งไว้ในแบบฟอร์ม

(3) การดึงข้อมูลและรูปแบบที่เป็นทางการของข้อมูลจริงเพื่อใช้ในการสร้าง รวมทั้งการรวมกันของข้อมูลที่ได้แยกไว้ให้นำมาพิจารณาด้วย

(4) แบบจำลองสำหรับผู้มีส่วนร่วมตลอดวงจรชีวิตอาคาร โดยเข้าใจว่าใครเป็นผู้ใช้งานแบบจำลองนั้นที่แต่ละขั้นตอน และสารสนเทศอะไรบ้างที่แต่ละผู้มีส่วนร่วมจะต้องการใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยของ Jazizadeh et al. (2012) ศึกษาเกี่ยวกับขอบเขตของเครื่องมือ และข้อกำหนดของสารสนเทศที่ต้องการเพื่อทำให้สามารถประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ใน FM ด้วยการสัมภาษณ์ 3แบบ คือ การสัมภาษณ์แบบเป็นส่วนตัวเพื่อหากระบวนการทำงานของ FM ในปัจจุบัน และ BIM สามารถไปแก้ปัญหานั้นได้อย่างไรและทำอย่างไรให้มีประสิทธิภาพ สองคือ สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานสถาปัตยกรรม วิศวกรรม ผู้รับจ้าง เจ้าของอาคาร ผู้ดำเนินการอาคาร และผู้มีส่วนร่วมอื่นๆ ด้วยตัวเองและทางโทรศัพท์ สุดท้ายสัมภาษณ์ออนไลน์ โดยผู้วิจัยได้ส่งบทสัมภาษณ์ไปทางอีเมล์ของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้รับคำตอบที่หลากหลาย จากการศึกษาพบว่า ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่เห็นว่าเครื่องมือของ BIM สามารถทำให้ทราบถึงตำแหน่งของวัตถุได้ สามารถตรวจสอบระยะเวลาในการบำรุงรักษา และแนะแนวทางและปรับปรุงการประยุกต์ใช้จริงของขอบเขตของเครื่องมือ BIM ได้ระบุกระบวนการในการหาข้อกำหนดสารสนเทศที่ต้องการ แบ่งได้ 2 ประเภทคือ ข้อมูลทางกายภาพ และข้อมูลที่ไม่เป็นกายภาพ

งานวิจัยของ Liu and Issa (2013) ทำการศึกษาเพื่อความชัดเจนเกี่ยวกับความต้องการของผู้เชี่ยวชาญการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก วัตถุประสงค์เพื่อการบำรุงรักษา ตรวจสอบและระบุขอบเขตที่สามารถนำ BIM เทคโนโลยีมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการตามข้อมูลที่ระบุ โดยการสำรวจความคิดเห็นหลายวิธี ประกอบด้วย การส่งจดหมายถึงสถาบัน Stevens Construction การสำรวจผ่านเว็บไซต์ LinkedIn โดยเลือกเฉพาะกลุ่มที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ FM ประกอบด้วย ผู้จัดการอาคาร สมาคมเจ้าของอาคารและผู้จัดการอาคารนานาชาติ (Building Owners and Managers Association, BOMA) และกลุ่มการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก (Integrated Facility Management, IFM) และสำรวจผ่านอีเมล์ที่รวบรวมโดยผู้วิจัย ประกอบด้วย เจ้าของอาคารที่ได้รับการศึกษาในระดับสูง รัฐบาล องค์กร และแผนกจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกของมหาวิทยาลัยรัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการสำรวจพบว่า ผู้มีส่วนร่วมเชื่อว่าปัญหาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาควรพิจารณาในขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้าง และสารสนเทศที่ได้รับจากผู้รับจ้างเมื่ออาคารแล้วเสร็จไม่เพียงพอต่อการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกและการบำรุงรักษา และสนับสนุนการนำ BIM มาใช้เพื่อเก็บสารสนเทศตั้งแต่ต้นและช่วยในการส่งมอบสารสนเทศเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิตอาคารก็ต่อเมื่อสามารถระบุข้อกำหนดต่างๆของ FM ได้อย่างชัดเจน

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยในอดีตทราบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารและข้อมูลสารสนเทศในแบบจำลอง มาใช้งานในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารอย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นไปที่เครื่องมือต่าง ๆ ที่จะประสานการทำงานของเครื่องมือด้าน BIM และเครื่องมือด้านการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แต่ในส่วนของการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง หรือแบบจำลอง as-built BIM นั้นยังไม่การศึกษามากนัก ซึ่งแบบจำลอง as-built BIM นั้นเป็นส่วนสำคัญในการจัดเตรียมข้อมูลสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาแนวทางการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM โดยประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ องค์ประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลอง as-built BIM และขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

2.8 สรุปท้ายบท

บทนี้เป็นการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยเพื่อหาแนวทางการประยุกต์ใช้แนวคิดการจำลองสารสนเทศอาคารในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร โดยเริ่มจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจำลองสารสนเทศอาคาร ระดับการพัฒนา พื้นฐานการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร และงานวิจัยในอดีตที่มีการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้และมีประโยชน์อย่างไร มีความแตกต่างอย่างไรเมื่อมีการนำแนวคิดนี้มาปฏิบัติใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาหากระบวนการในการนำแนวคิดการจำลองสารสนเทศอาคารมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารว่า ควรมีขั้นตอนอย่างไร และมีข้อจำกัดอะไรบ้าง โดยขั้นตอนการวิจัยมีรายละเอียดได้อธิบายไว้ในบทที่ 3

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

บทนี้นำเสนอขั้นตอนการทำงานวิจัยซึ่งประกอบด้วย การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษากระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง (as-built drawing) โดยทั่วไปการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริงการตรวจสอบความถูกต้องของแนวทางในการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขให้พร้อมเพื่อนำมาใช้จริงสรุปงานวิจัย และวิเคราะห์หาข้อจำกัดของงานวิจัย รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

3.1 ลักษณะของงานวิจัย

งานวิจัยสามารถจำแนกตามลักษณะและประโยชน์ที่ได้รับ ซึ่งประเภทของงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ประเภทของงานวิจัยจำแนกตามลักษณะการพิจารณา (Marczyk G, DeMatteo D et al., 2005); (อาทิวรรณ โชติพฤกษ์, 2555)

ตารางที่ 3.1 ประเภทของงานวิจัยจำแนกตามลักษณะการพิจารณา ((Marczyk G et al., 2005), (อาทิวรรณ โชติพฤกษ์, 2555))

ลักษณะการพิจารณา	ประเภทงานวิจัย	รายละเอียด
พิจารณาจากลักษณะของข้อมูล	งานวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research)	งานวิจัยเชิงปริมาณเป็นงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์จาก การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
	งานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research)	งานวิจัยเชิงคุณภาพเป็นงานวิจัยที่เน้นการสัมภาษณ์ และการสังเกต โดยการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูป ของรหัสข้อความ รวมถึงการวิเคราะห์จากรูปภาพเป็นต้น

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ประเภทของงานวิจัยจำแนกตามลักษณะการพิจารณา ((Marczyk et al., 2005), (อาทิวรรณ โชติพฤกษ์, 2555))

ลักษณะการพิจารณา	ประเภทงานวิจัย	รายละเอียด
พิจารณาจากประโยชน์ที่ได้รับ	งานวิจัยบริสุทธิ์ (pure research)	งานวิจัยบริสุทธิ์เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นในการสร้างองค์ ความรู้ใหม่ โดยงานวิจัยไม่เน้นผลการนำไปใช้ ประโยชน์ในชีวิตจริง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาทฤษฎี สูตร หรือองค์ความรู้ที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาเรื่องอื่นๆ ต่อไป
	งานวิจัยประยุกต์ (applied research)	งานวิจัยประยุกต์เป็นงานวิจัยที่มุ่งนำผลการวิจัยไปใช้ ประโยชน์ในทางปฏิบัติ เช่น เพื่อนำไปแก้ปัญหา เพื่อ นำไปประกอบการตัดสินใจ และเพื่อนำไปพัฒนา โครงการ เป็นต้น

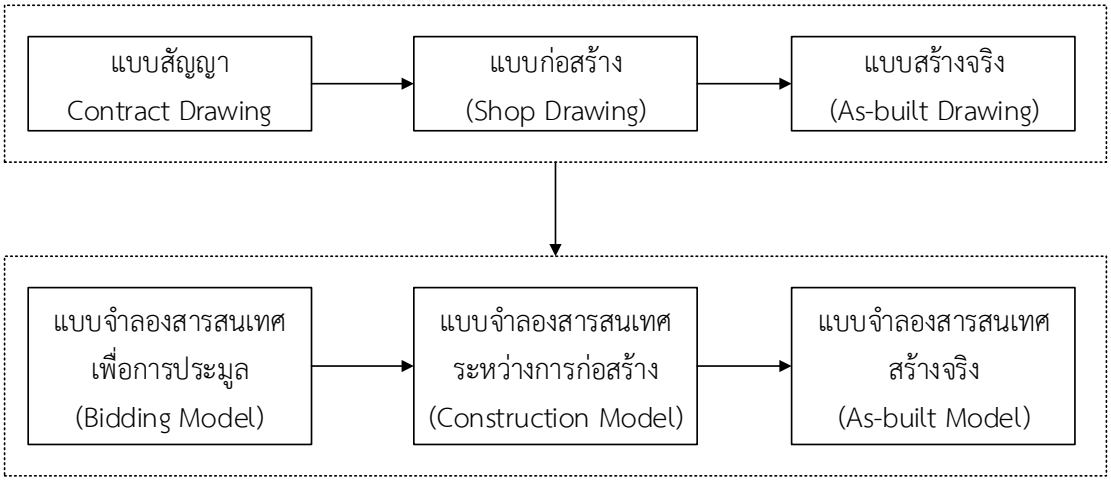
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การพิจารณาลักษณะของงานวิจัยและประโยชน์จากงานวิจัย พบว่างานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) และงานวิจัยประยุกต์ (applied research) เนื่องจากงานวิจัยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยโดยการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และมีการนำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์และสรุปผลในลักษณะของข้อความ ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถนำมาพัฒนาเป็นแนวทางในการปรับปรุงข้อจำกัดการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการพัฒนา as-built BIM สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร และงานวิจัยนี้ยังมีประโยชน์ต่อเจ้าของอาคาร ผู้รับจ้างก่อสร้าง ผู้พัฒนาแบบจำลองสารสนเทศ และผู้จัดการอาคาร ที่นำ BIM มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา แบบจำลอง as-built BIM สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร โดยรายละเอียดแนวคิดการทำวิจัย การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

3.2 แนวคิดและหลักการทำวิจัย

แนวคิด BIM เป็นแนวคิดที่เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมการก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ไปจนถึงการก่อสร้างอาคาร และการบริหารงานก่อสร้าง ที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์มากมายทั้งในเชิงปฏิบัติการและในทางวิชาการ ผลจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของแนวคิดแบบจำลองสารสนเทศอาคาร กับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดในการทำวิจัย และผลลัพธ์ในการวิจัย

การพัฒนาระเบียบวิธีวิจัย โดยมีกรอบแนวคิดเรื่องพัฒนาการของแบบจำลอง as-built BIM ควรมีพื้นฐานมาจากพัฒนาการของแบบในปัจจุบัน และพัฒนามาจาก bidding model พัฒนาเป็น construction model และเป็นแบบจำลอง as-built BIM โดยข้อมูลบางส่วนจะต้องอ้างอิงมาจาก bidding model และข้อมูลบางส่วนจะถูกเพิ่มเติมเรื่อย ๆ ในระหว่างการก่อสร้าง และสุดท้ายจะกลายเป็นแบบจำลอง as-built BIM แต่ข้อมูลจะถูกปรับให้เหมาะสมสำหรับจุดประสงค์ของเจ้าของอาคารที่จะนำข้อมูลจากแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้งานตามเงื่อนไขในสัญญาก่อสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 3.1 การแสดงพัฒนาการของแบบในปัจจุบัน และการพัฒนาการของแบบจำลองสารสนเทศเงื่อนไขในการวิจัยกำหนดให้มีการส่งแบบก่อสร้างจริง ให้เจ้าของโครงการ เป็นแบบจำลอง as-built BIM



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดพัฒนาการแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

3.3 ขั้นตอนงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 8 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

(1) ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นจากงานวิจัยในอดีต บทความทางวิชาการ วารสารทางวิชาการ หนังสือ และเอกสารที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

(2) ศึกษากระบวนการจัดเตรียมแบบระหว่างการก่อสร้างและการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง โดยสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ในกระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงและการสังเกตการณ์ แล้วนำมาสรุปขั้นตอนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไป หน้าที่ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม และปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

(3) รวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร โดยการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ ผู้ปฏิบัติงานจริง และผู้จัดการอาคาร เพื่อสรุปข้อมูลที่จำเป็นสำหรับจัดการอาคารและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ประกอบอาคาร

(4) ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ตามหลักทฤษฎี และกระบวนการที่ใช้จริงในประเทศไทย ข้อมูลในส่วนนี้ได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์และผู้ปฏิบัติงานจริง รวมถึงการสังเกตการณ์การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากนั้นจึงสรุปข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน ระดับข้อมูลและสารสนเทศที่ควรระบุลงในแบบจำลองอาคาร

(5) วิเคราะห์องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM พร้อมทั้งพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารแบบก่อสร้างจริงสำหรับบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร สำหรับโครงการก่อสร้างในประเทศไทย

(6) พัฒนากรอบเบื้องต้น (preliminary framework) สำหรับพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง

(7) ตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงกระบวนการ รายละเอียดของแบบจำลองสารสนเทศอาคารแบบก่อสร้างจริงสำหรับบริหารจัดการทรัพยากรอาคารโดยอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จาก

ประยุกต์ใช้กรอบเบื้องต้นในกรณีศึกษา นำไปสู่กรอบสุดท้าย (final framework) ซึ่งมีความถูกต้องเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอื่นๆ ในประเทศไทยได้จริง

(8) สรุปผลการศึกษา หาข้อจำกัดของงานวิจัย ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต และจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

3.4 ทบทวนงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนเอกสารและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัย โดยในการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ได้รวบรวมจาก หนังสือคู่มือแนวทางปฏิบัติงาน มาตรฐาน วารสารทางวิชาการ และบทความทางวิชาการต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยรายละเอียดในการศึกษามีดังต่อไปนี้

(1) มาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติในการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

(2) งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แนวคิด BIM ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

(3) มาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงและคู่มือเจ้าของอาคาร

(4) คู่มือการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร และมาตรฐานงานบำรุงรักษาระบบประกอบอาคาร

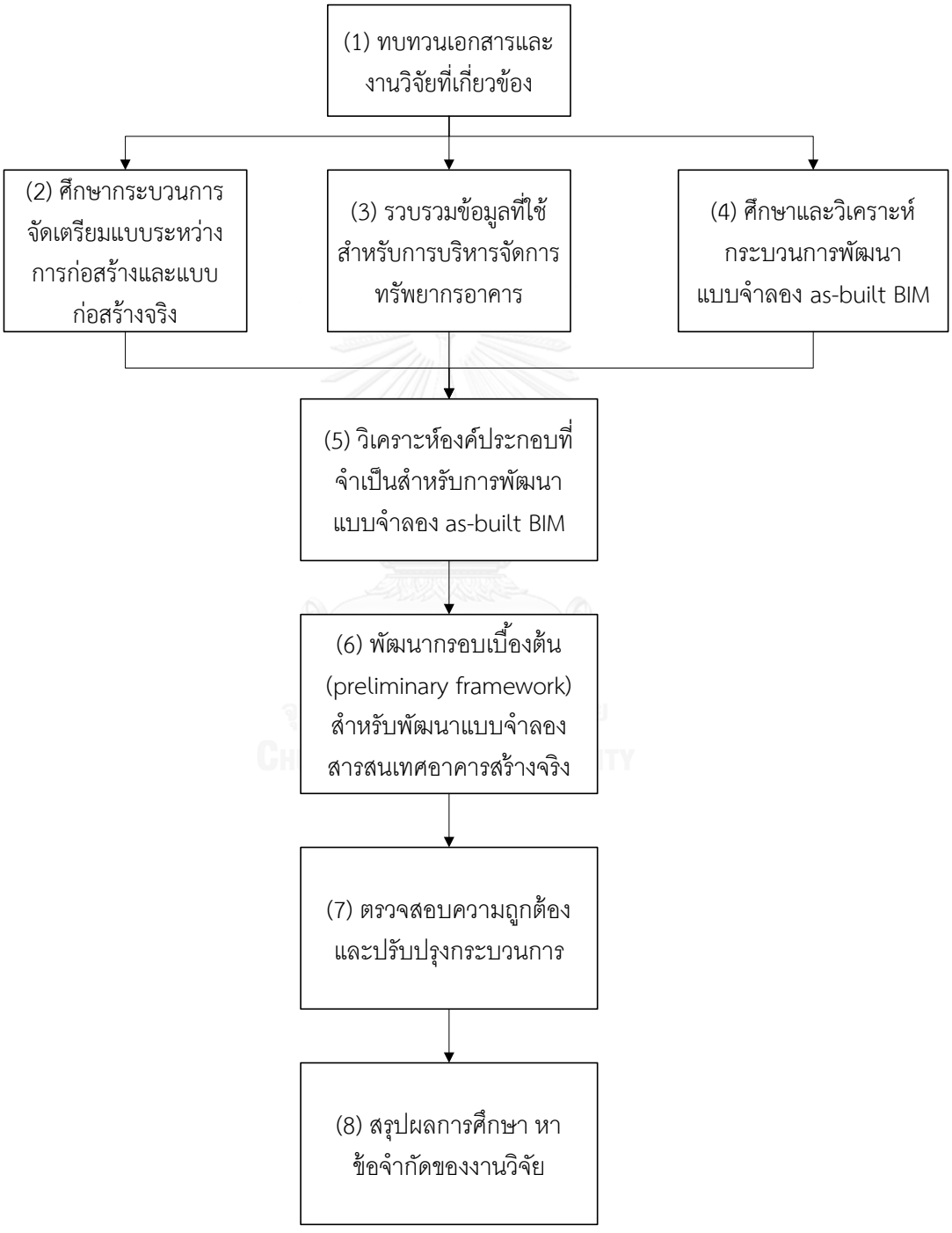
3.5 ศึกษากระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงในงานก่อสร้างโดยทั่วไป (conventional process) ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดทำแบบก่อสร้างจริงของบริษัทผู้รับจ้างก่อสร้างอาคารทั้งงานภาครัฐและเอกชน โดยมีหัวข้อในการสัมภาษณ์ดังนี้

(1) กระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปในการก่อสร้าง มีลักษณะอย่างไร จัดทำขึ้นในช่วงใดของโครงการ และองค์กรใดรับหน้าที่ในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง

(2) ขั้นตอนในการจัดทำประกอบด้วยกิจกรรมอะไรบ้าง มีข้อมูลและสารสนเทศอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง

(3) ปัญหาในการจัดทำแบบก่อสร้างจริงมีอะไรบ้าง และมีสาเหตุมาจากปัจจัยใด



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยรวม

ผลจากการสัมภาษณ์ดังแสดงอยู่ในภาคผนวก ก ทำให้ทราบถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างก่อสร้าง และขั้นตอนในปัจจุบันยังมีปัญหาอยู่ และปัญหาที่เกิดสามารถนำแนวคิด BIM มาใช้แก้ไขได้ แต่ระบบจัดซื้อจัดจ้างในประเทศไทยส่วนใหญ่แล้วเป็น ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง จึงทำให้การนำ BIM มาใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้างและจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงสำหรับการจัดการทรัพยากรอาคารเป็นไปได้ยาก จะต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงาน

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังอาศัยการสังเกตการณ์กระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง ในการทำงานจริงของผู้รับจ้างก่อสร้างในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริงในโครงการก่อสร้างจริง เพื่อรับทราบกระบวนการทำงานจริง ใครทำหน้าที่อะไรและมีกิจกรรมอะไรบ้าง และการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างฝ่ายต่าง ๆ ในโครงการก่อสร้างว่ามีข้อมูลสารสนเทศอะไรบ้างและเอกสารอ้างอิงสำหรับการจัดเตรียมแบบก่อสร้างมาจากแหล่งใด เพื่อให้ข้อมูลในขั้นตอนนี้ครบถ้วนและเป็นไปตามการทำงานจริงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

3.6 ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ 2 ส่วนหลัก ได้แก่

(1) กระบวนพัฒนาแบบจำลองสร้างจริงในเชิงทฤษฎี

(2) กระบวนพัฒนาแบบจำลองสร้างจริงโดยทั่วไปในการก่อสร้างไทย

ข้อมูลที่จำเป็นถูกรวบรวมจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ปฏิบัติงานจริงในโครงการทั้งทางภาครัฐและเอกชน รายละเอียดการสัมภาษณ์แสดงในภาคผนวก ค การสัมภาษณ์มุ่งเน้นประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- กระบวนการพัฒนาแบบจำลองสร้างจริงที่นำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ตามหลักทฤษฎี
- กระบวนการพัฒนาแบบจำลองสร้างจริงที่นำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างไทยโดยทั่วไป

- สาเหตุ ปัจจัยที่สงผลกระทบให้กระบวนการพัฒนาแบบจำลองสร้างจริงมีรูปแบบที่แตกต่างกัน

- ปัญหาและอุปสรรคในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้

ในการสัมภาษณ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อค้นหาประเด็นสำคัญที่จะนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างและความเหมือนอย่างไร ระหว่างกระบวนการพัฒนาแบบจำลองสร้างจริงตามหลักทฤษฎี BIM และกระบวนการที่นำ BIM มาปฏิบัติใช้จริงโดยทั่วไป มีปัจจัยอะไรบ้างที่ส่งผลให้กระบวนการมีความเหมือนหรือแตกต่างกัน ซึ่งขั้นตอนที่ 3.3 ถึง 3.6 จะแสดงผลการศึกษาในบทที่ 4 จะอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไป และกระบวนการจัดทำแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง

นอกจากนั้น ผู้วิจัยยังอาศัยการสังเกตการณ์กระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ในปัจจุบันของแต่ละองค์กร เพื่อรับทราบถึงขั้นตอนการทำงานโดยทั่วไปเป็นอย่างไร ใครมีหน้าที่รับผิดชอบกิจกรรมใด และระดับของการพัฒนาแบบจำลองของแต่ละองค์กรเป็นอย่างไร ซึ่งในแต่ละองค์กรนั้นมีกระบวนการพัฒนาแบบจำลองและระดับของการพัฒนาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำ BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง ซึ่งรายละเอียดในขั้นตอนนี้จะแสดงผลอยู่ในบทที่ 4

3.7 รวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

ในขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพื่อรับทราบข้อมูลและสารสนเทศที่ควรระบุลงในแบบจำลอง as-built BIM โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกและสังเกตการณ์การทำงาน ของผู้จัดการอาคารและผู้ปฏิบัติงานจริงในกระบวนการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ทั้งงานภาครัฐและเอกชน เพื่อรับทราบข้อมูลที่ใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารและการบำรุงอุปกรณ์ประกอบอาคาร และแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้สำหรับการบริการจัดการทรัพยากรอาคาร เมื่อทราบถึงข้อมูลดังกล่าวแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์เชิงลึกมาพัฒนาแบบสำรวจพร้อมกับการสัมภาษณ์ ข้อมูลที่จำเป็นในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

3.8 วิเคราะห์องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

โดยอาศัยแนวคิด BIM ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบที่จำเป็นของแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

(1) องค์ประกอบของแบบจำลอง (model elements)

(2) สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลอง (information and attribute)

(3) ระดับพัฒนาและความละเอียดของแบบจำลอง (level of development and detail, LoD)

จากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดต้นแบบที่เหมาะสมของแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริงโดยอาศัยคู่มือ มาตรฐาน และเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผลการวิเคราะห์จากหัวข้อ 3.7 โดยวิเคราะห์ 3 ประเด็นหลัก ได้แก่

- องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM จากคู่มือที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM จากการปฏิบัติงานจริงและคู่มือการจัดการอาคารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- ระดับพัฒนาและความละเอียดของแบบจำลอง as-built BIM ว่าควรจะอยู่ในระดับใดและมีความละเอียดขนาดไหน

จากหัวข้อที่ 3.6 และ 3.7 จะแสดงผลการวิเคราะห์ในบทที่ 5 ซึ่งจะอธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลอง as-built BIM

3.9 พัฒนากรอบเบื้องต้นสำหรับพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.4-3.8 ผู้วิจัยสามารถพัฒนากรอบเบื้องต้น (preliminary framework) ในการนำแนวคิด BIM ไปใช้พัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

(1) กำหนดปัจจัยหลักที่ช่วยในการตัดสินใจ (main factors)

(2) กำหนดลักษณะเฉพาะของโครงการ (characteristics of project)

(3) ระบุลักษณะของแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (characteristics of as-built BIM models)

(4) กำหนดเนื้อหาของแนวทางการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM guideline)

รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนนั้นผลลัพธ์ที่ได้มาจากการวิเคราะห์เอกสารทางวิชาการ การสังเกตการณ์ และการสัมภาษณ์การทำงานจริงในโครงการก่อสร้าง จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนนำไปตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ดำเนินงานด้านแนวคิด BIM ซึ่งรายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญ ผลการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์แสดงอยู่ในภาคผนวก ค และ ง

3.10 ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงกระบวนการนำ BIM ไปปฏิบัติใช้

การตรวจสอบความถูกต้องของงานวิจัยนี้ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงานโดยอาศัยแนวคิด BIM การตรวจสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามลำดับ กล่าวคือ หากตรวจสอบขั้นตอนที่ 1 เสร็จแล้วจึงทำการปรับปรุงแก้ไขหลังจากนั้นจึงนำไปตรวจสอบในขั้นตอนที่ 2 เมื่อมีส่วนที่จะต้องแก้ไขจะทำการแก้ไขก่อนจึงนำไปตรวจสอบในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

(1) การตรวจสอบความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนของกระบวนการที่พัฒนาขึ้น

(2) การตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบและเนื้อหาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการที่พัฒนาขึ้น

(3) การตรวจสอบความเหมาะสม และความพร้อมในการใช้งานของกระบวนการที่พัฒนาขึ้น

จากหัวข้อที่ 3.9 และ 3.10 จะแสดงผลการวิเคราะห์ในบทที่ 6 ซึ่งจะอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

3.11 สรุปงานวิจัย และวิเคราะห์หาข้อจำกัดของงานวิจัย

สรุปผลการวิจัยพร้อมทั้งหาข้อจำกัดของงานวิจัยที่เป็นประเด็นสำคัญ พร้อมทั้งนำเสนอคำแนะนำที่สามารถนำไปทำวิจัยในอนาคต และจัดทำนำเสนอเพื่อเผยแพร่งานวิจัย

3.12 สรุปท้ายบท

บทนี้อธิบายถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยอย่างละเอียด เกี่ยวกับการศึกษากระบวนการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในการเตรียมแบบก่อสร้างจริง โดยขั้นตอนการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและกระบวนการในการระบุระดับการพัฒนาที่เหมาะสม และระบุข้อกำหนดของสารสนเทศที่ต้องการ และพัฒนาแนวทางในการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานด้านการบริหารจัดการ FM และศึกษาคุณสมบัติของซอฟต์แวร์ Autodesk Revit หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาพัฒนาแนวทางในการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร BIM โดยจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก หน้าที่และความรับผิดชอบของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง พัฒนาแนวทางการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง และระบุข้อกำหนดสารสนเทศที่ต้องการ โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำมาตรฐาน NBIMs คู่มือ BIM Planning Guide for Facility Owners และ GSA BIM Guide for Facility Management เป็นเอกสารอ้างอิงในการพัฒนาแนวทางในการดำเนินงาน ในส่วนของการพัฒนาแบบจำลองได้นำซอฟต์แวร์ Autodesk Revit สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการ โดยการนำไปทดลองใช้จริงในการบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้กระบวนการดำเนินงานที่เหมาะสมมากที่สุด

Chulalongkorn University

บทที่ 4
การวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาแบบก่อสร้างจริง

บทนี้นำเสนอการวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาแบบก่อสร้างจริง (as-built drawing) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ (1) การวิเคราะห์การพัฒนาแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไป จากการศึกษาโครงการก่อสร้างของหน่วยงานภาครัฐและเอกชน โดยแบ่งหมวดงานออกเป็น 5 หมวด คือ งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานระบบไฟฟ้า งานระบบประปา และงานระบบปรับอากาศ จากบทที่ 2 ได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของ BIM ไปแล้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้ความหมายของตัวย่อ M คือ แบบจำลอง (model) (2) การวิเคราะห์การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง (as-built BIM) โดยทั่วไป โดยจะกล่าวถึงทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย ได้แบ่งประเด็นในการวิเคราะห์เป็นกระบวนการทางทฤษฎี และกระบวนการปฏิบัติงานจริงโดยทั่วไป

4.1 กระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง

แบบในการก่อสร้างโดยทั่วไปมี 3 ประเภท ประกอบด้วย (1) แบบสัญญา (contract drawing) เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้างและการติดตั้งวัสดุต่าง ๆ ขั้นต้น ซึ่งจัดทำโดยวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อสื่อสารในการถ่ายทอดความต้องการของเจ้าของอาคารไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด (2) แบบก่อสร้าง (shop drawing) เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้าง และการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับอาคารที่จะทำการก่อสร้าง ซึ่งเป็นแบบที่ได้พัฒนามาจากแบบสัญญา โดยมีการศึกษาและทบทวนรูปแบบและวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสม ตลอดจนการแก้ไขข้อขัดแย้งในการก่อสร้างและการติดตั้งขององค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร รวมทั้งแสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงแบบตามวัตถุประสงค์เพิ่มเติมของเจ้าของอาคาร เพื่อให้เป็นแบบชุดที่สมบูรณ์และสามารถใช้ในการก่อสร้างและติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารได้ตามวัตถุประสงค์ และ

(3) แบบก่อสร้างจริง เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้างจริงของอาคารและการติดตั้งจริงของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดของอาคาร เช่น ตำแหน่งฐานราก ค่าระดับขององค์อาคาร และอุปกรณ์ประกอบอาคารต่าง ๆ ลักษณะการติดตั้งประตู หน้าต่าง เป็นต้น โดยเป็นแบบที่ดัดแปลงมาจากแบบสัญญาซึ่งได้ปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดให้เป็นไปตามที่ได้ทำการสร้างหรือติดตั้งจริง เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้งานและเจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างและฝ่ายซ่อมบำรุงอาคารรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบและ

เข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการก่อสร้างและการติดตั้งระบบต่าง ๆ ของอาคาร นอกจากนั้นยังสามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการใช้งานและซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์ประกอบอาคาร ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลในการดัดแปลง ต่อเติม รื้อถอน หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้สอยอาคารในภายภาคหน้า โดยปกติแล้วแบบก่อสร้างจริงจะส่งมอบพร้อมกับคู่มือผู้ใช้งาน (user's manual) ซึ่งเป็นเอกสารสรุปรายการวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร ซึ่งอาจจะเป็นรายการประกอบแบบ (specification) ฉบับแนบท้ายสัญญาก่อสร้าง พร้อมทั้งเอกสารแสดงสินค้า (catalog) เอกสารคู่มือการใช้และบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือเครื่องจักร (operating and maintenance manual) หนังสือรับประกันคุณภาพ (warrantee) ที่จัดทำโดยผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์หรือเครื่องจักรนั้น ๆ พร้อมทั้งเอกสารที่แสดงรายละเอียดและข้อมูลที่จำเป็นของอุปกรณ์นั้น ๆ เช่น รุ่น สี และตัวแทนผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น นอกจากนั้นยังรวมถึงเอกสารที่แสดงวิธีการใช้งาน การบำรุงรักษา และการซ่อมแซมเบื้องต้น ของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีวิธีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีราคาสูงหรือเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการการใช้งานหรือการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ ซึ่งหากมีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง จะส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากหรือเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ประตูอัตโนมัติ หรือเครื่องจักรต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องทำความเย็น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนั้นคู่มือผู้ใช้งานต้องระบุหลักเกณฑ์ในการออกแบบ (design criteria) ของวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อเป็นเอกสารอ้างอิงในการดัดแปลง ต่อเติม หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้สอยอาคารในภายภาคหน้าได้ต่อไป (วสท., 2553)

ผู้เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงสามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ ผู้จัดทำแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน และผู้ตรวจสอบและอนุมัติแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน

(1) ผู้จัดทำแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน ประกอบไปด้วย

- วิศวกรและสถาปนิกของบริษัทผู้รับจ้างก่อสร้างอาคาร
- วิศวกรของบริษัทผู้รับจ้างติดตั้งงานระบบต่าง ๆ
- ผู้ขายวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโครงการ

(2) ผู้ตรวจสอบและอนุมัติแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน

- วิศวกรและสถาปนิกผู้ควบคุมงาน หรือตัวแทนเจ้าของอาคาร

แบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งานอาคารโดยทั่วไป สำหรับการส่งมอบให้เจ้าของอาคาร จะประกอบไปด้วย ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริง สำเนาแบบก่อสร้างจริง คู่มือผู้ใช้งาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริง จัดอยู่ใน 2 รูปแบบ ดังนี้

- ต้นฉบับแบบกระดาษไข โดยเป็นกระดาษไขที่มีขนาดเท่ากับแบบสัญญาและแบบก่อสร้าง และเป็นขนาดมาตรฐาน เช่น A1 A2 และ A0

- ต้นฉบับแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์ไฟล์ เช่น ไฟล์ในรูปแบบออโตแคด (AutoCAD) พีดีเอฟ (PDF) หรือ อาร์ชิแคต (ArchiCAD) เป็นต้น โดยปกติข้อมูลและเนื้อหาในไฟล์ควรตรงกับแบบต้นฉบับแบบกระดาษ

(2) สำเนาของแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปจะทำการสำเนาจากแบบต้นฉบับแบบกระดาษไข ออกมาเป็นกระดาษพิมพ์เขียว ซึ่งมีขนาดเท่ากับแบบต้นฉบับ

(3) คู่มือผู้ใช้งาน จัดอยู่ใน 2 รูปแบบ ดังนี้

- รูปแบบต้นฉบับคู่มือผู้ใช้งานเป็นรูปเล่มที่รวบรวมเอกสารจากผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์ต่าง ๆ

- รูปแบบสำเนาของผู้ใช้งานโดยทั่วไปได้จากการสำเนาจากต้นฉบับคู่มือผู้ใช้งาน

ช่วงเวลาในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง ในการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ๆ มักจะมีการจัดทำแบบก่อสร้างเพื่อขออนุมัติจากผู้ควบคุมงาน แบบเหล่านี้เป็นแบบที่นำไปใช้ทำการก่อสร้างจริง ดังนั้นหากแบบก่อสร้างที่มีการสำรวจ ตรวจสอบ และจัดการอย่างดี จะสามารถนำมาปรับปรุงเป็นแบบก่อสร้างจริงได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องในการปฏิบัติงานจริงในโครงการโดยส่วนใหญ่แล้วไม่ได้มีกระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงตามมาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงดังที่กล่าวมาข้างต้น และมีระบบจัดการแบบที่ไม่เป็นระบบทำให้ใช้เวลาในการจัดทำแบบก่อสร้างจริงมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์ทราบถึงกระบวนการจัดเตรียมแบบจากต้นโครงการถึงแบบก่อสร้างจริง ในกระบวนการประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ กิจกรรม ผู้รับผิดชอบ และเอกสารที่ใช้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และรายละเอียดการปฏิบัติงานมีดังต่อไปนี้

(1) วิศวกรและสถาปนิก (architect and engineer, AE) ของผู้รับจ้างก่อสร้างรับเอกสารคู่สัญญาในส่วนงานแบบประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานโครงสร้าง งานระบบประปาสุขาภิบาล ระบบระบายน้ำ และระบบดับเพลิง งานวิศวกรรมเครื่องกล งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร และงานอื่น ๆ และรายการวัสดุประกอบแบบจาก project manager (PM) มาศึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแบบและรายการวัสดุประกอบแบบ ว่าสามารถก่อสร้างตามลักษณะที่กำหนดได้จริงและไม่มีความขัดแย้งระหว่างแบบคู่สัญญาแต่ละฉบับ และรายการวัสดุและเอกสารประกอบแบบอื่น ๆ

(2) จากการศึกษาแบบของแผนก AE ถ้าพบข้อขัดแย้งหรือแบบคลุมเครือแผนก AE จะปรึกษากับ PM เพื่ออธิบายถึงข้อขัดแย้งหรือแบบคลุมเครือจริงหรือไม่หากแบบไม่ถูกต้อง ให้แผนก AE ดำเนินการตามขั้นตอน (4) รวบรวมแบบเข้าด้วยกัน (combine) ต่อไป

(3) หากแบบไม่ถูกต้อง มีข้อขัดแย้ง คลุมเครือ หรือเหตุอันทำให้ไม่สามารถก่อสร้างได้ วิศวกร สถาปนิก หรือ PM ทำเอกสารหนังสือแจ้งขอข้อมูลเพื่อหาข้อสรุป (request for information, RFI) โดยแนบรายการคำถาม ระบุแบบที่ขัดแย้งกัน และ รายการคำนวณ ส่งกลับไปสอบถามผู้ว่าจ้างหรือผู้ออกแบบโดยผ่านตัวแทนเจ้าของโครงการ

(4) สถาปนิกและวิศวกรร่วมกันรวมแบบวิศวกรรมโครงสร้าง สถาปัตยกรรม และงานระบบต่าง ๆ และซึ่งแบบบางส่วนสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างได้เลย แต่โดยส่วนใหญ่จะจัดทำแบบ shop drawing ในส่วนงานที่ต้องการทราบรายละเอียดการก่อสร้าง การติดตั้ง อย่างชัดเจนและรายการวัสดุที่ใช้ โดยอ้างอิงรูปแบบตามแบบสถาปัตยกรรมเป็นหลักภายใต้ความรับผิดชอบของสถาปนิกและวิศวกรโครงการ เมื่อเสร็จสิ้นการรวมแบบจึงทำเรื่องส่งเอกสารขออนุมัติแบบ shop drawing ต่อไป

(5) เมื่อทำการรวมแบบทุกฉบับเสร็จสิ้นแล้ว สถาปนิกและวิศวกรของโครงการจัดทำเอกสารทำเรื่องในส่วนของการส่งแบบขออนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทน เพื่อขอความเห็นชอบแบบ และ/หรือรายการวัสดุ

(6) เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนรับเรื่องและทำการตรวจสอบเพื่ออนุมัติแบบ shop drawing และ/หรือรายการวัสดุสำหรับการก่อสร้าง ติดตั้ง สำหรับใช้งานในการก่อสร้าง โดยการอนุมัติมี 4 ประเภทดังนี้

- approved หมายถึง แบบและรายการวัสดุถูกต้องเหมาะสม เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนมีหน้าที่อนุมัติ และลงนามอนุมัติ โดยไม่มีการแก้ไขอันใด และส่งให้บริษัทผู้รับจ้าง (Contractor) เพื่อใช้ดำเนินการก่อสร้างหรือติดตั้งต่อไป

- approved at note หมายถึง แบบและรายการวัสดุได้รับการอนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการ แต่มีรายการให้ทำการแก้ไข เมื่อทำการแก้ไขแล้วไม่จำเป็นต้องส่งเอกสารขออนุมัติใหม่อีกครั้ง

- resubmit หมายถึง แบบ และ/หรือรายการวัสดุ ไม่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างหรือติดตั้ง เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการไม่อนุมัติให้ทำการก่อสร้างหรือติดตั้ง โดยจะส่งเอกสารกลับพร้อมความเห็นสำหรับการแก้ไข ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไขแบบ และ/หรือรายการวัสดุเสียก่อน เมื่อแก้ไขเสร็จจะต้องส่งเอกสารขอความเห็นชอบและอนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนอีกครั้ง เมื่อได้รับการอนุมัติแล้วจึงดำเนินการก่อสร้างได้

- reject หมายถึง แบบ shop drawing และ/หรือรายการวัสดุ ไม่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับการก่อสร้างหรือติดตั้ง เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนไม่อนุมัติให้ทำการก่อสร้างหรือติดตั้ง และตีกลับเอกสารเพื่อทำการตรวจสอบแบบและ/หรือรายการวัสดุใหม่ เมื่อทำการตรวจสอบแบบ และ/หรือรายการวัสดุเสร็จแล้วจะต้องส่งเอกสารขอความเห็นชอบและอนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการอีกครั้ง เมื่อได้รับการอนุมัติแล้วจึงดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้

(7) เมื่อแบบ shop drawing และ/หรือรายการวัสดุที่ส่งขออนุมัติได้รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้ว PM จะทำการสำเนาแบบ shop drawing เพื่อแจกจ่ายให้วิศวกรหรือสถาปนิกสนามนำไปใช้งานสำหรับก่อสร้าง และจากนั้น PM จะเป็นผู้จัดเก็บแบบ shop drawing ที่อนุมัติแล้ว หรืออาจมอบหมายให้แผนก AE เป็นผู้จัดเก็บ เพื่อรอการรวบรวมทำแบบ as-built drawing ในภายหลัง

(8) การนำ shop drawing มาแจกจ่ายใช้ในงานสนาม แผนก AE เป็นผู้อนุมัติให้นำออกไปใช้ผ่านเอกสารเบิกจ่ายแบบ shop drawing โดยการทำสำเนา และแสดงการบ่งชี้เอกสารแบบด้วยสัญลักษณ์ “สำเนา” พร้อมลงวันที่กำกับ กรณีการก่อสร้างหน้างานปรับเปลี่ยนผิดไปจากแบบ shop drawing ซึ่งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

- มีการแก้ไขทางเทคนิคซึ่งไม่กระทบมูลค่าทางการบัญชี

- เกิดงานเปลี่ยนแปลงแก้ไขที่กระทบบัญชีการเงิน ซึ่งขั้นตอนอยู่ในรายละเอียดของ PM ให้ทำการปรับแก้แบบตามหน้างานจริงทั้งสองกรณีเพื่อเป็นเอกสารอ้างอิงในการส่ง as-built drawing

(9) รวบรวมแบบ shop drawing ที่ได้รับการอนุมัติ เพื่อจัดทำแบบ as-built drawing โดยแผนก AE ทำการรวบรวมแบบที่ได้รับการอนุมัติ และแบบที่มีการปรับแก้ตามขั้นตอนที่ (8) โดยรายละเอียดต้องเป็นไปตามสัญญากำหนด เพื่อส่งขออนุมัติแบบ as-built drawing จากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการ

(10) เมื่อจัดทำแบบ as-built drawing ทุกฉบับเสร็จสิ้นแล้ว วิศวกรหรือสถาปนิกโครงการจัดทำเอกสารทำเรื่องของส่งแบบขออนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการเพื่อขอความเห็นชอบแบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และรายการวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจริง

(11) เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนรับเรื่องและทำการตรวจสอบเพื่ออนุมัติแบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และรายการวัสดุ ที่ติดตั้งจริงในการก่อสร้าง การอนุมัติมี 4 ประเภท ดังนี้

- Approved หมายถึง แบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และรายการวัสดุ ถูกต้องเหมาะสมตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้าง เจ้าของโครงการหรือตัวแทนเจ้าของโครงการมีหน้าที่อนุมัติ และลงนามอนุมัติ โดยไม่มีการแก้ไขอันใด ผู้รับจ้างสามารถขอเบิกค่าจ้างงวดสุดท้ายได้

- Approved at note หมายถึง แบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และรายการวัสดุ ได้รับการอนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการ แต่มีรายการให้ทำการแก้ไข เมื่อทำการแก้ไขแล้วไม่จำเป็นต้องส่งเอกสารขออนุมัติใหม่อีกครั้ง

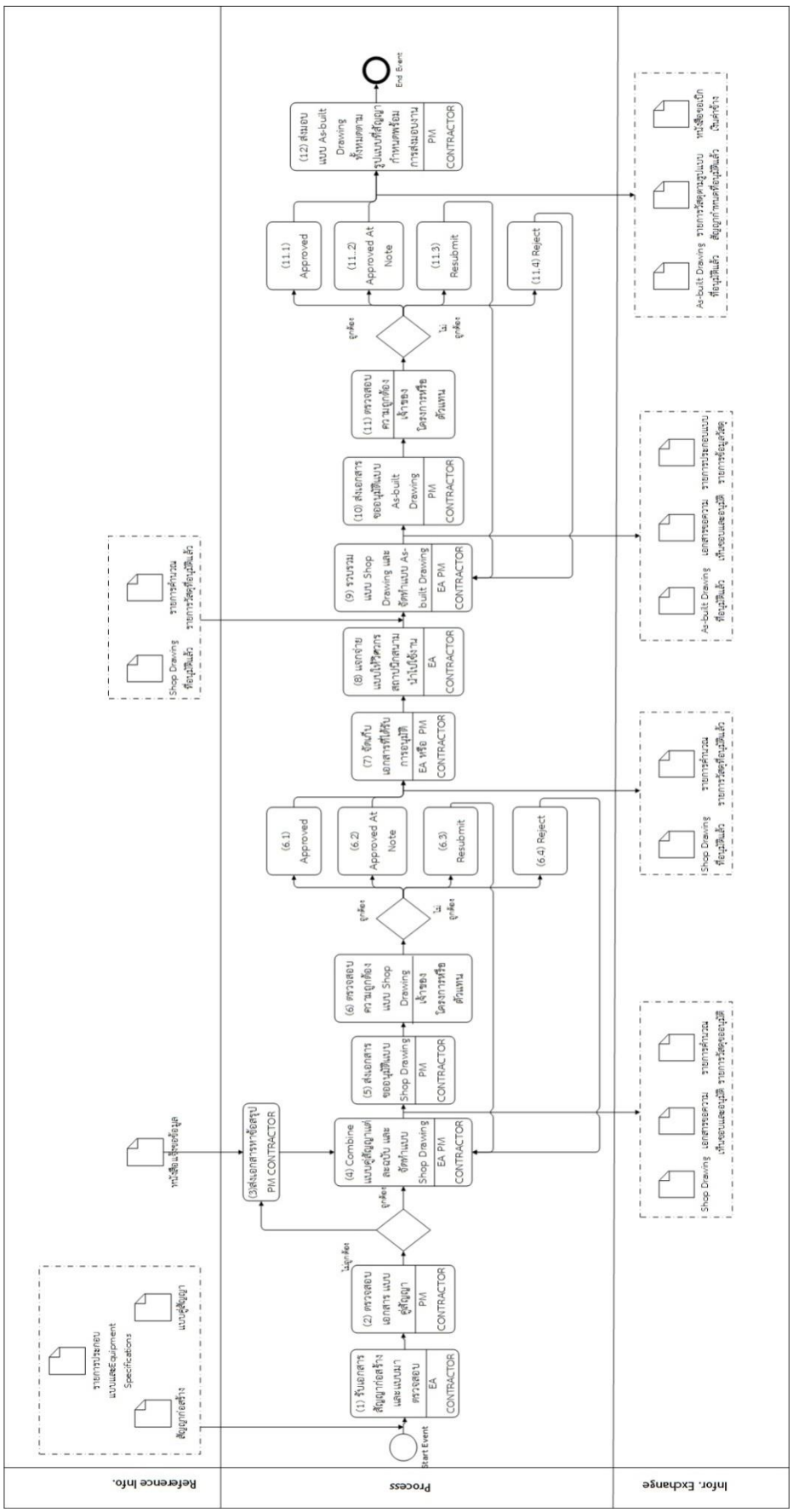
- Resubmit หมายถึง แบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และ/หรือ รายการวัสดุ ไม่ถูกต้องไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้าง เจ้าของ

โครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการไม่ลงนามอนุมัติ โดยจะส่งเอกสารกลับพร้อมความเห็นสำหรับการแก้ไข ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไขแบบ รายการประกอบแบบ และ/หรือรายการวัสดุเสียก่อน เมื่อแก้ไขเสร็จจะต้องส่งเอกสารขอความเห็นชอบและอนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนอีกครั้ง เมื่อได้รับการอนุมัติแล้วจึงดำเนินการเบิกจ่ายค่าจ้างงวดสุดท้ายได้

- Reject หมายถึง แบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และ/หรือรายการวัสดุ ไม่ถูกต้องไม่เหมาะสม ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้าง เจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการไม่ลงนามอนุมัติ และส่งเอกสารกลับเพื่อให้ทำการตรวจสอบแบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และ/หรือรายการวัสดุใหม่ เมื่อทำการตรวจสอบแบบ และ/หรือรายการวัสดุเสร็จแล้วจะต้องส่งเอกสารขอความเห็นชอบและอนุมัติจากเจ้าของโครงการ หรือตัวแทนเจ้าของโครงการอีกครั้ง เมื่อได้รับการอนุมัติแล้วจึงสามารถดำเนินการขอเบิกค่าจ้างงวดสุดท้ายได้

(12) หลังจากที่แบบ as-built drawing รายการประกอบแบบ และรายการวัสดุ ได้รับการลงนามอนุมัติ จากเจ้าของอาคารหรือตัวแทนเจ้าของอาคาร ผู้รับจ้างรวบรวมเอกสารทั้งหมด ส่งมอบเจ้าของโครงการในทุกรูปแบบเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้างประกอบกับเอกสารส่งมอบหนังสือขอเบิกค่าจ้างงวดสุดท้าย

ภาพที่ 4.1 แสดงกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างไทย โดยอาศัยแผนภาพ Business process model notation (BPMN) ในการแสดงกระบวนการทำงาน โดยประกอบด้วย 3 แถวแนวนอนจะระบุสารสนเทศที่ใช้อ้างอิง ขั้นตอนการทำงาน และข้อมูลสารสนเทศที่แลกเปลี่ยนกัน เริ่มต้นจากต้นโครงการก่อสร้างหลังจากเสร็จสิ้นการประกวดราคาจนจบโครงการก่อสร้างและส่งมอบอาคารให้แก่เจ้าของโครงการ โดยการแบ่งช่วงเวลาของการก่อสร้างได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาด้วยกัน ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 31 ของ The OmniClassTM Construction Classification System (2012) ได้แก่ operations phase และ closure phase โดยจำอธิบายของแต่ละช่วงเวลาในบทที่ 2



ภาพที่ 4.1 กระบวนการจัดเตรียมแบบสร้างจริงโดยทั่วไป

4.2 พัฒนาการของแบบระหว่างการก่อสร้าง

แบบในการก่อสร้างโดยทั่วไปมี 3 ประเภท ประกอบด้วย (1) แบบสัญญา (contract drawing) เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้างและการติดตั้งวัสดุต่าง ๆ ขั้นต้น ซึ่งจัดทำโดยวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อสื่อสารในการถ่ายทอดความต้องการของเจ้าของอาคารไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด (2) แบบก่อสร้าง (shop drawing) เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้าง และการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับอาคารที่จะทำการก่อสร้าง ซึ่งเป็นแบบที่ได้พัฒนามาจากแบบสัญญา โดยมีการศึกษาและทบทวนรูปแบบและวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสม ตลอดจนการแก้ไขข้อขัดแย้งในการก่อสร้างและการติดตั้งขององค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร รวมทั้งแสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงแบบตามวัตถุประสงค์เพิ่มเติมของเจ้าของอาคาร เพื่อให้เป็นแบบชุดที่สมบูรณ์และสามารถใช้ในการก่อสร้างและติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารได้ตามวัตถุประสงค์ (3) แบบก่อสร้างจริง เป็นแบบที่แสดงรายละเอียดการก่อสร้างจริงของอาคารและการติดตั้งจริงของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดของอาคาร เช่น ตำแหน่งฐานราก ค่าระดับขององค์อาคาร และอุปกรณ์ประกอบอาคารต่าง ๆ ลักษณะการติดตั้งประตู หน้าต่าง เป็นต้น โดยเป็นแบบที่ดัดแปลงมาจากแบบสัญญาซึ่งได้ปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดให้เป็นไปตามที่ได้ทำการสร้างหรือติดตั้งจริง เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้งานและเจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างและฝ่ายซ่อมบำรุงอาคารรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทราบและเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการก่อสร้างและการติดตั้งระบบต่าง ๆ ของอาคาร นอกจากนั้นยังสามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการใช้งานและซ่อมบำรุงวัสดุอุปกรณ์ประกอบอาคาร ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลในการดัดแปลง ต่อเติม รื้อถอน หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้สอยอาคารในภายภาคหน้า โดยปกติแล้วแบบก่อสร้างจริงจะส่งมอบพร้อมกับคู่มือผู้ใช้งาน (user's manual) ซึ่งเป็นเอกสารสรุปรายการวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร ซึ่งอาจจะเป็นรายการประกอบแบบ (specification) ฉบับแนบท้ายสัญญาก่อสร้าง พร้อมทั้งเอกสารแสดงสินค้า (catalog) เอกสารคู่มือการใช้และบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือเครื่องจักร (operating and maintenance manual) หนังสือรับประกันคุณภาพ (warrantee) ที่จัดทำโดยผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์หรือเครื่องจักรนั้น ๆ พร้อมทั้งเอกสารที่แสดงรายละเอียดและข้อมูลที่จำเป็นของอุปกรณ์นั้น ๆ เช่น รุ่น สี และตัวแทนผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น นอกจากนั้นยังรวมถึงเอกสารที่แสดงวิธีการใช้งาน การบำรุงรักษา และการซ่อมแซมเบื้องต้น ของอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีวิธีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีราคาสูงหรือเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการการใช้งานหรือการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ ซึ่งหากมีการใช้งานหรือการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างมากหรือเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ประตู

อัตโนมัติ หรือเครื่องจักรต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องทำความเย็น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนั้นคู่มือผู้ใช้งานต้องระบุหลักเกณฑ์ในการออกแบบ (design criteria) ของวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ เพื่อเป็นเอกสารอ้างอิงในการดัดแปลง ต่อเติม หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้สอยอาคารในภายภาคหน้าได้ต่อไป (วสท., 2553)

ในการปฏิบัติงานจริงโดยทั่วไปแบบก่อสร้างจริงจะถูกแก้ไขจากแบบสัญญาและแบบก่อสร้าง อาจกล่าวได้ว่าโดยทั่วไปแล้วจะนำแบบสัญญามาแก้ไขตามการก่อสร้างจริงเพื่อดัดแปลงให้เป็นแบบก่อสร้างจริง และแบบก่อสร้างจริงไม่แตกต่างจากแบบสัญญามากนัก แต่จะมีรายละเอียดเพิ่มเติมอยู่บ้าง เช่น ระยะต่าง ๆ ที่มีความแม่นยำมากขึ้นจากแบบคู่สัญญา เป็นต้น ในส่วนของรายละเอียดต่าง ๆ ของอุปกรณ์ และองค์อาคารจะถูกรวบรวมแยกออกจากแบบก่อสร้างจริง โดยจัดทำเป็นรายการประกอบแบบ และคู่มือสำหรับผู้ใช้งาน เพื่อส่งมอบให้กับเจ้าของโครงการ ตารางที่ 4.1 แสดงข้อแตกต่างของแบบทั้ง 3 ประเภทว่าระดับข้อมูลและความละเอียดของแบบแตกต่างกันอย่างไร เช่น รายการวัสดุ ประเภทของวัสดุ มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้างของแบบทั้ง 3 ประเภท เป็นต้น

4.3 ปัญหาในกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริงซึ่งรวบรวมจากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานจริงและผู้เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริง ได้แก่ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (contractor) และผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง (subcontractor) สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การสื่อสาร การแลกเปลี่ยนข้อมูล และการกระจายข้อมูลไม่ทั่วถึง ตัวอย่างเช่นเมื่อผู้รับจ้างก่อสร้างหลักมีการเปลี่ยนแปลงแบบ เช่น การปรับระดับฝ้า หรือการปรับขนาดห้อง อาจจะกระทบต่องานระบบ แต่ผู้รับจ้างช่วงไม่ได้รับแจ้งว่ามีการปรับแก้แบบจึงทำให้แบบไม่ตรงกัน และการสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลไม่ครบทุกฝ่ายเป็นสาเหตุให้มีข้อมูลตกหล่น

(2) แบบก่อสร้างจากผู้ออกแบบโดยส่วนมากจะไม่สมบูรณ์และไม่พร้อมสำหรับการก่อสร้าง ผู้รับจ้างจะต้องทำการตรวจสอบแบบ รายการประกอบแบบ และรายการวัสดุ เสียก่อนเพื่อตรวจสอบข้อขัดแย้งของแบบก่อนการก่อสร้าง

(3) ปัญหาแบบก่อสร้างไม่สมบูรณ์มักก่อให้เกิดงานเพิ่มในระหว่างการก่อสร้างเนื่องจากแบบคู่สัญญาที่ได้รับมาไม่มีการตรวจสอบการชนกัน (clash detection) หรือการนำมารวมกันเพื่อตรวจสอบข้อขัดแย้งของแบบแต่ละหมวดงานก่อนการประมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานระบบต่าง ๆ เป็นสาเหตุทำให้เกิดงานล่าช้าเนื่องจากจะต้องมีการส่งเอกสารขอข้อมูลและขออนุมัติเป็นจำนวนมากและอาจจะส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

(4) ความล่าช้าในการส่งข้อมูลระหว่างผู้รับจ้างก่อสร้างและผู้ออกแบบ เนื่องจากในปัจจุบันการจัดซื้อจัดจ้างส่วนมากนั้นเป็นประเภท ออกแบบ–ประมูล–ก่อสร้าง (design–bid–build, DBB) การจัดซื้อจัดจ้างประเภทนี้ส่งผลให้ผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ใช่บริษัทเดียวกัน ผู้รับจ้างก่อสร้างไม่สามารถติดต่อผู้ออกแบบได้โดยตรง ผู้รับจ้างจะต้องติดต่อผู้ออกแบบผ่านทางที่ปรึกษาโครงการ (construction manager, CM) การติดต่อสื่อสารของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการจะติดต่อไปลำดับขั้นไม่มีการติดต่อโดยตรง ซึ่งเมื่อเกิดปัญหา เช่น ต้องการทราบข้อมูลที่ไม่ชัดเจน หรือต้องการอนุมัติแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงรายการคำนวณ เป็นต้น ผู้รับจ้างต้องจัดทำเอกสารส่งเรื่องผ่านทางที่ปรึกษาโครงการ และรอการตอบกลับจากผู้ออกแบบ ซึ่งใช้ระยะเวลานานพอสมควร ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างเนื่องจากต้องรอการเอกสารตอบกลับจากผู้ออกแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) ปัญหาความล่าช้าในการทำแบบ เนื่องจากยากต่อการทำแบบรูปด้าน (elevation) หรือรูปตัด (section) ในปัจจุบันเป็นแบบ 2 มิติ (2 dimensional) ไม่สามารถทำได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อต้องการทำรูปตัด หรือรูปด้านจะให้นักเขียนแบบ (draft man) ในการเขียนแบบรูปตัดและรูปด้านซึ่งใช้เวลานาน และส่วนมากจะตัดเฉพาะตามแนวเส้นกริดจะไม่ตัดระหว่างเส้นกริด ซึ่งอาจจะไม่พบการชนกันของวัตถุ เมื่อมีการแก้ไขแบบยังใช้เวลามากในการปรับแก้ เช่น หากมีการแก้ไขขนาดห้อง หรือระดับความสูงระหว่างชั้นจะต้องปรับแก้ที่ละชั้น ๆ ไม่สามารถปรับแก้ได้อย่างอัตโนมัติ เป็นต้น

(6) แบบสัญญา งานระบบจะเขียนมาในรูปแบบเส้นเดี่ยว (single line) ผู้รับจ้างก่อสร้างจะต้องมาแปลงแบบใหม่ให้เป็นแบบเส้นคู่ (double line) เพื่อความชัดเจนสำหรับการก่อสร้างและตรวจสอบการชนกันของวัตถุ และในระบบแบบ 2 มิติทำให้ยากต่อการปรับเนื่องจากต้องปรับแก้แบบทีละแบบ ๆ ของแต่ละอุปกรณ์ ของงานแต่ละระบบ

(7) การจัดทำแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปแล้วจะนำแบบสัญญามาปรับแก้ตามการก่อสร้างจริงประกอบกับแบบก่อสร้างในบางงานที่จัดทำขึ้นระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งในการปรับแก้นั้นอาจจะมีการตกหล่นของข้อมูล หรือรายละเอียดส่งผลให้ข้อมูลของแบบสร้างจริงไม่สมบูรณ์

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์การจัดซื้อจัดจ้างประเภท ออกแบบ–ประมูล–ก่อสร้าง การติดต่อสื่อสารของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการจะติดต่อไปลำดับขั้นไม่มีการติดต่อโดยตรงซึ่งเมื่อเกิดปัญหา เช่น ต้องการทราบข้อมูลที่ไม่ชัดเจน หรือต้องการอนุมัติแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงรายการคำนวณ เป็นต้น ผู้รับจ้างต้องจัดทำเอกสารส่งเรื่องผ่านทางที่ปรึกษาโครงการ และรอการตอบกลับจากผู้ออกแบบ ซึ่งใช้ระยะเวลานานพอสมควรส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างเนื่องจากต้องรอการเอกสารตอบกลับจากผู้ออกแบบ

จากการสัมภาษณ์ผู้รับจ้างก่อสร้างพบว่าปัญหาหลักในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริงคือการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศของผู้ออกแบบ ที่ปรึกษาโครงการ และผู้รับจ้างก่อสร้างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน การส่งผ่านสารสนเทศและการกระจายข้อมูลบกพร่อง จึงทำให้เกิดข้อมูลสารสนเทศตกหล่นได้ง่าย นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนแบบให้เป็นปัจจุบัน (update) ก็ไม่เป็นไปตามทฤษฎีหรือหลักการที่ควรจะเป็นทำให้เจ้าของโครงการ (owner) ได้รับแบบที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ และรายละเอียดที่ไม่เป็นไปตามการสร้างจริง หากนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในการจัดเตรียมแบบจะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ แต่การนำ BIM มาประยุกต์ใช้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบมากมายประกอบกับความร่วมมือของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

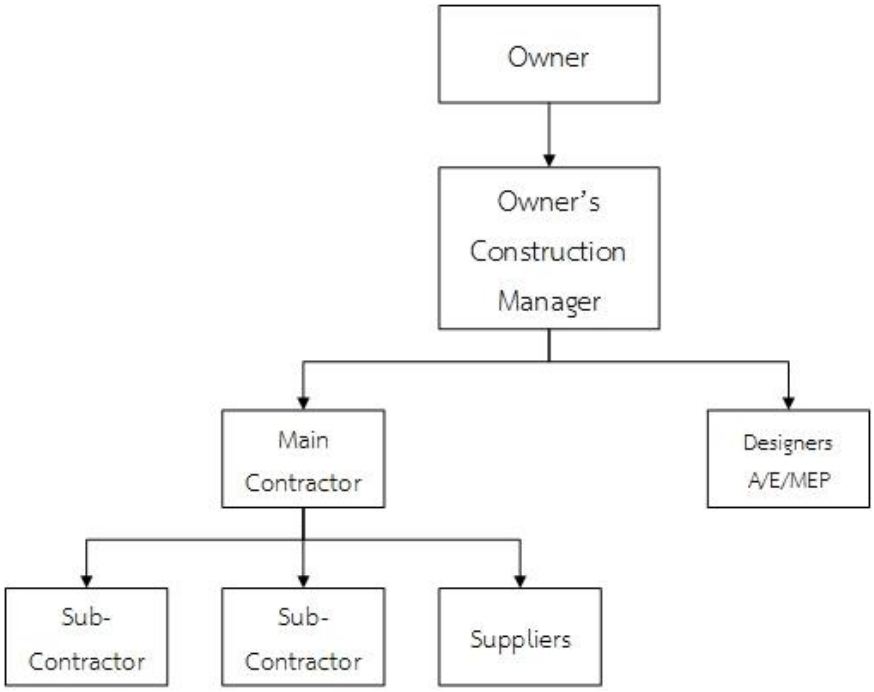
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแบบระหว่างการก่อสร้าง

	ประเภทของแบบ		
	แบบสัญญา	**แบบก่อสร้าง**	**แบบก่อสร้างจริง**
ข้อมูล/รายละเอียด	1. รายการวัสดุ	1. รายการวัสดุ**ที่ใช้สำหรับงานภาคสนาม**	1. รายการวัสดุ**ที่ใช้ในการก่อสร้างจริง**
	2. ประเภทของวัสดุ	2. ประเภทของ**วัสดุที่ใช้สำหรับงานภาคสนาม**	2. ประเภทของวัสดุ**ที่ใช้ในการก่อสร้างจริง**
	3. ขนาดของวัสดุบางชนิด เช่น กระเบื้อง เชิงบัวฝ้า วงกบประตู หน้าต่าง ขนาดราวบันได ลูกบิด เป็นต้น	3. ขนาดของวัสดุบางชนิด เช่น กระเบื้อง เชิงบัว ฝ้า วงกบประตู หน้าต่างขนาดราวบันได ลูกบิด เป็นต้น **ที่ใช้สำหรับงานภาคสนาม**	3. ขนาดของวัสดุบางชนิด เช่น กระเบื้อง เชิงบัว ฝ้า วงกบประตู หน้าต่างขนาดราวบันได ลูกบิด เป็นต้น **ที่ใช้ในการก่อสร้างจริง**
	4. ชนิดของวัสดุ	4. ชนิดของวัสดุ **ที่ใช้สำหรับงานภาคสนาม**	4. ชนิดของวัสดุ **ที่ใช้ในการก่อสร้างจริง**
	5. ระยะ (dimension) คร่าว ๆ	5. ระยะ (dimension) **ระบุระยะอย่างละเอียดเพื่อให้เข้าใจง่ายสำหรับงานภาคสนามและก่อสร้างจริง**	5. ระยะ (dimension) **ระบุระยะอย่างละเอียดเพื่อให้เข้าใจง่ายสำหรับก่อสร้างจริง**
	6. ค่าระดับ (elevation)	6. ค่าระดับ (elevation) **ระบุโดยละเอียด ระดับพื้น ระดับฝ้า ระดับประตู หน้าต่างเพื่อให้ง่ายสำหรับงานภาคสนาม**	6. ค่าระดับ (elevation) **ระบุโดยละเอียด ระดับพื้น ระดับฝ้า ระดับประตู หน้าต่างและตรงตามการก่อสร้างจริง**
	7. แนวเส้นกริด และระยะ	7. แนวเส้นกริด และระยะ	7. แนวเส้นกริด และระยะ **ต้องตรงตามการก่อสร้างจริง**

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแบบระหว่างการก่อสร้าง

	ประเภทของแบบ		
	แบบสัญญา	**แบบก่อสร้าง**	**แบบก่อสร้างจริง**
ข้อมูล/รายละเอียด	8. ผังการแบ่งห้องเบื้องต้น	8. ผังการแบ่งห้องอย่าง**ละเอียด พร้อมระบุ ชื่อห้อง ขนาดห้อง (m^2) และลำดับของห้อง**	8. ผังการแบ่งห้อง อย่าง**ละเอียด พร้อมระบุ ชื่อห้อง ขนาดห้อง (m^2) และลำดับของห้องตรงตามการก่อสร้างจริง**
	10. ตำแหน่งขององค์อาคาร เสา พื้น และส่วนอื่น ๆประตู หน้าต่าง ห้องน้ำ บันได ผนัง และตำแหน่งสุขภัณฑ์ในห้องน้ำคร่าว ๆ	10. ตำแหน่งขององค์อาคาร เสา พื้น และส่วนอื่น ๆ ประตู หน้าต่าง ห้องน้ำ บันได ผนังและตำแหน่งสุขภัณฑ์ในห้องน้ำ **อย่างละเอียด** **11. ทราบข้อมูลเพิ่มเติม ยี่ห้อ ผู้จัดจำหน่ายผู้ผลิต สี เบอร์ติดต่อ** 12. **รายละเอียดการปูกระเบื้อง และแนวเดินฝ้าของแต่ละชั้น** 13. **แบบขยายส่วนต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นสำหรับงานภาคสนาม และส่วนอื่น ๆที่แบบมีความไม่ชัดเจนหรือขัดแย้งกัน**	10. ตำแหน่งขององค์อาคาร เสา พื้น และส่วนอื่น ๆ ประตู หน้าต่าง ห้องน้ำ บันได ผนัง และตำแหน่งสุขภัณฑ์ในห้องน้ำ **อย่างละเอียด และตรงตามการก่อสร้างจริง** 11. ทราบข้อมูลเพิ่มเติม ยี่ห้อ ผู้จัดจำหน่ายผู้ผลิต รหัสสินค้า สีหรือรหัสสี เบอร์ติดต่อ **หนังสือประกันคุณภาพ** **คู่มือการใช้งาน บำรุงรักษา** **รูปแบบแสดงวิธีการติดตั้ง** **เอกสารแสดงสินค้า (catalog)**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์การจัดซื้อจัดจ้างประเภท ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง (design-bid-build)

4.4 การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ที่นำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้

ในต่างประเทศ แนวคิด BIM ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างอย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นยังได้มีการตีพิมพ์หรือกำหนดระเบียบ มาตรฐาน และคู่มือสำหรับการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง จากการศึกษา เอกสารดังกล่าวของประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ สิงคโปร์ ออสเตรเลีย และฟินแลนด์ พบว่าส่วนใหญ่จะกล่าวถึงภาพรวมของกระบวนการทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นโครงการก่อสร้างไปจนถึงจบโครงการก่อสร้าง แต่ไม่มีการลงรายละเอียดถึงการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM แต่มีมาตรฐานในบางประเทศที่กล่าวถึงการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการก่อสร้าง แต่ขั้นตอนมาตรฐานทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษามานั้นกล่าวถึงการนำมาประยุกต์ใช้ในทางทฤษฎี และเป็นกระบวนการในอุดมคติในการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในโครงการก่อสร้าง โดยการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้จากต้นโครงการก่อสร้าง และแบบจำลองถูกพัฒนาตลอดวัฏจักรโครงการก่อสร้าง โดยทุกฝ่ายมีส่วนเกี่ยวข้องและยอมดำเนินการ

ปฏิบัติตามแนวคิดนี้ ทุก ๆ ฝ่ายต่างยินดีที่จะแบ่งปันข้อมูลสารสนเทศรวมไปถึงแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ให้แก่กันและกัน และทุก ๆ ฝ่ายต่างมีความพร้อมในทรัพยากรด้านต่าง ๆ เช่น บุคลากรด้าน BIM ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เป็นต้น

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผู้วิจัยพบว่า การทำงานที่นำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างมีรูปแบบและรายละเอียดแตกต่างจากการก่อสร้างทั่วไป เช่น วิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและวิธีการสื่อสารกันระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง (collaboration and information exchange) ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการของโครงการก่อสร้าง (deliverables/outcomes) หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง นอกจากนี้ กระบวนการทำงานนั้นยังสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ BIM (BIM Use) วัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ และความต้องการในการนำแบบจำลอง BIM ไปใช้งานในช่วงเวลาต่าง ๆ ในโครงการอีกด้วย เนื่องจาก BIM Use วัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ และจุดประสงค์ในการนำแบบจำลอง BIM ไปใช้งานของเจ้าของโครงการ เป็นตัวกำหนดว่าขั้นตอนทำงานควรเป็นอย่างไร ควรจะเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลองจากจุดใด ผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานควรเป็นอย่างไร

4.4.1 การใช้ประโยชน์ BIM ในช่วงการก่อสร้าง

จากการศึกษามาตรฐาน คู่มือ และเอกสารเชิงวิชาการพบว่าการใช้ประโยชน์ของ BIM อาจจะใช้คำเรียกที่แตกต่างกันอยู่บ้าง แต่ในความหมายของการนำไปใช้งานเหมือนกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้คำเรียกการใช้ประโยชน์ BIM ว่า “BIM Use” ตาม CIC (2010) โดยรายการ BIM Use ทั้งหมดมี 25 ประเภท คู่มือ The Uses of BIM Classifying and Selecting BIM Uses Version 0.9 โดย CIC (2013) ได้จำแนกประเภทของ BIM Use ออกเป็น 2 ประเภทโดยแบ่งตาม วัตถุประสงค์ในการใช้งาน (BIM Use purposes) และลักษณะการใช้งาน (BIM Use characteristics) โดยรายละเอียดของการแบ่งประเภท BIM Use ทั้งหมดได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยในหัวข้อนี้จะมุ่งเน้นพิจารณา BIM Use ที่ใช้ในช่วงระหว่างการก่อสร้างไปจนถึงช่วงของการใช้งานอาคาร และสารารถแบ่งประเภท BIM Use ออกเป็น 4 ประเภท ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ประกอบด้วย การสื่อสาร การจัดการสารสนเทศ การประมาณราคา และจัดทำตารางเวลา โดยมีรายการ BIM Use ในแต่ละประเภทตามรายการดังต่อไปนี้

(1) การสื่อสารในช่วงระหว่างการก่อสร้าง

Existing conditions modeling

3D Coordination

Constriction coordination

Shop drawing and model

Constructability

Clash detection

(2) การใช้สารสนเทศในระหว่างการก่อสร้าง (use facility information to manufacture)

Record model

As-built model

Digital fabrication

Prefabrication

Model for facility management

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) การประมาณราคา (cost estimation)

Quantity takeoff

(4) การจัดทำตารางเวลา (scheduling)

Phase planning (4D modeling)

Sequencing complex construction

Site utilization planning

Construction system design

Setting out and verification on site

3D control and planning

แหล่งอ้างอิงส่วนใหญ่นำเสนอถึงการนำ BIM Use มาใช้ในโครงการก่อสร้างให้ได้มากที่สุดในช่วงการโครงการก่อสร้าง จะทำให้ได้รับประโยชน์สูงสุดในการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ในโครงการก่อสร้าง แต่เมื่อสังเกตตามหลักการปฏิบัติงานจริงแล้วนั้น การนำ BIM Use มาใช้ในโครงการก่อสร้างทีละมาก ๆ อาจจะทำได้ยาก เนื่องจากอาจจะเกิดปัญหาในระดับปฏิบัติการ เพราะการนำ BIM Use มาใช้หลายๆ BIM Use อาจจะต้องมีการเตรียมความพร้อมให้กับองค์กร ทั้งทางด้านบุคลากร ทัศนคติของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ การให้ความรู้และการฝึกฝนความรู้ด้าน BIM และการใช้ซอฟต์แวร์ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมามีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นทั้งสิ้น

4.4.2 กระบวนการก่อสร้างอาคารที่นำแนวคิด BIM มาใช้ตามทฤษฎี

(1) ขั้นตอนการทำงาน (work process)

ขั้นตอนการทำงานในโครงการก่อสร้างจะแตกต่างกันตามประเภทสัญญาการจัดจ้าง เนื่องจากจะมีช่วงการส่งผ่านข้อมูลสารสนเทศจากฝ่ายผู้ออกแบบไปยังผู้รับจ้างก่อสร้าง แหล่งอ้างอิงส่วนใหญ่จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานด้วยประเภทสัญญาจัดจ้างแบบ ออกแบบ–ประมูล–ก่อสร้าง (design–bid–build, DBB) และคู่มือ BIM ของประเทศสิงคโปร์โดย Building and Construction Authority (2013) และคู่มือ BIM planning guide for facility owner (CIC, 2013) และ BIM project execution plan (CIC, 2010) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำงานในโครงการก่อสร้าง ทั้งแบบประเภทสัญญาจัดจ้างแบบ ออกแบบ–ก่อสร้าง (design–build, DB) และประเภท design–bid–build โดยมีรายละเอียดประเด็นสำคัญและความแตกต่างของแต่ละประเภทสัญญาจัดจ้างดังนี้

<u>ขั้นตอนการทำงานในโครงการก่อสร้างประเภทสัญญาจัดจ้างแบบ Design–Build มีประเด็นสำคัญดังนี้</u>

- ขั้นตอนการทำงานในโครงการประเภทสัญญาลักษณะนี้ ผู้ออกแบบและก่อสร้างอยู่องค์กรเดียวกันทำให้การทำงานร่วมกันในการทำงาน สะดวกยิ่งขึ้น

- ในช่วงการออกแบบ ผู้ออกแบบจะประสานงานจัดการประชุม หรือร่วมมือกับฝ่ายก่อสร้างและผู้รับจ้างช่วง เพื่อพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ถึงรายละเอียด และสารสนเทศต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้งานในช่วงการก่อสร้างได้อย่างต่อเนื่อง และตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดได้

- หลังจากที่ผู้ออกแบบในแต่ละสาขาได้ทำการออกแบบของแต่ละสาขาเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำแบบจำลองของแต่ละสาขามารวบรวมเข้าด้วยกันเพื่อตรวจสอบการชนกันของวัตถุ

- เมื่อพบการชนกันของวัตถุในแต่ละสาขาที่ยัดแย้งกัน ควรจะแก้ไขปัญหาการชนกันให้แล้วเสร็จภายในการประชุม โดยใช้แบบจำลองในการนำเสนอเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น

- เมื่อข้อยัดแย้งการชนกันของวัตถุต่าง ๆ ได้รับการแก้ไขเสร็จแล้ว จึงเริ่มพัฒนาแบบจำลองสำหรับการก่อสร้างต่อเนื่องจากแบบจำลองจากการออกแบบเพื่อวางแผนการก่อสร้าง และจัดเตรียมแบบก่อสร้าง (shop drawing)

- ทีม design-build จะเป็นผู้ควบคุมการวางแผนการก่อสร้าง และการติดตั้ง โดยใช้แบบจำลองจากการออกแบบ ที่แก้ไขล่าสุดเพื่อการตรวจสอบการติดตั้ง และการก่อสร้าง

- ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารช่วยในการเตรียมวัสดุ และการสั่งซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูป หรือการสั่งผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่าง ๆ ล่วงหน้าสำหรับการติดตั้งที่จำเพาะ เช่น โครงสร้างเหล็ก (streel structure) ชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป (precast components) เป็นต้น

<u>ขั้นตอนการทำงานในโครงการก่อสร้างประเภทสัญญาจัดจ้างแบบ Design–Bid-Build มีประเด็นสำคัญดังนี้</u>

ขั้นตอนการทำงานในโครงการประเภทสัญญาลักษณะนี้ ผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้างจะคนละฝ่ายกัน ทำให้สามารถแบ่งแบบจำลองออกเป็น 2 แบบ คือ แบบจำลองสำหรับการออกแบบและเพื่อการประกวดราคา (design model) และแบบจำลองสำหรับการก่อสร้าง (construction model) โดยหน้าที่ของผู้ออกแบบจะเป็นผู้พัฒนา design model สำหรับการประกวดราคา โดยจะระบุข้อมูลและสารสนเทศต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการประกวดราคาลงในแบบจำลอง ในส่วนของ

construction model จะเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างก่อสร้างเป็นผู้พัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในระหว่างการก่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองอย่างต่อเนื่องจนถึงโครงการสิ้นสุด

ประเด็นสำคัญในช่วงการก่อสร้าง

- ผู้รับจ้างก่อสร้างได้รับเอกสารและสารสนเทศคู่สัญญา ที่อาจจะประกอบด้วยแบบจำลองอาจจะอยู่ในรูปแบบไฟล์ดิจิตอล (PDF, Revit) หรือกระดาษพิมพ์เขียวขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างเจ้าของโครงการและผู้ออกแบบ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อในระหว่างการก่อสร้าง

- ถ้าผู้รับจ้างก่อสร้างได้แบบจำลองมาในรูปแบบไฟล์ดิจิตอล ผู้รับจ้างก่อสร้างสามารถพัฒนา construction model ต่อเนื่องจาก design model ได้เพื่อใช้ระหว่างการก่อสร้างและวางแผนการก่อสร้างได้

- ถ้าผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ได้รับแบบจำลองมาในรูปแบบไฟล์ดิจิตอล ผู้รับจ้างก่อสร้างจะพัฒนา construction model ขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบสัญญา

- ผู้รับจ้างก่อสร้างทำการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการก่อสร้างและการติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปพร้อมรายละเอียด โดยใส่รายระเอียดสัญลักษณ์ในแบบเพื่อให้สะดวกในการทำงานภาคสนาม

- ผู้รับจ้างก่อสร้างจะทำการพัฒนาแบบจำลองสำหรับใช้ในการก่อสร้างและติดตั้งในส่วนงานของตน

- ผู้รับจ้างก่อสร้างและผู้รับจ้างก่อสร้างช่วงทำการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM) ส่งมอบให้กับเจ้าของโครงการตามเงื่อนไขสัญญากำหนด

ขั้นตอนการทำงานตามหลักการในทฤษฎีนั้นจะเห็นได้ว่าทุกฝ่ายในโครงการก่อสร้างต่างมีส่วนร่วมในการก่อสร้าง และนำแนวคิด BIM มาใช้ในการทำงานในส่วนของตน และนำ BIM Use มาใช้ในทุกช่วงของโครงการ แต่อย่างไรก็ตามก็มีส่วนที่แตกต่างกันตามประเภทของสัญญาจัดจ้าง ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร อย่างต่อเนื่องตลอดโครงการหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

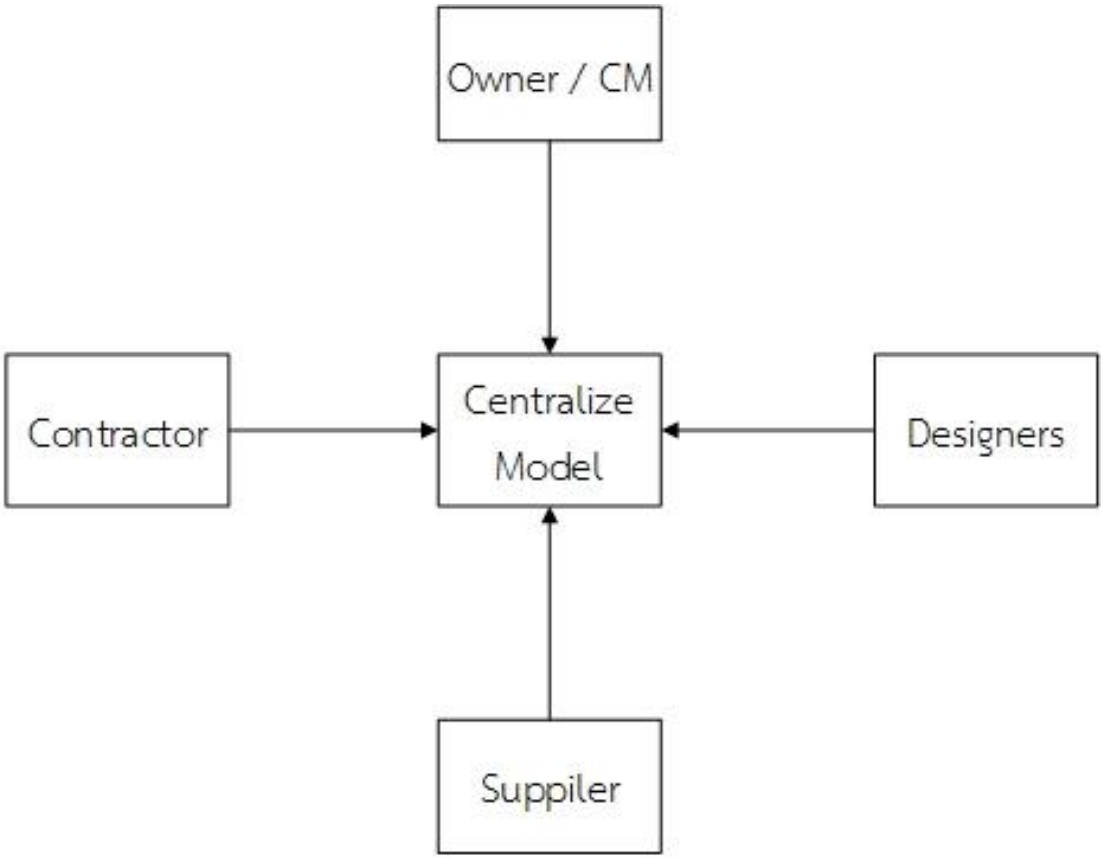
เนื่องจากมีข้อจำกัดในการสมัครใจในการเผยแพร่และกระจายข้อมูลให้แก่กัน ในสัญญาจัดจ้างประเภท design-build ผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างเป็นองค์กรเดียวกันจึงไม่มีปัญหาในการเผยแพร่ข้อมูล สามารถพัฒนา construction model จาก design model ได้อย่างต่อเนื่อง แต่หากเป็นสัญญาประเภท design-bid-build ผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้างเป็นคนละฝ่ายกัน ทำให้ไม่สามารถพัฒนา construction model ต่อเนื่องจาก design model ได้ เนื่องจากผู้ออกแบบอาจจะไม่ให้แบบจำลองแก่ผู้รับจ้างก่อสร้าง ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขสัญญาระหว่างเจ้าของโครงการและผู้ออกแบบ

(2) การติดต่อสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูล (project collaboration and information exchange)

การนำแนวคิด BIM มาใช้ในทางทฤษฎีมีการเปลี่ยนแปลงการติดต่อสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันโนโครงการก่อสร้าง โดยลักษณะการทำงานร่วมกัน การติดต่อสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูล เป็นรูปแบบการสื่อสารโดยมีตัวกลางในการรวบรวมข้อมูล หรือที่เรียกว่า centralize model

ภาพที่ 4.3 แสดงการทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศตามหลักทฤษฎีโดยจะมีแบบจำลองกลางที่เอาไว้เก็บรวมรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับโครงการก่อสร้าง โดยที่จะจำกัดผู้เข้าถึงและผู้ที่สามารถทำการแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงแบบจำลองหรือข้อมูลสารสนเทศไว้ เมื่อมีการแก้ไขระบบจะส่งเตือนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างให้ทราบว่ามีการแก้ไข และในส่วนใด ซึ่งแตกต่างจากวิธีการติดต่อสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศในปัจจุบัน จากเดิมโดยการโทรศัพท์ ส่งอีเมล์ หรือจดหมาย โดยที่ไม่มีจุดรวมกลางเพื่อทำการกระจายข้อมูลให้ทุกฝ่ายรับทราบ ซึ่งการติดต่อสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูลตามทฤษฎีนับได้ว่าเป็นวิธีการในอุดมคติ ซึ่งการจะทำให้สำเร็จนั้นเป็นไปได้ยาก อาจจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

แหล่งอ้างอิงส่วนใหญ่กำหนดการทำงานร่วมกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรทำข้อตกลงเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลของแบบจำลอง BIM ควรอยู่ในรูปแบบที่สามารถทำงานร่วมกันได้ หรืออยู่ในรูปแบบของมาตรฐานเปิด (open standard file) เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถใช้งานข้อมูลได้ตลอดการก่อสร้าง เช่น ในรูปแบบมาตรฐานของ International Foundation Class (IFC) standard (Building and Construction Authority, 2013)



ภาพที่ 4.3 การทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศตามหลักทฤษฎี

(3) ผลลัพธ์ของแบบจำลอง (BIM deliverables/outcome)

ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์สำหรับการก่อสร้าง ซึ่งจะแสดงอยู่ได้ทั้งในรูปแบบ 2 มิติ 3 มิติ หรือเป็นแฟ้มเอกสารระบุอยู่ในแบบจำลอง ในตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการ จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงของโครงจะมีผลลัพธ์ที่ทั้งเหมือน และแตกต่างกัน โดยส่วนมากผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบจำลองอาคาร โดยแบบจำลองจะถูกพัฒนาจากต้นโครงการและถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาตลอดช่วงของโครงการและมีรายละเอียดเพียงพอสำหรับใช้ในการก่อสร้าง อีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจ คือ ผลลัพธ์ของแบบจำลองในแต่ละช่วงโครงการจะประกอบด้วยองค์ประกอบของแบบจำลอง (model elements) และสารสนเทศที่ถูกบรรจุอยู่ในแบบจำลอง (level of detail, LoD) ซึ่งในแต่

ละช่วงของโครงการจะมีความละเอียดของส่วนประกอบ และข้อมูลสารสนเทศในระดับที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีระดับการพัฒนาที่แตกต่างกันอีกด้วย

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง

Phases	Deliverables/outcomes
Inception phase	Site model
Conceptualization phase	Preliminary energy analysis Architectural massing model
Criteria definition phase	Architectural model civil Model
Design phase	Architectural model Civil model MEP model(s) Structural model & analysis specialty consultant model(s)
Coordination phase	Construction documents deliverable Bidding phase (design team) Architectural model MEP model(s) Structural model Civil model Any other model in construction document Schedule (material, time, etc.) and phasing program (in BIM or spreadsheet)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง

Phases	Deliverables/outcomes
Implementation phase	Concurrent as-built models (design and construction team) Discipline specific coordination models Shop drawings Construction and fabrication models Scheduling and phasing models
Handover phase	All as-built coordination and fabrication models Data for facility management Other additional value-added BIM services

องค์ประกอบของแบบจำลอง (model elements)

โดยทั่วไปแล้วผลลัพธ์ของแต่ละช่วงโครงการก่อสร้างจะประกอบด้วย model elements โดยจะแสดงอยู่ในรูป 3 มิติทางกายภาพ และลักษณะการทำงานของแต่ละองค์ประกอบที่ใช้ในโครงการ โดยคู่มือและมาตรฐานของต่างประเทศได้แบ่งหมวดหมู่ขององค์ประกอบแบบจำลองต่างสาขาวิชาชีพ BIMForum (2015) ซึ่งได้ประยุกต์องค์ประกอบของแบบจำลองจาก UniFormat™ ตัวอย่างการแบ่งระดับขององค์ประกอบออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ (1) major group elements โดยการแบ่งองค์ประกอบอาคารออกเป็น 6 หมวด และใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษจาก A-G เป็นรหัสประกอบด้วย A substructure, B shell, C interiors, D services, E equipment and furnishings และ F special construction & demolition ระดับที่ (2) group elements ระดับที่ (3) individual elements และระดับที่ (4) sub-elements รหัสจะอ้างอิงลำดับตามหมวด และจำนวนเลขมากกว่าแสดงถึงองค์ประกอบในระดับที่ละเอียดกว่า เช่น A00 และ A0000 เป็นต้น ตารางที่ 4.3 แสดงตัวอย่างองค์ประกอบของแบบจำลองที่แบ่งตามลักษณะงานออกเป็น 6 หมวดงาน

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบของแบบจำลอง BIMForum (2015)

Code	Elements	Description
A A10 A20 A40	Substructure Foundation Subgrade Enclosures Slabs-on-Grade	Wall foundations, column foundations & pile caps, perimeter drainage & insulation, pile foundations
B B10 B20 B30	Shell Super structure Exterior vertical enclosures Exterior horizontal enclosures	Floor structural frame (concrete, masonry, steel framing columns, steel framing beams), floor decks, slabs, and toppings, stairs, walls, roofing
C C10 C20	Interiors Interior construction Interior finishes	Interior wall, windows, doors, grilles and gates, louvers, ceiling, painting and coating, tile
D D10 D20 D30 D40 D50 D60 D70	Service Conveying Plumbing HVAC Fire protection Electrical Communications Electronic safety and security	Vertical conveying systems (elevators, lifts, escalator, dumbwaiters), domestic water distribution, facility potable-water storage tanks, piping, water equipment, plumbing fixtures, sanitary drainage, sewerage equipment, compressed-Air systems, facility fuel systems, fuel piping,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) องค์ประกอบของแบบจำลอง BIMForum (2015)

Code	Elements	Description
D80	Integrated automation	pumps, heating systems, cooling systems, facility HVAC distribution systems, ventilation, supply air, fire suppression, fire protection, specialties, facility power generation, electrical service and distribution
E E10 E20	Equipment & furnishings Equipment Furnishings	Vehicle and pedestrian equipment, vehicle servicing equipment, fixed furnishings, furniture, accessories
F F10 F20 F30	Special construction & demolition Special construction Facility remediation demolition	Integrated construction, special function construction, special facility components. structure demolition
G G10 G20 G30 G40 G50 G90	Building sitework Site preparation Site improvements Liquid and gas site utilities Electrical site improvements Site communications Miscellaneous site construction	Site clearing, site elements demolition, site element relocations, site earthwork, parking lots, water utilities, sanitary sewerage utilities, site electric distribution systems, site communications systems

หัวข้อที่ 4.4 ผู้วิจัยได้รวบรวม และวิเคราะห์การนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง และการพัฒนาแบบจำลองในโครงการก่อสร้าง จากคู่มือและมาตรฐานต่าง ๆ สามารถสรุปรายละเอียดของกระบวนการและการพัฒนาแบบจำลองออกมาเป็น 6 ประเด็นคือ (1) การใช้

ประโยชน์จากแนวคิด BIM ในช่วงการก่อสร้าง (2) ขั้นตอนการทำงานในช่วงการก่อสร้าง (3) การสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (4) ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง (5) การพัฒนาแบบจำลอง และ (6) ผู้ที่ทำหน้าที่พัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากรายละเอียดดังกล่าว สามารถสรุปขั้นตอนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างและการพัฒนาแบบจำลองตามหลักทฤษฎี ดังแสดงในภาพที่ 4.4 โดยใช้แผนภาพ Business Process Model and Notation, BPMN ในการอธิบายกระบวนการโดยรวมเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ โดยแบ่งช่วงของโครงการตามมาตรฐานของ OmniClass™ Table 31 – Phase (2012) โดยเริ่มต้นจากช่วงหลังการประกวดราคาไปจนถึงการตรวจรับงานเมื่ออาคารสร้างเสร็จสมบูรณ์ หรือ Implementation phase จนถึง Handover phase

4.5 การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้รับจ้างก่อสร้าง (contractor) ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง (sub-contractor) ผู้พัฒนาโครงการ (developer) และที่ปรึกษาโครงการ (construction manager) ตลอดจนการสังเกตการณ์โครงการก่อสร้างที่นำแนวคิด BIM มาใช้ในช่วงการก่อสร้าง รายละเอียดการสัมภาษณ์แสดงอยู่ในภาคผนวก ข พบว่ารูปแบบการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างจริงนั้นแตกต่างจากกระบวนการทางทฤษฎีอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นด้านการติดต่อสื่อสาร การส่งผ่านข้อมูลและผลลัพธ์ของแต่ละช่วงโครงการก่อสร้าง ความแตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำแนวคิด BIM ในโครงการก่อสร้าง และ BIM Use ที่นำมาใช้ ในปัจจุบันไม่มีบริษัทไหนที่สามารถนำ BIM Use มาใช้ในโครงการก่อสร้างได้ครบทุกตัวตามที่ได้ระบุไว้ในทฤษฎี และจุดกำเนิดการพัฒนาแบบจำลองไม่ได้เกิดขึ้นจากช่วงต้นโครงการและถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาของโครงการก่อสร้างโดยใช้แบบจำลองเดียวกัน ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.4

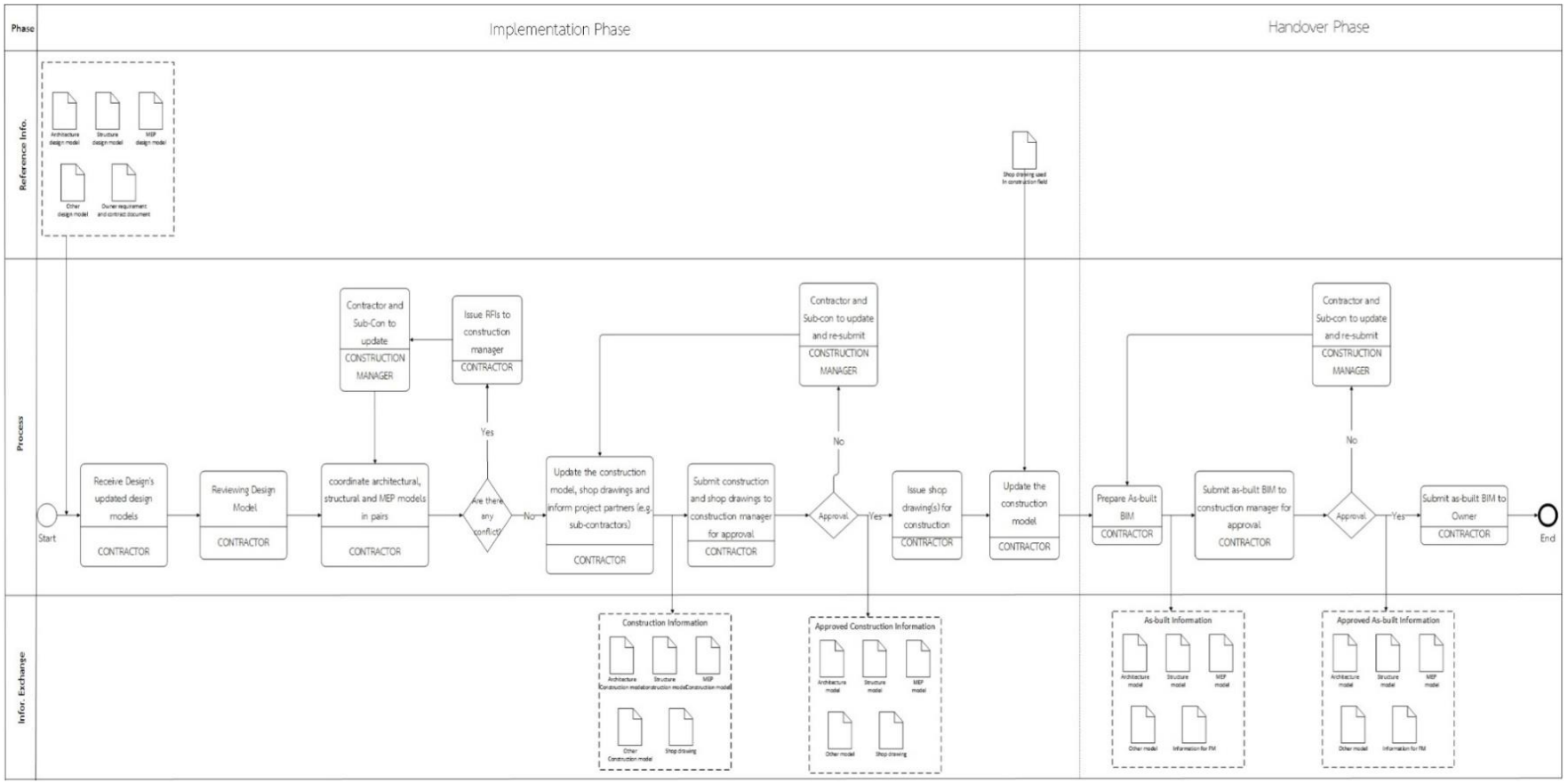
4.5.1 การใช้ประโยชน์ BIM ในระหว่างการก่อสร้าง

การใช้ประโยชน์จาก BIM ในปัจจุบันของแต่ละบริษัทนั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน และบทบาทของบริษัทนั้น ๆ ในโครงการก่อสร้าง เช่น เจ้าของโครงการมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมค่าใช้จ่าย ราคาก่อสร้างที่เหมาะสมไม่ถูกเกินไปและไม่แพงเกินไป ต้องการสารสนเทศที่พัฒนาในระหว่างการก่อสร้างสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ผู้รับจ้างก่อสร้างมีวัตถุประสงค์หลัก

เพื่อต้องการแก้ไขปัญหาแบบก่อสร้างขัดแย้งกัน หรือการชนกันก่อนการก่อสร้างจริง นอกจากวัตถุประสงค์หลักเพื่อสนับสนุนการทำงานภายในบริษัทของตนเองแล้ว ผู้รับจ้างก่อสร้างและผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง และที่ปรึกษาโครงการ ต่างต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่เจ้าของโครงการได้กำหนดไว้อีกด้วย ตารางที่ 4.4 แสดงวัตถุประสงค์ของการนำ BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการประกอบด้วยเจ้าของโครงการ ผู้รับจ้างก่อสร้าง ผู้รับจ้างช่วง ที่ปรึกษาโครงการ และที่ปรึกษาด้าน BIM โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- พัฒนาคุณภาพของการออกแบบและแบบก่อสร้าง (improve quality building design)
- พัฒนาคุณภาพในการก่อสร้างอาคาร (improve construction quality)
- ลดการยื่นเอกสารสอบถามแบบไม่ชัดเจนและการเปลี่ยนแปลงแบบ (reduce request for information (RFI and change order)
- ลดการใช้พลังงานของสิ่งก่อสร้าง (reduce energy use)
- จัดเตรียมสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (provide for facility management)
- พัฒนาคุณภาพของข้อมูลสารสนเทศหลังจากการส่งมอบอาคาร (improve facility data after building turnover)
- พัฒนากระบวนการตัดสินใจ (improve decision–making processes)
- พัฒนาการมองเห็นภาพและการสื่อสารในโครงการก่อสร้าง (improve project visualization)
- ควบคุมค่าใช้จ่ายในโครงการ (improve budget control)
- ลดปัญหาการก่อสร้างล่าช้า (improve construction delay)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.4 กระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในช่วงการก่อสร้างตามหลักทฤษฎี

<u>วัตถุประสงค์ในการนำแนวคิดแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ในโครงการก่อสร้าง</u>

จากการสังเกตการณ์และสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการประกอบด้วย เจ้าของโครงการ (owner) ผู้พัฒนาที่ดิน (developer) ที่ปรึกษาโครงการ (construction manager) ผู้รับจ้างก่อสร้าง (contractor) และผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง (sub–contractor) เพื่อต้องการทราบวัตถุประสงค์ที่นำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง โดยแบ่งวัตถุประสงค์ในการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนประกอบด้วย ส่วนที่ 1 วัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการทำงานขององค์กรของแต่ละบริษัทเอง และส่วนที่ 2 วัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ว่าจ้าง ในตารางที่ 4.4 แสดงวัตถุประสงค์โดยรวมของการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในโครงการก่อสร้างของแต่ละบริษัท โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>ผู้พัฒนาที่ดินและเจ้าของโครงการ</u>

ในมุมมองของผู้พัฒนาที่ดิน Developer1, 2, 3, และ 4 มีวัตถุประสงค์หลักที่นำ BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างเพื่อ พัฒนาคุณภาพในการออกแบบให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นและเหมาะสมสำหรับการนำไปก่อสร้างต่อไป ประเด็นต่อมาเป็นวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดการยื่นเอกสารขอข้อมูลเพิ่มเติมและการขออนุมัติแบบที่เปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างจริง (reduce request for information, RFI and change order) ประเด็นต่อมาคือวัตถุประสงค์ในการเห็นภาพรวมของโครงการก่อนเริ่มต้นการก่อสร้างจริง และทำความเข้าใจที่ตรงกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ นอกจากนี้ผู้พัฒนาที่ดินยังมีการวางแผนสำหรับวัตถุประสงค์ในอนาคตที่ต้องการนำ BIM มาประยุกต์ใช้ โดยผู้พัฒนาที่ดินทั้ง 4 มุ่งเน้นสำหรับการนำ BIM มาประยุกต์ใช้คือ นำผลลัพธ์ที่ได้จากการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มาใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร และพัฒนาคุณภาพของข้อมูลหลังจากที่ก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จ นอกจากนี้ยังมีประเด็นการลดการใช้พลังงาน สนับสนุนกระบวนการการตัดสินใจ และลดปัญหาโครงการก่อสร้างล่าช้า

ผู้รับจ้างก่อสร้าง และผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง

ผู้รับจ้างก่อสร้าง และผู้รับจ้างกก่อสร้างช่วง นั้นสามารถแยกพิจารณาวัตถุประสงค์ออกเป็น 2 ส่วน เนื่องจากสามารถนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ และนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างเพื่อสนับสนุนการทำงานในระหว่างการก่อสร้าง โดยที่รายละเอียดดังนี้

- วัตถุประสงค์เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเจ้าขอโครงการ

ผู้รับจ้างก่อสร้างจะต้องทราบวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการในการนำ BIM มาประยุกต์ใช้ทั้งในโครงการก่อสร้างและหลังจากที่โครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการและสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการก่อสร้างไปใช้งานต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงกับวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการที่ได้กำหนดไว้ เช่นการนำสารสนเทศที่ถูกพัฒนามาใช้เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร และการจัดการอาคาร Contractor 5 และ 6 ได้ทำการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เพื่อส่งเจ้าของโครงการตามที่ระบุในสัญญาโดยที่บริษัทของตนไม่ได้ใช้ประโยชน์จากแนวคิด BIM ในระหว่างการก่อสร้างแต่อย่างใด

- วัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการทำงานระหว่างการก่อสร้าง

แนวคิด BIM ในโครงการก่อสร้างสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ contractor 1, 2, 3, 4, และ sub-contractor 1 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาคุณภาพงานก่อสร้างให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น เพื่อลดการยื่นเอกสารขอข้อมูลเพิ่มเติม การขออนุมัติแบบที่เปลี่ยนแปลงสำหรับการก่อสร้างงานภาคสนาม และใช้นำเสนอต่อเจ้าของโครงการให้มองเห็นภาพมากขึ้น อีกหนึ่งประเด็นสำคัญคือ การแก้ปัญหาการมองภาพโครงการที่ไม่ตรงกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญคือวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาความล่าช้าในการก่อสร้างและการเคลียร์แบบก่อสร้างเพื่อตรวจสอบความขัดแย้งของแบบก่อนการก่อสร้างและการชนกับของวัตถุก่อนการก่อสร้างจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงการก่อสร้างที่มีความซับซ้อนมาก มักเกิดปัญหาการชนกันของวัตถุจึงควรระมัดระวังในขั้นตอนการตรวจสอบความขัดแย้งของแบบ

ที่ปรึกษาโครงการก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ของที่ปรึกษาโครงการก่อสร้าง สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนเช่นกัน เนื่องจากที่ปรึกษาโครงการทำหน้าที่แทนเจ้าของโครงการในการควบคุมงานให้เป็นไปตามแผนการก่อสร้างที่วางไว้ และการก่อสร้างจะต้องแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้าง ดังนั้นที่ปรึกษาโครงการจะต้องดำเนินการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ และวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการทำงานของตนเองด้วย

- วัตถุประสงค์เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ

ที่ปรึกษาโครงการในปัจจุบันมีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างจำนวนน้อยมาก Consultant 1 มุ่งเน้นวัตถุประสงค์หลักเพื่อการควบคุมงานให้เป็นไปตามแผนการก่อสร้างที่วางไว้ การก่อสร้างจะต้องแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญาก่อสร้าง และงานก่อสร้างควรได้คุณภาพ นอกจากนี้ยังมีประเด็นเป็นตัวกลางการประสานงานระหว่างเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้าง การนำแนวคิด BIM มาใช้ทำให้การสื่อสารกันเข้าใจง่ายขึ้น เนื่องจากมองภาพเป็น 3 มิติ เช่น เจ้าของโครงการอาจจะไม่มีความชำนาญในการอ่านแบบ เป็นต้น การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารจึงง่ายต่อการเข้าใจมากขึ้น

- วัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการทำงานระหว่างการก่อสร้าง

มุมมองที่ปรึกษาโครงการก่อสร้าง consultant 1 มีวัตถุประสงค์ในการใช้งานเพื่อการควบคุมงาน และติดตามงานให้เป็นไปตามแผนการทำงานที่วางไว้เพื่อหลีกเลี่ยงการส่งงานล่าช้า

ที่ปรึกษาด้านการนำแนวคิด BIM มาใช้ในองค์กร

วัตถุประสงค์ของที่ปรึกษาด้านการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในองค์กรเพื่อให้คำปรึกษาแก่เจ้าของโครงการในด้านการเลือกใช้ทรัพยากรให้เหมาะสมกับการทำงาน อีกทั้งยังอบรมและให้ความรู้ในการใช้งานเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง และจัดทำคู่มือหรือแนะนำแนวทางในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้าง (project execution plan)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้นในการเลือก BIM Use เพื่อใช้ในโครงการก่อสร้างจะต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างของแต่ละบริษัท โดยพิจารณาวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการเป็นหลัก แต่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการทั้งหมดเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิด BIM ในปัจจุบันนั้นเป็นไปได้ยาก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.4 เนื่องจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการให้สอดคล้องและเป็นไปตามแนวคิด BIM นั้นประสบปัญหาหลายด้านไม่ว่าจะเป็น ปัญหาด้านบุคลากร การฝึกฝนบุคลากรในองค์กรให้มีความรู้และทักษะเกี่ยวกับ BIM และเครื่องมือต่าง ๆ และค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นบริษัทที่จะเริ่มต้นตามแนวคิด BIM ควรจะค่อย ๆ เปลี่ยนกระบวนการทำงานและแก้ปัญหาทีละส่วนโดยการตั้งวัตถุประสงค์ เพื่อลดปัญหาที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อบริษัทในปัจจุบันเสียก่อน

จากการสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ และรวบรวมข้อมูลของการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง สามารถนำมาสรุปเพื่อหา BIM Use ที่ใช้ในโครงการก่อสร้างในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่า BIM Use ที่มีการนำมาใช้ในปัจจุบันมี 6 BIM Use คือ การประมาณราคา (cost estimation) การวางแผนการก่อสร้าง (phase planning) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (design review) การพัฒนาแบบจำลอง (design authoring) การตรวจสอบการชนกันของวัตถุ (3D coordination/ clash detection) และการพัฒนาข้อมูลและสารสนเทศในแบบจำลอง (record model) และพบว่ามี BIM Use ที่ต้องการนำมาใช้ในอนาคต 3 BIM Use คือ การวางแผนการดูแลรักษา และซ่อมบำรุงอาคาร (maintenance scheduling) การจัดการพื้นที่และการระบุตำแหน่งพื้นที่ (space management/tracking) และการจัดการสินทรัพย์ขององค์กร (asset management) BIM Use ที่ต้องการนำมาใช้ในอนาคตเรียกได้ว่าเป็นการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร จะสังเกตได้ว่า BIM Use ที่แต่ละองค์กรนิยมนำมาใช้งานมากที่สุด การประมาณราคา การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และการตรวจสอบการชนกันของวัตถุ ในปัจจุบันไม่มีบริษัทใดนำ BIM Use มาใช้ในโครงการก่อสร้างได้อย่างครบถ้วนทุก BIM Use ดังที่ได้กล่าวไว้ในทฤษฎี โดยบริษัทที่นำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการให้เหตุผลสำหรับการไม่นำ BIM Use ใช้ให้ครบทุกตัวดังนี้

- การเริ่มต้นในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างมีค่าใช้จ่ายสูง เสียเวลาและเงินสำหรับการเรียนรู้และการอบรม และค่าซอฟต์แวร์ BIM ที่นำมาใช้ในองค์กรส่งผลให้ overhead cost เพิ่มขึ้น

- กระบวนการเดิมสามารถทำงานได้ดีอยู่แล้วไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนการใหม่
- การนำ BIM Use มาใช้จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของโครงการว่าเพื่อต้องการแก้ปัญหาอะไร เพราะถ้านำมาใช้ทุกตัวจะเป็นการเสียเวลา และค่าใช้จ่ายในการทำงานเพิ่ม
- การนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการไม่สามารถนำมาใช้ทุกโครงการได้ ควรจะใช้ในโครงการตึกสูง หรือโครงการที่มีความซับซ้อนของการก่อสร้างจะคุ้มค่ามากกว่า
- ยังไม่แน่ใจว่าการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทั้งขององค์กรและในโครงการให้ดียิ่งขึ้น จึงเริ่มนำ BIM Use บางตัวที่นำมาใช้ง่ายและไม่กระทบต่อกระบวนการทำงานหลัก มาทดลองใช้ในโครงการเสียก่อน

4.5.2 การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ในประเทศไทย

จากการรวบรวมข้อมูลทราบว่ากระบวนการทำงานจริงแตกต่างจากกระบวนการทางทฤษฎีเป็นอย่างมาก เนื่องจากบทบาทของแต่ละบริษัทแตกต่างกัน ประเภทการจัดจ้าง รวมทั้งความพร้อมของแต่ละฝ่ายในโครงการก่อสร้าง จึงทำให้มีรูปแบบได้หลายรูปแบบ จึงสามารถสรุปโดยรวมจากบทบาทของผู้มีส่วนร่วมในโครงการ ประกอบไปด้วย เจ้าของโครงการ ที่ปรึกษาโครงการ และผู้รับจ้างก่อสร้างและผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง มีรายละเอียดดังนี้

เจ้าของโครงการหรือผู้พัฒนาโครงการ (owner/developer)

จากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์เจ้าของโครงการและผู้พัฒนาที่ดิน พบว่าในขั้นตอนการก่อสร้าง Developer 1, 2 และ 3 ได้มีการจ้างที่ปรึกษาเฉพาะทาง BIM (BIM consultant) เนื่องจากผู้พัฒนาโครงการทั้งสามเพิ่งเริ่มต้นนำแนวคิด BIM มาใช้ยังขาดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการนำแนวคิด BIM มาใช้ นอกจากนี้ยังต้องการวางรากฐานในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในองค์กรเพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุด หน้าที่ของ BIM consultant คือการให้ความรู้และจัดอบรมบุคลากรถึงวิธีการใช้งานโปรแกรม BIM ต่าง ๆ ของแต่ละบริษัทนำมาใช้งาน และจัดทำคู่มือแนวทางการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้าง (BIM project execution plan)

ตารางที่ 4.4 วัตถุประสงค์ในการนำ BIM มาใช้ในโครงการของแต่ละบริษัท

ลำดับ	บริษัท	ฝ่ายในอุตสาหกรรม	Objective of using BIM in project										
			Improve quality building design	Improve Construction Quality	Reduce Rfi and Change order	Reduce Energy use	Provide Facility Management	Improve Facility Data After Building Turnover	Improve decision-making processes	Improve communication	improve project visualization	Improve budget control	Improve construction delay
1	MAGNOLIA (MQDC)	Developer 1	●		●		O	O			●		
2	บริษัท พฤกษา เรียล เอสเตท จำกัด	Developer 2	●	●	●	O	O	O	O	O	●	●	O
3	บริษัท แอล.พี.เอ็น.ดี เวลลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน)	Developer 3	●		●		O	O	O		●	●	
4	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Developer 4					O	O					
5	Shino-Thai	Contractor 1		●							●		●
6	Thai Obayashi	Contractor 2		●							●		●
7	Christini & Nielsen	Contractor 3		●	●						●		
8	Bouygues - Thai	Contractor 4		●	●					●	●		●
9	สุทัศน์วิศวกรรม	Contractor 5	เพื่อจัดทำ As-built BIM ส่ง เจ้าของโครงการตามสัญญาก่อสร้าง										
10	บริษัท อาคาร 33 จำกัด	Contractor 6	เพื่อจัดทำ As-built BIM ส่ง เจ้าของโครงการตามสัญญาก่อสร้าง										
11	บริษัท เตียวฮง สีลม กัด	Sub-Contractor 1		●	●					●	●		●
12	Team Consultant	Consultant 1	●	●	●						●		●
13	บริษัท วิสดอม คอน ซัลติ้ง แอนด์ โซลูชั่น จำกัด	BIM Consultant 1	●		●		O	O	O	●	●	●	
14	JAI Group Co., Ltd	BIM Consultant 2	●		●		O	O		●			
	Note : ● = วัตถุประสงค์ในปัจจุบัน		O = วัตถุประสงค์ในอนาคต										

ตารางที่ 4.5 BIM Use ที่นำมาใช้ในโครงการของแต่ละบริษัท

ลำดับ	บริษัท	ฝ่ายในอุตสาหกรรม (Party)	BIM Use								
			Cost Estimation	Phase Planning	Design Review	Design Authoring	3D Coordination	Record Model	Maintenance Scheduling	Space Management/ Tracking	Asset Management
1	MAGNOLIA (MQDC)	Developer 1	●		●		●		O	O	O
2	บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด	Developer 2	●		●	●	●	●	O	O	O
3	บริษัท แอล.พี.เอ็น.ดีเวลลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน)	Developer 3	●		●		●		O	O	O
4	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Developer 4	●		●		●		O	O	O
5	Shino-Thai	Contractor 1	●	●	●		●	●			
6	Thai Obayashi	Contractor 2	●	●	●		●	●			
7	Christini & Nielsen	Contractor 3	●				●				
8	Bouygues - Thai	Contractor 4			●			●			
9	สุทัศน์วิศวกรรม	Contractor 5									
10	บริษัท อาคาร 33 จำกัด	Contractor 6									
11	บริษัท เตียวฮง สีลม กัด	Sub-Contractor 1			●		●	●			
12	Team Consultant	Consultant 1	●	●	●	●	●	●			
	Note : ●= BIM Use ใช้ในปัจจุบัน		O = BIM Use ต้องการใช้ในอนาคต								

ขั้นตอนการทำงาน

developer 1, 2 และ 3 ก่อนเริ่มต้นโครงการจะจัดการประชุมกับผู้รับจ้างก่อสร้างและฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำคู่มือที่ใช้ในโครงการ พร้อมกับการจัดรูปแบบกลางสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง (project template) เพื่อจะได้อยู่ในรูปแบบและบนแนวเส้นกริดเดียวกัน เพื่อให้การทำงานร่วมกันสะดวกยิ่งขึ้น ทำการจัดรูปแบบการส่งแบบจำลองเข้าระบบฐานข้อมูล (server) อีกด้วย developer 1, 2 และ 3 มอบหมายให้ผู้รับจ้างก่อสร้างพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ในระหว่างการก่อสร้าง แต่ developer 1, 2 และ 3 นั้นเพิ่งเริ่มต้นในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง และผู้รับจ้างก่อสร้างยังไม่มีความรู้และทักษะในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างการก่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จึงจ้างผู้พัฒนาแบบจำลอง (modeler) ภายนอกเพื่อพัฒนาแบบจำลองให้แก่ผู้รับจ้างก่อสร้างเพื่อส่งมอบให้แก่เจ้าของโครงการ และมีผู้รับจ้างบางส่วนที่เข้ารับการอบรมและฝึกฝนจากหน่วยงานของเจ้าของอาคารเพื่อพัฒนาแบบจำลอง BIM มาใช้ประโยชน์ระหว่างการก่อสร้าง ส่วน developer 2 มีผู้พัฒนาแบบจำลองภายในองค์กร โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีโครงการแนวราบ และกรณีโครงการแนวดิ่ง ในส่วนของกรณีโครงการแนวราบ มีผู้รับจ้างก่อสร้างภายในองค์กรและมีผู้พัฒนาแบบจำลองภายในองค์กร แต่ก็เพิ่งเริ่มต้นใช้งานเช่นกันผู้รับจ้างก่อสร้างภายในองค์กรยังไม่รวมมือในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เท่าที่ควร ส่วนกรณีโครงการแนวดิ่ง ผู้รับจ้างก่อสร้างจะเป็นบุคคลภายนอกองค์กรยังไม่มีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง

สำหรับ developer 4 ยังไม่ได้นำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการเท่าใดนัก แต่มีจุดประสงค์ในการนำแบบจำลองสุดท้ายจากโครงการก่อสร้าง หรือแบบจำลอง as-built BIM เพื่อนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารขององค์กร โดยได้ระบุเงื่อนไขลงในสัญญาก่อสร้างให้ผู้รับจ้างก่อสร้างส่งแบบก่อสร้างจริง ในรูปแบบจำลอง as-built BIM

อีกหนึ่งประเด็นที่สำคัญคือ developer ทั้ง 4 ไม่ได้ส่งต่อแบบจำลองให้ผู้รับจ้างก่อสร้างเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในช่วงการก่อสร้างแลพัฒนาต่อเนื่องจนโครงการสิ้นสุด เนื่องจากมีประเด็นลิขสิทธิ์เจ้าของแบบจำลองที่ยังไม่มีข้อสรุป

ผู้รับจ้างก่อสร้างและผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง (contractor/sub-contractor)

จากการสัมภาษณ์ผู้รับจ้างก่อสร้างพบว่า contractor 1, 2, 3, และ 4 และ sub-contractor 1 ได้ใช้แนวคิด BIM ในช่วงการก่อสร้างอาคารแต่ไม่มีการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ส่งเจ้าของโครงการเพื่อใช้งานต่อในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารเพราะเจ้าของโครงการไม่ได้กำหนดให้ส่งแบบจำลอง as-built BIM เมื่อโครงการแล้วเสร็จ ในส่วน contractor 5 และ 6 ไม่มีการใช้แนวคิด BIM ในช่วงการก่อสร้างแต่พัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ส่งเจ้าของโครงการเมื่ออาคารแล้วเสร็จ เนื่องจากเจ้าของโครงการระบุไว้ในสัญญา ข้อสังเกตที่สำคัญคือเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ประกอบกับวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการและผู้รับจ้างก่อสร้างเองว่ามีวัตถุประสงค์ในการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อเหตุผลอะไร อีกประเด็นที่สำคัญคือประเภทการจัดจ้างซึ่งส่งผลให้บทบาทความรับผิดชอบ รวมไปถึงการพัฒนาแบบจำลองอย่างต่อเนื่องนั้นแตกต่างกัน ประเภทการจัดซื้อที่ได้จากการสัมภาษณ์มี 2 ประเภทคือ การจัดจ้างแบบ design-build (DB) และการจัดจ้างแบบ design-bid-build (DBB) โดยจะขอสรุปกระบวนการโดยสรุปจากประเภทการจัดจ้าง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กรณีการจัดจ้างแบบ Design-Build

contractor 1, 3 และ consultant 1 มีการจัดจ้างรูปแบบนี้ ผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้างอยู่ภายในองค์กรเดียวกัน ผู้ออกแบบเป็นแผนกหนึ่งในองค์กร ผู้รับจ้างก่อสร้างจึงสามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้ตั้งแต่ช่วงการออกแบบ โดยกระบวนการจะเริ่มจากสถาปนิกผู้ออกแบบจะใช้โปรแกรมสำหรับการออกแบบหรือวาดลงในกระดาษคร่าว ๆ จากนั้นจะส่งแบบต่อให้พัฒนา mass model และค่อย ๆ พัฒนาต่อ เพิ่มรายละเอียดลงในแบบจำลองเมื่อได้ความละเอียดในระดับหนึ่ง จากนั้นจะส่งแบบจำลองสถาปัตยกรรมให้กับผู้ออกแบบหมวดโครงสร้างและงานระบบต่าง ๆ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (server) กลางของบริษัท เพื่อเริ่มการพัฒนาแบบจำลองไปพร้อม ๆ กัน เมื่อแบบจำลองหมวดโครงสร้างและงานระบบต่าง ๆ พัฒนาองค์ประกอบหลักของแบบจำลองเสร็จแล้วจะทำการรวบรวมแบบจำลองเข้าด้วยกันเพื่อตรวจสอบการชนกันของวัตถุและจะทำการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ และมีการสื่อสารกันในองค์กรโดยช่องทางการสนทนาออนไลน์ภายในบริษัทแบบตามเวลาการทำงานจริง (real time) ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการออกแบบแล้ว ผู้ออกแบบสามารถส่งแบบจำลองให้ผู้รับจ้างก่อสร้างนำแบบจำลองไปพัฒนาต่อเพื่อใช้

ประโยชน์ในระหว่างการก่อสร้างได้อย่างต่อเนื่อง เช่นการนำไปใช้เพื่อวางแผนการก่อสร้าง และการจัดทำแบบก่อสร้าง (shop drawing) ได้อย่างรวดเร็วและง่ายต่อการทำความเข้าใจอีกด้วย contractor 2 มีขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองแตกต่างจากอีก 3 บริษัทคือ มี modeler ช่วยในการสร้างองค์ประกอบของแบบจำลองที่มีลักษณะเฉพาะ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้พัฒนาแบบจำลอง BIM ในงานภาคสนามและในส่วนอื่น ๆ ขององค์กร

กรณีการจัดจ้างแบบ design-bid-build

Contractor 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 และ sub-contractor 1 มีการจัดจ้างประเภทนี้ บริษัทผู้ออกแบบและบริษัทผู้รับจ้างก่อสร้างเป็นคนละบริษัทกัน ผู้รับจ้างก่อสร้างเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการก่อสร้างหลังจากจบการประกวดราคาแล้ว กระบวนการจะพัฒนาแบบจำลองในการจัดจ้างประเภทนี้แบ่งออกได้ 2 กระบวนการ ดังนี้

กระบวนการที่ 1 เมื่อได้รับแบบสำหรับการประกวดราคา โดยในปัจจุบันเป็นแบบ 2 มิติ PDF file หรือพิมพ์เขียว ผู้รับจ้างก่อสร้างจะนำแบบมาพัฒนาเป็นแบบจำลองขึ้นมาใหม่เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบ และตรวจสอบความขัดแย้งของแบบและการชนกันของวัตถุ และพิจารณาความซับซ้อนของโครงสร้าง หากมีความซับซ้อนมากจะดำเนินการพัฒนาแบบจำลองให้มีความละเอียดที่เพียงพอสำหรับการเตรียมการก่อสร้างเชิงเทคนิค (technical construction) เพราะต้องทำรายละเอียดการก่อสร้างแก่เจ้าของโครงการ นอกจากนี้ยังใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้หาปริมาณของวัสดุคร่าว ๆ จากนั้นผู้รับจ้างก่อสร้างนำแบบจำลองมาพัฒนาต่อในระหว่างการก่อสร้างเพื่อทำ shop drawing สำหรับการก่อสร้างในภาคสนาม พร้อมกับตรวจสอบการชนกันเป็นระยะ ๆ กับแบบจำลองหมวดงานอื่น ๆ และพัฒนาแบบจำลองไปจนโครงการเสร็จสิ้น เจ้าของโครงการอาจจะมีการระบุในสัญญาให้ผู้รับจ้างก่อสร้างพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ส่งหลังการก่อสร้างเสร็จสิ้น ในกระบวนการนี้ผู้รับจ้างก่อสร้างได้นำแบบจำลองมาใช้ประโยชน์ในระหว่างการก่อสร้าง

กระบวนการที่ 2 ผู้รับจ้างไม่ได้นำแนวคิด BIM มาใช้ประโยชน์ระหว่างก่อสร้าง แต่เจ้าของโครงการกำหนดเงื่อนไขในสัญญาว่าให้ส่งแบบก่อสร้างจริง ในรูปแบบของแบบจำลอง as-built BIM เมื่อผู้รับจ้างได้แบบประกวดราคาแล้ว ดำเนินการทำงานในขั้นตอนเดิม (traditional process) โดยไม่ได้นำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างการก่อสร้าง ใช้วิธีการรวบรวมแบบโดยการมองภาพจากแบบ

2 มิติ และใช้ประสบการณ์ทำงานในการพิจารณาตรวจสอบความขัดแย้งของแบบ และดำเนินการก่อสร้างด้วยระบบเดิม โดยการจัดทำแบบ 2 มิติ ใช้โปรแกรม AutoCAD หรือโปรแกรมอื่น ๆ จากแบบพิมพ์เขียวหรือ PDF file ที่ได้มาจากเอกสารประกวดราคา เพื่อจัดเตรียมแบบก่อสร้างยื่นขออนุมัติแบบ shop drawing สำหรับการก่อสร้างภาคสนาม เมื่อแบบได้รับอนุมัติแล้วจะทำการเก็บรักษาไว้เพื่อรวบรวมสำหรับทำแบบก่อสร้างจริง ส่งเจ้าของโครงการภายหลัง จากนั้นเมื่อโครงการใกล้แล้วเสร็จผู้รับจ้างจะทำการรวบรวมแบบ shop drawing ที่ได้รับการอนุมัติแล้วในแต่ละหมวดงาน ส่งให้ผู้พัฒนาแบบจำลอง (modeler) ที่จ้างมาเพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ให้แก่ผู้รับจ้างก่อสร้างเพื่อส่งมอบให้เจ้าของโครงการตามที่ระบุไว้ในสัญญา โดยอ้างอิงจากแบบ as-built drawing แบบที่ใช้ในการก่อสร้าง และรายการวัสดุที่ได้รับอนุมัติแล้ว เพื่อส่งแบบจำลอง as-built BIM ให้เจ้าของโครงการได้ตามที่ระบุไว้ในสัญญาก่อสร้าง

ที่ปรึกษาโครงการ (consultant/ construction manager)

ในปัจจุบันบริษัทที่ปรึกษาโครงการที่นำแนวคิด BIM เข้ามาใช้ในการควบคุมงานก่อสร้างนั้นยังมีปริมาณน้อยอยู่มาก เพราะต่างคิดว่าไม่มีประโยชน์ต่อการทำงานในฐานะที่ปรึกษาโครงการ จากการสัมภาษณ์ consultant 1, 2 และ 3 ทำให้พบว่าบทบาทของที่ปรึกษาโครงการในช่วงการก่อสร้างแตกต่างกันมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการนำแนวคิด BIM มาใช้ของแต่ละบริษัท โดยบริษัท consultant 1 มีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในองค์กร และมีแผนก BIM ภายในบริษัทเนื่องจากบริษัทนี้นอกจากจะรับเป็นที่ปรึกษาโครงการแล้วยังรับออกแบบและรับจ้างก่อสร้างอีกด้วย โดยการเลือกใช้แนวคิด BIM จะใช้ในโครงการที่มีความซับซ้อนของโครงสร้าง หรืองานระบบที่มีความซับซ้อนมาก กระบวนการทำงานคือนำแบบจากที่ได้จากการประมูลหรือผู้ออกแบบส่งให้แผนก BIM ดำเนินการพัฒนาแบบจำลองและดำเนินการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบพร้อมกับตรวจสอบการชนกันของวัตถุ หากพบปัญหาจะดำเนินการบันทึกแบบที่มีปัญหาส่งกลับไปสอบถามผู้ออกแบบเพื่อทำการแก้ไข เมื่อไม่มีการชนกันแล้วที่ปรึกษาโครงการจะดำเนินการวางแผนการก่อสร้างโดยยังใช้แนวคิด BIM ในการวางแผนก่อสร้าง การควบคุมงาน และการจัดเตรียมแบบ shop drawing อีกด้วย สำหรับวัตถุประสงค์ในการพัฒนาแบบจำลองมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบและตรวจสอบการชนกันของวัตถุ และการเตรียมแบบ shop drawing ส่วน consultant 2 และ 3 ไม่มีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการควบคุมการก่อสร้าง ยังดำเนินกระบวนการ

ทำงานในรูปแบบเดิมอยู่ แต่มีบทบาทที่เพิ่มขึ้นมาคือเป็นผู้ตรวจสอบความก้าวหน้าการพัฒนาแบบจำลองในระหว่างการก่อสร้าง แต่ก็ทำหน้าที่ได้ในเบื้องต้นเนื่องจากยังไม่มีประสบการณ์ ความรู้เกี่ยวกับการนำแนวคิด BIM มาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างเท่าใดนัก

(1) วิธีการสื่อสาร และแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (project collaboration and information exchange)

วิธีการสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนสารสนเทศในกระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในช่วงการก่อสร้างของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างยังคงเป็นรูปแบบเดิม แต่ละฝ่ายในโครงการจะมีระบบการติดต่อออนไลน์ภายในบริษัทของโครงการ ไม่มีการตั้งระบบการสื่อสารหรือแลกเปลี่ยนสารสนเทศกลางในโครงการก่อสร้าง และการติดต่อสื่อสารและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศกันระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการยังเป็นแลกเปลี่ยนออนไลน์ทั่วไปไม่มีการตอบโต้หรือสอบถามปรึกษาหารือและแก้ไขปัญหาแบบตามเวลาจริง (real time shearing) และไม่มีการจัดทำฐานข้อมูลกลาง หรือคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกลาง (Cartelize server) เพื่อให้ทุกฝ่ายในโครงการสามารถเข้าถึงสารสนเทศทุกตัวได้ แต่ปัจจุบันแต่ละฝ่ายจะเห็นแบบจำลองของกันและกันที่พัฒนาขึ้น และนำมารวบรวมเข้าด้วยกันเฉพาะในการประชุมแก้ไขปัญหาการชนกันหรือข้อขัดแย้งของแบบ การประชุมความก้าวหน้าของโครงการเท่านั้น

(2) ผลลัพธ์ (deliverable/outcomes)

ในช่วงการก่อสร้างผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่ยังส่งแบบก่อสร้างจริงเป็นรูปแบบเดิมคือ แบบ 2 มิติ พร้อมแบบ 2 มิติในรูปดิจิตอล (PDF, CAD) แต่จะมีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพิ่มเข้ามาขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ระบุลงในสัญญาก่อสร้าง โดยที่หน้าที่ของผู้พัฒนาแบบจำลองยังเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างก่อสร้างเช่นเดียวกับการเตรียมแบบก่อสร้างและเตรียมแบบก่อสร้างจริง

ในส่วนของระดับรายละเอียดของแบบจำลอง BIM นั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานของเจ้าของโครงการที่ระบุเงื่อนไขในสัญญาก่อสร้าง จากการสัมภาษณ์พบว่าบริษัทส่วนมากอ้างอิงการระบุรายละเอียดตามมาตรฐานของหน่วยงาน AIA (2008) และ BIMForum (2013) เป็นหลัก รายละเอียดโดยรวมดังนี้ ในช่วงการก่อสร้างใช้ LoD 300 และ LoD 350 สำหรับ

แบบจำลอง as-built BIM ควรจะอยู่ในช่วง LoD 300–LoD 500 แต่บริษัทส่วนใหญ่มีการกำหนดระดับรายละเอียดมีการประยุกต์ความละเอียดเองเพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งาน ผู้รับจ้าง 1 และ 3 กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลอง และการกำหนดระดับความละเอียดขององค์ประกอบของแบบจำลองว่าการพัฒนาแบบจำลองควรมีความละเอียดในระดับใดจะต้องคำนึงการใช้ประโยชน์ในช่วงนั้น ๆ ว่ามีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด คุ้มค่ากับเวลาและค่าใช้จ่ายที่เสียไปหรือไม่ และจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการว่าต้องการนำแบบจำลองไปใช้เพื่ออะไร และต้องการความละเอียดของแบบจำลองในระดับใด แต่มีบางบริษัทที่ยังไม่มีความรู้และประสบการณ์ในการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองจะไม่เข้าใจเกี่ยวกับการระบุรายละเอียดของแบบจำลองเท่าใดนัก และตั้งระดับการใส่รายละเอียดขึ้นมาเองโดยไม่ได้อ้างอิงจากแหล่งข้อมูลได้เลยจากการสัมภาษณ์สามารถสรุปรายละเอียดของแบบจำลองโดยรวมในแต่ละหมวดงานได้ดังนี้

<u>แบบจำลองหมวดโครงสร้างวิศวกรรม</u> มีองค์ประกอบ เสา คาน พื้น ฐานราก แต่ไม่นิยมระบุรายละเอียดการเสริมเหล็กลงในองค์ประกอบของแบบจำลอง เพราะการใส่รายละเอียดเหล็กเสริมในแบบจำลองทำให้ขนาดของแบบจำลองมีขนาดเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ใหญ่ (electronic file) ส่งผลให้โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ทำงานช้าลง และโปรแกรม BIM ในปัจจุบันมีข้อจำกัดในการระบุรายละเอียดการเสริมเหล็กทำให้ใช้เวลาค่อนข้างมากในการลงรายละเอียดเหล็กเสริม ประกอบกับการทำงานในปัจจุบันยังมีการใช้งานแบบ 2 มิติในการทำแบบก่อสร้างอยู่จึงไม่ควรเสียเวลาทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน นอกจากนี้แบบจำลองจะไม่ลงรายละเอียดถึงการใส่ตะปู วิธีการเชื่อมต่อ ส่วนรายละเอียดข้อมูลที่ระบุมีเพียงประเภทของวัสดุ

<u>แบบจำลองงานสถาปัตยกรรม</u> องค์ประกอบ ประตู หน้าต่าง งานสี งานผิวพื้น งานฝ้า และผนัง มีรูปร่าง ระบุขนาด แต่ไม่ลงรายละเอียดถึงส่วนการตกแต่ง (finishing) เมื่องานแล้วเสร็จ ส่วนข้อมูลที่ระบุลงในองค์ประกอบของแบบจำลองในปัจจุบันมีเพียงประเภทของวัสดุ ส่วนรายละเอียดด้านอื่น ๆ ยังไม่มีการระบุเพิ่มเข้าไป เนื่องจากในปัจจุบันใช้แบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและการชนกันเท่านั้น ในส่วนของเครื่องเรือน ครุภัณฑ์ และสุขภัณฑ์ในอาคารก่อสร้างไม่มีการระบุลงในแบบจำลองเนื่องจากส่งผลให้ขนาดของแบบจำลองมีขนาดเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ใหญ่ (electronic file) ส่งผลให้โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ทำงานช้าลง แต่หากอาคารก่อสร้างมีความซับซ้อนมาก ๆ อาจจะต้องมีการลงรายละเอียดดังกล่าวเพื่อตรวจสอบการชนกัน

แบบจำลองหมวดงานระบบประปาและสุขาภิบาล ส่วนใหญ่จะพัฒนาในส่วนของระบบการเดินท่อน้ำดีและน้ำเสียเข้าเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ในห้องน้ำ และเครื่องปั๊มต่าง ๆ ตลอดจนอุปกรณ์ดับเพลิง แต่ไม่วาดองค์ประกอบแบบจำลองละเอียดถึงเครื่องยึดอุปกรณ์สำหรับการติดตั้ง โดยรูปร่างและขนาดของอุปกรณ์ และท่อขนาดต่าง ๆ จะมีลักษณะเทียบเท่าหรือเท่ากับขนาดจริงของอุปกรณ์และท่อ เพื่อการตรวจสอบการชนกันของวัตถุ ส่วนข้อมูลที่ระบุลงในแบบจำลองยังไม่มีการระบุข้อมูลอะไรลงไปนอกจากชื่อของวัสดุอุปกรณ์นั้น ๆ

แบบจำลองหมวดงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ส่วนใหญ่จะพัฒนาระบบการเดินท่อลมต่าง ๆ จากอุปกรณ์กระจายอากาศกับเครื่องอุปกรณ์ปรับอากาศเพื่อตรวจสอบลักษณะการเดินท่อและตรวจสอบการชนกันกับระบบอื่น ๆ เท่านั้น ไม่ได้ลงรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ยึดสำหรับการติดตั้ง โดยรูปร่าง และขนาดจะเทียบเท่ากับขนาดอุปกรณ์จริง แต่ลักษณะที่มองเห็นไม่มีรายละเอียดเหมือนอุปกรณ์จริง ในส่วนของข้อมูลที่ระบุลงในแบบจำลองมีเพียงชื่อประเภทของอุปกรณ์ และข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ เช่นกำลังของเครื่องปรับอากาศ (BTU) เป็นต้น

แบบจำลองหมวดงานระบบไฟฟ้า แบบจำลองไฟฟ้าจะมีการวางองค์ประกอบของแบบจำลองของแต่ละอุปกรณ์ในหมวดงานไฟฟ้า ตรงตามตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์นั้น ๆ ที่แม่นยำ แต่การเดินสายไฟเข้าแต่ละอุปกรณ์ในมุมมองพื้น (floor plan) จะมีลักษณะการโยงไปมาระหว่างอุปกรณ์เข้าเครื่องแผงควบคุม แต่เมื่อมองในมุมมองของ 3 มิติไม่สามารถมองเห็นลักษณะการเดินสายไฟได้ จึงมีการสร้างท่อเดินยาวของสายไฟขึ้นมาเพื่อที่จะสามารถมองเห็นได้ทั้งในมุมมอง floor plan และในมุมมอง 3 มิติ แต่การสร้างที่เดินสายไฟนั้นก็มีปัญหาที่ไม่สามารถวาดสายไฟเข้าไปในท่อได้ ว่ามีสายไฟประเภทใดอยู่บ้างและเชื่อมต่อมาจากอุปกรณ์ใดไปอุปกรณ์ใด แต่สามารถระบุเป็นข้อมูลแนบลงในองค์ประกอบแบบจำลองท่อเดินสายไฟที่สร้างขึ้นเพื่อระบุรายละเอียดดังกล่าวได้ ในส่วนรูปร่างและขนาดจะเทียบเท่ากับขนาดอุปกรณ์จริง แต่ไม่ได้ลงรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ยึดสำหรับการติดตั้ง ในส่วนของข้อมูลที่ระบุลงในองค์ประกอบแบบจำลองของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในหมวดงานระบบไฟฟ้าจะระบุเพียงชื่อประเภทของอุปกรณ์ ประเภทสายไฟ ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ เช่น กำลังไฟฟ้าเป็นต้น

จากการสัมภาษณ์และสังเกตการณ์ในโครงการก่อสร้างที่มีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในช่วงการก่อสร้างและพัฒนาแบบจำลอง สามารถสรุปรูปแบบของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ในปัจจุบันได้ 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 พัฒนาแบบจำลองในช่วงต้นการก่อสร้างและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนจบโครงการ และรูปแบบที่ 2 พัฒนาแบบจำลองช่วงท้ายโครงการก่อสร้างโดยอ้างอิงการพัฒนาแบบจำลองมาจากแบบ shop drawing ที่ได้รับการอนุมัติแล้ว

ภาพที่ 4.5 และ 4.6 โดยใช้แผนภาพ BPMN ในการอธิบายกระบวนการทำงาน โดยเป็นประเภทการจัดจ้าง design-bid-build และขั้นตอนนี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งเท่านั้นเนื่องจากโครงการแต่ละโครงการมีรูปแบบ และรายละเอียดของกระบวนการที่แตกต่างกัน

4.6 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างจริง

จากการสัมภาษณ์พบว่าการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างมีปัญหาเกิดขึ้นในหลาย ๆ ด้าน เนื่องจากแต่ละฝ่ายในโครงการก่อสร้างมีความเห็นที่ไม่ตรงกันเกี่ยวกับการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง ในมุมมองของเจ้าของโครงการเห็นว่าแนวคิด BIM สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ เช่น ปัญหาคุณภาพของการออกแบบ การประมาณมูลค่าโครงการที่ใกล้เคียงกับราคาจริงมากขึ้น เป็นต้น ในมุมมองของผู้รับจ้างก่อสร้างบางบริษัทเห็นว่าแนวคิด BIM มีประโยชน์ในระหว่างการก่อสร้างจริง แต่มีบางส่วนที่ยังไม่แน่ใจและคิดว่าแนวคิด BIM ไม่สามารถแก้ปัญหาในระหว่างการก่อสร้างได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับผู้ว่าจ้างอีกด้วย ความไม่แน่ใจของหลาย ๆ ฝ่ายทำให้เกิดคำถามว่าเพราะเหตุใดการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการก่อสร้างถึงยังไม่เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างไทย ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงปัญหาที่ผู้สัมภาษณ์มองว่าเป็นปัญหาหลักในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างจริง และเป็นปัญหาโดยตรงที่พบจากการปฏิบัติงานจริง โดยสรุปปัญหาหลักออกเป็น 3 ด้านหลัก คือ ปัญหาด้านทัศนคติของบุคลากรและฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง ด้านกระบวนการทำงานและการพัฒนาแบบจำลอง และด้านทรัพยากร มีรายละเอียดดังนี้

(1) ปัญหาด้านทัศนคติของบุคลากรและฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง

ปัญหาด้านทัศนคติของบุคลากรเมื่อนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง ถือได้ว่าเป็นปัญหาใหญ่ทั้งในระดับองค์กรและระดับโครงการ โดยในการวิเคราะห์นี้จะพิจารณาทั้งในระดับองค์กร

และระดับโครงการ ของทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ ปัญหาเรื่องทัศนคติของบุคลากรนั้นสำคัญเนื่องจาก กระบวนการทำงานจะสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพได้นั้นจะต้องอาศัยการขับเคลื่อนของบุคลากรภายในองค์กรและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง

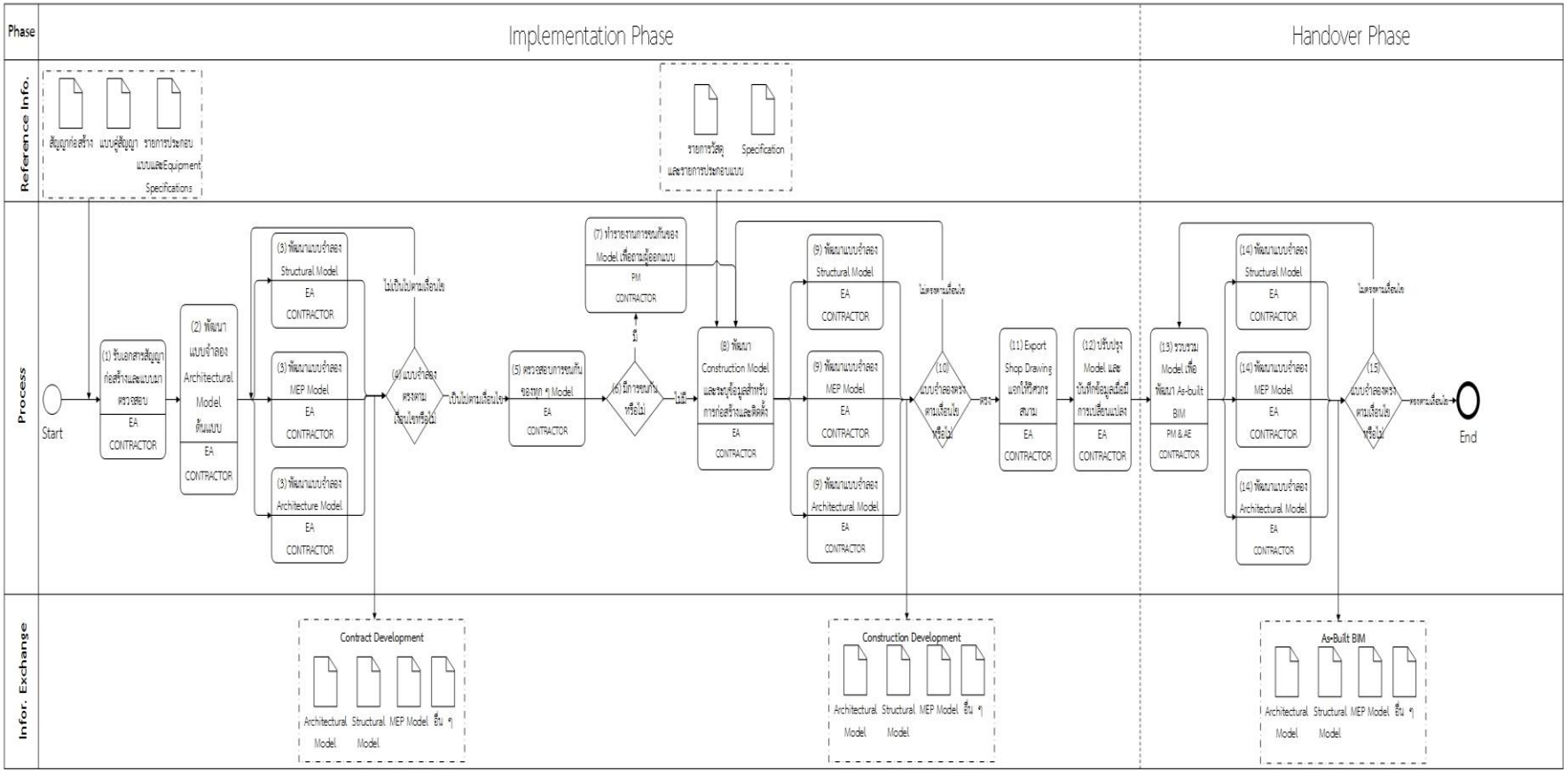
ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในองค์กรคือการต่อต้านไม่ยอมปฏิบัติตาม สำหรับการนำแนวคิด BIM เข้ามาใช้ในองค์กร เนื่องจากกลัวการเปลี่ยนแปลง การเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ และจะเป็นการเพิ่มภาระหน้าที่ให้แก่ตนมากขึ้นจากวิธีการทำงานเดิมถ้านำแนวคิด BIM เข้ามาใช้ในองค์กร อีกทั้งยังมีความคิดเห็นว่าการนำ BIM มาใช้ในองค์กรไม่เกิดประโยชน์เสียเวลาในการพัฒนาแบบจำลอง และจะต้องจ่ายค่าซอฟต์แวร์ BIM เพิ่มขึ้นอีกด้วย สำหรับปัญหาในโครงการก่อสร้างก็เช่นเดียวกัน มีบางฝ่ายที่มีความคิดเห็นว่า การนำ BIM มาใช้จะต้องเสียเวลาในการอบรมและให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ให้กับบุคลากร มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งขั้นตอนการทำงานเดิมก็ยังสามารถทำงานได้ จึงคิดว่าไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนกระบวนการเพื่อนำแนวคิด BIM เข้ามาใช้ในองค์กร นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ของแบบจำลอง และสารสนเทศ ในประเภทการจัดจ้างแบบ design-bid-build ผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้างเป็นคนละฝ่าย ผู้ออกแบบเป็นผู้พัฒนาแบบจำลองในช่วงการออกแบบ และจะไม่ส่งแบบจำลองและสารสนเทศที่อยู่ในแบบจำลองให้ผู้รับจ้างก่อสร้างเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในระหว่างการก่อสร้าง เนื่องจากมีความคิดเห็นว่าตนเป็นผู้ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาไม่มีความจำเป็นที่จะต้องส่งให้ผู้รับจ้างก่อสร้าง ในปัจจุบันการส่งข้อมูลและสารสนเทศจึงยังอยู่ในรูปแบบเดิมคือ แบบ 2 มิติ (PDF file) หรือพิมพ์เขียว จากปัญหาเรื่องนี้ทำให้ส่งผลถึงปัญหาในหัวข้อต่อไป

(2) ด้านกระบวนการทำงานและการพัฒนาแบบจำลอง

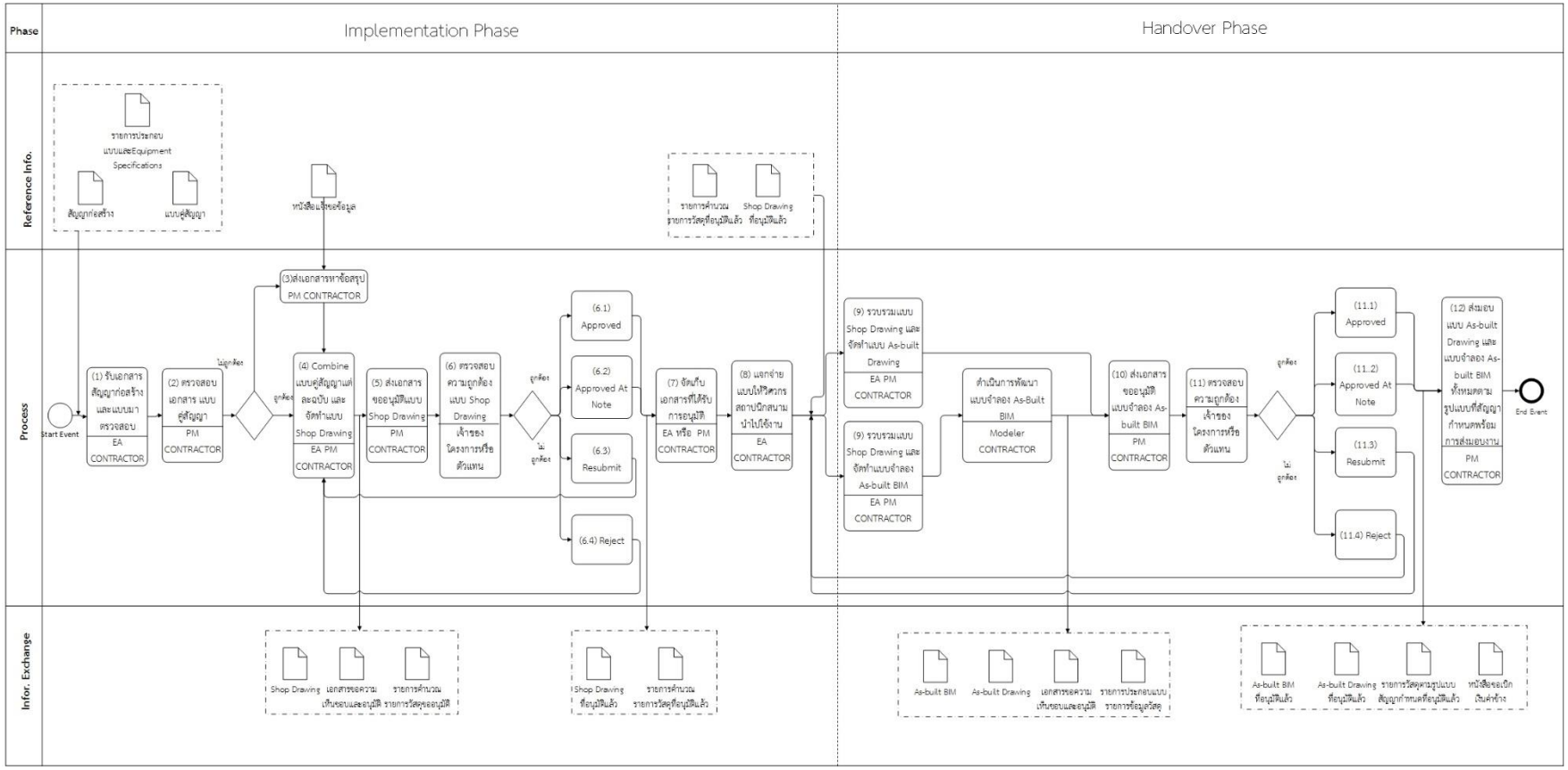
จากปัญหาในข้อที่ 1 ส่งผลให้กระบวนการทำงานและการพัฒนาแบบจำลองเปลี่ยนแปลง เนื่องจากผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ได้รับแบบจำลอง 3 มิติมาเพื่อพัฒนาต่อสำหรับใช้ประโยชน์ในระหว่างการก่อสร้าง ผู้รับจ้างก่อสร้างจึงมีทางเลือกที่จะพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากตอนต้นโครงการ หรือท้ายโครงการก็ได้เนื่องจากท้ายสุดก็จะได้ผลลัพธ์ที่เป็นแบบจำลอง as-built BIM เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาอีกว่าในการพัฒนาแบบจำลองจากต้นโครงการถึงจบโครงการนั้นควรจะเป็นอย่างไร ซึ่งคำถามที่พบในการพัฒนาแบบจำลองในการก่อสร้างจนถึงแบบจำลอง as-built BIM มีดังนี้

- แบบจำลอง as-built BIM ควรเริ่มต้นการพัฒนาจากจุดใดของโครงการ
- แบบจำลองควรมีระดับรายละเอียดขององค์ประกอบแบบจำลองควรมีความละเอียดขนาดไหน
- แบบจำลองควรมีข้อมูลอะไรบ้างจึงจะเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน
- การบรรจุข้อมูลหรือสารสนเทศขององค์ประกอบแบบจำลองแต่ละตัวควรระบุในช่วงใดของโครงการจึงจะเหมาะสม
- ควรมีคนกลางเพื่อจัดการสารสนเทศในโครงการหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.5 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในช่วงการก่อสร้างโดยทั่วไป รูปแบบที่ 1



ภาพที่ 4.6 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในช่วงการก่อสร้างโดยทั่วไป รูปแบบที่ 2

(3) ปัญหาด้านทรัพยากร

ทรัพยากรในที่นี้ประกอบด้วย บุคลากร เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) ระบบคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (server network) ปัญหาหลักในข้อนี้คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เพิ่มมากขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีใหม่ มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ และเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ใหม่ให้เหมาะสมกับการทำงานอีกด้วย จึงเกิดคำถามว่าค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงนี้จะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

อีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจคือ ค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมและพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือ BIM ในโครงการก่อสร้าง เนื่องจากการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการเป็นเทคโนโลยีใหม่ มีค่าใช้จ่ายสูงในการฝึกอบรมและการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานในปัจจุบัน เจ้าของโครงการเห็นถึงประโยชน์ในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มคุณภาพในการออกแบบ การเพิ่มคุณภาพในการก่อสร้าง ยังสามารถนำสารสนเทศต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการบริหารทรัพย์สินที่ได้รับผลประโยชน์มากกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป แต่ในมุมมองของผู้รับจ้างก่อสร้างหลักและย่อยนั้นไม่เห็นด้วยที่จะลงทุนมากมายขนาดนั้น เนื่องจากไม่เข้าใจและไม่แน่ใจถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการที่ลงทุนไปว่าจะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

ปัญหาที่กล่าวมาในด้านต่าง ๆ เป็นเพียงบางส่วนที่ได้จากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์เท่านั้น จะเห็นได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการมองไม่เห็นประโยชน์ของบางฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างทำให้การเปลี่ยนแปลงเป็นไปได้ยาก ทางแก้ปัญหาที่ง่ายที่สุดคือ เจ้าของโครงการจะต้องกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายลงในสัญญาอย่างชัดเจน พร้อมกับการผลักดันการให้ความรู้แก่บุคลากรทุกฝ่ายให้เห็นถึงผลประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการในครั้งนี้ นอกจากนี้การมีแนวทางหรือคู่มือสำหรับแนะนำการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้างเพื่อแก้ปัญหาด้านกระบวนการทำงานให้ไปในทิศทางเดียวกันได้

4.7 สรุปท้ายบท

จากการวิเคราะห์กระบวนการจัดเตรียมแบบการสร้างและแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไป พบว่าแบบก่อสร้างจริงในปัจจุบันได้มาจากการนำแบบสัญญามาปรับแก้ตามการก่อสร้างจริง โดยผู้รับจ้าง

ก่อสร้างรับผิดชอบในการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง รายการประกอบแบบ และคู่มือผู้ใช้งาน ปัญหาหลักของการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริงคือ การสื่อสาร การแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศที่ไม่มีประสิทธิภาพของแต่ละฝ่าย การกระจายข้อมูลบกพร่อง และการปรับเปลี่ยนแบบให้เป็นปัจจุบัน ให้สอดคล้องกับ The National Institute of Standards and Technology (NIST) ซึ่งได้กล่าวไว้ว่าร้อยละ 12 ต่อตารางฟุต เกิดขึ้นจากความไม่มีประสิทธิภาพในการร่วมมือกันทำงาน ของหลาย ๆ ฝ่ายและการจัดการข้อมูล ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และปัญหาของการเข้ากันไม่ได้ของข้อมูล หากนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ในการจัดเตรียมแบบจะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ แต่การนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ทำได้ยาก เนื่องจากอุปสรรคทั้งเรื่องความพร้อมของบุคลากรในองค์กรของแต่ละฝ่าย และการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ควรมีกระบวนการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัฒนธรรมการทำงานของประเทศไทย ดังนั้นการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประสิทธิภาพและเหมาะสมกับประเทศไทย ควรมีการศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เริ่มมีการนำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้

จากการวิเคราะห์การนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างอาคารทั้งในเชิงทฤษฎี และโครงการก่อสร้างจริงในปัจจุบัน พบว่ารายละเอียดต่าง ๆ ในกระบวนการที่แตกต่างกันมาก ไม่ว่าจะเป็นด้านขั้นตอนการทำงาน หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง รูปแบบการทำงานร่วมกัน การติดต่อสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศตลอดจนผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง นอกจากจะเกิดความแตกต่างกันระหว่างกระบวนการเชิงทฤษฎีและทางปฏิบัติงานจริง แต่รูปแบบการทำงานของแต่ละโครงการยังแตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งจากการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์ในโครงการก่อสร้างจึงทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่ทำให้แต่ละโครงการมีความแตกต่างกัน คือ วัตถุประสงค์ของการใช้งาน รูปแบบการจัดจ้าง จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง ทรัพยากรในด้านต่าง ๆ ปัจจัยแต่ละตัวล้วนส่งผลต่อลักษณะกระบวนการที่แตกต่างกันออกไป โดยรายละเอียดความเชื่อมโยงมีดังต่อไปนี้

<u>วัตถุประสงค์การใช้งาน</u>

วัตถุประสงค์ เป้าหมายในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ โดยวัตถุประสงค์แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ วัตถุประสงค์ของบริษัทหรือหน่วยงานเพื่อสนับการทำงานของตน และวัตถุประสงค์ของ

เจ้าของโครงการหรืออีกนัยหนึ่งคือวัตถุประสงค์ร่วมที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายในโครงการก่อสร้างจะต้องพิจารณาและดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่เจ้าของโครงการตั้งไว้ ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.5.1 ซึ่งแต่ละบริษัทหรือในโครงการนั้น ๆ จะมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ซึ่งวัตถุประสงค์นั้นจะส่งผลต่อการเลือกใช้ BIM Use ว่าควรนำ BIM Use ตัวใดมาใช้ในโครงการก่อสร้างในช่วงเวลาใด

รูปแบบการจัดจ้าง

รูปแบบการจัดจ้างในแต่ละประเภทส่งผลให้หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างแตกต่างกัน ตลอดจนลำดับขั้นตอนการทำงานก็จะแตกต่างออกไปด้วย ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.5.2 ได้อธิบายความแตกต่างของการจัดจ้างประเภท design-build และ design-bid-build ว่ามีขั้นตอนแตกต่างกันอย่างไรนอกจากนี้ยังส่งผลต่อปัจจัยในข้อถัดไปอีกด้วย

จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง

จากปัจจัยรูปแบบการจัดจ้างทำให้ความต่อเนื่องในการพัฒนาแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไป จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลองยังส่งผลต่อการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างอีกด้วย ซึ่งแบบจำลอง as-built BIM สามารถเกิดจากการพัฒนาแบบจำลองจากต้นโครงการและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนโครงการเสร็จสิ้น หรือในระหว่างการก่อสร้างใช้การทำงานรูปแบบเดิมและมาพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศในภายหลังใกล้โครงการก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จ

ทรัพยากรด้านต่าง ๆ

ทรัพยากรในที่นี้คือ บุคลากร เครื่องมือต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันของแต่ละฝ่ายในโครงการก่อสร้าง ซึ่งทรัพยากรส่งผลกระทบต่อกระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง เนื่องด้วยในบางบริษัทอาจจะยังไม่พร้อมสำหรับการลงทุนเพื่อการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรทุกด้านพร้อม ๆ กันจึงอาจจะต้องการกระบวนการที่สอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอยู่ แล้วค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไป เช่น หากบุคลากรที่มีในหน่วยงานยังไม่มีความรู้และทักษะ ไม่พร้อมในการพัฒนาแบบจำลองอาจจะมีการจ้างบริษัทภายนอก (outsource) มาดำเนินการในการพัฒนาแบบจำลองแทนบุคลากรภายในบริษัท

หรือ ถ้ายังไม่พร้อมกับการลงทุนในเรื่องฮาร์ดแวร์ก็สามารถใช้งานซอฟต์แวร์ BIM รวมกับซอฟต์แวร์ 2 มิติอื่น ๆ เพื่อทำให้แบบจำลองมีขนาดเล็กลงไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

จากการสัมภาษณ์ยังพบข้อสังเกตที่น่าสนใจอีกประเด็นคือ ถึงแม้ว่าการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เพื่อส่งให้เจ้าของโครงการเหมือนกัน หรือใช้ BIM Use ที่เหมือนกัน แต่รายละเอียดของแบบจำลอง หรือระดับการพัฒนาแบบจำลองกลับมีความแตกต่างกัน จากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าความแตกต่างของกระบวนการนั้นเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัยที่ทำให้ลักษณะของแบบจำลอง และกระบวนการแตกต่างกัน เช่น บางโครงการใช้การประมาณราคาเพียงคร่าว ๆ เพื่อคิดจำนวนคอนกรีตต่อพื้นที่ แต่อีกโครงการหนึ่งพัฒนาแบบจำลองเพื่อประมาณราคาถึงขั้นการถอดปริมาณวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง

โดยสรุปแล้วในบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์การนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้างและการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง (as-built BIM) ที่ได้จากการศึกษามาตรฐาน คู่มือ และเอกสารเชิงวิชาการในต่างประเทศ และการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์จากโครงการจริงในปัจจุบันที่มีการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง ก่อนทำการวิเคราะห์รูปแบบและรายละเอียดของกระบวนการ ได้ทำการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ BIM (BIM Use) และวัตถุประสงค์ในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการโครงการก่อสร้างและการพัฒนาแบบจำลองก่อน เพราะทั้ง BIM Use แต่ละจุดประสงค์ต่างส่งผลต่อรูปแบบของกระบวนการ ลำหรับรายละเอียดที่ได้จากการวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ขั้นตอนการทำงาน วิธีการสื่อสารและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ และผลลัพธ์ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ถึงปัจจัยเบื้องต้นที่ส่งผลต่อความแตกต่างของการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งประกอบด้วย (1) วัตถุประสงค์ในการใช้งาน (2) รูปแบบการจัดจ้าง (3) จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง และ (4) ทรัพยากรด้านต่าง ๆ

บทที่ 5
การวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM

งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อกำหนดต่าง ๆ ของแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM) และส่วนที่ 2 การวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในบทที่ 5 นี้จะขอนำเสนอการวิเคราะห์ข้อกำหนดต่าง ๆ ของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ มีดังนี้ องค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (model elements) สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลอง (information and attribute) ระดับพัฒนาและความละเอียดของแบบจำลอง (level of development and detail)

5.1 องค์ประกอบ

หัวข้อนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์เอกสารที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดองค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM จากการทบทวนคู่มือ มาตรฐานและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีอยู่ในปัจจุบัน

องค์ประกอบของแบบจำลอง (elements) คือ องค์อาคารหลัก ส่วนประกอบอาคาร หรือส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบกันจนเป็นส่วนใหญ่ของส่วนประกอบอาคาร โดยสามารถแบ่งเป็นหมวดงานออกเป็น 5 หมวดหลักได้แก่ หมวดงานโครงสร้างวิศวกรรมโครงสร้าง หมวดงานสถาปัตยกรรม หมวดงานระบบสุขาภิบาล และดับเพลิง หมวดงานระบบไฟฟ้า และหมวดงานวิศวกรรมเครื่องกลปรับอากาศและระบายอากาศ ในต่างประเทศมีการเผยแพร่และให้คำนิยามเกี่ยวกับ elements มากมาย ซึ่งความหมายและคำนิยายโดยร่วมจะคล้ายคลึงกัน คือ องค์อาคารหลัก ส่วนประกอบอาคาร หรือส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบกันจนเป็นส่วนใหญ่ของส่วนประกอบอาคาร หรือ ส่วนที่มาเติมเต็มให้ส่วนประกอบ สนับสนุน กับงานก่อสร้างอาคาร

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับมาตรฐานของ elements ในต่างประเทศ เช่น Uniformat กำหนดโดย General Service Administration (GSA) ของสหรัฐอเมริกา และ Canada Institute of Quantity Surveyors (CIQS) ของประเทศแคนนาดาเป็นต้น รายการส่วนใหญ่จะมี

ความคล้ายคลึงกัน แต่มีชื่อเรียกต่างกัน เช่น foundation และ substructure เป็นต้น ผลจากการวิเคราะห์พบว่า แต่ละมาตรฐานจะแบ่งองค์ประกอบออกเป็นหมวด ๆ สามารถสรุปได้ 7 หมวด ดังนี้

(1) Substructure องค์ประกอบของโครงสร้างใต้ดิน ซึ่งประกอบด้วย ฐานราก ผนังกันดิน เป็นต้น

(2) Superstructure องค์ประกอบของโครงสร้างเหนือพื้นดินอ้างอิง ซึ่งจะประกอบด้วย สิ่งที่ห่อหุ้มอาคารด้วย เช่น หลังคา ผนัง เสา คาน พื้น เป็นต้น

(3) Interiors องค์ประกอบที่ใช้ตกแต่งภายในสิ่งก่อสร้าง หรืออาคาร ตลอดจนการเก็บงานต่าง ๆ (interiors finishing)

(4) Services องค์ประกอบของการให้บริการต่าง ๆ ในส่วนของงานระบบทั้งหมด ประกอบด้วย ระบบโดยสาร ขนส่ง (conveying), ระบบท่อน้ำ (plumbing), ระบบปรับอากาศ (HVAC), ระบบรักษาความปลอดภัย (fire protection), ระบบไฟฟ้า (electrical), ระบบสื่อสาร (communications), ระบบรักษาความปลอดภัย (electronic safety and security), และระบบอัตโนมัติอื่น ๆ (integrated automation)

(5) Equipment and furnishings องค์ประกอบของวัสดุ และเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่นำมาประดับตกแต่งอาคาร

(6) Special construction and demolition องค์ประกอบที่มีลักษณะจำเพาะเจาะจงหรือลักษณะพิเศษที่ผลิตขึ้นเพื่อติดตั้งในอาคารนั้น ๆ และการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง

(7) Site work องค์ประกอบที่อำนวยความสะดวกแก่สถานที่ก่อสร้างสำหรับการวางแผนงานก่อสร้างและการวางผนังสถานที่ก่อสร้าง (site layout) ยกตัวอย่างเช่น site preparation, site improvements, liquid and gas utilities, site communication เป็นต้น

ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ตารางสรุปรายการ Elements ของแต่ละมาตรฐานในแต่ละประเทศ และตารางที่ 5.2 แสดงรายการ elements ที่ซ้ำกันและเหมือนกันในแต่ละมาตรฐานโดยรวบรวมจาก

มาตรฐานของต่างประเทศ 6 มาตรฐานด้วยด้วยกันที่กล่าวถึงองค์ประกอบของแบบจำลองที่ใช้ในการก่อสร้าง

ตารางที่ 5.1 รายการ elements ในต่างประเทศ

UNIFORMAT General Services Administration (GSA)	**CANADIAN INSTITUTE OF QUANTITY SURVEYORS (CIQS)**	**THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS-UK)**	**CONSTRUCTION ECONOMICS EUROPEAN COMMITTEE (CEEC)**	**UNIFORMAT II National Institute of Standards and Technology (NIST)**	**OmniClass Table 21** The OmniClass™ Construction Classification System
01 FOUNDATIONS	A1 SUBSTRUCTURE	1.0 SUBSTRUCTURE	(1) SUBSTRUCTURE	A SUBSTRUCTURE	21-01 00 00 Substructure
011 Standard foundations	A11 Foundations	2.0 SUPERSTRUCTURE	SUPERSTRUCTURE	A10 Foundations	21-01 10 Foundations
012 Special foundations	A12 Basement excavation	2.1 Frame	(2) Frame	A20 Basement Construction	21-01 20 Subgrade Enclosures
02 SUBSTRUCTURE	A2 STRUCTURE	2.2 Upper floors	(3) External walls	B SHELL	21-01 40 Slabs-On-Grade
021 Slab on grade	A21 Lowest floor construction	2.3 Roof	(4) Internal walls	B10 Super Structure	21-01 60 Water and Gas Mitigation
022 Basement excavation	A22 Upper floor construction	2.4 Stairs	(5) Floors	B20 Exterior Enclosure	21-01 90 Substructure Related Activities
023 Basement walls	A23 Roof construction	2.5 External walls	(6) Roofs	B30 Roofing	21-02 00 00 Shell
03 SUPERSTRUCTURE	A3 EXTERIOR ENCLOSURE	2.6 Windows and exterior doors	(7) Stairs	C INTERIORS FINISHES	21-02 10 Superstructure
031 Floor construction	A31 Walls below grade	2.7 Interior walls & interior partitions	(8) Windows & external doors	C10 Interior Construction	21-02 20 Exterior Vertical Enclosures
032 Roof construction	A32 Walls above grade	2.8 Interior doors	(9) Internal doors	C20 Stairs	21-02 30 Exterior Horizontal Enclosures
033 Stair construction	A33 Windows & entrances	3.0 INTERNAL FINISHES	(10) Internal wall finishes	C30 Interior Finishes	21-03 00 00 Interiors
04 EXTERIOR CLOSURE	A34 Roof covering	3.1 Wall finishes	(11) External wall finishes	D SERVICES	21-03 10 Interior Construction
041 Exterior walls	A35 Projections	3.2 Floor finishes	(12) Floor finishes	D10 Conveying	21-03 20 Interior Finishes
042 Exterior doors & windows	B1 PARTITIONS & DOORS	3.3 Ceiling finishes	(13) Ceiling finishes	D20 Plumbing	21-04 00 00 Services
05 ROOFING	B11 Partitions	4.0 FITTINGS AND FURNITURE	(14) EQUIPMENT AND	D30 HVAC	21-04 10 Conveying
06 INTERIOR CONSTRUCTION	B12 Doors	4.1 Fittings and furnishings	FURNISHINGS SERVICES	D40 Fire Protection	21-04 20 Plumbing
061 Partitions	B2 FINISHES	5.0 SERVICES	(15) Plumbing	D50 Electrical	21-04 30 Heating, Ventilation, and Air
062 Interior finishes	B21 Floor finishes	5.1 Sanitary appliances	(16) Heating	E EQUIPMENT & FURNISHINGS	Conditioning (HVAC)

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) รายการ elements ในต่างประเทศ

UNIFORMAT General Services Administration (GSA)	CANADIAN INSTITUTE OF QUANTITY SURVEYORS (CIQS)	THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS-UK)	CONSTRUCTION ECONOMICS EUROPEAN COMMITTEE (CEEC)	ASTM UNIFORMAT II National Institute of Standards and Technology (NIST)	OmniClass Table 21 International Organization for Standardization (ISO)
063 Specialties	B22 Ceiling finishes	5.2 Services equipment	(17) Ventilating & air- conditioning	E10 Equipment	21-04 40 Fire Protection
07 CONVEYING SYSTEMS	B23 Wall finishes	5.3 Disposal installations	(18) Internal drainage	E20 Furnishings	21-04 50 Electrical
08 MECHANICAL	B3 FITTINGS & EQUIPMENT	5.4 Water installations	(19) Electrics	F SPECIAL CONSTRUCTION	21-04 60 Communications
081 Plumbing	B31 Fittings & equipment	5.5 Heat source	(20) Communication	& DEMOLITION	21-04 70 Electronic Safety and Security
082 HVAC	B32 Equipment	5.6 Space heating & air treatment	(21) Lifts, escalators, etc.	F10 Special Construction	21-04 80 Integrated Automation
083 Fire Protection	B33 Conveying systems	5.7 Ventilation systems	(22) Protective installations	F20 Selective Building Demolition	21-05 00 00 Equipment and Furnishings
084 Special mechanical systems	C1 MECHANICAL	5.8 Electrical installation	(23) Miscellaneous services inst.	G BUILDING SITEWORK	21-05 10 Equipment
09 ELECTRICAL	C11 Plumbing & drainage	5.9 Gas installation	EXTERNAL SITE WORKS	G10 Site Preparation	21-05 20 Furnishings
091 Distribution	C12 Fire protection	5.10 Life & conveyor installation	(24) Site preparation	G20 Site Improvements	21-06 00 00 Special Construction and
092 Lighting & power	C13 HVAC	5.11 Protective installations	(25) Site enclosure	G30 Site Mechanical Utilities	Demolition
093 Special electrical systems	C14 Controls	5.12 Communication installations	(26) Site fittings	G40 Site Electrical Utilities	21-06 10 Special Construction
10 GENERAL CONDITIONS & PROFIT	C2 ELECTRICAL	5.13 Special installations	(27) Site services	G90 Other Site Construction	21-06 20 Facility Remediation
11 EQUIPMENT	C21 Services & distribution	5.14 Builders work in connection with services	(28) Site Buildings		21-06 30 Demolition
111 Fixed & moveable equipment	C22 Lighting, devices & heating	5.15 Builders profit & attendance on services	(29) Hard and soft landscaping		21-07 00 00 Sitework
112 Furnishings	C23 Systems & ancillaries	6.0 EXTERNAL WORKS	(30) PRELIMINARIES		21-07 10 Site Preparation
113 Special construction	D1 SITE WORK	6.1 Site works			21-07 20 Site Improvements

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) รายการ elements ในต่างประเทศ

UNIFORMAT General Services Administration (GSA)	**CANADIAN INSTITUTE OF QUANTITY SURVEYORS (CIQS)**	**THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS-UK)**	**CONSTRUCTION ECONOMICS EUROPEAN COMMITTEE (CEEC)**	**ASTM UNIFORMAT II National Institute of Standards and Technology (NIST)**	**OmniClass Table 21 International Organization for Standardization (ISO)**
12 SITE WORK	D11 Site development	6.2 Drainage			21-07 30 Liquid and Gas Site Utilities
121 Site preparation	D12 Mechanical site services	6.3 External services			21-07 40 Electrical Site Improvements
122 Sit improvements	D13 Electrical site services	6.4 Minor building work			21-07 50 Site Communications
123 Site utilities	D2 ANCILLARY WORK				21-07 90 Miscellaneous Site Construction

ตารางที่ 5.2 รายการ elements ที่เหมือนกันในแต่ละมาตรฐาน

Elements	UNIFORMAT General Services Administration (GSA)	CANADIAN INSTITUTE OF QUANTITY SURVEYORS (CIQS)	THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS-UK)	CONSTRUCTION ECONOMICS EUROPEAN COMMITTEE (CEEC)	ASTM UNIFORMAT II National Institute of Standards and Technology (NIST)	OmniClass Table 21 International Organization for Standardization (ISO)
Substructure		√	√	√	√	√
Foundations	√	√			√	√
Subgrade Enclosures	√				√	√
Slabs-On-Grade	√				√	√
Water and Gas Mitigation						√
Substructure Related Activities						√
Shell					√	√
Superstructure	√	√	√	√	√	√
Exterior Vertical Enclosures	√	√	√	√	√	√
Exterior Horizontal Enclosures	√	√	√	√	√	√
Interiors	√		√		√	√
Interior Construction	√		√		√	√
Interior Finishes		√	√	√	√	√

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) รายการ elements ที่เหมือนกันในแต่ละมาตรฐาน

Elements	UNIFORMAT General Services Administration (GSA)	CANADIAN INSTITUTE OF QUANTITY SURVEYORS (CIQS)	THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS-UK)	CONSTRUCTION ECONOMICS EUROPEAN COMMITTEE (CEEC)	ASTM UNIFORMAT II National Institute of Standards and Technology (NIST)	OmniClass Table 21 International Organization for Standardization (ISO)
Services					√	√
Conveying				√	√	√
Plumbing	√	√	√	√	√	√
Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)	√	√	√	√	√	√
Fire Protection	√	√	√	√	√	√
Electrical	√	√	√	√	√	√
Communications				√	√	√
Electronic Safety and Security				√	√	√
Integrated Automation						√
Equipment and Furnishings	√	√	√	√	√	√
Equipment	√	√	√	√	√	√
Furnishings	√	√	√	√	√	√
Special Construction and Demolition					√	√
Special Construction					√	√
Facility Remediation					√	√
Demolition					√	√
Site work	√	√	√	√	√	√
Site Preparation	√	√	√	√	√	√
Site Improvements	√	√			√	√
Liquid and Gas Site Utilities	√	√		√	√	√
Electrical Site Improvements	√	√		√	√	√

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) รายการ elements ที่เหมือนกันในแต่ละมาตรฐาน

Elements	UNIFORMAT General Services Administration (GSA)	CANADIAN INSTITUTE OF QUANTITY SURVEYORS (CIQS)	THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS-UK)	CONSTRUCTION ECONOMICS EUROPEAN COMMITTEE (CEEC)	ASTM UNIFORMAT II National Institute of Standards and Technology (NIST)	OmniClass Table 21 International Organization for Standardization (ISO)
Site Communications	√	√		√	√	√
Miscellaneous Site Construction						√

หลังจากรวบรวมและวิเคราะห์มาตรฐานและคู่มือเกี่ยวกับองค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคารพบว่า มาตรฐาน และคู่มือต่าง ๆ มีเกณฑ์ในการแบ่งลักษณะของแบบจำลองตามลักษณะงาน ยกตัวอย่างเช่น งานโครงสร้างใต้ดิน (substructure) งานฐานราก (foundation) เป็นต้น ดังแสดงรายการ elements ในตารางที่ 5.1 จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการแบ่งองค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคารตามลักษณะขององค์ประกอบสิ่งก่อสร้าง และอ้างอิงรายการต่าง ๆ มาจากมาตรฐาน OmniClass™ table 21 และสามารถสรุปดังแสดงในตารางที่ 5.3 โดยองค์ประกอบของแบบจำลองตามสาขาวิชาชีพ ซึ่งประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้า งานระบบเครื่องกลปรับอากาศและระบายอากาศ และงานระบบสุขาภิบาล แล้วนำไปตรวจสอบกับผู้พัฒนาแบบจำลองในด้านต่าง ๆ และผู้บริหารจัดการทรัพยากรอาคาร การแบ่งออกตามสาขางานเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้ของฝ่ายต่าง ๆ ในโครงการก่อสร้าง ผลการวิเคราะห์รายการองค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ตารางที่ 5.3 องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM

Discipline	**Element**
Architecture	Basic Wall
	Curtail Wall
	Door

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM

Discipline	Element
	Window
	Column
	Roof
	Ceiling
	Floor
	Railing
	Ramp
	Stair
	Furniture
	Sanitary ware
Structure	Beam
	Wall
	Column
	Floor
	Truss
	Brace
	Stair
	Foundation : Isolated
	Foundation : Wall
	Foundation : Slab
	Reinforcement
Electrical	Ring main unit
	Transformer
	Main distribution board
	Busway and plug-in unit
	Distribution board

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM

Discipline	Element
	Load panel, load center
	Generator
	Lighting fixture
	Switch and outlet
	Cable tray
	Conduit
Sanitary and piping system	Cold water pump/transfer pump
	Booster pump
	Roof water tank
	Under ground water tank/storage tank
	Sewage pump
	Sludge return pump
	Aerator pump
	Plumbing fixtures
	Piping
	Floor drains
	Sprinklers
Heating ventilation and air-condition system (HVAC)	Water-cooled Chillers/ air-cooled chillers
	Condenser pumps
	Cooling tower
	Fan coil unit
	Condensing unit
	Air-handing unit
	Exhaust fan & ventilating fan
	Pressurized blower
	Duct system

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) องค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM

	Air distribution unit

5.2 สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบ

หัวข้อนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์เอกสาร ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสารสนเทศ และคุณลักษณะขององค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM ประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้จัดการทรัพยากรอาคาร และผู้ปฏิบัติงานจริง เพื่อเป็นพื้นฐานและวิเคราะห์หาผลลัพธ์สำหรับสารสนเทศและคุณลักษณะที่ต้องระบุ ควรระบุ หรือเป็นตัวเลือก ลงในองค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM และนำสารสนเทศดังกล่าวไปสนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร จากการทบทวนและศึกษาเอกสารที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่าเอกสารสำคัญซึ่งนำมาพิจารณา คือ มาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงและคู่มือเจ้าของอาคาร โดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2553) โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ที่จะกล่าวถึงเนื้อหาที่จำเป็นต่อการระบุสารสนเทศอาคารและคุณลักษณะขององค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM เท่านั้น

<u>มาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงและคู่มือเจ้าของอาคาร</u>

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2553) แนะนำรายละเอียดคู่มือผู้ใช้งาน โดยการแบ่งออกเป็นหมวด ๆ ตามลักษณะงานที่แตกต่างกัน และการแบ่งจะอ้างอิงหมวดตามหมวดงานของแบบก่อสร้างจริง โดยทั่วไปแล้วประกอบด้วย หมวดงานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานประปาสุขาภิบาลและดับเพลิง งานระบบเครื่องกล งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร และงานวิศวกรรมโยธา

<u>งานสถาปัตยกรรม</u> แนะนำเกี่ยวกับข้อมูลที่ควรแจ้งดังแสดงในตารางที่ 5.4 ประกอบด้วยเอกสารประกันคุณภาพสำหรับวัสดุหรืออุปกรณ์แต่ละชนิดที่เป็นเอกสารฉบับจริงจากผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่าย รวมถึงรายการสรุป ยี่ห้อ รุ่น ขนาด สี จำนวนอุปกรณ์ ชื่อผู้จัดนำหน่าย ชื่อผู้ผลิต ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ ของวัสดุอุปกรณ์ และผู้วิจัยได้ทำการสรุปตัวอย่างตารางข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในหมวดงานสถาปัตยกรรม

<u>งานวิศวกรรมโครงสร้าง</u> คู่มือผู้ใช้งานสำหรับในหมวดงานนี้จะเป็นการแนะนำสำหรับกรณีที่เจ้าของอาคารต้องการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใช้สอย การซ่อมแซมเบื้องต้น ดังแสดงในตารางที่ 5.5 โดยเนื้อหา

และข้อมูลประกอบด้วย รายชื่อบริษัทผู้ผลิต ผู้จำหน่ายวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง และวัสดุที่เหมือนหรือเทียบเท่าสำหรับการซ่อมแซม รายชื่อผู้ติดต่อ ที่อยู่ หรือเบอร์โทรศัพท์ เอกสารรับประกันของวัสดุหรืออุปกรณ์แต่ละชนิด รวมทั้งรายละเอียดแสดงลักษณะสมบัติ

งานประปา สุขาภิบาล และดับเพลิง ข้อมูลในหมวดนี้เป็นส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการซ่อมบำรุงรักษาอาคาร ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 5.6 รายการข้อมูลประกอบด้วย ยี่ห้อ รุ่น ขนาด สี จำนวนอุปกรณ์ ชื่อผู้จัดจำหน่าย ชื่อผู้ติดต่อ ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ ของวัสดุอุปกรณ์ทุกชนิด

งานระบบเครื่องกล รายการข้อมูลประกอบด้วย ยี่ห้อ รุ่น ขนาด สี จำนวนอุปกรณ์ ชื่อผู้จัดจำหน่าย ชื่อผู้ติดต่อ ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ ของวัสดุอุปกรณ์ทุกชนิด

งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร รายการข้อมูลประกอบด้วย ยี่ห้อ รุ่น ขนาด สี จำนวนอุปกรณ์ ชื่อผู้จัดจำหน่าย ชื่อผู้ติดต่อ ที่อยู่ และเบอร์โทรศัพท์ ของวัสดุอุปกรณ์ทุกชนิด

จากการทบทวนมาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงและคู่มือเจ้าของอาคาร เอกสารประกอบแบบก่อสร้างจริงและคู่มือผู้ใช้งาน ประกอบกับการสังเกตการณ์พร้อมทั้งสัมภาษณ์การทำงานของผู้จัดการทรัพยากรอาคาร ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปข้อมูล และสารสนเทศของแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง ดังแสดงในตารางที่ 5.7 โดยจะแบ่งตามลักษณะงานที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้า งานระบบท่อและสุขาภิบาล และงานระบบปรับอากาศ และได้จัดหมวดหมู่ของข้อมูลออกเป็น 4 หมวด ประกอบด้วย

- Physical เป็นข้อมูลที่อธิบายถึงรูปร่างลักษณะของแบบจำลองที่เป็นเชิงเรขาคณิต เช่น ขนาด ระยะ ระดับ เป็นต้น
- Manufacturing เป็นข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตหรือข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น ชื่อผู้ผลิต ยี่ห้อ รุ่น เป็นต้น
- Technical เป็นข้อมูลเชิงเทคนิคที่จะต้องใช้ความรู้ความสามารถเฉพาะ เช่น วิธีการติดตั้งอุปกรณ์ วิธีการใส่เหล็กเสริม เป็นต้น
- Facility Service เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการให้บริการเบื้องต้นสำหรับการบำรุงรักษาอุปกรณ์นั้น ๆ สำหรับผู้ใช้งาน เช่น คู่มือการใช้งาน/การบำรุงรักษา ระยะเวลาประกันสินค้า เป็นต้น

ตารางที่ 5.4 ตัวอย่างรายการข้อมูลงานสถาปัตยกรรม

รายการ	ยี่ห้อ	รุ่น ชนิด รหัสสินค้า และ/	เอกสารแสดงสินค้า	รูปแบบแสดงวิธีการติดตั้ง /	คู่มือการใช้งาน /	หนังสือประกัน	ผู้ผลิต ผู้ขาย หรือตัวแทน
หมวดผนังก่อ และฉาบ							
บล็อกแก้ว (glass block)	ให้แจ้ง	ระบุ	ควรมี				ควรแจ้ง
บล็อกปูนหล่อสำเร็จโชว์	ให้แจ้ง	ระบุ	ควรมี				ควรแจ้ง
ผนังหล่อสำเร็จรูปโชว์ผิว	ให้แจ้ง	ระบุ	ควรมี	ควรมี	ควรมี		ควรแจ้ง
หมวดป้องกันแมลงใต้ดิน							
การป้องกันปลวก/แมลง	ให้แจ้ง	ระบุ	ควรมี	ควรมี	ควรมี	ต้องมีในกรณีจ้างพิเศษ	ควรแจ้ง
หมวดป้องกันน้ำ อุณหภูมิ และความชื้น							
วัสดุป้องกันน้ำ/ความชื้นผนังแผ่น (waterproofing membrane)	ให้แจ้ง	ระบุ	ควรมี	ควรมี		ต้องมีในกรณีจ้างพิเศษ	ควรแจ้ง

ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างรายการข้อมูลงานวิศวกรรมโครงสร้าง

รายการ	ยี่ห้อ	รุ่น ชนิด รหัสสินค้า และ / หรือรหัสสี	เอกสารแสดงสินค้า Catalog	รูปแบบแสดงวิธีการติดตั้ง (Shop Drawings)	ผู้ผลิต ผู้ขาย หรือ ตัวแทน
เข็มตอก	ให้แจ้ง	ให้ระบุขนาด และความยาว		ควรมี	ควรแจ้ง
เข็มเจาะ		ให้ระบุขนาด และความยาว		ต้องมี	ชื่อผู้รับแจ้ง
แผ่นพื้น ค.ส.ล. สำเร็จรูป	ให้แจ้ง	ให้ระบุขนาด		ต้องมี	ควรแจ้ง
พื้น ค.ส.ล. อัดแรง (Post Tension)	ให้แจ้ง			ต้องมี	ควรแจ้ง
แผ่นพื้นผนัง ค.ส.ล. สำเร็จรูป	ให้แจ้ง	ให้ระบุขนาด		ต้องมี	ควรแจ้ง
คาน ค.ส.ล. สำเร็จรูป	ให้แจ้ง	ให้ระบุขนาด		ต้องมี	ควรแจ้ง

ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างรายการข้อมูลงานระบบต่าง ๆ

รายการ	ยี่ห้อ	รุ่น ชนิด รหัสสินค้า และ/	เอกสารแสดงสินค้า	รูปแบบแสดงวิธีการติดตั้ง /	คู่มือการใช้งาน /	หนังสือประกัน	ผู้ผลิต ผู้ขาย หรือตัวแทน
ระบบน้ำดี (น้ำประปา)							
ปั๊มน้ำ (cold water pump)	ให้แจ้ง	ระบุรุ่น	ควรมี	ต้องมี	ต้องมี	ควรมีในกรณีซื้อเอง	ควรแจ้ง
ปั๊มเพิ่มแรงดันน้ำ (booster bumps)	ให้แจ้ง	ระบุรุ่น	ควรมี	ต้องมี	ต้องมี	ควรมีในกรณีซื้อเอง	ควรแจ้ง
ปั๊มลม (ในกรณีใช้เครื่องเพิ่มความดันน้ำร่วมกับ pressure	ให้แจ้ง	ระบุรุ่น	ควรมี	ต้องมี	ต้องมี	ควรมีในกรณีซื้อเอง	ควรแจ้ง
เครื่องบำบัดน้ำกระด้าง (water softener)	ให้แจ้ง	ระบุรุ่น	ควรมี	ต้องมี	ต้องมี	ควรมีในกรณีซื้อเอง	ควรแจ้ง
ตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องต่างๆ	ให้แจ้ง (ถ้ามี)	ระบุรุ่นของอุปกรณ์ภายในตู้	ควรมี	ต้องมี	ต้องมี	ควรมีในกรณีซื้อเอง	ควรแจ้ง
มาตรวัดน้ำ	ให้แจ้ง	ระบุรุ่น	ควรมี				ควรแจ้ง
วาล์วชนิดต่างๆ	ให้แจ้ง	ระบุรุ่น	ควรมี				ควรแจ้ง

ตารางที่ 5.7 รายการข้อมูลและสารสนเทศของแบบจำลองก่อสร้างจริง

Group	Information	Archi.	Structure	Electrical	Sanitary & Piping	HVAC
Physical	ขนาด (dimension)	/	/	/	/	/
	ค่าระดับ (elevation)	/	/	/	/	/
	สถานที่ตั้ง ตำแหน่ง (location)	/	/	/	/	/
Manufacturing	ชื่อบริษัทผู้ผลิต	/	/	/	/	/
	ยี่ห้อ ชื่อผลิตภัณฑ์ ตราผลิตภัณฑ์	/	/	/	/	/
	รุ่น ชนิด รหัสสินค้า และ/หรือรหัสสี	/	/	/	/	/
	ชื่อผู้ขาย หรือตัวแทนจำหน่าย	/	/	/	/	/
	ข้อมูลสำหรับติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์)	/	/	/	/	/
	วัสดุ ประเภทของวัสดุ	/	/	/	/	/
	ใบอนุญาตทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	/	/	/	/	/
	เอกสารแสดงสินค้า catalog	/	/	/	/	/
	หนังสือประกันคุณภาพ	/	/	/	/	/
	มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (มอก.)	/	/	/	/	/
Technical	รูปแบบแสดงวิธีการติดตั้ง/วิธีทำ (shop drawings)	/	/	/	/	/
	กำลังอัด precast concrete (ksc)		/			
	รายละเอียดการใส่เหล็กในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก		/			
Facility Service	เลขรหัสขององค์อาคาร หรืออุปกรณ์ประกอบอาคาร	/	/	/	/	/
	คู่มือการใช้งาน/การบำรุงรักษา			/	/	/
	ข้อมูลจำเพาะ (specifications)	/	/	/	/	/
	อายุการใช้งาน วันหมดอายุการใช้งาน	/		/	/	/
	ราคาต่อหน่วย	/		/	/	/
	เลขรหัสของอุปกรณ์ประกอบอาคาร	/		/	/	/
	เลขประจำเครื่อง (serial number/type)			/	/	/
	ระยะเวลาประกัน	/	/	/	/	/

หลังจากที่ได้ผลลัพธ์ขององค์ประกอบแบบจำลอง as-built BIM ตามการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 5.1 ดังแสดงในตารางที่ 5.3 และผลลัพธ์ของสารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริงจากหัวข้อที่ 5.2 ดังแสดงในตารางที่ 5.7 นั้น นำมาวิเคราะห์ต่อเพื่อพัฒนาตารางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแบบจำลองและสารสนเทศของแบบจำลองสร้างจริง ในขั้นตอนนี้ได้ใช้วิธีการตรวจสอบโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ด้วยการตอบแบบสอบถามเพื่อกำหนดความสำคัญของข้อมูลที่ควรระบุลงในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM มีระดับความสำคัญดังนี้

(1) ต้องระบุ (●) หมายถึง ข้อมูลนั้นมีความสำคัญมากในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

(2) ควรระบุ (◑) หมายถึง ข้อมูลนั้นมีความสำคัญรองลงมา เมื่อผู้บริหารจัดการทรัพยากรอาคารทราบข้อมูลนี้ จะทำให้การดูแลรักษาอุปกรณ์ประกอบอาคารมีความรวดเร็วและมีคุณภาพยิ่งขึ้น

(3) ไม่จำเป็น (○) หมายถึง ข้อมูลนั้นไม่มีความเกี่ยวข้อง ถ้าบรรจุลงไปจะทำให้ขนาดของแบบจำลองใหญ่ขึ้นโดยเกินความจำเป็น

ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคเดลฟาย (delphi technique) ในการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ โดยวิเคราะห์ทั้งหมด 3 รอบ เพื่อหาข้อมูลที่เป็นเอกฉันท์ และกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 ท่าน ซึ่งเป็นผู้จัดการอาคาร สามารถสรุปผลลัพธ์ได้ดังในตารางที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของแบบจำลองและสารสนเทศที่ระบุลงในแบบจำลอง สัญลักษณ์และตัวย่อในตารางมีความหมายดังนี้ ในส่วนของแถวช่วงในการก่อสร้าง (phase) เป็นการระบุช่วงที่ได้มาซึ่งข้อมูลนั้น ๆ ตัวย่อต่าง ๆ มีความหมายดังนี้ D ย่อมาจาก design phase, C ย่อมาจาก construction phase, และ H ย่อมาจาก handover phaseในแถวช่องจัดเตรียมโดยใคร (prepared by) เป็นการระบุหน้าที่ของผู้จัดเตรียมสารสนเทศนั้น ๆ ตัวย่อในแถวมีความหมายดังนี้ C ย่อมาจาก contractor และ S ย่อมาจาก supplier

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.8 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM

Discipline	Element	Physical			Manufacturing										Technical			Facility Service							
		ขนาด (dimension)	ค่าระดับ (elevation)	สถานที่ตั้ง ตำแหน่ง (location)	ชื่อบริษัทผู้ผลิต	ยี่ห้อ ชื่อผลิตภัณฑ์ ตรามผลิตภัณฑ์	รุ่น ขนิด รหัสสินค้า และ/หรือรหัสสี	ชื่อผู้ขาย หรือตัวแทนจำหน่าย	ข้อมูลสำหรับติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์)	วัสดุ ประเภทของวัสดุ	ใบอนุญาตทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	เอกสารแสดงสินค้า catalog	หนังสือประกันคุณภาพ	มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (มอก.)	รูปแบบและวิธีการติดตั้ง/วิธีทำ (shop drawings)	กำลังอัด precast concrete (ksc)	รายละเอียดการใส่เหล็กในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	เลขรหัสขององค์อาคาร หรืออุปกรณ์ประกอบอาคาร	คู่มือการใช้งาน/การบำรุงรักษา	ข้อมูลจำเพาะ (specifications)	อายุการใช้งาน วันหมดอายุการใช้งาน	ราคาต่อหน่วย	เลขรหัสของอุปกรณ์ประกอบอาคาร	เลขประจำเครื่อง (serial number/type)	ระยะเวลาประกัน
Phase		D+C	D+C	D+C	D+C	D+C	D+C	C	C	D+C	C+S	C	C+S	C+H	D+C	D+C	D+C	C+H	C+S	C	C+H	C	C+H	C	C+H
Prepared By		C	C	C	C	C	C	C	C	C+S	C+S	C	C+S	C+S	C	C	C	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S
Architecture	Basic Wall	●	●	●	●		●		●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	◑	●					
	Curtain Wall	●	●	●	●	●	●		●	●	◑	◑	◑	◑	●			●		●		◑			
	Door	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●		◑			
	Window	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●		◑			
	Column	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●					
	Roof	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●					
	Ceiling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●		◑			
	Floor	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●		◑			
	Railing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●		◑			
	Ramp	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●	◑	○	●	●	●					
	Stair	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	●			●	●	●					
	Furniture	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	◑				●	●	◑	●	●		●
	Sanitary ware	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	◑	◑	◑	◑				●	●	◑	●	●		●
Structure	Beam	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Wall	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Column	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Floor	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Truss	●	●	●	●	●	●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	◑	●	◑	●					◑
	Brace	●	●	●	●	●	●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	◑	●	◑	●					◑
	Stair	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Foundation : Isolated	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Foundation : Wall	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Foundation : Slab	●	●	●	●		●		◑	●	◑	◑	◑	◑	●	●	○	●	◑	●					
	Reinforcement	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	●	◑	◑	◑	◑	○		○			●					
Electrical	Ring main unit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Transformer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Main distribution board	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Busway and plug-in unit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Distribution board	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Load panel, load center	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Generator	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Lighting fixture	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Switch and outlet	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Cable tray	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Conduit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) ตารางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและข้อมูลแบบจำลอง as-built BIM

Discipline	Element	Physical			Manufacturing										Technical			Facility Service							
		ขนาด (dimension)	ค่าระดับ (elevation)	สถานที่ตั้ง ตำแหน่ง (location)	ชื่อบริษัทผู้ผลิต	ยี่ห้อ ชื่อผลิตภัณฑ์ ตราผลิตภัณฑ์	รุ่น ชนิด รหัสสินค้า และ/หรือรหัสสี	ชื่อผู้ขาย หรือตัวแทนจำหน่าย	ข้อมูลสำหรับติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์)	วัสดุ ประเภทของวัสดุ	ใบอนุญาตทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	เอกสารแสดงสินค้า catalog	หนังสือประกันคุณภาพ	มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (มอก.)	รูปแบบแสดงวิธีการติดตั้ง/วิธีทำ (shop drawings)	กำลังอัด precast concrete (ksc)	รายละเอียดการใส่เหล็กในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก	เลขรหัสของงค์อาคาร หรืออุปกรณ์ประกอบอาคาร	คู่มือการใช้งาน/การบำรุงรักษา	ข้อมูลจำเพาะ (specifications)	อายุการใช้งาน วันหมดอายุการใช้งาน	ราคาต่อหน่วย	เลขรหัสของอุปกรณ์ประกอบอาคาร	เลขประจำเครื่อง (serial number/type)	ระยะเวลาประกัน
Phase		D+C	D+C	D+C	D+C	D+C	D+C	C	C	D+C	C	C	C+S	C	C+H	D+C	D+C	D+C	C+H	C+H	C+S	C+H	C+S	C+H	C+S	C+H
Prepared By		C	C	C	C	C	C	C	C	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C	C	C	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S	C+S
Sanitary and piping system	Cold water pump/transfer pump	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Booster pump	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Roof water tank	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Under ground water tank/storage tank	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Sewage pump	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Sludge return pump	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Aerator pump	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Plumbing fixtures	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Piping	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	◑	●	●	●
	Floor drains	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Sprinklers	●	●	●	●	●	●	◑	●	●	●	◑	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
HVAC	Water-cooled Chillers/ air-cooled chillers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Condenser pumps	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Cooling tower	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Fan coil unit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Condensing unit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Air-handing unit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Exhaust fan & ventilating fan	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Pressurized blower	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	Duct system	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	◑	●	●	●
	Air distribution unit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●

5.3 ระดับของการพัฒนาและความละเอียด

มาตรฐานระดับพัฒนาและระดับรายละเอียดขององค์ประกอบในแบบจำลอง ในแต่ละประเทศมีการแบ่งระดับที่แตกต่างกัน และมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันอยู่บ้าง เช่น level of detail, level of model, level of information, information level เป็นต้น โดยการแบ่งระดับของการพัฒนา และระดับความละเอียดของแบบจำลองจะสัมพันธ์กับช่วงเวลาของโครงการก่อสร้าง ซึ่งเนื้อหาหลักของมาตรฐานระดับการพัฒนาแบบจำลองในแต่ละประเทศมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มาตรฐาน LoD ของสมาคม Open Geospatial Consortium

Open Geospatial Consortium (OGC) (2012) ได้ตีแผ่มาตรฐาน OGC City Geography Markup Langusge (CityGML) Encoding Standard การกำหนดระดับรายละเอียด (Level of Detail ,LoD) โดยให้นิยามว่า วัตถุจะมีความละเอียดมากขึ้นตามระดับรายละเอียดที่มากขึ้นทั้งรูปทรงเชิงเลขาคณิต และความแม่นยำของวัตถุ การกำหนดรายละเอียดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมองภาพรวมของเมือง เฉพาะเจาะจงลงรายละเอียดเพียงแค่แบบจำลองทางด้านสถาปัตยกรรมเท่านั้น และไม่มีการลงรายละเอียดข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ระดับรายละเอียดที่กำหนดโดย CityGML ได้แบ่งระดับ LoD ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

LoD0 – regional, landscape

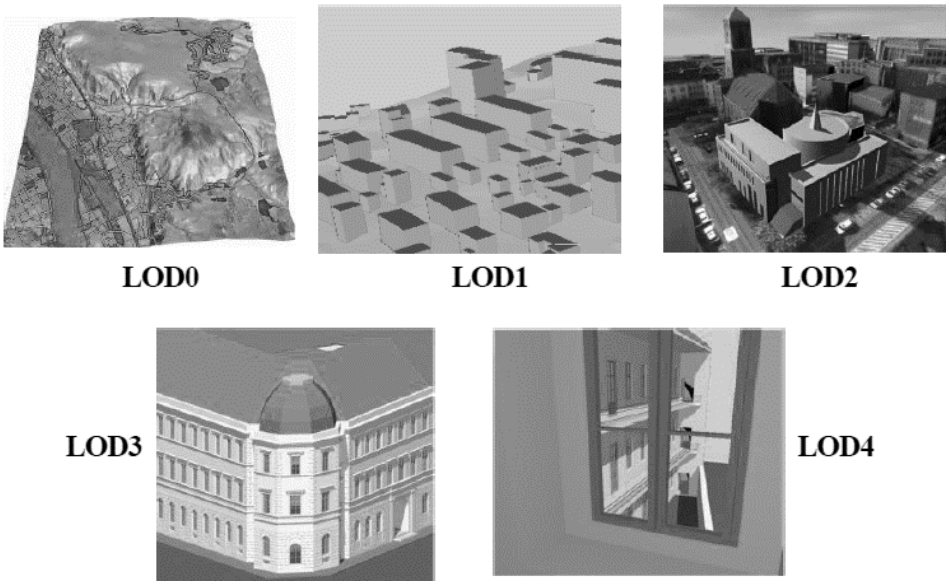
LoD1 – city, region

LoD2 – city districts, projects

LoD3 – architectural model (outside), landmarks

LoD4 – architectural model (interior)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5.1 ระดับรายละเอียดที่กำหนดโดย CityGML (Open geospatial consortium, 2012)

มาตรฐาน LoD ของประเทศอังกฤษ (The British Standards)

The British Standard Institution (Bsi) (2013) ใช้คำเรียกระดับการพัฒนาว่า level of model detail และเรียกระดับรายละเอียดของข้อมูลว่า level model information ซึ่ง ระดับ level of model detail และ level model information จะพัฒนาตามระยะของโครงการก่อสร้าง ซึ่งแบ่งระดับตามระยะของโครงการก่อสร้าง 7 ระยะ ดังนี้

1 briefing stage

2 concept stage

3 design stage

4 definition stage

5 build and commission stage

6 handover and close – out stage

7 operation and in-use stage

มีอธิบายรายละเอียดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงกายภาพ (graphical illustration) และ ข้อมูลที่ไม่ได้แสดงอยู่ในรูปกายภาพ (non – graphical illustration) เช่น สารสนเทศ parametric เป็นต้น แต่ไม่ได้ลงรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลองว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง

มาตรฐาน LoD ของประเทศเดนมาร์ก

3D Working Method (2006) ได้พัฒนาระดับสารสนเทศ (information level) โดยใช้หลักพัฒนาการของรายละเอียดตลอดวัฏจักรโครงการก่อสร้าง โดยแต่ละฝ่ายจะเพิ่มข้อมูลเข้าไปในแบบจำลองในระดับที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องผ่านการทำงานในแต่ละช่วงของโครงการด้วยระดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นของแบบจำลอง

ดังแสดงในภาพที่ 5.2 พัฒนาการของแบบจำลองตามระดับสารสนเทศจาก 0 ถึง 6 โดยแบ่งระดับ information level ออกเป็น 7 ระดับคือ

information level 0

information level 1

information level 2

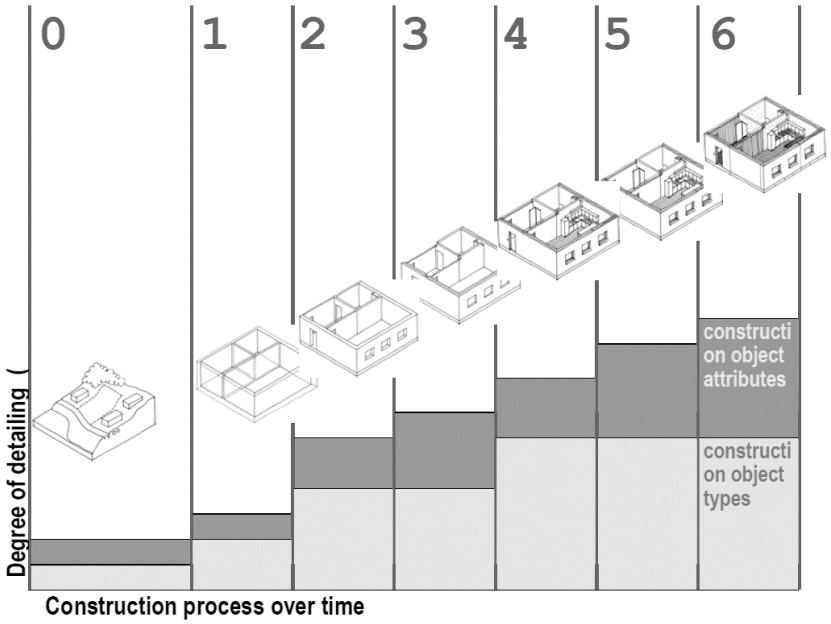
information level 3

information level 4

information level 5

information level 6

โดยมีการแสดงลักษณะทางกายภาพโดยรวมของแบบจำลอง และรายละเอียดคร่าว ๆ ของข้อมูลที่ไม่แสดงอยู่ในลักษณะทางกายภาพ



ภาพที่ 5.2 พัฒนาการของแบบจำลองตามระดับสารสนเทศจาก 0 ถึง 6 (Bips, 2006)

มาตรฐาน LoD ของประเทศสิงคโปร์

Building and Construction Authority (2013) มาตรฐานนี้เป็นคู่มืออ้างอิงที่แสดงบทบาทและความรับผิดชอบของทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างเมื่อมีการประยุกต์ใช้แนวคิด BIM การกำหนดรายละเอียดในองค์ประกอบของแบบจำลอง จะสัมพันธ์กับการพัฒนาการของช่วงในโครงการก่อสร้าง โดยแบ่งช่วงในโครงการก่อสร้างออกเป็น conceptual design, schematic/preliminary design, detailed design, construction, as-built, และ facility management โดยจะมีแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองในแต่ละช่วงเวลาของโครงการก่อสร้าง

Vico Model Progression Specification

Vico Software พัฒนาแนวคิดนี้ในปี 2004 โดยได้ระบุ แบ่งระดับการพัฒนาของแบบจำลองและข้อมูลจำเพาะ Model Progression Specification (MPS) โดยเรียกว่า level of detail และให้คำนิยามว่า เป็นการอธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบแบบจำลองที่มีพัฒนาการเปลี่ยนไปตามช่วงของโครงการก่อสร้างจากช่วงการกำเนิดแนวคิดโครงการก่อสร้างที่มีสารสนเทศน้อย พัฒนาอย่างต่อเนื่องไปจนถึงระดับที่มีข้อมูลสารสนเทศมากสุดที่นำเสนอข้อมูลที่แม่นยำ โดยแบ่งระดับออกเป็น 5 ระดับตามช่วงของโครงการก่อสร้างดังนี้ conceptual (100), approximate geometry (200), precise geometry (300), fabrication (400), และ as-built (500). ในแต่ละระดับระบุสารสนเทศขององค์ประกอบแบบจำลองนั้น ๆ ที่พัฒนาตามช่วงการก่อสร้าง

มาตรฐาน LoD ของสหรัฐอเมริกา

ในสหรัฐอเมริกามี 2 องค์กรหลักที่ได้จัดทำมาตรฐานและคู่มือ LOD ขึ้นประกอบด้วย BIMForum (2013) และ American Institute of Architects, AIA (2008) โดย AIA ได้ทำการพัฒนาแนวคิดนี้มาจาก Vico Software’s MPS ที่ใช้ชื่อเรียกว่า Level of Detail (LoD) ที่มีการแบ่งระดับ LoD จาก LoD 100 – LoD 500 และ AIA ได้เรียกแนวคิดนี้ใหม่ว่า Level of Development (LOD) เป็นแนวคิดรายละเอียดของแบบจำลอง และเป็นที่นิยมใช้เป็นแหล่งอ้างอิงอย่างมากในอุตสาหกรรมก่อสร้างในต่างประเทศ โดยแบ่งระดับ LOD ออกเป็น 6 ระดับชั้นคือ

LOD 100 Conceptualization

LOD 200 Criteria Design

LOD 300 Detail Design

LOD 400 Implementation Documents

LOD 500 Construction

โดย LOD 350 ได้ถูกระบุในภายหลังจาก BIMForum เพื่อใช้ในการประสานงานกับผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง การติดตั้งชิ้นส่วนงานภาคสนาม และการวางผังบริเวณในรูปแบบดิจิตอล

การกำหนดระดับรายละเอียดของแบบจำลองเป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญเช่นกัน เนื่องจากในช่วงโครงการต้องการรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลองแตกต่างกัน มาตรฐาน LoD ในต่างประเทศมีการแบ่งระดับ และชื่อเรียกที่แตกต่างกัน จากการทบทวนมาตรฐานและคู่มือเกี่ยวกับระดับรายละเอียดของแบบจำลองพบประเด็นสำคัญดังนี้

<u>ประเด็นที่ 1</u> ระดับรายละเอียดจะพัฒนาตามช่วงของโครงการก่อสร้าง และจะมีข้อมูลและรายละเอียดเพิ่มขึ้นตามช่วงของการก่อสร้าง ยกตัวอย่างเช่น conceptual design phase จะมีรายละเอียดของแบบจำลองแบบ mass model เพื่อให้เห็นลักษณะของอาคาร มีจำนวนกี่ชั้น ตั้งอยู่ที่ใด และยังไม่ได้ลงรายละเอียดการแบ่งห้องภายในอาคาร เมื่อถึงช่วง detail design phase จะมีการเพิ่มรายละเอียดของแบบจำลองและข้อมูลลงในแบบจำลองเพิ่มขึ้น ในช่วงนี้จะมีการใส่รายละเอียดการแบ่งห้อง วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง และมีข้อมูลพร้อมสำหรับการประกวดราคา เป็นต้น

<u>ประเด็นที่ 2</u> ในการปฏิบัติงานจริงการระบุความละเอียดขององค์ประกอบของแบบจำลองไม่จำเป็นจะต้องระบุเป็นระดับ LoD สามารถใช้การอธิบายรายละเอียดในการพัฒนาแบบจำลองแทนได้ ยกตัวอย่างเช่น Singapore BIM Guide (Building and Construction Authority, 2013) ได้ใช้ตารางอธิบายการพัฒนาของแบบจำลองในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง

ในงานวิจัยนี้อ้างอิงมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการเผยแพร่มาตรฐานออกมาใช้งานอย่างแพร่หลาย 2 แห่ง คือ AIA Document G202™ – 2013, Project Building Information Modeling Protocol Form (2013) และ BIMForum (2015) เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดระดับ LoD โดยมุ่งเน้น 2 วัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาแบบจำลอง ประกอบด้วย *หนึ่ง*เพื่อการสื่อสารของขอบเขตการพัฒนาที่จะต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างระดับรายละเอียดขององค์ประกอบ

แบบจำลอง และพัฒนาการขององค์ประกอบของแบบจำลอง *สอง*เพื่อการสื่อสารกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และขอบเขตการใช้งานในแต่ละระดับของ LoD และมุ่งเน้นอธิบายรายละเอียดระดับ LoD 300 Detail Design, LoD 400 Implementation Documents, และ LoD 500 Construction โดยระดับรายละเอียดของแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วนคือข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบ และการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์โดยมีรายละเอียดในแต่ละระดับดังนี้

LoD 300

ข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบแบบจำลอง

องค์ประกอบของแบบจำลองแสดงอยู่ในรูป 3 มิติและถูกพัฒนาให้มีรายละเอียดมากขึ้น โดยระบุระบบจำเพาะ วัตถุ หรือชิ้นส่วนประกอบ ที่บ่งบอกปริมาณ รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง สารสนเทศควรแนบสารสนเทศที่จำเป็นลงในองค์ประกอบของแบบจำลอง

หมวดวิศวกรรมโครงสร้าง เสา คาน จะแสดงเหมือนจริงในเชิงวิศวกรรมทั้ง ขนาด รูปร่าง และตำแหน่ง แต่ LoD 300 ไม่ได้ลงรายละเอียดการเชื่อมต่อ

หมวดสถาปัตยกรรม ผนังและหลังคาควรระบุความหนาที่แท้จริง แต่ชิ้นส่วนที่ใช้เพื่อการประกอบอาจจะไม่จำเป็นต้องนำเสนอ แต่ควรจะระบุเป็นสารสนเทศในรูปแบบอื่นลงในองค์ประกอบของแบบจำลอง

HVAC งานท่อควรจะแสดงเหมือนจริงทั้ง ขนาด และตำแหน่งที่ตั้ง รวมทั้งพื้นที่สำหรับฉนวนกันความร้อนและที่ตั้งอุปกรณ์ เช่น turning vanes, dampers และ access hatches ชิ้นส่วนประกอบและรายละเอียดการติดตั้งต่าง ๆ เช่น flanges and hangers ไม่ควรแสดงในรูปแบบจำลอง ส่วนสารสนเทศควรแนบระบุลงในองค์ประกอบของแบบจำลอง

หมวดวิศวกรรมไฟฟ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ สวิทช์เกียร์และแผงควบคุมควรจะแสดงเหมือนจริงทั้งขนาด และตำแหน่งเครื่องตกแต่งและอุปกรณ์ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามการติดตั้งจริง

ลักษณะการใช้ประโยชน์จากแบบจำลอง

การวิเคราะห์ สามารถใช้องค์ประกอบแบบจำลองในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบต่าง ๆ ได้ของทุกหมวดงาน

การประมาณราคา สามารถนำองค์ประกอบของแบบจำลองมาประมาณราคาได้อย่างละเอียดและถูกต้อง

การวางแผนการก่อสร้าง สามารถใช้องค์ประกอบแบบจำลองสำหรับการกำหนดลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างได้อย่างละเอียด

การประสานรวมกัน สามารถนำองค์ประกอบของแบบจำลองมารวมกันเพื่อตรวจสอบการชนกันของวัตถุที่เฉพาะเจาะจงกับองค์ประกอบแบบจำลองของหมวดงานอื่น ๆ ในแง่ของขนาด สถานที่ตั้ง และการตรวจสอบปัญหาระบบการทำงานโดยทั่วไป

LoD 400

ข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบแบบจำลอง

องค์ประกอบของแบบจำลองแสดงอยู่ในรูปแบบ 3 มิติที่ประกอบไปด้วย ระบบเฉพาะ วัตถุ หรือชิ้นส่วนประกอบ ที่มีความแม่นยำในด้าน ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง ปริมาณ ปริมาตร และทิศทาง ที่มีรายละเอียดการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูป วัสดุ หรือชิ้นส่วนประกอบ และข้อมูลสำหรับการติดตั้ง ส่วนสารสนเทศควรแนบข้อมูลที่ช่วยในการก่อสร้างลงในองค์ประกอบของแบบจำลอง

หมวดวิศวกรรมโครงสร้าง ลงรายละเอียดงานเหล็กเสริมจะระบุรายละเอียดการใส่เหล็กเสริม เหล็กปลอก เหล็กกันร้าว เหล็กรองรับการก่ออิฐ ฯลฯ

หมวดสถาปัตยกรรม

ผนัง: บอกขนาด ตำแหน่ง รูปร่าง ที่แม่นยำ พร้อมระบุประเภทของวัสดุ

ประตูและหน้าต่าง: บอกขนาด ตำแหน่ง รูปร่างที่แม่นยำ พร้อมระบุผู้ผลิต รายละเอียดการติดตั้งและการประกอบ

HVAC องค์ประกอบของแบบจำลอง ได้แก่ ท่อระบายอากาศ, อุปกรณ์ยึดต่างแสดงอยู่ในรูปแบบ 3 มิติ

หมวดวิศวกรรมไฟฟ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ สวิทช์เกียร์และแผงควบคุมควรจะแสดงเหมือนจริงทั้งขนาด และตำแหน่งเครื่องตกแต่งและอุปกรณ์ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามการติดตั้งจริง

ลักษณะการใช้ประโยชน์จากแบบจำลอง

การวิเคราะห์ สามารถใช้องค์ประกอบแบบจำลองในการวิเคราะห์การทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ของทุกหมวดงาน

การประมาณราคา สามารถนำองค์ประกอบของแบบจำลองมาประมาณราคาได้อย่างละเอียด และถูกต้องเนื่องจากค่าใช้จ่ายนี้อ้างอิงจากราคาจริงขององค์ประกอบที่ได้มาจากการสั่งซื้อ

การวางแผนการก่อสร้าง สามารถใช้องค์ประกอบแบบจำลองสำหรับการกำหนดลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างได้เสมือนจริงของขั้นตอนการก่อสร้างทั้งหมด รวมไปถึงวิธีการก่อสร้างทางวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประสานรวมกัน สามารถนำองค์ประกอบของแบบจำลองมารวมกันเพื่อตรวจสอบการชนกันของวัตถุที่เฉพาะเจาะจงกับองค์ประกอบแบบจำลองของหมวดงานอื่น ๆ ในแง่ของขนาด สถานที่ตั้ง และการตรวจสอบปัญหาระบบการทำงานโดยทั่วไป การประกอบชิ้นส่วน และการติดตั้งอุปกรณ์

LoD 500

ข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบแบบจำลอง

องค์ประกอบของแบบจำลองในระดับ LoD 500 ควรจะแสดงรายละเอียดเหมือนการก่อสร้างจริงในงานภาคสนาม และมีความแม่นยำทั้งในด้าน ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งที่ตั้ง ปริมาณ และทิศทาง

ส่วนสารสนเทศที่จำเป็นต่อการใช้งานอาคารและบำรุงรักษาอาคารและส่วนประกอบอาคารควรระบุลงในแบบจำลอง

ลักษณะการใช้ประโยชน์จากแบบจำลอง

สามารถใช้แบบจำลองสำหรับการใช้งานอาคารและการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารต่างๆ ของอาคาร

AIA (2008) ได้แนะนำตัวอย่างการการใช้งานขององค์ประกอบของแบบจำลอง และระดับ LoD ของแต่ละองค์ประกอบในช่วงของโครงการก่อสร้าง นอกจากการกำหนดระดับความละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลองแล้ว ยังมีการระบุผู้รับผิดชอบในการพัฒนาองค์ประกอบของแบบจำลองชิ้นนั้น ๆ อีกด้วย ในหลักที่มีชื่อว่า Model Element Author, MEA ดังแสดงในรูปที่ 5.2

§ 3.3 Model Element Table *Identify (1) the LOD required for each Model Element at each Project milestone, (2) the Model Element Author (MEA), and (3) references to any applicable notes found in Section 3.4.* *Insert abbreviations for each MEA identified in the table below, such as "A—Architect," or "C—Contractor."*				**Schematic Design**			**Design Development**			**Construction Documents**												**Notes** (See Sec 3.4)
Model Elements utilizing Uniformat²ⁿᵈ				LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	LOD	MEA	Notes	
B SHELL	B10 Superstructure	B1010	Floor Construction	100	A		200	S		300	S											
		B1020	Roof Construction	100	A																	
			Framing Elements				200	S		300	S											
			Roof Openings				200	A/M		300	S											

ภาพที่ 5.3 ตารางการระบุระดับรายละเอียดขององค์ประกอบของแบบจำลอง (AIA, 2013)

Chulalongkorn University

5.4 สรุปท้ายบท

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของแบบจำลอง as-built BIM พบว่า ส่วนประกอบของแบบจำลอง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้ องค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (model elements) สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลอง (information and attribute) ระดับพัฒนาและความละเอียดของแบบจำลอง (level of development and detail)

องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคารแต่ละมาตรฐานจะแบ่งองค์ประกอบออกเป็นหมวด ๆ สามารถสรุปได้ 8 หมวด ดังนี้ (1) substructure องค์ประกอบของโครงสร้างใต้ดิน (2) superstructure องค์ประกอบของโครงสร้างเหนือพื้นดินอ้างอิง (3) Interiors องค์ประกอบที่ใช้ตกแต่งภายในสิ่งก่อสร้าง (4) services องค์ประกอบของการให้บริการต่าง ๆ ในส่วนของงานระบบ

ทั้งหมด ประกอบด้วย ระบบโดยสาร ขนส่ง (conveying), ระบบท่อน้ำ (plumbing), ระบบปรับอากาศ (HVAC), ระบบรักษาความปลอดภัย (fire protection), ระบบไฟฟ้า (electrical), ระบบสื่อสาร (communications), ระบบรักษาความปลอดภัย (electronic safety and security), และระบบอัตโนมัติอื่น ๆ (integrated automation) (5) equipment and furnishings องค์ประกอบของวัสดุและเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่นำมาประดับตกแต่งอาคาร (6) special construction and demolition องค์ประกอบที่มีลักษณะจำเพาะเจาะจงหรือลักษณะพิเศษที่ผลิตขึ้นเพื่อติดตั้งในอาคารนั้น ๆ และการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง (8) site work องค์ประกอบที่อำนวยความสะดวกแก่สถานที่ก่อสร้างสำหรับการวางแผนงานก่อสร้างและการวางผนังสถานที่ก่อสร้าง (site layout) จากนั้นได้ใช้เกณฑ์ในการแบ่งองค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคารตามลักษณะขององค์ประกอบสิ่งก่อสร้าง และอ้างอิงรายการต่าง ๆ มาจากมาตรฐาน OmniClass™ table 21 และแบ่งออกตามสาขาวิชาชีพ ซึ่งประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้า งานระบบเครื่องกลปรับอากาศและระบายอากาศ และงานระบบสุขาภิบาล แล้วนำไปตรวจสอบกับผู้พัฒนาแบบจำลองในด้านต่าง ๆ และผู้บริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปข้อมูลและสารสนเทศของแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริงโดยจะแบ่งตามลักษณะงานที่แตกต่างกันประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้า งานระบบท่อและสุขาภิบาล และงานระบบปรับอากาศ และได้จัดหมวดหมู่ของข้อมูลออกเป็น 4 หมวดดังนี้ ข้อมูลทางกายภาพ (physical) ข้อมูลด้านการผลิต (manufacturing) ข้อมูลทางเทคนิค (technical) และข้อมูลสำหรับการบริการ (facility service) นำผลลัพธ์มาพัฒนาตารางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแบบจำลองและสารสนเทศของแบบจำลองสร้างจริง โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ด้วยการตอบแบบสอบถามเพื่อกำหนดความสำคัญของข้อมูลที่ควรระบุลงในแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลอง as-built BIM มีระดับความสำคัญดังนี้ (1) ต้องระบุ (2) ควร (3) ไม่จำเป็น ใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ในการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ โดยวิเคราะห์ทั้งหมด 3 รอบ เพื่อหาข้อมูลที่เป็นเอกฉันท์ และกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 ท่าน ซึ่งเป็นผู้จัดการอาคาร สามารถสรุปผลลัพธ์ได้ดังในตารางที่ 5.8

จากการทบทวนมาตรฐานและคู่มือเกี่ยวกับระดับรายละเอียดของแบบจำลองพบประเด็นสำคัญดังนี้ ประเด็นที่ 1 ระดับของรายละเอียดจะพัฒนาตามช่วงของโครงการก่อสร้าง และจะมีข้อมูล

และรายละเอียดเพิ่มขึ้นตามช่วงของการก่อสร้าง ประเด็นที่ 2 ในการปฏิบัติงานจริงการระบุความละเอียดขององค์ประกอบของแบบจำลองไม่จำเป็นจะต้องระบุเป็นระดับ LOD สามารถใช้การอธิบายรายละเอียดในการพัฒนาแบบจำลองแทนได้ ในงานวิจัยนี้อ้างอิงมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการเผยแพร่มาตรฐานออกมาใช้งานอย่างแพร่หลาย 2 แห่ง คือ AIA Document G202™ – 2013, Project Building Information Modeling Protocol Form (2013) และ BIMForum (2015) เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดระดับ LoD โดยมุ่งเน้น 2 วัตถุประสงค์หลัก ในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย หนึ่งเพื่อการสื่อสารของขอบเขตการพัฒนาที่จะต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างระดับรายละเอียดขององค์ประกอบแบบจำลอง และพัฒนาการขององค์ประกอบของแบบจำลอง สองเพื่อการสื่อสารกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และขอบเขตการใช้งานในแต่ละระดับของ LoD และมุ่งเน้นอธิบายรายละเอียดระดับ LoD 300 Detail Design, LoD 400 Implementation Documents, และ LoD 500 Construction โดยระดับรายละเอียดของแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบ และการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ขั้นตอนในการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

บทนี้นำเสนอการพัฒนาขั้นตอนในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง (as-built BIM) ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในโครงการก่อสร้างจากการทบทวนมาตรฐาน การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อสร้างกรอบเบื้องต้นในการนำแนวคิด BIM เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM และการตรวจสอบความถูกต้องของกรอบที่พัฒนาขึ้น

6.1 กระบวนการพัฒนาแบบจำลองในโครงการก่อสร้าง

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์เอกสารที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองตามแนวคิด BIM เพื่อเป็นพื้นฐานในการนำแนวคิด BIM มาพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากการทบทวนและศึกษาเอกสารของต่างประเทศที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่าเอกสารสำคัญซึ่งนำมาพิจารณา คือ Singapore BIM Guide Version 2 โดย Building and Construction Authority (2013) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาที่จำเป็นต่อการสร้างกรอบในการนำแนวคิด BIM มาใช้พัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เท่านั้น

คู่มือ Singapore BIM Guide โดย Building and Construction Authority (2013) แนะนำการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง โดยแบบจำลองจะถูกพัฒนาตามลำดับช่วงเวลาของโครงการ และเมื่อพัฒนาเสร็จแบบจำลองจะกลายเป็นผลลัพธ์ของแต่ละช่วงโครงการ เอกสารนี้ได้กล่าวถึงผลลัพธ์ที่ถูกผลิตขึ้นโดยแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้างและในแต่ละช่วงของโครงการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยรายละเอียดในแต่ละหัวข้อมีดังนี้

(1) ระบุผลลัพธ์ของ BIM ของโครงการก่อสร้าง เป็นผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง ตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการ เช่น schedule (material, time, etc.) and phasing program, construction and fabrication models, shop drawings, As-built BIM โดยจะประกอบด้วย องค์ประกอบของแบบจำลอง (BIM elements) และ คุณลักษณะขององค์ประกอบของแบบจำลอง (attributes of BIM

elements) มีสองลักษณะ คือ ลักษณะทางกายภาพ (geometric attributes)และลักษณะที่ไม่ใช่กายภาพ (non-geometric attribute)

(2) การระบุวัตถุประสงค์และการใช้ประโยชน์ BIM และหน้าที่ความรับผิดชอบของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการ (BIM objective & responsibility matrix) การระบุวัตถุประสงค์จะกำหนดบนพื้นฐานการใช้ประโยชน์ BIM ในแต่ละช่วงโครงการ และของผลลัพธ์ในแต่ละช่วงของโครงการเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ภาพที่ 6.1 แสดงตารางวัตถุประสงค์และหน้าที่ความรับผิดชอบ หมายเลข 1 บอกถึงผลลัพธ์ที่จะได้รับของช่วงโครงการ หมายเลข 2 วัตถุประสงค์ของโครงการ หมายเลข 3 ฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์นั้น ๆ หมายเลข 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการกำหนดตาราง คือการระบุว่าผู้มีส่วนเกี่ยวข้องนั้นเป็นผู้พัฒนาแบบจำลอง หรือเป็นผู้ใช้งานแบบจำลองของผลลัพธ์นั้น ๆ

2 BIM Project Objective	3 Project members involved in fulfilling the objective A – model author; U – model users					4
	Arch	Struc	MEP	PM	Cont-ractor	
Name of building stage: _____ *General description of BIM in this building stage:* _____ *Example:* ***Detailed Design*** *More detailed version of a generalized building component or system with accurate dimensions, shape, location, orientation and quantity. Non-geometric properties should be provided.*						
BIM Project Objective: _____ BIM deliverable(s) to be achieved through this objective: _____ *Example:* 13. Maintain and update the Structural Model, based on the latest Architectural Model • Design, analysis and detailing • In preparation for regulatory submission • In preparation for tender	U	A	5 U	U	FOR REFER-ENCE ONLY	
1 Suggested Deliverable • Structural Model and Calculation						

ภาพที่ 6.1 ตารางวัตถุประสงค์และหน้าที่ความรับผิดชอบ

(Building and Construction Authority, 2013)

จากการศึกษาขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองในเอกสารฉบับนี้ ผู้วิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนากรอบการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ขั้นตอนการระบุวัตถุประสงค์ของการนำ BIM มาใช้ถือเป็นส่วนสำคัญในการเริ่มการพัฒนาแบบจำลอง โดยกำหนดวัตถุประสงค์ในทุกช่วงของโครงการก่อสร้าง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ทีละเป้าหมายตามลำดับช่วงของโครงการ

- วัตถุประสงค์และเป้าหมายในการใช้ BIM มีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้ประโยชน์ BIM หรือ BIM Use ซึ่งบางวัตถุประสงค์ต้องเลือกใช้ BIM Use มากกว่าหนึ่งอย่างถึงจะบรรลุเป้าหมาย หรือบางวัตถุประสงค์เลือกใช้ BIM Use เพียงอันเดียวก็สามารถสำเร็จผลได้

- การเลือกใช้ BIM Use มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่จะได้รับในแต่ละช่วงโครงการ และมีผลต่อขั้นตอนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หลังจากที่ทราบวัตถุประสงค์และเป้าหมายแล้ว จะต้องมีการเลือกหรือระบุ BIM Use มาใช้ในช่วงใดบ้างและในขั้นตอนใดบ้าง

- ผลลัพธ์ของโครงการก่อสร้างที่ประกอบด้วย Model elements และ attribute of elements จะมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ BIM Use ที่นำมาใช้ และผลลัพธ์ที่ต้องการจะได้ในแต่ละช่วงโครงการและขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการ ความซับซ้อนของโครงการ และประเภทของสิ่งก่อสร้าง ยกตัวอย่างเช่น อาคารประเภทห้างสรรพสินค้า จะลงรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่ใช้สอยและการตกแต่งภายในเพื่อต้องการจัดสรรพื้นที่สำหรับผู้เช่า และราคาการตกแต่งและการบำรุงรักษา เป็นต้น

- ระดับของการพัฒนาแบบจำลอง จะพัฒนาตามลำดับของช่วงโครงการในแต่ละหมวดงานก่อสร้าง โดยมีการปรับให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ และอย่างต่อเนื่องจากเริ่มต้นโครงการถึงสิ้นสุดโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- รูปแบบการแลกเปลี่ยนสารสนเทศจะมีการกล่าวถึงองค์ประกอบของแบบจำลอง ซึ่งแต่ละโครงการจะมีการระบุรายละเอียดที่แตกต่างกัน ซึ่งเนื้อหาหลักที่ควรระบุเพื่อช่วยสนับสนุนกระบวนการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มีดังนี้

    - ข้อมูลต่าง ๆ ของโครงการก่อสร้างเช่น ประเภทสิ่งก่อสร้าง (อาคารเรียน โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า) สถานที่ตั้ง

    - เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของผู้ว่าจ้างในการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลอง as-built BIM

    - เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของผู้รับจ้างในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง

    - รายการ BIM Use ที่เลือกนำมาใช้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในแต่ละช่วงของโครงการก่อสร้าง

    - หน้าที่และความรับผิดชอบของฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

    - ระเบียบการในการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ และรูปแบบในการส่งผ่านสารสนเทศ

    - ระดับข้อมูล สารสนเทศ และความละเอียดของสารสนเทศที่ต้องการในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

    - วิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลอง

    - โครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง เช่น ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ บุคลากร ทรัพยากรอื่น ๆ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

จากการวิเคราะห์การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่มีการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM พบว่ามีปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง ดังแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.5, 4.6, และ 6.1 ได้แก่

- จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง
- วัตถุประสงค์ในการใช้งาน BIM
- รูปแบบการจัดจ้าง
- ความพร้อมของทรัพยากรในด้านต่าง ๆ
- ความต้องการใช้งานแบบจำลองของเจ้าของโครงการ
- ประเภทและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง
- วัตถุประสงค์ของผู้ว่าจ้างในการใช้งานแบบจำลอง as-built BIM
- ความสมัครใจในการส่งผ่านข้อมูลสารสนเทศและแบบจำลอง

นอกจากผลการวิเคราะห์ดังที่กล่าวมาข้างต้น ยังทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ โดยรวบรวมจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ในหัวข้อนี้จะวิเคราะห์ในรายละเอียดถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ดังแสดงในตารางที่ 6.1 ตารางสรุปปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM และมีรายละเอียดดังนี้

(1) องค์กร (organization)

ลักษณะโครงสร้างขององค์กรเป็นหนึ่งปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจว่าขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองในโครงการนั้น ๆ ควรเป็นอย่างไรถึงจะเหมาะสม เนื่องจากการปรับกระบวนการทำงานให้เหมาะสมกับโครงสร้างขององค์กรเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าการปรับโครงสร้างองค์กรให้เหมาะสมกับกระบวนการทำงาน เมื่อองค์กรได้พิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ในองค์กรแล้วจึงมีการ

ตัดสินใจที่จะเลือกวิธีการพัฒนาแบบจำลองในระหว่างการก่อสร้างอย่างไร จะมีการจัดตั้งแผนกหรือตำแหน่งเพิ่มเติมภายในองค์กร (in-house) ในการปฏิบัติตามแนวคิด BIM หรือใช้การจ้างบริษัทภายนอกมาดำเนินการพัฒนาแบบจำลองแทน (outsource)

(2) วัตถุประสงค์ และเป้าหมายของเจ้าของโครงการในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการ

เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยในการตัดสินใจว่าควรเลือกพัฒนาแบบจำลองในระดับใด โดยวัตถุประสงค์หลักส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการพัฒนาระบบการดูแลอาคาร (improve facility data after building turnover) หรือการเตรียมสารสนเทศอาคารเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร (provide facility management)

(3) การประยุกต์ใช้

การประยุกต์ใช้ (application) หรือการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่สืบเนื่องมาจากการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการประยุกต์ใช้ หลังจากที่กำหนดวัตถุประสงค์แล้ว จากนั้นจะทำการเลือก BIM Use ที่จะช่วยให้วัตถุประสงค์นั้นประสบผลสำเร็จ เช่นวัตถุประสงค์เพื่อบันทึกข้อมูลในการก่อสร้าง ควรเลือกใช้ record model, documentation model เป็นต้น ซึ่งปัจจัยนี้จะส่งผลกับการพัฒนาแบบจำลอง และผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) เครื่องมือ

ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ระบบการสื่อสารและการเก็บสารสนเทศในโครงการ สำหรับการพัฒนาแบบจำลองในโครงการก่อสร้าง การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือที่จะนำมาพัฒนาแบบจำลองว่าเหมาะสมหรือไม่ เครื่องมือนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานหรือไม่ เพื่อจะได้ดำเนินการเปลี่ยนแปลง หรือใช้งานแบบผสมผสานโดยไม่ต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด ค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนและสังเกตการณ์ว่าเครื่องมือที่เปลี่ยนไปนั้นสามารถทำงานร่วมกับเครื่องมือเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยทั่วไปแล้วจะทำการเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ก่อน เนื่องจากการนำแนวคิด BIM มาใช้นั้นจะเป็นการทำงานในระบบการพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติแนบด้วยสารสนเทศ จึงเลือกซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการพัฒนาแบบจำลองพร้อมทั้งแนบสารสนเทศได้

(5) ฝ่ายในโครงการก่อสร้าง

ปัจจัยนี้พิจารณาในส่วนของความพร้อมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ ความเข้าใจในการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง ทักษะในการใช้เครื่องมือ BIM ในการพัฒนาแบบจำลอง ตลอดจนความสมัครใจยอมรับในการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงาน หากทีมงานในโครงการก่อสร้างไม่มีทักษะ และความเข้าใจในการทำงานที่นำแนวคิด BIM มาใช้จะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการทำงาน ปัญหาด้านหน้าที่และความรับผิดชอบในแต่ละขั้นตอน ส่งผลถึงผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงของโครงการ และอาจจะส่งผลต่อคุณภาพของผลลัพธ์อีกด้วย

(6) ลักษณะและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง

ประเภทของสิ่งก่อสร้าง และความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้างจะส่งผลต่อลักษณะของผลลัพธ์ถ้าเป็นโครงการที่มีความซับซ้อนมากจำเป็นที่จะต้องลงรายละเอียดในแบบจำลองให้ละเอียดมากยิ่งขึ้นเพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดในการก่อสร้าง เช่น โรงพยาบาลหรือห้างสรรพสินค้าที่ต้องการบริหารอาคารตลอดจนการบำรุงรักษาระบบประกอบอาคารให้พร้อมสำหรับการใช้งานอยู่เสมอ ต้องการข้อมูลและสารสนเทศในแบบจำลองที่พร้อมนำมาใช้งานการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

(7) การฝึกฝนและการศึกษา

ปัจจัยด้านนี้ส่งผลต่อความพร้อมของบุคลากรในฝ่ายต่าง ๆ ที่นำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM หากองค์กร หรือโครงการนั้น ๆ ต้องการนำแนวคิด BIM ปฏิบัติใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลนั้น บุคลากรควรได้รับการศึกษาและฝึกอบรมตามหลักสูตรที่มีการรองรับโดยหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ หรือองค์กรจะพัฒนาหลักสูตรเพื่อทำการฝึกอบรมภาพในองค์กรโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการรองรับแล้ว และหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นนั้นจะต้องมีความหลากหลาย เหมาะกับตำแหน่งงานของบุคลากรในองค์กรอีกด้วย

(8) ลักษณะการจัดจ้าง

รูปแบบสัญญาหรือลักษณะการจัดจ้าง เป็นปัจจัยที่สงผลกระบทต่อกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ไม่ว่าจะเป็นด้านขั้นตอนการทำงาน ด้านการสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ และหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง ตลอดจนส่งผลถึงผลลัพธ์ในแต่ละช่วงและลำบากต่อการควบคุมคุณภาพของแบบจำลองอีกด้วย ซึ่งในหัวข้อที่

4.5 และ 4.6 ได้อธิบายถึงการทำงานที่แตกต่างกันระหว่าง 2 ประเภทการจัดจ้างคือ การจัดจ้างแบบ design-build และ design-bid-build ไว้

(9) บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน BIM

บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน BIM (BIM specialist) ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยแยกย่อยมาจากปัจจัยโครงสร้างองค์กร เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ไม่ว่าจะเป็นด้านขั้นตอนการทำงาน ด้านหน้าที่ความรับผิดชอบของฝ่ายต่าง ๆ ด้านการติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนสารสนเทศอาคาร เมื่อมีการพิจารณาปัจจัยนี้ อาจจะส่งผลต่อลักษณะของโครงสร้างองค์กร ที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลง เช่น จะต้องมีการจัดตั้งฝ่าย (in-house BIM) หรือตำแหน่งต่าง ๆ (BIM position) เช่น BIM manager, BIM modeler, BIM designer, BIM coordinator เป็นต้น เพื่อสนับสนุนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในโครงการก่อสร้าง ถ้าหากพิจารณาแล้วว่า บุคลากรที่มีความชำนาญด้าน BIM ยังมีไม่เพียงพอ หรือไม่พร้อมต่อการปฏิบัติงานสามารถใช้การจ้างผู้เชี่ยวชาญ หรือบริษัทภายนอกมาดำเนินการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ได้เช่นกัน

การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และการทบทวนเอกสารทางวิชาการ พบว่า ปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM มีทั้งสิ้น 11 ปัจจัย ดังนี้

(1) องค์กร (Organization)
(2) วัตถุประสงค์ และเป้าหมายของเจ้าของโครงการในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการ (owner objective)
(3) การประยุกต์ใช้ (application)
(4) เครื่องมือ (Tools)
(5) ฝ่ายในโครงการก่อสร้าง (project team)
(6) ลักษณะและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง (type and complexity)
(7) การฝึกฝนและการศึกษา (education and training)
(8) ลักษณะการจัดจ้าง (contract type)
(9) บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน BIM (BIM specialist)
(10) จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM (origin of as-built BIM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(11)การทำงานร่วมกัน และความสมัครใจในการแบ่งปันข้อมูลสารสนเทศ (collaboration and willingness of sharing information)

จากการวิเคราะห์ผลสัมภาษณ์และทบทวนเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวของกับการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สามารถแบ่งปัจจัยเหล่านี้ออกได้ 2 ประเภทด้วยกัน คือ (1) ปัจจัยหลักที่ช่วยในการตัดสินใจ เป็นปัจจัยที่ฝ่ายพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จะต้องทำการกำหนดและพิจารณาเพื่อกำหนดระดับองค์ประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลอง (2) ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการทำงาน เป็นปัจจัยที่เป็นไปตามลักษณะของโครงการที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป ปัจจัยนี้ฝ่ายพัฒนาแบบจำลองไม่ได้เป็นผู้กำหนดขึ้นมา แต่ส่งผลกระทบต่อการทำงาน เช่น ลักษณะสิ่งก่อสร้าง เครื่องมือ ความชำนาญของบุคลากร เป็นต้น สามารถจำแนกปัจจัยต่าง ๆ ได้ดังในตารางที่ 6.2 ประเด็นสำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 6.1 และ 6.2 จะใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

6.3 พัฒนากรอบเบื้องต้นสำหรับพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

การพัฒนากรอบในการนำแนวคิด BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ใช้พื้นฐานจากการวิเคราะห์ในบทที่ 4 และในหัวข้อที่ 6.1 และ 6.2 จากนั้นได้นำขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบ (verify) โดยการถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในโครงการก่อสร้าง เพื่อทำการปรับปรุงและแก้ไขส่วนประกอบของขั้นตอนนี้ให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้จริง จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีบทบาทที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ผู้เชี่ยวชาญ 1 คือ ที่ปรึกษาด้าน BIM

ผู้เชี่ยวชาญ 2 คือ วิศวกรผู้ควบคุมงานก่อสร้าง

ผู้เชี่ยวชาญ 3 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (1)

ผู้เชี่ยวชาญ 4 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (2)

ผู้เชี่ยวชาญ 5 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง

การพัฒนากรอบพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการนำไปใช้อย่างชัดเจน เพื่อให้กรอบนี้เป็นไปตามแนวทางที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้

No.	Factor	References
1	ลักษณะโครงสร้างองค์กร (organization)	(Succar and Kassem, 2015); CIC, 2010; (Mom, Tsai et al., 2011); (Autodesk, 2012); (Zahrizan, Ali et al., 2014); (Salleh and Fung, 2014); (Azhar, Hein et al., 2014, Enegbuma, Aliagha et al., 2015)
2	วัตถุประสงค์เจ้าของโครงการ (owner objective)	(Succar, 2009); (CIC, 2010); (Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (Azhar et al., 2014) (Memom et al.; 2014)
3	วัตถุประสงค์และเป้าหมายในโครงการ (BIM objectives and goals)	(Succar, 2009); (CIC, 2010); (Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (M. Reza et al., 2014)
4	การประยุกต์ใช้ (application)	(CIC, 2010); (Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (M. Reza et al., 2014); (Zahrizen et al., 2014); (Olatunji and Sher, 2010); (Memon, Rahman et al., 2014)
5	เครื่องมือ (tools)	(Succar, 2009); (CIC, 2010); (Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (Zahrizen et al., 2014); (Wallace et al., 2015); (M. Reza et al., 2014); (Hafez and Wong, 2014)
6	ฝ่ายในโครงการก่อสร้าง (project team)	(Mon et al., 2011); (Zahrizen et al., 2014); (Hafez and Wong, 2014); (Huang and Lin, 2016)
7	ลักษณะและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง (type and complexity)	(CIC, 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1 (ต่อ) ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้

No.	Factor	References
8	การฝึกฝนและการศึกษา (education and training)	(Succar, 2009); (CIC, 2010); (Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (Zahrizen et al., 2014); (M. Reza et al., 2014); ; (Hafez and Wong, 2014); (Wallace et al., 2015); (Memom et al.; 2014)
9	ลักษณะการจัดจ้าง (contract type)	(Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (Zahrizen et al., 2014)
10	บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน BIM (BIM specialist)	(CIC, 2010); (Mon et al., 2011); (Autodesk, 2012); (Zahrizen et al., 2014); (M. Reza et al., 2014); (Hafez and Wong, 2014); (Wallace et al., 2015); (Memom et al.; 2014)

<u>วัตถุประสงค์ของกรอบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM</u>

กรอบที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การหาขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อใช้ในการวางแผนการเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ที่นำแนวคิด BIM มาใช้โดยผู้รับจ้างก่อสร้างให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ว่าจ้าง

- เป็นแนวทางสำหรับผู้รับจ้างในการพัฒนาคู่มือการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

กรอบที่พัฒนาขึ้นนี้จะแตกต่างจากคู่มือ Singapore BIM Guide version 2 ที่ได้ทำการวิเคราะห์มา โดยวัตถุประสงค์ของ Singapore BIM Guide version 2 นั้นมุ่งเน้นเพื่อช่วยให้องค์กรของผู้ว่าจ้าง (owner) มีความพร้อมในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของขั้นตอนการพัฒนา as-built BIM

ขอบเขตของขั้นตอนนี้ คือใช้สำหรับการวางแผนดำเนินการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เท่านั้น การวางแผนนั้นจะกล่าวถึง ขั้นตอน ผลลัพธ์ของแบบจำลองเมื่อโครงการก่อสร้างเสร็จ หน้าที่ความรับผิดชอบ และการแลกเปลี่ยนสารสนเทศระหว่างการก่อสร้าง เพื่อให้ทุกฝ่ายเข้าใจและดำเนินการตามแผน

ตารางที่ 6.2 การจำแนกหมวดของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการ

	ปัจจัย	ปัจจัยหลักที่ช่วยในการตัดสินใจ	ปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการทำงาน
1	ลักษณะโครงสร้างองค์กร (organization)	/	
2	วัตถุประสงค์เจ้าของโครงการ (owner objective)	/	
3	การประยุกต์ใช้ (application)		/
4	เครื่องมือ (tools)	/	/
5	ฝ่ายในโครงการก่อสร้าง (project team)	/	
6	ลักษณะและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง (type and complexity)		/
7	การฝึกฝนและการศึกษา (education and training)		/
8	ลักษณะการจัดจ้าง (contract type)		/
9	บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน BIM (BIM specialist)		/
10	จุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM		/
11	การทำงานร่วมกัน และความสมัครใจในการแบ่งปันข้อมูลสารสนเทศ	/	

6.3.1 ปัจจัยหลักในการตัดสินใจ

ปัจจัยหลักในการตัดสินใจ (main factor) ปัจจัยนี้เสมือนตัวแปรหลักในการตัดสินใจและกำหนดทิศทางของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ที่จะเกิดขึ้นดังนั้นในการจะเลือกปัจจัยมาพิจารณานี้สำคัญอย่างมาก ควรเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจมากที่สุดและเด่นชัด จึงได้นำปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 6.2 มาเป็นพื้นฐานและนำไปสอบถามผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำ

การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยกำหนดให้ หมายเลข 1 คือปัจจัยที่สำคัญที่สุด และ 8 คือปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุด ซึ่งผลการเรียงลำดับความสำคัญแสดงอยู่ในตารางที่ 6.3

จากผลลัพธ์การเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยในตารางที่ 6.3 ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่าปัจจัยด้านวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการในการนำแบบจำลอง as-built BIM มาใช้งานเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ปัจจัยอันดับที่ 2 เป็นปัจจัยให้ความร่วมมือในการทำงานร่วมกันและความพึงพอใจในการแลกเปลี่ยนสารสนเทศของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และแบบจำลองเริ่มต้นในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM สำหรับปัจจัยอื่น ๆ นั้นผู้วิจัยได้พิจารณาและวิเคราะห์ดูแล้ว พบว่าปัจจัยเหล่านั้นไม่ได้อยู่ในขอบเขตการศึกษาของงานวิจัย จึงไม่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้

<u>วัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ</u>

การระบุวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการในการนำแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริงไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารในด้านใดบ้าง ยกตัวอย่างเช่น

- การใช้งานอาคารและการบำรุงรักษาอาคารและอุปกรณ์ประกอบอาคาร (operation and maintenance)
- การบริหารจัดการพื้นที่อาคาร (space management)
- การวางแผนและจัดการด้านอสังหาริมทรัพย์ (real estate and property management)
- การรักษาสภาพทรัพยากรอาคาร
- ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน
- การควบคุมและบริการอาคาร (Building service and operation)
- การใช้งานอาคารและจัดการพลังงาน (service and energy use)

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังแนะนำเกี่ยวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ว่าควรจะมีวัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รอง วัตถุประสงค์หลักคือวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ ส่วนวัตถุประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รองนั้นเป็นวัตถุประสงค์ที่ผู้รับจ้างก่อสร้างต้องการนำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างการก่อสร้าง ยกตัวอย่างเช่น

- พัฒนาการมองเห็นภาพหรือการสื่อสารในโครงการก่อสร้าง
- พัฒนาคุณภาพงานการก่อสร้าง
- ลดเวลาล่าช้าที่อาจจะเกิดขึ้นในโครงการก่อสร้าง
- เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของผู้ว่าจ้างที่ระบุในสัญญาก่อสร้าง
- การวางแผนการก่อสร้าง
- ลดปริมาณการเหลือเศษวัสดุในโครงการก่อสร้าง
- ลดกระบวนการและปริมาณการขอข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้ออกแบบและผู้ว่าจ้าง

ตารางที่ 6.3 ลำดับความสำคัญของปัจจัยจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

ปัจจัย	ผู้เชี่ยวชาญ				
	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ผู้เชี่ยวชาญ 4	ผู้เชี่ยวชาญ 5
วัตถุประสงค์เจ้าของโครงการ (owner objective)	1	1	1	1	1
เครื่องมือ (tools)	8	5	4	5	6
ฝ่ายในโครงการก่อสร้าง (project team)	3	4	5	7	7
ลักษณะโครงสร้างองค์กร (organization)	4	3	6	6	5
การทำงานร่วมกัน (collaboration)	2	2	2	3	3
*ความเสี่ยง (risk)	7	7	8	8	8

*ต้นทุน (cost)	5	6	3	2	2
*ผลตอบแทนจากการลงทุน (return on investment, ROI)	6	8	7	4	4

ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นวัตถุประสงค์ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รอง ในการปฏิบัติงานจริงและการวางแผนดำเนินงานนั้นควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์หลักก่อนและดำเนินการให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลัก

<u>ความพึงพอใจในการทำงานร่วมกัน และการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ</u>

ความพึงพอใจในการทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศในงานวิจัยนี้ หมายถึง การร่วมมือกันช่วยพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ตลอดจนการส่งผ่านข้อมูลสารสนเทศในรูปแบบของแบบจำลองที่บรรจุสารสนเทศ และสามารถนำมาปรับเปลี่ยนหรือนำมาใช้งานต่อได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องเริ่มต้นสร้างแบบจำลองสารสนเทศขึ้นมาเพื่อใช้งานและอีกทั้งยังสิ้นเปลืองเวลา ซึ่งปัจจัยนี้จะกล่าวถึงความพึงพอใจของผู้ว่าจ้างในการส่งมอบแบบจำลองต่อให้ผู้รับจ้างก่อสร้าง และความพึงพอใจของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ที่อาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการวางระบบการสื่อสารแลกเปลี่ยนสารสนเทศออนไลน์ภายในโครงการก่อสร้าง ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากระบวนการสื่อสาร และแลกเปลี่ยนสารสนเทศอาคารในโครงการที่นำแนวคิด BIM มาประยุกต์ใช้นั้นมี 3 รูปแบบหลักดังนี้

(1) การสื่อสารแลกเปลี่ยนสารสนเทศโดยทั่วไป (conventional way) คือ การแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยใช้แบบ 2 มิติเป็นหลักดังเช่นการสื่อสารโดยทั่วไปในงานก่อสร้าง ต่างฝ่ายต่างแลกเปลี่ยนกันเองโดยไม่มีศูนย์กลางในการแลกเปลี่ยน แต่จะใช้แบบจำลองในการประชุมกับผู้ว่าจ้างเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น

(2) การสื่อสารแลกเปลี่ยนสารสนเทศแบบผสมผสาน (Mixed) คือ การแลกเปลี่ยนโดยใช้แบบจำลองและแบบ 2 มิติ ต่างฝ่ายต่างแลกเปลี่ยนกันเองโดยไม่มีศูนย์กลางในการแลกเปลี่ยน

(3) การสื่อสารแลกเปลี่ยนสารสนเทศแบบฐานข้อมูลกลาง (centralize sharing) คือ การแลกเปลี่ยนสารสนเทศโดยมีแบบจำลองสารสนเทศกลาง ที่ทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงได้แต่มีการจำกัดความสามารถในการเข้าถึง เพื่อป้องกันปัญหาการแก้ไขแบบ โดยผู้ที่ไม่ใช่ผู้พัฒนาแบบจำลองนั้น ๆ

6.3.2 ลักษณะของโครงการก่อสร้าง

ลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นของแต่ละโครงการ (characteristic of project) ซึ่งส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของแบบจำลอง (characteristic of model) และรายละเอียดของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM การระบุลักษณะเฉพาะของโครงการนี้ได้รวบรวมจากการวิเคราะห์จากบทที่ 4 และหัวข้อที่ 6.2 ที่พิจารณาจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการดำเนินงาน ได้แก่

- เครื่องมือ
- ฝ่ายในโครงการก่อสร้าง
- การประยุกต์ใช้
- ลักษณะและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง
- การฝึกฝนและการศึกษา
- ลักษณะการจัดจ้าง
- บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้าน BIM

ในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกปัจจัยที่มีลักษณะเด่นส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM และอยู่ในขอบเขตของงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 4 ปัจจัยในการพิจารณามีรายละเอียดดังนี้

(1) ประเภทของสิ่งปลูกสร้างและความซับซ้อนของอาคาร

ประเภทของสิ่งก่อสร้าง และความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้างจะส่งผลต่อลักษณะของผลลัพธ์ถ้าเป็นโครงการที่มีความซับซ้อนมากจำเป็นที่จะต้องลงรายละเอียดในแบบจำลองให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดในการก่อสร้าง และประเภทของสิ่งก่อสร้าง เช่น โรงพยาบาลหรือห้างสรรพสินค้าที่ต้องการบริหารอาคารตลอดจนการบำรุงรักษาระบบประกอบอาคารให้พร้อมสำหรับการใช้งานอยู่เสมอ ต้องการข้อมูล และสารสนเทศในแบบจำลองที่พร้อมนำมาใช้งานการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

(2) โครงสร้างองค์กรของผู้รับจ้างก่อสร้าง

ลักษณะโครงสร้างขององค์กรเป็นหนึ่งปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจว่าขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลองในโครงการนั้น ๆ ควรเป็นอย่างไรถึงจะเหมาะสม เนื่องจากการปรับกระบวนการทำงานให้เหมาะสมกับโครงสร้างขององค์กรเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าการปรับโครงสร้างองค์กรให้เหมาะสมกับกระบวนการทำงาน เมื่อองค์กรได้พิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ในองค์กรแล้วจึงมีการตัดสินใจที่จะเลือกวิธีการพัฒนาแบบจำลองในระหว่างการก่อสร้างอย่างไร จะมีการจัดตั้งแผนกหรือตำแหน่งเพิ่มเติมภายในองค์กร (in-house) ในการปฏิบัติตามแนวคิด BIM หรือใช้การจ้างบริษัทภายนอกมาดำเนินการพัฒนาแบบจำลองแทน (outsource) จะเห็นได้ว่าปัจจัยนี้ส่งผลโดยตรงในส่วนของการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

(3) การใช้ประโยชน์จาก BIM

การประยุกต์ใช้ (application) หรือการนำไปใช้ประโยชน์ (BIM use) ซึ่งปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่สืบเนื่องมาจากการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการประยุกต์ใช้ หลังจากที่กำหนดวัตถุประสงค์แล้ว จากนั้นจะทำการเลือก BIM Use ที่จะช่วยให้วัตถุประสงค์นั้นประสบผลสำเร็จ เช่น วัตถุประสงค์เพื่อบันทึกข้อมูลในการก่อสร้าง ควรเลือกใช้ record model, documentation model เป็นต้น ซึ่งปัจจัยนี้จะส่งผลกับการพัฒนาแบบจำลอง และผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละช่วงโครงการก่อสร้าง BIM use ที่นิยมนำมาใช้ในโครงการก่อสร้างมีดังแสดงในตารางที่ 6.4 งานวิจัยนี้จะพิจารณา BIM use ที่ใช้งานในช่วงระหว่างการก่อสร้าง (construction phase) และช่วงการใช้งานอาคาร (operation and maintenance phase) จากนั้นนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้และการใช้ประโยชน์จาก BIM ดังแสดงในตารางที่ 6.5 ปัจจัยนี้จะส่งผลต่อกระบวนการทำงานทั้งด้านขั้นตอนการทำงาน ผลลัพธ์ที่ได้ของแบบจำลอง และวิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศ หมายเหตุ CP = pre-constriction, C = construction, OM = post-construction

(4) โครงสร้างพื้นฐานที่มีในองค์กร

โครงสร้างพื้นฐานในที่นี้จะกล่าวถึง เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ บุคลากร และฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ปัจจัยนี้จะทำการพิจารณาเมื่อผู้รับจ้างไม่ต้องการเสียค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานหรืออุปกรณ์ใหม่ทั้งหมดเพื่อนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ เพื่อปรับแนวทางในการดำเนินงานให้เหมาะสมกับกับโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในองค์กร โครงสร้างพื้นฐานในที่นี้ประกอบด้วย

- เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์, และเครือข่ายการสื่อสารและเก็บข้อมูล
- บุคลากร ในส่วนนี้จะพิจารณาภายในองค์กรมีบุคลากรที่มีความสามารถ ความเข้าใจและทักษะในการใช้เครื่องมือและแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ รวมไปถึงความพร้อมและความพึงพอใจที่จะปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานและเครื่องมือในการทำงานให้สามารถประยุกต์ใช้กับแนวคิด BIM
- ฝ่ายที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จะพิจารณาว่าแต่ละฝ่ายมีประสบการณ์ในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้หรือไม่

การระบุลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างแต่ละตัวจะส่งผลต่อการวางแผนพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ในมุมมองที่แตกต่างกันไป ซึ่งตารางที่ 6.5 จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างและการวางแผนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

6.3.3 ลักษณะของแบบจำลอง

การพิจารณาลักษณะของแบบจำลอง as-built BIM (characteristic of model) จากผลการวิเคราะห์ในบทที่ 5 พบว่า ส่วนประกอบของแบบจำลอง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้ องค์ประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (model elements) สารสนเทศและคุณลักษณะขององค์ประกอบแบบจำลอง (information and attribute) ระดับพัฒนาและความละเอียดของแบบจำลอง (level of development and detail) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- องค์ประกอบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (model element) อ้างอิงรายการต่าง ๆ มาจากมาตรฐาน OmniClass™ table 21 และแบ่งออกตามสาขางาน ซึ่ง

ประกอบด้วย งานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโครงสร้าง งานระบบไฟฟ้า งานระบบเครื่องกลปรับอากาศและระบายอากาศ และงานระบบสุขาภิบาล แล้วนำไปตรวจสอบกับผู้พัฒนาแบบจำลองในด้านต่าง ๆ และผู้บริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

- ข้อมูลและสารสนเทศของแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง (model information and attribute) ได้จัดหมวดหมู่ของข้อมูลออกเป็น 4 หมวดดังนี้ ข้อมูลทางกายภาพ (physical) ข้อมูลด้านการผลิต (manufacturing) ข้อมูลทางเทคนิค (technical) และข้อมูลสำหรับการบริการ (facility service)

- การกำหนดระดับ LoD โดยมุ่งเน้น 2 วัตถุประสงค์หลัก ในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย หนึ่งเพื่อการสื่อสารของขอบเขตการพัฒนาเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างระดับรายละเอียดขององค์ประกอบแบบจำลองและพัฒนาการขององค์ประกอบของแบบจำลอง สองเพื่อการสื่อสารกันในขอบเขตการใช้งานในแต่ละระดับของ LoD และมุ่งเน้นอธิบายรายละเอียดระดับ LoD 300 Detail Design, LoD 400 Implementation Documents, และ LoD 500 Construction โดยระดับรายละเอียดของแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ข้อกำหนดเนื้อหาขององค์ประกอบ และการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์

การระบุลักษณะเฉพาะของแบบจำลองนี้จะเป็นพื้นฐานในการวางแผนพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM โดยจะอธิบายความสัมพันธ์ในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 6.4 BIM use ที่นำมาใช้ในโครงการก่อสร้าง (Malvar, 2014)

Code	BIM use	PC	C	OM
BU1	Existing condition modeling	/	/	/
BU2	Quantity take-off/cost estimation	/	/	/
BU3	Visualization	/	/	/
BU4	Database information management	/	/	/
BU5	Site analysis	/		

BU6	Programming	/		
BU7	Design review	/		
BU8	Code validation	/		
BU9	Sustainability (LEED) evaluation	/		
BU10	Structural analysis	/		
BU11	Facility energy analysis	/		
BU12	Engineering analysis	/		
BU13	Lighting analysis	/		
BU14	Design authoring	/		

ตารางที่ 6.4 (ต่อ) BIM use ที่นำมาใช้ในโครงการก่อสร้าง (Malvar, 2014)

Code	BIM use	PC	C	OM
BU15	Options analysis	/		
BU16	3D coordination	/	/	
BU17	Phase planning/scheduling	/	/	
BU18	Supply chain management	/	/	
BU19	3D control and planning		/	
BU20	Digital fabrication/shop drawing		/	
BU21	Construction system design		/	
BU22	Site utilization planning		/	
BU23	Project progress monitoring		/	
BU24	Quality control checks		/	
BU25	Record modeling/production data delivery		/	/
BU26	Safety/disaster planning			/
BU27	Space management and tracking			/
BU28	Facility management			/
BU29	Building system analysis			/
BU30	Building maintenance scheduling			/

6.3.4 รูปแบบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ทั้งแนวคิดตามทฤษฎี BIM และจากการนำมาปฏิบัติใช้โดยทั่วไปในการก่อสร้างจริง ดังที่ได้อธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.5 และ 4.6 ในหัวข้อนี้จะนำเสนอรายละเอียดกระบวนการ และจุดกำเนิดของแบบจำลองสารเทศอาคารสร้างจริงของแต่ละรูปแบบว่าเริ่มต้นจากจุดใดของช่วงการก่อสร้าง และมีวิธีการอย่างไรบ้าง

ภาพที่ 6.2 แสดงจุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM มีทั้งสิ้น 4 รูปแบบ มีรายละเอียดดังนี้

รูปแบบที่ 1 กระบวนการในอุดมคติ (ideal process)

จุดเริ่มต้น ของการพัฒนาแบบจำลองจะเป็นไปแนวคิดตามทฤษฎี คือ ผู้รับจ้างใช้แบบจำลองเดียวกันกับแบบจำลองสำหรับการออกแบบ (design model) มาใช้ระหว่างการก่อสร้าง หรือนำมาพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ได้อย่างต่อเนื่อง

กระบวนการ ผู้รับจ้างก่อสร้างได้รับ design model มาจากผู้ออกแบบแนบมาเป็นเอกสารสัญญา จากนั้นผู้รับจ้างก่อสร้างสามารถพัฒนาแบบจำลองได้อย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ประโยชน์ในระหว่างก่อสร้าง ยกตัวอย่างเช่น การวางแผนการก่อสร้าง การถอดปริมาณงาน การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป การทำแบบสำหรับงานก่อสร้าง (shop drawing) เป็นต้น ตลอดจนสามารถใช้แบบจำลองนี้เป็นฐานข้อมูลในการบันทึกสารสนเทศในการก่อสร้างเพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ได้อย่างต่อเนื่อง

รูปแบบที่ 2

จุดเริ่มต้น เริ่มต้นช่วงก่อนการก่อสร้าง โดยผู้รับจ้างก่อสร้างเป็นผู้พัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อใช้ระหว่างการก่อสร้าง

กระบวนการ ผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ได้รับแบบจำลองต่อจากช่วงการออกแบบและแบบจำลองไม่ได้แนบมาเป็นเสมือนเอกสารสัญญา ผู้รับจ้างก่อสร้างจะต้องพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศมาใช้ในระหว่างการก่อสร้าง และพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดการก่อสร้างและปรับข้อมูลสารสนเทศตามความก้าวหน้าของโครงการ หรืออีกกรณีหนึ่งคือผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ต้องการใช้แบบจำลองจาก

แบบจำลองของผู้ออกแบบ ที่เห็นว่าไม่เหมาะสมกับการทำงานของตน ประกอบกับผู้รับจ้างก่อสร้างนั้นมีความรู้ความสามารถในการพัฒนาแบจำลองสำหรับใช้ในระหว่างการก่อสร้างของตนหรือเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของตนเองในโครงการก่อสร้าง เช่นการถอดปริมาณงานอย่างละเอียด การวางแผนการก่อสร้างและการวางผังในโครงการก่อสร้าง เป็นต้น

รูปแบบที่ 3

จุดเริ่มต้น ของแบบจำลองคือมีแบบจำลองสารสนเทศอาคารของช่วงการออกแบบตั้งแต่ต้นโครงการ

กระบวนการ ผู้รับจ้างก่อสร้างได้รับแบบจำลองต่อจากช่วงการออกแบบและแบบจำลองแนบมาเป็นเสมือนเอกสารสัญญา ผู้รับจ้างก่อสร้างไม่มีวัตถุประสงค์ในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในระหว่างการก่อสร้าง แต่จะจัดเตรียมข้อมูลและสารสนเทศเพื่อทำการปรับปรุงแบบจำลองในช่วงออกแบบที่ได้รับมาปรับให้เป็นแบบจำลอง as-built BIM เพื่อส่งมอบให้แก่ผู้ว่าจ้างตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในสัญญา

รูปแบบที่ 4

จุดเริ่มต้น ของแบบจำลองคือช่วงท้ายของการก่อสร้างเมื่อมีแบบก่อสร้างจริงแล้วจึงทำการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง

กระบวนการ ผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ได้นำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในระหว่างโครงการก่อสร้างเลย แต่พัฒนาแบบจำลองเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของผู้ว่าจ้างตามที่ระบุในสัญญาก่อสร้าง โดยดำเนินการทำงานด้วยกระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปในการก่อสร้าง และนำแบบก่อสร้างจริงที่ได้รับการอนุมัติแล้วมาสร้างแบบจำลองพร้อมเตรียมข้อมูลเพื่อบรรจุลงในแบบจำลองและเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอลไฟล์

การพิจารณาในปัจจัยนี้จะเป็นที่สำคัญหากต้องการพัฒนาการระบุรูปแบบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เนื่องจากปัจจัยนี้จะมีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการ ในส่วนของหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคคลในองค์กร หรืออาจจะมีบุคคลที่ 3 เข้ามามีส่วนร่วม ส่งผลให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงไป และยังกระทบต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลอีกด้วย

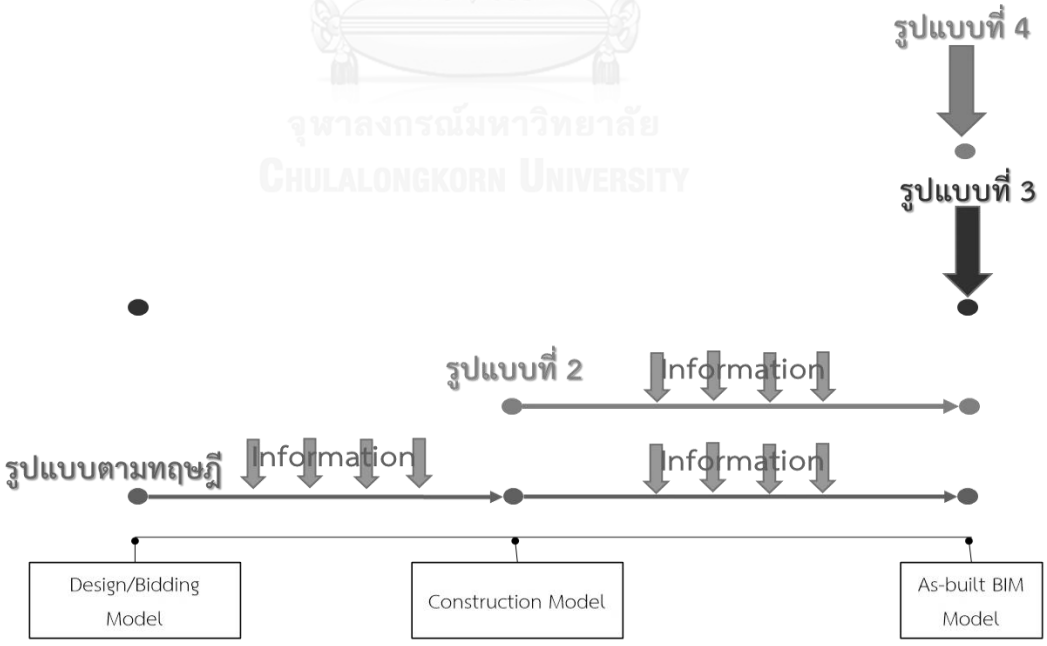
6.3.5 พัฒนาแนวทางการนำ BIM มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

กระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM นี้ พัฒนาขึ้นเพื่อแนะนำให้ผู้รับจ้างและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ทราบถึงขั้นตอนการทำงานที่ควรปฏิบัติรวมไปถึงผลลัพธ์ที่จะได้รับ โดยเนื้อหาของแนวทางได้จากการวิเคราะห์คู่มือ มาตรฐานที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีเนื้อหาหลักดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการทำงาน เป็นการลำดับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนว่าควรจะดำเนินการก่อนและหลัง หรือสามารถทำควบคู่กันได้ เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
- ผลลัพธ์ของแบบจำลองสร้างจริงประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้ องค์ประกอบของแบบจำลอง สารสนเทศที่ต้องระบุ และรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ

- การแลกเปลี่ยนสารสนเทศ และการติดต่อสื่อสารเป็นการระบุสารสนเทศที่มีการแลกเปลี่ยนของฝ่ายที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารในระหว่างการก่อสร้าง ระบุฝ่ายที่รับผิดชอบจัดการข้อมูลและสารสนเทศนั้น ๆ และการกำหนดรูปแบบการแลกเปลี่ยนสารสนเทศว่าจะอยู่ในรูปแบบใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 6.2 รูปแบบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM

- หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เป็นการกำหนดหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการทำงานและบุคคลที่ทำหน้าที่ในกิจกรรมนั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น ผู้พัฒนาแบบจำลอง (BIM modeler) ผู้เก็บรวบรวมข้อมูล (facility data and attribute) ผู้รวบรวมแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในแต่ละหมวดงาน เป็นต้น

จากการวิเคราะห์กรอบการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ตั้งแต่หัวข้อที่ 6.3.1 ถึง 6.3.5 สามารถสรุปขั้นตอนในการพัฒนากรอบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) ระบุปัจจัยหลัก (main factor) ปัจจัยนี้เสมือนตัวแปรหลักในการตัดสินใจและกำหนดทิศทางของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ปัจจัยหลักประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

- วัตถุประสงค์และเป้าหมายของผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของอาคารในการนำแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้
- ความพึงพอใจในการแบ่งปันข้อมูลและสารสนเทศของทุกฝ่ายในโครงการก่อสร้าง

(2) พิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้าง (characteristic of project) เป็นการพิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างที่เกิดขึ้นของแต่ละโครงการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของแบบจำลอง (characteristic of model) และรายละเอียดของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเฉพาะของโครงการที่ควรพิจารณามีดังนี้

- ประเภทของสิ่งปลูกสร้างและความซับซ้อนของอาคาร
- โครงสร้างองค์กรของผู้รับจ้างก่อสร้าง
- การใช้ประโยชน์จาก BIM
- โครงสร้างพื้นฐานที่มี

- จุดกำเนิดของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

(3) ระบุรายละเอียดของส่วนประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (characteristic of model) หลังจากที่ทราบปัจจัยหลัก และพิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปเป็นการพิจารณาเพื่อระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของส่วนประกอบของแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ระบุมีดังนี้

- องค์ประกอบของแบบจำลองโดยแบ่งตามลักษณะงานต่าง ๆ

- คุณลักษณะต่าง ๆ ขององค์ประกอบแบบจำลอง

- ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

(4) ระบุเนื้อหาของแผนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM แผนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำหรับแนะนำทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการเตรียมแบบจำลอง as-built BIM เช่น ผู้รับจ้างก่อสร้าง ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง ผู้ผลิตสินค้าหรือผู้จัดการ (supplier) เป็นต้น ได้ปฏิบัติตามแผนการนี้ เนื้อหาหลักของแนวทางที่พบมีดังนี้

- ขั้นตอนการทำงาน

- ผลลัพธ์ของแบบจำลองสร้างจริง

- การแลกเปลี่ยนสารสนเทศและการติดต่อสื่อสาร

- หน้าที่และความรับผิดชอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ในการใช้ BIM และ BIM use

BIM objective	BU1	BU2	BU3	BU4	BU16	BU17	BU18	BU19	BU20	BU21	BU22	BU23	BU24	BU25	BU26	BU27	BU28	BU29	BU30
Improve construction quality						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Reduce Rfi and change order			X		X														
Reduce energy use					X									X				X	
Provide facility management information				X										X				X	X
Improve facility data after building turnover				X										X				X	X
Improve project visualization			X		X					X									
Improve budget control		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X						
Improve construction delay						X		X	X	X	X	X		X					
Provide information for space management and tracking														X	X	X	X	X	X
Improve building maintenance scheduling														X	X	X	X	X	X

แนวทางที่เหมาะสมจะแปรผันตรงกับลักษณะเฉพาะของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 6.6 ลักษณะเฉพาะของโครงการแต่ละลักษณะส่งผลกระทบต่อกระบวนการจัดทำแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริงที่แตกต่างกันออกไป ดังที่แสดงในตารางจะเห็นว่า ประเภทและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้างส่งผลกระทบต่อการกำหนดผลลัพธ์ของแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริง ซึ่งจะต้องดูบริบทในการนำสิ่งก่อสร้างนี้ไปใช้งานในด้านได้ เพราะการรู้จุดประสงค์ในการนำไปใช้ ส่งผลต่อการระบุผลลัพธ์ต่าง ๆ องค์ประกอบของแบบจำลองจะต้องละเอียดขนาดไหน และระดับรายละเอียดของแบบจำลองจะต้องละเอียดมากพอสำหรับการใช้งาน และข้อมูลนั้นเหมาะสมหรือไม่ เช่นหากเป็นอาคารโรงพยาบาลนั้นมีความต้องการในการบำรุงรักษาเป็นประจำ จะต้องลงรายละเอียดของแบบจำลองและองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ครบถ้วนโดยเฉพาะระบบท่อและตำแหน่งท่อ เพื่อให้สะดวกสำหรับการบำรุงรักษา เป็นต้น

ตารางที่ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างกับแผนการพัฒนาแบบจำลอง

	As-built BIM guideline					
Characteristic	Role & respons.	Process	Infor. exchange	Outcome		
				Model element	Infor. & attribute	LOD
Project type and complexity				X	X	X
Organization structure	X	X	X			
BIM use	X	X	X	X	X	X
Infrastructure	X	X	X	X	X	X
Origin of BIM model	X	X	X			

6.4 การตรวจสอบความถูกต้องของกรอบพื้นฐานที่พัฒนาขึ้น

ในการตรวจสอบความถูกต้องทำโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในโครงการก่อสร้าง และบทบาทในโครงการก่อสร้างที่แตกต่างกัน แต่มุ่งเน้นไปที่ผู้รับจ้างก่อสร้าง และผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของโครงการเป็นหลัก ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญ 1 คือ ที่ปรึกษาด้าน BIM ผู้เชี่ยวชาญ 2 คือ วิศวกรผู้ควบคุมงานก่อสร้าง (หน่วยงาน

ของผู้ว่าจ้าง) ผู้เชี่ยวชาญ 3 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (1) ผู้เชี่ยวชาญ 4 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (2) และผู้เชี่ยวชาญ 5 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง การนำขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบความถูกต้องนั้น ทำเป็นลำดับขั้นตอนโดยเริ่มต้นจาก

(1) การตรวจสอบปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ และแบ่งออกเป็นปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ จากนั้นลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจ และปัจจัยที่ส่งผลกระบทต่อกระบวนการเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุด

(2) พัฒนากรอบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM และนำมาตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อยืนยันรายละเอียดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบภายในกรอบที่พัฒนาขึ้น

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับขั้นตอนที่พัฒนาขึ้น มีความคิดเห็นที่สำคัญที่ควรทำการแก้ไขและปรับปรุงเพื่อให้พร้อมสำหรับการนำมาใช้งานมากขึ้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ควรมีการระบุวัตถุประสงค์ ขอบเขต และผู้ที่สามารถนำขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นมานี้ไปใช้งาน ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มรายละเอียดในส่วนนี้ลงในหัวข้อที่ 6.4

- ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในเรื่องปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจว่าควรมองด้านงบประมาณ ค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนจากการลงทุนว่ามีความคุ้มค่าหรือไม่ แต่ปัจจัยดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตงานวิจัยที่ตั้งไว้ ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยดังกล่าว จึงไม่นำปัจจัยในด้านที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

- ปัจจัยด้านวัตถุประสงค์ในการนำแนวคิด BIM มาใช้ควรแบ่งเป็นปัจจัยหลักของผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของโครงการ และปัจจัยรองของผู้รับจ้างให้ชัดเจน

- ขั้นตอนในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM นี้ ยังขาดการอธิบายการตั้งค่ารูปแบบของแบบจำลอง (template) เช่น การระบุ project based point, survey based point การตั้งค่าโครงการ การตั้งค่าหน่วยในการพัฒนาแบบจำลองเป็นต้น การตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลอง การกำหนดการทำงานร่วมกัน การตั้งชื่อองค์ประกอบอาคารและการจัดการ family ในซอฟต์แวร์

6.5 สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอการพัฒนาขั้นตอนในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากการวิเคราะห์ขั้นตอนสามารถสรุปขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) ระบุปัจจัยหลัก (main factor) ปัจจัยนี้เสมือนตัวแปรหลักในการตัดสินใจและกำหนดทิศทางของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ปัจจัยหลักประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังนี้

- วัตถุประสงค์และเป้าหมายของผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของอาคารในการนำแบบจำลอง as-built BIMไปใช้
- ความพึงพอใจในการแบ่งปันข้อมูลและสารสนเทศของทุกฝ่ายในโครงการก่อสร้าง

(2) พิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้าง (characteristic of project) เป็นการพิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างที่เกิดขึ้นของแต่ละโครงการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของแบบจำลอง (characteristic of model) และรายละเอียดของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเฉพาะของโครงการที่ควรพิจารณามีดังนี้

- ประเภทของสิ่งปลูกสร้างและความซับซ้อนของอาคาร
- โครงสร้างองค์กรของผู้รับจ้างก่อสร้าง
- การใช้ประโยชน์จาก BIM
- โครงสร้างพื้นฐานที่มี
- จุดกำเนิดของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

(3) ระบุรายละเอียดของส่วนประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (characteristic of model) หลังจากที่ทราบปัจจัยหลัก และพิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปเป็นการพิจารณาเพื่อระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของส่วนประกอบแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ระบุมีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- องค์ประกอบของแบบจำลองโดยแบ่งตามลักษณะงานต่าง ๆ
- คุณลักษณะต่าง ๆ ขององค์ประกอบแบบจำลอง
- ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

(4) ระบุเนื้อหาของแผนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM แผนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำหรับแนะนำทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการเตรียมแบบจำลอง as-built BIM เช่น ผู้รับจ้างก่อสร้าง ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง ผู้ผลิตสินค้าหรือผู้จัดการ (supplier) เป็นต้น ได้ปฏิบัติตามแผนการนี้ เนื้อหาหลักของแนวทางที่พบมีดังนี้

- ขั้นตอนการทำงาน
- ผลลัพธ์ของแบบจำลองสร้างจริง
- การแลกเปลี่ยนสารสนเทศและการติดต่อสื่อสาร
- หน้าที่และความรับผิดชอบ

จากนั้นนำขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบความถูกต้องโดยการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและทำการปรับขั้นตอนและรายละเอียดต่าง ๆ ให้สมบูรณ์สำหรับการนำไปใช้งานตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยผลการวิจัยในสองส่วนหลัก คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ และผลลัพธ์ที่พัฒนาขึ้น

7.1.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์

กระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างและแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปในปัจจุบัน พบปัญหาที่เจอในการจัดเตรียมแบบ คือ การแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สับสนวุ่นวาย และการกระจายข้อมูลไม่ทั่วถึง รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้การจัดทำแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไปมีการตกหล่นของข้อมูล หรือรายละเอียด ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนข้อมูล และการจัดเก็บข้อมูลที่สับสนวุ่นวายไม่เป็นระบบ ซึ่งหากนำแนวคิด BIM มาใช้นั้นสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยการระบุข้อมูลและสารสนเทศที่เปลี่ยนแปลงนั้นลงในแบบจำลองที่มีการปรับตลอดระยะเวลาการก่อสร้างได้

จากการสัมภาษณ์และสังเกตการณ์ในการปฏิบัติงานจริงนั้นพบว่าการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ยังมีปัญหาอยู่ ปัญหาที่ผู้สัมภาษณ์มองว่าเป็นปัญหาหลักในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้าง และเป็นปัญหาที่พบจากการปฏิบัติงานจริง โดยสรุปปัญหาหลักออกเป็น 3 ด้านหลักดังนี้

(1) ปัญหาด้านทัศนคติของบุคลากรและฝ่ายที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง ถือได้ว่าเป็นปัญหาใหญ่ทั้งในระดับองค์กรและระดับโครงการ โดยในการวิเคราะห์นี้จะพิจารณาทั้งในระดับองค์กรและระดับโครงการ ของทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ ปัญหาเรื่องทัศนคติของบุคลากรนั้นสำคัญ เนื่องจากกระบวนการทำงานจะสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพได้นั้นจะต้องอาศัยความร่วมมือของบุคลากรภายในองค์กรและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง

(2) ด้านกระบวนการทำงานและการพัฒนาแบบจำลอง จากปัญหาในข้อที่ 1 ส่งผลให้การทำงานและการพัฒนาแบบจำลองเปลี่ยนแปลง เนื่องจากผู้รับจ้างก่อสร้างไม่ได้รับแบบจำลอง 3 มิติมาเพื่อพัฒนาต่อสำหรับใช้ประโยชน์ในระหว่างการก่อสร้าง ผู้รับจ้างก่อสร้างจึงมีทางเลือกที่จะพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากตอนต้นโครงการ หรือท้ายโครงการก็ได้เนื่องจากท้ายสุดก็จะได้ผลลัพธ์ที่เป็นแบบจำลอง as-built BIM เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีปัญหาอีกว่าในการพัฒนาแบบจำลองจากต้นโครงการถึงจบโครงการนั้นควรจะเป็นอย่างไร ซึ่งคำถามที่พบในการพัฒนาแบบจำลองในการก่อสร้างจนถึงแบบจำลอง as-built BIM ควรเริ่มต้นการพัฒนาจากจุดใดของโครงการ องค์ประกอบแบบจำลองควรมีความละเอียดขนาดไหน แบบจำลองควรมีข้อมูลอะไรบ้างจึงจะเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน การบรรจุข้อมูลหรือสารสนเทศขององค์ประกอบแบบจำลองแต่ละตัวควรระบุในช่วงใดของโครงการ ควรมีคนกลางเพื่อจัดการสารสนเทศในโครงการหรือไม่

(3) ด้านทรัพยากร ในที่นี้ประกอบด้วย บุคลากร เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) ระบบคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (server network) ปัญหาหลักในข้อนี้คือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เพิ่มมากขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีใหม่ มีค่าใช้จ่าย เกี่ยวกับค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ และเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ใหม่ให้เหมาะสมกับการทำงาน จึงเกิดคำถามว่าค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงนี้จะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

นอกจากจะพบปัญหาในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้แล้ว ยังพบอีกว่าการทำงานในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ของแต่ละองค์กร และแต่ละโครงการยังมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ทั้งด้านขั้นตอนการทำงาน หน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย รูปแบบการติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูล และจุดเริ่มต้นการพัฒนาแบบจำลอง กระบวนการที่แตกต่างกันนี้ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะระหว่างกระบวนตามทฤษฎีและการปฏิบัติงานจริง แต่ยังแตกต่างกันระหว่างองค์กร และแต่ละโครงการก่อสร้างภายใต้องค์กรเดียวกันยังมีความแตกต่างกันอีกด้วย จึงทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบทำให้ขั้นตอนการทำงานมีความแตกต่างกัน และพบว่าปัจจัยที่ทำให้กระบวนการแตกต่างกันมี 4 ปัจจัยดังต่อไปนี้

(1) ลักษณะและความซับซ้อนของสิ่งก่อสร้าง จะส่งผลต่อลักษณะของผลลัพธ์ถ้าเป็นโครงการที่มีความซับซ้อนมากจำเป็นที่จะต้องลงรายละเอียดในแบบจำลองให้ละเอียด

มากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดในการก่อสร้าง และประเภทของสิ่งก่อสร้าง เช่น โรงพยาบาลหรือห้างสรรพสินค้าที่ต้องการบริหารอาคารตลอดจนการบำรุงรักษาระบบประกอบอาคารให้พร้อมสำหรับการใช้งานอยู่เสมอ ต้องการข้อมูลและสารสนเทศในแบบจำลองที่พร้อมนำมาใช้งานการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

(2) วัตถุประสงค์การใช้งาน จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือวัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รอง วัตถุประสงค์หลักคือของเจ้าของโครงการในการนำแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริงไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารในด้านใดบ้าง วัตถุประสงค์รองคือวัตถุประสงค์ที่ผู้รับจ้างก่อสร้างต้องการนำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างการก่อสร้าง ในการปฏิบัติงานจริงและการวางแผนดำเนินงานนั้นควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์หลักก่อนและดำเนินการให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลัก

(3) จุดเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลอง การพิจารณาในปัจจัยนี้จะเป็นที่สำคัญหากต้องการระบุรูปแบบกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เนื่องจากปัจจัยนี้จะมีผลกระทบโดยตรงต่อขั้นตอน ในส่วนของหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคคลในองค์กร หรืออาจจะมีบุคคลที่ 3 เข้ามามีส่วนร่วม ส่งผลทำให้ขั้นตอนมีการเปลี่ยนแปลงไป และยังกระทบต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลอีกด้วย

(4) โครงสร้างพื้นฐานในที่นี้จะกล่าวถึง เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ บุคลากร และฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เพื่อปรับแนวทางในการดำเนินงานให้เหมาะสมกับกับโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในองค์กร โครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย

- เครื่องมือต่าง ๆ เช่น ฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์, และเครือข่ายการสื่อสารและเก็บข้อมูล
- บุคลากร ในส่วนนี้จะพิจารณาภายในองค์กรมีบุคลากรที่มีความสามารถ ความเข้าใจและทักษะในการใช้เครื่องมือและแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ รวมไปถึงความพร้อมและความพึงพอใจที่จะปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานและเครื่องมือในการทำงานให้สามารถประยุกต์ใช้กับแนวคิด BIM ของบุคลากรในองค์กร

- ฝ่ายที่เกี่ยวข้องในกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จะพิจารณาว่าแต่ละฝ่ายมีประสบการณ์ในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้หรือไม่

จากการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลตามองค์กร และโครงการก่อสร้างต่าง ๆ พบว่าการจะพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารนั้นจำเป็นจะต้องมีการวางแผนดำเนินงานเสียก่อน เพื่อให้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคารได้จริงและมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาขั้นตอนในการดำเนินการสำหรับการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ขึ้น

7.1.2 ผลลัพธ์ที่พัฒนาขึ้น

กรอบที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การหาขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสร้างจริงเป็นหลัก โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อใช้ในการวางแผนการเริ่มต้นพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ที่นำแนวคิด BIM มาใช้โดยผู้รับจ้างก่อสร้างให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ว่าจ้าง

- เป็นแนวทางสำหรับผู้รับจ้างในการพัฒนาจำลอง as-built BIM

ขอบเขตของกรอบนี้คือใช้สำหรับการวางแผนดำเนินการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เท่านั้น การวางแผนนั้นจะกล่าวถึง ขั้นตอน ผลลัพธ์ของแบบจำลองเมื่อโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ หน้าที่ความรับผิดชอบ และการแลกเปลี่ยนสารสนเทศระหว่างการก่อสร้าง เพื่อให้ทุกฝ่ายเข้าใจและดำเนินการตามแผน

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM สามารถสรุปขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(1) ระบุปัจจัยหลัก (main factor) ปัจจัยนี้เสมือนตัวแปรหลักในการตัดสินใจและกำหนดทิศทางของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM ปัจจัยหลักประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

- วัตถุประสงค์และเป้าหมายของผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของอาคารในการนำแบบจำลอง as-built BIM ไปใช้

- ความพึงพอใจในการแบ่งปันข้อมูลและสารสนเทศของทุกฝ่ายในโครงการก่อสร้าง

(2) พิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้าง (characteristic of project) เป็นการพิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างที่เกิดขึ้นของแต่ละโครงการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของแบบจำลอง (characteristic of model) และรายละเอียดของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะเฉพาะของโครงการที่ควรพิจารณามีดังนี้

- ประเภทของสิ่งปลูกสร้างและความซับซ้อนของอาคาร
- โครงสร้างองค์กรของผู้รับจ้างก่อสร้าง
- การใช้ประโยชน์จาก BIM
- โครงสร้างพื้นฐานที่มี
- จุดกำเนิดของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

(3) ระบุรายละเอียดของส่วนประกอบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (characteristic of model) หลังจากที่ทราบปัจจัยหลัก และพิจารณาลักษณะเฉพาะของโครงการก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปเป็นการพิจารณาเพื่อระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของส่วนประกอบของแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ระบุมีดังนี้

- องค์ประกอบของแบบจำลองโดยแบ่งตามลักษณะงานต่าง ๆ
- คุณลักษณะต่าง ๆ ขององค์ประกอบแบบจำลอง
- ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

(4) เนื้อหาของแนวทางการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM แนวทางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแนะนำทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการเตรียมแบบจำลอง as-built BIM เช่น ผู้รับจ้างก่อสร้าง ผู้รับจ้างช่วง ผู้ผลิตสินค้าหรือผู้จัดการ (supplier) เป็นต้น ได้ปฏิบัติตามแผนการนี้ เนื้อหาหลักของแนวทางที่พบมีดังนี้

- ขั้นตอนการทำงาน
- ผลลัพธ์ของแบบจำลองสร้างจริง
- การแลกเปลี่ยนสารสนเทศและการติดต่อสื่อสาร
- หน้าที่และความรับผิดชอบ

ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นนำมาตรวจสอบความถูกต้อง โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการนำแนวคิด BIM ไปใช้ในโครงการก่อสร้าง และบทบาทในโครงการก่อสร้างที่แตกต่างกัน แต่มุ่งเน้นไปที่ผู้รับจ้างก่อสร้าง และผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของโครงการเป็นหลัก ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญ 1 คือ ที่ปรึกษาด้าน BIM ผู้เชี่ยวชาญ 2 คือ วิศวกรผู้ควบคุมงานก่อสร้าง (หน่วยงานของผู้ว่าจ้าง) ผู้เชี่ยวชาญ 3 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (1) ผู้เชี่ยวชาญ 4 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้าง (2) และผู้เชี่ยวชาญ 5 คือ ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง

แนวทางที่จัดทำขึ้นนี้มีลักษณะเฉพาะตามรูปแบบของโครงการภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเท่านั้น หากต้องการแนวทาง หรือคู่มือที่เหมาะสมแก่โครงการก่อสร้าง ควรนำกรอบการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM และนำแนวทางนี้เป็นตัวอย่างสำหรับการจัดทำเท่านั้น

7.2 ข้อจำกัดงานวิจัย

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

(1) เนื่องจากระยะเวลาที่จำกัด ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถรวบรวมข้อมูลของอาคารได้จนจบโครงการก่อสร้าง

(2) ประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานหรือคู่มือในการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ ในงานวิจัยนี้จึงได้อ้างอิงแนวทางจากมาตรฐานและคู่มือจากต่างประเทศ

(3) เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้างในประเทศไทยยังมีจำนวนน้อยจึงทำให้ในการตรวจสอบความถูกต้องสามารถสัมภาษณ์ได้เพียง 5 องค์กรเท่านั้น

(4) การนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้างของไทยนั้นมีการเปลี่ยนแปลงและแพร่หลายอย่างรวดเร็ว จึงอาจจะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ในงานวิจัยนี้ไม่ตรงตามการปฏิบัติงานในปัจจุบัน

(5) ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นนั้นเหมาะสมสำหรับผู้รับจ้างก่อสร้างและผู้รับจ้างก่อสร้างช่วงในการวางแผนการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เท่านั้น

7.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้เริ่มต้นการวิจัยในช่วงเริ่มต้นการก่อสร้างหลังจากเสร็จสิ้นการประกวดราคา จนถึงช่วงการส่งมอบงานเท่านั้น และผลการวิจัยนี้ไม่ได้ครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตของสิ่งก่อสร้าง และไม่ได้ต่อเนื่องถึงการเชื่อมต่อสารสนเทศในการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร ดังนั้นในงานวิจัยในอนาคตควรจะศึกษากระบวนการนำสารสนเทศจากแบบจำลอง as-built BIM เข้าไปทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ทางด้านการบริหารจัดการอาคาร หรือเป็นการเชื่อมต่อสารสนเทศโดยตรงจากแบบจำลอง อีกประเด็นที่น่าสนใจในการทำงานวิจัยคือ การตรวจสอบแบบจำลอง as-built BIM ก่อนนำไปใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอาคาร

ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะช่วยผลักดันให้มีการนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช้ในโครงการก่อสร้างของประเทศไทยได้อย่างแพร่หลาย และมีส่วนช่วยให้สามารถนำแนวคิด BIM มาใช้ได้ตลอดวงจรชีวิตอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

American Institute of Architects (AIA) (2013). AIA Document E203-2013 Building Information Modeling Protocol Exhibit. USA.

Atin, B., and Brooks, A (2009). Total Facility Managment United Kingdom, Blackweell Publishing.

Autodesk (2012). A framework for implementing a BIM business transformation. USA.

Azhar, S., et al. (2014). Building Information Modeling (BIM) : Benefits, Risks, ans Challenges., Auburn University.

Barrett, P., and Baldry, D., (2003). Faciities Management : Toword Best Practice United Kingdom, Blackwell Publishing.

BIMForum (2015). Level of Development Specification : For Building Information Modeling. USA.

Booty, F. (2009). Facilities Management Hardbook. Burlington, Elsevier.

Building and Construction Authority (2013). Singapore BIM Guide Version 2. Singapore, Building and Construction Autority.

Burcin, B. G., and Samara, R. (2010). "The perceived value of building information modeling in U.S building industries." Journal of Information Tecnology in Construction: 185-201.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cooperative Research Centre for Constrction Innovations (CRC) (2007). Adopting BIM for facilities management : Solutions for managing the Sydney Opera House. Australia, Icon.Net Pty.

Dispensa, K. (2010). "The daily life of BIM." from http;//www.buildpedia.com/.

Eadie R, et al. (2013). "BIM implementation throughout the UK cnstuction project lifecycle " An analysis. Automation in Construction 36: 145-151.

Eastman, C., et al. (2011). BIM Handbook : A Guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor. New Jersey, John Wiley & Sons.

Eastman, C., et al. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.

Eastman, C., et al. (2011). BIM handbook : A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey John Wiley & Sons.

Eastman, C. M., et al. (1998). Coordination in Multi - Organization Creative Design Projects. Design Computing Research Report. USA, College of Architecture, Georgia Institute of technology.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Enegbuma, W. I., et al. (2015). "Effect of perception on BIM Adoption in Malaysian Construction Industry." Journal Teknologi (Sciences & Engineering) 77:15(2015): 69-75.

Hooper, M. (2012). BIM Anatomy : An investigation into implementation prerequisities. Department of Construction Sciences, Lund University. **Master's Degree**.

Hooper, M. (2012). A Review of BIM Guidelines: Content, Scope & Positioning. Department of Construction Sciences, Lund University. **Master's Thesis**.

Huang, W.-T. and Y.-C. Lin (2016). "Development of Initial Plan for BIM Information Management for Facility Management." International Conference on Civil and Building Engineering Information.

Jazizadeh, F., et al. (2012). "Application Areas and Data Requirements for BIM - Enabled Facilities Management." Journal of Construction Engineering and Management 138(3): 431-442.

Jiang, X. (2011). Developmentsin Cost Estimationg and Scheduling in BIM Technology. Department of Civil and Environmental Engineering. United State, Northeastern University. **Master's Degree**.

Kassem, M., et al. (2014). "BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex." Built Environment Project and Asset Management 5(3): 261-277.

Liu, R. and R. R. A. Issa (2013). "Issues in BIM for Facility Management from Industry Practitioners' Perspectives." Comuting in Engineering: 411-418.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lui, Z. (2010). Feasibility Analysis of BIM Based Information System for Facility Management at Worcester Polytecnic Institute. Department of Civil Engineering. United State Worcester Polytechnic Institute. **Master's Degree**.

Marczyk G, et al. (2005). Essentials of Research Design and Methodology. New Jersey, John Wiley & Son Inc.

McGraw-Hil Construction (2012). SmartMarket Report design and Construction : Building Information Modeling. New York, McGraw-Hill Construction.

McGraw-Hill Construction Research and Analytics (2008). SmartMarket Report Design and Construction : Building Information Modeling. New York, McGraw-Hill Construction.

Memon, A. H., et al. (2014). "BIM in Malaysian Construction Industry: Status, Advantages, Barriers and Strategies to Enhance the Implementation Level." Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 8(5)(2014): 606-614.

Mendez, R. (2006). The Building Information Model in Facilities Management. Department of Civil Engineering. United State, Worcester Polytechic Institute. **Master's Degree**.

Mom, M., et al. (2011). "On Decision-Making and Technology-Implementing Factors for BIM Adoption." International Conference on Construction Applications of Virtual Reality.

National Institute of Building Sciences BuildingSMART alliance™ (2012). Nationnal Building Information Modeling Standard™.

National Institute of Standard and Technology, N. (1999). "UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating, and Cost Analysis."

NBIMS, T. N. B. I. M. S. (2007). National Building Information Modeling Standard Version 1-Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. USA.

New York City Department of Design and Construction (2012). New York BIM Guidelines. New York, Thomson Ave.

Olatunji, O., A., and E. Sher, D, (2010). "The Application of Building Information Modeling inFacilities Management." IGI Global 10.

Open Geospatial Consortium (OGC) (2012). "OGC City Geography Markup Language (CityGML) En-coding Standard." from http://www.opengeospatial.org/legal/.

Royal Institution of Chartered Surveyors (1996). Elements for Design and Build. England.

Salleh, H. and W. P. Fung (2014). "Building Information Modelling application: focus-group discussion." GRAĐEVINAR 66:8: 705-714.

Sebastian R, a. V. B. L. (2010). "Benchmarking BIM Performance of Design, Engineering and Construction Firms in The Netherlands." Architectural, Engineering and Desing Management 6: 254-263.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Succar, B. and M. Kassem (2015). "Macro-BIM adoption: Conceptual structures." Automation in Construction: 64-79.

Teicholz, P. (2013). BIM for Facility Managers. New Jersey, John Wiley & Sons.

The British Standard Institution (Bsi) (2013). Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. England.

The International Facility Management Association, I. (1980). "The International Facility Management Association." from https://www.ifma.org/.

The OmniclassTM A Strategy for Classifying the Built Environment (2006). OmniclassTM A Strategy for Classifying the Built Environment USA.

The OmniClassTM Construction Classification System (2012). OmniClass A Strategy for Classifying the Built Environment: Table 21-Elements. USA.

Zahrizan, Z., et al. (2014). "Exploring the Barriers and Driving Factors in Implementing Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian Construction Industry: A Preliminary Study." The Journal of The Institution of Engineers, Malaysia 75(June 2014).

ธณัชชา สุขขี (2554). การศึกษาเลือใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย. ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาศิลปากร. ปริญญานิพนธ์ มหาบัณฑิต.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บัณฑิต จุลาสัย and เสริชย์ โชติพานิช (2547). กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัณฑิต จุลาสัย and เสริชย์ โชติพานิช (2547). การบริหารทรัพยากรกายภาพ. กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วสท., ว. (2553). มาตรฐานการจัดเตรียมแบบสร้างจริงละคู่มือเจ้าของอาคาร. กรุงเทพมหานคร, บริษัท โกลบอลกราฟฟิค จำกัด.

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ผลการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานจริงเกี่ยวกับกระบวนการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริงโดยทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ผลการสัมภาษณ์

ผลจากการสัมภาษณ์หัวหน้าหน่วยแบบ (นิพนธ์ อรุณธรรมนาค, **สัมภาษณ์**, 20 ตุลาคม 2557)

<u>ปัญหาการจัดทำแบบก่อสร้างจริงในปัจจุบัน</u>

(1) ไม่มีการปรับแบบ shop drawing ให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ ทำให้การจัดทำแบบก่อสร้างจริงใช้เวลามากขึ้นเพื่อทำการตรวจสอบและปรึกษากันระหว่างผู้มีส่วนร่วม ถึงการเปลี่ยนแปลงที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว

(2) การสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสถาปนิก คนทำแบบ และวิศวกร เกินการตกหล่น ข้อมูลสูญหายในบางครั้ง

(3) การใช้ความจำ และการเดินดูหน้างาน เพื่อทำแบบก่อสร้างจริงอาจจะทำให้แบบคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับความเป็นจริง ทำให้เสียเวลาในการตรวจสอบ และแก้ไขให้ถูกต้อง

<u>ปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำ BIM มาใช้</u>

(1) การกระจายค่าใช้จ่ายของ BIM

(2) หน้าที่ ความรับผิดชอบ ในการรวบรวมและจัดการข้อมูลเพื่อนำมาจัดทำแบบก่อสร้างจริงควรจะเป็นฝ่ายใดที่รับผิดชอบ

(3) แบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ใช้ในการประมูลควรจะส่งมอบให้ผู้รับจ้างพัฒนาต่อหรือไม่ หรือควรให้ผู้รับจ้างพัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการก่อสร้าง หรือควรจะมีคนกลางในการพัฒนาแบบจำลองในระหว่างการก่อสร้างหรือไม่

(4) ข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่เพียงพอที่จะทำ BIM หรือไม่

(5) หน้าที่ ความรับผิดชอบในการดูแล ปรับปรุงแบบจำลองให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอตลอดการก่อสร้างอาคาร ควรจะเป็นฝ่ายใดที่รับผิดชอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อธิบายเพิ่มเติมจากรูป ก1

(1) ขั้นตอนการจัดทำร่างแบบก่อสร้างจริง ผู้รับจ้างก่อสร้าง/ติดตั้งงานระบบ จัดทำร่างแบบก่อสร้างจริง และส่งให้ที่ปรึกษาเจ้าของอาคารเพื่อตรวจสอบ

(2) ขั้นตอนการตรวจสอบร่างแบบก่อสร้างจริง ตัวแทนเจ้าของโครงการโดย สถาปนิก/วิศวกรที่รับผิดชอบ ทำการตรวจสอบร่างแบบก่อสร้างจริง โดยที่

(2.1) หากมีการแก้ไข ตัวแทนเจ้าของโครงการโดย สถาปนิก/วิศวกรที่รับผิดชอบจะทำการระบุรายละเอียดการแก้ไขและส่งกลับให้ผู้รับจ้างก่อสร้าง ดำเนินการแก้ไขตามรายละเอียดที่ระบุให้

(2.2) เมื่อผู้รับจ้างแก้ไขครบถ้วนและสมบูรณ์แล้ว จึงส่งคืนให้ตัวแทนเจ้าของโครงการตรวจสอบ เมื่อการแก้ไขครบถ้วนและสมบูรณ์แล้ว จึงส่งคืนให้ผู้รับจ้างก่อสร้างดำเนินการรวบรวมและจัดพิมพ์ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริง

(3) ขั้นตอนการรวบรวมและจัดพิมพ์ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริง ผู้รับจ้างก่อสร้าง รวบรวมและจัดพิมพ์ต้นฉบับแบบก่อสร้างจริงจนกระทั่งครบถ้วนแล้วจึงลงนามรับรองแบบก่อสร้างจริง และส่งต้นฉบับให้ตัวแทนเจ้าของโครงการ

(4)ขั้นตอนการอนุมัติแบบก่อสร้างจริง ตัวแทนเจ้าของโครงการโดยสถาปนิก/วิศวกร ทำการตรวจสอบขั้นสุดท้ายและลงนามรับรองการตรวจแบบก่อสร้างจริง พร้อมรายงานต่อวิศวกรโครงการเพื่อให้ความเห็นชอบ ก่อนส่งต้นฉบับคืนให้แก่ผู้รับจ้างก่อสร้าง

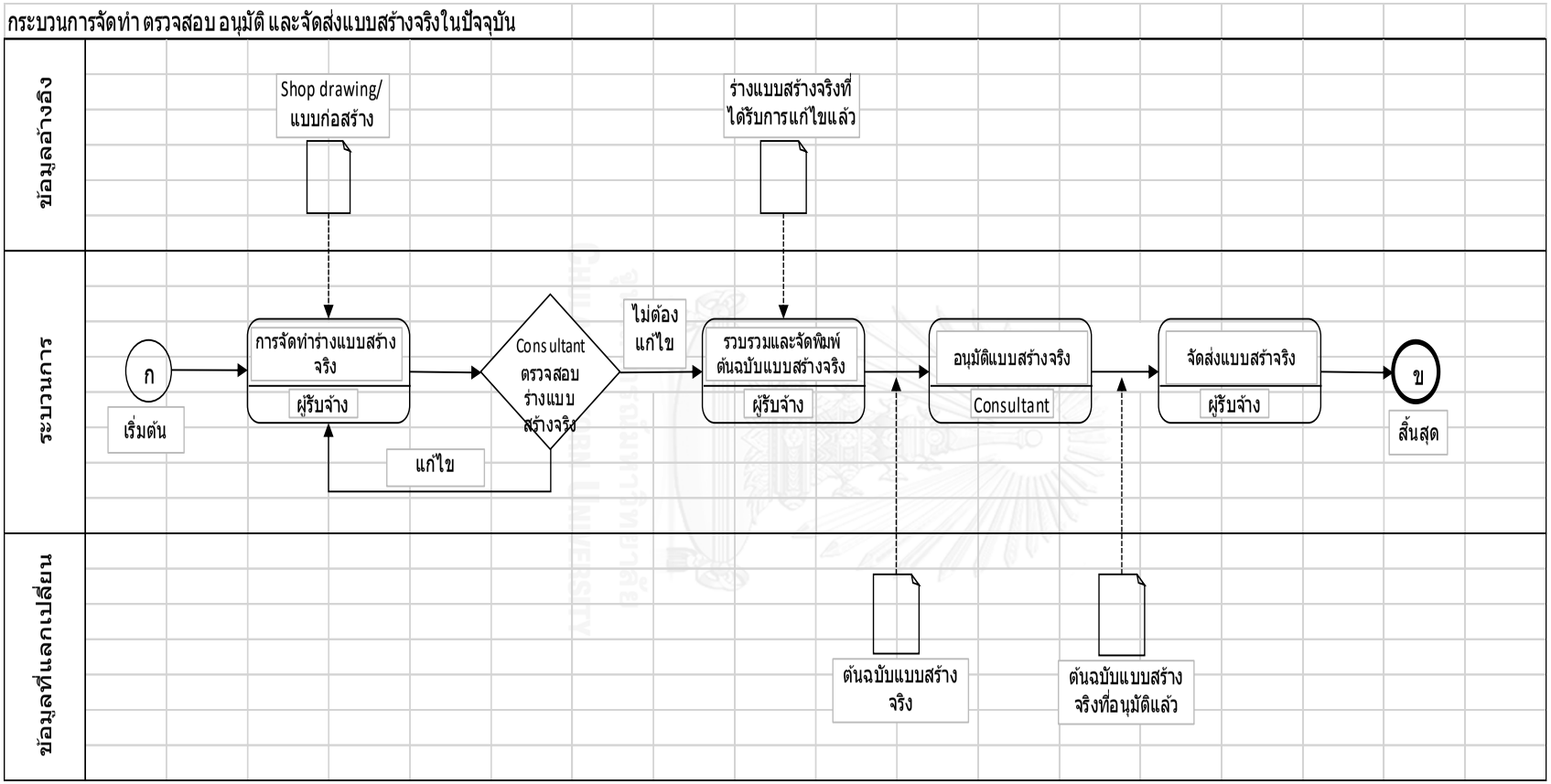
(5) ขั้นตอนการจัดส่งแบบก่อสร้างจริง ผู้รับจ้างก่อสร้างจัดทำสำเนาแบบก่อสร้างจริง ตามรูปแบบและจำนวนที่ระบุในสัญญา และส่งต้นฉบับพร้อมสำเนาทั้งหมดพร้อมหนังสือนำส่งให้เจ้าของโครงการ โดยส่งสำเนาให้ตัวแทนเจ้าของโครงการ 1 ชุด

สรุปการสัมภาษณ์เบื้องต้น

จากการสัมภาษณ์แสดงให้เห็นปัญหาหลักของการดำเนินงานคือการสื่อสารและการแลกเปลี่ยนสารสนเทศระหว่างผู้มีส่วนร่วมในงานก่อสร้าง และการเก็บข้อมูล ในบางครั้งเกิดการทำเอกสารตกหล่น อีกทั้งกระบวนการจัดทำแบบก่อสร้างจริงในปัจจุบันทำให้การนำแนวคิด BIM มา

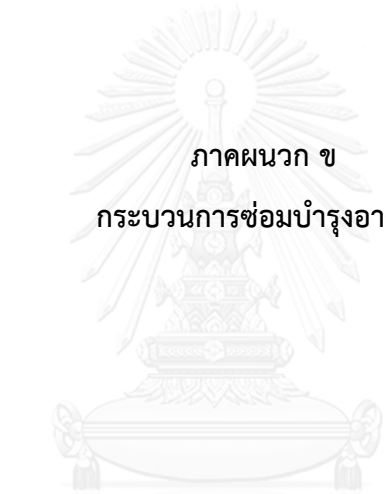
ประยุกต์ใช้ได้ยาก จึงควรมีการปรับปรุงขั้นตอนและกระบวนการเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและการใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ ก1 กระบวนการดำเนินงานจัดทำแบบสร้างจริง

ภาคผนวก ข
กระบวนการซ่อมบำรุงอาคาร



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

กระบวนการซ่อมบำรุงอาคาร

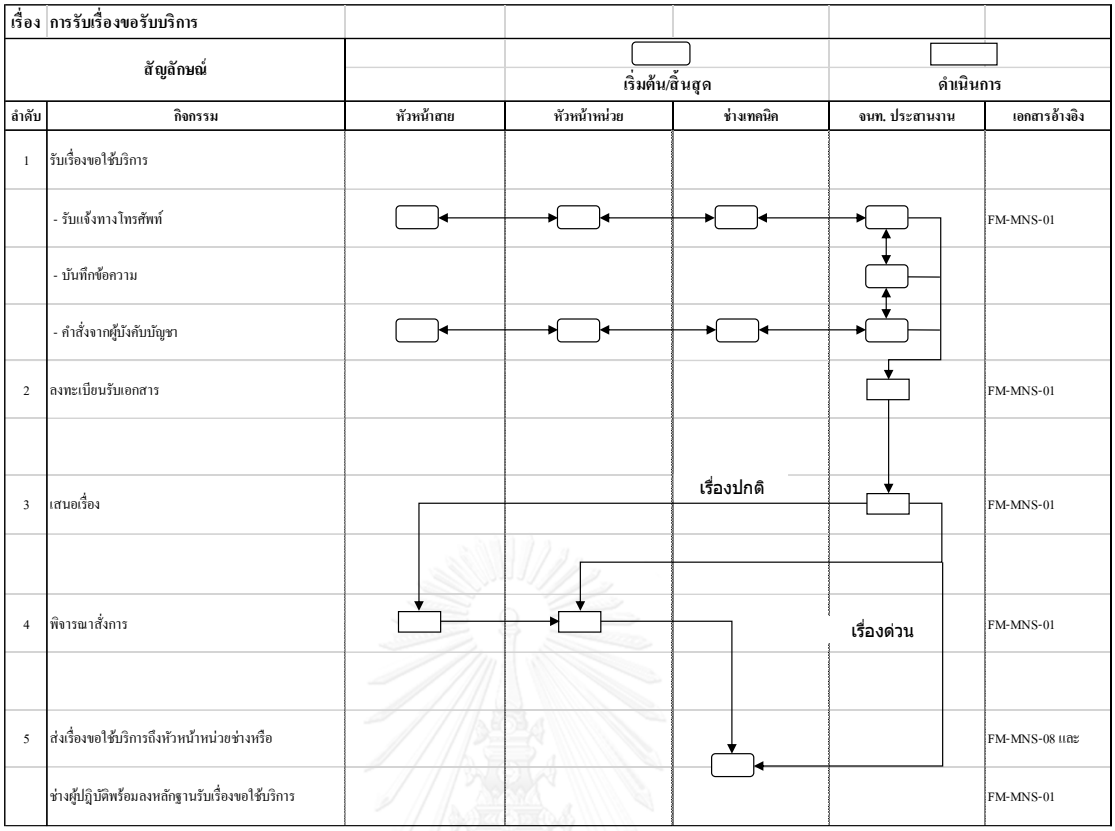
ตารางที่ ข1 การให้บริการซ่อมบำรุง

เรื่อง : การให้บริการซ่อมบำรุง	
5. รายละเอียดเอกสารอ้างอิง	
SD-MNS-01	เอกสารแสดงขอบเขตและภาระงานของสายงานซ่อมบำรุง
JD-MNS-(01-52)	เอกสารแสดงภาระหน้าที่ของเจ้าหน้าที่สายงานซ่อมบำรุง
WI-MNS-01	เอกสารแสดงขั้นตอนการรับเรื่องขอใช้บริการ
WI-MNS-02	เอกสารแสดงขั้นตอนการบริการซ่อม
WI-MNS-03	เอกสารแสดงขั้นตอนการบริการบำรุงรักษา
WI-MNS-04	เอกสารแสดงขั้นตอนการบริการควบคุมการใช้งานระบบในอาคาร
WI-MNS-05	เอกสารแสดงขั้นตอนการคิดค่าน้ำ-ค่าไฟฟ้า
FM-MNS-01	เอกสารแสดงรายละเอียดการขอใช้บริการทางโทรศัพท์และแสดงรายงานผลการปฏิบัติงานของช่าง
FM-MNS-08	เอกสารการรับเรื่องขอใช้บริการระหว่างเจ้าหน้าที่รับเรื่องกับช่างผู้ปฏิบัติและแสดงเวลารับเรื่องและงานแล้วเสร็จ

Chulalongkorn University

ตารางที่ ข2 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

เรื่อง : ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (การรับเรื่องขอใช้บริการ)		
1.ผู้รับผิดชอบ เจ้าหน้าที่สายงานซ่อมบำรุง		
2. ขั้นตอนผู้รับผิดชอบวิธีดำเนินการ เอกสารอ้างอิง		
ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	เอกสารอ้างอิง
2.1 เจ้าหน้าที่สายงานซ่อมบำรุง	รับเรื่องขอใช้บริการ	
- เจ้าหน้าที่สายงานซ่อมบำรุง	- กรณีรับแจ้งทางโทรศัพท์ขอรายละเอียดผู้ขอรับบริการให้ได้ข้อมูลตามแบบฟอร์ม	FM-MNS-01
- เจ้าหน้าที่ประสานงาน	- บันทึกข้อความจากผู้ขอใช้บริการ	
- เจ้าหน้าที่สายงานซ่อมบำรุง	- คำสั่งจากผู้บังคับบัญชา	
2.2 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	ลงทะเบียนรับเอกสาร	FM-MNS-02
2.3 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	เสนอเรื่อง	
	- เรื่องปกติไปขั้นตอนที่ 2.4 ตามลำดับ	
	- เรื่องเร่งด่วนประทับตรา "ด่วนมาก" ส่งเรื่องให้หัวหน้าหน่วยช่างหรือช่างผู้ปฏิบัติทันทีที่ขั้นตอนที่ 2.5 ตามลำดับ	
2.4 หัวหน้าสายงาน	พิจารณาสั่งการ	
2.5 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	ส่งเรื่องขอใช้บริการถึงหัวหน้าหน่วยช่างหรือช่างผู้ปฏิบัติพร้อมลงหลักฐานรับเรื่องขอใช้บริการ	FM-MNS-08
3. รายละเอียดเอกสารอ้างอิง		
	FM-MNS-01	เอกสารแสดงรายละเอียดการขอใช้บริการทางโทรศัพท์และแสดงรายงานผลการปฏิบัติงานช่าง
	FM-MNS-02	เอกสารแสดงหลักฐานการรับเรื่องจากภายนอก
	FM-MNS-08	เอกสารแสดงหลักฐานการรับเรื่องขอใช้บริการระหว่างเจ้าหน้าที่รับเรื่องกับช่างผู้ปฏิบัติและแสดงเวลารับเรื่องและงานแล้วเสร็จ



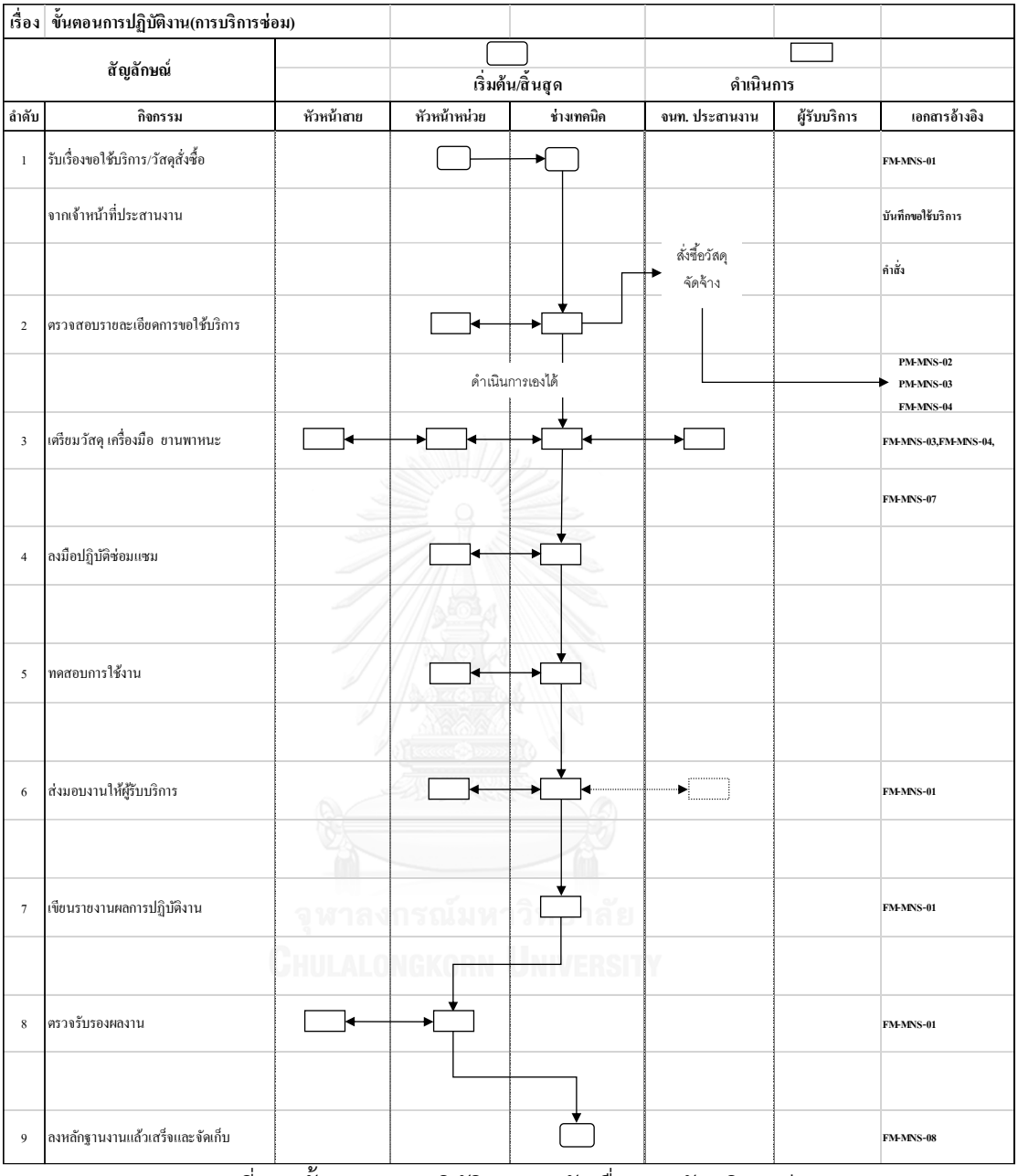
ภาพที่ ข1 กระบวนการรับเรื่องขอรับบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข3 รายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานการรับเรื่องของรับบริการซ่อม

เรื่อง : ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (การบริการซ่อม)		
1. ผู้รับผิดชอบ : หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท		
2. ขั้นตอนผู้รับผิดชอบวิธีดำเนินการ เอกสารอ้างอิง		
ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	เอกสารอ้างอิง
2.1 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	รับเรื่องขอใช้บริการจากเจ้าหน้าที่ประสานงาน	FM-MNS-01 บันทึกข้อความจากผู้ใช้บริการ คำสั่งจากผู้บังคับบัญชา
	- ลงหลักฐานการรับเรื่องขอใช้บริการ	FM-MNS-08
2.2 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	ตรวจสอบรายละเอียดการขอใช้บริการ - สำรวจจากข้อมูลเดิม - สำรวจจากสถานที่จริง หากดำเนินการเองได้ให้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปและหากต้องสั่งซื้อวัสดุให้ไปทำตามขั้นตอน PM-MNS-02 และหากต้องจัดจ้างให้ดำเนินการตาม PM-MNS-03	PM-MNS-02,PM-MNS-03,FM-MNS-04
2.3 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	เตรียมเครื่องมือ วัสดุ ยานพาหนะ	
	- เบิกวัสดุที่จำเป็น	FM-MNS-03
	- เบิกเครื่องมือที่จำเป็น	FM-MNS-07
2.4 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	ลงมือปฏิบัติซ่อมแซมจนแล้วเสร็จตามหลักวิชาชีพช่าง	
2.5 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	ทดสอบการใช้งาน	

2.6 ช่างแต่ละประเภทและผู้รับบริการ	ส่งมอบงานให้กับผู้รับบริการโดยให้ลงนามรับรองผลงานและเสนอแนะผลการปฏิบัติงานของช่างผู้ปฏิบัติ	FM-MNS-01
2.7 ช่างแต่ละประเภท	เขียนรายงานผลการปฏิบัติงานและนำข้อเสนอแนะและผลการรับรองผลงานจากผู้รับบริการเสนอผู้บังคับบัญชา	FM-MNS-01
2.8 หัวหน้าสายงานหัวหน้าหน่วยช่าง	ตรวจรับรองผลงานและสั่งการนำเข้าระบบการจัดเก็บข้อมูล	FM-MNS-01
2.9 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	ลงหลักฐานงานแล้วเสร็จและจัดเก็บ	FM-MNS-08
3. รายละเอียดเอกสารอ้างอิง		
PM-MNS-02	เอกสารแสดงขั้นตอนการซื้อวัสดุ	
PM-MNS-03	เอกสารแสดงขั้นตอนการจัดจ้างซ่อมบำรุง	
FM-MNS-01	เอกสารแสดงรายละเอียดการขอใช้บริการทางโทรศัพท์และแสดงรายงานผลการปฏิบัติงานช่าง	
FM-MNS-03	เอกสารแสดงรายละเอียดการเบิกวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงาน	
FM-MNS-04	เอกสารแสดงรายละเอียดของวัสดุที่ต้องการซื้อ	
FM-MNS-07	เอกสารแสดงรายละเอียดการยืมเครื่องมือที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน	
FM-MNS-08	เอกสารแสดงหลักฐานการรับเรื่องขอใช้บริการระหว่างเจ้าหน้าที่รับเรื่องกับช่างผู้ปฏิบัติและแสดงเวลารับเรื่องและงานแล้วเสร็จ	



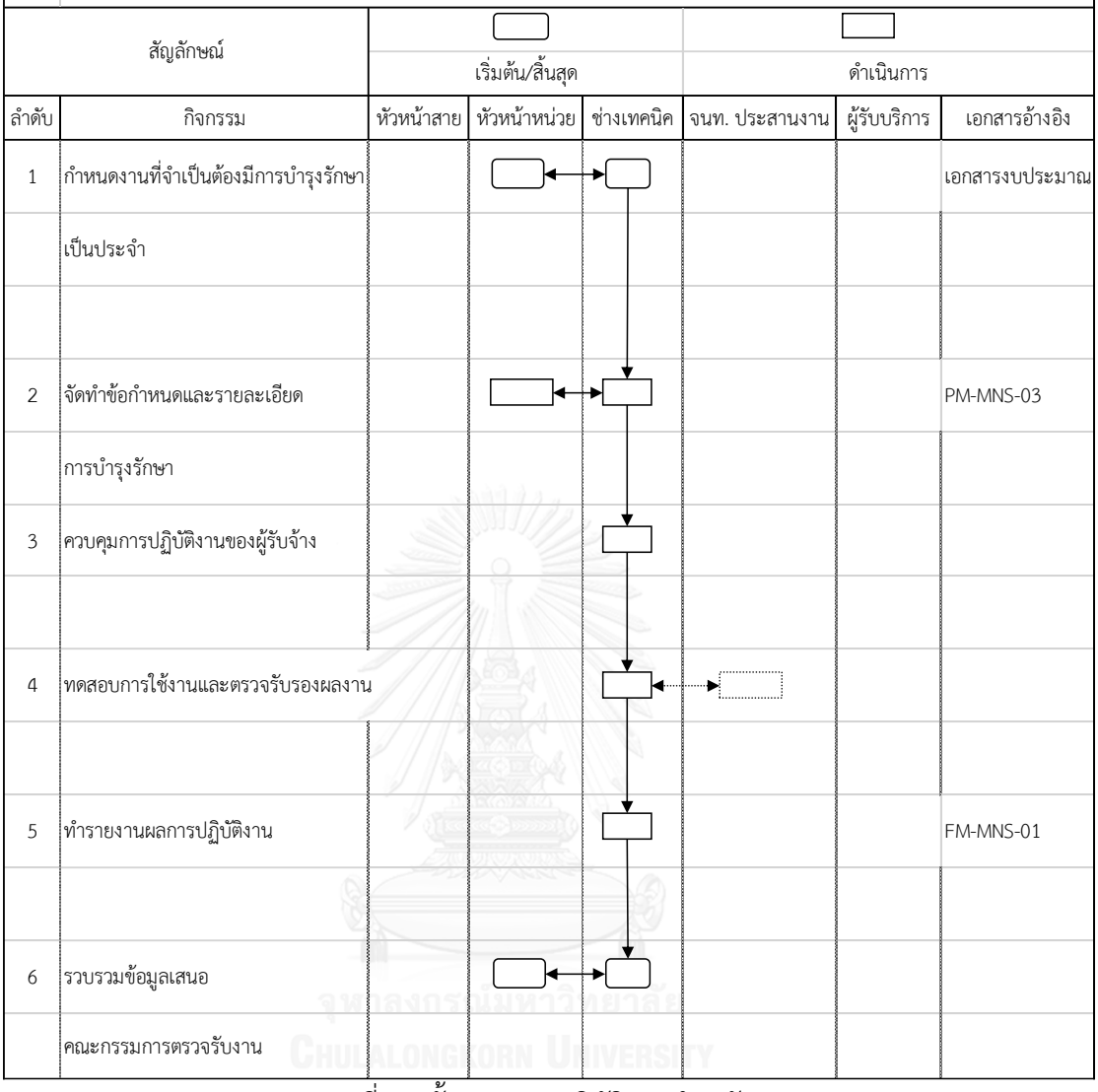
ภาพที่ ข2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานการรับเรื่องของรับบริการซ่อม

ตารางที่ ข4 รายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานบำรุงรักษา

เรื่อง : ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ช่างบำรุงรักษา)		
1. ผู้รับผิดชอบ :หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท 2. ขั้นตอนผู้รับผิดชอบวิธีดำเนินการ เอกสารอ้างอิง		
ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	เอกสารอ้างอิง
2.1 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	กำหนดระบบที่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาเป็นประจำได้แก่ - ระบบเครื่องปรับอากาศ - ระบบลิฟต์ - ระบบดับเพลิง - ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เอกสารงบประมาณประจำปี 25xx
2.2 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	จัดทำข้อกำหนดและรายละเอียดในการจัดจ้างบำรุงรักษา - ระยะเวลาที่แน่นอนในการบำรุงรักษา - รายละเอียดที่ต้องปฏิบัติขณะเข้าทำการบำรุงรักษา	PM-MNS-03
2.3 ช่างแต่ละประเภท	ควบคุมการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างให้เป็นไปตามข้อกำหนด	FM-MNS-01
2.4 ช่างแต่ละประเภท	ทดสอบการใช้งานและตรวจรับรองผลการปฏิบัติงาน ของผู้รับจ้าง	
2.5 ช่างแต่ละประเภท	ทำรายงานผลการปฏิบัติงานและนำข้อเสนอแนะ(หากมี) เสนอผู้บังคับบัญชา	FM-MNS-01
2.6 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	รวบรวมข้อมูลเสนอคณะกรรมการตรวจรับงาน	
3. รายละเอียดเอกสารอ้างอิง FM-MNS-01 เอกสารแสดงรายละเอียดการขอใช้บริการทางโทรศัพท์และแสดงรายงานผลการปฏิบัติงานช่าง PM-MNS-03 เอกสารแสดงขั้นตอนการจัดจ้างซ่อมบำรุง		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เรื่อง	ขั้นตอนการปฏิบัติงานบำรุงรักษาเป็นประจำ						
สัญลักษณ์		เริ่มต้น/สิ้นสุด			ดำเนินการ		
ลำดับ	กิจกรรม	หัวหน้าสาย	หัวหน้าหน่วย	ช่างเทคนิค	จนท. ประสานงาน	ผู้รับบริการ	เอกสารอ้างอิง
1	กำหนดงานที่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา						เอกสารงบประมาณ
	เป็นประจำ						
2	จัดทำข้อกำหนดและรายละเอียด						PM-MNS-03
	การบำรุงรักษา						
3	ควบคุมการปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง						
4	ทดสอบการใช้งานและตรวจรับรองผลงาน						
5	ทำรายงานผลการปฏิบัติงาน						FM-MNS-01
6	รวบรวมข้อมูลเสนอ						
	คณะกรรมการตรวจรับงาน						



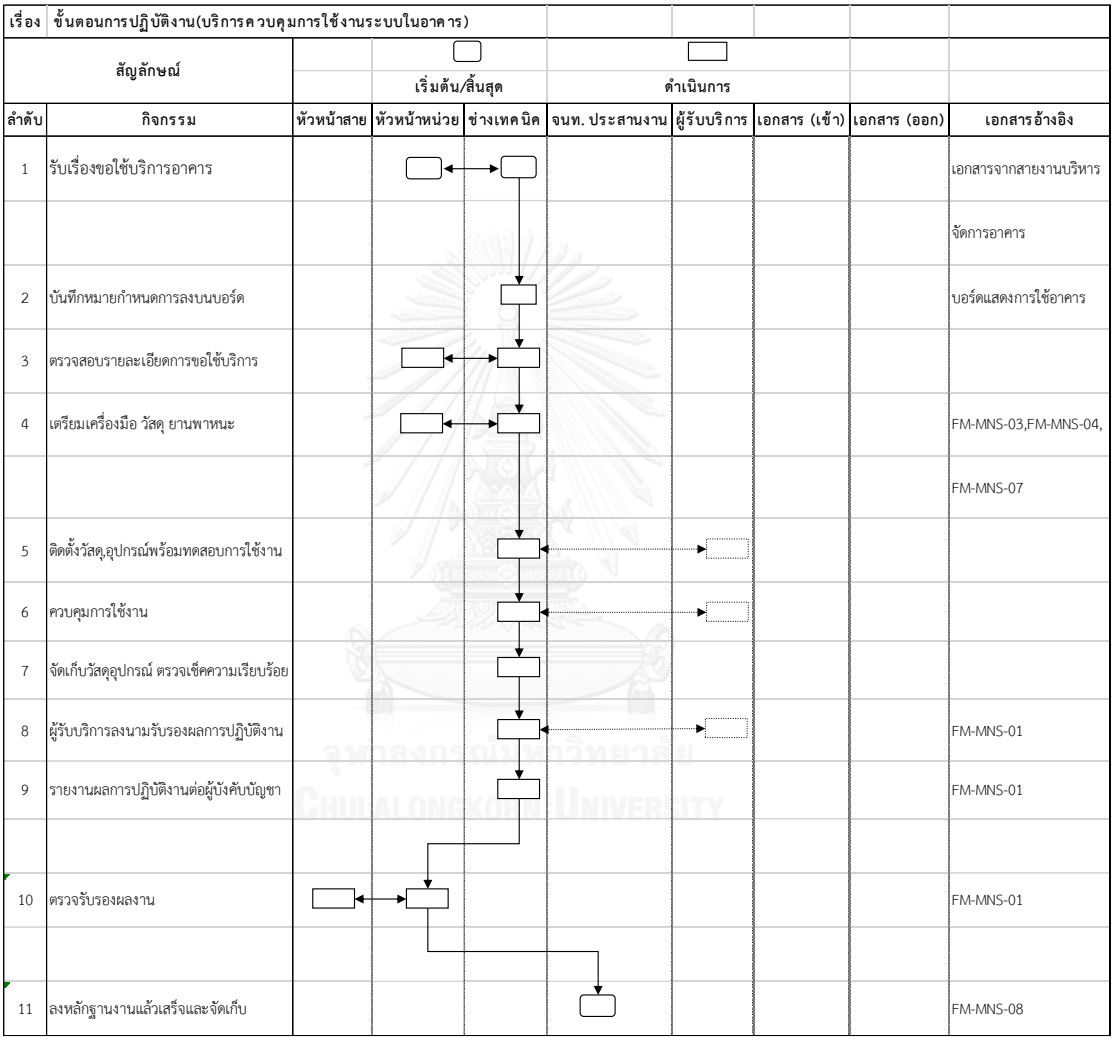
ภาพที่ ข3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานบำรุงรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข5 รายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานบริการควบคุมการใช้งานระบบในอาคาร

เรื่อง : ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (บริการควบคุมการใช้งานระบบในอาคาร)		
1. ผู้รับผิดชอบ :หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท 2. ขั้นตอนผู้รับผิดชอบวิธีดำเนินการ เอกสารอ้างอิง		
ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	เอกสารอ้างอิง
2.1 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	ได้รับเรื่องขอใช้บริการอาคาร	(เอกสารจากสายงานบริหารจัดการอาคาร)
2.2 ช่างแต่ละประเภท	บันทึกกำหนดการ การใช้งานลงบนบอร์ดแสดงการใช้งานอาคารที่ติดตั้งอยู่ที่หน่วยงาน	บอร์ดแสดงการใช้งานอาคาร
2.3 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	ตรวจสอบรายละเอียดการขอใช้บริการกับผู้ขอรับบริการ - วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ - รูปแบบการใช้งาน	
2.4 หัวหน้าหน่วยช่างและช่างแต่ละประเภท	จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ ยานพาหนะ	FM-MNS-03,FM-MNS-05, FM-MNS-07
2.5 ช่างแต่ละประเภท	ติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ตามที่ผู้รับบริการแสดงความต้องการก่อนการใช้งานจริงพร้อมทดสอบการใช้งาน	
2.6 ช่างแต่ละประเภท	ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานอาคารจนแล้วเสร็จ	
2.7 ช่างแต่ละประเภท	จัดเก็บวัสดุ อุปกรณ์พร้อมตรวจเช็คความเรียบร้อยของอุปกรณ์	
2.8 ช่างแต่ละประเภท	รับรองผลงานโดยให้ผู้รับบริการลงนามรับรองในเอกสารใบปฏิบัติงาน	FM-MNS-01
2.9 ช่างแต่ละประเภท	จัดทำรายงานผลการปฏิบัติงานเสนอผู้บังคับบัญชา	FM-MNS-01
2.10 หัวหน้าสายงานหัวหน้าหน่วยช่าง 2.11 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	ตรวจรับรองผลงานและสั่งการนำเข้าระบบการจัดเก็บข้อมูล ลงหลักฐานงานแล้วเสร็จและจัดเก็บ	FM-MNS-01 FM-MNS-08
3. รายละเอียดเอกสารอ้างอิง		
FM-MNS-01	เอกสารแสดงรายละเอียดการขอใช้บริการทางโทรศัพท์และแสดงรายงานผลการปฏิบัติงานช่าง	
FM-MNS-03	เอกสารแสดงรายละเอียดการเบิกวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงาน	

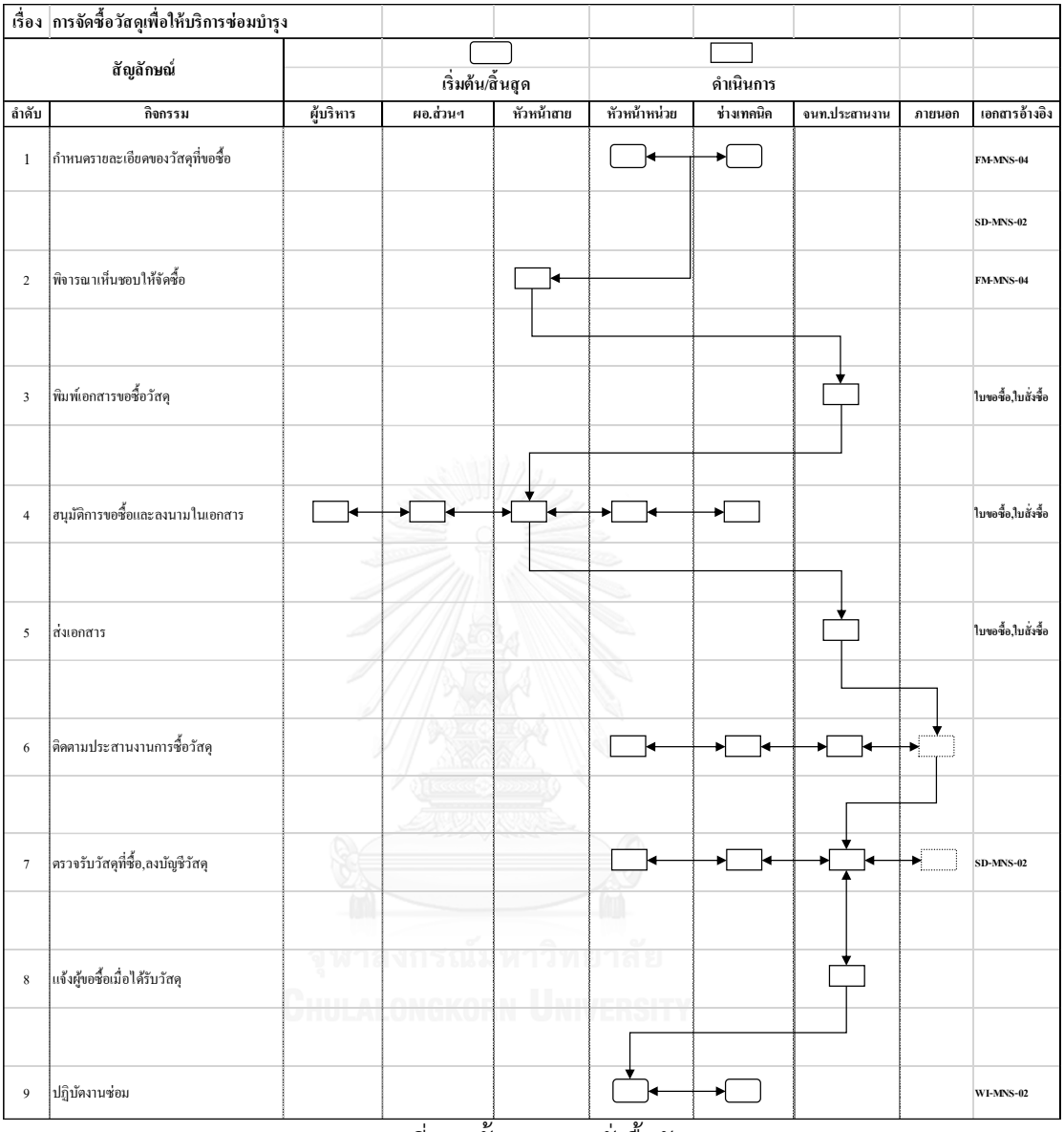
FM-MNS-04	เอกสารแสดงรายละเอียดของวัสดุที่ต้องการซื้อ
FM-MNS-07	เอกสารแสดงรายละเอียดการยืมเครื่องมือที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน
FM-MNS-08	เอกสารแสดงหลักฐานการรับเรื่องขอใช้บริการระหว่างเจ้าหน้าที่รับเรื่องกับช่างผู้ปฏิบัติและแสดงเวลารับเรื่องและงานแล้วเสร็จ



ภาพที่ ข4 ขั้นตอนการปฏิบัติงานบริการควบคุมการใช้งานระบบในอาคาร

ตารางที่ ข6 รายละเอียดขั้นตอนการสั่งซื้อวัสดุ

เรื่อง : ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ขั้นตอนการสั่งซื้อวัสดุ)		
1. วัตถุประสงค์		
เพื่อกำหนดให้มีขั้นตอนการสั่งซื้อวัสดุเพื่อให้บริการเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงรักษาเป็นไปอย่างถูกต้องรวดเร็ว และถูกระเบียบวิธีปฏิบัติตอบสนองต่อการให้บริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ		
2. ขอบเขต		
ครอบคลุมวัสดุที่ใช้งานในอาคารและสถานที่ ในส่วนที่ส่วนอาคารและสถานที่สำนักบริหารระบบกายภาพรับผิดชอบ		
3. คำจำกัดความ/คำย่อไม่มี		
4. ขั้นตอนผู้รับผิดชอบวิธีดำเนินการ เอกสารอ้างอิง		
ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	เอกสารอ้างอิง
4.1 หัวหน้าหน่วย ช่างแต่ละประเภท	กำหนดรายละเอียดความต้องการของวัสดุลงในใบขอซื้อวัสดุ	FM-MNS-04, SD-MNS-02
4.2 หัวหน้าสายงาน	พิจารณาเห็นชอบอนุมัติให้จัดซื้อ	FM-MNS-04
4.3 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	จัดพิมพ์เอกสารขอซื้อวัสดุ	ใบขอซื้อ,ใบสั่งซื้อ
4.4 ผู้บริหาร ผอ.ส่วนหัวหน้าสายงาน ผู้ขอซื้อ	อนุมัติการขอซื้อและลงนามในเอกสารขอซื้อวัสดุ	ใบขอซื้อ,ใบสั่งซื้อ
4.5 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	จัดส่งเอกสารขอซื้อไปยังหน่วยงานเหนือขึ้นไป	ใบขอซื้อ,ใบสั่งซื้อ
4.6 หัวหน้าหน่วยช่างช่างแต่ละประเภทเจ้าหน้าที่ประสานงาน	ติดตามประสานงานกับหน่วยงานทำหน้าที่จัดซื้อ	
4.7 หัวหน้าหน่วยช่างช่างแต่ละประเภท เจ้าหน้าที่ประสานงาน	ตรวจสอบและรับวัสดุที่ฝ่ายจัดซื้อนำส่ง, ลงบัญชีวัสดุ	SD-MNS-02
4.8 เจ้าหน้าที่ประสานงาน	แจ้งหน่วยช่างผู้ขอซื้อวัสดุนั้นๆว่าวัสดุที่จัดซื้อได้รับแล้ว	
4.9 หัวหน้าหน่วยช่าง ช่างแต่ละประเภท	ช่างปฏิบัติงานซ่อมตามขั้นตอน WI-MNS-02	
5. รายละเอียดเอกสารอ้างอิง		
FM-MNS-04	เอกสารแสดงรายละเอียดวัสดุที่ต้องการจัดซื้อ	
SD-MNS-02	เอกสารแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนและชนิดของวัสดุที่นำเข้าและจ่ายออก	



ภาพที่ ข5 ขั้นตอนการสั่งซื้อวัสดุ

ภาคผนวก ค

สรุปสัมภาษณ์กระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างก่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
สรุปสัมภาษณ์กระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในระหว่างก่อสร้าง

ผลการสัมภาษณ์ในงานวิจัยนี้ได้จากการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการนำแนวคิด BIM มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยมุ่งเน้นในหัวข้อการพัฒนาแบบจำลองสร้างจริง โดยการสัมภาษณ์บุคคล และบริษัทรวมทั้งหมด 14บริษัท โดยทุกบริษัทนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างและนำแนวคิด BIM มาปฏิบัติใช่ในการก่อสร้าง โดยแบ่งฝ่ายที่เกี่ยวข้องออกเป็น 6 ประเภท ประกอบด้วย (1) ผู้ว่าจ้าง (owner), (2) ผู้พัฒนาที่ดิน (developer), (3) ผู้รับจ้างก่อสร้าง (contractor), (4) ที่ปรึกษาโครงการ (construction management), (5) ผู้รับจ้างก่อสร้างช่วง (sub-contractor), และ (6) ที่ปรึกษาด้าน BIM (BIM consultant) เนื่องจากตามหลักงานวิจัยที่มาจากความคิดเห็นของผู้มีประสบการณ์จึงไม่สามารถเปิดเผยชื่อบริษัทและชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ได้ ประกอบกับแต่ละบริษัทที่ให้สัมภาษณ์นั้นไม่ต้องการเปิดเผยข้อมูล จึงใช้คำเรียกแทนบริษัท และผู้ให้สัมภาษณ์แทน รายละเอียดสรุปเนื้อหาสัมภาษณ์ของแต่ละบริษัทแสดงในตารางที่ ค2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค1 รายละเอียดบริษัทให้สัมภาษณ์

ลำดับ	ชื่อบริษัท	ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์	ตำแหน่ง	ประสบการณ์ด้าน BIM
1	Magnolia Quality Development Corporation Limited (developer 1)	ปราเมษฐ์ ทันวงศ์ เจนวิทย์ พงศ์จรรยานุกูล จักรกฤษณ์ ติเรกวัฒนชัย	Assistance vice president Project development manager Project engineer	2 ปี
2	บริษัท พฤกษา เรียล เอสเตท จำกัด (developer 2)	ดร. พร วิรุฬห์รักษ์	ที่ปรึกษาด้าน BIM	6 ปี
3	บริษัท แอล พี เอ็น ดี เวลลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน) (developer 3)	ดร. ธิติ วัชรสินธพชัย ธีระพงค์ ชิรวานิช	Senior executive CEO business & operational strategy division Innovation manager	2 ปี
4	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (developer 4)	นายอนุรักษ์ แก้วมีแสง	หัวหน้ากลุ่มภารกิจซ่อมบำรุง	ไม่มี
5	Sino-Thai Engineering & Construction Public Co., Ltd. (contractor 1)	Athasit Sirisonthi อุทัย จักขุรักษ์	Project Engineer Project Engineer	4 ปี
6	Thai-Obayashi Corporation Limited (contractor 2)	พีร ดลพนิต	หัวหน้าอาวุโสสถาปนิก	7ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค1 (ต่อ) รายละเอียดบริษัทให้สัมภาษณ์

ลำดับ	ชื่อบริษัท	ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์	ตำแหน่ง	ประสบการณ์ด้าน BIM
7	Christini & Nielsen Public Co., Ltd. (contractor 3)	สุรศักดิ์ ต้องโพนทอง สราวุฒ ชมจินดา	Assistance Project Engineer ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกออกแบบสถาปัตยกรรม	2 ปี
8	Bouygues-Thai Limited (contractor 4)	Mr. François Deguent	Design & Coordination Manager	3 ปี
9	บริษัท สุทัศน์ วิศวกรรม (1994) จำกัด (contractor 5)	ธวัชชัย เท่นมณี อานนท์ ฉลองชัยกุล	ผู้จัดการโครงการ สถาปนิกโครงการ	ไม่มี
10	บริษัท อาคาร 33 จำกัด (contractor 6)	วิชัย ประมวลสมบัติ เมธาวี ทรวงแสวง	ผู้จัดการโครงการ สถาปนิกโครงการ	ไม่มี
11	บริษัท เตียวฮงสีลม จำกัด	สุรพล อินทรวิเชียร ปัณณทัต ปัทสุวรรณ	AutoCAD Supervisor Engineering Manager	1 ปี
12	บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด (consultant 1)	ดร.ชฎิล จุฑาจินดาเขต สมชาย วงศ์สวัสดิ์	วิศวกรไฟฟ้าพลังน้ำ BIM Manager	3 ปี

ตารางที่ ค1 (ต่อ) รายละเอียดบริษัทให้สัมภาษณ์

ลำดับ	ชื่อบริษัท	ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์	ตำแหน่ง	ประสบการณ์ด้าน BIM
13	บริษัทวิสดอม คอนซัลติ้ง แอนด์ โซลูชั่น จำกัด (BIM consultant 1)	ดร. พร วิรุฬห์รักษ์ ณพล บุญจันต๊ะ ดร. สรรพวัฒน์ จตุพัฒน์วรางูร เบญญาทิพ มานะจิตต์	ผู้บริหารบริษัท Director of BIM department BIM consultant Senior Associate	6 ปี
14	JAI Grup Co., Ltd. (BIM consultant 2)	กิตติศักดิ์ อาภาภรณ์วิชานพ	BIM manager	8 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

Developer 1

วันที่สัมภาษณ์: 25/06/2558, 23/07/2558, และ 30/06/2559

ช่วงการก่อสร้างที่นำแนวคิด BIM มาใช้

ใช้ในช่วงก่อนการก่อสร้าง/ก่อนการประมูล เริ่มใช้จริงแล้ว

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

(1) ตรวจสอบการชนกันของวัตถุ (clash detection)

(2) ถอดปริมาณคร่าวๆ

(3) จัดทำตารางแผนงานภาพรวม

กระบวนการทำงาน

มอบหมายให้ผู้ออกแบบจัดทำ BIM หากบางบริษัทออกแบบไม่สามารถขึ้นแบบจำลองเองได้จะต้องทำการจ้างคนภายนอกบริษัทมาพัฒนาแบบจำลองให้ เริ่มต้นทาง developer จะเริ่มคุยในการ set template ก่อน จากนั้นในช่วง detail design จะนำแบบจำลองของแต่ละระบบมาเข้าโปรแกรม Narviswork เพื่อตรวจสอบ clash detection ถ้าเกิดข้อขัดแย้งจะจดรายการไว้เพื่อแจ้งในการประชุมแบบ เพื่อบอกปัญหาที่เกิดและให้แต่ละฝ่ายนำกลับไปแก้ไข จากนั้นนำแบบจำลองมาตรวจสอบอีกรอบ และจัดประชุมอีกครั้งจนกว่าจะได้แบบที่สมบูรณ์ (ปกตินัดประชุมแบบ 2 ครั้ง/สัปดาห์)

ฝ่ายที่รับหน้าที่พัฒนาแบบจำลองสร้างจริง

ผู้รับจ้างก่อสร้าง

ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

แบบจำลองด้านโครงสร้างไม่ใส่เหล็กเสริม ตรวจสอบการชนกันเพียงคอนกรีตและระบบท่อ ส่วนงานระบบจะขึ้นเฉพาะท่อที่ขนาดใหญ่มากเท่านั้น

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

ความเห็นเพิ่มเติม

ในอนาคตอยากต่อยอดไปใช้ถึงช่วง FM แต่ต้องดูลักษณะสิ่งก่อสร้างก่อน เพราะคอนโดการดูแลรักษาตึกไม่มากเท่าศูนย์การค้า หรือ ตึกที่เป็นสถานศึกษา

Developer 2

วันที่สัมภาษณ์: 29/01/2016, 12/02/2016

ช่วงการก่อสร้างที่นำแนวคิด BIM มาใช้

เริ่มออกแบบ (ปัจจุบัน) และตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ (ในอนาคต)

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

(1) ถอดปริมาณงานเพื่อคุม Budget และช่วยในการจัดเตรียมวัสดุ

(2) ทำแบบจำลองสามมิติ เพื่อเข้าโปรแกรม Allplan ของโรงงาน precast

(3) ทำให้ทุกคนเห็นภาพตรงกัน

(4) วิเคราะห์ที่ดิน/ทำผังบ้านจัดสรร (ในอนาคต)

(5) วางแผนการก่อสร้าง (ในอนาคต)

กระบวนการทำงาน

1.บ้านจัดสรร (ทีมออกแบบภายใน) โดยส่วนใหญ่ทีมออกแบบยังใช้แบบ 2D แล้วส่งให้ทางทีม BIM ขึ้นแบบจำลองเพื่อใช้ถอดปริมาณงานและเตรียมวัสดุจากนั้นส่งแบบไปทางโรงงานใช้ต่อไป ยังไม่มีการใช้แบบจำลองเพื่อการบริหารการก่อสร้าง แต่ตอนนี้กำลังผลักดันให้ทีมออกแบบส่งแบบเป็น BIM Model ทั้งหมด

2.คอนโด (ทีมออกแบบภายนอก) ในช่วงออกแบบทางองค์กรกำหนดว่าอยากได้แบบสุดท้ายเป็น BIM Model ทางผู้ออกแบบจะต้องทำการส่งแบบให้กับ BIM manager (outsource) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

ฝ่ายที่รับหน้าที่พัฒนาแบบจำลองสร้างจริง

ผู้รับจ้างก่อสร้าง (แผนในอนาคต)

ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

ขึ้นอยู่วัตถุประสงค์ที่ใช้: เมื่อใช้ตอนโชว์ผลในที่ประชุมไม่ควรใช้แบบจำลองที่ละเอียดมาก แต่ถ้าเป็นทางโรงงานต้องการแบบจำลองที่มีความละเอียดมาก (> LOD 400) ส่วนฝ่ายการตลาดอยากได้รูปแบบบ้านเพื่อลงโฆษณา

ความเห็นเพิ่มเติม

ในอนาคตอยากต่อยอดไปใช้ถึงช่วง FM แต่ต้องดูลักษณะสิ่งก่อสร้างก่อน เพราะคอนโดการดูแลรักษาตึกไม่มากเท่าศูนย์การค้า หรือ ตึกที่เป็นสถานศึกษา

Developer 3

วันที่สัมภาษณ์: 31/08/2015

มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด

ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

(1) เพื่อควบคุม budget

(2) เพื่อการตรวจสอบการชนกันของวัตถุ การดูแลรักษาอาคาร (อนาคต)

กระบวนการทำงาน

เริ่มต้นโดยให้ทีมออกแบบทำโดยใช้ BIM โดยมีแบ่งงานโดยใช้ระบบ work set ในโปรแกรม ระบบนี้เป็นการแบ่งการทำงานเพื่อให้งานต่อการจัดเก็บ เมื่อแบบเสร็จตามรายละเอียดที่กำหนด จากนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

จะให้ CM check clash detection จากนั้นจะนัดประชุมทีมออกแบบเพื่อแก้ไขแบบเบื้องต้น เมื่อแก้ไขแบบเสร็จจะทำการตรวจตรวจสอบแบบจำลอง และทำการถอดปริมาณต่อไป **ระดับความละเอียดของแบบจำลอง** M1/ BOQ1 : ทำ feasibility, เริ่มทำแบบจำลองของทางสถาปัตยกรรม (schematic design), ตรวจสอบความเสี่ยง M2/ BOQ2 : จัดทำแบบเพื่อการก่อสร้างของทุกระบบงาน ไม่ใส่เหล็กเสริม ส่วนงานท่อและโครงเหล็กใส่ในแบบด้วย ส่วนรายละเอียดใดที่สามารถถอดปริมาณได้ทางอ้อมก็ไม่ต้องใส่ เช่น งานบัว M3/ BOQ3 : As built ตึกเสมือนที่ก่อสร้างจริง **เนื้อหาเพิ่มเติม** consult ขององค์กรนี้ มีความแตกต่าง จาก CM ซึ่งงาน CM นี้จะอยู่ในส่วนของ contractor มากกว่า ในขณะนี้ได้เริ่มทดลองใช้ BIM มาประยุกต์ในการก่อสร้างแล้ว (เริ่มต้นประมาณเดือนกันยายน) โดยมีแนวโน้มหลักในการช่วยทำ scheduling/clash detection และในส่วนของการ monitoring โครงการอยู่ในขั้นตอนการศึกษา
Contractor 1 **วันที่สัมภาษณ์**: (2/7/2015) **มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด** ใช้ในช่วงออกแบบและก่อสร้าง **วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM** (1) จัดทำแบบก่อสร้าง (2) ช่วยให้ทุกฝ่ายมองเห็นเป้าหมายเดียวกัน (ช่วยเรื่องการมองภาพ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

(3) ใช้ project simulation

<u>กระบวนการทำงาน</u>

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) Turnkey (ออกแบบและก่อสร้าง) จ้างบริษัทออกแบบเป็น CAD หลังจากนั้นฝ่ายออกแบบนำแบบสัญญามาพัฒนาแบบจำลองเอง เพื่อใช้ในการตรวจสอบแบบ และเตรียมแบบก่อสร้าง

(2) ก่อสร้างเพียงอย่างเดียว เมื่อได้แบบระหว่างการประมูลจะนำมาขึ้นแบบจำลองเลยเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบ จากนั้นจะมองว่าโครงสร้างมีความซับซ้อนไหม หากมีจะทำการขึ้นแบบจำลองที่มีความละเอียดมาก เพราะต้องทำ Technical construction ส่งเจ้าของโครงการ

<u>ระดับความละเอียดของแบบจำลอง</u>

ภาพรวม : LOD 100 (รูปร่างภายนอก) LOD 200 Design LOD 300 construction LOD 400 As built

<u>เนื้อหาเพิ่มเติม</u>

ในการใส่ความละเอียดในแบบจำลองนั้นต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ในช่วงนั้น ๆ ว่ามีความจำเป็นหรือไหม คุ้มกับเวลาและค่าใช้จ่ายที่เสียไปไหม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>Contractor 2</u>

<u>วันที่สัมภาษณ์</u>: (7/7/2015)

<u>มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด</u>

ใช้ในช่วงออกแบบและก่อสร้าง

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

<u>วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM</u>

(1) ช่วยให้ฝ่ายออกแบบสื่อสารกันตั้งแต่ตอนเริ่มออกแบบ เพราะการแก้แบบที่รายละเอียดน้อย ๆ ทำให้แก้ง่ายขึ้น

(2) ช่วยให้ทุกฝ่ายเห็นภาพตรงกัน

(3) ช่วยในเรื่องการนำเสนอสิ่งก่อสร้างให้กับเจ้าของโครงการ

<u>กระบวนการทำงาน</u>

Design Built : สถาปนิกขึ้นแบบจากกระดาษหรือโปรแกรมอื่น ๆ แล้วค่อยร่าง Mass Model จากนั้นอัพโหลดแบบจำลองขึ้นเครือข่าย (server) เพื่อให้งานโครงสร้าง และงานระบบเริ่มทำการออกแบบพร้อม ๆ กัน ใช้การประสานแบบจำลองเพื่อตรวจสอบแบบจำลองแต่ละระบบงาน แบบ real time ถ้ามีปัญหาอะไร จะมีการโต้ตอบกันใน chat room เพื่อถามหรือระบุปัญหา ผู้ออกแบบจะสร้างแบบจำลองเองแต่มี Modeler ช่วยในการสร้าง family ที่ยาก ๆ ให้

เฉพาะ Built : นำแบบที่ได้มาจากผู้ออกแบบ CAD นำมาขึ้นแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบว่าแบบที่ได้มาเป็นอย่างไร แล้วใช้ถอดปริมาณคอนกรีตคร่าว ๆ แต่เรื่องงานโครงสร้างเหล็กจะไม่ใส่หมด งานระบบจะดูงานท่อเป็นหลัก

<u>ระดับความละเอียดของแบบจำลอง</u>

LOD 200-300 แล้วแต่องค์ประกอบ และรูปแบบตึกเพราะว่าหากก่อสร้างยากจะวาดแบบจำลองละเอียดเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของงานและเป็นการตรวจสอบแบบก่อสร้างไปในตัวเลย

<u>เนื้อหาเพิ่มเติม</u>

(1) ตามหลักแล้วผู้ออกแบบควรสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง เพราะเข้าใจงานตัวเองดีที่สุด

(2) ที่นี่แยก BIM modeler ออกมาเพื่อใช้ขึ้น family ที่ designer ไม่สามารถวาดได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

(3) งานบางประเภทควรนำ CAD มาใช้ร่วมด้วยเพราะหากใช้แบบจำลองสามมิติอย่างเดียว อาจจะทำให้เสียเวลาและทรัพยากรมากเกินความจำเป็น (4) วิธีการช่วยในการสนับสนุนให้ผู้ออกแบบใช้ BIM หลักการคือทำอะไรก็ได้เพื่อให้ผู้ใช้สะดวกสบายที่สุดคือ (1) set template ให้ตั้งแต่แรกเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน (2) มี library บรรจุ Family ต่าง ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน (3) ควรมี Team BIM คอยช่วยเหลือเมื่อมีปัญหา
Contractor 3 **วันที่สัมภาษณ์**: (13/8/2015) **มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด** ช่วงการประมูลงานและก่อสร้าง **วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM** (1) ช่วยให้ทุกฝ่ายมองเห็นเป้าหมายเดียวกัน (ช่วยเรื่องการมองภาพ) (2) Estimate roughly (3) Shop drawing (no 100%) **กระบวนการทำงาน** เมื่อได้แบบ 2D จากผู้ว่าจ้างจะนำมาพัฒนาแบบจำลองเพื่อหาปริมาณของคอนกรีตคร่าว ๆ และตรวจสอบความถูกต้องของแบบที่ได้ (จะพัฒนาแบบจำลองเฉพาะงานที่มีมูลค่ามากหรือโครงการก่อสร้างที่ซับซ้อน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

ความละเอียดโครงสร้างไม่ใส่เหล็ก แต่งานระบบลงไปถึงตัวน็อต สถาปัตยกรรม เฟอร์นิเจอร์เหมือนจริง

เนื้อหาเพิ่มเติม

ปัญหาที่ Designer ไม่อยากใช้ BIM คือรู้สึกว่าเป็นการเพิ่มภาระให้แก่ตนเองเพราะในปัจจุบันแบบที่ส่งต่อมานั้นไม่มีความละเอียดพอที่จะสร้างส่วนใหญ่ปัดภาระมาให้ทางผู้รับจ้างก่อสร้าง และความยากของการปั้น Family * ในการจะเริ่มต้นใช้ BIM ที่ยากที่สุดคือบุคลากร

Contractor 4

วันที่สัมภาษณ์: (8/8/2015)

มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด

ช่วงก่อนก่อสร้าง และก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

(4) Co-ordination

(5) Clash detection

(6) Shop drawing (not 100%)

กระบวนการทำงาน

ช่วงก่อนก่อสร้าง (เป็นการ Re-design จากแบบของผู้ออกแบบ) ได้แบบมาจากสถาปนิกผู้ออกแบบโครงสร้าง แต่มีการเปลี่ยนแบบจึงต้องทำการ re design แต่ทางบริษัทก่อสร้างเฉพาะโครงสร้างจึงทำการออกแบบเฉพาะงานโครงสร้าง ได้ทำการจ้างบริษัทออกแบบส่งแบบเป็นสองมิติ จากนั้นทางนี้จะทำการขึ้นแบบจำลองเอง โดยทำการขึ้นแบบจำลองเองทั้งหมดสามแบบจำลอง คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

แบบจำลองสถาปัตยกรรม โครงสร้าง และรูปร่างภายนอกอาคาร (facade) ส่วนแบบจำลองของงานระบบ บริษัทที่ออกแบบงานระบบจะเป็นคนส่งมาให้ทางบริษัท เพราะทางบริษัทจะเป็นคน check clash โดยมีการจดรายการที่มีปัญหา แล้วทำการประชุมกันทุกอาทิตย์เพื่อปรับเปลี่ยนแบบให้เหมาะสม ในระหว่างนี้ก็จะเริ่มก่อสร้างไปด้วย ในการพัฒนาแบบจำลองโครงสร้าง ก็จะนำแบบจำลองมาจัดทำ shop drawing ด้วย เวลาที่มีการแก้ไขแบบจำลองทางสถาปัตยกรรม และโครงสร้างจะมีการแจ้งไปทางงานระบบทุกครั้ง **ระดับความละเอียดของแบบจำลอง** ไม่มีการเสริมเหล็กในคอนกรีต ส่วนงานโครงเหล็กจะมอบหมายให้ผู้รับจ้างก่อสร้างรายย่อยที่ทำงานเหล็กเป็นผู้พัฒนาแบบจำลอง ส่วนงานสถาปัตยกรรมเป็นแค่เสา คาน พื้น หลังคา ฝ้า ไม่มีรายละเอียดตกแต่งภายในเพราะมีอีกบริษัทแยกออกไปทำ ความละเอียดประมาณ LOD 300 เนื่องจากงานเร่งจะไปพัฒนาแบบจำลองตามลำดับจะขึ้นที่ LOD 300 เลย **เนื้อหาเพิ่มเติม** มีคู่มือแต่ใช้ไม่ได้จริงส่วนใหญ่จะเป็นการแก้ปัญหาเองหน้างาน ควรจะมี BIM Manager ที่ดูแลเฉพาะด้านนี้ เนื่องจากตึกสูง 70 ขั้นจึงจำเป็นต้องแบ่งไฟล์ในการเก็บแล้วใช้การเชื่อมต่อไฟล์กัน โดยจัดทำทีละ 15 ชั้น ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการสร้าง Family ทั้งหมดก่อนนำมาประกอบกัน ทำด้านสถาปัตยกรรมก่อนจากนั้นต่อด้วยโครงสร้าง
Contractor 5 **วันที่สัมภาษณ์**: 13/08/2015 **มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด** ไม่มีการใช้ BIMในช่วงใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

เพื่อจัดทำแบบจำลอง as-built BIM ส่งให้ผู้ว่างจ้างตามที่ระบุไว้ในสัญญา

กระบวนการทำงาน

ในระหว่างการก่อสร้างไม่ได้มีการนำแนวคิด BIM มาใช้งาน แต่ทำการพัฒนาแบบจำลองโดยการจ้างบุคคลที่ 3 เพื่อทำหน้าที่เป็นผู้สร้างแบบจำลอง (BIM modeler) และแบบจำลองนี้ไม่ได้เริ่มตั้งแต่ก่อนโครงการสร้าง มาเริ่มต้นสร้างหลังจากที่เริ่มสร้างงานวิศวกรรมโครงสร้างไปแล้ว จึงไม่มีกระบวนการตรวจสอบการชนกันชองงานวิศวกรรมโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม แต่มีการตรวจสอบการชนกันของหมวดงานระบบบ้างแต่ไม่ทั้งหมด modeler จะทำการสร้างแบบจำลองอ้างอิงจากแบบ shop drawing ที่ได้รับการอนุมัติแล้ว โดยผู้รับจ้างและผู้รับจ้างช่วงจะส่งข้อมูลให้กับ modeler เป็นระยะตามงานที่มีแบบ shop drawing ที่ได้รบการอนุมัติแล้ว

ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

LOD พัฒนาแบบจำลอง as-built BIM LOD 300 มีการระบุรายละเอียดองค์ประกอบ แต่ไม่ได้ลงรายละเอียดเหล็กเสริม ส่วนงานระบบจะเน้นความระเอียดไปที่อุปกรณ์ขนาดใหญ่ และอุปกรณ์ที่ต้องการการตรวจเช็คเป็นประจำ

เนื้อหาเพิ่มเติม

หน้าที่ของ consult ที่เกี่ยวข้องกับ BIM ในขณะนี้จะเป็นการติดตาม model ว่าเสร็จเท่าไหร่ ไม่มีการประยุกต์ใช้ BIM กับงานของ consult

Contractor 6

วันที่สัมภาษณ์: 22/7/2015

มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด

ไม่มีการใช้ BIM ในช่วงใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

เพื่อจัดทำแบบจำลอง as-built BIM ส่งให้ผู้ว่าจ้างตามที่ระบุไว้ในสัญญา

กระบวนการทำงาน

การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM บริษัทอาคาร 33จำกัดได้จัดจ้างบริษัท 2plussoft ในการพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM หลังจากที่ทำการก่อสร้างอาคาร โดยทำการส่งข้อมูลที่ประกอบไปด้วย shop drawing และวัสดุโครงการที่ได้รับการอนุมัติแล้วให้กับผู้พัฒนา Model

ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

LOD พัฒนาแบบจำลอง as-built BIM LOD 300 เช่น ผนัง ก่ออิฐ ระบุยี่ห้อ

เนื้อหาเพิ่มเติม

ตอนนี้อาคาร 33 ไม่ได้ใช้ประโยชน์เลยระ ความคิดเห็นเพิ่มเติมระหว่างการก่อสร้าง การพัฒนาแบบจำลอง as-built BIM เพียงเพื่อเตรียมให้เจ้าของอาคารใช้ประโยชน์ในอนาคต เช่นการบำรุงรักษาและใช้งานอาคาร เช่นการบำรุงรักษาและใช้งานอาคารการทำงานแบบดังเดิมเร็วกว่ากว่าการใช้งาน BIM การนำ BIM มาใช้ในการก่อสร้างทำให้มีบุคลากรเพิ่มและค่าใช้จ่ายในการฝึกฝนบุคลากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ overhead cost เพิ่มขึ้น

Subcontractor 1

วันที่สัมภาษณ์: 18/5/2016

มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด

ในช่วงก่อนก่อสร้าง และก่อสร้าง

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

<u>วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM</u>

(1) Coordination

(2) Clash detection

(3) Shop drawing (not 100%)

<u>กระบวนการทำงาน</u>

การขึ้น BIM model งานระบบสร้างมาจากแบบ 2 มิติที่มาในรูป PDF ไฟล์ แล้วนำมา print เพื่อใช้ในการสร้าง model BIM โดยใช้วิธีการ link model ทั้งสองเข้ามาใน template งานระบบต่าง ๆ และอ้างอิง Grid line Elevation level และแบบจำลอง มาจาก model งานโครงสร้างและสถาปัตยกรรม และเริ่มการพัฒนา model การพัฒนา BIM model งานระบบจะแยกแต่ละหมวดออกจากกัน เป็น งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร งานระบบสุขาภิบาล ประปา และดับเพลิง และงานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ แต่ละงานจะแยก template ทำงาน แต่จะเซฟงานลงในไฟล์เดียวกันของ Server ใน office เมื่อทำการพัฒนาแบบจำลองเสร็จจะทำการ check clash โดยจะทำการ check ทั้งในงานระบบด้วยกันเอง และ check กับงานโครงสร้างและสถาปัตยกรรม และส่ง Model ให้ Bouygues-Thai ทำการเช็คด้วยเช่นกัน เมื่อได้แก้ไขการชนกันของแต่ละระบบเรียบร้อยพร้อมทำการ tagging equipment วัสดุอุปกรณ์ ทำการ resubmit แบบ หรือ model ให้แก่เจ้าของอาคารหรือตัวแทนเจ้าของอาคาร เมื่อได้รับการอนุมัติจากเจ้าของอาคารหรือตัวแทนเจ้าของอาคารแล้ว ทำการจัด Sheet และจะ print แบบออกมาเพื่อให้หน้างานนำแบบไปทำการติดตั้ง ซึ่งรายละเอียดแบบนั้นมีความละเอียดเท่า shop drawing 2 มิติ เมื่อช่างหน้างานติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ถ้าไม่มีการแก้ไขหน้างานหรือปัญหาหน้างานเกินขึ้น ช่างสามารถติดตั้งได้แบบที่นำไปติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำกลับมาส่งที่ office เก็บไว้เพื่อจัดทำแบบ as-built drawing ส่งเจ้าของอาคาร

ในกรณีที่ช่างไม่สามารถติดตั้ง ถ้าปัญหานั้นไม่มีผลกระทบต่อ cost หรือจากจัดซื้อจะไม่มีการ resubmits แบบใหม่จะทำการแก้ไขเลย และเมื่อติดตั้งเสร็จจะถูกนำมาอัพเดตและจัดเก็บเพื่อทำ

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

as-built drawing จากนั้นทำการรวบรวมแบบจัดทำแบบ as-built drawing ส่งให้เจ้าของอาคาร หรือตัวแทนเจ้าของอาคารตรวจรับ จะมีการขอ approved แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

(1) Approved หมายถึง การอนุมติโดยไม่ต้องแก้ไขอะไรอีก

(2) Approved at note หมายถึง การอนุมัติ มีรายการให้ทำการแก้ไขแต่ไม่ต้องส่งขออนุมัติใหม่

(3) Resubmit หมายถึง ไม่รับอนุมัติ และต้องทำการแก้ไขแบบ รายละเอียดต่างในแบบ หรือรายการประกอบแบบตามราบการที่แนบมา และทำการขอส่งอนุมัติใหม่อีกครั้ง

(4) Reject หมายถึง ไม่รับอนุมัติ และต้องทำการตรวจสอบแบบ รายการประกอบแบบใหม่และทำส่งขออนุมัติใหม่

ระดับความละเอียดของแบบจำลอง

ไม่มีการกำหนดรายละเอียดของข้อมูลลงในอุปกรณ์ หรือ elements หรือ family ต่าง ๆ ลงใน Model มีระบุแค่ Dimension ชื่อของอุปกรณ์ และขนาดของอุปกรณ์ เท่าที่ดูความละเอียดน่าจะ 300 อีกทั้งเป็นงานเร่ง จึงไม่มีการพัฒนาจาก 100 ก่อน

เนื้อหาเพิ่มเติม

ไม่มีคู่มือ แต่ใช้ไม่ได้จริง ส่วนใหญ่จะเป็นการแก้ปัญหากันเองหน้างาน ควรจะมีBIM Manager ที่ดูแลเฉพาะด้านนี้ เนื่องจากตึกสูง70ขั้นจึงจำเป็นต้องแบ่งไฟล์ในการเก็บแล้วใช้การลิงค์ไฟล์กัน โดยจัดทำทีละ15ชั้น ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการสร้าง Family ทั้งหมดก่อนนำมาประกอบกัน

Consultant 1

วันที่สัมภาษณ์:8/8/2015

มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด

ช่วงออกแบบ และก่อนการก่อสร้าง(ยังไม่มีการทำงานจริงจัดทำ case study เท่านั้น)

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

<u>วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM</u>

(1) ตรวจสอบการชนกันของแบบ มองไปถึงเหล็กเสริมกับท่อ

(2) เพื่อทำ shop drawing

(3) เพื่อการปริมาณวัสดุ(คอนกรีต) เป็นหลัก

(4) ช่วยในการก่อสร้างให้ช่างมีความเข้าใจกับแบบ

<u>กระบวนการทำงาน</u>

จาก Case study (โครงการประปาเมืองท่าขี้เหล็กในประเทศเมียนมาร์) ผู้ออกแบบออกแบบมาเป็นแบบสองมิติ (detailed design) จากนั้นส่งแบบมาทางศูนย์ BIM ให้ขึ้นแบบจำลอง และทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองมีปัญหาไหม หากมีจะทำการจับภาพ (capture) ของแบบที่มีปัญหาส่งกลับไปให้ผู้ออกแบบแก้ไข เนื่องจากโครงการนี้เป็นงานที่มีงานระบบมาก ในการพัฒนาแบบจำลองจึงต้องใส่รายละเอียดมาก เช่น งานโครงสร้างใส่เหล็กเสริมทั้งหมด งานท่อมองไปถึงข้อต่อและน็อต แต่ไม่มีการใส่ข้อมูลต่าง ๆ ลงไปในแบบจำลอง มุ่งเน้นใช้แบบจำลองเพื่อการทำ shop drawing เท่านั้น

<u>ระดับความละเอียดของแบบจำลอง</u>

ช่วงออกแบบ LOD 300 (ใส่ถึงเหล็กเสริม) ช่วงก่อสร้าง Shop drawing LOD 400-500 ลงรายละเอียดถึงน๊อต/Slip (ไม่มีการสารสนเทศแนบในแบบจำลอง)

<u>เนื้อหาเพิ่มเติม</u>

ในประเทศไทย ยังขาดการผลักดันจากภาครัฐทำให้แต่ละฝ่ายยังไม่อยากใช้ เนื่องจาก Revit เป็นโปรแกรมใหม่ ทำให้พนักงานในองค์กรที่มีงานประจำอยู่แล้ว ไม่อยากทำงานมากขึ้น จึงใช้การฝึกนักศึกษาฝึกงานให้พัฒนาแบบจำลองจากนั้นเมื่อเรียนจบรับเข้าทำงานได้ทันที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

BIM consultant 2

วันที่สัมภาษณ์:31/08/2015

มีการใช้แนวคิด BIM ช่วงใด

ออกแบบ (ช่วยเจ้าของโครงการวางแผนการใช้ BIM)

วัตถุประสงค์ในการใช้แนวคิด BIM

ตามที่ระบุในสัญญา

กระบวนการทำงาน

ก่อนจะเริ่มต้นโครงการ สิ่งแรกที่ทำคือการจัดทำคู่มือเกี่ยวกับการทำ Project Execution Plan โดยมีเนื้อหาดังนี้

(1) BIM Use Workshop (เพื่อกำหนด BIM use ที่จะใช้ในโครงการ)

(2) BIM use Description

(3) BIM Phase process design

(4) LOD

(5) BIM modeling process (Quality Control, project coordinate)

(6) BIM platforms (Software, version software, add-ins)

(7) การจัดประชุมว่าควรมีการจัดประชุมในเรื่องใดบ้างใครมีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งตัวคู่มือของที่นี่จะเน้นไปทางการใช้โปรแกรม Revit และการส่งไฟล์เข้าสู่ระบบของเจ้าของโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค2 (ต่อ) เนื้อหาผลการสัมภาษณ์

<u>ระดับความละเอียดของแบบจำลอง</u>

ขึ้นอยู่กับผู้ว่าจ้างกำหนด

<u>เนื้อหาเพิ่มเติม</u>

หน้าที่ของ BIM manager

(1) คอยแก้ปัญหาเมื่อเกิดปัญหาที่เจ้าของโครงการไม่สามารถแก้ได้

(2) ช่วยพัฒนาคู่มือเพื่อใช้ในองค์กรหรือโครงการ

(3) เข้าร่วมการประชุมเพื่อช่วยเจ้าของโครงการ

(4) ให้คำปรึกษาแก่ผู้ใช้โปรแกรม และคอยสอนเนื้อหาต่าง ๆ

คำแนะนำในการเริ่มต้นใช้ BIM ในโครงการ

(1) set owner's goal & objective

(2) Shoose optimal BIM use

(3) set process

(4) define level of detailed in each party (reference : CIC)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตารางที่ ช.1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการก่อสร้าง

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
1	ชื่อ-สกุล: **อุทัย จักขุรักษ์**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 20 ปี
	ตำแหน่ง: Project Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM:- ปี
	บริษัท: บริษัท ซิโน-ไทย เอ็นจีเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน)	
2	ชื่อ-สกุล: **สุรศักดิ์ ต้องโพนทอง**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 14 ปี
	ตำแหน่ง: Assistance Project Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM:- ปี
	บริษัท: บริษัท คริสเตียนีและนีลเส็น (ไทย) จำกัด (มหาชน)	
3	ชื่อ-สกุล: **วิชัย ประมวลสมบัติ**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 22 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการโครงการ	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM:- ปี
	บริษัท: อาคาร 33 จากัด	
4	ชื่อ-สกุล: **เมธาวี ทรวงแสวง**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 10 ปี
	ตำแหน่ง: สถาปนิกโครงการ	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM:- ปี
	บริษัท: อาคาร 33 จากัด	
5	ชื่อ-สกุล: **ธวัชชัย เท่นมณี**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 15 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการโครงการ	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM:- ปี
	บริษัท: บริษัท สุทัศน์วิศวการ (1994) จำกัด	
6	ชื่อ-สกุล: **อานนท์ ฉลองชัยกุล**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 5 ปี
	ตำแหน่ง: สถาปนิกโครงการ	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: - ปี
	บริษัท: บริษัท สุทัศน์วิศวการ (1994) จำกัด	
7	ชื่อ-สกุล: **ตะวัน โยคะกุล**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 20 ปี
	ตำแหน่ง: Project Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: - ปี
	บริษัท: บริษัท วิศวกรและสถาปนิก คิวบิค จำกัด	
8	ชื่อ-สกุล**: สุรพล อินทรวิเชียร**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 10 ปี
	ตำแหน่ง:AutoCAD Supervisor	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 3 ปี
	บริษัท: บริษัท เตียวฮงสีลม จำกัด	

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
9	ชื่อ-สกุล: **ปัณณทัต ปัทสุวรรณ**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 20 ปี
	ตำแหน่ง:Engineering Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 4 ปี
	บริษัท: บริษัท เตียวฮงสีลม จำกัด	
10	ชื่อ-สกุล: **รศ. วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากกว่า 20 ปี
	ตำแหน่ง:Training & Service Director	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 15 ปี
	บริษัท: บริษัท VR Digital จำกัด	
11	ชื่อ-สกุล: **ผศ. กวีไกร ศรีหิรัญ**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 20 ปี
	ตำแหน่ง: อาจารย์	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 10 ปี
	บริษัท: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
12	ชื่อ-สกุล: **กิตติศักดิ์ อาภรณ์วิชานพ**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: - ปี
	ตำแหน่ง:BIM Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 8 ปี
	บริษัท: JAI Group	
13	ชื่อ-สกุล: **พีร ดลพนิต**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 12 ปี
	ตำแหน่ง: สถาปนิกโครงการ	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 4 ปี
	บริษัท: Thai Obayashi Corporation Limited	
14	ชื่อ-สกุล: **ปราเมษฐ์ ทันวงศ์**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 3 ปี
	ตำแหน่ง:Assistance Vice President	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 3 ปี
	บริษัท: บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	
15	ชื่อ-สกุล: **เจนวิทย์ พงศ์จรรยานุกูล**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 7 ปี
	ตำแหน่ง:Project Development Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 4 ปี
	บริษัท: บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	
16	ชื่อ-สกุล: **จักรกฤษณ์ ติเรกวัฒนชัย**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 5 ปี
	ตำแหน่ง:Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 4 ปี
	บริษัท: บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	
17	ชื่อ-สกุล: **อานนท์ รัตนพิสสิฐ**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: - ปี
	ตำแหน่ง:Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 4 ปี
	บริษัท: บริษัท คอมกราฟ จำกัด	
18	ชื่อ-สกุล: **ชวนนท์ โฆษจิจาเลศ**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 2 ปี

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
	ตำแหน่ง:Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 3 ปี
	บริษัท: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
19	ชื่อ-สกุล: **สราวุฒ ชมจินดา**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากกว่า 20 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกออกแบบสถาปัตยกรรม	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 10 ปี
	บริษัท: บริษัท คริสเตียนีและนีลเส็น (ไทย) จำกัด (มหาชน)	
20	ชื่อ-สกุล: **สรัญญา รัตนบัณฑิตสกุล**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 8 ปี
	ตำแหน่ง: Co-Project Team Leader	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 2 ปี
	บริษัท: EEC Engineering Network	
21	ชื่อ-สกุล: **พัฒนพงศ์ ประมวลสุข**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: - ปี
	ตำแหน่ง: Application Engineer, Architecture, Engineering & Construction (AEC)	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 5 ปี
	บริษัท: Comgraph Co., Ltd,	
22	ชื่อ-สกุล: **Athasit Sirisonthi**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 20 ปี
	ตำแหน่ง: Senior Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 5 ปี
	บริษัท: บริษัท ซิโน-ไทย เอ็นจีเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน)	
23	ชื่อ-สกุล: **ดร.ชฎิล จุฑาจินดาเขต**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 10 ปี
	ตำแหน่ง: วิศวกรไฟฟ้าพลังน้ำ	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 4 ปี
	บริษัท: บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด	
24	ชื่อ-สกุล: **สมชาย วงศ์สวัสดิ์**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากว่า 15 ปี
	ตำแหน่ง: BIM Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 5 ปี
	บริษัท: บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จำกัด	
25	ชื่อ-สกุล: **Mr. François Deguent**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากว่า 10 ปี
	ตำแหน่ง: Design & Coordination Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: ปี
	บริษัท: Bouygues-ThaiLtd	
26	ชื่อ-สกุล: **ดร.พร วิรุฬห์รักษ์**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากกว่า 15 ปี
	ตำแหน่ง:	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 5 ปี

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
	บริษัท: Wisdom Consulting and solutionLtd	
27	ชื่อ-สกุล: **ต่อศักดิ์ ธาราธรรมาธิกรณ์**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากกว่า 10 ปี
	ตำแหน่ง: สถาปนิก	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 2 ปี
	บริษัท: HB design co., LTD	
28	ชื่อ-สกุล: **ธิติ วัชรสินธพชัย**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 5 ปี
	ตำแหน่ง: Senior Executive - Strategy and New Business Development	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 2 ปี
	บริษัท: บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด	
29	ชื่อ-สกุล: **ธีระพงศ์ ชิรวานิช**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: มากกว่า 15 ปี
	ตำแหน่ง: Innovation Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: 3 ปี
	บริษัท: บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด	
30	ชื่อ-สกุล: **นิพนธ์ อรุณธรรมนาค**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 3 ปี
	ตำแหน่ง: Innovation Manager	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: - ปี
	บริษัท: บริษัท นิวสตาร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	
31	ชื่อ-สกุล: **ศร ณ นคร**	ประสบการณ์งานก่อสร้าง: 5 ปี
	ตำแหน่ง: Site Engineer	ประสบการณ์ใช้ซอฟแวร์ BIM: - ปี
	บริษัท: บริษัท สุทัศน์วิศวการ (1994) จำกัด	

ตารางที่ ช.2 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์จริงการจัดการอาคาร

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
1	ชื่อ-สกุล: **อรรถพล วงษ์ประเทศ**	ประสบการณ์ทำงาน: 1 ปี
	ตำแหน่ง: ช่างเทคนิค ซ่อมบำรุงอาคาร	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
2	ชื่อ-สกุล: **เชาวลิต คำสุข**	ประสบการณ์ทำงาน: 10 ปี
	ตำแหน่ง: วิศวกร	
	บริษัท: สำนักบริหารระบบกายภาพ ราชการการศึกษา	
3	ชื่อ-สกุล: **อภิชาต สีบุบยา**	ประสบการณ์ทำงาน: 1 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
4	ชื่อ-สกุล: **อานนท์ สุขจิตร**	ประสบการณ์ทำงาน: 4 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
5	ชื่อ-สกุล: **ฐิตพงศ์ ทองประเสริฐสุข**	ประสบการณ์ทำงาน: 5 ปี
	ตำแหน่ง: Supervisor Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
6	ชื่อ-สกุล: **มนชัย ลิขิตธนวัฒน์**	ประสบการณ์ทำงาน: 20 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการอาคาร	
	บริษัท: บริษัท รักษาความปลอดภัย พี่ซีเอส และ ฟาซิลิตี้ เซอร์วิสเซส จำกัด	
7	ชื่อ-สกุล: **จุมพล จันทร์สว่าง**	ประสบการณ์ทำงาน: 2 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
8	ชื่อ-สกุล: **ชัยรัตน์ ศรีสุขใจ**	ประสบการณ์ทำงาน: 15 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการอาคาร	
	บริษัท: บริษัท รักษาความปลอดภัย พี่ซีเอส และ ฟาซิลิตี้ เซอร์วิสเซส จำกัด	
9	ชื่อ-สกุล: **ชาญนนท์ ชูสีทอง**	ประสบการณ์ทำงาน: 3 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
10	ชื่อ-สกุล: **อิศเรศ เชื้อไพบูลย์**	ประสบการณ์ทำงาน: 16 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการอาคาร	
	บริษัท: บริษัท รักษาความปลอดภัย พี่ซีเอส และ ฟาซิลิตี้ เซอร์วิสเซส จำกัด	
11	ชื่อ-สกุล: **กฤษดา เภาอ่อน**	ประสบการณ์ทำงาน: 19 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการอาคาร	
	บริษัท: บริษัท รักษาความปลอดภัย พี่ซีเอส และ ฟาซิลิตี้ เซอร์วิสเซส จำกัด	
12	ชื่อ-สกุล: **พัชชาสส์ ศิริปรีชากูล**	ประสบการณ์ทำงาน: 15 ปี
	ตำแหน่ง: ผู้จัดการอาคาร	
	บริษัท: บริษัท รักษาความปลอดภัย พี่ซีเอส และ ฟาซิลิตี้ เซอร์วิสเซส จำกัด	
13	ชื่อ-สกุล: **ชยันต์ แสนสุขใจ**	ประสบการณ์ทำงาน: 20 ปี

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
	ตำแหน่ง: Total Facility Management Manager	
	บริษัท: บริษัท รักษาความปลอดภัย พี่ซีเอส และ ฟาซิลิตี้ เซอร์วิสเซส จำกัด	
14	ชื่อ-สกุล: **พิทักษ์ ทักชิณ**	ประสบการณ์ทำงาน: 2 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
15	ชื่อ-สกุล: **วันชัย หมื่นเต**	ประสบการณ์ทำงาน: 3 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
16	ชื่อ-สกุล: **ภานุวัฒน์ พลองกลาง**	ประสบการณ์ทำงาน: 1 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
17	ชื่อ-สกุล: **นิพนธ์ แสนกรุง**	ประสบการณ์ทำงาน: 2 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
18	ชื่อ-สกุล: **ชรัส ประสมศรี**	ประสบการณ์ทำงาน:1 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
19	ชื่อ-สกุล: **บุญรุ่ง เจริญสม**	ประสบการณ์ทำงาน: 2 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
20	ชื่อ-สกุล: **ธีระพงศ์ สายแดง**	ประสบการณ์ทำงาน: 2 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
21	ชื่อ-สกุล: **ทรงพล พลหงษ์**	ประสบการณ์ทำงาน: 3 ปี
	ตำแหน่ง: Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
22	ชื่อ-สกุล: **สันติ มาลาจันทร์**	ประสบการณ์ทำงาน:1 ปี
	ตำแหน่ง: Tecnician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	

ลำดับที่	ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม	
23	ชื่อ-สกุล: **นรินทร์ พูนน้อย**	ประสบการณ์ทำงาน: 3 ปี
	ตำแหน่ง: Supervisor Technician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	
24	ชื่อ-สกุล: **ณัฐพงศ์ ดัฒมาตย์**	ประสบการณ์ทำงาน: 5 ปี
	ตำแหน่ง: Tecnician	
	บริษัท: บริษัท โคมินไทย เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่น จำกัด	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว รัศรินทร์ โคตรปาลี เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หลักสูตรนานาชาติ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาในปีการศึกษา 2555 ในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการบริหาร ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University