

การพัฒนาโปรแกรมเสริมบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อช่วย ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พื้นที่อาคารเรียนในมหาวิทยาลัย

Development of BIM Tool for Classroom Space Utilization Assessment in University

ปาวริศร์ คำมูลตรี* และ วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์**

Pawaris Khammultri* and Vorapat Inkrojrit**

Received : September 11, 2019

Revised : November 15, 2019

Accepted : November 21, 2019

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยได้กำหนดแนวทางการพัฒนาในด้านการบูรณาการ การพัฒนาและบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ภายภาพ อาคารสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่ต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการนั้นได้กำหนดให้ สถาบันอุดมศึกษาทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร พร้อมทั้งจัดทำรายงานส่ง อย่างไรก็ตามปริมาณ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นมีจำนวนมากและข้อมูลมีความซับซ้อน ซึ่งขาดการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดระหว่าง หน่วยงาน รวมถึงใช้ระยะเวลาในการประเมินมาก ในการวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินประสิทธิภาพ การใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยมีขั้นตอนในการทำงานแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 การเตรียมระบบข้อมูลสำหรับเป็นฐานข้อมูลและการแสดงผล และการเตรียมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ส่วนที่ 2 การตั้งค่าฐานข้อมูลและกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูล ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ อาคาร และการแสดงผลในรูปแบบแปลนและในรูปแบบรายงาน ทั้งในระดับอาคารและระดับคณะ/สำนัก ส่วนที่ 4 เสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในรูปแบบรายงาน จากการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนา สำหรับแต่ละอาคาร ใช้เวลาแต่ละขั้นตอนประมาณ 5 นาที ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ 4 อย่าง ได้แก่ 1) การแสดงผลการ ประเมินตามค่าระดับสีในรูปแบบแปลนบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 2) รายงานผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ ประโยชน์อาคารในระดับอาคาร 3) รายงานผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารในระดับคณะ/สำนัก 4) รายงานแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร โดยในส่วนโปรแกรมที่ได้พัฒนานี้จะทำหน้าที่เชื่อมโยง ระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารและฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อน และช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้งานข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร รวมถึงช่วยลดระยะเวลาในการประเมินผล

Abstract

The university has established a development guideline for the integration, development and administration of the physical environment of the buildings, structures and different areas in

*** สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร10330

*, ** Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

Corresponding author E-mail: khtpawaris@gmail.com*

order to promote learning. According to the announcement of the Ministry of Education, higher education institutions are to evaluate the building utilization efficiency and submit the report. However, the amount of data used in the analysis is large and complicated. There is no linking of all data among departments and the evaluation is time-consuming. In this research, Building Information Modeling (BIM) has been developed to help assess the efficiency of building utilization. The process has been divided into 4 phases: first, the preparation of the database, displays, and BIM; second, the setting of database and links; third, report of the analysis of building utilization efficiency at the faculty/office levels; and fourth, suggestions for increasing the efficiency of building utilization. The program developed links between the BIM and the database, which helps reduce redundant work and increase the efficiency of data usage in BIM, as well as reducing the time for evaluation.

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ประสิทธิภาพการใช้ห้องเรียน แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

Keywords: Building utilization efficiency, Classroom efficiency, Building information modeling (BIM)

บทนำ

ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยมีการปรับเปลี่ยนด้านหลักสูตรและรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งทรัพยากรทางกายภาพนั้นเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ส่งผลให้ความต้องการการใช้งานพื้นที่การเรียนรู้มีลักษณะหลากหลายมากขึ้น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้นได้กำหนดแนวทางการพัฒนาตามแผนยุทธศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2560-2563 (Chief Transformation and Strategic office [CTS], n.d.) ในด้านการบูรณาการ พัฒนาการและบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ภายภาคอาคารสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่ต่างๆ ให้สามารถสร้างมูลค่าและสร้างคุณค่าจากทรัพยากรที่มีอยู่ และดำเนินการปรับเปลี่ยนตามผังแม่บท เพื่อออกแบบสภาพแวดล้อมทางการศึกษา กระตุ้นการเรียนรู้ สร้างนวัตกรรมใหม่ ซึ่งมหาวิทยาลัยเป็นสถานที่ที่ประกอบไปด้วยกลุ่มอาคารที่มีจำนวนมาก ลักษณะการใช้งานที่มีความหลากหลาย ในการดำเนินการสนับสนุนด้านการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยโดยเฉพาะการใช้ห้องเรียนไม่ว่าจะเป็นห้องบรรยาย หรือห้องปฏิบัติการต่างๆ จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่จำนวนมาก ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการผู้ใช้งานได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างเต็ม ประสิทธิภาพและมีการใช้งานอย่างคุ้มค่า

ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารของสถาบันอุดมศึกษา ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานกลางสำหรับการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร โดยให้สถาบันอุดมศึกษาของรัฐที่ประสงค์จะขอรับการสนับสนุนงบประมาณรายจ่ายประจำปีจัดทำรายงานส่งสำนักงบประมาณโดยตรง พร้อมกับคำขอของงบประมาณรายจ่ายประจำปีของสถาบันและสำเนาให้สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินและสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ในช่วง 3 ปีแรก ให้ดำเนินการประเมินเป็นประจำทุกปี หลังจากนั้นให้ประเมินทุกๆ 3 ปี โดยทั่วไประดับการประเมินมี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหาวิทยาลัย ระดับคณะ/สำนัก และระดับอาคาร ในช่วง 3 ปีแรก ประเมินเฉพาะระดับมหาวิทยาลัยและระดับอาคาร โดยการกำหนดหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลนั้นเป็นดุลพินิจของสถาบันศึกษา

จากประกาศกระทรวงศึกษาธิการส่งผลให้หน่วยงานในมหาวิทยาลัยต้องทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในแต่ละปีการศึกษา โดยข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือ 1) ข้อมูลทางกายภาพเกี่ยวกับคุณสมบัติของห้องเรียนต่างๆ ภายในอาคาร 2) ข้อมูลทะเบียนประกอบด้วย จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในแต่ละรายวิชาและจำนวนชั่วโมงการใช้ห้องเรียนในอาคาร ในการประเมินต้องทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพรายห้อง แล้วนำมาประมวลผลในระดับอาคาร ระดับคณะ ระดับมหาวิทยาลัยต่อไป ในปัจจุบันการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารนั้นสามารถคำนวณด้วยมือหรือสามารถใช้โปรแกรม Microsoft Excel ผู้ใช้งานต้องมีความรู้ความเข้าใจในการคำนวณและต้องมีความสามารถในระดับขั้นพื้นฐานสำหรับการใช้งานโปรแกรม แต่หากสถาบันอุดมศึกษานั้นมีจำนวนห้องเรียนเป็นจำนวนมาก ก็จะทำให้มีความละเอียดของผลการประเมินและระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปัจจุบันยังไม่พบเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร รวมถึงยังไม่พบระบบสารสนเทศที่ช่วยในการจัดการการใช้พื้นที่ห้องเรียนและระบบฐานข้อมูลการใช้พื้นที่ อีกทั้งในการประเมินต้องทำการจัดเตรียมข้อมูลรายห้อง ที่มีข้อมูลปริมาณมากและต้องเชื่อมโยงข้อมูลกายภาพกับข้อมูลทะเบียนสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้ต้องกรอกข้อมูลและนำเข้าข้อมูลในแต่ละห้อง เพื่อนำมาประมวลผลในระดับอาคาร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติของห้องหรือจำนวนการใช้งานต่างๆ ต้องวิเคราะห์ในลักษณะเดิมอีกครั้ง เป็นกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อน อีกทั้งต้องใช้ระยะเวลาการประเมินมาก รวมถึงต้องใช้บุคลากรที่รับผิดชอบดูแลในแต่ละหน่วยงานตามกลุ่มอาคาร

อย่างไรก็ตามทางสำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้นได้มีการดำเนินศึกษาข้อมูลและจัดทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในเขตพื้นที่การศึกษา อีกทั้งยังมีโครงการ การบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพด้วยระบบฐานข้อมูลอาคาร ทำให้ข้อมูลทางกายภาพที่ต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์มีการเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารได้ ปัจจุบันแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling; BIM) สามารถนำไปปรับใช้ได้ตลอดวัฏจักรชีวิตของโครงการ ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้นจนถึงการรื้อถอนอาคาร โดยกระบวนการทำงานที่มีศูนย์กลางสารสนเทศ สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่มีความซับซ้อนในระดับรายละเอียดต่างๆ สามารถจำกัดการเข้าถึงตามความรับผิดชอบในแต่ละหน่วยงาน จะเห็นได้ว่าส่วนที่สำคัญคือ ข้อมูลสารสนเทศ (Information) ซึ่งต้องกำหนดมาตรฐานให้สอดคล้องกับขั้นตอนในการทำงาน อาทิ มาตรฐานรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Level of Development; LOD) (The Association of Siamese Architects [ASA], 2015) ด้วยการกำหนดระดับรายละเอียดขององค์ประกอบอาคาร รวมทั้งระดับข้อมูลสารสนเทศให้สอดคล้องกับการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ได้พัฒนาเครื่องมือเสริมบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Ake-rarerngsaen, 2017 Charoensuttiyotin, 2018; Khumpairoj, 2018) โดยการสร้างชุดคำสั่งเรียกข้อมูลจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อนำไปประมวลผลต่างๆ ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาตามความต้องการและความคาดหวังของผู้วิจัยได้ ซึ่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเองได้ให้ความสนใจในการสร้างฐานข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และเริ่มพัฒนาความละเอียดของข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Office of Physical Resources Management, n.d.)

จากอาคารภายในมหาวิทยาลัยที่มีจำนวนมาก ซึ่งได้แบ่งกลุ่มอาคารภายในมหาวิทยาลัยสำหรับการบริหารจัดการจากการใช้งานตามหน่วยงานที่ได้สังกัด ทำให้ปริมาณข้อมูลที่ต้องทำการเก็บสำรวจเพื่อที่จะนำมาใช้วิเคราะห์มีจำนวนมากตามไปด้วยและการเข้าถึงข้อมูลอาคารต้องติดต่อตามหน่วยงานที่ได้สังกัด ซึ่งขาดการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดระหว่างหน่วยงาน รวมถึงข้อมูลมีความซับซ้อนเนื่องจากเป็นข้อมูลรายละเอียดในแต่ละห้องภายในอาคาร

หากมีเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่มีอยู่ ก็จะเป็นการช่วยลดขั้นตอนการเก็บข้อมูลใหม่และลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการทำงาน รวมถึงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลก็จะสามารถทราบผลลัพธ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ทันที อีกทั้งยังเป็นการสร้างฐานข้อมูลตามสภาพการใช้งานปัจจุบันและสามารถนำผลการประเมินไปใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อการพัฒนาคุณภาพในการใช้ประโยชน์อาคาร ดังนั้นในการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อให้สามารถทราบถึงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในการประเมินระดับอาคาร และพัฒนาระบบข้อมูลร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยสามารถนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร อีกทั้งยังเป็นแนวทางสำหรับนำไปใช้กับมหาวิทยาลัยอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและมหาวิทยาลัยในการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพต่อไป

แนวคิด ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาทฤษฎีการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารตามเกณฑ์มาตรฐานกลาง และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร การใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารในสถาบันอุดมศึกษา การบริหารทรัพยากรอาคารด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และการพัฒนาเครื่องมือเสริมบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งแสดงรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

1) **เกณฑ์มาตรฐานกลาง** สำหรับการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร จากประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารของสถาบันอุดมศึกษา (2013) ออกตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กำหนดให้มีสมการสำหรับการคำนวณดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้ห้อง (Classroom Utilization Efficiency)} = \frac{(\text{อัตราการใช้ห้อง} \times \text{อัตราการใช้พื้นที่})}{100}$$

$$\text{อัตราการใช้ห้อง (Percentage of Station Occupancy)} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่ควรใช้ห้องอย่างเต็มที่ใน 1 สัปดาห์}} \times 100$$

$$\text{อัตราการใช้พื้นที่ (Percentage of Station Use)} = \frac{(\text{จำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์} \times \text{พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน} \times 100)}{(\text{พื้นที่ห้อง} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์})}$$

2) **ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร** จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องเรื่องแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Sthapitanonda, Srihiran, Chotipanich, & Chukiatman, 2001) ได้เลือกศึกษาการใช้พื้นที่ห้องเรียนของอาคารในเขตวิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดยเป็นการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารในปัจจุบัน และได้ศึกษาอุปสงค์ อุปทาน การใช้ห้องเรียน เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่อาคารเรียน ซึ่งมีแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ 2 ประการคือ การเพิ่มจำนวนห้องตามอุปสงค์ และการเพิ่มอัตราการใช้พื้นที่ ทั้งนี้ในการปรับใช้แนวทางเพิ่มประสิทธิภาพอาคารนั้น ต้องขึ้นอยู่กับนโยบายของหน่วยงานที่รับผิดชอบดูแลในแต่ละพื้นที่นั้น และการศึกษาการใช้ประโยชน์พื้นที่ในอาคารคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (Prasoptin & Phitthayayon, 2015) ได้ศึกษาสภาพพื้นที่ ตามอัตราการใช้

ประโยชน์พื้นที่ อัตราการใช้ห้อง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พื้นที่อาคารกับมหาวิทยาลัยอื่นๆ ที่มีบริบทด้านการเรียนการสอนใกล้เคียงกัน

3) การใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารในสถาบันอุดมศึกษา จากงานวิจัยของ McArthur (2015) ได้ทำการพัฒนากรอบความคิดที่สนับสนุนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร กรณีศึกษาการดำเนินงานของการบำรุงรักษา และการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอาคารที่มีอยู่ โดยการส่งผ่านข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคารตั้งแต่กระบวนการออกแบบถึงกระบวนการใช้งาน โดยจำลองกรณีศึกษา Kerr Hall East, Ryerson University จากรูปแบบอาคารเดิมในมหาวิทยาลัยที่มีอยู่ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้งาน โดยวิเคราะห์ 3 กรณี ได้แก่ 1) การรายงานพื้นที่ว่าง 2) การทำแผนที่และข้อมูลติดตามในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง 3) การประมาณการอนุรักษ์พลังงานในการคำนวณการคืนทุนจากการเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED โดยกระบวนการวิเคราะห์นี้จะช่วยให้สามารถคาดการณ์การบำรุงรักษาและการประเมินสภาพอาคารด้วยการรายงานพื้นที่ว่าง การทำแผนที่และข้อมูลติดตาม การประมาณการอนุรักษ์พลังงานสำหรับรูปแบบอาคารที่คล้ายกันในวิทยาเขตอื่นๆ ส่วนงานวิจัยของ Ciribini และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาคาดการณ์พฤติกรรมผู้ใช้งานตามข้อมูลเวลาจริงในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในอาคารอัจฉริยะที่ช่วยสนับสนุนผู้ใช้งานด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล มุ่งเน้นในกระบวนการบำรุงรักษาอาคาร โดยการใช้งานร่วมกันของเครื่องมือ Building Management Systems (BMS) ร่วมกับ BIM เชื่อมโยงข้อมูลตามเวลาจริงจากเครื่องรับสัญญาณผ่านกระบวนการ Internet of Things (IoT) ไปเก็บไว้ใน BIM Database โดยทำการทดลองใน Brescia University ซึ่งได้ทำการแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การชี้ให้เห็นว่าอาคารควรมีวิวัฒนาการอย่างไรและการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศในการเก็บข้อมูลจากการติดตั้งเครื่องรับสัญญาณที่ทำการเก็บค่า อุณหภูมิภายในห้องเรียน ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความส่องสว่าง ปริมาณคาร์บอน การใช้งานห้องเรียน โดยมีแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นตัวกลางที่ส่งออกของข้อมูลทางกายภาพ ทำงานร่วมกันกับ IoT เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาวะความน่าสบายภายในห้องเรียน ความสบายตามความเหมาะสมของการใช้ห้อง โดยการแสดงผลใน Application ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลได้ตามเวลาจริง

4) การบริหารทรัพยากรอาคารด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากงานวิจัยของ Nicata และ Wodynskib (2016) ได้ศึกษาการบริหารทรัพยากรอาคาร (Facility Management; FM) กับการมีส่วนร่วมของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการดำเนินการ โดยมีข้อมูลที่ยั่งยืนเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดของ FM กับ BIM คือการจัดการพื้นที่การใช้งานโดยการมีส่วนร่วมของแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ช่วยดึงศักยภาพข้อมูล สำหรับในการดำเนินงานบริหารทรัพยากรอาคารตลอดวงจรชีวิตโครงการ และในงานวิจัยของ Kumar และ Cheng (2015) ได้นำเสนอกรอบความคิดของรูปแบบการวางแผนพื้นที่ก่อสร้าง (Construction site layout planning; CSLP) จากการใช้ประโยชน์ข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ร่วมกับการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithms) เพื่อพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นทางจริงของบุคลากรและวัสดุในพื้นที่โครงการ โดยแก้ไขข้อจำกัดด้านการใช้พื้นที่ในโครงการ การปรับขนาดของการทำงานให้เหมาะสมและตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลภายในอาคารขณะทำการก่อสร้าง

จากเกณฑ์มาตรฐานกลางต้องดำเนินการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารเป็นประจำ ตามระดับการประเมินต่างๆ อีกทั้งในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารยังไม่มีเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประเมินและระบบสารสนเทศที่ช่วยจัดการข้อมูล อย่างไรก็ตามในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในสถาบันอุดมศึกษา โดยนำมาใช้วิเคราะห์ที่สามารถคาดการณ์การบำรุงรักษาและการประเมินสภาพอาคาร รวมถึงการรายงานพื้นที่ว่าง และการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารเชื่อมโยงข้อมูลตามเวลาจริง

จากเครื่องรับสัญญาณ อีกทั้งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ชี้แนวความคิดของการบริหารทรัพยากรอาคารร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในการดำเนินงานอาคารตลอดวงจรชีวิตโครงการและการวางแผนพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งเดิมภายในมหาวิทยาลัยนั้นมีการบริหารจัดการอาคารที่ยังไม่สามารถใช้ประโยชน์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นหลังจากขั้นตอนการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพไม่มากในการจัดการข้อมูล รวมถึงการขาดความร่วมมือของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนั้นในการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียน และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร การพัฒนาระบบฐานข้อมูลร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเป็นแนวทางสำหรับนำไปใช้กับมหาวิทยาลัยอื่นๆ จึงเป็นที่มาสำหรับงานวิจัยนี้

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรมและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น ส่วนที่ 2 การเก็บข้อมูลและการเตรียมข้อมูล ส่วนที่ 3 การพัฒนาระบบข้อมูลและการพัฒนาเครื่องมือ ส่วนที่ 4 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร โดยในการศึกษานี้สามารถแบ่งกระบวนการพัฒนาเครื่องมือออกเป็น 9 กระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การทบทวนวรรณกรรมและการเก็บข้อมูลเบื้องต้น

ลำดับแรกเป็นการศึกษาเรื่อง เกณฑ์มาตรฐานกลางการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร และทบทวนวรรณกรรมในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องด้วยในการศึกษาต้องการข้อมูลการใช้งานอาคาร ภายในมหาวิทยาลัย จึงทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการสอบถามพูดคุยเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ อาศัยเครื่องมือหลักคือ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งในการดำเนินการนั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบสัมภาษณ์โดยอิงโครงสร้างปานกลาง (Semi-Structural Interviews) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ให้สัมภาษณ์เล่ารายละเอียดต่างๆ ได้อิสระ ในขณะที่ผู้สัมภาษณ์จะคอยซักถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดตามประเด็นคำถามที่ได้กำหนดล่วงหน้า (Sthapitanonda, 2010) โดยได้ดำเนินการพูดคุยถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานอาคารกับบุคลากรจากฝ่ายอาคารสถานที่ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชา ห้องเรียนในรายวิชา เวลาเรียนในรายวิชา รวมถึงข้อมูลขนาดความจุของห้องเรียน และพูดคุยข้อมูลเกี่ยวข้องกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับบุคลากรจากฝ่ายวางแผน ออกแบบ และสารสนเทศระบบกายภาพ สำหรับการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารในมหาวิทยาลัย

2. การเก็บข้อมูลอาคารภายในมหาวิทยาลัย

การเก็บข้อมูลอาคารภายในมหาวิทยาลัย จากการติดต่อเพื่อขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (ไฟล์ข้อมูล .rvt) จากฝ่ายวางแผน ออกแบบ และสารสนเทศระบบกายภาพ สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ส่วนที่ 2 ข้อมูลทะเบียน (ไฟล์ข้อมูล .csv) เป็นข้อมูลการใช้งานห้องเรียนที่ประกอบไปด้วย 1) หลักสูตร 2) วิชาเรียน 3) วันเวลาที่ให้ห้องเรียน 4) จำนวนนิสิตที่ลงทะเบียนในรายวิชานั้นและข้อมูลการใช้งานอาคาร จากฝ่ายอาคารสถานที่ สำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการเก็บข้อมูลอาคารภายในมหาวิทยาลัย สามารถสรุปออกเป็นข้อมูล 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

- 1) ข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ประกอบไปด้วยข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่มีรายละเอียดภายในอาคาร โดยข้อมูลที่น่ามาใช้คือ พื้นที่ห้อง (ตร.ม.) ตามหมายเลขห้อง ของห้องเรียน และนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาประยุกต์ใช้สำหรับการแสดงผลการประเมิน
- 2) ข้อมูลการใช้งานอาคาร เป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดการอาคาร ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้คือ ความจุห้อง (คน) ของห้องเรียน พื้นที่ห้อง สำหรับค่าการนวนในรูปแบบเดิมที่ใช้เปรียบเทียบ
- 3) ข้อมูลทะเบียน เป็นข้อมูลการใช้งานห้องเรียน ประกอบไปด้วยข้อมูลวิชาเรียนที่เปิดทำการเรียนการสอนในภาคการศึกษานั้น โดยข้อมูลที่น่ามาใช้คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ (ชั่วโมง) และ จำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ (คน)

3. การตรวจสอบข้อมูลอาคารและการคัดกรองการใช้งานห้องเรียน

เนื่องจากข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นการสร้างแบบจากแบบภายหลังจากการก่อสร้าง (As-Built Drawing) จึงจำเป็นต้องตรวจสอบข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับข้อมูลอาคารจากที่ใช้งานในปัจจุบัน เพื่อความถูกต้องและเป็นการอัปเดตฐานข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยการตรวจสอบข้อมูลอาคารจะดำเนินการตรวจสอบ หมายเลขห้อง ประเภทการใช้งาน พื้นที่ ความจุห้อง แล้วทำการแก้ไขข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อนจะดำเนินการขั้นตอนต่อไป และจากข้อมูลทะเบียนที่มีนั้นเป็นข้อมูลการใช้งานห้องเรียน จำเป็นต้องคัดกรองข้อมูลต่างๆ ให้อยู่ในรายชื่อห้อง สำหรับนำไปใช้ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งข้อมูลที่ต้องทำการคัดกรองไว้เป็นรายชื่อคือ จำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ และจากข้อมูลอาคารคือ ความจุห้อง โดยการนำข้อมูลทะเบียนมาใส่ใน Excel Template ที่ได้จัดเตรียมไว้ เพื่อคัดกรองข้อมูลจำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ ไว้เป็นข้อมูลการใช้งานห้องเรียนใน 1 สัปดาห์ ตามหมายเลขห้อง เพื่อนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ประมวผลประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารต่อไป

4. การเลือกเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาและศึกษาการใช้งาน

งานวิจัยนี้ได้เลือกเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยทำการเลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2018 เนื่องจากเป็นโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่มีสัดส่วนผู้ใช้งานทั่วโลกสูงที่สุด อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สถาปนิกนิยมใช้ในการขึ้นแบบจำลองสามมิติและสามารถถอดปริมาณจากแบบจำลองสามมิติได้ (Khosakitchalert, 2013) และได้เลือกใช้โปรแกรมเสริม Dynamo 2.0.3.0 ที่ทำงานร่วมกับ Autodesk Revit ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมแบบภาษาภาพ (Visual programming languages) โดยการเขียนชุดคำสั่งที่ใช้สร้างขั้นตอนวิธีการ (Algorithm) เป็นโครงสร้างแบบเชื่อมโยง (Diagram) ผ่านจุดต่อ (Node) ตามแนวความคิดของผู้ใช้งาน

5. การพัฒนาเครื่องมือช่วยในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร

โดยขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยทำการเพิ่มช่องใส่ข้อมูลโดยเป็นค่าตัวแปรต่างๆ (Parameters) และทำการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรมเสริมสำหรับการนำเข้าและส่งออกข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ร่วมกันกับโปรแกรม Microsoft Excel ใน Template ที่ได้ทำการสร้างไว้ให้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ตามสูตรการคำนวณที่ 1-3 แล้วประมวลผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ซึ่งทำให้แบบจำลองสารสนเทศอาคารนี้เป็นตัวกลางของข้อมูลเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูล รวมถึงกับเชื่อมโยงกับผู้ใช้งาน โดยข้อมูลจะถูกฝังอยู่ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และส่งผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ออกมาอยู่ในรูปแบบรายงานหน้ากระดาษ A4 ใน

Template บน Microsoft Excel ที่ได้ทำการสร้างไว้ แล้วแสดงผลลัพธ์การประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร อยู่ในรูปแบบค่าระดับสี การพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้น เป็นการใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit ร่วมกับโปรแกรมเสริม Dynamo ซึ่งมีหลักการทำงานโดยที่ Dynamo จะทำหน้าที่ส่งออกข้อมูลและนำเข้าข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับ Microsoft Excel ที่ตั้งค่าไว้ให้เป็นฐานข้อมูล สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล โดยผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยน แก้ไข ข้อมูลแล้วอัปเดตไปยัง Autodesk Revit ได้ ในการพัฒนาเครื่องมือประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ทำการเพิ่มช่องใส่ข้อมูลโดยเป็นค่าตัวแปรต่างๆ (Parameters) ประกอบไปด้วย ขนาดความจุ (Room Capacity) จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ (Weekly Room Hours; WRH) จำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ (Weekly Student Contact Hours; WSCH) พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน (Space Per Person) ด้วยการถ่ายโอนตัวแปร (Transfer Parameters) จาก Revit Template ที่ได้สร้างไว้ แล้วเพิ่มการแสดงค่าระดับสีด้วยการ Transfer Parameters จาก Revit Template รวมถึงรูปแบบการแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารนั้น ในแต่ละห้อง ด้วยการโหลดแฟมิลี่ (Load Family) จาก Family ที่ได้สร้างไว้ อีกทั้งเพิ่มรูปแบบตารางผลการประเมินและตารางแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ ด้วยการนำเข้าไฟล์ (Insert from File) จาก Revit Template ที่ได้สร้างไว้ โดยสามารถสรุปข้อมูลสำหรับเตรียมแบบจำลองสารสนเทศอาคารได้ตามตารางที่ 1 เพื่อที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร (ร้อยละ) ซึ่งจะแสดงข้อมูลต่างๆ ในแต่ละห้องภายในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และทำการเตรียมฐานข้อมูลที่อยู่ใน Microsoft Excel (ไฟล์ .xlsx) สำหรับกรอกข้อมูลที่ได้หลังจากขั้นตอนการคัดกรองข้อมูลจากข้อมูลทะเบียน เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

Table 1 Conclusion of information for preparing BIM

Function	Family/ Items	File Template
Transfer Parameters	Color Fill Schemes	Utilization Template.rvt
	Project Parameters	Utilization Template.rvt
Load Family	Room Tags	Room Tags Utilization.rfa
Insert from File	Utilization Schedule	Utilization Schedule.rvt
	Optimization Schedule	Optimization Schedule.rvt

ส่วนที่ 2 การพัฒนาเครื่องมือในส่วนโปรแกรมเสริมทำการเขียนชุดคำสั่งสำหรับการส่งออกข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมายังฐานข้อมูลและทำการเขียนชุดคำสั่งสำหรับการนำเข้าข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ที่ทำการปรับเปลี่ยน แก้ไขจากฐานข้อมูลไปยังแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในขั้นตอนนี้เป็นการกรอกข้อมูลที่ได้จากการคัดกรองการใช้งานห้องเรียน ซึ่งในส่วนโปรแกรมเสริมนี้จะทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารและฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนในการส่งออกและนำเข้าข้อมูลต่างๆ อีกทั้งเป็นส่วนที่ทำให้ทราบถึงข้อมูลคุณสมบัติในแต่ละห้องเพื่อนำไปวิเคราะห์ประมวลผลในขั้นตอนต่อไป รวมถึงช่วยลดระยะเวลาในการทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเกิดขึ้น สำหรับข้อมูลการใช้งานห้องเรียนที่ได้ในแบบจำลองสารสนเทศ

ยังไม่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารได้ ต้องทำการหาค่าตัวแปร พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน ก่อน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานกลาง ตามเกณฑ์พื้นที่ใช้สอย ในเอกสารแนบท้ายประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารของสถาบันอุดมศึกษา ในส่วนโปรแกรมเสริมทำการเขียนชุดคำสั่งตรวจสอบข้อมูลรายละเอียดห้องเรียนสำหรับการหาค่าพื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน ตามขนาดความจุห้องและประเภทการใช้งาน แล้วหลังจากนั้นจะทำการเขียนชุดคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในแต่ละห้อง และการประมวลผลประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ซึ่งการหาค่าพื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน ตามเกณฑ์พื้นที่ใช้สอยของห้องเรียน ได้จากเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

ห้องบรรยายขนาดความจุ 300 คน 0.9 ตร.ม.: คน ห้องบรรยายขนาดความจุ 200 คน 0.9 ตร.ม.: คน

ห้องบรรยายขนาดความจุ 100 คน 1.0 ตร.ม.: คน ห้องบรรยายขนาดความจุ 50 คน 1.1 ตร.ม.: คน

ห้องบรรยายขนาดความจุ 25 คน 1.5 ตร.ม.: คน ห้องสัมมนาหรือห้องติวขนาดความจุ 30 คน 1.8 ตร.ม.: คน

ส่วนที่ 3 ผลการประเมิน จากผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในแต่ละห้อง ที่อยู่ในรูปแบบตัวเลข เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือผู้ที่ได้รับข้อมูลเข้าใจง่าย เกิดความสะดวกที่สามารถนำไปใช้งานต่อในส่วนอื่นๆ และการรับรู้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้ทันที ในแบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้นได้ตามเวลาจริง จึงได้ทำการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรมเสริมแสดงค่าผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 0-100 ให้อยู่ในรูปแบบแผนที่แสดงค่าระดับสีไล่จากสีแดง ไปยัง สีม่วง ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร การกำหนดค่าระดับสีตามผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร เพื่อให้ผู้ใช้งานหรือผู้ที่ได้รับข้อมูลเข้าใจง่าย เกิดความสะดวกที่สามารถนำไปใช้งานต่อในส่วนอื่นๆ และการรับรู้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้ทันที อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลการใช้งานอาคารในแต่ละห้อง ไว้ในแบบจำลองสารสนเทศอาคารอีกด้วยและส่งออกข้อมูลประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร เนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นตัวกลางของฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานอาคาร ทำให้แบบจำลองสารสนเทศอาคารมีข้อมูลตามเวลาจริง ด้วยการนำเข้าและส่งออกข้อมูลร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยใช้เครื่องมือที่ได้ทำการพัฒนา

ส่วนที่ 4 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ จากผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร เมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วได้ค่าที่น้อยกว่าค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขานั้น ในส่วนโปรแกรมเสริมได้เขียนชุดคำสั่งตามการตรวจสอบที่ตั้งไว้สำหรับการเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร โดยแสดงผลในแต่ละห้อง ตามตารางในแบบจำลองสารสนเทศอาคารและส่งออกข้อมูลแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ซึ่งจำแนกแนวทางในการปรับปรุงได้จากเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

- 1) อัตราการใช้ห้อง < อัตราการใช้พื้นที่; เสนอแนะแนวทางปรับการใช้งาน โดยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ห้อง
- 2) อัตราการใช้ห้อง > อัตราการใช้พื้นที่

2.1) จำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ < ค่าบรรทัดฐาน \times (พื้นที่ห้อง \times จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์) / พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน; เสนอแนะแนวทางปรับการใช้งาน โดยการเพิ่มจำนวนผู้ใช้งานให้ใกล้เคียงกับความจุห้อง

2.2) จำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ > ค่าบรรทัดฐาน \times (พื้นที่ห้อง \times จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์) / พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน; เสนอแนะแนวทางปรับทางกายภาพ โดยการเพิ่มพื้นที่ห้อง และเพิ่มขนาดความจุของห้อง

6. อภิปรายผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร

จากการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาทำให้ได้ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในแต่ละห้องเรียน แล้วสามารถทำการสรุปผลดังกล่าวในระดับอาคาร ที่อยู่ในรูปแบบรายงานข้อมูลประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลตัดสินใจในการใช้งานส่วนอื่นๆ ต่อไป และการแสดงค่าผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารเป็นเปอร์เซ็นต์ อยู่ในรูปแบบแปลนที่แสดงค่าระดับสี ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยใช้ชุดคำสั่งในส่วนโปรแกรมเสริมเพื่อแสดงผลการประเมิน ซึ่งในแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นศูนย์กลางข้อมูลในด้านต่างๆ เชื่อมโยงข้อมูลการใช้งานอาคารไว้ ในแต่ละห้อง สามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแปลนหรือเป็นข้อมูลตารางได้

7. การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องมือที่พัฒนา โดยกลุ่มผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผู้ดูแลอาคาร ผู้ที่มีหน้าที่ประเมินประสิทธิภาพการใช้อาคาร สถาปนิก วิศวกร ซึ่งการประเมินจะแบ่งออกเป็น การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือในด้านความถูกต้อง โดยตรวจสอบจากการเปรียบเทียบผลการประเมินกับการทำงานในรูปแบบเดิมของอาคารตัวอย่าง การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือในด้านระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร และการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือในด้านความสะดวกในการใช้งาน โดยการประเมินนั้นเป็นการสุ่มเลือกผู้สัมภาษณ์ ซึ่งประเมินด้วยวิธีการนำเสนอขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือพร้อมกับให้ผู้สัมภาษณ์ใช้งานตามที่ละขั้นตอน หลังจากนั้นให้ผู้สัมภาษณ์ได้ทดลองใช้งานในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร จากข้อมูลตัวอย่างที่กำหนดให้ รวมถึงทำการสัมภาษณ์ในด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาและทำการสัมภาษณ์ในด้านประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ได้พัฒนา เพื่อให้ทราบถึงข้อเสนอแนะที่จะมาสารานนำไปปรับปรุงเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นได้

8. การเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อหาค่าบรรทัดฐาน (Norm)

การเก็บข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในระดับอาคารจากกลุ่มตัวอย่าง สำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชา ภายในมหาวิทยาลัย โดยการนำผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในระดับอาคาร มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชา โดยค่าบรรทัดฐานนั้นอยู่ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะใช้เป็นบรรทัดฐานในการตรวจสอบข้อมูลเพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารต่อไป

9. ตรวจสอบข้อมูลเพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร

เมื่อตรวจสอบข้อมูลที่มีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในระดับอาคารต่ำกว่าค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชาแล้วนั้น จากการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนา เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร สำหรับนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง โดยใช้ชุดคำสั่งในส่วนโปรแกรมเสริมตรวจสอบข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในแต่ละห้องเรียนเปรียบเทียบกับค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชา เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร สำหรับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารนั้นจะประกอบด้วย แนวทางการปรับทางกายภาพและการปรับการใช้งาน แล้วส่งผลการวิเคราะห์แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ออกมาอยู่ในรูปแบบรายงานหน้ากระดาษ A4 ใน Template บน Microsoft Excel ที่ได้ทำการสร้างไว้ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ผลการศึกษา

จากการพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยได้นำมาใช้ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารของกลุ่มอาคาร ตัวอย่าง สามารถสรุปผลการประเมินในระดับอาคารของกลุ่มตัวอย่าง ตามตารางที่ 2

Table 2 Results of building evaluation of the sample group

Building	Percentage of Station Occupancy	Percentage of Station Use	Building utilization efficiency
Example building 1	42.82	15.08	5.84
Example building 2	49.70	18.44	9.02
Example building 3	61.24	21.61	13.24
Example building 4	15.00	3.69	0.84
Example building 5	78.57	7.82	5.98
Example building 6	26.67	25.59	5.66

อย่างไรก็ดีการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนา สามารถแสดงผลรายงานผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในระดับอาคารและในระดับคณะ/สำนัก บน Microsoft Excel ที่จัดอยู่ในรูปแบบ Template รายงานหน้ากระดาษ A4 ทำให้ผู้ใช้งานสามารถจัดพิมพ์ได้ทันทีและเกิดความสะดวกในการนำไปใช้งานข้อมูลสำหรับจัดส่งรายงาน ดังภาพที่ 1 อีกทั้งภายในแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถแสดงผลการประเมินรายห้องในรูปแบบแปลนที่แสดงตามค่าระดับสี ดังแสดงตามภาพที่ 2

ชื่ออาคาร	อาคารมหิดลสิรินธร	รหัสอาคาร	CEN068	พื้นที่ใช้งาน	5,997.48			
หน่วยงาน	สำนักงานมหาวิทยาลัย	ปีการศึกษา	2559	ภาคการศึกษาต้น				
การประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร								
การประเมินระดับอาคาร								
ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร	6.52 (การประเมินระดับอาคาร)							
อัตราการใช้ห้อง	42.82 (การประเมินระดับอาคาร)							
อัตราการใช้พื้นที่	15.08 (การประเมินระดับอาคาร)							
ห้อง	ขนาดห้อง (ตร.ม.)	ความจุ (คน)	ชั้นที่ออกแบบ	จำนวนรม.ที่เข้า	จำนวนรม.ที่เข้า	อัตราการใช้ห้อง	อัตราการใช้พื้นที่	ประสิทธิภาพการใช้ห้อง
201	400.51	210	0.90	15	623	42.86	9.33	4.00
202	436.04	238	0.90	7	348	20.00	10.26	2.05
207	190.49	140	0.90	6	256	17.14	20.16	3.46
208	190.49	140	0.90	18.5	433	52.86	11.06	5.84
305	190.49	140	0.90	16	337	45.71	9.95	4.55
306	190.49	140	0.90	4.5	84	12.86	8.82	1.13
310	216.66	168	0.90	0	0	0.00	NaN	0.00
401	402.77	210	0.90	18	997	51.43	12.38	6.37
402	434.64	238	0.90	16	855	45.71	11.07	5.06
407	190.49	140	0.90	15	422	42.86	13.29	5.70
408	190.49	140	0.90	10.5	208	30.00	9.36	2.81
412	216.66	168	0.90	10.5	390	30.00	15.43	4.63
501	69.57	45	1.10	9	78	25.71	13.70	3.52
502	68.31	45	1.10	15	146	42.86	15.67	6.72
503	68.31	45	1.10	14.5	204	41.43	22.65	9.39

Figure 1 Displays of building utilization efficiency at building level in the report of Excel Template

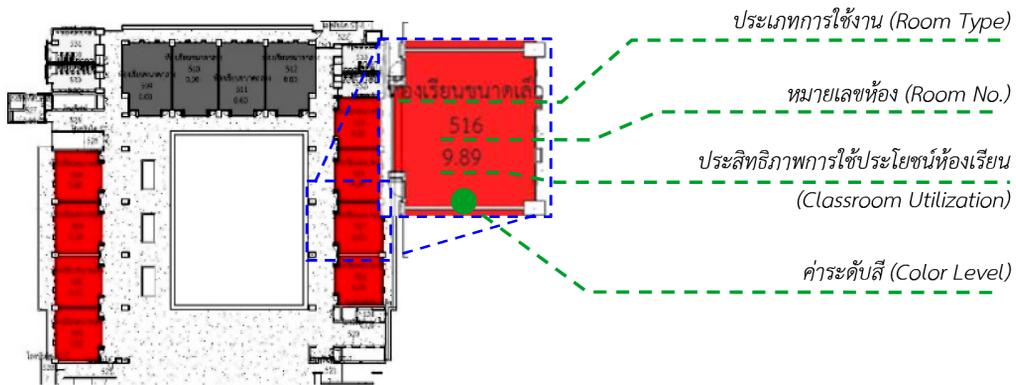


Figure 2 Displays of the evaluation of building utilization efficiency in BIM

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารในด้านความถูกต้องและความแม่นยำ ในการหาค่าอัตราการใช้ห้อง อัตราการใช้พื้นที่ ประสิทธิภาพการใช้ห้องเรียน สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในระดับอาคาร โดยทำการตรวจสอบจากการเปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ด้วยการใช้งานเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับการทำงานในรูปแบบเดิม ดังแสดงตามตารางที่ 3

Table 3 Efficiency evaluation of the developed tool and the conventional method

Building	Building utilization efficiency		Difference
	Developed Tool	Conventional Method	
Example building 1	5.84	5.95	1.79%
Example building 2	9.02	9.04	0.27%
Example building 3	13.24	13.77	3.79%
Example building 4	0.84	0.84	0.55%
Example building 5	5.98	5.80	3.23%
Example building 6	5.66	5.32	6.40%

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ด้วยการใช้งานเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับการทำงานในรูปแบบเดิม พบว่าค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารโดยส่วนมากอาคารกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันประมาณ 1%-3% และมีความแตกต่างกันมากที่สุด 6.40% จากการตรวจสอบตัวแปรที่ส่งผลทำให้ผลการประเมินมีความแตกต่างกันคือพื้นที่ห้อง โดยพื้นที่ห้องที่นำมาใช้งานในการคำนวณรูปแบบเดิมเป็นข้อมูลการใช้งานอาคาร ซึ่งจะคิดพื้นที่ห้องเรียนจากแบบ 2 มิติ ประมาณการพื้นที่ห้องภาพรวมจากการคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยมอย่างง่าย ส่วนพื้นที่ที่นำมาใช้ในเครื่องมือที่พัฒนาเป็นข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ภายในห้องตามขนาดจริง จากโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่สร้างขึ้นตามแบบภายหลังจากการก่อสร้างจริง โดยพื้นที่ภายในห้องจะมีส่วนเว้าหรือส่วนเพิ่ม ที่นำมาใช้ในการคิดพื้นที่ ซึ่งมีระดับความละเอียดมากกว่า

กระบวนการทำงานของเครื่องมือที่ได้พัฒนา สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกการนำเข้าข้อมูลโดยใช้ชุดเครื่องมือที่เตรียมไว้สำหรับการวิเคราะห์และข้อมูลทะเบียนที่เป็นการใช้งานห้องเรียน ส่วนการวิเคราะห์ที่ใช้ชุดคำสั่งของโปรแกรมเสริม Dynamo และส่วนสุดท้ายการแสดงผลลัพธ์โดยเป็นรายงานผลการประเมินในระดับอาคาร ระดับคณะ/สำนักและแสดงผลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร อีกทั้งในส่วนเพิ่มเติมที่เป็นรายงานแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งลำดับขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาแสดงในภาพที่ 3

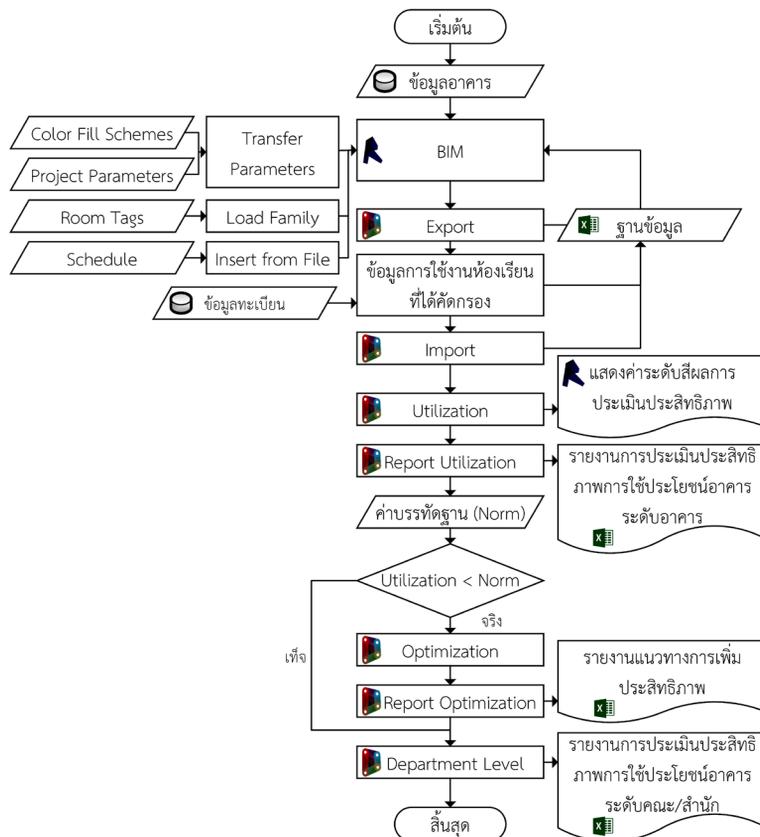


Figure 3 Steps in the use of the developed tool

การใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนา ต้องทำตามลำดับขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลการประเมินนั้นสมบูรณ์ ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมข้อมูลตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลองสารสนเทศอาคารและการเตรียมข้อมูลที่น่าไปใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ด้วยการคัดกรองการใช้งานห้องเรียนจากข้อมูลทะเบียน การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับฐานข้อมูล สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ตามที่ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดคำสั่งในโปรแกรมเสริมบนโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วยชุดคำสั่ง 7 คำสั่ง ใน Dynamo Player ตามภาพที่ 4

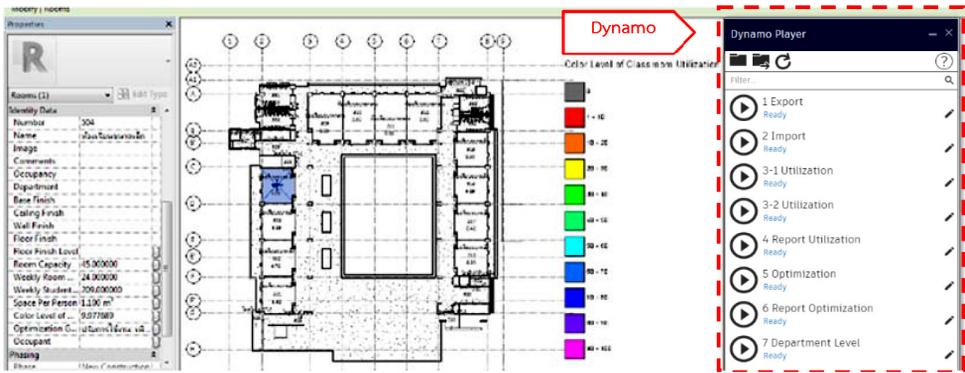


Figure 4 Instructions in the add-ins programs on BIM of the developed tool

การทำงานชุดคำสั่งในโปรแกรมเสริมเริ่มต้นจากการส่งออกข้อมูลจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมายังฐานข้อมูล ด้วยคำสั่ง “Export” เพื่อส่งออกข้อมูลหมายเลขห้อง พื้นที่ห้อง แล้วการนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลไปยังแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ด้วยคำสั่ง “Import” เพื่อนำเข้าข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ และจำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ ตามหมายเลขห้อง ไปใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร โดยในส่วนนี้เป็นข้อมูลที่สามารปรับเปลี่ยนแปลงได้จากฐานข้อมูล แล้วใช้คำสั่ง import เพื่ออัปเดตข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งในส่วนนี้จะทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารและฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนในการส่งออกและนำเข้าข้อมูลต่างๆ ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกข้อมูลทะเบียนประกอบไปด้วยจำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ (Weekly Room Hours; WRH) และจำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ (Weekly Student Contact Hours; WSCH) ส่วนที่สองข้อมูลกายภาพประกอบไปด้วย พื้นที่ห้อง (Area) ขนาดความจุห้อง (Room Capacity) ซึ่งแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นศูนย์กลางของฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ รวมถึงการแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงตัวอย่างข้อมูลรายห้องในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่แถบ Identity Data และ Plan กับข้อมูลแต่ละห้องใน Excel ที่ใช้เชื่อมโยงเป็นฐานข้อมูล

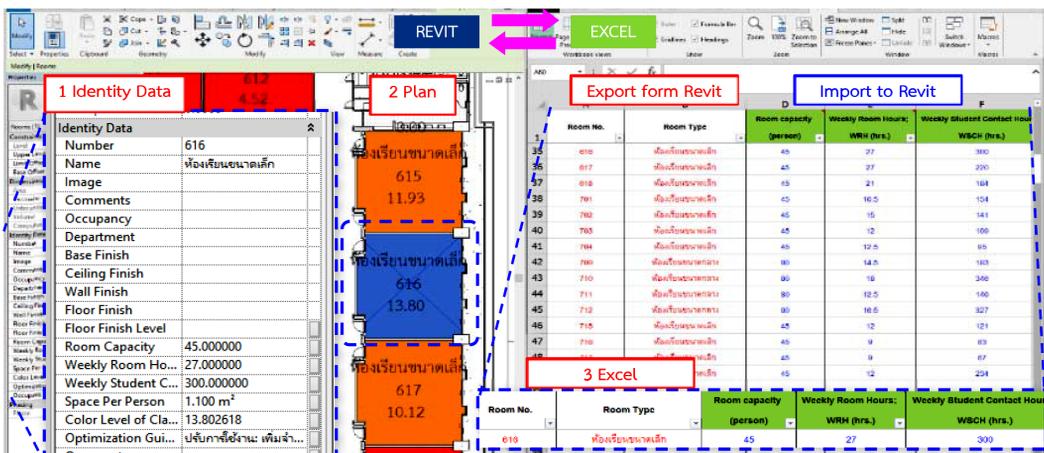


Figure 5 Connection of information in BIM and the database

เมื่อนำข้อมูลเข้ามาในแบบจำลองสารสนเทศแล้ว ข้อมูลจะถูกวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร โดยการใช้คำสั่ง “Utilization” ส่วนการแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้ จะถูกแสดงเป็นค่าประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ห้องเรียนในรูปแบบแปลนบนแบบจำลองสารสนเทศอาคารและค่าระดับสีซึ่งถูกแสดงเป็นสีในพื้นที่ห้องบนแบบแปลน เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารแล้ว ทำการใช้คำสั่ง “Report Utilization” ในโปรแกรมเสริม เพื่อส่งข้อมูลมายัง Excel Template ที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ ที่อยู่ในรูปแบบรายงานการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำส่งผลการประเมินระดับอาคาร ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกมานั้นประกอบด้วยหมายเลขห้อง พื้นที่ ขนาดความจุห้อง พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน อัตราการใช้พื้นที่ อัตราการใช้ห้องเรียน ประสิทธิภาพการใช้ห้องเรียน แล้วประมวลผลประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในการประเมินระดับอาคาร และในส่วนคำสั่ง “Department Level” โดยมีหลักการทำงานของชุดคำสั่งใน Dynamo คล้ายกับชุดคำสั่ง “Report Utilization” ซึ่งเป็นส่งข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ของแต่ละอาคารไปยัง Template ในโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดเตรียมไว้ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ในระดับคณะ/สำนัก ซึ่งประมวลผลจากการสร้างฟังก์ชันภายในโปรแกรม Microsoft Excel ที่จัดแสดงไว้ในหน้าสรุปรายงานพร้อมด้วยข้อมูลของแต่ละอาคาร สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการจัดส่งรายงานผลการประเมินได้

การประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนา เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร สำหรับนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง จากการใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนาสำหรับเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร จากคำสั่ง “Optimization” ในโปรแกรมเสริม ส่วนนี้ต้องทำการกรอกค่าตัวแปร “ค่าบรรทัดฐาน” ที่อยู่ในรูปแบบร้อยละ ตามค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชาที่ได้กำหนดสำหรับนำมาเปรียบเทียบ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลตามเงื่อนไขแนวทางในการปรับปรุงที่ได้กำหนดไว้ เมื่อวิเคราะห์แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารแล้ว ทำการใช้คำสั่ง “Report Optimization” ในโปรแกรมเสริม เพื่อส่งข้อมูลมายัง Excel Template ที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ ที่อยู่ในรูปแบบรายงานแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลตัดสินใจในการปรับปรุงต่อไป ซึ่งข้อมูลที่ส่งออกมานั้นประกอบด้วยหมายเลขห้อง พื้นที่ ขนาดความจุห้อง พื้นที่ต่อนักศึกษา 1 คน ตามเกณฑ์มาตรฐาน ประสิทธิภาพการใช้ห้องเรียน และประมวลผลออกมาเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ

โดยการสาธิตการใช้งานเครื่องมือที่พัฒนาและไฟล์ตัวอย่างสำหรับกรอกทดลองใช้งานสามารถติดตามได้ดังนี้

วิดีโอการใช้งาน <https://www.youtube.com/watch?v=BtkCG3fjqBM&feature=youtu.be>

ไฟล์ตัวอย่าง <https://drive.google.com/file/d/1ZJSyptJ1YhXPncE3GF5BxOhPhGzQkhD8/view?usp=sharing>

การอภิปรายผล

จากการพัฒนาโปรแกรมเสริมบนแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อช่วยในการประเมินประสิทธิภาพการใช้พื้นที่อาคารเรียนในมหาวิทยาลัย ทำให้ได้เครื่องมือสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารและระบบข้อมูลในการจัดการทรัพยากรกายภาพโดยการเชื่อมโยงข้อมูลร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับการใช้ประโยชน์พื้นที่อาคาร ซึ่งสามารถสรุปการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนา แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ 1 การเตรียมระบบข้อมูล โดยเป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับเป็นฐานข้อมูลและการแสดงผล

และการเตรียมข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ส่วนที่ 2 การตั้งค่าฐานข้อมูลและกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับฐานข้อมูล ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ห้องเรียนและการแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ตามค่าระดับสปีที่อยู่ในแบบแปลนบนแบบจำลองสารสนเทศอาคารและในรูปแบบรายงาน ทั้งในระดับอาคารและระดับคณะ/สำนัก ส่วนที่ 4 เสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร บนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร แล้วแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน

จากกระบวนการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนา เริ่มต้นการใช้งานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่เป็นข้อมูลอาคารตั้งต้นของกระบวนการ โดยการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้น ซึ่งเป็นระบบที่เชื่อมโยงโดยการนำเข้าข้อมูล (Input) ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ในแบบจำลองสารสนเทศอาคารร่วมกับโปรแกรมเสริม (Process) แล้วส่งออกผลลัพธ์ (Output) จากกระบวนการนี้เองทำให้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นศูนย์กลางข้อมูลสำหรับระบบการจัดการทรัพยากรกายภาพ สามารถไปประยุกต์ใช้งานหรือพัฒนาเครื่องมือเสริมในส่วนอื่นๆได้ต่อไป โดยเครื่องมือที่พัฒนาประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

1) กระบวนการเตรียมข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคารและการเตรียมข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับเป็นพื้นฐานของชุดเครื่องมือที่ได้พัฒนา โดยเป็นการจัดเตรียมไฟล์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และการจัดการข้อมูลที่จะนำมาใช้ประมวลผลบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยเป็นข้อมูลการใช้งานห้องเรียน ที่ได้ทำคัดกรองไว้จากข้อมูลทะเบียน

2) กระบวนการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร จากการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาด้วยโปรแกรมเสริมบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยประกอบไปด้วย 7 ชุดคำสั่งหลัก ที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากฐานข้อมูลแล้ววิเคราะห์ประสิทธิภาพประโยชน์อาคาร รวมถึงการแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารในรูปแบบจำลองสารสนเทศอาคารและในรูปแบบรายงานที่ได้จัดเตรียมไว้

3) จากการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ทำให้ได้ผลลัพธ์ได้แก่

- ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ตามค่าระดับสปีในรูปแบบแปลนบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร
- รายงานผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ระดับอาคาร และระดับคณะ/สำนัก
- รายงานแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร

จากการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาทำให้ทราบถึงอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารในการประเมินระดับอาคาร ซึ่งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับกลุ่มอาคารที่ได้จากการคัดเลือก จะทำให้ได้ข้อมูลในกลุ่มอาคารที่จะนำมาใช้ในการนำค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารสำหรับการประเมินในระดับคณะ/สำนัก ระดับมหาวิทยาลัย ดังนั้นจากกระบวนการนี้เองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินระดับมหาวิทยาลัยได้ต่อไป

สำหรับเครื่องมือที่ได้พัฒนานั้นเป็นการใช้ข้อมูลพื้นที่ในการวิเคราะห์จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จะมีความถูกต้องแม่นยำขึ้นอยู่กับระดับของการพัฒนา (LOD) ของข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร กล่าวคือความถูกต้องของผลการประเมินจะมากขึ้นตามระดับของการพัฒนา (LOD) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่อยู่ในระดับ Construction Documents (LOD 300) ทำให้ได้ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารที่มีความถูกต้องมากกว่าการประเมินในรูปแบบเดิมที่ใช้ข้อมูลอาคาร เทียบอยู่ในระดับ Conceptual & Schematic Design (LOD 100) อีกทั้งการใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนานั้นเป็นการลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน โดย

เป็นการนำเข้าและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งอาคารในครั้งเดียว ซึ่งจะช่วยให้ระยะเวลาในการประเมินที่ลดลงกว่าเดิมในกรณีเมื่อทำการประเมินใหม่หรือมีการแก้ไขข้อมูล เพียงแค่ นำข้อมูลการใช้งานห้องเข้ามาใหม่ก็จะสามารถประเมินผลได้อีกทั้งยังสามารถลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เนื่องจากข้อมูลการประเมินมีจำนวนมาก รวมถึงช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลงอีกด้วย อย่างไรก็ตามการประเมินโดยการใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนายังเป็นการพัฒนาระบบข้อมูลซึ่งก็คือ แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่เป็นศูนย์กลางของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารและสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่มีหน้าที่นำเข้าและส่งออกข้อมูล

ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนาจากการทดลองกับกลุ่มผู้ใช้งาน ได้ให้ความเห็นว่ากระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลมายังฐานข้อมูล สามารถใช้งานได้สะดวกเพราะเป็นการกรอกข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งมีการใช้งานและมีพื้นฐานการใช้งานที่ติดอยู่แล้ว อนึ่งสามารถให้มีการเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการประเมินไว้ได้ เพื่อช่วยลดระยะเวลาเพิ่มขึ้นอีก แล้วในส่วนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและการแสดงผลนั้นมีการแสดงผลตามค่าระดับสีในแบบแปลนบนแบบจำลองสารสนเทศมีประโยชน์ในการนำไปใช้งาน สามารถทราบถึงผลประเมินได้ง่ายและการแสดงผลที่จัดอยู่ในรูปแบบรายงานบน Microsoft Excel ซึ่งสามารถจัดการข้อมูลต่อได้ง่าย รวมถึงสามารถพิมพ์ได้ทันที อย่างไรก็ตามในการประเมินด้วยการคำนวณรูปแบบเดิม เป็นการคัดกรองข้อมูลรายห้องแล้วทำการคำนวณทีละห้อง ทำซ้ำจนครบทุกห้องภายในอาคารนั้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ซ้ำซ้อน อนึ่งหากมีข้อมูลจำนวนห้องมาก อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ กล่าวคือในการใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนาเป็นการลดกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อนนี้ได้ โดยกระบวนการที่ได้พัฒนาเป็นการคัดกรองภายในอาคาร ให้อยู่ในรายห้อง แล้วนำข้อมูลนั้นเข้าสู่การประมวลผลผ่านกระบวนการวิเคราะห์ในแบบจำลองสารสนเทศอาคารร่วมกับโปรแกรมเสริม แล้วส่งออกผลการประเมิน ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินอัตราการใช้ห้องเรียนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารรวมกับการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้น ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือบนโปรแกรม Autodesk Revit สำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร แล้วใช้โปรแกรมเสริม Dynamo สร้างชุดคำสั่งในการนำเข้าและส่งออกข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ร่วมกันกับโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อประมวลผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคาร ซึ่งทำให้แบบจำลองสารสนเทศอาคารนี้เป็นตัวกลางของข้อมูลเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูล รวมถึงกับเชื่อมโยงกับผู้ใช้งาน โดยข้อมูลจะถูกฝังอยู่ในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย พื้นที่ห้อง ความจุห้อง จำนวนชั่วโมงที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ และจำนวนนักศึกษาที่ใช้ห้องจริงใน 1 สัปดาห์ เมื่อมีข้อมูลในส่วนฐานข้อมูลกลาง ทำให้ผู้ที่ใช้งานสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในส่วนงานอื่นๆ ได้ โดยการเข้าถึงข้อมูลได้จากแบบจำลองสารสนเทศที่ได้ทำการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลไว้ สามารถนำข้อมูลมาใช้งานได้ง่าย มีความถูกต้อง และเป็นปัจจุบันตามเวลาจริง ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนเนื่องจากการถ่ายโอนข้อมูล การกรอกข้อมูล หรือหากมีการเปลี่ยนแปลงผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบ และการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารนั้นจะใช้เวลาน้อยกว่าเดิม เนื่องจากการนำเข้าและส่งออกข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ ระดับอาคาร วิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้ทำการเชื่อมโยง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขของข้อมูล การใช้งานเครื่องมือที่ได้พัฒนานั้นสามารถอัปเดตข้อมูลนั้นให้เป็นปัจจุบัน และได้พัฒนารูปแบบการประมวลผล สามารถนำไปใช้งานกับอาคารต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยได้ หรือสามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับอาคารประเภทอื่นๆ ที่ต้องการทราบ

ถึงการใช้ประโยชน์พื้นที่อาคาร แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาในด้านตัวแปรและมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่มีความเหมาะสมกับประเภทอาคารด้วย

ในการใช้งานต้องตรวจสอบข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร กับข้อมูลอาคารจริงที่จะนำเข้ามาใช้งานก่อน เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องด้วยข้อมูลที่มีในปริมาณมากหากมีการวางแผนการทำงานกับข้อมูลทะเบียนที่ได้รับมา สำหรับเชื่อมโยงในโปรแกรมเสริม อาจจะสามารถช่วยลดขั้นตอนในการเตรียมการของข้อมูลได้ และกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับฐานข้อมูล สำหรับการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารของแต่ละอาคารเท่านั้น หากมีการพัฒนากระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลเพิ่มขึ้นในระดับหน่วยงานหรือในระดับมหาวิทยาลัย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ผลการประเมินในระดับนั้นได้ทันที ทั้งนี้การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อหาค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชานั้น ในการศึกษาต่อไปหากมีข้อมูลมากเพียงพอ สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในระดับการประเมินต่างๆ ต่อไป สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์และประมวลผลในแต่ละห้องเรียนเปรียบเทียบกับค่าบรรทัดฐานที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสถาบันหรือกลุ่มสาขาวิชา เพื่อเสนอแนะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์อาคารที่เหมาะสม และหากมีการใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit ที่ต้องอัปเดตเวอร์ชันของข้อมูลก่อนใช้งาน อาจทำให้ข้อมูลบางอย่างสูญหาย หรือถูกปรับเปลี่ยน ต้องทำการตรวจสอบข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อนการนำไปใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักบริหารระบบกายภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการให้สัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องและข้อมูลเบื้องต้นสำหรับนำมาใช้พัฒนาเครื่องมือ ซึ่งข้อมูลจากการสัมภาษณ์ของแต่ละบุคคลจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม ผู้ที่มีสิทธิ์เข้าถึงข้อมูลจะมีเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- Akanmu, A., Olatunji, O., Love, P.E.D., Matthews, D.N., & Matthews, J. (2016). Auto-generated site layout: An integrated approach to real-time sensing of temporary facilities in infrastructure projects. *Structure and Infrastructure Engineering*, 12, 1243-1255.
- Ake-rarnngsaen, N. (2017). *Analyzing fire evacuation paths with Building Information Modeling technology* (Unpublished master's thesis). Retrieved from http://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Search/index/
- Arayici, Y., Fernando, T., Munoz, V., & Bassanino, M. (2018). Interoperability specification development for integrated BIM use in performance-based design. *Automation in Construction*, 85, 167-181.
- Architect Council of Thailand, Council of Engineers, & The Engineering Institute of Thailand. (2017). *Building information modeling guide*. Bangkok: EIT.

- Charoensuttiyotin, A. (2018). *Development of Building Information Modeling (BIM) to calculate the verall Thermal Transfer Value (OTTV) in schematic design stage* (Unpublished master's thesis). Retrieved from <https://cuir.car.chula.ac.th/>
- Chief Transformation and Strategic office. (n.d.). *phān yutthasāt Čhulālongkōnmahāwitthayālai 2560-2563*. (in Thai) [Strategic plan of Chulalongkorn University 2017-2020]. Retrieved April 22, 2019, Retrieved from <http://www.osm.chula.ac.th/>
- Ciribini, A. L.C., Pasini, D., Tagliabue, L.C., Manfren, M., Daniotti, B., Rinaldi, S., & Angelis, E.D. (2017). Tracking users' behaviors through real-time information in BIMs: Workflow for interconnection in Brescia Smart Campus Demonstrator. *Procedia Engineering, 180*, 1484-1494.
- Khosakitchalert, C., (2013). *Verification on applicability of American Institute of Architect's level of detail guideline for Building Information Modeling to architectural quantity takeoff methods in Thai construction industry* (Unpublished master's thesis). Retrieved from <https://cuir.car.chula.ac.th/>
- Khumpairoj, T. (2018). *BIM-Base tool for building life cycle greenhouse gas emissions assessment in early design stage: Case study residential building* (Unpublished master's thesis). Retrieved from <https://cuir.car.chula.ac.th/>
- Kumar, S.S. and Cheng, J.C.P. (2015). A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. *Automation in Construction, 59*, 24-37.
- McArthur, J.J. (2015). A Building Information Management (BIM) framework and supporting case study for existing building operations, maintenance and sustainability. *Prodedia Engineering, 118*, 1104-1111.
- Nakabutara, P. (2010). *The assessment of building usage: The faculty of architecture's building, Silpakorn University* (Unpublished master's thesis). Retrieved from <http://www.thapra.lib.su.ac.th/thesis/>
- Nical, A.K., Wodynski, W. (2016). Enhancing facility management through BIM 6D. *Prodedia Engineering, 164*, 299-306.
- Office of Physical Resources Management, Chulalongkorn University. (n.d.). *nāenam samnak kāiyaphāp*. (in Thai) [Introducing the physical office]. Retrieved from <http://www.prm.chula.ac.th/>
- Prakāsok ra sūang suksāthikān rūang nāothāng kān phōm prasitthiphāp kānchai prayōt 'ākhān khōng sathāban 'udomsuksā. (in Thai) [Announcement Ministry of Education in guideline of increasing the efficiency of building utilization for higher education institutions]. (2013, April 11). *Thai Government Gazette. 130* (Pt. 47ng), 19-21.

- Prasoptin, C., & Phitthayayon, A. (2015). Space utilization in the faculty of environment and resource studies, Mahidol University for academic year 2012. *Journal of Professional Routine to Research, 2*, 63-80.
- Sthapitanonda, L., Srihiran, K., Chotipanich, S., & Chukiatman, K. (2001). *kān phēm prasitthiphāp kānchai phūnthī 'ākhān rīan nai Čhulālongkōṇmahāwitthayālai*. (in Thai) [Optimization of building utilization efficiency in Chulalongkorn University] (Unpublished manuscript). Bangkok: Department of Architecture, Chulalongkorn University.
- Sthapitanonda, P. (2010). *rabīap withī wičhai kānsūrsān* [Research methodology in communication] (6th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- The Association of Siamese Architects under royal patronage. (2015). Thailand BIM Guideline (1st ed.). Bangkok: Plus Press.
- Watthanakit, P. (1999). *rabīap withī wičhai: wičhai sangkhommasāt*. (in Thai) [Research methodology: Research in social sciences and humanities]. Bangkok: n.p.