การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอาคารกับโครงการก่อสร้างจริง กรณีศึกษา โครงการ บูสท์ ฟิตเนส ยิม

Performance Compare of Building Information Modeling with Fact Construction Projects : A Case Study of the Boost and Fitness Gym Project

วิภาวี แป้นจุลสี[1] และ อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา
[2] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา
E-mail: elmomangpor@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการประมูลงานก่อสร้างมีการแข่งขันที่สูง ถูกบีบด้วยราคาประมูลและระยะเวลาในการถอดปริมาณงาน ความรวดเร็วและความแม่นยำในการถอดปริมาณงานเป็นสิ่งจำเป็นของบริษัทรับเหมาก่อสร้างทุกแห่ง บทความฉบับนี้มีจุดประสงค์หลัก เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling : BIM) ในการเข้ามาประยุกต์หรือแทนที่แผนกสำรวจปริมาณงาน (Quantity Surveyor) โดยเป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองอาคารในระบบ 3 มิติ และสามารถถอดข้อมูลปริมาณงานก่อสร้างที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้างได้ ใช้ในการประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้างในบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคา (Bill Of Quantities : BOQ) ที่ใช้ในการแข่งขันการประกวดราคาค่าก่อสร้าง ในการวิเคราะห์ผลมีการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกปริมาณงานที่ได้จากแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร ส่วนที่สองปริมาณงานที่ได้จากบุคคลากรในแผนกสำรวจปริมาณงาน ส่วนที่สามปริมาณงานที่ได้จากการเก็บข้อมูลการก่อสร้างที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยที่จะทำการนำเสนอ ได้แก่ ผลการเทียบปริมาณงานโครงสร้าง ผลการเทียบระยะเวลาในการดำเนินการถอดปริมาณงาน และ ผลการเทียบจำนวนบุคคลากรในการถอดปริมาณงาน พร้อมทั้งนำผลวิเคราะห์ให้ทางบริษัทที่สนใจได้พิจารณาการจัดซื้อซอฟต์แวร์แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคารต่อไป

คำสำคัญ: แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร,การถอดปริมาณงาน, การประมูลงานก่อสร้าง

Abstract

Current bidding construction is highly competitive. Being Rushed by the bid price and the working duration. Fast and precision in the amount of quantity surveyor is required of all construction companies. This paper's main purpose. To evaluate the performance of Building Information Modeling (BIM) for apply or replace the quantity surveyor department. By a modeling process, building in 3D and the construction quantity caused in construction projects. The estimated cost of construction materials and the amounts shown in the accounts for Bill of Quantities (BOQ) used in the construction of competitive bidding. In analyzing the data set is divided into 3 parts, the first part quantity of Building Information Modeling (BIM). The second part quantity of the staff in the quantity surveying department. The third part quantity of the proceeds from collection of construction build. The findings will be presented the results of the Structural work. The results of the period to estimate the quantity and the number of personnel compared to estimate the quantity. Including present analysis results to interested companies to consider purchasing the software for building information technology model.

Keywords: Building Information Modeling , estimate the quantity, bidding construction

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling : BIM) ได้เข้ามามีบทบาทกับวงการงานก่อสร้างมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร เป็นเทคโนโลยีที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์และพัฒนาระบบสำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เริ่มตั้งแต่การออกแบบด้านสถาปัตยกรรมไปจนถึงการก่อสร้างจริง โดยระบบ BIM จะสร้างแบบจำลองเสมือนของอาคาร และแสดงผลออกมาในรูปแบบ 3 มิติ โดยข้อมูลที่ได้จาก BIM สามารถแบ่งแยกองค์ประกอบอาคารได้อย่างชัดเจน และทำให้สามารถเข้าใจแบบก่อสร้างได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งการทำงานของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร(BIM) เป็นประโยชน์กับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานด้านการก่อสร้างโดยตรง ประกอบไปด้วย วิศวกรโครงสร้าง , สถาปนิกผู้ออกแบบ วิศวกรงานระบบ หรือ ในเชิงธุรกิจ อาทิ

เช่น บริษัทรับเหมาก่อสร้าง และ บริษัทออกแบบ เป็นต้น เนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (BIM) เป็นการสร้างแบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ (Three-dimensional model) ทำให้สามารถเข้าใจลักษณะทางกายภาพของอาคารได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยในเรื่องการจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประสานงานของฝ่ายต่างๆ และช่วยให้สามารถทำงานร่วมกันภายในทีมได้อย่างมีระบบ จึงสามารถช่วยลดความผิดพลาดและความขัดแย้งของปัญหาต่างๆที่มักจะเกิดขึ้นจากแบบก่อสร้างที่มีรูปแบบ 2 มิติ เช่น ความขัดแย้งที่เกิดจากการดำเนินการเนื่องจากแบบก่อสร้างไม่เป็นปัจจุบัน และ การก่อสร้างผิดไปจากแบบ จึงทำให้ข้อมูลที่ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการดำเนินการก่อสร้าง โครงการก่อสร้างในแต่ละโครงการจำเป็นต้องมีการประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง เพื่อพิจารณางบประมาณค่าก่อสร้างในเบื้องต้น และ ศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการก่อสร้าง เมื่อเจ้าของโครงการตัดสินใจที่จะเริ่มดำเนินการก่อสร้างโครงการดังกล่าว จากนั้นที่ปรึกษาโครงการ(Consult)จะดำเนินการเชิญผู้ที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วยผู้รับเหมาก่อสร้าง เข้าร่วมการประกวดราคาค่าก่อสร้างโครงการดังกล่าว และ จัดทำเอกสารแสดงปริมาณงานและราคาวัสดุก่อสร้าง (BOQ หรือ Bill of Quantities) โดยราคาค่าก่อสร้างที่เกิดขึ้นใน BOQ ส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของปริมาณงาน ที่ได้จากการประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง ดังนั้น ผู้ประมาณราคาต้นทุนค่าก่อสร้างจะต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญด้านงานก่อสร้าง มีประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้าง มีความละเอียดรอบคอบ และสามารถเข้าใจในแบบก่อสร้าง เพื่อลดข้อผิดพลาดในการประมาณราคาต้นทุนของโครงการให้น้อยที่สุด

การประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้าง โดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

(1) วิธีประมาณราคาโดยสังเขป

(2) วิธีประมาณราคาโดยละเอียด

นอกจากนี้ ในการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ หรือโครงการต่างๆที่มีการออกแบบโครงสร้าง และ งานสถาปัตยกรรมที่มีความซับซ้อน หากต้องการปริมาณที่ถูกต้อง และได้ผลการประมาณราคาที่เกิดค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลโดยตรงกับปริมาณงาน คือ ความรู้และความเชี่ยวชาญของผู้ถอดปริมาณงาน ข้อจำกัดด้านเวลาในการถอดปริมาณงาน และ แบบก่อสร้างมีความไม่ชัดเจน หรือเปลี่ยนแปลงแบบโดยไม่มีการประสานงาน ทำให้แบบไม่ตรงกัน ปริมาณจึงไม่เท่ากันกับแบบก่อสร้างต้นฉบับ

การนำเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มาใช้ในโครงการก่อสร้างนั้น ตั้งแต่การออกแบบ การเขียนแบบ จัดทำแบบการก่อสร้าง (As-built Drawing) รวมไปถึง การถอดปริมาณงาน เนื่องจาก BIM สามารถแสดงผลได้ทั้งรูปแบบ 2 มิติ และ แบบโมเดล 3 มิติ ทำให้สามารถเข้าใจลักษณะทางกายภาพของโครงการ ก่อนการก่อสร้างจริงได้ และ ช่วยลดข้อผิดพลาดจากลักษณะงานที่มีความซับซ้อน ลดระยะเวลาในการถอดปริมาณงาน BIM สามารถใช้ตรวจสอบหาความขัดแย้งของแบบก่อสร้าง อีกทั้งช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย วิศวกร สถาปนิกผู้ออกแบบ และ ผู้รับเหมา มีความเข้าใจในแบบก่อสร้างที่ถูกต้องและตรงกันมากขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำ เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling : BIM) สร้างแบบจำลองโมเดล 3 มิติ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการคิดปริมาณงาน และนำค่าปริมาณวัสดุที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรมBIM มาทำการเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุที่ใช้ในโครงการก่อสร้างจริงที่สร้างแล้วเสร็จ เพื่อนำผลการประเมินประสิทธิรูปที่ได้มาประยุกต์ใช้กับการแข่งขันประมูลงานในอนาคต

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและกระบวนการ BIM

การทำงานของ BIM คือ การสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และจะทำการเก็บข้อมูลแบบจำลองพร้อมทั้งข้อมูลสารสนเทศ รวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ โดยแบบจำลองจะประกอบขึ้นจากองค์ประกอบต่างๆของอาคาร (Building Component) เช่น พื้น ผนัง เสา ฝ้า ประตู-หน้าต่าง และ ข้อมูลด้านกราฟิก เช่น ขนาด สี และวัสดุ รวมไปถึง ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก เช่น ข้อมูลผู้ผลิต รุ่น และราคา เป็นต้น และ BIM สามารถแสดงผลแบบจำลองอาคารให้อยู่ในรูปแบบของมุมมอง (View) ที่เหมาะสมตามการใช้งาน เช่น มุมมองแบบ 2 มิติ ประกอบไปด้วย พื้น รูปด้าน และรูปตัด ส่วนมุมมองแบบ 3 มิติ ประกอบด้วย รูปทัศนียภาพ และ รูป Isometric และสามารถแสดงผลข้อมูลต่างๆของแบบจำลองอาคาร อาทิเช่น ปริมาณวัสดุ และพื้นที่ใช้สอย

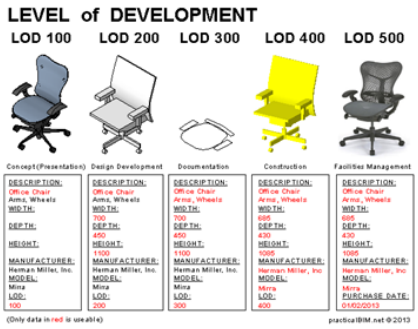
เนื่องจาก BIM จัดเก็บข้อมูลของแบบจำลองอาคารทั้งหมด รวมอยู่ในฐานข้อมูลกลางดังนั้นเมื่อต้องการทำการเปลี่ยนแปลงและแก้ไขแบบจำลองอาคารข้อมูลก็จะถูกส่งไปที่ฐานข้อมูลกลางของระบบจะส่งผลให้การแสดงผลในทุกมุมมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไข มีความเปลี่ยนแปลงโดยอัตโนมัติ (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 2)

ที่มา : (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 2)

รูปที่ 1 อธิบายแนวคิดของ BIM

2.2 การกำหนดมาตรฐาน BIM

2.2.1 มาตรฐานรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร มาตรฐานนี้เรียกโดยย่อว่า แอลโอดี (LOD) หรือ Level of Development ซึ่งก็คือการกำหนดระดับรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศประกอบให้สอดคล้องกับการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ในงานออกแบบสถาปัตยกรรม อาจจะกำหนดเป็นค่าตัวเลข เช่น LOD 100, LOD 200 ฯลฯ หรือ อาจจะกำหนดเป็นขั้นตอนในการทำงาน เช่น ขั้นตอนแนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual design), ขั้นตอนพัฒนาแบบ (Design development) ฯลฯ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำ BIM ไปใช้ในการทำงานออกแบบสถาปัตยกรรม และเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 2 ตัวอย่าง LOD ของเก้าอี้ โดยใช้ข้อมูลที่ไม่ใช้กราฟิก (Non-graphics) เพิ่มขึ้นตามระดับชั้นของโครงการในขณะที่ข้อมูลส่วนที่เป็นกราฟิก หรือรูปร่างหน้าของเก้าอี้ความละเอียดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น หากต้องการนำเสนอภาพทัศนียภาพในชั้นแบบร่างก็อาจต้องใช้กราฟิกที่มีความละเอียดมากกว่าในชั้นแบบก่อสร้าง



ที่มา : (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 4)
รูปที่ 2 แสดงตัวอย่าง LOD ของเก้าอี้

2.2.2 มาตรฐานการทำงานร่วมกันและการแบ่งปันข้อมูล

โดยเฉพาะในกรณีงานที่มีความซับซ้อนและมีผู้ร่วมทำงานหลายคน จำเป็นที่จะต้องกำหนดมาตรฐานในการทำงานร่วมกัน รวมถึงการแบ่งปันข้อมูลระหว่างกัน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน โดยมาตรฐานนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดผู้ใช้งาน ว่าสามารถทำงานในองค์ประกอบอาคารในแบบจำลองอาคารที่ส่วนใดได้บ้าง

2.2.3 มาตรฐานการกำหนดหมวดหมู่และประเภทของข้อมูลองค์ประกอบอาคาร

โดยเฉพาะในกรณี ที่มีการสร้างองค์ประกอบอาคารขึ้นมาใหม่เองประกอบไปด้วย มาตรฐานการตั้งชื่อรายละเอียดข้อมูลสารสนเทศประกอบ และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐาน BIM แล้วในหลายประเทศ เช่น ประเทศสิงคโปร์ ได้จัดทำ มาตรฐาน BIMสำหรับข้อมูลอาคารที่จะนำส่งให้หน่วยงานของรัฐบาล (http://www.bca.gov.sg/bim/bimlinks.html) และประเทศสหรัฐอเมริกา โดย AIA (The American Institute of Architects) ได้ออกมาตรฐานการทำ BIM ที่มี ชื่อเรียกว่า AA E202 BIM Protocol ขึ้น เป็นต้น (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 4)

2.3 การวางแผนการปฏิบัติงานด้วย BIM (Project BIM Execution Plan)

(1) กำหนดเป้าหมายของโครงการ BIM และการนำ BIM ไปใช้ประโยชน์ (Goals and Uses)

(2) กำหนดมาตรฐานของแบบจำลอง BIM ในโครงการ (Standards)

(3) กำหนดซอฟต์แวร์ BIM ที่จะใช้ และกำหนดว่าจะทำงานร่วมกันอย่างไร (Software Platform)

(4) กำหนดหัวหน้าโครงการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต่างๆ ตามหน้าที่ และความรับผิดชอบ(Stakeholders)

(5) กำหนดความถี่ในการประชุมและผู้เข้าร่วมประชุม (Meetings)

(6) กำหนดรูปแบบที่จะใช้ในการส่งต่อหรือแลกเปลี่ยนข้อมูล (Project Deliverable)

(7) กำหนดจำนวนอาคาร ขนาด ตำแหน่ง ฯลฯ แบ่งงานและตารางงาน (Project Characteristics)

(8) กำหนดระบบพิกัดสำหรับแบบจำลอง BIM (BIM Shared Coordinates)

(9) กำหนดโครงสร้างการจัดการแบบจำลอง โดยที่ผู้เกี่ยวข้องในหลายสาขาอาชีพ และผู้ใช้หลายคนสามารถเข้าถึง และทำงานร่วมกันระหว่างช่วงต่างๆ ของโครงการ ด้วยข้อมูล BIM เดียวกัน (Data Segregation)

(10) กำหนดวิธีการตรวจสอบกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Checking Validation)

(11) กำหนดวิธีการสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน (Data Exchange)

(12) กำหนดระยะเวลาในการตรวจสอบและทบทวนแบบจำลอง BIM โดยที่ทุกฝ่ายต้องเข้ามาประชุมร่วมกัน (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 10)

2.3.1 การกำหนดขั้นตอนการทำแบบจำลอง BIM (BIM Modeling Process Setup)

ก่อนการสร้างแบบจำลอง BIM จำเป็นที่จะต้องวางแผนการสร้างแบบจำลอง โดยการแบ่งกลุ่มขององค์ประกอบอาคาร (Project Work Set) เช่น กลุ่มผนังภายนอกอาคาร กลุ่มผนังภายในอาคาร กลุ่มพื้นที่ใช้สอยร่วมภายในอาคาร (Common Area) กลุ่มทางสัญจรภายนอก เป็นต้น

นอกจากนี้ต้องมีการวางแผนการจัดการไฟล์ข้อมูลโครงการ (Project File Management) เนื่องจากแบบจำลอง BIM ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆของอาคารเป็นจำนวนมาก ซึ่งเมื่อรวมกันเข้าจะทำให้แบบจำลองมีขนาดใหญ่ และอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการเปิดใช้งาน ดังนั้นจึงควรแบ่งไฟล์ให้เป็นส่วนย่อยๆตามการออกแบบอาคาร เช่น แต่ละไฟล์อาจประกอบไปด้วยอาคารแต่ละหลัง โดยที่มีไฟล์หลักอีกไฟล์ ใช้เป็นที่

รวมของไฟล์ย่อยทั้งหมด (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 10)

2.3.2 การจัดทำมาตรฐานของส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการเสริมแบบจำลอง BIM (Set up Project Standard)

(1) มาตรฐานกราฟิก (Graphic Standard) เป็นการทำมาตรฐานของสัญลักษณ์ และขนาดของเส้นต่างๆในรูปแบบของการนำเสนอแบบจากแบบจำลอง BIM

(2) การกำหนดหน่วย (Unit) ที่จะใช้ในการทำแบบจำลอง BIM

(3) การกำหนดมาตราส่วน และการแสดงผลรายละเอียด (Drawing Scale and Detail Display) เป็นการตั้งค่ามาตราส่วนของแบบและการจัดทำ Library ของแบบแสดงรายละเอียดมาตรฐานต่างๆ

(4) มาตรฐานแบบจำลององค์ประกอบอาคาร (Building Component Standard and Catalog) จัดทำแบบจำลององค์ประกอบของอาคารที่เป็นมาตรฐาน และจัดทำเป็น Catalog เพื่อที่จะสามารถค้นหาและนำมาใช้ได้ ในเวลาที่สร้างแบบจำลอง BIM (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 10)

2.3.3 ขั้นตอนการออกแบบและการเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง BIM (phasing)

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบงานสถาปัตยกรรมและการเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง

ระดับขั้นโครงการ	สิ่งที่ต้องส่งเพื่อให้ขั้นตอนต่อไปทำงานได้	สิ่งที่ต้องใช้ในการทำแบบจำลอง BIM
ขั้นแนวความคิดในการออกแบบ และการทำแบบร่าง (Conceptual & SchematicDesign)	- แบบจำลองของที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Site Model) - ข้อจำกัดต่างๆ ในการออกแบน (Design Restriction) - Building Mass Model - Shadow Analysis - พื้นที่ใช้สอยของส่วนต่าง (Area Tabulation) - ประมาณราคาอย่างคร่าวๆ - กำหนดวัสดุโดยคร่าว	- ขอบเขตที่ดิน และระดับความสูงต่ำ ของพื้นที่ (Site Boundary / Topography) - ข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่ (Environmental Survey) - ภาพถ่ายทางอากาศ - ข้อมูลด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้อง Building Mass Model - ตำแหน่งที่ตั้ง (Site Locaticn) เพื่อกำหนดตำแหน่งและเส้นทางของดวงอาทิตย์ และเวลาที่จะนำมาใช้ในการศึกษา - 3D Model
ขั้นการพัฒนาแบบ (Design Development)	- ผังบริเวณ (Site Layout) - ผังพื้น (Floor Plans) - รูปด้าน (Elevation) - รูปตัด (Section) - แบบขยายรายละเอียด	- แบบจำลองที่ตั้ง (Site Model) - แบบจำลอง BIMงานสถาปัตยกรรม (Architectural 3D BIM
	(Details) - กำหนดวัสดุ	Model) - มุมมอง 2 มิติ / 3 มิติ - แผ่นแบบ (Sheets) - งบประมาณในการก่อสร้าง - ระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและ ก่อสร้าง - ราคา/ตารางเมตร - Rendering
ขั้นการจัดทำแบบก่อสร้าง (Construction Documents)	- แบบจำลอง BIM - แบบ 2 มิติ (2D Drawing Sheets) - รายการประตู (Door Schedule) - รายการหน้าต่าง (Window Schedule) - รายการวัสดุตกแต่งผิวต่างๆ (Room Finishing Schedule)	- สัญลักษณ์ประกอบแบบ (Annotations) - รายละเอียด 2 มิติ (2D CAD Details) - ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิกประกอบการทำรายการต่างๆ (Non-graphic Data for Scheduling) - รายการประกอบแบบ (Specification)

ที่มา : (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 12)

2.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำงานด้วย BIM

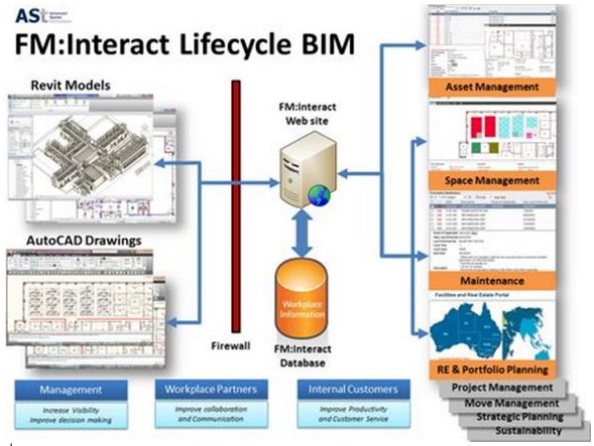
2.4.1 ด้านการบริหารการก่อสร้าง (Construction Management; CM)

โดยการใส่ข้อมูลด้าน "เวลา" ประกอบเข้าไปกับองค์ประกอบอาคาร เช่น กำหนดวันเริ่มงานและวันแล้วเสร็จของงาน เมื่อประกอบเข้ากับข้อมูลปริมาณวัสดุที่ได้จาก BIM ผู้บริหารงานก่อสร้างและผู้รับเหมาก่อสร้างก็สามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารการก่อสร้าง โดยสามารถแสดงเป็นภาพ 3 มิติของอาคารและองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคารเสมือนจริงได้อย่างชัดเจน และเป็นไปตามช่วงเวลาของแผนงานเปรียบเทียบกับการก่อสร้างจริง อีกทั้งยังสามารถคำนวณปริมาณวัสดุที่ต้องใช้งานในช่วงเวลานั้นๆ ได้อีกด้วย (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 5)

ที่มา : (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 6)
รูปที่ 3 การนำ BIM ไปใช้ในการบริหารงานก่อสร้าง

2.4.2 ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคาร (Facility Management; FM)

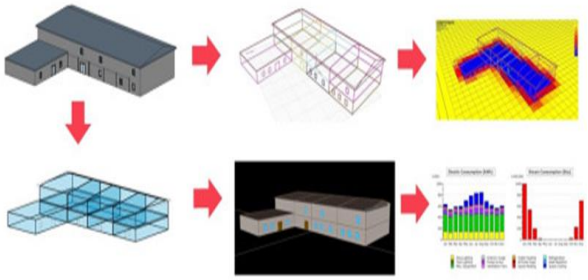
เมื่อ BIM เป็นการสร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงข้อมูลของอาคารได้แทบครบถ้วนก่อนอาคารสร้างเสร็จ ผู้ใช้งานจึงสามารถ "ทดลอง" บริหารจัดการอาคารโดยไม่ต้องรอให้อาคารสร้างเสร็จ เช่น การจัดการพื้นที่ทำงานของฝ่ายต่างๆ ที่สามารถแสดงขนาดพื้นที่ที่ต้องจัดสรรให้แต่ละผู้ใช้อาคารได้ทันที สามารถคาดการณ์ค่าใช้จ่ายในการใช้งานอาคารภายหลังจากอาคารสร้างแล้วเสร็จและใช้งานไปแล้วหลาย ๆ ปี สามารถนำมาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาอาคาร โดยอาศัยข้อมูลที่เพิ่มเติมเข้าไป ทำให้เจ้าของโครงการหรือผู้บริหารอาคาร มองเห็นแนวทางในการดูแลและซ่อมบำรุง ตลอดจนค่าใช้จ่าย สามารถที่จะวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพอาคารได้ล่วงหน้าก่อนที่อาคารจะถูกสร้างแล้วเสร็จ (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 6)



ที่มา : (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2558 : 7)
รูปที่ 4 การนำ BIM ไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพของอาคาร

2.4.3 ด้านการประเมินสมรรถนะอาคาร (Building Simulation)

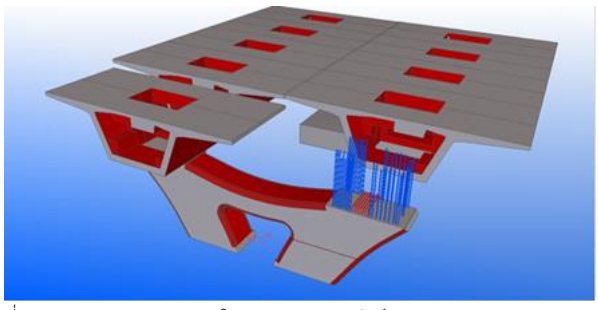
เนื่องจาก BIM ประกอบไปด้วยข้อมูลขององค์ประกอบต่างๆ ของอาคาร จึงสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการจำลองเพื่อประเมินสมรรถนะของอาคารในต้นต่าง ๆ ได้ เช่น การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารการประเมินความเป็นอาคารเขียว การประเมินค้นความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว หรือแรงลม ตลอดจนการจำลองพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพคนออกจากอาคาร เป็นต้น (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 6)



ที่มา : (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 7)
รูปที่ 5 การนำ BIM ไปใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคาร

2.5.4 ด้านการผลิตชิ้นส่วนองค์ประกอบอาคาร (Fabrication)

ด้วยความสามารถในการสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอาคารเป็น 3 มิติ ในแบบจำลองของ BIM จึงสามารถส่งออกข้อมูลแบบ 3 มิตินี้ ไปยังระบบอื่นๆ เช่นระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต หรือ CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อนำไปผลิตวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป หรือส่งออกไปยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อสร้างเป็นชิ้นส่วนหรือหุ่นจำลองอาคารต้นแบบ (Prototype) ได้อย่างง่ายดาย โดยมีความถูกต้องแม่นยำตามความต้องการ (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 8)



ที่มา : สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558 : 8)
รูปที่ 6 การนำ BIM ไปใช้ในการสั่งผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jang (2011) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการประมาณต้นทุนก่อสร้างโดยการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูลอาคาร โดยใช้กรณีศึกษาเป็นอาคาร 3 ชั้นในเมืองมิวนิคประเทศเยอรมนีเริ่มจากการใช้ซอฟต์แวร์ของ Autodesk Revit 2011 สร้างแบบจำลองข้อมูลอาคาร 3 มิติ พร้อมกับใส่รายละเอียดของข้อมูลในแบบจำลอง จากนั้นส่งออกไฟล์ข้อมูลจาก Autodesk Revit 2011 ไปยังซอฟต์แวร์ Autodesk QTO 2011 เพื่อทำการคำนวณปริมาณงาน เมื่อคำนวณปริมาณงานเสร็จแล้วส่งออกไฟล์ข้อมูลปริมาณงานไปยัง MS Excel เพื่อทำการสร้างความเชื่อมโยงกับราคาต่อหน่วยวัสดุและค่าแรง

จากนั้นใช้ MS Excel คำนวณราคาก่อสร้าง จากผลงานศึกษาของ jang (2011) พบว่ากระบวนการคำนวณปริมาณงานโดยอัตโนมัติของซอฟต์แวร์ Autodesk QTO 2011 สามารถช่วยให้การประมาณต้นทุนก่อสร้างเสร็จภายใน 15 นาที และจากการศึกษายังพบอีกว่าการประมาณต้นทุนก่อสร้างด้วยวิธีนี้สามารถลดจำนวนพนักงานและระยะเวลาในการประมาณต้นทุนก่อสร้าง รวมถึงเรื่องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบก่อสร้างได้ทันที แล้วยังช่วยให้เจ้าของโครงการสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนได้รวดเร็วยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ระบุข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารในการประมาณต้นทุนก่อสร้างในเรื่องของความไม่เพียงพอในการระบุข้อมูลที่มีความสำคัญลงในแบบจำลอง เนื่องจากข้อมูลที่ระบุลงในแบบจำลองมีความสำคัญต่อกระบวนการคำนวณปริมาณงานและการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้านราคาวัสดุ นอกจากนี้มีงานวิจัยของ (Hsu,2012) ที่นำเสนอแนวทางการประมาณต้นทุนก่อสร้างโดยการใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารโดยการใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Quantity Takeoff ในการคำนวณปริมาณงาน ผลงานวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้ BIM สามารถประหยัดเวลาในการประมาณต้นทุนการก่อสร้างและเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมาก อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ ยังพบปัญหาการคำนวณปริมาณงานบางรายการที่ไม่สามารถคำนวณปริมาณงานออกมาได้โดยตรงจากซอฟต์แวร์ BIM ซึ่งต้องใช้วิธีการคำนวณปริมาณงานแบบเดิม

3 การดำเนินการศึกษา

3.1 ศึกษาวิธีการที่ใช้ในการประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคาเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในโครงการก่อสร้างเพื่อประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของโครงการก่อสร้างนั้น ๆ วิธีการในการประมาณราคานั้นสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความสำคัญและรายละเอียดในการประมาณราคาที่ต้องการ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีการคิดค้นหาวิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างคร่าว ๆ หลายวิธีการเพื่อที่จะได้มาซึ่งความสามารถในการประมาณราคาให้ถูกต้องและรวดเร็ว

3.2 กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในกาศึกษาโดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกดังต่อไปนี้

3.2.1 โครงการที่คัดเลือกมาใช้เก็บข้อมูล เป็นโครงการที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ ได้แก่ โครงการกรณีศึกษา โครงการ BOOST AND FITNESS GYM

3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี BIM ที่เลือกมาใช้ในการวิเคราะห์และสร้างข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม ArchiCAD 22

3.2.3 ซอฟ์ตแวร์ที่ใช้เก็บข้อมูลปริมาณงานที่ก่อสร้างจริง ได้แก่ โปรแกรม พจมาน

3.2.4 ข้อมูลปริมาณที่ยื่นซองประมูลงาน

3.3 ตัวแปรที่ศึกษา

โครงการ BOOST AND FITNESS GYM ตั้งอยู่ที่ ถนน รามคำแหง กรุงเทพมหานคร อาคารโครงสร้างเหล็ก จำนวน 3 หลัง รายละเอียดดังนี้
อาคาร 01 (อาคารโครงสร้างเหล็ก 3 ชั้น พาณิชย์-สำนักงาน)
อาคาร 02 (อาคารโครงสร้างเหล็ก 1 ชั้น พาณิชย์)
อาคาร 03 (อาคารโครงสร้างเหล็ก 3 ชั้น อยู่อาศัยรวม)

ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ปริมาณงานหมวดโครงสร้างอาคาร 01 (อาคารโครงสร้างเหล็ก 3 ชั้น พาณิชย์-สำนักงาน) พื้นที่ใช้สอย 1,350 ตารางเมตร รายละเอียดดังนี้

(1) งานคอนกรีตหยาบ
(2) งานคอนกรีตโครงสร้าง
(3) งานเหล็กเสริม
(4) งานเหล็กรูปพรรณ

3.4 เก็บรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากโครงการกรณีศึกษา โครงการ BOOST AND FITNESS GYM ซึ่งเป็นโครงการที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล และเป็นโครงการที่ได้ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จของโครงการ ดังนั้นข้อมูลด้านปริมาณงานเหล่านี้จึงเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในอดีต ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในอนาคต การวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลราคางานก่อสร้างอาคารจำนวนทั้งหมด 1 อาคาร เนื่องจากข้อมูลด้านราคางานก่อสร้างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาจากหน่วยงานเอกชน ซึ่งมีวิธีการประมาณราคาที่แตกต่างกัน เช่น การเผื่อปริมาณงาน การคิดกำไร เป็นต้น อย่างไม่มีรูปแบบที่ตายตัวเพราะเป็นการทำงานของคนจะแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยรอบข้าง ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้มาว่าเป็นมาตรฐานและถูกต้องที่นำมาเปรียบเทียบข้อมูล

3.5 ทดสอบข้อมูลดิบกับแบบจำลองในการประมาณราคา

นำข้อมูลโครงการกรณีศึกษา โครงการ BOOST AND FITNESS GYM และ ข้อมูลส่วนที่เก็บจากการก่อสร้างจริงมาสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในการประมาณราคา จากทฤษฎีแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคารและเปรียบเทียบผลที่ได้ โดยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง การประมาณราคานี้ ประกอบไปด้วย งานในหมวดของงานโครงสร้าง งานคอนกรีตหยาบ งานคอนกรีตโครงสร้าง งานเหล็กเสริม งานเหล็กรูปพรรณ โดยคาดหวังว่าแบบจำลองที่ได้สามารถใช้ประมาณราคาค่าก่อสร้างอาคารโครงการ BOOST AND FITNESS GYM ได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากกว่าการถอดปริมาณและราคาด้วยบุคลากรในแผนก

3.6 สรุปผลงานวิจัยและเสนอแนะในการศึกษา

จากข้อมูลที่ได้ในข้อ 3.4 นำมาสรุปผลที่ได้ของระหว่างข้อมูลปริมาณจากบุคลากรในแผนกและ แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร

Building Information Modeling (BIM) นำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับปริมาณที่ใช้จริงหน้างานเพื่อประเมินการมีประสิทธิภาพ และความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ใช้ เพื่อให้ได้ความแม่นยำมากขึ้น หลังจากได้สรุปผลงานวิจัย ทางผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะไว้ในข้อนี้ด้วย

4. วิเคราะห์ผล

ผลการวิเคราะห์ในส่วนแบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคารจะมีการถอดปริมาณใกล้กับใช้งานจริงมากกว่า เมื่อคิดรวมเป็นร้อยละเท่ากับ 98.65 สามารถแยกเป็นงานหมวดโครงสร้างได้ดังนี้

(1) งานคอนกรีตหยาบร้อยละ 137
(2) งานคอนกรีตโครงสร้างร้อยละ 69.46
(3) งานเหล็กเสริมร้อยละ 100.29
(4) งานเหล็กรูปพรรณร้อยละ 87.85

4.1 วิเคราะห์ปริมาณงานคอนกรีตหยาบ

ผลการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตหยาบ การใช้ซอฟต์แวร์ในการถอดปริมาณงานคุ้มค่ากว่า เนื่องจากการถอดปริมาณงานจากคนมีการเผื่อเปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณงานที่ได้ น้อยกว่าที่ใช้จริง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณงานคอนกรีตหยาบ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณคอนกรีตหยาบ			หน่วย
		ประมูลงาน	ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป	หน้างานจริง	
1	คอนกรีตหยาบ	3.50	5.48	4.00	ลบ.ม.
คิดเป็นร้อยของการใช้งานจริง (%)		87.50	137.00		

ที่มา : ผู้วิจัย

4.2 วิเคราะห์ปริมาณงานคอนกรีตโครงสร้าง

ผลการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตโครงสร้าง เนื่องจากปริมาณคอนกรีตโครงสร้างที่ใช้จริง มีปริมาณเกินกว่า ซอฟต์แวร์ และ คน เป็นจำนวนมาก อาจเกิดข้อผิดพลาดจากการทำงานจริง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณงานคอนกรีตโครงสร้าง

ลำดับ	รายการ	ปริมาณคอนกรีตโครงสร้าง			หน่วย
		ประมูลงาน	โปรแกรมสำเร็จรูป	หน้างานจริง	
1	คอนกรีต โครงสร้าง 280 Ksc .(Cyl)	138	109.05	157	ลบ.ม.
คิดเป็นร้อยของการใช้งานจริง (%)		87.90	69.46		

ที่มา : ผู้วิจัย

4.3 เปรียบเทียบปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีต

ผลการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีตการใช้ซอฟต์แวร์ถอดปริมาณงานคุ้มค่ากว่าเนื่องจาก สามารคคำนวณปริมาณได้ตามแบบจึงได้ปริมาณเทียบเท่าที่ใช้งานจริง

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณงานเหล็กเสริมคอนกรีต

ลำดับ	รายการ	ปริมาณเหล็กเสริมคอนกรีต			หน่วย
		ประมูลงาน	โปรแกรมสำเร็จรูป	หน้างานจริง	
1	เหล็ก DB 12mm.	5,631	7,202.45	7,192.80	กก.
2	เหล็ก DB 16mm.	642	489.45	504.96	กก.
3	เหล็ก DB 20mm.	1,471	1,548.06	1,602.90	กก.
4	เหล็ก DB 25mm.	2,819	2908.56	2,812.69	กก.
รวม		10,563	12,148.52	12,113.35	กก.
คิดเป็นร้อยของการใช้งานจริง (%)		87.20	100.29		

ที่มา : ผู้วิจัย

4.4 เปรียบเทียบปริมาณงานเหล็กรูปพรรณ

ผลการเปรียบเทียบปริมาเหล็กรูปพรรณการใช้ซอฟต์แวร์ถอดปริมาณงานคุ้มค่ากว่าเนื่องจากใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าใช้คนถอดถึงแม้ว่าปริมาณจะเท่ากัน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณงานเหล็กรูปพรรณ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณเหล็กรูปพรรณ			หน่วย
		ประมูลงาน	โปรแกรมสำเร็จรูป	หน้างานจริง	
1	H-150x150x7x10 (31.50kg/m)	404	896.49	1,134	กก.
2	H-200x100x5.5x8 (21.30 kg/m)	7860	5,532.25	7,029	กก.
3	H-200x200x8x12 (49.90 kg/m)	16,840	19,645.63	20,359.2	กก.
4	H-300x150x6.5x9 (36.70kg/m)	20,736	19,523.54	22,680.6	กก.
5	H-400x200x8x13 (66.00kg/m)	5,940	6,336	7,920	กก.
รวม		51,780	51,939.91	59,122.8	กก.
คิดเป็นร้อยของการใช้งานจริง		87.58	87.85		

ที่มา : ผู้วิจัย

4.5 เปรียบเทียบปริมาณระยะเวลา

ผลการเปรียบระยะเวลา การใช้ซอฟต์แวร์ถอดปริมาณงานคุ้มค่ากว่าเนื่องจาก ปริมาณงานเท่ากันใช้เวลาน้อยกว่ามาก

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระยะเวลา

ลำดับ	รูปแบบ	เวลา	หน่วย
1	คน	5	วัน
2	ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป	2	วัน
	ส่วนต่าง	3 วัน	

ที่มา : ผู้วิจัย

5. สรุปผล

5.1 สรุปผล

จากผลวิเคราะห์พบว่า การประยุกต์ใช้ แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร สามารถประหยัดเวลาในการถอดปริมางานก่อสร้างและภาพรวมของปริมาณวัสดุใกล้เคียงที่ใช้จริงในงานก่อสร้าง แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคารจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อผู้ใช้ต้องมีความชำนาญในซอฟต์แวร์และต้องมีความละเอียดในการใส่รายละเอียด อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ ยังพบปัญหาการคำนวณปริมาณงานบางรายการที่ไม่สามารถคำนวณปริมาณงานออกมาได้โดยตรงจากซอฟต์แวร์ ซึ่งต้องใช้วิธีถอดปริมาณงานแบบเดิมควบคู่กันไปเพื่อได้งานที่มีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลสรุปการเปรียบเทียบ ไม่สามารถทดแทนบุคลากรในแผนกสำรวจปริมาณงาน (Quantity Surveyor : QS) ได้แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานแบบควบคู่กันไปเพื่อลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำในการถอดปริมาณงานก่อสร้าง ในการศึกษาครั้งต่อไป เห็นควรจะทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้งานแบบควบคู่ในการถอดปริมาณงานก่อสร้าง ต่อ จำนวนบุคคลากรในการถอดปริมาณงาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ รศ. ดร. อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนดำเนินงานวิจัยทั้งหมด อีกทั้งการวิเคราะห์และสรุปผล รวมถึงที่ปรึกษาอื่น ๆที่สำคัญต่อการดำเนินงานวิจัย ขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา ที่ให้โอกาสให้การศึกษา และ ขอขอบคุณท่าน บิดามารดาที่ส่งเสริมในการศึกษาตลอดมา และขอขอบคุณทางบริษัท ไทย อิงเกอร์ จำกัด ที่ให้นำข้อมูลของบริษัทและซอฟต์แวร์แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคารเพื่อนำมาศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] ท. ยมนาค.(2553)" Building Information Modeling สำหรับงานออกแบบก่อสร้าง" บทความวิชาการในโครงการประชุมวิชาการ ระดับบัณฑิตศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

[2] ท. ยอดพฤติการณ์.(2555). การก่อสร้างโดยใช้ระบบโครงสร้าง คอนกรีตสำเร็จรูป. ครั้งที่ 1. สุนทร ฟิล์ม : กรุงเทพฯ,

[3] สมาคมสถาปนิกแห่งสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. (2554). มาตรฐาน การเขียนแบบก่อสร้าง ฉบับปี พ.ศ. 2554. ครั้งที่ 1. พลัสเพรส จำกัด : กรุงเทพฯ,

[4] สมาคมสถาปนิกแห่งสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์.(2558). แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย. ครั้งที่ 1.พลัสเพรส จำกัด : กรุงเทพฯ,

[5] โรจน์วัฒน์ อินทุ่ง (2545). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการเขียนแบบและประเมินมูลค่าเบื้องต้นฝ่ายทดน้ำคอนกรีตชลประทานขนาดเล็ก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต