ความคุ้มค่าคุ้มทุนในการนำพรินเตอร์ 3 มิติ ร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มาใช้ในกระบวนการออกแบบก่อสร้าง

Increasing Value Using BIM and 3D Printing in the Design and Construction Process

อาทิตยา ตาปัน [1,*] เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง [2] พรพจน์ นุเสน [3] และ มานพ แก้วโมราเจริญ [4]

[1,4] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
[2] หลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์
[3] สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่
**Corresponding author; E-mail address: artitaya.t12@gmail.com*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการออกแบบอาคารในประเทศไทยมักพบปัญหาความล่าช้าที่เกิดจากขั้นตอนการออกแบบ การทำงานที่ซ้ำซ้อน ซึ่งส่งผลให้เกิดระยะเวลาในการทำงานที่นาน เกิดการสิ้นเปลืองต้นทุนและทรัพยากรบุคคล อีกทั้งแบบก่อสร้างไม่มีมาตรฐาน ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการนำไปก่อสร้างอาคารของผู้รับเหมา เพื่อศึกษาความคุ้มค่า คุ้มทุนในการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ใช้ในกระบวนการออกแบบก่อสร้าง การถอดราคาวัสดุ และการนำข้อมูลมาใช้โดยการแปลงไฟล์ซอฟต์แวร์เพื่อนำไป ใช้ขึ้นรูปอาคาร 3 มิติ โดยเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความคุ้มค่า ความคุ้มทุน เวลาและมาตรฐานแบบก่อสร้าง การขึ้นชิ้นงาน 3 มิติ ซึ่งผลงานวิจัยเบื้องต้นพบว่าการออกแบบก่อสร้างอาคาร ทำให้ลดเวลาในการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มีความแม่นยำกว่าการใช้ ทรัพยากรบุคคลในการถอดราคาแบบปัจจุบัน และสามารถนำข้อมูลการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มาใช้ขึ้นรูปอาคารชิ้นงาน 3 มิติ ได้รวดเร็วกว่าปัจจุบันและชิ้นงานสามารถถอด ส่วนประกอบอาคารให้เห็นรายละเอียดของอาคารได้ตามมาตรฐานถูกต้องตามแบบ และยังลดระยะเวลากับ ต้นทุนการใช้ทรัพยากรบุคคลในการตัดชิ้นงานอาคารได้ตามที่คาดการณ์ไว้

คำสำคัญ: พรินเตอร์ 3 มิติ , แบบจำลองสารสนเทศอาคาร , กระบวนการก่อสร้าง

Abstract

At the present moment, building designs in Thailand tend to encounter many delays due to the design process. Redundant work results in a much longer working period which then results in a waste of human resources and time. This can also cause mistakes in the construction of a contractor's building. Studying building information modeling, or BIM, is a cost-effective solution for the design process. Powerful tools, (coupled with a 3D Printer) during the design process will assist in removing redundant tasks and also provide more accuracy in modeling. We can also remove the error of overlooking and miscalculating material costs by using some obtained data to compare values, worth, construction times and also check for correct implementation of construction standards. We can also translate our files to be used with 3D printers to further our data analysis of a particular construction. Research also shows that designing a building the time for BIM and is much more accurate than strictly using physical human resources. Additionally, we can implement BIM data into Revit to create /design 3D buildings at a much faster rate. Construction of a 3D model also will allow us to break our building / design into parts that can be assembled or disassembled to further see details of a building which can be used in correlation of construction standards and also to see floor plan layouts in a more structured order. A 3D model allows for us to check for consistency and accuracy by producing a small-scale version of a project without the need to start a construct only to find out flaws and miscalculations which would result in possible losses of value, time and human resources.

Keywords: Building Information Modelling, 3 D Printer, Construction Process

1. คำนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาช่วยในการออกแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling- BIM) คือกระบวนการสร้างแบบจำลองสารสนเทศเสมือนของอาคาร ที่สามารถนำมาทำงานร่วมกับงานแต่ละระบบในอาคาร เช่นงานออกแบบสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรม งานระบบต่างๆ และเนื่องด้วยหลายๆองค์กรได้นำแบบจำลองสาร เข้ามามีบทบาทรวมถึงบริษัทออกแบบและสถาปนิกที่นำขั้นตอนกระบวนการออกแบบมาใช้งานในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 3 มิติ และยังเล็งเห็นประโยชน์ที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการออกแบบด้านอื่น ๆ ดังนี้

หุ่นจำลองสถาปัตยกรรม (Architectural Model) สามารถทำให้เจ้าของโครงการเห็นมิติของอาคารได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการ Perception ในรูปแบบที่ทำให้เจ้าของโครงการเข้าใจรายละเอียดและการเชื่อมต่อของพื้นที่ต่างๆภายในบ้านได้ดีที่สุด จึงทำให้ขั้นตอนนี้เกิดความล่าช้า เนื่องจากการทำงานที่ซ้ำซ้อน จากเขียนแบบ 2 มิติ และต้องนำมาขึ้นโมเดล 3 มิติ โดยซอฟต์แวร์อื่น ซึ่งส่งผลให้เกิดระยะเวลาในการทำงานที่นาน เกิดการสิ้นเปลืองต้นทุนและทรัพยากรบุคคล รวมถึงกระบวนตัดโมเดลอาคารเสมือนจริงต้องใช้ทรัพยากรคนแล้วเวลานานจำนวนมาก จึงเป็นข้อจำกัดในการออกแบบอาคารที่ล่าช้า เพื่อศึกษาความคุ้มค่า คุ้มทุนในการทำแบบจำลองสารสนเทศ จึงได้นำมาใช้งานตั้งแต่กระบวนการออกแบบ การทำแบบจำลอง 3 มิติ และยังสามารถนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาขึ้นรูปอาคารแบบ 3 มิติ ได้อีกด้วย

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานและการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในกระบวนการออกแบบ

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการออกแบบและการก่อสร้าง โดยการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) พร้อมข้อมูลหรือสารสนเทศ (Information) ในองค์ประกอบของแบบจำลองอาคารแบบ 3 มิติเสมือนจริงของอาคาร ซึ่งแนวความคิดงระบบสารสนเทศอาคารได้ถูก นำเสนอครั้งแรกโดย Charles M. Eastman และได้ ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) เมื่อปีค.ศ. 1975 ในครั้งนั้นใช้ชื่อว่า “Building Description System” จนเมื่อปีค.ศ. 1986 จึงเปลี่ยนมาใช้คำ ว่า “Building Information Modeling” ที่นำเสนอโดย Robert Aisha ปัจจุบันระบบสารสนเทศอาคารนั้นถูกนำมาใช้กับงานออกแบบมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการทำงานออกแบบสถาปัตยกรรม งานโครงสร้างวิศวกรรม และงานระบบที่ต้องใช้ความสัมพันธ์กันในงาน ทำให้งานเกิดความผิดพลาดน้อย และด้วยการทำงานของซอฟต์แวร์สามารถสร้างงานแบบจำลองได้ทั้ง2 มิติและ 3 มิติอีกทั้งยังสามารถนำแบบจำลองอาคารและข้อมูลต่าง ๆ ในแบบจำลองอาคารที่สร้างขึ้นไปใช้ในการทำงานขั้นตอนอื่น ๆ ต่อไป ในสาขางานที่เกี่ยวข้อง เช่น งานบำรุงรักษา งานบริหารจัดการอาคาร งานประมาณราคา งานตรวจสอบหลังการก่อสร้าง [1]

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการนำแบบจำลองสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ส่วนหนึ่งคือระบบจัดการข้อมูลของอาคารที่มีประสิทธิภาพ ช่วยลดค่าใช้จ่าย และลดความผิดพลาด ซึ่งข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศสามารถนำมาถอดวัสดุและจัดซื้อจัดจ้าง ช่วยในการบริหารอาคาร อีกทั้งแบบจำลองสารสนเทศยังมีประโยชน์ด้านการสื่อสารระหว่างผู้เกี่ยวข้องในขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้าง การเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติใช้เวลาน้อยลงซึ่งส่งผลให้ขั้นตอนการออกแบบเร็วขึ้น ซึ่งระบบสารสนเทศอาคารยังมีจัดการเก็บแบบจำลองอาคารพร้อมข้อมูลสารสนเทศทั้งหมด รวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ ซึ่งระบบสารสนเทศอาคารสามารถแสดงผลแบบจำลองอาคารให้อยู่ในรูปของมุมมอง (View) ลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามการใช้งานได้เช่น มุมมองรูป 2 มิติได้แก่ ผังพื้น รูป ด้าน รูปตัด หรือมุมมองรูป 3 มิติ ได้แก่ รูปทัศนียภาพ รูป Isometric เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลในรูปของตารางรายการข้อมูลต่าง ๆ เช่น ปริมาณวัสดุ หรือพื้นที่ใช้สอย จากแบบจำลองอาคารได้อีกด้วย และเนื่องจากระบบสารสนเทศอาคารจัดเก็บข้อมูลแบบจำลองอาคารทั้งหมดรวมอยู่ ในฐานข้อมูลกลาง ดังนั้นเมื่อผู้ใช้งานทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขส่วนใดในแบบจำลองอาคาร การแก้ไขก็จะส่งผลไปยังฐานข้อมูลกลาง ทำให้การแสดงผลแบบจำลองสารสนเทศอาคารในทุกมุมมองที่เกี่ยวข้อง มีความเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งในปัจจุบันยังมีระบบสารสนเทศอาคารกับมาตรฐานข้อมูลกลาง Industry Foundation Classes (IFC)

ในปัจจุบันมีโปรแกรมระบบสารสนเทศ Foundation Classes (IFC) อยู่หลายผลิตภัณฑ์เช่น

- ArchiCAD โดยบริษัท Graphisoft
- Vector works และAll plan Architecture โดยบริษัท Nemetschek
- Vector works และAll plan Architecture โดยบริษัท Nemetschek
- Aecium Building Designer โดยบริษัท Bentley System, Inc.
- Tekla Structure โดยบริษัท Tekla
- Colibri Model Checker และ Colibri Model Viewer โดยบริษัท Colibri ซอฟต์แวร์แต่ละตัวต่างก็มีลักษณะการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้อย่างสมบูรณ์จึงเกิดแนวคิดที่จะกำหนดการมาตรฐานข้อมูลกลางเพื่อใช้ ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศอาคารโดยหน่วยงานชื่อ Building SMART (เดิมคือ IAI หรือ International Alliance for Interoperability) ได้พัฒนามาตรฐานข้อมูลกลางขึ้น มีชื่อเรียกว่า “Industry Foundation Classes” (IFC) ขึ้นแต่ อย่างไรก็ตาม มาตรฐานข้อมูลกลาง ดังกล่าวยังอยู่ในช่วงระหว่างการพัฒนาปรับปรุง จึงทำให้มีเพียงซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศอาคารบางตัวเท่านั้น ทีสามารถนำเข้าและส่งออกไฟล์ IFC นี้ได้ [2]

ซึ่งแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling- BIM) ได้ถูกนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้างด้านสถาปัตยกรรมและ

การก่อสร้างที่เริ่มตั้งแต่การออกแบบอาคารจนถึงการก่อสร้างอาคาร ซึ่งแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ระบบจะสร้างแบบจำลองดิจิทัล อย่างเช่นการออกแบบ การเขียนแบบ การคำนวณโครงสร้าง การประมาณ การจัดซื้อ รวมไปถึงการวางแผนโครงการและแผนงานต่าง ๆ แบบจำลองสารสนเทศอาคาร จะสร้างแบบจำลองเสมือนจริงของอาคารที่แม่นยำ โดยที่มีการรองรับการออกแบบในแต่ละขั้นตอน ซึ่งช่วยทำให้วิเคราะห์และควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากระบวนการที่ทำด้วยตัวเอง เพื่อให้สามารถทำงานเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้โดยการเริ่มจากการออกแบบการก่อสร้างในส่วนงานสถาปัตยกรรม BIM ช่วยลดความผิดพลาดและการทำงานที่ซับซ้อนกัน อันเกิดจากการทำงานที่ไม่ต่อเนื่องและขาดการตรวจสอบ ทำให้งานไม่ได้มาตรฐานจากการทำด้วยตัวเอง แบบจำลองสารสนเทศอาคาร จึงได้เข้ามามีบทบาทตั้งแต่กระบวนออกแบบงานสถาปัตยกรรม การออกแบบแนวความคิดในการออกแบบรูปทรงอาคาร ไปจนการพัฒนาแบบ เขียนแบบ และการขออนุญาตปลูกสร้างอาคาร[3]



รูปที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบและระยะเวลาดำเนินการ
ที่มา บริษัท Seventy สถาปนิก 70

2.2 กระบวนการออกแบบก่อสร้าง

การออกแบบอาคารหรือบ้านพักอาศัยเราจะเห็นได้ว่ากระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมไปจนถึงกระบวนการเขียนแบบเพื่อนำไปก่อสร้างมีขั้นตอนและระยะเวลา ซึ่งจะแบ่งขั้นตอนกระบวนการดังนี้

2.2.1 แนวความในการออกแบบ

1. เตรียมกราฟิกเพื่ออธิบายแนวคิดการออกแบบในแต่ละแนวคิดให้เจ้าโครงการ เพื่อให้ทั้งสองฝ่ายเข้าใจตรงกันในการออกแบบหรือรูปแบบโครงการที่กำลังจะออกแบบ

2.ระบุประเด็นความปลอดภัยและปัญหาด้านกฎหมายอาคาร

3.ประเมินและเลือกแนวคิดการออกแบบที่จะได้รับการพัฒนาต่อไป

2.2.2 การพัฒนาออกแบบ

1.พัฒนาแนวคิดการออกแบบที่ได้รับการอนุมัติ

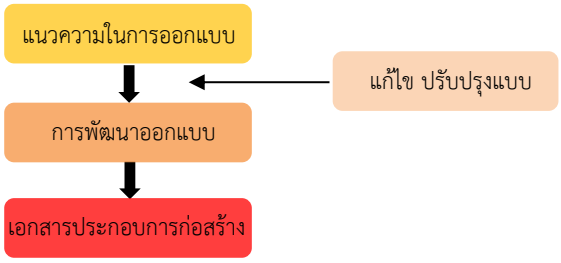
2.เตรียมแบบ ประกอบด้วย แผนผังพื้น แผนผังฝ้า ภาพตั้งแต่การออกแบบภายใน และ ภายนอก

3.เตรียมรายการวัสดุและอุปกรณ์เพื่อการก่อสร้าง

4.ประสานงานผู้รับเหมาหรือประเมินราคาโครงการ

2.2.3 เอกสารประกอบการก่อสร้าง

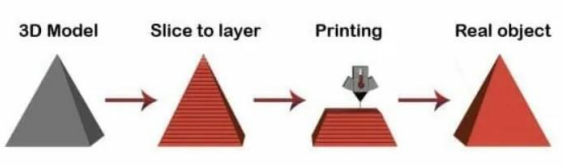
1.จัดเตรียมเอกสารสำหรับการก่อสร้าง



รูปที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม

2.3 กระบวนการทำงานเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ (3D Printing)

ขั้นตอนการขึ้นหุ่นจำลองสถาปัตยกรรม (Architectural Model) ปัจจุบันยังใช้ทรัพยากรบุคคลคนในการตัดโมเดล ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าและไม่ได้มาตรฐาน ละเอียดอาคารไม่ครบถ้วนเนื่องจากละเอียดบางจุดอาจมีขนาดเล็กที่คนไม่สามารถตัดชิ้นงานได้ การขึ้นโมเดลจากเครื่องพรินเตอร์ (3D Printing) ได้ถูกคิดขึ้นตั้งแต่ปีค.ศ. 1984 โดยบริษัท 3D Systems Corporation และได้พัฒนาต่อเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน สำหรับประโยชน์ของ 3D Printing หลัก ๆ คือการลดความความสิ้นเปลือง สร้างโมเดล และพัฒนาต่อได้จริง ซึ่งเมื่อเทียบกับรูปแบบการสร้างวัตถุหรือสินค้ารูปทรงแบบอื่น ซึ่งนับเป็นวิธีที่ประหยัดและคุ้มค่าต่อวัตถุดิบที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต การผลิตชิ้นงาน 3 มิตินี้ เริ่มต้นด้วยการออกแบบเสมือนจริงของชิ้นวัสดุที่ต้องการสร้าง โดยการออกแบบเสมือนจริงจะทำโดยใช้โปรแกรม การออกแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สร้างรูป 3 มิติ จากนั้นการเตรียมไฟล์ดิจิทัลที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมสร้างแบบจำลองสามมิตินั้น โปรแกรมจะแบ่งชิ้นงานเป็นชั้น ๆ จำนวนหลายร้อยถึงหลายพันชั้น เมื่อไฟล์ที่เตรียมพร้อมนี้ได้ถูกนำขึ้นสู่เครื่องพิมพ์สามมิติ เครื่องพิมพ์จะสร้างวัตถุชั้นต่อชั้น โดยเครื่องพิมพ์ 3 มิติจะอ่านชั้นทุกชั้นและดำเนินการสร้างชั้นวัตถุแต่ละชั้นโดยไม่ทำให้เห็นช่องว่างของแต่ละชั้นจนสำเร็จออกมาเป็นแบบจำลอง 3 มิติ

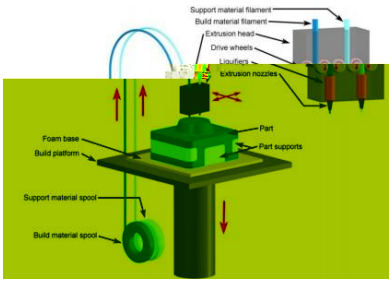


รูปที่ 3 หลักการและกระบวนการสร้างชิ้นงาน 3 มิติ
ที่มา www.sync-innovation.com

2.3.1 เทคโนโลยี Fused Deposition Modelling (FDM, FFF)

FDM เป็นเทคโนโลยีของเครื่อง 3D Printer โดยประดิษฐ์และคิดค้นขึ้นโดย Scott Crump ในปี 1989 ร่วมกับ Lisa Crump ซึ่งเป็นภรรยาของเขา และได้ก่อตั้ง Stratasys ที่เป็นบริษัทด้าน 3D Printing ที่ใหญ่ระดับโลก ซึ่งเทคโนโลยี FDM นั้นมีส่วนประกอบหลักคือ วัสดุที่เป็นเส้นลวดพลาสติก (Filament) ระบบดันเส้น (Extruder) ระบบการเคลื่อนที่ สุดท้ายคือระบบให้ ความร้อนและหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งทำงานสัมพันธ์กันทั้งหมด

หลักการทำงานของ FDM เริ่มจากการขึ้นโมเดล 3 มิติ จากนั้นนำไฟล์ชิ้นงาน 3 มิติ มาแล้วโดยเข้าโปรแกรม Ultimaker Cura ที่เรียกว่าโปรแกรม Slicer ซึ่งจะทำการหั่นหรือ Slice โมเดล 3 มิติ เป็น Layer และสร้างชุดคำสั่ง เรียกว่า G- code เพื่อบอกเครื่อง 3D Printing ว่าชิ้นงานที่ได้มาต้องพิมพ์ยังไง โดยที่เราสามารถกำหนดค่าการพิมพ์ในส่วนต่าง ๆ ในซอฟท์แวร์ได้ เช่น การเลือกใช้วัสดุ ความร้อนฐานพิมพ์ ความเร็วในการพิมพ์ ความละเอียดและความแข็งแรงของชิ้น เป็นต้น และการเลือกใช้วัสดุในการพิมพ์จะเป็นเส้นพลาสติก เช่น ABS ,PLA,HIPS,PETG,TPU,NYLON เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้ต้องเลือกใช้ตามความเหมาะสมตามประเภทงานที่ต้องการจะพิมพ์ เนื่องด้วยคุณสมบัติแต่ละชนิดของวัสดุถูกผลิตมาตามความเหมาะสมของการใช้งาน [4]



รูปที่ 4 การดันวัสดุหลอม (Material Extrusion)
ที่มา : ดร.สมบุญ สหสิทธิวัฒน์

จากรูป 4 แสดงการดันวัสดุหลอม (Material Extrusion) โดยการดันเส้นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกจะถูกหลอมด้วยความร้อนและถูกดันออกมาจากหัวฉีด (extrusion nozzle) และส่งไป ยังตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการเติมเนื้อวัสดุ



รูปที่ 5 หลักการทำงานของเครื่อง Creality Ender 3 Pro
ที่มา : www.in2real3d.com

2.3.2 หลักการทำงานของเครื่อง Creality Ender 3 Pro

หลักการทำงานของเครื่อง Creality Ender 3 Pro ที่นำมาศึกษาระบบนั้นจะทำงานสัมผัส กันทั้ง 3 แกน คือระนาบ XY ที่หัวฉีดเคลื่อนที่ และในแนวแกน Z ทำงาน เคลื่อน ที่ heated bed ให้เคลื่อนที่ลงชิ้นงานจะวางอยู่บน heated bed จะถูกพิมพ์จากล่างสุดจนถึงส่วนยอดสุด โดยที่เส้นพลาสติกจะเข้ามาสู่ตัวเครื่องโดยการดึงของ Geared Extruder เข้าสู่หัวฉีด

2.3.3 หลักการ slice โมเดล3มิติ

เป็นการนำ Stereolithography (STL) ไฟล์เป็นรูปแบบไฟล์ มาตรฐานที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการสร้างชิ้นงานโมเดล 3 มิติ เพื่อนำไฟล์ STL มาแบ่งชั้นชิ้นงานโดยแต่ละชั้นมีขนาดเท่ากัน (Uniform Slicing) ซึ่งทุกชั้นจะมีค่าตามที่เรากำหนด เพื่อแปลงเป็น ภาษาที่เครื่อง 3d printer เข้าใจได้ หรือที่เรียกว่า G-Code

2.3.4 ซอฟต์แวร์ Ultimaker Cura 4.0 สำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

โปรแกรม Ultimaker Cura 4.0 เป็นโปรแกรมสำหรับเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ โดยบริษัท Ultimaker ซึ่งเป็นผู้ผลิต เครื่องพรินเตอร์ 3 มิติและได้ผลิตโปรแกรมนี้ขึ้นมาเพื่อรองรับการใช้งาน เครื่องพรินเตอร์ 3 มิติหลากหลายรูปแบบ กระบวนการทำงานของตัวซอฟต์แวร์ Ultimaker Cura4.0 คือการแบ่งโมเดล 3 มิติ เป็นเลเยอร์แบนซึ่งจะถูกสั่งพิมพ์ทีละครั้ง ผลลัพธ์ของตัวแบ่งส่วนข้อมูล คือ ไฟล์ G-code ที่ควบคุมเส้น ความเร็ว และอุณหภูมิของเครื่องพิมพ์ ซึ่งความละเอียดของเนื้องานจะขึ้นอยู่กับการตั้งค่าผู้สั่งพิมพ์

G-code	**ความหมาย**
G01	เคลื่อนที่แบบประสานกนของแกน X Y Z E
G21	เป็นการกำหนดหน่วยให้เป็นมิลลิเมตร
G28	การกลับสู่จุดอ้างอิงของเครื่อง(0,0,0)หรือกลับHOME
G92	Set

รูปที่ 6 การทำงานของ G-code

จากรูป 6 แสดงให้เห็นการกำหนดหน้าที่การทำงานของระบบ G-code นั้นเป็นการระบุคำสั่งการเคลื่อนที่ให้กับ แกน X Y Z และหัวฉีด โดยการกำหนดตัวเลขตำแหน่งกับคำสั่งในการเดินทาง เช่น ต้องการให้เคลื่อนที่ในระนาบ X Y โดยไปทางแกน X 10 mm และไปทาง Y 10 mm เราก็จะกำหนดเป็น G1 X10 Y10 แกนก็จะวิ่งจากจุดที่อยู่เดิมไปจุด X10 Y10 ตามตำแหน่งของแกนเป็นต้น

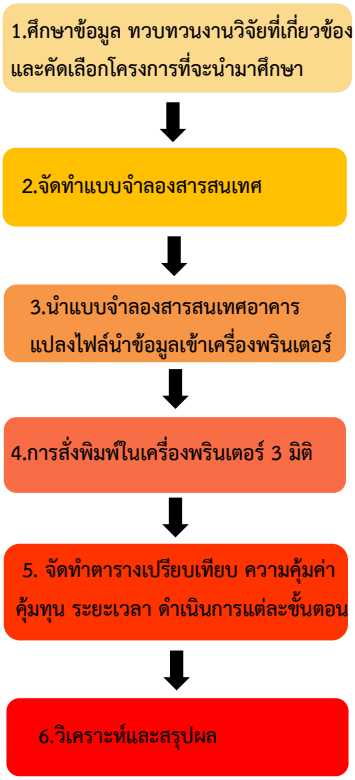
2.3.5 เส้นพลาสติกแบบ PLA (Polylactic Acid หรือ Polylactide)

การเลือกเส้นพลาสติกแบบ PLA (Polylactic Acid หรือ Polylactide) มาใช้ในการศึกษา ซึ่งเส้นพลาสติกที่มีส่วนผสมจากวัตถุดิบชีวภาพ เช่น

ข้าวโพดหรือมันฝรั่ง ใช้อุณหภูมิที่หัวฉีดพลาสติกอยู่ที่ 160 ถึง 220 องศาเซลเซียส เมื่อเส้นพลาสติก PLA หลอมจะมีกลิ่นคล้ายๆ กับข้าวโพดคั่ว ซึ่งไม่เป็นอันตราย และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นเมื่อใช้ PLA ในการพิมพ์ชิ้นงานก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ ฐานวางชิ้นงานแบบร้อน แต่ถ้าใช้ก็จะทำให้ฐานของชิ้นงานเรียบ และราคาของเส้นพลาสติก PLA มีต้นทุนค่อนข้างต่ำ และหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความคุ้มค่า คุ้มทุนและนำมาประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) กับการจัดทำแบบสำหรับงานสถาปัตยกรรม และกระบวนการออกแบบ 2 มิติ, 3 มิติ สำหรับการสร้างโมเดลโดยเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ จึงทำการศึกษาข้อมูลและทวบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลและขั้นตอนในการขึ้นโมเดล 3 มิติ จากเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติและศึกษาการใช้โปรแกรมสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อนำมาใช้ศึกษาโครงการที่ได้ทำการคัดเลือกแล้วเบื้องต้น และเพื่อให้งานวิจัยนี้บรรลุเป้าหมายและเป็นตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา จึงได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเป็น 6 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูล ทวบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และคัดเลือกโครงการที่จะนำมาศึกษา

ซึ่งได้ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องพรินเตอร์ และทำการทดลองพิมพ์ชิ้นงาน และศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการทำแบบจำลองสารสนเทศทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาประยุกต์ใช้กับเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ จากนั้นจึงคัดเลือกโครงการที่จะนำมาศึกษา โดยโครงการที่เลือกต้องเป็นโครงการที่มีการทำโมเดลเสมือนจริงและมีข้อมูล ขั้นตอนการออกแบบก่อสร้างครบถ้วน เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบจากการศึกษาในครั้งนี้

3.2 การทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

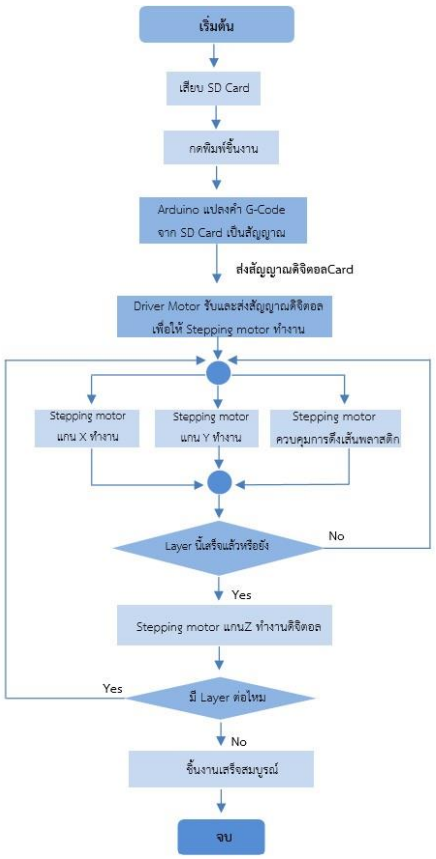
การสร้างแบบจำลองจะจัดทำขึ้นโดยการเริ่มเขียนแบบ 3 มิติ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ขึ้นรูปงานในส่วนสถาปัตยกรรมทั้งอาคารและแบ่งพื้นที่ใช้สอยตามแบบเดิม เพื่อให้เห็นการเชื่อมต่อแล้วการใช้พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารอย่างชัดเจน แล้วจึงนำดำเนินการในขั้นต่อไป

3.3 นำแบบจำลองสารสนเทศอาคารแปลงไฟล์เพื่อนำข้อมูลเข้าเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ

เมื่อเสร็จกระบวนการสร้างแบบจำลองสารสนเทศ จะได้แบบอาคาร 3 มิติ จากนั้นจึงนำมาเข้าโปแกรม Ultimaker Cura ที่เรียกว่าโปรแกรม Slicer ซึ่งจะทำการหั่นหรือ Slice โมเดล 3 มิติ เป็นเลเยอร์และสร้างชุดคำสั่ง เรียกว่า G- code เพื่อบอกเครื่อง 3D Printing พิมพ์ชิ้นงาน โดยผู้พิมพ์จะสามารถตั้งค่าคำสั่ง ความละเอียดและความเร็วของชิ้นงานนั้นๆได้

3.4 การทำงานของเครื่องระบบ FDM

ระบบ FDM คือการ ฉีดและวาดเส้นพลาสติกออกมาเป็นวัตถุ ส่วนของหัวฉีดทำหน้าที่ฉีดเส้นพลาสติกออกมา โดยที่หัวฉีดจะมีฮีทเตอร์ทำความร้อนให้ถึงจุดที่เส้นพลาสติกละลาย เป็นน้ำแล้วจึงฉีดผ่านหัวฉีดออกมา โดยปกติหัวฉีดจะมีรูขนาด 0.4 MM และมีมอเตอร์ควบคุมหัวฉีดหรือฐานพิมพ์ให้เคลื่อนที่และพิมพ์ไปทีละชั้นจนออกเป็นชิ้นงานขึ้นรูป 3 มิติ โดยที่เครื่องพิมพ์จะรับคำสั่ง G-code ซึ่งเป็นภาษาเดียวกับการสั่งงานเครื่อง CNC ในการที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม โปรแกรมสำหรับการสร้าง G-code นั้นมีให้เลือกใช้งานหลากหลาย เช่น Ultimaker Cura, Simplify3D, MakerWare, Sli3r, Repetier เป็นต้น เริ่มต้นจากการเปิดโมเดล 3 มิติขึ้นมาและกำหนดค่าการพิมพ์ โปรแกรมจะทำการสไลด์วัตถุออกเป็นชั้น จากนั้นเครื่องจะพิมพ์ทีละชั้น ชั้นที่เครื่องพิมพ์ๆ นั้นเป็น Cross Section ของวัตถุโดยที่ผู้สั่งพิมพ์สามารถกำหนดการตั้งค่าความตันของวัตถุซึ่งเรียกค่านี้ว่า Infill คือการตั้งวัสดุด้านในของชิ้นงานตันหรือกลวงได้ ตามความต้องการของชิ้นงานว่าต้องการความแข็งแรงมากน้อยเพียงได้ และค่า Infill ยังช่วยลดระยะเวลาในการพิมพ์ชิ้นงานได้อีกด้วย ขั้นตอนการทำงานการพิมพ์ขึ้น 3 มิติดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 Flowchart การพิมพ์วัตถุ

3.5 จัดทำตารางเปรียบเทียบ ความคุ้มค่า คุ้มทุน ระยะเวลาดำเนินการแต่ละขั้นตอนและ การใช้เครื่องพรินเตอร์ 3 มิติกับการตัดโมเดลแบบปัจจุบัน

รวบรวมข้อมูลอาคารที่ทำการศึกษาทั้งหมดมาจัดทำตารางเปรียบเทียบจากข้อมูลการออกแบบอาคารแบบเดิมโดยใช้เกณฑ์ประเมินแต่ละขั้นตอนตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อเปรียบเทียบในการใช้ประเมิน

ข้อเปรียบเทียบในการใช้ประเมิน		
ลำดับ	แบบที่ใช้ปัจจุบัน	แบบที่ศึกษา
1.	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	ค่าเส้นพลาสติก
2.	ค่าแรงงานคนต่อจำนวนวัน สำหรับใช้ตัดโมเดล	ค่าแรงงานคนต่อจำนวนวัน สำหรับใช้เครื่องพรินเตอร์
3.	ค่าอุปกรณ์	ค่าเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ
4.	ระยะเวลาในการทำงานแบบเดิม	ระยะเวลาในการทำงานแบบที่ศึกษา

ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในหลักวิศวกรรมคุณค่าด้วยต้นทุนรวมต่ำสุด (เงินทุน ,พนักงาน,พลังงาน,ระยะเวลา) โดยใช้การวิเคราะห์ในส่วนคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value) หน้าที่การทำงาน (Function) และต้นทุน (Cost) โดยการจัดทำตารางเปรียบเพื่อใช้ในการประเมิน และการวิเคราะห์ต่อไป

3.6 วิเคราะห์และสรุปผล

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบมาสรุปผลที่ได้จากการศึกษากระบวนการออกแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยการขึ้นหุ่นจำลองสถาปัตยกรรม (Architectural Model) ด้วยเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ

4. ผลการวิจัย

4.1 คัดเลือกโครงการที่นำมาศึกษา

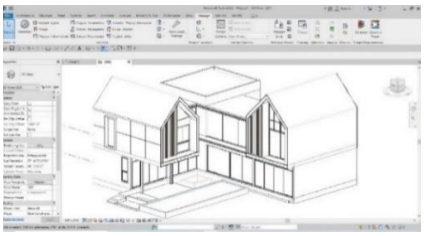
จากการรวบรวมข้อมูลการออแบบ จึงได้เลือก อาศัย ค.ส.ล. 2 ชั้น ตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ขนาดพื้นที่ใช้สอยประมาณ 529 ตรม.ประกอบไปด้วย 5 ห้องนอน 6 ห้องน้ำ 1 ห้องรับแขก 1 ห้องครัว 1 ห้องเตรียมอาหาร 1 ห้องนั่งเล่น และ 1 ห้องครอบครัว พร้อมสระว่ายน้ำ 4x10 เมตร โดยโครงสร้างทั้ง 2 ชั้น เป็น คสล. ฐานรากแผ่ เสาคอนกรีตเสริม ขนาด 20x 20 m. มุงหลังคาด้วยเมทัลชีท



รูปที่ 9 บ้าน 2 ชั้น ต.สันผักหวาน จ.เชียงใหม่ ที่แล้วเสร็จ

4.2 จัดทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ในขั้นตอนการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ผู้ศึกษาได้เลือกนำซอฟต์แวร์ Autodesk Revit มาใช้ในกระบวนการออกแบบขึ้นรูป 3 มิติของอาคาร โดยใช้แปลนของโครงการที่นำมาศึกษาเดิม ซึ่งระยะเวลาในการขึ้นแบบจำลองทั้งหมดของอาคาร ใช้เวลาเพียง 1-2 วัน ขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้ใช้โปรแกรมด้วย เมื่อทำการขึ้นแบบจำลอง 3 มิติ เสร็จจะพบว่ายังนำแบบจำลองอาคารสารสนเทศนั้นจัดทำเป็นแบบขออนุญาตในการก่อสร้างได้อีกด้วย ทำให้ไม่เกิดการทำงานซับซ้อน และผู้ศึกษายังได้พบว่า แบบจำลองสารสนเทศอาคารไม่เพียงแต่นำไปขึ้นรูป 3 มิติ ในเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติได้แล้วโปรแกรมยังสามารถรองรับการนำแบบจำลอง 3 มิติ ไปทำภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย



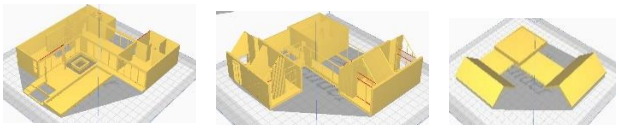
รูปที่ 10 การสร้างแบบจำลองใน ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit

หลังจากที่ได้ทำการขึ้นแบบอาคารสารสนเทศในซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ยังพบปัญหาเกี่ยวกับคำสั่งที่ซับซ้อนกว่าการขึ้นรูป 3 มิติจากซอฟต์แวร์ Sketchup แบบเดิม ซึ่งผู้ใช้งานยังต้องศึกษาและฝึกฝนให้ชำนาญ จึงส่งผลให้บุคลากรในสายงานออกแบบและก่อสร้างยังไม่มีความรู้มากพอ เนื่องด้วยต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และศึกษา ค่าใช้จ่ายในการซื้อซอฟต์แวร์ยังมีราคาที่สูงกว่าแบบเดิมอีกด้วย

4.3 นำแบบจำลองสารสนเทศอาคารแปลงไฟล์ทำการขึ้นรูป 3 มิติ

จากขั้นตอนเบื้องต้น เมื่อได้แบบจำลองอาคารสารสนเทศแล้ว ได้นำมาแปลงไฟล์ G-code ด้วยการเข้าโปแกรม Ultimaker Cura และแยกส่วนประกอบของอาคารดังนี้

1.แปลนพื้นชั้นที่ 1
2.แปลนพื้นชั้นที่ 2
3.หลังคา ตามรูปที่ 11



แปลนชั้น 1 แปลนชั้น 2 ชั้นหลังคา

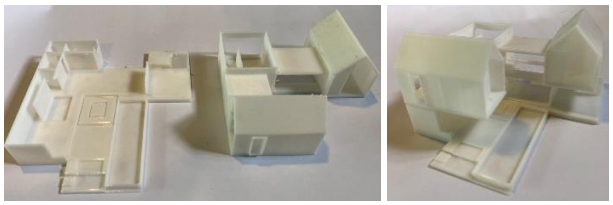
รูปที่ 11 ขั้นตอนการแปลงไฟล์เป็น G- code แต่ละชั้น

เพื่อให้ถอดชิ้นส่วนแต่ละชั้นของอาคารได้และสามารถเห็นพื้นที่ใช้สอยการเชื่อมโยงกิจกรรมภายในอาคารทั้งหมดได้ ซึ่งจะทำให้เจ้าของโครงการได้เข้าใจง่ายมากขึ้น



รูปที่ 12 ชิ้นงานจริงที่ใช้พรินเตอร์ 3 มิติ ขนาด 1:75

จากรูปที่ 12 เห็นได้ว่าแบบจำลองสารสรเทศอาคารที่พิมพ์ออกมามีลายละเอียดผนัง บัวบริเวณหน้าต่าง เห็นได้ชัดซึ่งวัสดุที่ได้แรงแข็งไม่แตกหักง่าย เนื่องจากเป็นพลาสติกที่ถูกหลอมเหลวจากความร้อน แล้วขึ้นรูปมาเป็นโมเดล อีกทั้งชิ้นออกมาได้ตามมาตรฐานที่ได้ตั้งค่าไว้



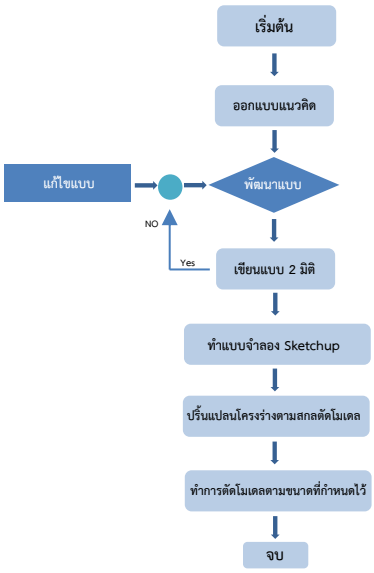
รูปที่ 13 ชิ้นงานจริงที่ใช้พรินเตอร์ 3 มิติ ขนาด 1:25

จากรูปที่ 13 เห็นได้ว่าแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่พิมพ์ออกมาในสเกล 1**:25** ผนังและส่วนประกอบอาคารบางส่วนที่เล็กเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติไม่สามารถอ่านค่าและพิมพ์ออกมาได้ ซึ่งขนาดสเกล **1:25** ไม่เหมาะที่จะพิมพ์งานสถาปัตยกรรมอาคารด้วยรายละเอียดอาคารที่ประกอบไปด้วย เสา ผนัง กรอบประตู หน้าต่าง อีกทั้งเปลือนนอกอาคารที่ถูกตกแต่งด้วยบัวหรือการเซาะร่องผนังอาคารมีความละเอียดและขนาดเล็กจึงไม่สามารถพิมพ์ชิ้นงานออกมาได้

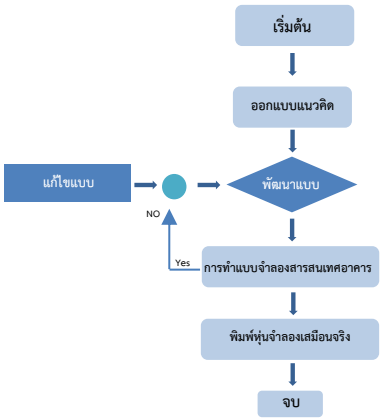
ตารางที่ 2 ตารางสรุประยะเวลา ปริมาณวัสดุที่ใช้จากการทำการศึกษา

ลำดับการพิมพ์	ระยะเวลาการพิมพ์ชิ้นงาน					
	ระยะเวลา/ชม.		ปริมาณเส้นพลาสติก PLA			
			กรัม		เมตร	
	1:75	1:25	1:75		1:25	
แปลนพื้นชั้น 1	11.17	3.18	22	89	29.69	7.45
แปลนพื้นชั้น 2	13.41	3.29	21	90	30.16	7.12
หลังคา	5.39	1.42	12	41	13.79	4.16
สรุปผลทั้งหมด	**29.97**	**7.89**	**55**	**220**	**73.64**	**18.73**

จากการพิมพ์ชิ้นงานทั้งหมด สรุปออกมาได้ว่าการพิมพ์ชิ้นงานด้วยสเกล 1: 75 ใช้เวลาทั้งหมด 29.97 ชั่วโมง หรือประมาณ 1 วัน กับอีก 5.97 ชั่วโมง และใช้เส้นพลาสติด PLA 220 กรัม หรือยาวประมาณ 73.64 เมตร และ สเกล 1: 25 ใช้เวลาทั้งหมด 7.89 ชั่วโมง และใช้เส้นพลาสติด PLA 55 กรัม หรือยาวประมาณ 18.73 เมตร ซึ่งวัสดุจะมีราคาม้วนละ 390-450 ตามสีและยี่ห้อ โดยมีจำนวนเส้นวัสดุ 1 กิโลกรัมต่อ 1 ม้วน จากการศึกษาพบได้ว่าการสิ้นเปลืองวัสดุสำหรับการใช้พิมพ์ขึ้นรูปไม่มากนัก และใช้ทรัพยกร 1 คน ในการควบคุม ตั้งค่า ซึ่งในศึกษาครั้งนี้ได้พิมพ์ชิ้นงานออกแบบ 2 สเกล เพื่อศึกษารายละเอียดอาคารว่าเมื่อลดขนาดโมเดลอาคารลงแล้วมีผลในการพิมพ์ขึ้นแบบ 3 มิติ หรือไม ผลปรากฏว่าชิ้นงานที่พิมพ์มีเนื้องานที่สม่ำเสมอกัน และรูปร่างอาคารไม่ผิดเพี้ยน แต่มีบางจุดที่เครื่องไม่สามารถพิมพ์ได้ เช่น กรอบประตูหน้าต่าง และเสาที่ถูกย่อสเกลที่ 1:25 หรือบางจุดสามารถพิมพ์ได้แต่ชิ้นงานไม่แข็งแรง อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับคนทำเองในสเกล 1: 25 อาจทำได้แต่คงต้องใช้เวลาที่นานกว่าการตัดโมเดลขนาดใหญ่เพราะต้องใช้ความประณีตและความระมัดระวังค่อนข้างสูง ซึ่งไม่คุ้มทุน



รูปที่ 14 ขั้นตอนการดำเนินแบบเดิม



รูปที่ 15 ขั้นตอนการดำเนินแบบที่ศึกษา

จากรูปที่ 14,15 จะเห็นได้ว่าแบบเดิมมีการทำงานที่ซับซ้อน เนื่องจากการทำแบบ 2 มิติหรือการแปลนต้องทำคนละโปรแกรมกับขึ้นแบบจำลองอาคาร ทำให้เมื่อแก้แบบ 3มิติ ต้องกลับไปแก้ไขแบบ 2 มิติด้วย ทำให้งานต้องทำกลับไปกลับมาไม่ต่อเนื่องกันอีกทั้งขั้นตอนการทำโมเดลต้องทำการปริ้นแบบที่เขียนแบบ 2 มิติมาทำเป็นแบบเทียบสเกล อุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดโมเดลราคาแพง และสิ้นเปลือง ซึ่งการใช้คนตัดต้องใช้เวลาและความประณีต เพื่อให้ชิ้นงานออกมาสวยงาม ตามแบบมาตรฐาน จึงแตกต่างจากการใช้คำสั่งเพียงอย่างเดียว ผู้พิมพ์ตั้งค่าชิ้นงานจากการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากนั้นทำการสั่งพิมพ์ ก็จะได้ชิ้นงานออกมาตามแบบซึ่งทำให้ผู้ออกแบบไม่ต้องทำงานซ้ำๆ และช่วยลดค่าใช้จ่ายของทรัพยากรและค่าแรงงานของบุคลกรอีกด้วย

4.4 จัดทำตารางเปรียบเทียบ ความคุ้มค่า คุ้มทุน ระยะเวลาดำเนินการแต่ละขั้นตอนและ การใช้พรินเตอร์ 3 มิติ กับการตัดโมเดลแบบปัจจุบัน โดยหลักเกณฑ์ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางสรุป*เปรียบเทียบ ความคุ้มค่า คุ้มทุน ทั้ง2 แบบ*

ลำดับ	รายการ	แบบเดิม	แบบที่ทำศึกษา
1	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	กระดาษอาร์ กระชานอ้อย ไม้บัลซา แผ่นอะคริลิค กาว	ม้วนพลาสติก Filament 1.7 mm.
		1,280 บาท	427 บาท
2	ค่าแรง	จำนวนคน 2 คน ทั้งหมด 5 วัน รายได้ต่อวัน 625 บาท	จำนวน 1 คน ทั้งหมด 2 วัน รายได้ต่อวัน 625 บาท
		(2x3x 625) = 6,250	(2x 625) =1,250
3	ค่าอุปกรณ์	คัตเตอร์ OLFA แผ่นรองตัด A1 EIFEN ไม้บรรทัดเหล็ก	ค่าเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ Ender 3 Pro
		1,145 / 10 ครั้ง = 114.5 ต่อครั้ง	7,990 / 10 ครั้ง = 799 ต่อครั้ง
4	ระยะเวลา	ตัดด้วยคนในสเกล 1:75 ใช้เวลา 5 วัน	พิมพ์เครื่องพรินเตอร์ในสเกล 1:75 ใช้เวลา 2 วัน
สรุป		**7,644.50 /ครั้ง**	**2,476 /ครั้ง**

จากตารางเปรียบเทียบจะพบว่าแบบที่ทำการศึกษาช่วยลดระยะเวลาการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคารและการทำหุ่นจำลองขึ้นรูป 3 มิติ ทำให้งานออกแบบดำเนินการต่อเนื่อง แต่ด้วยการขึ้นรูป 3 มิติ ต้องแลกกับคุณทรัพย์ในการซื้อเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเครื่องที่ได้นำมาศึกษาคือ Creality Ender 3 Pro ราคาประมาณ 7,990 บาท โดยคิดค่าเฉลี่ยในการใช้งาน 10 ครั้ง และใช้คนควบคุมเครื่องเพียงคนเดียว ซึ่งค่าที่นำมาวัดคืออัตรารายได้เฉลี่ยต่อ 1 วัน โดยใช้ฐานเงินเดือน 15,000/ 24 วันในการทำงานต่อ 1 เดือนเท่ากับ 625 บาท/วัน เมื่อทำการวิจัยพบว่าการทำโมเดลต่อหนึ่งครั้งค่าใช้จ่ายลดลง 67.61% และใช้เวลาเพียง 2 วัน ซึ่งลดลงจากแบบเดิม 3 วัน โดยที่คุณภาพงานแข็งแรงและมีมาตรฐานตามสเกลที่กำหนดไว้อีกด้วย

5. บทสรุป

ผลการศึกษาพบว่าการเริ่มต้นกระบวนการออกแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling- BIM) ทำให้การทำแบบทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ รวดเร็วขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าแบบเดิม ทั้งนี้การแก้ไขแบบในการการก่อสร้างยังทำได้ง่าย โดยไม่จำเป็นต้องแก้ที่ละจุด ส่งผลให้เกิดความล่าช้า และกระบวนการนำแบบจำลอง 3 มิติที่ได้จากการขึ้นแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มาแปลงไฟล์เพื่อนำไปพิมพ์ขึ้นรูปด้วยโปรแกรม Ultimaker Cura 4.0 ไม่ได้มีความยุ่งยาก ซับซ้อน สามารถที่จะเรียนรู้และศึกษาได้ในระยะเวลาอันสั้น และผลที่ได้จากการในเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ ทำให้ชิ้นงานที่ถูกสั่งเป็นไปตามต้องการ โดยโมเดลสามารถพิมพ์ออกมาได้ตามสเกล 1:75 ตามที่ตั้งค่าไว้และแสดงให้เห็นพื้นที่ใช้สอยการเชื่อมโยงกิจกรรมภายในบ้านได้ ซึ่งเนื้องานที่ได้มีละเอียดครบถ้วนตามที่ขึ้นรูป 3 มิติไว้เบื้องต้น แต่ด้วยการใช้งานเครื่องพรินเตอร์ 3 มิติ ต้อง

มีการศึกษาและการตั้งค่าและการใช้งานเบื้องต้นก่อน เนื่องจากการตั้งค่าจะมีผลต่อชิ้นงาน ความเร็วในการพิมพ์ ซึ่งปัญหาที่พบส่วนมากจากเกิดจากการตั้งระดับของฐานพิมพ์ ถ้าเกิดหัวพิมพ์แกน x y ไม่เท่ากันจะทำให้เส้นพลาสติกที่ฉีดออกมาไม่ติดฐานพิมพ์ เป็นต้น จากที่กล่าวข้างต้นการเริ่มทำการทดลองตั้งแต่การขึ้นแบบจำลองสารสนเทศ จนถึงพิมพ์ชิ้นงาน พบว่าช่วยลดเวลาการขึ้นแบบจำลอง 3 มิติ และ การตัดโมเดลได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในกระบวนการออกแบบให้เร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ทรัพยากรที่สิ้นเปลือง

กิตติกรรมประกาศ