การพัฒนากรอบแนวคิดระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อแสดงข้อมูลสารสนเทศอาคารตามข้อมูลงวดงาน

Developing BIM System Framework for Visualizing Building Elements Based on Payment Term

เมธา สัตนาโค[1] รุจีรา สีใส[2] และ รศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาและพัฒนาระบบเพื่อแสดงข้อมูลสารสนเทศอาคารตามข้อมูลงวดงาน ลงบนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) โดยการพัฒนากรอบแนวคิด ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมงวดงานก่อสร้างจนถึงการพัฒนาโปรแกรมเสริมที่จะแสดงผลงวดงานลงบน BIM แบบอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องมือ Dynamo และ Python เป็นตัวโปรแกรมหลัก ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้คือกรอบแนวคิดที่ใช้ในการเชื่อมโยงและแสดงผลงวดงานของแต่ละองค์ประกอบลงบน BIM เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบข้อผิดพลาดของงวดงานในด้านลำดับขั้นตอน

คำสำคัญ: งวดงานก่อสร้าง, โปรแกรมเสริม, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

Abstract

This research focuses on developing a system to display building information based on periodic data directly on the Building Information Model (BIM) using a conceptual framework. The framework encompasses the entire process, from preparing work period data to developing an add-on program for automatic BIM display using Dynamo and Python as the primary tools. The research outcome is a conceptual framework that links and displays individual component work periods on the BIM, facilitating error detection in the construction sequence.

Keywords: Payment term, Dynamo add-on, BIM

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การแบ่งงวดงานก่อสร้าง เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการก่อสร้างโดยเป็นเงื่อนไขร่วมกันระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้าง เพื่อแสดงขอบเขตปริมาณงานและระยะเวลาที่ทำงานในแต่ละช่วงออกเป็นงวดๆ โดยการแบ่งงวดงานต้องมีความเหมาะสม จากความสำคัญของงวดงานที่ได้กล่าวมาข้างต้น การแบ่งรายละเอียดงวดงานต้องใช้ความรอบคอบในการพิจารณากำหนดงวดงานให้สอดคล้องกับลักษณะงานก่อสร้าง กระบวนการ และขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง อีกทั้งปริมาณงานที่กำหนดในแต่ละงวดงานต้องสอดคล้องกับจำนวนเงินค่าจ้างในแต่ละงวดงาน

ปัญหาการแบ่งรายละเอียดงวดงาน ที่พบได้บ่อยคือการแบ่งงวดงานไม่สอดคล้องตามขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผู้รับเหมาเบิกเงินได้ไม่ครบถ้วน เนื่องจากต้องใช้เงินก่อสร้างในส่วนที่นอกเหนืองวดงานที่เบิกได้ก่อน จึงเกิดผลกระทบต่อสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา เนื่องจากเงินที่ได้รับมีน้อยกว่าเงินที่ใช้ไป ทำให้ผู้รับเหมามีกระแสเงินสดติดลบและไม่มีเงินไปหมุนเวียนระหว่างการก่อสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อแสดงผลงวดงานในรูปแบบโมเดลสารสนเทศอาคาร
2. เพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบงานก่อสร้างในงวดงานกับโมเดลสารสนเทศ
3. เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบความผิดพลาดในการกำหนดงวดงานในด้านลำดับขั้นตอน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

กรณีศึกษา งานโครงสร้าง แบบอาคารชีวานามัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแบ่งงวดงานและงวดเงิน

การแบ่งงวดงาน คือ การแบ่งงานก่อสร้างออกเป็นงวดตามลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง และการแบ่งงวดเงิน คือ การแบ่งเงินทั้งหมดไว้แต่ละงวดสำหรับจ่ายเงินผู้รับจ้างเมื่อมีการส่งมอบงานแต่ละงวด โดยการแบ่งงวดงานแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ [1] ได้แก่

2.1.1 แบบ Milestone

มีลักษณะการจ่ายเงินแบบกำหนดเปอร์เซ็นต์ของราคาที่ประกวดได้ กำหนดรายการงานชัดเจน และมีการกำหนดเวลาแล้วเสร็จ

2.1.2 แบบเปอร์เซ็นต์สะสม

มีลักษณะการจ่ายเงินแบบกำหนดเปอร์เซ็นต์ความก้าวหน้างานสะสม และมีการกำหนดเวลาแล้วเสร็จ

2.1.3 แบบ Milestone + เปอร์เซ็นต์สะสม

มีลักษณะการแบ่งงวดงานทั้งแบบ Milestone หรือ แบบเปอร์เซ็นต์สะสมในแต่ละงวด มีการแจกแจงเนื้องานที่ชัดเจน [2]

2.2 กระบวนการในการแบ่งงวดงาน

จากการศึกษากระบวนการในการแบ่งงวดงาน พบว่า ต้องมีการศึกษาสัญญาก่อสร้างและการวางแผนงานก่อสร้างก่อนเริ่มทำการแบ่งงวดงาน [3] โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ศึกษาสัญญาก่อสร้าง

เพื่อให้ทราบถึงเงื่อนไขต่างๆ ในสัญญาที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งงวดงาน เช่น ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของโครงการเพื่อนำมาใช้วางแผนระยะเวลาการทำงานในแต่ละงวดให้เหมาะสม

2.2.2 การวางแผนงานก่อสร้าง

เริ่มจากการแจกแจงรายการก่อสร้างที่มีทั้งหมดออกเป็นรายการย่อยๆ แล้ววางแผนระยะเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละงวดงาน ทำการสร้างลำดับงานที่มีความสัมพันธ์กันจึงหาระยะเวลาที่เร็วและช้าที่สุดของแต่ละรายการงาน จากนั้นกำหนดลำดับงานที่ไม่สามารถล่าช้าได้เนื่องจากส่งผลกระทบต่อระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ

2.2.3 ข้อสรุปกระบวนการแบ่งงวดงาน

การวางแผนการทำงานที่ดีก่อให้เกิดการแบ่งงวดงานและงวดเงินที่เหมาะสม ซึ่งการแบ่งงวดงาน ต้องกำหนดปริมาณงานที่ต้องทำในแต่ละงวดให้ชัดเจนและอยู่ในวิสัยที่ผู้รับเหมาปฏิบัติตามได้ การจ่ายเงินแต่ละงวดต้องกำหนดการจ่ายเงินเป็นร้อยละของวงเงินค่าก่อสร้างยอดรวมที่ทำสัญญาว่าจ้าง ต้องมีการกำหนดเวลาก่อสร้างแต่ละงวด รวมถึงกำหนดเวลาแล้วเสร็จและส่งมอบ โดยอยู่ในเงื่อนไขที่ไม่เป็นการได้เปรียบเสียเปรียบกันในบรรดาผู้เสนอราคาทุกราย

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการแบ่งงวดงานผิดพลาด

2.3.1 การกำหนดขอบเขตการทำงานไม่เหมาะสมหรือไม่ครบถ้วน (Incomplete scope of works)

ทำให้ระยะเวลาที่ทำงานเสร็จสิ้นในแต่ละงวดงานไม่ชัดเจน [4]

2.3.2 การออกแบบที่ผิดพลาดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบก่อสร้างไม่ครบถ้วน (Poor design and lack of documentations)

นำไปสู่การคิดเงินแต่ละงวดงานไม่ถูกต้องเนื่องจากปริมาณงานจริงไม่สอดคล้องกับงวดงานที่มี ทำให้ค่าใช้จ่ายของโครงการเพิ่มขึ้น [5]

2.3.3 คำสั่งการเปลี่ยนแปลงงานจากผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมา (Changes order by designer or contractor)

ทำให้ขอบเขตการทำงานเปลี่ยน เกิดปัญหาการทำงานไม่เสร็จสิ้นตามเวลาและราคาการก่อสร้างเปลี่ยนไป ซึ่งส่งผลต่อการวางแผนงวดงานและจำนวนเงินที่เบิกจ่ายในงวดงานนั้นๆ [6]

2.3.4 ปัญหาการสื่อสารผิดพลาด (Miscommunication)

นำไปสู่ความเข้าใจผิดในเรื่องระยะเวลาการทำงานแต่ละงวดและระยะเวลาการเบิกจ่ายเงิน [7]

2.4 ผลกระทบจากงวดงานที่ไม่ถูกต้อง

2.4.1 ปัญหาสภาพคล่องทางการเงิน

การแจกจ่ายงบประมาณไปตามงวดงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้ผู้รับเหมามีปัญหากระแสเงินสดติดลบจึงไม่มีเงินไปหมุนเวียนในการทำงานและไม่สามารถดำเนินงานต่อได้เนื่องจากขาดทรัพยากรในการทำงาน [8]

2.4.2 ความขัดแย้งระหว่างหน่วยงานที่ทำงานร่วมกัน

ปัญหาความขัดแย้งเกิดขึ้นเมื่อผู้รับเหมาได้ดำเนินการทำงานก่อสร้างไปบางส่วนแล้วต้องการเบิกเงินงวดงานแต่เจ้าของโครงการไม่จ่ายเงินให้แก่ผู้รับเหมาเนื่องจากปริมาณงานที่ผู้รับเหมาทำไม่ครบถ้วนตามงวดงานซึ่งปัญหานี้เกิดได้จากการแบ่งงวดงานที่ไม่สอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง [9]

2.4.3 โครงการก่อสร้างเกิดความล่าช้า

การจ่ายเงินงวดไม่เป็นไปตามกำหนดเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้โครงการก่อสร้างล่าช้า แนวทางแก้ไข คือ ทำหนังสือการจ่ายเงินงวดให้ชัดเจนซึ่งเป็นผลมาจากการกำหนดงวดงานที่ถูกต้อง [10]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Eric et al. [11] ได้เสนอกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับการใช้ BIM ในการถอดปริมาณงานเพื่ออำนวยความสะดวกในการจ่ายเงินงวดงานสำหรับโครงการตึกสูง โดยคำนึงถึงกระบวนการจัดการข้อมูลในวงจรการก่อสร้าง เพื่อนำไปปรับใช้กับโครงการก่อสร้างในปัจจุบันเป็นทางเลือกในการจัดทำงวดงานให้สะดวกขึ้น

Jang et al. [12] ได้พัฒนาระบบจาก BIM เพื่อทำให้การวางแผนงานก่อสร้างแบบ Offsite construction (OFC) มีประสิทธิภาพมากขึ้น 6 ด้าน โดยหนึ่งในนั้น คือ ด้านการจ่ายเงินงวดงาน เป็นการทำระบบหาราคาต่อหน่วยผ่านสัญญาก่อสร้างที่เชื่อมโยงกับ BIM เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัญญา

ราคาต่อหน่วยก็จะเปลี่ยนไปตามสัญญา ทำให้ได้มาซึ่งงวดงานจากความก้าวหน้าของการก่อสร้างและราคาที่ได้จากสัญญา จากการนำไปทดลองใช้กับโครงการจริง 4 โครงการ พบว่าช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการกำหนดงวดงานที่เคยใช้ก่อนหน้านี้ ได้แก่ การคำนวณราคาแบบ Hand-checking

Ye and Konig [13] ได้พัฒนากรอบแนวคิดระบบการจ่ายเงินงวดงานอัตโนมัติด้วยการใช้ Smart contract เป็นระบบเก็บข้อมูลสัญญาและเมื่อได้รับการอนุมัติแล้วระบบนี้จึงเริ่มทำงาน ระบบการจ่ายเงินอัตโนมัติเกิดขึ้นจาก BOQ ของโครงการที่ได้มาจากการทำงานร่วมกับ BIM โดยผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบงานก่อนทำการอนุมัติผ่านรูปภาพที่ได้มีการอัพโหลดเข้าสู่ระบบ

PMWeb Software Developer [14] ได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับการจัดการการก่อสร้างโดยเฉพาะ ตั้งแต่ระดับการวางแผน การดำเนินการก่อสร้าง และข้อมูลทั้งหมดในตลอดวงจรชีวิตของโครงการ ในด้านระยะเวลา การเงิน การเชื่อมโยงข้อมูล 2 มิติ และ 3 มิติ

2.6 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า งวดงานมีความสำคัญอย่างมากต่อโครงการก่อสร้าง หากงวดงานที่มีอยู่ไม่ถูกต้อง ทำให้ส่งผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ที่ผ่านมาจึงได้มีความพยายามในการพัฒนางานวิจัยเพื่อช่วยพัฒนาประสิทธิภาพโครงการก่อสร้างในด้านการวางแผนการก่อสร้างโดยมีความพยายามทำให้เป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้นสำหรับการเชื่อมโยงองค์ประกอบงานก่อสร้างใน BIM กับข้อมูลงวดงานก่อสร้าง เพื่อการตรวจสอบและลดความผิดพลาดจากการแบ่งงวดงานให้โครงการก่อสร้างทำงานได้เร็วมากขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงต้องการเสนอกรอบแนวคิดและพัฒนาโปรแกรมเบื้องต้นมาทดสอบเพื่อสนับสนุนการตรวจสอบความผิดพลาดในการกำหนดงวดงานในด้านลำดับขั้นตอน

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ลักษณะของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประเภทศึกษางานวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลงวดงานในโมเดลสารสนเทศอาคารในรูปแบบอัตโนมัติ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ใน BIM และข้อมูลเอกสารการแบ่งงวดงาน มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริม

3.2 ขั้นตอนการออกแบบและจัดทำโปรแกรม

3.2.1 ศึกษาการแบ่งงวดงานก่อสร้าง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการแบ่งงวดงาน ในหมวดงานโครงสร้างเพื่อเป็นแนวทางในการจำลองการแบ่งงวดงานให้มีความเหมาะสมกับกรณีศึกษา โดยเน้นไปที่การแบ่งงวดงานแบบ Milestone โดยอ้างอิงจากองค์ประกอบที่ต้องแล้วเสร็จในแต่ละงวด

3.2.2 ศึกษาการแสดงผลงวดงานก่อสร้างกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษารูปแบบการแสดงผลงวดงานด้วยวิธีต่างๆและได้เลือกใช้การแสดงผลงวดงานผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารในระบบ 3มิติ โดยพัฒนาโปรแกรมเสริมเพื่อมาเป็นตัวช่วยวิเคราะห์ข้อมูลงวดงาน โดย จะรับข้อมูลงวดงานและวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมเสริมไปแสดงสีบน BIM ได้ตามชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาและช่วยสนับสนุนการตรวจสอบความผิดพลาดได้

3.2.3 ศึกษาภาษาและวิธีการในการพัฒนาโปรแกรมเสริม

จากแนวคิดในการต้องการพัฒนาโปรแกรมเสริมที่ช่วยแสดงผลงวดงานใน BIM ได้นั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit เนื่องจากเป็นโปรแกรม BIM ที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้นๆ ภายในโปรแกรมยังมีเครื่องมือ Dynamo ที่สามารถพัฒนาโปรแกรมแบบภาษาภาพ (visual programming) และ Custom node ที่ใช้ประโยชน์จากภาษา Python ได้อย่างอิสระมีความสามารถในดึงและส่งออกข้อมูลไปยังโปรแกรมอื่นๆได้ เช่น Microsoft excel

3.3 เครื่องมือที่ใช้สำหรับพัฒนางานวิจัย

3.3.1 Autodesk Revit

ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบงานด้านอาคารโดยเฉพาะมิติ โดยมีเครื่องมือสนับสนุนการออกแบบมากมาย ตั้งแต่การจำลองอาคารง่ายๆ ไปจนถึงการคำนวณฟิสิกส์ต่างๆ โปรแกรม Revit® ยังมีอีกสิ่งที่โดดเด่นอย่างมาก หากเทียบกับโปรแกรมอื่นๆใช้หลักการสร้างระบบจำลองสารสนเทศอาคาร เป็นการแชร์ฐานข้อมูลให้ทีมงานและผู้รับผิดชอบคนอื่นๆ สามารถดู ดัดแปลง รวมถึงใช้งานโมเดลได้ตามหน้าที่ของแต่ละคนที่ได้รับมอบหมาย

3.3.2 Dynamo Script

Visual Programming ที่ถูกติดตั้งมาใน Autodesk Revit เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานจัดการกับข้อมูลต่างๆโดยใช้ลักษณะการเขียนโปรแกรมแต่เปลี่ยนจากการเขียนภาษาทางคอมพิวเตอร์ เป็นลักษณะการเชื่อมโยง Node การทำงานโดยกำหนดเป็น Diagram มี Interface ที่ใช้งานง่ายและสามารถเรียนรู้เองได้ แต่ทั้งนี้ Dynamo Script ไม่ได้มีชุดคำสั่งที่ครอบครุมทั้งหมด ต้องอาศัย Custom nodes ซึ่งต้องใช้ภาษาอื่นมาช่วยในการเขียนเพื่อประมวลผล เช่น Python หรือ ภาษา C ประโยชน์ของ Dynamo มีทั้งสร้างแบบจำลองจากข้อมูลหรือดึงข้อมูลจากแบบจำลอง เช่น การดึงข้อมูลไปยังโปรแกรม Microsoft excel, การถอดปริมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศ,การจำลองโมเดลจากเงื่อนไข เป็นต้น

3.3.3 Microsoft Excel

โปรแกรมทางด้านตารางคำนวณ หรือที่เรียกว่า เสปรตชีต (Spreadsheet) เป็นโปรแกรมในชุด Microsoft Office มีความสามารถในด้านการสร้างตาราง การคำนวณ การวิเคราะห์ การออกรายงานในรูปแบบตารางและกราฟ นอกจากนี้ยังมีในส่วนของฟังก์ชันที่มีติดมาในตัวโปรแกรมมากมายหลายอย่างให้เลือกใช้ รวมทั้งมีในส่วนของภาษาโปรแกรม VBA ที่พัฒนาโดยค่าย Microsoft ที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานเขียนเงื่อนไขควบคุมการทำงานต่างๆของโปรแกรมได้อย่างอัตโนมัติ เช่น การรวบรวมข้อมูลจากต่างไฟล์เข้ามารวมไว้ในชีทเดียวกันอัตโนมัติ เป็นต้น

3.4 ระดับความละเอียดของ BIM ที่นำมาวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ระดับการออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง (Level of Development) ที่สามารถใช้งานได้คือ LOD 100 ขึ้นไป

3.5 ลำดับชั้นและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์งวดงานเพื่อที่แสดงให้สอดคล้องกับโมเดล

ลำดับชั้นพารามิเตอร์(Hierarchy of Revit Model) ส่งผลต่อการระบุชิ้นงานได้ดี เนื่องจากพารามิเตอร์ที่ระบุ ครอบคลุมระดับของชิ้นงานในชั้นนั้นๆทั้งหมดโดยลำดับชั้นเรียงจาก Project>Category>Family>Type> Instance โดยภายในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ 2 ตัวแปรในการระบุตำแหน่งของชิ้นงาน ได้แก่ Type mark และ level

3.6 การทำงานของโปรแกรมเสริม

3.6.1 ส่วนของ Microsoft Excel

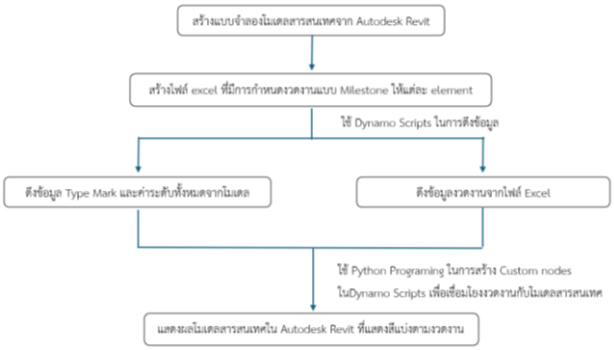
ผู้วิจัยได้จัดทำมาโคร (Macro) ในการจัดรูปแบบงวดงานใหม่และจัดทำชุดข้อมูล Key Library ในการแปลงข้อมูลงวดงานให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป

3.6.2 ส่วนของ Dynamo Script

หลักการทำงานของชุดคำสั่ง dynamo ที่พัฒนาขึ้นนี้ คือ การนำเข้า (Input) ข้อมูลจากสองส่วนคือในส่วนของ เสปรตชีต ที่ได้กล่าวไปข้างต้นและข้อมูลที่เป็น Parameters จาก BIM โดยเริ่มจากการวิเคราะห์งวดงานให้เหมาะสมกับแต่ละองค์ประกอบและจำลองสีลงบน BIM

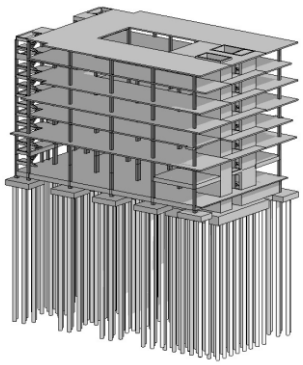
4. การพัฒนาระบบ

จากการพัฒนาชุดคำสั่งของ Autodesk Revit เพื่อแสดงผลงวดงานในรูปแบบโมเดลสารสนเทศสามารถแสดงขั้นตอนการพัฒนา ระบบได้ดังนี้



รูปที่ 1 Flow Chart การพัฒนาระบบ

4.1 แบบจำลองโมเดลสารสนเทศอาคารใน Autodesk Revit



รูปที่ 2 แบบจำลองเทคโนโลยีโมเดลสารสนเทศอาคาร
จากโปรแกรม Autodesk Revit

4.1.1 ข้อกำหนดการตั้งค่า Type mark ในการสร้างโมเดล

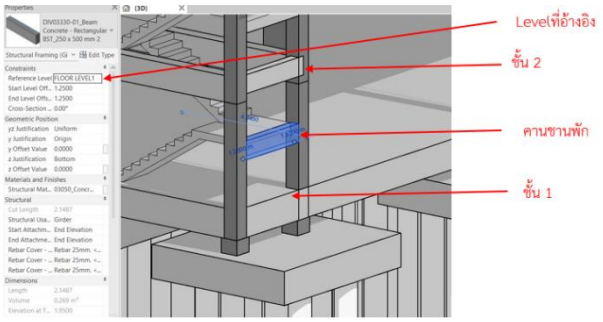
การสร้างโมเดลสารสนเทศอาคารใน Autodesk Revit ต้องมีการกำหนด Type mark ให้แต่ละ Element ดังตารางด้านล่าง เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลงวดงานกับแต่ละ Element ในโมเดลสารสนเทศอาคารได้

Element	Type Mark
ตอม่อ	C
เสาเข็ม	C
ฐานราก	F
คาน	B
พื้น	SL
เสา	C
บันได	ST
ช่องลิฟท์	SW

รูปที่ 3 ตารางชื่อ Type mark ที่ต้องตั้งค่าใน Autodesk Revit

4.1.2 ข้อกำหนดการตั้งค่าระดับในการสร้างโมเดล

การสร้างแต่ละ Element ใน Autodesk Revit ต้องกำหนด Level ด้วยการอ้างอิงจากระดับชั้นที่ต่ำกว่า เช่น คานบันไดที่อยู่ที่ชานพักระหว่างชั้น 1 และ 2 ต้องเลือก Level อ้างอิงจากระดับชั้นที่ต่ำกว่าซึ่ง คือ ชั้น 1 เพื่อให้ Element อยู่ในงวดงานที่ถูกต้องตามลำดับการก่อสร้าง



รูปที่ 4 ตัวอย่างการตั้งค่าระดับอ้างอิงในการสร้างโมเดล

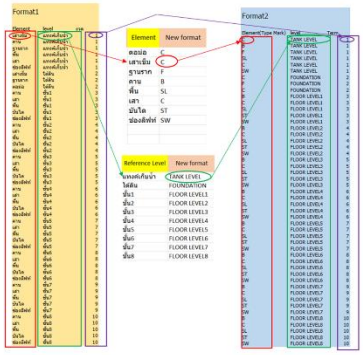
4.2 การจำลองการแบ่งข้อมูลงวดงาน

	จำลองแบ่งงวดงานการก่อสร้าง งานโครงสร้าง อาคารชิวานาม้ย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย
งวดที่	รายการ
1	เสาเข็ม แทงค์เก็บน้ำ แล้วเสร็จ
1	คาน แทงค์เก็บน้ำ แล้วเสร็จ
1	ฐานราก แทงค์เก็บน้ำ แล้วเสร็จ
1	เสา แทงค์เก็บน้ำ แล้วเสร็จ
1	พื้น แทงค์เก็บน้ำ แล้วเสร็จ
1	ช่องลิฟท์ แทงค์เก็บน้ำ แล้วเสร็จ
2	เสาเข็ม ใต้ดิน แล้วเสร็จ
2	ฐานราก ใต้ดิน แล้วเสร็จ
2	ตอม่อ ใต้ดิน แล้วเสร็จ
3	คาน ชั้น1 แล้วเสร็จ
3	เสา ชั้น1 แล้วเสร็จ
3	พื้น ชั้น1 แล้วเสร็จ
3	บันได ชั้น1 แล้วเสร็จ
3	ช่องลิฟท์ ชั้น1 แล้วเสร็จ

รูปที่ 5 ตัวอย่างการจำลองการแบ่งงวดงาน งานโครงสร้าง

4.3 จัดทำ Key library เพื่อเชื่อมโยงงวดงาน

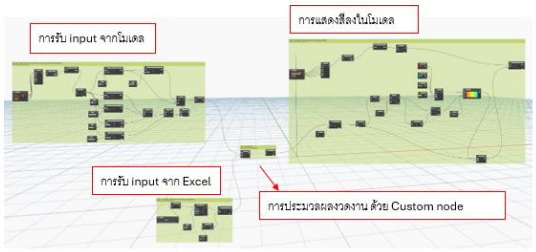
การสร้างมาโครในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อแปลงข้อมูลในงวดงานให้ชื่อตรงกับ Type mark ที่ตั้งค่าใน โมเดล โดยอาศัยการจัดทำ Key library และฟังก์ชัน VLOOKUP



รูปที่ 6 การแปลงข้อความใน Excel ด้วยฟังก์ชัน VLOOKUP และ Key library

4.4 การพัฒนาโปรแกรมเสริมด้วย Dynamo Script

คำสั่งของ Dynamo script เพื่อแสดงสีโมเดลสารสนเทศอาคารให้สอดคล้องกับงวดงานที่กำหนด โดยพัฒนาภายในโปรแกรม Autodesk Revit ภายในโปรแกรมชุดนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ การรับข้อมูล, การประมวลผล, การแสดงสีลงในโมเดลแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 7 ภาพรวมการพัฒนาชุดคำสั่ง Dynamo ทั้งหมด

4.4.1 ส่วนของการรับข้อมูลจาก BIM

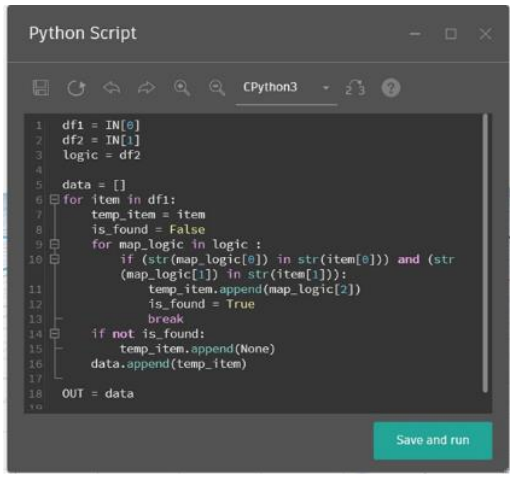
ในส่วนนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อดึงค่า Parameter จากโมเดล ได้แก่ Type mark และ ค่าระดับของแต่ละ element ได้แก่ Reference level, Level, Base constraint, Base level โดยดึงจาก Categories ในหมวดงานโครงสร้าง ได้แก่ Structural Foundations, Structural Framing, Structural Columns, Floors, Stairs, Walls

4.4.2 ส่วนของการรับข้อมูลจาก Excel

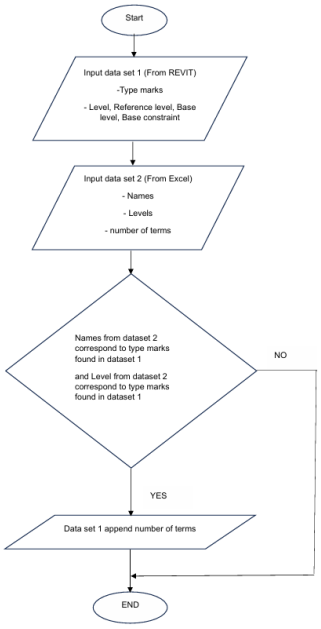
ส่วนนี้เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อดึงข้อมูลงวดงานที่แปลงข้อมูลแล้วเพื่อนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการสร้างความสัมพันธ์กับองค์ประกอบจากโมเดล

4.4.3 ส่วนของการประมวลผลงวดงานโดยใช้ Custom node

ในส่วนนี้เป็นการประมวลผลโดยใช้เงื่อนไขโดย Type mark และค่าระดับ จากข้อมูลงวดงานใน Excel จะต้องตรงกับข้อมูลจากโมเดล



รูปที่ 8 ชุดคำสั่ง Dynamo Script ในส่วนการประมวลผลงวดงาน



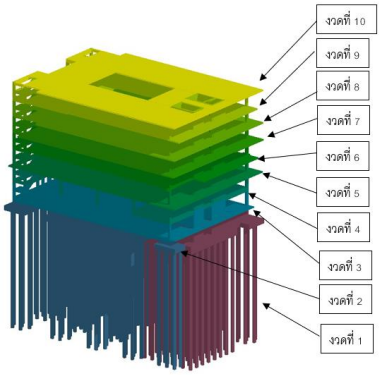
รูปที่ 9 Flow chart การทำงานส่วนการประมวลผลงวดงาน

4.4.4 ส่วนของการแสดงสีลงในโมเดลสารสนเทศอาคาร

ในส่วนนี้จะเป็นการใช้ Out-put จากส่วนก่อนหน้า เพื่อเป็นตัวกำกับการแสดงสีให้แต่ละองค์ประกอบ โดยส่วนนี้จะใช้ Custom node เพิ่มเติม ได้แก่ Custom node เพื่อหาจำนวนงวดงานในแต่ละสัญญาก่อสร้าง นำไปใช้สุ่มสีตามจำนวนงวดงาน Custom node เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของงวดงานกับสีในแต่ละงวด

4.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรม

จากกรอบแนวคิดที่ต้องการแสดงผลงวดงานบนโมเดลสารสนเทศอาคารแบบอัตโนมัติผู้วิจัยได้จัดทำโปรแกรมเบื้องต้นเพื่อมาทดสอบ ซึ่งได้ผลลัพธ์คือโมเดลสารสนเทศที่แสดงสีตามงวดงานที่ระบุไว้



รูปที่ 10 แสดงผลโมเดลสารสนเทศอาคารที่มีสีงวดงานตามที่แบ่งไว้

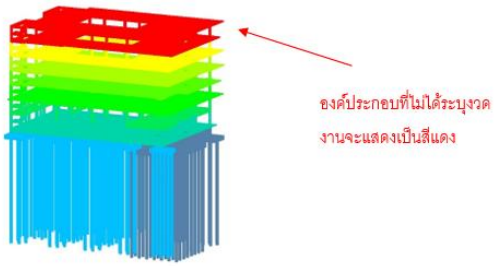
5. การประยุกต์ใช้โปรแกรมกับกรณีศึกษา

การพัฒนาระบบเพื่อแสดงข้อมูลสารสนเทศอาคารตามข้อมูลงวดงาน มีวัตถุประสงค์การวิจัยคือ ต้องการนำเสนอกรอบแนวคิดเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลงวดงานก่อสร้างกับโมเดลสารสนเทศอาคารและพัฒนาเครื่องมือเบื้องต้นมาทดสอบ โดยทำการศึกษาและพัฒนาชุดคำสั่งโดยใช้ Dynamo Script ดึงข้อมูลงวดงานจาก สเปรดชีต เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลในโมเดลสารสนเทศอาคารตัวอย่าง ผลลัพธ์จากการวิจัยคือชุดคำสั่งสามารถแสดงสีลงบนโมเดลตามงวดงานที่ได้กำหนดไว้โดยอัตโนมัติโดยมีเงื่อนไขคือ ทุกองค์ประกอบต้องมีการกำหนดงวดงานไว้อย่างครบถ้วน ไม่เช่นนั้นชุดคำสั่งไม่สามารถ แสดงผลได้เนื่องจากเกิดข้อผิดพลาดในการแบ่งงวดงาน ทำให้ไม่สามารถกำหนดและแสดงสีลงบนองค์ประกอบดังกล่าวได้ จึงทำให้ผู้วิจัยต้องพัฒนาโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาดังกล่าวได้

5.1 การพัฒนาต่อยอดชุดคำสั่งกรณีงวดงานไม่ครบถ้วน

จากกรณีที่งวดงานไม่ครบถ้วนอันเป็นเหตุมาจากการที่ผู้ใช้งานไม่ได้กำหนดรายละเอียดของงวดงานให้กับองค์ประกอบหรือผู้ใช้งานไม่ได้ใส่องค์ประกอบของงานส่วนนั้นๆลงในงวดงาน ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมให้สามารถตรวจสอบการทำงานในส่วนนี้ โดยการแก้ไขในส่วนของการแสดงสีโดยให้องค์ประกอบที่ไม่ได้ระบุงวดงาน รับค่าสีเป็นสีแดง ผลลัพธ์ที่ได้องค์ประกอบนั้น จะแสดงสีเป็นสีแดง เพื่อให้เกิดข้อแตกต่างและสังเกตได้ง่าย

รูปที่ 11 ตัวอย่างผู้ใช้งานไม่ได้กำหนดรายละเอียดของงวดงานให้กับองค์ประกอบ



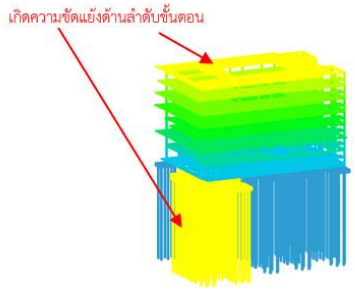
รูปที่ 12 ผลลัพธ์การแสดงสีจากงวดงาน กรณีงวดงานไม่ครบถ้วน

5.2 การพัฒนาต่อยอดชุดคำสั่งในกรณีการแบ่งงวดงานมีการซ้อนทับกันหรือผิดลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง

กรณีมีการแบ่งงวดงานซ้อนทับกันหรือผิดลำดับการก่อสร้างพิจารณาชุดคำสั่งจะแสดงสีลงบนโมเดลตามงวดงานที่มาก่อนหน้า ยกตัวอย่างเช่น งวดที่ 1 โปรแกรมระบุสีให้เป็นสีน้ำเงิน (จากการสุ่ม) งวดที่10 โปรแกรมระบุให้เป็นสีเหลือง (จากการสุ่ม)จากองค์ประกอบที่ซ้อนทับกันดังรูปที่ 13 คือ องค์ประกอบในชั้นแทงค์เก็บน้ำทั้งซึ่งอยู่ทั้งในงวดที่ 1 และ งวดที่ 10 โปรแกรมจะระบุสีให้งวดที่มาก่อนนั้นคือ งวดที่ 10 ระบุให้เป็นเหลือง ตามรูปที่ 14 ในกรณีนี้จะอาศัยการสังเกตตัวโมเดลเพื่อสนับสนุนการตรวจสอบลำดับขั้น โดยจะอ้างอิงสีหนึ่งสีต่องวดงานหนึ่งงวดดังนั้นในกรณีที่เป็นหมวดงานโครงสร้าง สีงวดงานเดียวกันควรอยู่ต่อเนื่องกันเนื่องจากต้องเป็นลำดับการก่อสร้างทางวิศวกรรม

C	TANK LEVEL	10
B	TANK LEVEL	10
F	TANK LEVEL	10
SL	TANK LEVEL	10
SW	TANK LEVEL	10
C	TANK LEVEL	1
B	TANK LEVEL	1
F	TANK LEVEL	1
SL	TANK LEVEL	1
SW	TANK LEVEL	1
C	FOUNDATIC	2
F	FOUNDATIC	2
C	FOUNDATIC	2
B	FLOOR LEVE	3
C	FLOOR LEVE	3
SL	FLOOR LEVE	3
ST	FLOOR LEVE	3
SW	FLOOR LEVE	3
B	FLOOR LEVE	4
C	FLOOR LEVE	4
SL	FLOOR LEVE	4

รูปที่ 13 ตัวอย่างการระบุงวดงานให้องค์ประกอบที่ซ้ำกันหรือไม่ถูกต้องตามลำดับ



รูปที่ 14 ผลลัพธ์การแสดงสีจากงวดงาน กรณีการแบ่งงวดงานมีการซ้อนทับกันหรือผิดลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง

จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมกับโมเดลสารสนเทศตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ค้นพบข้อผิดพลาดของโปรแกรมและได้พัฒนาต่อยอดในสองกรณีศึกษา ได้แก่ การพัฒนาต่อยอดชุดคำสั่งในกรณีงวดงานไม่ครบถ้วน และ กรณีมีการระบุงวดงานที่ทับซ้อนกันหรือไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอน จากแนวคิดดังกล่าว เครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการตรวจสอบข้อผิดพลาดการแบ่งงวดงานได้จากทั้งสองกรณีศึกษา

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการพัฒนาโปรแกรมเสริม

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการแบ่งงวดงานแบบ Milestone และนำมาใช้ในการจำลองงวดงานก่อสร้างหมวดงานโครงสร้าง และได้จำลองโมเดลสารสนเทศอาคาร โดยโปรแกรม Autodesk Revit โดยใช้แบบ (Drawing) งานโครงสร้างอาคารชีวานามัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สภากาชาดไทย และได้จัดทำกรอบแนวคิดการเชื่อมโยงและการตรวจสอบข้อมูลพร้อมทั้งพัฒนาโปรแกรมเสริมเพื่อเป็นเครื่องมือเบื้องในการทดสอบ โดยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ทั้งสามข้อ

6.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาในโปรแกรม Autodesk Revit version 2024.1 และ Dynamo version 2.18.1และ Package เสริมของ Dynamo ชื่อว่า Modelical ดังนั้นการใช้โปรแกรมเสริมจำเป็นที่จะต้องติดตั้งส่วนต่างๆให้ครบถ้วนสมบูรณ์ก่อนจึงจะสามารถใช้งานฟังก์ชันโปรแกรมเสริมได้อย่างครบถ้วน ระหว่างการพัฒนาโปรแกรมเสริม โปรแกรมที่ใช้พัฒนามีการอัพเดทอยู่ตลอดเวลาโดยส่วนของ Dynamo มักจะเกิดปัญหาความไม่สอดคล้องระหว่าง Code box ในส่วนก่อนอัพเดทและหลังอัพเดท ดังนั้นจึงต้องหมั่นตรวจสอบและแก้ไขในกรณีที่ Run แล้วโปรแกรมขึ้นแจ้ง Error หรือ Warning ในส่วนของ Custom node ที่พัฒนาโดย Python ยังไม่พบปัญหา

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ อาจารย์ภาควิศวกรรมโยธาที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความรู้ต่างๆที่สำคัญในการทำวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] อธิวัฒน์ โยอาศรี. (2558). การประชุมชี้แจงการแบ่งงวดงานและงวดเงิน. หอประชุมชูชาติ กำภู กรมชลประทาน ปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี.

[2] แววิเชียร เหล่าเขตกรณ์. (2556). การศึกษาหลักเกณฑ์การแบ่งงวดงานก่อสร้างอาคารภาครัฐ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). cuir. https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/43438

[3] Daniel, W. H. (2010). Construction management(4). New York: Hamilton Printing.

[4] San, L. Y. (2013). A study of causes and effects of conflict in construction industry. (Bachelor's thesis, Malaysia PaHang University). Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/159183434.pdf

[5] Tilley et al. (1999). Design and documentation quality and its impact on the construction process. CIB W55 & W65 Joint Triennial Symposium – Customer Satisfaction : A focus for research & practice. https://www.researchgate.net/publication/259716755_Design_and_Documentation_Quality_and_its_impact_on_the_Construction_Process

[6] Alzara, M. (2022). Exploring the Impacts of Change Orders on Performance of Construction Projects in Saudi Arabia. Advances in Civil Engineering, 22. doi: 10.1155/2022/5775926

[7] Gamil et al. (2019). Investigating the effect of poor communication in terms of cost and time overruns in the construction industry. International journal of construction supply chain management, 9(18), 94-106. doi: 10.14424/ijcscm902019-94-106

[8] Omopariola et al. (2019). Contractors' perceptions of the effects of cash flow on construction projects. Journal of Engineering Design and Technology ahead-of-print(ahead-of-print), 18(2), 308-325. doi: 10.1108/JEDT-04-2019-0099

[9] Le, S. (2023). Construction Projects and Disputes. Retrieved 11 December 2023, from https://letranlaw.com/insights/construction-projects-andisputes/#Payment_for_Existing_Works

[10] วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ, (2556). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคารใน เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี). SUTIR. http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5278/1/Fulltext.pdf

[11] Eric et al. (2022). A theoretical BIM-based framework for quantity take-off to facilitate progress payments: the case of high-rise building projects in Vietnam. International Journal of Building Pathology and Adaptation. 42(7), doi: 10.1108/IJBPA-10-2021-0139

[12] Jang et al. (2022). BIM-Based Management System for Off-Site Construction Projects. Applied Science, 12(9), 9878. doi: 10.3390/app12199878

[13] Ye and Konig. (2021). Framework for Automated Billing in the Construction Industry Using BIM and Smart Contracts. In Santos and Scheer (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. (pp. 824-838). New York: Springer.

[14] PMWeb Software Developer. (2024). Using BIMs to Enable the Commercial Management Team to Visualize the Approved Work in Place Paid for in Interim Payment Certificates. Retrieved 11 December 2023, from https://perma.cc/TD2H-NPWU