

การพัฒนาแบบจำลองกระบวนการก่อสร้างงานโครงสร้างและงานระบบ MEP ในระบบ COSMOS สำหรับโครงการคอนโดมิเนียม

Development of a Construction Process Model for Structural and MEP Works in Condominium Projects Using the COSMOS System

กานตณ วงศ์พันธุ์ลักษณ์^{1*}, และ จิรวัดน์ ดำริห์นันต์²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี

*Corresponding author; E-mail address: kantapon.won@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งพัฒนาแบบจำลองกระบวนการก่อสร้างงานโครงสร้างและงานระบบประกอบอาคารชุด เพื่อจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม COSMOS Simulator โดยใช้ข้อมูลจริงจากโครงการก่อสร้างอาคารชุดแห่งหนึ่ง ทั้งนี้ การบริหารงานก่อสร้างไม่มีรูปแบบตายตัว ทำให้แต่ละโครงการมีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะในอยู่องค์กรเดียวกัน ทำให้บางโครงการล่าช้าจากแผนที่กำหนด งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างอาคารชุดอย่างเป็นระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่สามารถใช้วิเคราะห์รูปแบบการก่อสร้างที่ใช้เวลาในการก่อสร้างที่สั้นที่สุดได้ เพื่อลดระยะเวลาการก่อสร้างและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร โดยผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ และผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการแบ่งพื้นที่ทำงานตามทรัพยากรที่มี ทำให้สามารถดำเนินงานบางส่วนแบบคู่ขนานและลดระยะเวลาการก่อสร้างลงได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การปรับลดจำนวนแรงงานในบางกิจกรรมไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลารวมของโครงการ และยังสามารถลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แบบจำลองกระบวนการก่อสร้าง, โครงการก่อสร้างอาคารชุด, การจำลองสถานการณ์, โปรแกรมคอสโมสซิมูเลเตอร์

Abstract

This research focuses on the development of a construction process model for structural and MEP works in condominium buildings using the COSMOS Simulator Program for simulation. The model is based on real data from a condominium construction project. Since construction management does not follow a fixed pattern, processes vary even within the same organization. As a result, some projects fail to meet planned deadlines. This research presents a systematic approach to improving construction processes. The objective is to develop a

model that identifies the shortest construction time to reduce duration and improve resource efficiency. The study found that the developed model can be applied effectively. It was also found that dividing the work area and allowing certain tasks to overlap significantly reduces construction time. Additionally, reducing labor in certain activities does not affect the overall duration and effectively lowers costs.

Keywords: Construction process model, Condominium Construction projects, Simulation, COSMOS Simulator Program

1. บทนำ

การก่อสร้างโครงการต่าง ๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นโครงการของภาครัฐหรือเอกชน การดำเนินงานในแต่ละโครงการต้องใช้เวลาและเงินจำนวนมาก ทำให้การบริหารโครงการเป็นสิ่งจำเป็น โดยมีผู้จัดการโครงการทำหน้าที่วางแผน ควบคุม และดำเนินการให้เป็นไปตามเป้าหมาย ซึ่งการบริหารโครงการก่อสร้างมีตัวชี้วัดความสำเร็จ 3 ด้าน ได้แก่ เวลา ต้นทุน และคุณภาพ ซึ่งในด้านต้นทุนและคุณภาพ องค์กรส่วนใหญ่มักมีมาตรการควบคุมที่ชัดเจนและมีการตรวจสอบรวมจากส่วนงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานองค์กร แต่ในส่วนของเวลามักขึ้นอยู่กับความวางแผนและการบริหารของผู้จัดการโครงการเป็นหลัก หากโครงการเกิดความล่าช้า ย่อมส่งผลกระทบต่อต้นทุนที่เพิ่มขึ้นและคุณภาพที่อาจลดลง ดังนั้น ผู้จัดการโครงการที่มีการวางแผนที่ดี และสามารถควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนได้ จะช่วยลดปัญหาความล่าช้าและทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย

การบริหารโครงการก่อสร้างเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ที่ต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน ผู้จัดการโครงการต้องเชี่ยวชาญทั้งด้านทฤษฎีเทคนิคการก่อสร้าง การวางแผน การออกแบบกระบวนการทำงาน และการบริหารความเสี่ยง เพื่อควบคุมโครงการให้เป็นไปตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบคือกระบวนการทำงานของผู้จัดการโครงการแต่ละคนมักแตกต่างกัน แม้อยู่ในองค์กรเดียวกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อสร้าง ทำให้บางโครงการเสร็จก่อนกำหนด บางโครงการเสร็จ

ทันเวลา และบางโครงการล่าช้า ด้วยเหตุนี้การออกแบบกระบวนการทำงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงเป็นกุญแจสำคัญในการบริหารโครงการให้ประสบความสำเร็จ

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการสร้างแบบจำลองกระบวนการก่อสร้าง (Construction Modeling Simulation) มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้ COSMOS System ซึ่งเป็นระบบที่ประกอบด้วยสององค์ประกอบหลัก ได้แก่ COSMOS Methodology ซึ่งเป็นแนวทางเชิงวิธีการที่สามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองของกระบวนการใดๆ โดยเฉพาะกระบวนการก่อสร้างได้ และ COSMOS Simulator ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับจำลองกระบวนการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการลดระยะเวลาการดำเนินงานในส่วนงานโครงสร้างและระบบประกอบอาคารที่อยู่ในโครงสร้าง ภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากรเครื่องจักรและแรงงานที่มีอยู่เดิม การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากโครงการจริงที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติงานอยู่ ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างอาคารชุดสูง 56 ชั้น ซึ่งเป็นชั้นห้องพักทั้งหมด 50 ชั้น โดยชั้นห้องพักแต่ละชั้นมีพื้นที่ก่อสร้างประมาณ 2,000 ตารางเมตร ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่าแนวทางที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้างลงได้น้อยกว่า 30% จากแนวทางเดิม

งานวิจัยนี้จึงมีบทบาทสำคัญในการเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ด้านการพัฒนาแบบจำลองกระบวนการก่อสร้างอาคารชุด โดยเฉพาะในเรื่องของการทำนายระยะเวลาก่อสร้างภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร รวมถึงการประเมินผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนปริมาณแรงงาน เครื่องจักร หรือการจัดสรรพื้นที่ทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ในการก่อสร้างอาคารชุดที่มีข้อจำกัดเฉพาะ เช่น พื้นที่ทำงานที่จำกัด ความสูงของพื้นที่ทำงาน และความซับซ้อนของงานระบบประกอบอาคาร

2. โปรแกรม COSMOS Simulator และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โปรแกรม COSMOS Simulator

COSMOS Simulator (Construction Simulation Modeling System) เป็นโปรแกรมจำลองกระบวนการก่อสร้างที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการดำเนินงานของโครงการก่อสร้าง โปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการจำลองสถานการณ์เชิงเวลา (Time-Based Simulation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่มีความซับซ้อนทางลำดับกิจกรรม ทรัพยากรจำกัด และระยะเวลาดำเนินงานที่มีความเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขของสถานการณ์จริง โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองโดยใช้ส่วนประกอบหลัก ได้แก่

- 2.1.1 Place: แสดงสถานะหรือเงื่อนไขของระบบ เช่น วัสดุพร้อมใช้งาน
- 2.1.2 Transition: แสดงกิจกรรมหรือเหตุการณ์ เช่น การขนย้ายวัสดุ
- 2.1.3 Token: ตัวแทนของทรัพยากรที่ไหลผ่านระบบ
- 2.1.4 Arc: เส้นเชื่อมที่แสดงลำดับความสัมพันธ์และทิศทางการดำเนินการระหว่าง Place และ Transition

COSMOS Simulator ใช้แนวคิดของ Discrete-Event Simulation (DES) ควบคู่กับโครงสร้างของ Petri Net ในการออกแบบแบบจำลอง โดย

กิจกรรมภายในโครงการถูกจำลองในรูปแบบของ Transition และ Place โดยมี Arc เป็นเส้นเชื่อมและกำหนดทิศทางการดำเนินกิจกรรม ซึ่งสะท้อนถึงเหตุการณ์และสถานะของระบบตามลำดับการดำเนินงานในโลกจริง การจำลองจะเกิดขึ้นเมื่อเหตุการณ์ต่าง ๆ (Transitions) ถูกกระตุ้นโดยการไหลของ Token ภายในระบบ เมื่อ Token มีอยู่ใน Place ที่เหมาะสม Transition จะสามารถถูกกระตุ้น (Fire) และส่ง Token ไปยัง Place ถัดไป ซึ่งทำให้ระบบสามารถจำลองลำดับกิจกรรมที่เป็นไปตามเงื่อนไข และช่วยในการวิเคราะห์การรอคอย การแย่งทรัพยากร และความคับคั่งของกิจกรรม

ผู้ใช้งานสามารถกำหนดพารามิเตอร์ของแต่ละกิจกรรม อาทิ ระยะเวลาดำเนินการ ความสามารถในการรองรับทรัพยากร (Resource Constraints) และลำดับความเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรม เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด โดยแบบจำลองที่ได้สามารถวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ เช่น ระยะเวลาก่อสร้างรวม ปริมาณทรัพยากรที่ใช้ และความหนาแน่นของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเหมาะสำหรับการเปรียบเทียบแนวทางการจัดการที่หลากหลาย

2.2 ทฤษฎีการจำลองแบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES)

ทฤษฎีการจำลองแบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES) คือเทคนิคการจำลองสถานการณ์ที่เน้นการวิเคราะห์ระบบเชิงเวลาโดยที่สถานะของระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงเวลาที่มี เหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้นเท่านั้น กล่าวคือ ระบบจะเปลี่ยนสถานะแบบไม่ต่อเนื่อง และไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งการจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่องจะทำงานโดยลำดับของเหตุการณ์ที่ถูกจัดเรียงไว้ตามเวลาที่เกิด ผู้จำลองจะประมวลผลเหตุการณ์ทีละเหตุการณ์ตามลำดับเวลา โดยแต่ละเหตุการณ์จะมีผลในการเปลี่ยนสถานะของระบบ และอาจทำให้เกิดเหตุการณ์ใหม่ในอนาคต จากนั้นนาฬิกาจำลองจะขยับไปยังเวลาของเหตุการณ์ถัดไปโดยองค์ประกอบหลักของ DES ได้แก่

- 2.2.1 เหตุการณ์ (Event): เหตุการณ์คือจุดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะในระบบ เช่น การมาถึงของทรัพยากร การเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของกิจกรรม
- 2.2.2 สถานะของระบบ (System State): หมายถึงตัวแปรที่ใช้กำหนดสถานะปัจจุบันของระบบ เช่น จำนวนงานที่รอคิว เครื่องจักรที่ใช้งานอยู่
- 2.2.3 เวลาการจำลอง (Simulation Clock): ตัวแปรที่ใช้ติดตามเวลาปัจจุบันในระบบการจำลอง ซึ่งจะเปลี่ยนไปเฉพาะเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้น
- 2.2.4 คิวเหตุการณ์ (Event List): รายการของเหตุการณ์ทั้งหมดที่รอการประมวลผลตามลำดับเวลา
- 2.2.5 ตัวแทนหน่วยต่าง ๆ (Entities): องค์ประกอบหรือสิ่งที่เคลื่อนที่ภายในระบบ เช่น วัสดุ คน เครื่องจักร

2.3 ทฤษฎีเพตริเน็ต (Petri Net Theory)

Petri Net ได้รับการพัฒนาโดย Carl Adam Petri ในช่วงทศวรรษ 1960 และกลายเป็นแนวคิดหลักในการวิเคราะห์ระบบที่มีโครงสร้างของ

กิจกรรมและเงื่อนไขเชิงตรรกะซับซ้อน Petri Net เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์และแผนภาพที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของระบบที่มีลักษณะเชิงลำดับ, ขนาน, เชิงสุ่ม และมีเงื่อนไขในการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่มีการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete-event systems) เช่น ระบบการผลิต, ระบบโลจิสติกส์, หรือกระบวนการก่อสร้างที่ซับซ้อน

โดยหลักการทำงานของ Petri Net จะเกิดขึ้นเมื่อเงื่อนไขที่กำหนดใน Place เป็นจริง (คือมี Token เพียงพอ) Transition จะสามารถทำงาน (firing) ได้ ซึ่งหมายถึงว่าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นจริง เมื่อ Transition ทำงาน Token จะถูกเคลื่อนย้ายจาก Place ต้นทางไปยัง Place ปลายทางตามเส้น Arc

2.4 ทฤษฎี Dynamic Progressive Activity (DPA)

Dynamic Progressive Activity (DPA) คือแนวคิดในการสร้างแบบจำลองกิจกรรมที่มีลักษณะ พลวัต (Dynamic) และ ก้าวหน้า (progressive) ซึ่งหมายถึงกิจกรรมที่มีระยะเวลาหรือเงื่อนไขการดำเนินงานเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยที่สัมพันธ์กับเวลา หรือระดับความคืบหน้าของโครงการ เช่น ระยะทาง, ความสูง, หรือปริมาณงานสะสม

แนวคิด DPA เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการจำลองกิจกรรมที่ไม่สามารถใช้เวลาคงที่ (constant duration) ได้ เนื่องจากปัจจัยด้านกายภาพหรือเชิงโลจิสติกส์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา เช่น การขนย้ายวัสดุจากชั้นล่างไปชั้นบนที่ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

2.5 ความแตกต่างระหว่างแนวทางของโปรแกรม COSMOS Simulator ในบทความนี้กับการใช้ Discrete Event Simulation แบบทั่วไป

แนวทางการใช้โปรแกรม COSMOS Simulator ในบทความนี้ แม้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิด Discrete Event Simulation (DES) เช่นเดียวกับการจำลองสถานการณ์แบบทั่วไป แต่มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างออกไปในหลายประเด็นสำคัญ ดังนี้

2.5.1 ระดับของการสรุปผลข้อมูล โดย DES แบบทั่วไปมักใช้รายละเอียดเชิงลึกของแต่ละกิจกรรม เช่น เวลาเริ่มต้น-สิ้นสุด การรอคอยของทรัพยากร และความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา โดยต้องมีการระบุลำดับกิจกรรมอย่างละเอียด ขณะที่แนวทางในบทความนี้เน้นการจัดกลุ่มข้อมูลระยะเวลาและสร้าง Transition เช่น การใช้ Transition เดียวแทนกิจกรรมทั้ง 50 ชั้น เพื่อลดความซับซ้อน โดยมุ่งเน้นการสะท้อนพฤติกรรมโดยรวมของระบบมากกว่าการแสดงรายละเอียดระดับกิจกรรมเดียว

2.5.2 วิธีการสร้าง Transition และการแสดงกิจกรรม โดย DES แบบทั่วไปมักแยกการสร้าง Transition ตามกิจกรรมแต่ละรายการอย่างชัดเจน ส่งผลให้แบบจำลองมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อจำนวนกิจกรรมย่อยเพิ่มขึ้น เช่น กรณีอาคาร 50 ชั้น ต้องสร้าง 50 Transition ขณะที่แนวทางในบทความนี้ลดจำนวน Transition ผ่านการจัดกลุ่มช่วงเวลาและการกระจายข้อมูลแบบ Uniform เพื่ออธิบายลักษณะการดำเนินกิจกรรมแบบลำดับภายใน Transition เดียว

2.5.3 เป้าหมายของการวิเคราะห์ โดย DES แบบทั่วไปมุ่งวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือทรัพยากรของระบบ เช่น การเปลี่ยนจำนวนทรัพยากรหรือวิธีการทำงาน เพื่อศึกษาผลกระทบต่อเวลา, ความคับคั่ง, หรือค่าใช้จ่าย ในขณะที่แนวทางของบทความนี้มุ่งเปรียบเทียบแนวทางการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เพื่อค้นหาแนวทางการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การแจกแจงรายละเอียดงานก่อสร้าง

การแจกแจงกิจกรรมในแต่ละประเภทเพื่อให้เห็นภาพรวมของงานที่ต้องดำเนินการในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างชัดเจน กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถระบุประเภทของงานที่ต้องดำเนินการในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเป็นระบบและครบถ้วน

กิจกรรมที่กำหนดต้องครอบคลุมทุกส่วนของโครงการอย่างครบถ้วน ตั้งแต่งานโครงสร้าง, งานไฟฟ้า, และงานระบบประปาสุขาภิบาล โดยแต่ละกิจกรรมจะถูกจัดเรียงตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้าง เพื่อให้สามารถติดตามความคืบหน้าของโครงการได้ ซึ่งกิจกรรมงานก่อสร้างสามารถจำแนกออกมาได้ทั้งหมด 16 กิจกรรม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้บันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูล ตามที่แสดงในตารางที่ 1

3.2 รวบรวมข้อมูลจำนวนทรัพยากรและระยะเวลาการทำงาน

การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ ตามหัวข้อ 3.1 จะใช้ข้อมูลทางสถิติที่โครงการได้บันทึกไว้ร่วมกับข้อมูลจากผู้ควบคุมงานในแต่ละกิจกรรมก่อสร้าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและครอบคลุมทุกขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้าง ข้อมูลที่ต้องรวบรวมประกอบด้วย ทรัพยากรเครื่องจักร, ทรัพยากรแรงงาน, และระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกิจกรรมก่อสร้าง

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ใช้หน่วยกำกับเวลาเป็น "ชั่วโมง" โดยโครงการก่อสร้างดำเนินงานวันละ 8 ชั่วโมง ข้อมูลที่รวบรวมจะถูกบันทึกลงใน ตารางบันทึกข้อมูล ตามรูปแบบที่แสดงในตารางที่ 1

3.3 วิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่รวบรวมมีปริมาณมาก ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อตรวจสอบรูปแบบการกระจายตัวและหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของข้อมูลดังกล่าว โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรม COSMOS Simulator ซึ่งโปรแกรม Oracle Crystal Ball จะถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น

โปรแกรม Oracle Crystal Ball เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล โดยการเลือกฟังก์ชัน Fit Curve เพื่อหารูปแบบการกระจายตัวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละกิจกรรมในโครงการก่อสร้าง โดยอาศัยจากข้อมูลที่บันทึกไว้ในตารางที่ 1

โปรแกรมจะแสดงรูปแบบการกระจายตัวในหลากหลายรูปแบบ โดยจะเรียงลำดับรูปแบบการกระจายตัวจากที่เหมาะสมที่สุด พร้อมแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการกระจายตัวในแต่ละรูปแบบ พร้อมแสดงกราฟ

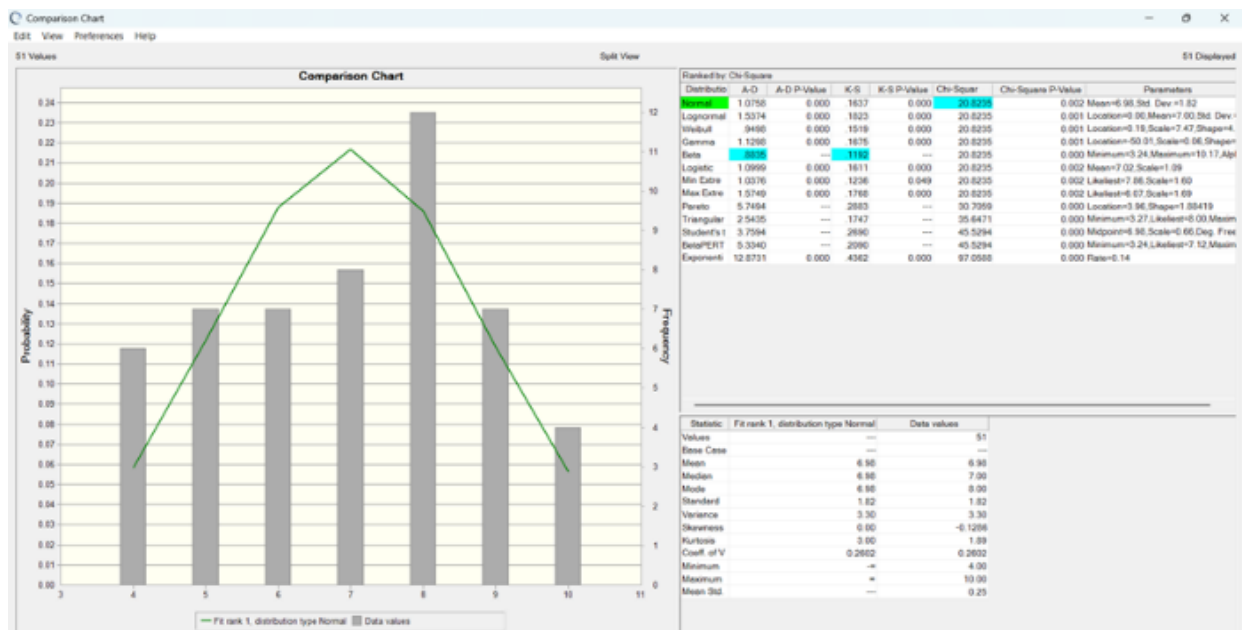
ความน่าจะเป็นของการกระจายตัวในรูปแบบนั้นๆ รวมถึงแสดงค่าทางสถิติต่างๆ ของชุดข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 1

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของชุดข้อมูลด้วยโปรแกรม Oracle Crystal Ball พบว่าการกระจายตัวที่เหมาะสมที่สุดคือ การกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในโปรแกรม COSMOS Simulator ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การศึกษานี้จึงเลือกใช้การกระจายตัวแบบปกติในการวิเคราะห์ จากนั้นคำนวณค่าสถิติภาพแรงงานเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของแรงงานแต่ละคน โดยพิจารณาจำนวนตารางเมตรที่สามารถทำงานได้ใน 1 ชั่วโมง และ 1 วัน ตามลำดับ โดยข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดสรรทรัพยากรและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานต่อไป พร้อมทั้งบันทึกค่าทางสถิติและพารามิเตอร์ที่ไดลงในตารางบันทึกข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกข้อมูลกิจกรรมงานก่อสร้าง,ทรัพยากร และระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม ชั้น 6-10 จากพื้นโครงสร้างทั้งหมด 50 ชั้น

ลำดับ	กิจกรรมงานก่อสร้าง (พื้นที่ 1 ชั้น / 2,000 ตรม.)	ทรัพยากร			ระยะเวลาการทำงาน				
		เครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักร	จำนวนแรงงาน	ชั้น 6	ชั้น 7	ชั้น 8	ชั้น 9	ชั้น 10
1	ตั้งนั่งร้าน/table form	Tower crane	2	50	32	31	31	30	32
2	ตีโล่ / ตีออฟเมต	-	-	6	10	9	8	7	7
3	ตี Box ไฟ	Tower crane	1	8	10	10	8	9	7
4	วาง Sleeve	Tower crane	1	7	15	16	14	13	12
5	ลงเหล็กล่าง	Tower crane	2	30	23	23	22	20	21
6	เดินท่อไฟ	Tower crane	1	16	19	20	18	17	14
7	วางลวดสลิง	Tower crane	1	15	23	24	21	22	20
8	ลงเหล็กบน	Tower crane	2	30	22	23	23	24	21
9	เทคอนกรีต	Tower Crane + Stationary concrete placing boom	1	30	22	23	20	21	24
10	ตีโล่หลังเท	-	-	6	8	4	8	5	8
11	ผูกเหล็กเสา	Tower crane	1	30	7	5	8	10	4
12	เข้าแบบเสา	Tower crane	1	50	10	6	8	7	6
13	เทคอนกรีตเสา	Tower crane	2	50	6	8	8	9	10
14	ตั้งสลิง	-	-	15	7	6	8	5	4
15	รื้อแบบเสา	Tower crane	2	50	8	10	8	7	8
16	รื้อ นั่งร้าน/table form	Tower crane	2	50	9	10	8	7	6



รูปที่ 1 หน้าจอโปรแกรม Oracle Crystal Ball

3.4 การกำหนดลำดับกิจกรรมงานก่อสร้าง

กระบวนการก่อสร้างประกอบด้วยกิจกรรมย่อยจำนวนมาก ซึ่งสามารถจัดลำดับได้หลายรูปแบบ การกำหนดลำดับกิจกรรมจึงต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ตามหลักวิศวกรรมและกระบวนการก่อสร้างที่ถูกต้อง เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับข้อกำหนด และข้อจำกัดของแต่ละโครงการ

การเปลี่ยนแปลงลำดับของกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งอาจส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาของโครงการ แม้ว่าจะเป็นเพียงกิจกรรมเดียว ดังนั้น การวางแผนและจัดลำดับกิจกรรมจึงต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ

ในการศึกษานี้ ใช้วิธีการสร้างเครือข่ายงาน (Network) เพื่อกำหนดรูปแบบการจัดลำดับกิจกรรมก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยให้สามารถสื่อสารและปรับเปลี่ยนลำดับกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณารูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมด 16 รูปแบบ และนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม COSMOS Simulator เพื่อประเมินผลกระทบต่อการกำหนดการก่อสร้างโดยรวม จากนั้นจึงคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการดำเนินงาน

3.5 สร้างแบบจำลองและวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ จะทำการสร้างแบบจำลอง Petri Nets เพื่อจำลองลำดับกิจกรรมงานก่อสร้าง โดยอ้างอิงจากรูปแบบการจัดลำดับกิจกรรมที่รวบรวมได้จากหัวข้อ 3.4 ในทุกรูปแบบที่เป็นไปได้ การสร้างแบบจำลองนี้จะดำเนินการโดยใช้ COSMOS Simulator ดังแสดงในรูปที่ 3

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองจะอ้างอิงจาก ตารางที่ 2 ซึ่งระบุรายละเอียดสำคัญของแต่ละกิจกรรม ได้แก่ จำนวนทรัพยากร, ระยะเวลาการก่อสร้าง และค่าพารามิเตอร์ของการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้กำหนดค่าให้กับแต่ละกิจกรรมภายในโปรแกรม COSMOS Simulator เพื่อให้แบบจำลองสามารถสะท้อนพฤติกรรมของกระบวนการก่อสร้างได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง และสามารถวิเคราะห์หารูปแบบกระบวนการก่อสร้างที่ใช้เวลาน้อยที่สุดได้

แบบจำลองกระบวนการก่อสร้างดังกล่าวเป็นแบบจำลองสำหรับการก่อสร้างพื้นที่โครงสร้างจำนวน 1 ชั้น โดยการดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริง โครงการก่อสร้างที่ใช้เป็นกรณีศึกษามีระยะเวลาทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และหยุดพักเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้น การนำผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ดำเนินงานอย่างต่อเนื่องมาใช้คำนวณระยะเวลาทั้งหมด อาจไม่สะท้อนความเป็นจริงได้อย่างแม่นยำ เพื่อให้ผลการจำลองสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริงมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับแต่งแบบจำลองให้ครอบคลุมกระบวนการก่อสร้างพื้นที่โครงสร้างชั้นห้องพักจำนวน 50 ชั้น โดยกำหนดให้แบบจำลองมีระยะเวลาดำเนินงาน (Execution State) เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน และกำหนดระยะพัก (Transit State) เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน

ระยะเวลาในการขนย้ายวัสดุโดยใช้ Tower Crane จากชั้นล่างสุดขึ้นไปยังแต่ละชั้นของอาคารจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสูงของชั้นที่ทำงาน โดย

ชั้นที่อยู่ในระดับสูงกว่าจะใช้เวลามากขึ้นตามลำดับ เพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม Oracle Crystal Ball ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของระยะเวลาการขนย้ายวัสดุ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบ Uniform โดยมีค่า Minimum คือระยะเวลาการขนย้ายวัสดุไปชั้นล่างสุด และมีค่า Maximum คือระยะเวลาการขนย้ายวัสดุไปชั้นบนสุด โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้กำหนดค่าให้กับแต่ละกิจกรรมภายในโปรแกรม COSMOS Simulator

3.6 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Validation) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นตัวชี้วัดว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์และสามารถสะท้อนความเป็นจริงได้มากน้อยเพียงใด โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการก่อสร้างเดียวกับที่โครงการใช้ในการก่อสร้างจริงมาเป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างที่ได้จากการดำเนินงานจริง กับ ระยะเวลาที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator

จากข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ โครงการนี้ก่อสร้างงานโครงสร้างพื้นที่ชั้นห้องพักจำนวน 50 ชั้น โดยมีระยะเวลาการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 576 วัน ขณะที่ระยะเวลาก่อสร้างจากแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator พบว่ามีระยะเวลาก่อสร้าง 572 วัน ดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาทั้งสองกรณี พบว่ามีความแตกต่างกันเพียง 4 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 0.69 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์ระยะเวลาก่อสร้างได้อย่างแม่นยำใกล้เคียงกับระยะเวลาปฏิบัติงานจริง

3.7 พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator

รูปแบบการจัดลำดับกิจกรรมทั้ง 16 รูปแบบที่ได้จากหัวข้อ 3.4 ถูกนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานของแต่ละรูปแบบเพื่อวิเคราะห์หารูปแบบที่สามารถลดระยะเวลาการก่อสร้างได้มากที่สุด

จากผลการวิเคราะห์พบว่า รูปแบบการจัดลำดับกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุดสามารถดำเนินการก่อสร้างได้ภายใน 22 วันต่อพื้นที่โครงสร้าง 1 ชั้น ในขณะที่ รูปแบบที่ใช้ระยะเวลานานที่สุดต้องใช้เวลา 27 วันต่อพื้นที่โครงสร้าง 1 ชั้น ซึ่งแตกต่างกันถึง 5 วัน โดยรายละเอียดผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ใน ตารางที่ 4

นำรูปแบบที่มีระยะเวลาการทำงานสั้นที่สุดมาแบ่งพื้นที่ก่อสร้างออกเป็น 2, 3, 4, 5 และ 6 ส่วนตามลำดับ โดยยังคงระดับของพื้นที่ปฏิบัติงาน ทรัพยากรแรงงาน และเครื่องจักรไว้เช่นเดิม การแบ่งพื้นที่ในลักษณะนี้ช่วยให้กิจกรรมต่างๆ สามารถดำเนินการแบบซ้อนทับกัน (Overlapping Time) ซึ่งการแบ่งพื้นที่ ที่เหมาะสมที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุดคือการแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วน เนื่องจากการแบ่งพื้นที่ปฏิบัติงานออกเป็น 3 ส่วน ส่งผลให้กิจกรรมที่เคยดำเนินการแบบลำดับขั้น (Sequential) ซึ่งต้องรอให้พื้นที่ทั้งหมดแล้วเสร็จก่อนจึงสามารถเริ่มต้นกิจกรรมถัดไปได้ สามารถ

ปรับให้ดำเนินการในลักษณะซ้อนทับกัน (Overlapping) ได้ กล่าวคือ เมื่อพื้นที่บางส่วนพร้อมทำงาน กิจกรรมถัดไปสามารถเริ่มต้นได้ทันทีโดยไม่ต้องรอให้พื้นที่ทั้งหมดแล้วเสร็จ ส่งผลให้แรงงานและเครื่องจักรสามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง ลดช่วงเวลาที่ทรัพยากรอยู่ในสภาวะว่างงาน ซึ่งช่วยลดเวลาเสียเปล่า และเพิ่มประสิทธิภาพของแรงงานและอุปกรณ์ โดยเฉพาะเครื่องจักรหนักที่มีจำนวนจำกัด และมีความสำคัญต่อระยะเวลารวมของโครงการ เช่น ทาวเวอร์เครน (Tower Crane)

ในทางกลับกัน การแบ่งพื้นที่มากกว่า 3 ส่วน แม้อาจดูเหมือนเป็นการเพิ่มโอกาสในการทำงานแบบซ้อนทับ แต่กลับนำไปสู่ความซับซ้อนที่สูงขึ้นในกระบวนการบริหารจัดการ อาทิ ความยุ่งยากในการจัดสรรทรัพยากร การเคลื่อนย้ายเครื่องจักรที่ไม่คล่องตัวในพื้นที่ที่แคบลง รวมถึงการประสานงานระหว่างส่วนที่มีจำนวนมากเกินไป ทั้งนี้ ยังส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างไม่คุ้มค่า และพื้นที่ที่มีขนาดเล็กเกินไปอาจทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังอาจเกิดเวลารอสะสมในระบบมากขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลารวมของโครงการเพิ่มขึ้น แทนที่จะลดลงตามวัตถุประสงค์ที่คาดหวังไว้

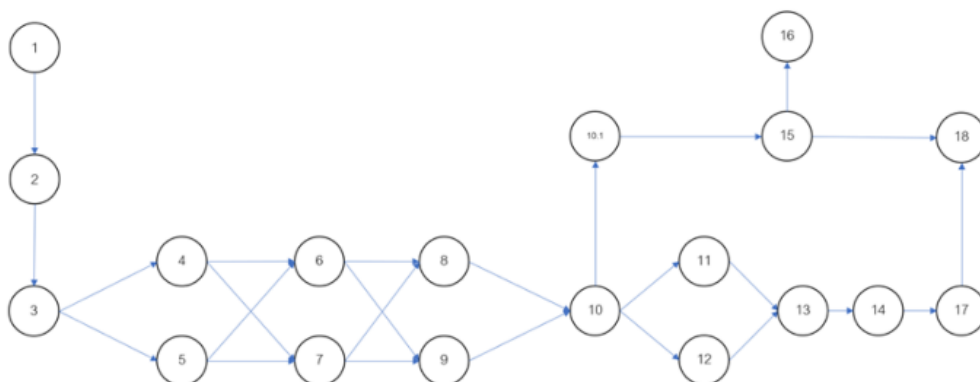
โดยการแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วนส่งผลให้ระยะเวลารวมของโครงการก่อสร้างลดลงจากเดิม 22 วันต่อพื้นที่โครงสร้าง 1 ชั้น เหลือเพียง 12 วันต่อพื้นที่โครงสร้าง 1 ชั้น ดังแสดงในตารางที่ 5

จากนั้นนำแบบจำลองสถานการณ์ที่ใช้เวลานั้นที่สุดมาปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนชั้นของการดำเนินงานจาก 1 ชั้น เป็น 50 ชั้น และการปรับเพิ่มระยะเวลาการขนย้ายวัสดุตามระดับความสูงของแต่ละชั้นโดยใช้การกระจายตัวของข้อมูล ตลอดจนการปรับให้มีระยะเวลาดำเนินงาน (Execution State) และระยะเวลาพัก (Transit State) ทำให้ได้มาซึ่งแบบจำลองมีความสมจริงและสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริงมากยิ่งขึ้น

เมื่อนำแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีข้างต้นมาทดสอบ พบว่าการก่อสร้างพื้นที่โครงสร้างทั้ง 50 ชั้น ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งใช้ระยะเวลา 367 วัน ในขณะที่การก่อสร้างรูปแบบเดิมจากการเก็บข้อมูลระยะเวลาก่อสร้างจริงใช้ระยะเวลา 576 วัน ซึ่งระยะเวลาการดำเนินการลดลงถึง 209 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 36.28 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 2 ตารางสรุปข้อมูลจำนวนทรัพยากร, ระยะเวลาการทำงาน และ ผลผลิตภาพแรงงาน

ลำดับ	กิจกรรมงานก่อสร้าง (พื้นที่ 1 ชั้น / 2,000 ตรม.)	ทรัพยากร			ระยะเวลาการก่อสร้าง (ชั่วโมง)					ผลิตภาพแรงงาน	
		เครื่องจักร	จำนวนเครื่องจักร	จำนวนแรงงาน	เร็วที่สุด	ฐานนิยม	ช้าที่สุด	Mean	Std. Dev.	1 คน/ตรม.ชั่วโมง	1 คน/ตรม./วัน
1	ตั้งนั่งร้านtable form	Tower crane	2	50	24	28	32	28.00	2.15	0.70	5.60
2	ตีคอนกรีต	-	-	6	4	8	10	6.98	1.82	0.02	0.17
3	ตี Box ไฟ	Tower crane	1	8	4	8	10	7.10	1.66	0.03	0.23
4	วาง Sleeve	Tower crane	1	7	8	12	16	12.02	2.07	0.04	0.34
5	ลงเหล็กล่าง	Tower crane	2	30	18	20	24	20.78	1.74	0.31	2.49
6	เดินท่อไฟ	Tower crane	1	16	12	15	20	15.75	2.23	0.13	1.01
7	วางฮวดคดถึง	Tower crane	1	15	18	20	24	20.59	1.76	0.15	1.24
8	ลงเหล็กบน	Tower crane	2	30	18	20	24	20.69	1.73	0.31	2.48
9	เทคอนกรีต	Tower Crane + Stationary concrete placing boom	1	30	18	20	24	20.90	1.80	0.31	2.51
10	ตีคอนกรีต	-	-	6	4	8	10	7.10	1.79	0.02	0.17
11	ผูกเหล็กเสา	Tower crane	1	30	4	8	10	7.35	1.74	0.11	0.88
12	เข้าแบบเสา	Tower crane	1	50	4	8	10	7.12	1.84	0.18	1.42
13	เทคอนกรีตเสา	Tower crane	2	50	4	8	10	7.06	1.78	0.18	1.41
14	ตั้งคาน	-	-	15	4	6	8	6.02	1.24	0.05	0.36
15	รื้อแบบเสา	Tower crane	2	50	4	8	10	7.16	1.77	0.18	1.43
16	รื้อนั่งร้านtable form	Tower crane	2	50	4	8	10	7.24	1.66	0.18	1.45



รูปที่ 2 การจัดเรียงกิจกรรมการก่อสร้างโดยวิธีสร้างเป็นรูปเครือข่าย (Network)

ตารางที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Validation)

Model Validation		
ลักษณะงาน	ระยะเวลาการทำงาน (วัน)	ร้อยละ (%)
การก่อสร้างจริง	576	100.00
COSMOS Simulator	572	99.31

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบเวลาการทำงานของการก่อสร้าง 16 รูปแบบ

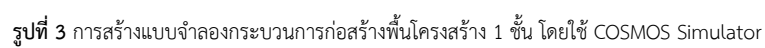
Model	Work time (Hrs.)	Work time (Day)
ST1	210	27
ST2	205	26
ST3	201	26
ST4	195	25
ST5	209	27
ST6	203	26
ST7	206	26
ST8	194	25
ST9	188	24
ST10	183	23
ST11	191	24
ST12	185	24
ST13	183	23
ST14	177	23
ST15	180	23
ST16	175	22

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบเวลาการทำงานของการแบ่งพื้นที่ทำงาน

Model ST16	Work time (Hrs.)	Work time (Day)
2 Zone	110	14
3 Zone	95	12
4 Zone	97	13
5 Zone	105	14
6 Zone	109	14

ตารางที่ 6 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างแบบเดิมกับกระบวนการก่อสร้างตามรูปแบบใหม่

ลักษณะงาน	ระยะเวลาการทำงาน (วัน)	ร้อยละ (%)
ระยะเวลาการก่อสร้างเดิม	576	100.00
ระยะเวลาการก่อสร้างตามรูปแบบใหม่	374	64.93
ระยะเวลาที่ลดลง	202	35.07



3.8 การปรับปรุงทรัพยากร

การบริหารทรัพยากรแรงงานอย่างมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และเร่งระยะเวลาการก่อสร้างให้เร็วขึ้น ทั้งนี้ การปรับปรุงจำนวนแรงงานสามารถดำเนินการได้หลายวิธี อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้จะเน้นไปที่การวิเคราะห์จำนวนแรงงานในเชิงผลผลิตแรงงาน เพื่อประเมินว่าแรงงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันหรือที่มักใช้ในงานก่อสร้างประเภทนั้นมีจำนวนมากเกินความจำเป็นหรือไม่ หากพบว่าจำนวนแรงงานที่ใช้นั้นมากเกินไปต้องวิเคราะห์ว่าแรงงานส่วนเกินนั้นมีจำนวนเท่าใด และสามารถลดลงได้อย่างไรโดยไม่กระทบต่อคุณภาพและระยะเวลาของงานก่อสร้าง

หลังจากกำหนดกระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและใช้เวลา น้อยที่สุดแล้ว ผู้วิจัยได้นำค่าผลผลิตแรงงานมาพิจารณาเพิ่มเติม เพื่อปรับลดจำนวนแรงงานให้เหมาะสม โดยมุ่งเน้นไปที่การกำหนดจำนวนแรงงานขั้นต่ำที่จำเป็นสำหรับแต่ละกิจกรรมก่อสร้าง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ได้แก่ พื้นที่ก่อสร้างขนาด 2,000 ตารางเมตร และระยะเวลาทำงาน 95 ชั่วโมงต่อ 1 ชั้นของอาคาร

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าผลผลิตแรงงานในการคำนวณผลกระทบของการลดจำนวนแรงงานที่มีต่อระยะเวลาการดำเนินกิจกรรมต่างๆ จากนั้นนำระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปกำหนดเป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับแต่ละกิจกรรมภายในโปรแกรม COSMOS Simulator เพื่อให้แบบจำลองสามารถสะท้อนพฤติกรรมของกระบวนการก่อสร้างได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ทั้งนี้ ในการปรับเปลี่ยนจำนวนแรงงานสำหรับแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขว่าระยะเวลาของกระบวนการก่อสร้างในแต่ละชั้นต้องไม่เพิ่มขึ้นจากเดิม หรือต้องไม่เกิน 95 ชั่วโมง

การศึกษาพบว่า กระบวนการก่อสร้างพื้น 1 ชั้น ในโครงการนี้ใช้แรงงานในหลายกิจกรรมมากเกินความจำเป็น จากเดิมที่ทุกกิจกรรมของกระบวนการก่อสร้างพื้น 1 ชั้น ใช้แรงงาน 443 คน สามารถลดจำนวนลงเหลือ 389 คน ทำให้สามารถลดแรงงานได้ถึง 54 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 12.19 ของจำนวนแรงงานเดิม

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานห้องพัก ตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้าย รวมทั้งสิ้น 50 ชั้น โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลจริงที่ได้รับการจดบันทึก จากการก่อสร้างอาคารชุดโครงการหนึ่ง ซึ่งข้อมูลจะประกอบด้วยทรัพยากรเครื่องจักร ทรัพยากรแรงงาน และระยะเวลาดำเนินงานของแต่ละกิจกรรม โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจะครอบคลุมทุกส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานห้องพัก ซึ่งมีทั้งงานโครงสร้างหลัก และงานระบบประกอบอาคารที่ฝังอยู่ในพื้นโครงสร้าง เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบประปา และระบบสุขาภิบาล โดยทั้งกระบวนการก่อสร้างสามารถจำแนกเป็นกิจกรรมการก่อสร้างที่สำคัญจำนวน 16 กิจกรรม

เมื่อรวบรวมข้อมูลครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Oracle Crystal Ball เพื่อตรวจสอบรูปแบบการกระจายตัวและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของชุดข้อมูล ผลการวิเคราะห์พบว่ารูปแบบการกระจายตัวที่เหมาะสมที่สุดคือ การกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในโปรแกรม COSMOS Simulator ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงกิจกรรมในรูปแบบที่หลากหลาย โดยคำนึงถึงหลักวิศวกรรมและกระบวนการก่อสร้างที่ถูกต้อง ทั้งนี้ ได้นำแนวคิดการสร้างเครือข่ายงาน (Network) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดลำดับของกิจกรรมก่อสร้าง โดยพิจารณาทุกรูปแบบที่เป็นไปได้รวม 16 รูปแบบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อการกำหนดการก่อสร้างโดยรวมโดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของแต่ละรูปแบบ

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดเรียงกิจกรรมทั้ง 16 รูปแบบมาสร้างแบบจำลอง Petri Nets เพื่อจำลองลำดับกิจกรรมในงานก่อสร้าง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Oracle Crystal Ball ในการกำหนดค่าต่างๆ ให้กับแต่ละกิจกรรมภายในโปรแกรม COSMOS Simulator โดยผลการวิเคราะห์พบว่า กระบวนการที่ใช้เวลาน้อยที่สุดมีระยะเวลาก่อสร้างรวม 175 ชั่วโมง ในขณะที่กระบวนการที่ใช้เวลานานที่สุดใช้เวลา 210 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างกันถึง 35 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ต่อพื้นที่ก่อสร้างหนึ่งชั้น

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการทำงานที่ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุดมาทดลองแบ่งพื้นที่ก่อสร้างออกเป็น 2, 3, 4, 5 และ 6 ส่วน โดยยังคงระดับของพื้นที่ปฏิบัติงานและทรัพยากรเท่าเดิม ผลการศึกษพบว่า การแบ่งพื้นที่ก่อสร้างออกเป็น 3 ส่วนเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด ส่งผลให้ระยะเวลาการทำงานลดลงจาก 175 ชั่วโมง เหลือเพียง 95 ชั่วโมง ซึ่งจะลดระยะเวลาการทำงานลงถึง 80 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 47 ต่อการก่อสร้างโครงสร้างพื้นหนึ่งชั้น

ในการดำเนินโครงการก่อสร้างโดยรวม ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด โดยได้ปรับแต่งแบบจำลองให้ครอบคลุมกระบวนการก่อสร้างพื้นโครงสร้างอาคารสูง 50 ชั้น นอกจากนี้ ยังได้กำหนดให้มีระยะเวลาดำเนินงาน (Execution State) อยู่ที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน และช่วงเวลาพัก (Transit State) อยู่ที่ 16 ชั่วโมงต่อวัน อีกทั้งยังได้ปรับปรุงระยะเวลาในการขนย้ายวัสดุโดยใช้ Tower Crane จากชั้นล่างขึ้นไปยังแต่ละชั้น โดยเลือกใช้โปรแกรม Oracle Crystal Ball ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของระยะเวลาการขนย้ายวัสดุ แล้วนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายตัวมาใช้ เพื่อให้การจำลองกระบวนการก่อสร้างมีความถูกต้องและสอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงมากยิ่งขึ้น

จากการปรับปรุงรูปแบบการก่อสร้าง พบว่าการดำเนินงานโครงสร้างอาคารสูง 50 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีพื้นที่ 2,000 ตารางเมตร ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ใช้ระยะเวลาดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 367 วัน ขณะที่การก่อสร้างรูปแบบเดิมจากการเก็บข้อมูลระยะเวลาการก่อสร้างจริงใช้ระยะเวลา 576 วัน

ผลลัพธ์นี้สะท้อนให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการกระบวนการก่อสร้างสามารถลดระยะเวลาโครงการลงได้ถึง 209 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 36.28 จากรูปแบบการก่อสร้างเดิม ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวเป็นระยะเวลาที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม COSMOS Simulator หากนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงอาจมีระยะเวลามากกว่า 367 วัน ตามที่คำนวณได้จากการจำลองสถานการณ์ เนื่องจากต้องคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่โปรแกรม COSMOS Simulator อาจไม่สามารถครอบคลุมทุกปัจจัยที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง เช่น สภาพอากาศ, โรคระบาด, ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ทางการเมือง ตลอดจนวันหยุดยาวตามเทศกาล เช่น เทศกาลสงกรานต์ และเทศกาลวันปีใหม่ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการก่อสร้างได้

นอกจากนั้นการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถลดจำนวนทรัพยากรแรงงานที่มากเกินความจำเป็นให้น้อยลง โดยสามารถลดจำนวนแรงงานได้ถึง 54 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 12.19 จากจำนวนแรงงานเดิม ซึ่งการลดจำนวนแรงงานที่มากเกินความจำเป็นจะส่งผลให้ผู้บริหารโครงการสามารถลดค่าใช้จ่ายของโครงการได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาการดำเนินงานและการใช้ทรัพยากรที่ลดลงเป็นผลมาจากการปรับปรุงแบบการทำงานให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยจัดให้งานกิจกรรมที่สามารถดำเนินการพร้อมกันได้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ ยังมีการแบ่งพื้นที่ทำงานเพื่อให้กิจกรรมต่างๆ สามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องรอให้กิจกรรมก่อนหน้าสิ้นสุดลงทั้งหมด ซึ่งแนวทางนี้แตกต่างจากรูปแบบเดิมที่ใช้ระบบการส่งมอบพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งทำให้แต่ละกิจกรรมต้องดำเนินการตามลำดับและผู้รับเหมารายถัดไปต้องรอให้ขั้นตอนก่อนหน้าสิ้นสุดลงก่อนจึงจะสามารถเริ่มงานได้ การปรับปรุงแนวทางดังกล่าวช่วยลดระยะเวลาการรอคอย เพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

การใช้แบบจำลองสถานการณ์ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดหลายประการ เช่น ข้อจำกัดด้านข้อมูล เนื่องจากแบบจำลองในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคารชุดในรูปแบบทั่วไป หากโครงการใดมีลักษณะพิเศษ อาจจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเติมและปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของโครงการนั้นๆ รวมถึงข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการทำงานของทรัพยากรเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา เนื่องจากผู้รับเหมาแต่ละรายมีความแตกต่างกันทั้งในด้านความเชี่ยวชาญและความสามารถในการจัดสรรทรัพยากร ดังนั้น การใช้แบบจำลองจำเป็นต้องปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ในแต่ละโครงการ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดจากปัจจัยภายนอก เนื่องจากการใช้โปรแกรม COSMOS Simulator อาจไม่สามารถครอบคลุมทุกปัจจัยที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง เช่น สภาพอากาศ, โรคระบาด, ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ทางการเมือง ตลอดจนวันหยุดยาวตามเทศกาล เช่น เทศกาลสงกรานต์ และ เทศกาลวันปีใหม่ ที่อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการก่อสร้างได้ ในท้ายที่สุด ยังมีข้อจำกัดด้านการสื่อสารและการประสานงานระหว่างผู้จัดการโครงการและผู้รับเหมา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดลำดับงานตามแผนงานดังกล่าว การแบ่งพื้นที่การทำงานร่วมกัน รวมถึงการจัดการ

พื้นที่ทำงานหลังจบงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งและป้องกันการเกิดความล่าช้าที่อาจกระทบต่อแผนงานโดยรวม ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อระยะเวลาและประสิทธิภาพของโครงการ และเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณาในการปรับใช้แบบจำลองในสภาพแวดล้อมจริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ตลอดจนบริษัทผู้รับเหมาด้านโครงสร้างและบริษัทผู้รับเหมางานระบบทุกแห่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านองค์ความรู้และข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์และผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องที่พิจารณาบทความ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนางานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัชพิชชา สุริ และ จิรวัฒน์ ดำริห์นันต์, (2562). การเปรียบเทียบการจำลองกระบวนการก่อสร้างด้วยโปรแกรมอาร์นาและโปรแกรมคอสโมส. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 30, ฉบับที่ 4
- [2] จิรวัฒน์ ดำริห์นันต์ และ ธนิสา ปานรังศรี, (2561). การจัดการทรัพยากรเพื่อลดเวลาในงานเทคนิคการก่อสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ในระบบคอสโมส. Thai Journal of Science and Technology, ปีที่ 7, ฉบับที่ 5, ฉบับเสริม 2561
- [3] จิรวัฒน์ ดำริห์นันต์, (2555). แนวคิดการวิเคราะห์และการออกแบบกระบวนการก่อสร้าง. Thai Journal of Science and Technology, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2
- [4] สักกะพันธุ์ เมฆเลอสรอง, (2565). แบบจำลองและการจำลองสถานการณ์สำหรับกระบวนการก่อสร้างที่มี ลักษณะเป็นแนวเส้น, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2565
- [5] ธนิสา ปานรังศรี, (2558). กรณีศึกษาโปรแกรมคอสโมสในการจัดการทรัพยากรเพื่อลดเวลาในงานก่อสร้างโครงการโรงแยกก๊าซ. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และการจัดการเชิงธุรกิจ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2558
- [6] ธนิสา ปานรังศรี, (2558). กรณีศึกษาการใช้โปรแกรมคอสโมสในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างเสาสะพาน. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และการจัดการเชิงธุรกิจ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2560
- [7] ณัฐธยากร ศิริโรจน์, เทคนิค CPM : Critical Path Method กับ การเพิ่มผลิตภาพกระบวนการ. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ - Thailand Productivity Institute (FTPI)

- [8] สกฤตน์ ปั่นคง, (2558). การแก้ปัญหาความล่าช้าในระบบแถวคอยของเคาน์เตอร์บริการ, สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ปีการศึกษา 2558
- [9] เชี่ยวเหมย หยาง, (2562). ปัจจัยด้านแถวคอย และคุณภาพการให้บริการ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้บริการลานตู้คอนเทนเนอร์, สาขาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, ปีการศึกษา 2562
- [10] พงศ์เทพ วรรณ์ตระกูล, (2553). การศึกษาการใช้ระบบจำลองสถานการณ์ในการวางแผนงานก่อสร้าง, สาขาวิชาการจัดการโครงการก่อสร้าง ภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, ปีการศึกษา 2553