บทความวิจัย

เปรียบเทียบการประเมินระยะเวลาของกระบวนการและระยะเวลาของโครงการโดยการประมาณการและการใช้โปรแกรมคอสมอส กรณีติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรม

จิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์*
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 1818 8234 อีเมล: djirawat@engr.tu.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.06.004
รับเมื่อ 28 ธันวาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 22 มีนาคม 2564 ตอบรับเมื่อ 25 มีนาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 13 มิถุนายน 2565
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมคอสมอส (COSMOS) กับวิธีประมาณการ ในการประเมินระยะเวลาของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรม พร้อมทั้งเปรียบเทียบระยะเวลาติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ดังกล่าวในภาพรวมของทั้งโครงการด้วย จากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาการติดตั้งอุปกรณ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 4.3 วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาการติดตั้งจริงคือ 4 วัน มากกว่าระยะเวลาที่ได้จากการประมาณการซึ่งเท่ากับ 5 วัน นอกจากนั้นเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้ในการประเมินค่าใช้จ่ายของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งส่งผลให้การประเมินค่าใช้จ่ายมีค่าลดลง 14% จากการประมาณการและมีความใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดตั้งจริงมากยิ่งขึ้น ในส่วนของการจำลองสถานการณ์สำหรับโครงการได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการจำลองสถานการณ์ทั้งโครงการในขั้นตอนการวางแผน และการจำลองสถานการณ์ทั้งโครงการในช่วงของการติดตั้งจริง ในขณะเดียวกันได้ใช้วิธีสายงานวิกฤต (CPM) หาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการอีกทางหนึ่งด้วย เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาดำเนินการของทั้งโครงการที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับระยะเวลาที่ได้จากวิธีสายงานวิกฤต พบว่า ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาทั้งหมดของโครงการจากการจำลองสถานการณ์มีความสอดคล้องกับระยะเวลาที่ได้จากวิธีสายงานวิกฤตทั้งในขั้นตอนการวางแผนและขั้นตอนการติดตั้งจริง

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์ โปรแกรมคอสมอส วิธีสายงานวิกฤต การประเมินระยะเวลาโครงการ การประมาณระยะเวลาก่อสร้าง

การอ้างอิงบทความ: จิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์, "เปรียบเทียบการประเมินระยะเวลาของกระบวนการและระยะเวลาของโครงการโดยการประมาณการและการใช้โปรแกรมคอสมอส กรณีติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรม," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 127–139, ม.ค.–มี.ค. 2566.

Research Article

Comparison of Process and Project Duration Assessment Approaches for an Industrial Water-System Installation Project Using Estimation Method and COSMOS Program

Jirawat Damrianant*
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Pathum Thani, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 1818 8234, E–mail: djirawat@engr.tu.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.06.004
Received 28 December 2020; Revised 22 March 2021 ; Accepted 25 March 2021; Published online: 13 June 2022
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research's primary objective was to compare two process and project duration-assessment approaches: conventional estimation and COSMOS simulation. A project involving the installation of an industrial water system was used for the comparison. The results indicated that the installation duration predicted from the simulation was 4.3 days which is close to the actual duration of 4 days. In contrast, the time from the estimation was 5 days. The simulation result was also used to estimate the equipment installation process costs, which results in a 14% reduction from the estimated expenses. The reduced cost is close to the costs incurred from the actual installation. For the project simulation, the simulation approach was used for both the planning and actual installation phases. Simultaneously, the Critical Path Method (CPM) was implemented to find the project duration. In comparison, the project durations of both stages obtained from the simulation are the same as those calculated using the CPM.

Keywords: Simulation, COSMOS Simulator, Critical Path Method (CPM), Project Duration Estimation, Construction Duration Estimation

Please cite this article as: J. Damrianant, "Comparison of process and project duration assessment approaches for an industrial water-system installation project using estimation method and COSMOS program," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 127–139, Jan.–Mar. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

การขาดแคลนน้ำใช้ในบางฤดูกาลส่งผลต่อการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมักจะมีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตในหลายกรณี ทำให้โรงงานต่างๆ มีความต้องการที่จะติดตั้งระบบผลิตน้ำเพื่อใช้ในภาคการผลิตมากขึ้น โดยที่งานก่อสร้างและติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรมมีลักษณะเป็นโครงการ ซึ่งแต่ละโครงการประกอบด้วยกระบวนการย่อยที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก สำหรับโครงการติดตั้งระบบผลิตน้ำในกรณีศึกษานี้ ได้วางแผนระยะเวลาการติดตั้งโดยการประมาณการจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน ซึ่งในบางครั้งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากระยะเวลาในการติดตั้งจริง

วิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการในโครงการต่างๆ คือวิธีการจำลองสถานการณ์ วิธีการดังกล่าวสามารถใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ก่อนเหตุการณ์จริงจะเกิดขึ้น ทำให้ทราบถึงแนวโน้มของผลกระทบต่อระบบการทำงานที่เกิดขึ้นภายใต้ปัจจัยที่เปลี่ยนไป การจำลองสถานการณ์มักจะทำโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ในภาคอุตสาหกรรมที่ต่างกันจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ต่างกันไป เช่น กรณีอุตสาหกรรมการผลิต โปรแกรมหนึ่งที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์คือโปรแกรมอารีนา (Arena) โปรแกรมดังกล่าวมีรูปแบบและวิธีการที่ใช้ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของกระบวนการทำงานในภาคการผลิต หากแต่รูปแบบและวิธีการดังกล่าวไม่เหมาะกับพฤติกรรมของกระบวนการก่อสร้าง [1] กรณีของอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีโปรแกรมที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมนี้โดยเฉพาะกล่าวคือ โปรแกรมคอสมอส (COSMOS; Construction Oriented Simulation Modeling System) คอสมอสใช้วิธีเพทริเน็ต (Petri Net) เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลอง ทำให้คอสมอสมีรูปแบบและวิธีการในการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของกระบวนการก่อสร้าง [2] ผลลัพธ์ส่วนหนึ่งที่ได้จากโปรแกรมคอสมอสจะเป็นระยะเวลารวมของกระบวนการ ผลลัพธ์ที่ได้ดังกล่าวสามารถใช้หาความเหมาะสมในการจัดสรรทรัพยากรที่จะใช้ในกระบวนการนั้นๆ ได้ โปรแกรมคอสมอสจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาระยะเวลาของแต่ละกระบวนการย่อยในโครงการต่างๆ ได้

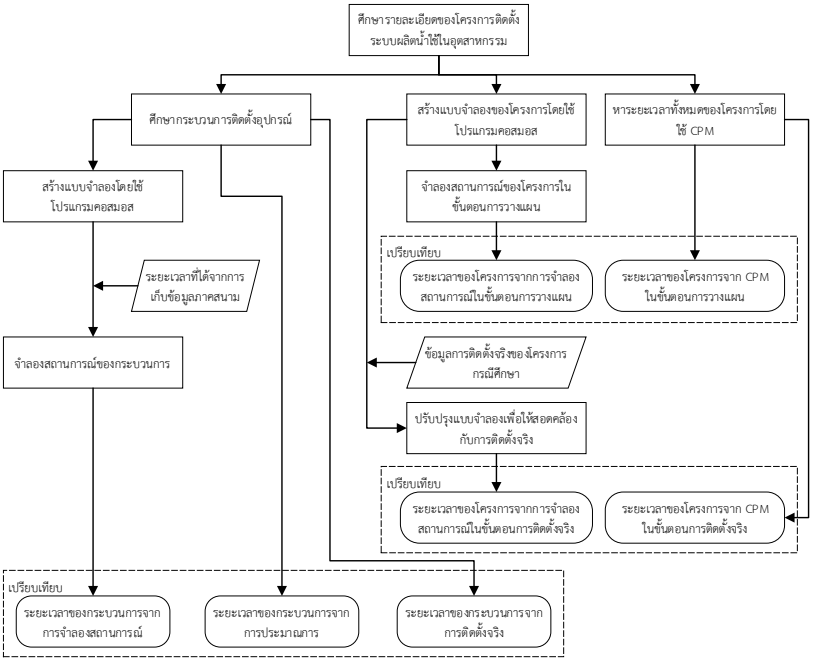
จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า วิธีเพทริเน็ตถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง [3] และใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์โครงการที่มีความซับซ้อน [4] นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการจัดสรรจำนวนทรัพยากรของโครงการ ร่วมกับการวิเคราะห์ต้นทุนที่สอดคล้องกับการกำหนดจำนวนทรัพยากรที่เหมาะสม [5]

บุณณภพ และจิรวัตน์ [6] ได้ประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์สำหรับทั้งโครงการ และทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบกับวิธีสายงานวิกฤต เพื่อประมาณต้นทุนและระยะเวลาก่อสร้างอาคาร พบว่า ระยะเวลาก่อสร้างที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของทั้งโครงการมีความสอดคล้องกับระยะเวลาที่ได้จากวิธีสายงานวิกฤต นอกจากนั้นเมื่อใช้การจำลองสถานการณ์จะสามารถกำหนดเงื่อนไขการทำงานแบบพิเศษซึ่งช่วยให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสอดคล้องกับสภาพการก่อสร้างที่ต้องการได้มากยิ่งขึ้น

จิรวัฒน์ และธนิถา [7] ศึกษาการวิเคราะห์หาจำนวนรถคอนกรีตที่เหมาะสมกับสถานการณ์การเทคอนกรีตหน้างานด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์ ทำให้ได้จำนวนรถคอนกรีตที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ที่มีความเหมาะสมกับปริมาณงาน ส่งผลให้การว่างงานของรถคอนกรีตลดลง ทำให้การดำเนินการเทคอนกรีตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

รุ่งโรจน์ และจิรวัฒน์ [8] ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง ด้วยวิธีจำลองสถานการณ์โดยศึกษากระบวนการผลิตและติดตั้งชิ้นส่วนผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของอาคารสูง 2 โครงการ ผลที่ได้จากการวิจัยได้นำไปใช้ในหน้างานจริง และพบว่า สามารถลดเวลาในส่วนงานผลิตและติดตั้งส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จลงได้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้สำหรับโครงการติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรม โดยจำลองกระบวนการย่อยของโครงการคือกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ พร้อมทั้งจำลองสถานการณ์ของทั้งโครงการด้วย



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

กรณีการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ ได้นำระยะเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ไปเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ได้จากการประมาณการในขั้นตอนการวางแผน พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับระยะเวลาการติดตั้งจริง ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มีความใกล้เคียงกับระยะเวลาการติดตั้งจริง ทำให้เห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีการจำลองสถานการณ์เป็นแนวทางในการวางแผนงานการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับโครงการอื่นๆ เพื่อให้มีแนวโน้มที่จะได้แผนงานที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นในแง่ของระยะเวลาการดำเนินการตามแผน รวมถึงในประเด็นของการประเมินค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดตั้งจริงด้วย

กรณีการจำลองสถานการณ์ของทั้งโครงการได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) การจำลองสถานการณ์ทั้งโครงการในขั้นตอนการวางแผน และ 2) การจำลองสถานการณ์ทั้งโครงการในขั้นตอนการติดตั้งจริง ซึ่งมีกิจกรรมบางอย่างเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ไม่มีอยู่ในขั้นตอนการวางแผน ดังจะได้อธิบายโดยละเอียดต่อไป การจำลองสถานการณ์ในขั้นที่สองนี้ ได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้สอดคล้องกับการติดตั้งจริงดังกล่าว จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาทั้งหมดของโครงการที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับวิธีสายงานวิกฤตเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยเริ่มจากการศึกษาโครงการติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรมที่มีอัตราการผลิต 85 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นกรณีของโรงงานแห่งหนึ่ง โดยศึกษากิจกรรมของโครงการและการประมาณระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการวางแผนและการติดตั้งจริงเพื่อนำมาจัดเรียงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม จากนั้นทำการเก็บข้อมูลภาคสนามของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างแบบจำลองและทำการจำลองสถานการณ์ ร่วมกับการประยุกต์ใช้วิธีสายงานวิกฤตในการหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ ขั้นตอนการดำเนินงานในงานวิจัยนี้ได้แสดงดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดสำหรับขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนามและผลที่ได้

2.1.1 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการสำหรับกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ พบว่า ประกอบด้วยค่าเช่าอุปกรณ์และค่าแรงเท่ากับ 19,400 บาทต่อวัน

2.1.2 จากข้อมูลการบันทึกงานประจำวันของโครงการ พบว่า มีระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 10 ชั่วโมงต่อวัน

2.1.3 เวลาในการดำเนินการของกิจกรรมต่างๆ ในกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์พบว่า มีการกระจายตัวดังแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 โดยข้อมูลที่แสดงในตารางเหล่านี้ได้มาจากการเก็บข้อมูลจริงในภาคสนาม และจากการวิเคราะห์การกระจายตัวของเวลาดังกล่าวด้วยโปรแกรมอีซีฟิต (EasyFit) โดยได้แสดงการกระจายตัวของเวลาในงานติดตั้งถัง (ปริมาตร 7 ลูกบาศก์เมตร) งานติดตั้งปั๊ม (กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ถึง 30 กิโลวัตต์) และงานติดตั้งอาร์โอยูนิต (RO Unit) (กว้าง 2.5 เมตร ยาว 7 เมตร และสูง 2 เมตร) ไว้ในตารางที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ ทั้งนี้สัญลักษณ์ต่างๆ ในตารางที่ใช้แทนพารามิเตอร์ของการกระจายตัวของเวลา เช่น C, σ และ β หมายถึง พารามิเตอร์ของการกระจายตัวของข้อมูลแต่ละรูปแบบ ที่ใช้กันโดยทั่วไปทางสถิติและใช้ในโปรแกรมอีซีฟิต

2.2 การศึกษารายละเอียดของโครงการติดตั้งระบบผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรม

ศึกษากิจกรรมและการประมาณระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการวางแผน จากนั้นนำข้อมูลมาจัดเรียงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 1 รูปแบบการกระจายตัวของเวลาของกิจกรรมต่างๆ สำหรับงานติดตั้งถัง

ลำดับ	รายการ	รูปแบบการกระจายตัว	ค่าพารามิเตอร์ (นาที)
1	กำหนดตำแหน่งในการติดตั้งถัง	Constant	C = 30
2	ตรวจสอบตำแหน่ง	Normal	σ = 4.18, μ = 19
3	เจาะรูที่ฐานคอนกรีตของอุปกรณ์	Gamma	α = 32.91, β = 0.73
4	ทำความสะอาดรูเจาะ	Constant	C = 15
5	ตรวจสอบความลึกของรูเจาะ	Uniform	a = 7.26 b = 16.74
6	ตรวจสอบอุปกรณ์การยกถัง	Constant	C = 30
7	ยกถังมายังตำแหน่ง	Gamma	α = 64.00, β = 0.63
8	ปรับตำแหน่งของถัง	Normal	σ = 8.37, μ = 48
9	ตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางและแนวระดับ	Uniform	a = 20.25 b = 35.75
10	ติดตั้งสมอยึด	Normal	σ = 5 μ = 30

ตารางที่ 2 รูปแบบการกระจายตัวของเวลาของกิจกรรมต่างๆ สำหรับงานติดตั้งปั๊ม

ลำดับ	รายการ	รูปแบบการกระจายตัว	ค่าพารามิเตอร์ (นาที)
1	ตรวจสอบอุปกรณ์การยกปั๊ม	Constant	C = 20
2	ยกปั๊มมายังตำแหน่ง	Weibull	α = 3.74, β = 14.86
3	ตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางและแนวระดับ	normal	σ = 3.45, μ = 14.29
4	ติดตั้งสมอยึดปั๊ม ประกอบไม้แบบและเทปูนหุ้มฐานปั๊ม	Uniform	a = 37.93, b = 52.07
5	การบ่มคอนกรีต (นอกเวลางาน)	Constant	C = 0
6	ถอดไม้แบบและตกแต่งผิวคอนกรีต	Triangular	m = 35.00, a = 21.97, b = 42.04
7	ประกอบปั๊มและมอเตอร์ตามแนวศูนย์เพลา	Uniform	a = 29.41, b = 46.31
8	ตรวจสอบแนวศูนย์เพลา	Weibull	α = 4.23, β = 33.05

ตารางที่ 3 รูปแบบการกระจายตัวของเวลาของกิจกรรมต่างๆ สำหรับงานติดตั้งอาร์โอยูนิต

ลำดับ	รายการ	รูปแบบการกระจายตัว	ค่าพารามิเตอร์ (นาที)
1	กำหนดตำแหน่งการติดตั้งอาร์โอยูนิต	Constant	C = 30
2	ตรวจสอบตำแหน่ง	Uniform	a = 10.25, b = 25.75
3	เจาะรูที่ฐานคอนกรีตของอุปกรณ์	Uniform	a = 16.34, b = 33.66
4	ทำความสะอาดรูเจาะ	Constant	C = 15
5	ตรวจสอบความลึกของรูเจาะ	Weibull	α = 3.16, β = 14.11
6	ตรวจสอบอุปกรณ์การยกอาร์โอยูนิต	Constant	C = 30
7	ยกอาร์โอยูนิตมายังตำแหน่ง	Gamma	α = 39.55, β = 1.04
8	ปรับตำแหน่งของอาร์โอยูนิต	Normal	σ = 4.18, μ = 36.00
9	ตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางและแนวระดับ	Uniform	a = 25.25, b = 40.75
10	ติดตั้งสมอยึด	Weibull	α = 7.02, β = 29.18

ตารางที่ 4 กิจกรรมในโครงการในขั้นตอนการวางแผน

กิจกรรม	รายการ	กิจกรรมก่อนหน้า
A	งานประชุม	
B	งานเตรียมเอกสารแผนผังรายละเอียดของระบบท่อ อุปกรณ์ และอุปกรณ์วัดคุมต่างๆ	A
C	งานเตรียมเอกสารแผนผังการจัดวางอุปกรณ์	A
D	งานเตรียมเอกสารข้อมูลอุปกรณ์	B
E	งานอนุมัติแบบฐานรากและหลังคา	C
F	งานออกแบบถังกรองถ่านกัมมันต์	B, C
G	การออกแบบอาร์โอยูนิต	D, E, F
H	งานเขียนและอนุมัติแบบระบบท่อ	D, E, F
I	งานเขียนและอนุมัติแบบระบบไฟฟ้า	D, E, F
J	งานจัดซื้อและขนส่งถัง	D, E, F
K	งานจัดซื้อและขนส่ง อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ	J
L	งานจัดซื้อและขนส่งเยื่อกรองอาร์โอ	B
M	งานจัดหาผู้ประกอบอาร์โอยูนิต	G
N	งานจัดหาผู้รับเหมาช่วง (งานระบบ)	H
O	งานเชื่อมประกอบถัง	J
P	งานเชื่อมประกอบอาร์โอยูนิต	M
Q	งานเชื่อมประกอบตู้ควบคุม	I
R	งานเตรียมการเพื่อการก่อสร้าง	A
S	งานก่อสร้างฐานรากของถังกรองและปั๊ม	R

ตารางที่ 4 กิจกรรมในโครงการในขั้นตอนการวางแผน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	กิจกรรมก่อนหน้า
T	งานก่อสร้างหลังคาของระบบอาร์โอ	S
U	งานก่อสร้างฐานรากของถังไฟเบอร์กลาส	R
V	งานเชื่อมประกอบถังไฟเบอร์กลาส	U
W	งานขนส่งอุปกรณ์มายังสถานที่ติดตั้ง	K, O, T
X	งานติดตั้งอุปกรณ์	J, N, P, W
Y	งานติดตั้งโครงสร้างในการขนส่งท่อ	X
Z	งานติดตั้งระบบท่อ	Y
AA	งานเก็บความเรียบร้อยสำหรับงานติดตั้ง	Z
AB	งานติดตั้งบันไดและท่อร้อยสายไฟ	Q, Y
AC	งานเดินสายเคเบิล	AB
AD	งานเก็บความเรียบร้อยสำหรับระบบไฟฟ้า	AC
AE	งานเตรียมน้ำประปาสำหรับอุตสาหกรรมและไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ	AA, AD
AF	งานตรวจสอบแผนผังรายละเอียดของระบบท่อ อุปกรณ์ และอุปกรณ์วัดคุมต่างๆ	AC
AG	งานตรวจสอบอุปกรณ์	AE, AF
AH	งานทดสอบการรั่ว	AG
AI	งานทดสอบระบบแบบแห้ง	AG
AJ	งานบรรจุตัวกลางและล้างย้อนถ่านกัมมันต์	AH, AI

ตารางที่ 4 กิจกรรมในโครงการในขั้นตอนการวางแผน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	กิจกรรมก่อนหน้า
AK	งานบรรจุเยื่อกรองอาร์โอ	L, AJ
AL	งานทดสอบระบบ	AK
AM	งานทดสอบระบบอัตโนมัติและประสิทธิภาพ	AL
AN	วันสำรอง	AM
AO	งานทดสอบการผลิตระบบน้ำอาร์โอ	V, AN
AP	ส่งรายงานการทดสอบให้ลูกค้า	AO
AQ	งานฝึกอบรมให้แก่ลูกค้า	AO
AR	ส่งมอบระบบให้แก่ลูกค้า	AP, AQ

สำหรับการติดตั้งจริงพบว่า มีกิจกรรมที่มีระยะเวลาในการติดตั้งจริงคลาดเคลื่อนจากระยะเวลาในขั้นตอนวางแผน ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมีทั้งกรณีที่ทำให้ระยะเวลาในการติดตั้งจริงเร็วกว่าและช้ากว่าระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการวางแผน ตัวอย่างของสาเหตุที่ทำให้ระยะเวลาของกิจกรรมในการติดตั้งจริงเร็วกว่าระยะเวลาในขั้นตอนการวางแผน เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานและคนงานมีความชำนาญในการทำงานมากขึ้น สำหรับกรณีที่ระยะเวลาของกิจกรรมในการติดตั้งจริงช้ากว่าระยะเวลาในขั้นตอนการวางแผนนั้น เกิดจากการเปลี่ยนแบบ ปัญหาการติดต่อประสานงาน และปัญหาในขั้นตอนการทดสอบระบบ นอกจากนี้ยังพบว่า มีกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นจากการวางแผนจำนวน 3 กิจกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขอบเขตงานของลูกค้าและการเพิ่มงานในขั้นตอนการทดสอบระบบผลิตน้ำของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กิจกรรมในโครงการที่เพิ่มขึ้นในการติดตั้งจริง

กิจกรรม	รายการ	กิจกรรมก่อนหน้า
AS	งานเตรียมเอกสารถังไฟเบอร์กลาส	C
AT	งานอนุมัติแบบฐานรากของถังไฟเบอร์กลาส	D, E, AS
AU	งานเติมสารเคมีสำหรับระบบอาร์โอ	AK

2.3 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

2.3.1 การสร้างแบบจำลองกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์

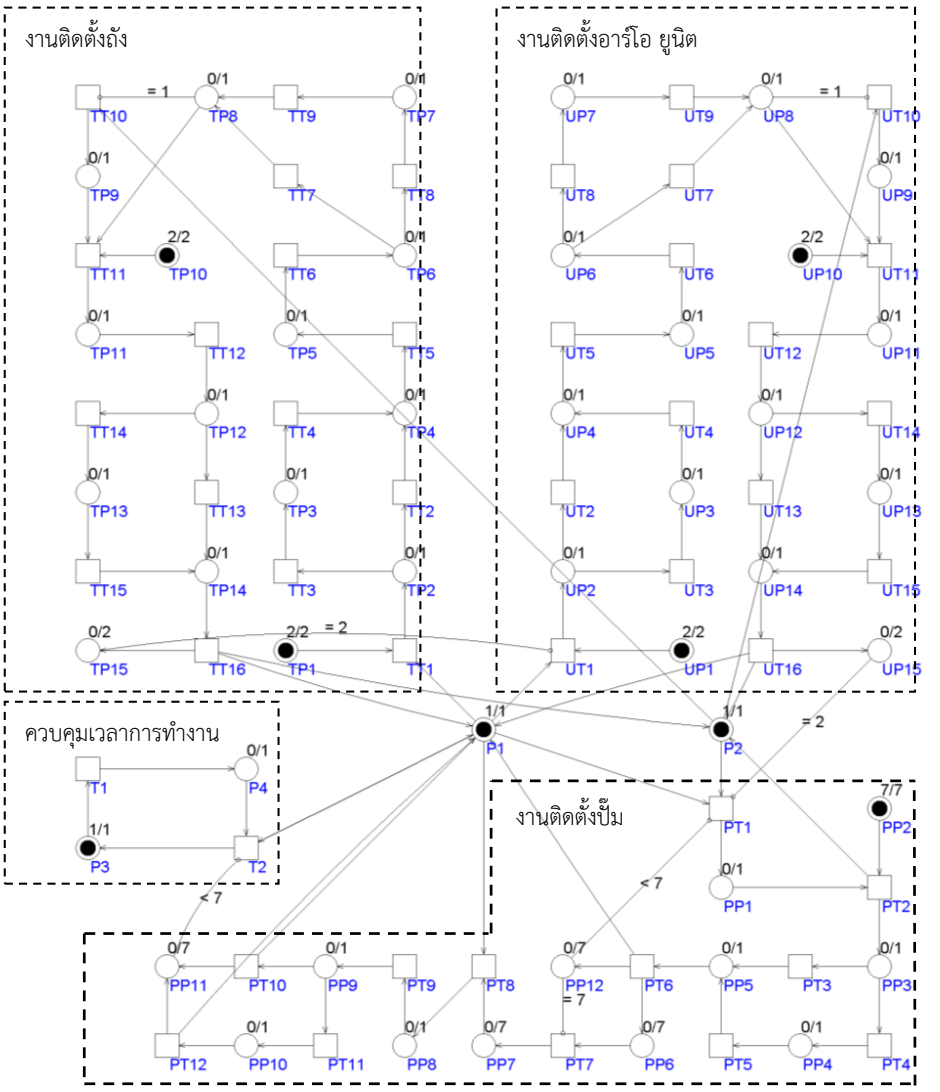
การสร้างแบบจำลองกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ (ประกอบด้วยถัง ปั๊ม และอาร์โอยูนิต) ทำในโปรแกรมคอสมอส พร้อมทั้งใช้โปรแกรมนี้ในการจำลองสถานการณ์ร่วมกับการใช้ระยะเวลาที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อหาระยะเวลาของกระบวนการดังกล่าว สำหรับการควบคุมเวลาการทำงานและการหยุดพักงาน ใช้วิธีการควบคุมผ่านชุดคนงานโดยกำหนดระยะเวลาการทำงานวันละ 10 ชั่วโมง และหยุดพักงาน 14 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาจริงในทางปฏิบัติ แบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์แสดงไว้ในรูปที่ 2 และคำอธิบายสัญลักษณ์ต่างๆ ในแบบจำลองได้อธิบายไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คำอธิบายสัญลักษณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์

ทรานซิชัน □	คำอธิบาย	เพลส ○	คำอธิบาย
T1	เวลาทำงาน (10 ชม.)	P1	ชุดคนงาน
T2	เวลาพัก (14 ชม.)	P2	เครน
TT1	กำหนดตำแหน่งติดตั้งถัง	P3	การเริ่มต้นทำงาน
TT2	ตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งถังผ่าน	P4	การหยุดทำงาน
TT3	ตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งถังไม่ผ่าน	TP1	พื้นที่ติดตั้งถัง
TT4	แก้ไขและตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งถังใหม่	TP2	ตำแหน่งติดตั้งถังรอตรวจสอบ
TT5	เจาะรูที่ฐานคอนกรีตที่จะติดตั้งถัง	TP3	ตำแหน่งติดตั้งถังไม่ผ่าน
TT6	ทำความสะอาดรูเจาะสำหรับติดตั้งถัง	TP4	ตำแหน่งติดตั้งถังผ่าน
TT7	ตรวจสอบความลึกรูเจาะสำหรับติดตั้งถังผ่าน	TP5	รูเจาะสำหรับติดตั้งถัง
TT8	ตรวจสอบความลึกรูเจาะสำหรับติดตั้งถังไม่ผ่าน	TP6	รูเจาะติดตั้งถังรอตรวจสอบ

ตารางที่ 6 คำอธิบายสัญลักษณ์ในแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ (ต่อ)

ทรานซิชัน □	คำอธิบาย	เพลส ○	คำอธิบาย
TT9	แก้ไขตรวจสอบความลึกรูเจาะสำหรับติดตั้งถังใหม่	TP7	ความลึกรูเจาะติดตั้งถังไม่ผ่าน
TT10	ตรวจสอบอุปกรณ์การยกถัง	TP8	ความลึกรูเจาะติดตั้งถังผ่าน
TT11	ยกถังไปยังตำแหน่งติดตั้ง	TP9	เครนพร้อมยกถัง
TT12	ปรับตำแหน่งถัง	TP10	ถัง
TT13	ตรวจสอบตำแหน่งถังผ่าน	TP11	ถังอยู่ที่ตำแหน่งติดตั้ง
TT14	ตรวจสอบตำแหน่งถังไม่ผ่าน	TP12	ถังรอตรวจสอบตำแหน่ง
TT15	แก้ไขและตรวจสอบตำแหน่งถังใหม่	TP13	ตำแหน่งถังไม่ผ่าน
TT16	ติดตั้งสมอยึดถัง	TP14	ตำแหน่งถังผ่าน
UT1	กำหนดตำแหน่งติดตั้งยูนิต	TP15	ติดตั้งถังแล้วเสร็จ
UT2	ตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งยูนิตผ่าน	UP1	พื้นที่ติดตั้งยูนิต
UT3	ตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งยูนิตไม่ผ่าน	UP2	ตำแหน่งติดตั้งยูนิตรอตรวจสอบ
UT4	แก้ไขและตรวจสอบตำแหน่งติดตั้งยูนิตใหม่	UP3	ตำแหน่งติดตั้งยูนิตไม่ผ่าน
UT5	เจาะรูที่ฐานคอนกรีตที่จะติดตั้งยูนิต	UP4	ตำแหน่งติดตั้งยูนิตผ่าน
UT6	ทำความสะอาดรูเจาะสำหรับติดตั้งยูนิต	UP5	รูเจาะสำหรับติดตั้งยูนิต
UT7	ตรวจสอบความลึกรูเจาะสำหรับติดตั้งยูนิตผ่าน	UP6	รูเจาะติดตั้งยูนิตรอตรวจสอบ
UT8	ตรวจสอบความลึกรูเจาะสำหรับติดตั้งยูนิตไม่ผ่าน	UP7	ความลึกรูเจาะติดตั้งยูนิตไม่ผ่าน
UT9	แก้ไขตรวจสอบความลึกรูเจาะสำหรับติดตั้งยูนิตใหม่	UP8	ความลึกรูเจาะติดตั้งยูนิตผ่าน
UT10	ตรวจสอบอุปกรณ์การยกยูนิต	UP9	เครนพร้อมยกยูนิต
UT11	ยกยูนิตไปยังตำแหน่งติดตั้ง	UP10	ยูนิต
UT12	ปรับตำแหน่งยูนิต	UP11	ยูนิตอยู่ที่ตำแหน่งติดตั้ง
UT13	ตรวจสอบตำแหน่งยูนิตผ่าน	UP12	ยูนิตรอตรวจสอบตำแหน่ง
UT14	ตรวจสอบตำแหน่งยูนิตไม่ผ่าน	UP13	ตำแหน่งยูนิตไม่ผ่าน
UT15	แก้ไขและตรวจสอบตำแหน่งยูนิตใหม่	UP14	ตำแหน่งยูนิตผ่าน
UT16	ติดตั้งสมอยึดยูนิต	UP15	ติดตั้งยูนิตแล้วเสร็จ
PT1	ตรวจสอบอุปกรณ์การยกปั๊ม	PP1	เครนพร้อมยกปั๊ม
PT2	ยกปั๊มมายังตำแหน่ง	PP2	ปั๊ม
PT3	ตรวจสอบตำแหน่งปั๊มผ่าน	PP3	ปั๊มรอตรวจสอบตำแหน่ง
PT4	ตรวจสอบตำแหน่งปั๊มไม่ผ่าน	PP4	ตำแหน่งปั๊มไม่ผ่าน
PT5	แก้ไขและตรวจสอบตำแหน่งปั๊มใหม่	PP5	ปั๊มพร้อมติดตั้ง
PT6	ติดตั้งสมอยึดปั๊มและประกอบไม้แบบ	PP6	ติดตั้งสมอยึดปั๊มแล้วเสร็จ
PT7	บ่มคอนกรีต	PP7	บ่มคอนกรีตแล้วเสร็จ
PT8	ถอดไม้แบบและตกแต่งพื้นผิว	PP8	พื้นผิวพร้อมสำหรับติดตั้งปั๊ม
PT9	ประกอบมอเตอร์ปั๊ม	PP9	ปั๊มรอตรวจสอบแนวศูนย์เพลา
PT10	ตรวจสอบแนวศูนย์เพลาปั๊มผ่าน	PP10	แนวศูนย์เพลาปั๊มไม่ผ่าน
PT11	ตรวจสอบแนวศูนย์เพลาปั๊มไม่ผ่าน	PP11	ติดตั้งปั๊มแล้วเสร็จ
PT12	แก้ไขและตรวจสอบแนวศูนย์เพลาปั๊มใหม่	PP12	จำนวนปั๊มที่ติดตั้งสมอยึดแล้ว



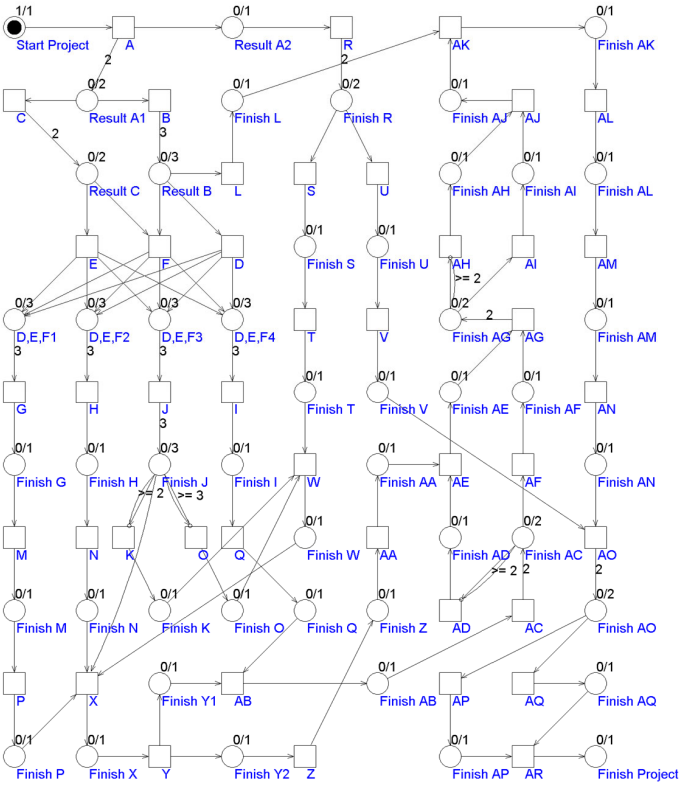
รูปที่ 2 แบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์

2.3.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับโครงการ

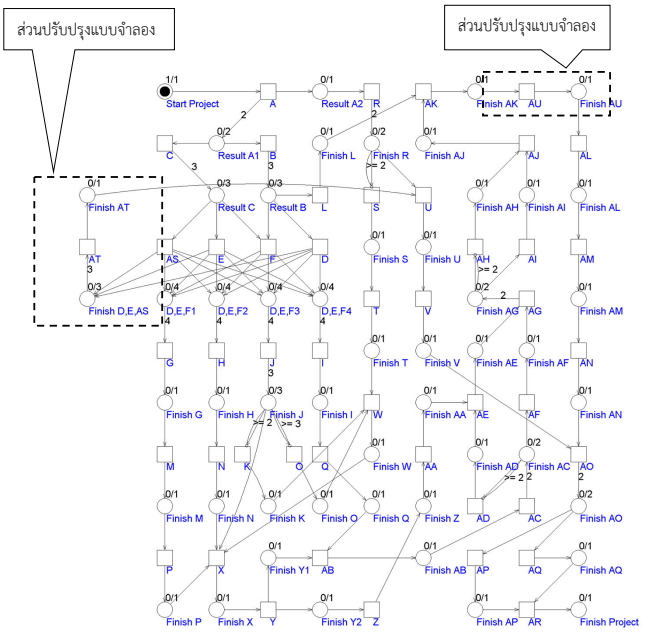
ในขั้นตอนแรกได้สร้างแบบจำลองของโครงการโดยใช้กระบวนการย่อย และระยะเวลาในการประมาณการจากขั้นตอนการวางแผนดังแสดงในรูปที่ 3 จากนั้นทำการปรับปรุงแบบจำลองโดยเพิ่มกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงขอบเขตงานของลูกค้า และงานที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนการติดตั้งจริง ร่วมกับการใช้ข้อมูลด้านระยะเวลาในการติดตั้งจริงดังแสดงในรูปที่ 4

2.4 การหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการจากวิธีสายงานวิกฤต

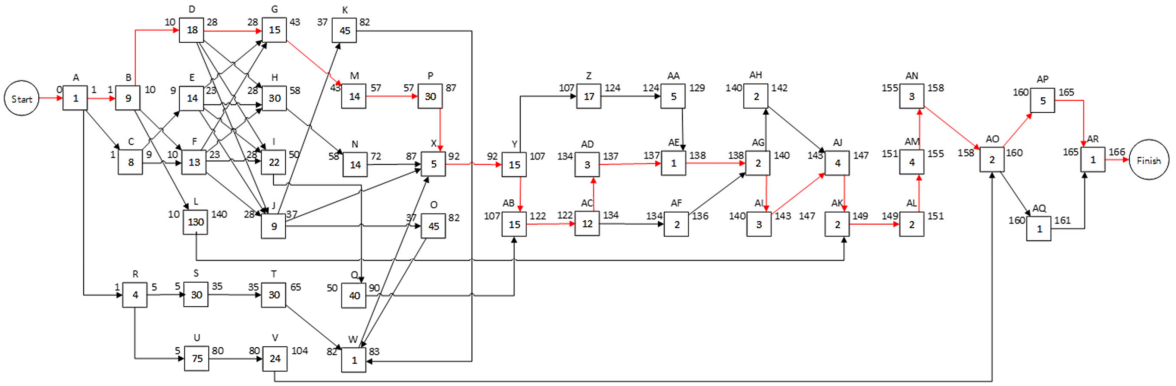
การหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการในขั้นตอนการวางแผน ทำโดยใช้กิจกรรมและระยะเวลาในการดำเนินงานของแต่ละกิจกรรมของโครงการดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 โดยผลลัพธ์ในด้านระยะเวลารวมของโครงการในขั้นตอนการวางแผนคือ 166 วัน และสายงานวิกฤตของโครงการในขั้นตอนการวางแผน ได้แก่ กิจกรรม



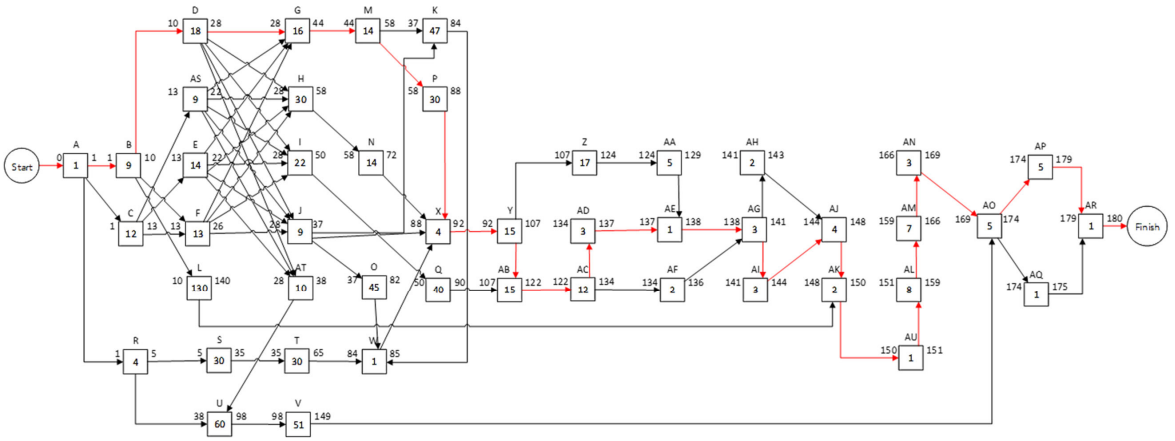
รูปที่ 3 แบบจำลองสถานการณ์ของโครงการในขั้นตอนการวางแผน



รูปที่ 4 แบบจำลองสถานการณ์ของโครงการหลังการปรับปรุงตามการติดตั้งจริง



รูปที่ 5 สายงานวิกฤตของโครงการในขั้นตอนการวางแผน



รูปที่ 6 สายงานวิกฤตของโครงการในขั้นตอนการติดตั้งจริง

A, B, D, G, M, P, X, Y, AB, AC, AD, AE, AG, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, และ AR ดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการในขั้นตอนการติดตั้งจริง โดยใช้กิจกรรมและระยะเวลาจากขั้นตอนการติดตั้งจริง พร้อมทั้งกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนการติดตั้งจริงดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า ระยะเวลารวมของโครงการในขั้นตอนการติดตั้งจริงคือ 180 วัน และสายงานวิกฤตของโครงการในขั้นตอนการติดตั้งจริง ได้แก่ กิจกรรม A, B, D, G, M, P, X, Y, AB, AC, AD, AE, AG, AI, AJ, AK, AL, AM, AN, AO, AP, AR, และ AU ดังแสดงในรูปที่ 6

3. ผลการทดลอง

จากการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ จำนวน 300 ครั้ง โดยใช้โปรแกรมคอสมอส เพื่อหาผลลัพธ์ด้านระยะเวลาของกระบวนการดังกล่าวพบว่า มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์เท่ากับ 4.3 วัน

ในการหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการจากวิธีการจำลองสถานการณ์และวิธีสายงานวิกฤต โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ของโครงการ และระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมจากข้อมูลชุดเดียวกันพบว่า ระยะเวลาที่ได้จากทั้งสองวิธีมีค่าเท่ากัน ทั้งในขั้นตอนการวางแผน และขั้นตอนการติดตั้งจริง ดังแสดงในตารางที่ 7 ทั้งนี้ความแตกต่างระหว่างเวลาที่ได้ในขั้นตอนทั้งสองนั้นจะได้อภิปรายในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ

วิธีการ	เวลาเสร็จสิ้นของโครงการ (วัน)	
	การวางแผน	การติดตั้งจริง
วิธีสายงานวิกฤต	166	180
การจำลองสถานการณ์	166	180

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอสมอสในการจำลองสถานการณ์กระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ของโครงการผลิตน้ำใช้ในอุตสาหกรรม สามารถสรุปผลได้ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบระยะเวลาของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ของโครงการผลิตน้ำใช้

รายการ	ระยะเวลาการดำเนินงาน (วัน)
ระยะเวลาที่ได้จากการประมาณการในขั้นตอนการวางแผน	5
ระยะเวลาการติดตั้งจริง	4
ระยะเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์	4.3

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์พบว่า การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมคอสมอสสามารถนำมาใช้สำหรับจำลองสถานการณ์ของกระบวนการย่อยได้ ซึ่งแสดงให้เห็นจากผลลัพธ์ในด้านระยะเวลาของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ โดยระยะเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เท่ากับ 4.3 วัน มีความใกล้เคียงกับระยะเวลาการติดตั้งจริง คือ 4 วัน มากกว่าการประมาณเวลาในขั้นตอนการวางแผน คือ 5 วัน การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ได้ออกแบบสำหรับกิจกรรมที่จะต้องทำการตรวจสอบ เพื่อรองรับการไม่ผ่านการตรวจสอบและส่งผลให้มีการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมดังกล่าว จึงทำให้ระยะเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มีค่ามากกว่าระยะเวลาที่ได้จากการติดตั้งจริง สอดคล้องกับการเก็บข้อมูลจากโครงการหนึ่งสำหรับงานวิจัยนี้พบว่า เกิดปัญหาเนื่องจากฐานปั๊มเกิดการยุบตัว ทำให้ต้องมีการแก้ไขปรับระดับฐานปั๊มโดยใช้แผ่นชิมตั้งระดับจึงส่งผลให้งานล่าช้า แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกออกแบบไว้ในแบบจำลองสถานการณ์สำหรับงานติดตั้งปั๊มโดยอยู่ในส่วนของการแก้ไขและตรวจสอบแนวศูนย์เพลาปั๊ม โดยในกรณีนี้ได้กำหนดเงื่อนไขด้านระยะเวลาการทำงานในแต่ละวันเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานที่เกิดขึ้นจริง

จากข้อมูลค่าใช้จ่ายของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์สามารถทำการเปรียบเทียบการประเมินค่าใช้จ่ายโดยใช้เวลาจากการประมาณการในขั้นตอนการวางแผนและเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบการประเมินค่าใช้จ่ายของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ของโครงการผลิตน้ำใช้

รายการ	ระยะเวลาของกระบวนการติดตั้งอุปกรณ์ (วัน)	การประเมินค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ (บาท)
การประมาณการในขั้นตอนการวางแผน	5	97,000
การจำลองสถานการณ์	4.3	83,420
การติดตั้งจริง	4	77,600

เมื่อเปรียบเทียบการประเมินค่าใช้จ่ายโดยใช้เวลาจากการประมาณการในขั้นตอนการวางแผน และเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์พบว่า การประเมินค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์จากการประมาณระยะเวลาในขั้นตอนการวางแผนได้ประเมินไว้เท่ากับ 97,000 บาท แต่หากใช้ระยะเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์จะทำให้การประเมินค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเท่ากับ 83,420 บาท ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายที่ประเมินได้ลดลง 13,580 บาท หรือ 14% จากการประมาณ ซึ่งการใช้เวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในการประเมินค่าใช้จ่ายจะทำให้การประเมินค่าใช้จ่ายมีความใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดตั้งจริงมากยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ในการหาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ และนำระยะเวลาที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ไปเปรียบเทียบกับวิธีสายงานวิกฤตนั้น ในขั้นตอนแรกที่ได้สร้างแบบจำลองของทั้งโครงการโดยใช้ข้อมูลจากการประมาณการในขั้นตอนการวางแผนดัง

แสดงในรูปที่ 3 พบว่า ระยะเวลาทั้งหมดของทั้งโครงการที่วิเคราะห์ได้จากการจำลองสถานการณ์มีความสอดคล้องกับระยะเวลาที่ได้จากวิธีสายงานวิกฤต จากนั้นศึกษาข้อมูลการติดตั้งจริงของโครงการกรณีศึกษาเพื่อนำมาปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับการติดตั้งจริงมากยิ่งขึ้น พบว่า การติดตั้งจริงมีกิจกรรมที่มีระยะเวลาในการติดตั้งจริงคลาดเคลื่อนจากระยะเวลาในขั้นตอนวางแผน และมีงานเพิ่มจากการวางแผนจำนวน 3 งาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขอบเขตงานของลูกค้า และงานที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนการทดสอบระบบผลิตน้ำของโครงการกรณีศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5 จึงทำการปรับปรุงแบบจำลองของทั้งโครงการดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่า ผลลัพธ์ด้านระยะเวลาทั้งหมดของทั้งโครงการที่วิเคราะห์ได้จากการจำลองสถานการณ์หลังการปรับปรุงแบบจำลองมีความสอดคล้องกับระยะเวลาการติดตั้งจริงของทั้งโครงการที่ได้จากวิธีสายงานวิกฤต ดังนั้นการจำลองสถานการณ์สามารถใช้หาระยะเวลาทั้งหมดของโครงการได้ อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้เหมาะสมกับการติดตั้งจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Suri and J. Damrianant, “Comparing construction process simulation between the Arena and COSMOS programs,” *Engineering Journal of Research and Development*, vol. 30, no. 4, pp. 89–104, 2019 (in Thai).

[2] J. Damrianant, “COSMOS: A discrete-event modeling methodology for construction processes,” *International Journal of Internet and Enterprise Management (IJIEM) Special Issue on "Product and Process Modeling in Building and Related Industries*, vol. 1, no. 2, pp. 128–152, 2003.

[3] A. Sawhney, A. Mund, and T. Chaitavatputtiporn, “Petri net-based scheduling of construction project,” *Civil Engineering and Environmental System*, vol. 20, no. 4, pp. 255–271, 2003.

[4] S. Kumanan and K. Raja, “Modeling and simulation of projects with Petri Nets,” *American Journal of Applied Sciences*, vol. 5, no. 12, pp. 1742–1749, 2008.

[5] C. Lin and H. Dai, “Applying Petri Nets on project management,” *Universal Journal of Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 8, pp. 249–255, 2014.

[6] B. Visartsakul and J. Damrianant, “Determining costs and time required for building construction by using 3D structural models, unit costs, productivity rates, and project simulations,” *Engineering Journal of Research and Development*, vol. 31, no. 4, 2020 (in Thai).

[7] J. Damrianant and T. Panrangsri, “Resource management using COSMOS modeling and simulation system to lessen concrete-placing duration,” *Thai Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 5, 2018 (in Thai).

[8] R. Sevicheen and J. Damrianant, “An improvement of a precast-concrete-wall installation process of a high-rise building using Petri Nets: A case study,” *Research and Development Journal*, vol. 21, no. 1, 2010 (in Thai).