

การวิเคราะห์ผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงต่อความล่าช้าของโครงการ
ก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นางสาวณัตยา หอมสร้อย

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2559

การวิเคราะห์ผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงต่อความล่าช้าของโครงการ
ก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบโครงการ

(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร)

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ)

(ผศ. ดร.ปรีชาพร โกษา)

กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ณาดยา หอมสร้อย : การวิเคราะห์ผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงต่อความล่าช้าของ
โครงการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษาศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี (ANALYSIS ON EFFECTS OF CHANGE ORDERS ON
CONSTRUCTION PROJECT DELAYS : A CASE STUDY OF THE MEDICAL
EXELENCE CENTER, SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอพาร

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงต่อความล่าช้าของโครงการก่อสร้างอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างอาคารโรงพยาบาลขนาดใหญ่ สูง 12 ชั้น ตั้งแต่เริ่มดำเนินงานก่อสร้างอาคารมีคำสั่งเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่างๆเกิดขึ้นในระหว่างก่อสร้างอาคารซึ่งส่งผลกระทบต่อแผนงานและแผนการเบิกจ่ายเงินงบประมาณ ทำให้เกิดความล่าช้าซึ่งเป็นปัญหาให้ทีมผู้ทำงานต้องร่วมกันแก้ไข

ผลการศึกษาทำให้ทราบว่าปัจจัยงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการมากที่สุด ทำให้งานล่าช้าเป็นจำนวน 72 วันโดยใช้เวลาเสร็จสิ้นโครงการเท่ากับ 1,449 วัน จากแผนงานเดิมที่ 1,377 วัน การใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดที่ 1,363 วัน เป็นจำนวนเงิน 1,544,311,880.97 บาท ถึงแม้ว่าจะเกิดค่าใช้จ่ายจากการเร่งรัดงานเป็นจำนวน 363,131.77 บาท แต่ค่าใช้จ่ายรวมยังต่ำกว่าการไม่เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนเงิน 306,658.23 บาท และเร็วกว่าแผนงานตามสัญญา 14 วัน ในกรณีไม่ปรับปรุงแผนงานแต่ขอขยายเวลาสัญญาได้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงกว่า 3,751,292.52 บาท ซึ่งเกิดจากค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่ และสุดท้ายกรณีไม่มีการปรับปรุงแผนงานและไม่สามารถขอขยายเวลาสัญญาได้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงกว่า 133,351,292.52 บาท ซึ่งเกิดจากค่าปรับและค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่

การศึกษาในครั้งนี้ทำให้เห็นว่าการใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ที่มีงานเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม ซึ่งจะส่งผลกระทบเพราะกิจกรรมมาก และมีความซับซ้อนของงาน เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาการจัดทำแผนงานในโครงการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NATTAYA HOMSOY : ANALYSIS ON EFFECTS OF CHANGE ORDERS
ON CONSTRUCTION PROJECT DELAYS : A CASE STUDY OF THE
MEDICAL EXELENCE CENTER, SURANAREE UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY. ADVISOR : ASSOC. PROF.VACHARAPOOM
BENJAORAN, Ph.D.

This study examines the impact of the change on delays in the construction of The Medical Excellence Center, Suranaree University of Technology. This is a 12-storey hospital building project. Since the construction began, the building has changed order from various factors that occurred during the construction of the building, which affected the plan and budget plan. Delayed, which is a problem for the team to work together to resolve.

The results of the study show that the changed factors caused by the design drawing. Mostly affect project completion time. Delayed work was 72 days, with the completion time of the project was 1,449 days from the original plan of 1,377 days. The use of linear programs to find the way to accelerate the project would cost as low as 1,363 days. Even though the expenses incurred by the expedition was 363,131.77 Baht, the total cost was lower than the non-impact of the change orders of 306,658.23 Baht and was 14 days faster than the contractual plan. The plan, however, extends the contract, resulting in an expense of more than 3,751,292.52 Baht, which is attributable to the indirect costs incurred at the head office. Finally, in the absence of an improvement plan and not being able to request an extension, the contract will cost the most. 133,351,292.52 Baht resulting from the penalty and indirect costs plus expenses at the head office.

This study suggests that the use of linear programming to accelerate the project can be used to solve the problem of large scale construction projects. Add a reduction, which will affect because of many activities and the complexity of the task. As a way to develop a plan for future construction projects.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการศึกษาฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้คำแนะนำ และข้อสังเกตในทุก ขั้นตอน รวมทั้งช่วยตรวจทานเนื้อหาอย่างละเอียดอันเป็นความกรุณาและเป็นประโยชน์ต่อผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร ประธานกรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร โกษา กรรมการสอบโครงการที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง ร่วมประเมิน ตรวจสอบและแสดงข้อคิดเห็นให้การศึกษาในครั้งนี้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างและ ศึกษารูปโภค ที่ประสิทธิภาพประสิทธิผลความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ผู้สนับสนุนและผู้ช่วย ประสานงานหลักสูตรที่ดูแลช่วยเหลือเสมอมา

ขอขอบพระคุณผู้จัดการโครงการ คุณสมพงษ์ ดำรงค์สุขนิวัฒน์ บริษัท อินฟินิท เอนจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด รวมทั้งทีมงานก่อสร้างอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่าน ที่ทำให้มีโอกาสได้ทำงานที่รัก และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาตัวเองและพัฒนาผลงานตลอดมา ท้ายที่สุด ขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้ กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนระหว่างการทำงาน จนสามารถทำโครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ณาทยา หอมสร้อย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ซ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การศึกษาเกี่ยวกับปัญหาทางานเปลี่ยนแปลงในโครงการก่อสร้าง.....	3
2.1.1 การบริหารสัญญาก่อสร้าง.....	3
2.1.2 ข้อกำหนดการแก้ไขสัญญาก่อสร้างของโครงการก่อสร้างส่วนราชการ.....	3
2.1.3 การเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาก่อสร้าง.....	4
2.1.4 การเปลี่ยนแปลงงานในขั้นตอนการก่อสร้าง.....	4
2.2 การศึกษาเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาด้วยการวางแผนโครงการก่อสร้าง.....	7
2.2.1 การวางแผนโครงการ (Project Planning).....	7
2.2.2 โครงสร้างรายการงาน (Work Breakdown Structure, WBS).....	9
2.2.3 การวางแผนกำหนดเวลาแบบสายงานวิกฤต (Critical Path Method).....	10
2.2.4 การวางแผนกำหนดเวลาแบบ PERT.....	21
2.2.5 การกำหนดแผนงานเครือข่าย CPM/PERT เป็นการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น.....	21
2.3 การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา.....	30

3	วิธีดำเนินการศึกษา.....	32
3.1	ศึกษาข้อมูลและจัดทำแผนแบบสายงานวิกฤต (CPM).....	33
3.1.1	การวิเคราะห์กิจกรรมลูกศรและสายทางกิจกรรม.....	33
3.1.2	การจัดทำแผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM).....	33
3.2	เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลกระทบของงานเปลี่ยนแปลงของโครงการ.....	33
3.2.1	การเก็บรวบรวมข้อมูลงานเปลี่ยนแปลง.....	33
3.2.2	การวิเคราะห์ผลกระทบของงานเปลี่ยนแปลงของโครงการ.....	33
3.3	เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานปกติและการเร่งรัดงาน.....	35
3.4	ใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการ.....	35
3.5	จัดทำแผนเร่งรัดงานโครงการ และสรุปผลการศึกษา.....	36
4	ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล.....	37
4.1	การวิเคราะห์กิจกรรมลูกศรและจัดทำแผนกำหนดเวลาแบบสายงานวิกฤต (CPM).....	37
4.1.1	ผลกำหนดผังข่ายงานนำหน้า หรือ Precedence diagram method (PDM).....	37
4.1.2	ผลการจัดทำแผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM).....	38
4.2	ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลง.....	40
4.2.1	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง.....	40
4.2.2	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ.....	41
4.2.3	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ.....	43
4.2.4	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้าง.....	44
4.2.5	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย.....	44
4.3	การวิเคราะห์หาผลกระทบตามเงื่อนไขในสัญญาเรื่องค่าปรับ.....	46
4.4	การวิเคราะห์หาผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทางอ้อมและค่าดำเนินการ.....	46
4.4.1	ผลจากการเก็บข้อมูลจริงค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ.....	46
4.4.2	ต้นทุนกรณีที่ ค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่.....	47
4.5	การใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการ.....	47
4.5.1	ค่าใช้จ่ายทางตรงส่วนค่าวัสดุ.....	47

4.5.2	ค่าใช้จ่ายทางตรงส่วนค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการ เร่งรัดงาน.....	50
4.5.3	ค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่.....	50
4.5.4	ค่าปรับกรณีทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญา.....	50
4.5.5	ค่าอื่นๆ สำหรับใช้ประกอบเพื่อให้ทราบผลกำไรเบื้องต้น.....	50
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	56
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	56
5.1.1	ผลกระทบจากคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อระยะเวลาดำเนินงานโครงการ.....	56
5.1.2	ผลกระทบจากคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อมูลค่างานโครงการ.....	57
5.1.3	การจัดทำแผนเร่งรัดงานจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น.....	59
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	62
5.2.1	ข้อเสนอแนะเพื่อนำสู่การปฏิบัติ.....	62
5.2.2	ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป.....	62
	เอกสารอ้างอิง.....	63
	ภาคผนวก ก ข้อมูลโครงการกรณีศึกษา.....	64
	ประวัติผู้เขียน.....	70

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบหลักการของแผนกำหนดเวลาแบบ PDM และ CPM	11
2.2 เวลาลอยตัว (Total Float)	20
4.1 แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM)	39
4.2 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง	41
4.3 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ	42
4.4 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้าง และงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย	43
4.5 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 5 ปัจจัย	44
4.6 แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM) ที่เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลง	45
4.7 ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ	46
4.8 ค่าใช้จ่ายทางตรง ส่วนค่าวัสดุ	48
4.9 ค่าใช้จ่ายทางตรงส่วนค่าแรงงานปกติ และค่าเร่งรัดงาน	49
4.10 ผลการวิเคราะห์เพื่อเร่งรัดโครงการด้วยโปรแกรม Solver	55
5.1 สรุปผลกระทบต่อระยะเวลาดำเนินงานโครงการ โดยแยกตามปัจจัยการเกิด	57
5.2 เปรียบเทียบมูลค่างานโครงการ	58
5.3 แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM) จากการใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการ	61
ก.1 วันทำงานตามปฏิทินปี 2557	65
ก.2 วันทำงานตามปฏิทินปี 2558	66
ก.3 วันทำงานตามปฏิทินปี 2559	67
ก.4 วันทำงานตามปฏิทินปี 2560	68
ก.5 วันทำงานตามปฏิทินปี 2561	69

สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 วัฏจักรของเดมมิง (Deming Cycle).....	8
2.2 ขั้นตอนและวิธีการจัดทำแผนโครงการ.....	9
2.3 เปรียบเทียบรูปแบบแผนกำหนดเวลา CPM (AOA) และ PDM (AON).....	10
2.4 ปมลูกศรแบบกรอบสี่เหลี่ยมแสดงค่าต่างๆของงาน.....	11
2.5 การเขียนความสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ในแผนกำหนดเวลา PDM.....	12
2.6 ตัวอย่างแผนกำหนดเวลา PDM ของโครงการขนาดเล็ก.....	13
2.7 ค่า ES และ EF ของทุกงานในแผนกำหนดเวลาหลังการคำนวณหาไป (Forward pass).....	14
2.8 ค่า LS และ LF ของทุกงานหลังการคำนวณหากลับ (Backward pass).....	16
2.9 แผนกำหนดเวลา PDM ที่มีค่าเวลารอคอย (Lag) รวมอยู่ด้วย.....	17
2.10 แผนกำหนดเวลาที่มีความสัมพันธ์หลายแบบ ที่มีค่าเวลารอคอย (With Lag).....	19
2.11 เครื่องข่าย CPM / PERT สำหรับโครงการสร้างบ้านด้วยเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรม.....	23
2.12 การกำหนดระยะเวลาโครงการบนกระดานคำนวณ Excel.....	24
2.13 หน้าต่างเมนู Solver.....	25
2.14 การแสดงผลการแก้ปัญหบนกระดานคำนวณ Excel.....	25
2.15 การแสดง Shadow Price ใน Sensitivity Report.....	26
2.16 ข้อมูลแสดงปัญหบนกระดานคำนวณ Excel.....	29
2.17 การกรอกข้อมูลบนหน้าต่างเมนู Solver.....	30
2.18 ผลการแก้ไขปัญหโดยใช้ Solver.....	30
3.1 แผนผังขั้นตอนการศึกษา.....	32
4.1 ผังกิจกรรมลูกศร PDM (Precedence diagram method).....	38
4.2 การลงข้อมูลในหน้าต่างเมนู Solver.....	53
ก.1 ขณะทำการก่อสร้างอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คำสั่งเปลี่ยนแปลงในงานก่อสร้างอาคารเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง และเกิดจากหลายสาเหตุ ปัจจัยแตกต่างกันไปตามเอกลักษณ์ของแต่ละโครงการซึ่งบางครั้งเป็นเรื่องที่คาดเดาได้ยาก โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องจัดการกับกิจกรรมก่อสร้างจำนวนมากมายตลอดระยะเวลาโครงการ คำสั่งเปลี่ยนแปลงในระหว่างดำเนินการก่อให้เกิดงานเพิ่ม หรือลด หรืองานแก้ไขที่กระทบต่อกรอบสัญญาเดิม ถ้าขาดการบริหารจัดการที่ดีจะนำไปสู่ปัญหาความยุ่งยาก ซับซ้อนต่อการทำงานเนื่องจากต้องหยุดงานเพื่อรอกระบวนการเสนอราคางานเพิ่ม งานลด และรอข้อสรุปรูปแบบ ต้องแก้ไขงานที่ทำเสร็จไปแล้ว และจัดทำเอกสารเสนอขอขยายระยะเวลาก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นโครงการก่อสร้างอาคารโรงพยาบาลขนาดใหญ่ สูง 12 ชั้น ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอน ให้นักศึกษาแพทย์ ทันตแพทย์ พยาบาล สาธารณสุข และวิทยาศาสตร์สุขภาพที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการวิจัย และบริการด้านการแพทย์ ใช้วงเงินงบประมาณเป็นจำนวน 1.8 พันล้านบาท ระยะเวลาโครงการ 1,440 วัน เริ่มก่อสร้างตามสัญญาเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2557 และจะสิ้นสุดเวลาตามสัญญาวันที่ 25 กรกฎาคม 2561 ตั้งแต่เริ่มดำเนินงานก่อสร้างอาคารมีคำสั่งเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ แบบก่อสร้างที่ผิดพลาด หรือไม่ทันต่อเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลง การประสานรวมแบบที่ไม่ตรงกัน ความต้องการของผู้ใช้งานในภายหลังจากเริ่มงานก่อสร้าง และปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้าง ซึ่งคำสั่งเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ เกิดจากจากความตั้งใจดีของทุกฝ่ายที่อยากแก้ไขให้ผลงานออกมาดี ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน แต่เนื่องด้วยงานโครงการของส่วนราชการมีข้อกำหนด กฎเกณฑ์ และระเบียบต่าง ๆ มากมายกำกับไว้ ทำให้บางครั้งกลับกลายเป็นปัญหาให้ทีมผู้ทำงานต้องร่วมกันแก้ไข

เทคนิคการปรับแผนงานด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) เป็นการนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ต้องการทราบจุดหรือคำตอบที่เหมาะสมหรือได้ประโยชน์สูงสุด (Solving optimization problems) ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ Decision variable หมายถึงตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจซึ่งผู้บริหารหรือผู้มีอำนาจตัดสินใจจะเป็นผู้กำหนด Objective function หมายถึงความต้องการสุดท้าย ที่ต้อง Maximize หรือ Minimize แล้วแต่กรณี และ Constrains หมายถึง ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่จำเป็นต้องทำตามหรือหลีกเลี่ยงไม่ได้ สำหรับหา Maximize or Minimize ที่สมการความสัมพันธ์ระหว่าง Objective function และ Constrains เป็น

เส้นตรง (Linear relationship) ซึ่งธรรมชาติของหลายๆปัญหา มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น (Linear) หรืออย่างน้อยก็สามารถอนุมานโลมเป็นเชิงเส้นได้ โดยที่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยเท่านั้น มีวิธีการหรือเทคนิคในการวิเคราะห์เป็นที่แพร่หลาย เมื่อวิเคราะห์ออกมาเป็นรูปแบบรายงานแล้ว จะมีแนวทางการตัดสินใจแบบ "What if" เพื่อให้ลองทดสอบเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขได้ง่าย อันจะทำให้ผู้บริหารสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนรับมือกับปัญหา หรืออุปสรรค ที่จะเกิดขึ้นได้

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลกระทบของคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อแผนงานหลักและวางแผนหาทางแก้ไขรวมถึงแผนเร่งรัดงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยโปรแกรม PERT/CPM (Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method) และ โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) ตามที่ได้กล่าวมา

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อให้ทราบถึงรายการคำสั่งเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อมูลค่างานและระยะเวลาดำเนินงานโครงการ
- 1.2.2 เพื่อหาทางแก้ไขปรับปรุงแผนงานและแผนเร่งรัดงานจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาค้นคว้านี้เลือกมองในมุมมองของผู้ได้รับผลกระทบต่อสัญญาฝ่ายปฏิบัติ คือ ด้านผู้รับจ้างก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา และมุ่งเน้นไปที่การนำข้อมูลคำสั่งเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วระหว่างดำเนินการก่อสร้างมาทำการวิเคราะห์ โดยศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง กำหนดแผนดำเนินงานโครงการด้วยโปรแกรม PERT/CPM ติดตามหาผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านมูลค่างานและเวลาในการดำเนินงาน โดยตัดประเด็นอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำสั่งเปลี่ยนแปลงออก และใช้โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อช่วยตัดสินใจในการเร่งรัดงานให้แล้วเสร็จตามสัญญา และอยู่ในงบประมาณที่ตั้งไว้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการเสนอราคางานเพิ่ม-ลด ขอย้ายระยะเวลาโครงการ และลดข้อโต้แย้งในการขอแก้ไขสัญญา
- 1.4.2 ได้แผนเร่งรัดงานเพื่อประกอบการตัดสินใจดำเนินการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยในประเทศไทยไม่ได้เจาะจงศึกษาถึงงานเปลี่ยนแปลงแต่โดยมากจะศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการแก้ไขสัญญาระหว่างการก่อสร้าง การบริหารความเสี่ยงซึ่งเกิดจากงานเปลี่ยนแปลงเป็นหลักและสิ่งเหล่านี้จะกระทบต่อความสำเร็จของโครงการในท้ายที่สุดโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การศึกษาในครั้งนี้จึงต้องการศึกษาเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในระหว่างการก่อสร้างโดยศึกษาวิธีการจากงานวิจัยในต่างประเทศ และประเทศในภูมิภาคใกล้เคียง โดยจะแบ่งหัวข้อการศึกษาเป็น 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ การศึกษาเกี่ยวกับปัญหางานเปลี่ยนแปลงในโครงการก่อสร้าง การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาด้วยการวางแผน โครงการ และการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อใช้ในการวางแผนการศึกษาต่อไป

2.1 การศึกษาเกี่ยวกับปัญหางานเปลี่ยนแปลงในโครงการก่อสร้าง

2.1.1 การบริหารสัญญาก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างโดยทั่วไป คู่สัญญาเจ้าของโครงการ (ผู้ว่าจ้าง) และคู่ทำสัญญาฝ่ายทำการก่อสร้าง (ผู้รับจ้าง) จะยึดถือสัญญาและเอกสารแนบท้ายสัญญาเป็นหลักปฏิบัติ ผู้ทำการก่อสร้างมีหน้าที่ดำเนินการก่อสร้างตามแบบรูปรายละเอียดให้สำเร็จลุล่วงตามสัญญา ส่วนเจ้าของโครงการมี หน้าที่จ่ายเงินค่าจ้างตามงวดงานก่อสร้างที่แล้วเสร็จตามกำหนดสัญญา

ในการบริหารจัดการ โครงการก่อสร้างโดยทั่วไป มักพบว่าไม่สามารถดำเนินงานก่อสร้างให้เป็นไปตามสัญญาได้ เนื่องจากมักมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขรายการก่อสร้างจึงทำให้เนื้องานเปลี่ยนแปลงและระยะเวลาส่งมอบ โครงการเปลี่ยนแปลงไป (จิรัญญา เจริญทองคำ, 2553)

2.1.2 ข้อกำหนดการแก้ไขสัญญาก่อสร้างของโครงการก่อสร้างส่วนราชการ

โดยทั่วไปจะดำเนินการตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ ตามรายละเอียดดังนี้ “ข้อ 136 สัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือที่ได้ลงนามไว้แล้วจะแก้ไขเปลี่ยนแปลงมิได้ เว้น แต่การแก้ไวนั้นจะเป็นความจำเป็นโดยไม่ทำให้ทางราชการต้องเสียประโยชน์ หรือเป็นการแก้ไข เพื่อประโยชน์แก่ทางราชการ ให้อยู่ในอำนาจของหัวหน้าส่วนราชการ ให้เสนอปลัดกระทรวง พิจารณา แต่ทั้งนี้จะต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยวิธีการงบประมาณ หรือขอความตกลงในส่วน ที่ใช้เงินกู้ หรือเงินช่วยเหลือแล้วแต่กรณีด้วย

การแก้ไขเปลี่ยนแปลงสัญญาหรือข้อตกลงตามวรรคหนึ่งหากมีความจำเป็นต้องลดหรือ เพิ่มวงเงิน หรือเพิ่ม หรือลดระยะเวลาส่งมอบของ หรือระยะเวลาในการทำงาน ให้ตกลง

พร้อมกัน ไปสำหรับการจัดหาที่เกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรงหรืองานเทคนิคเฉพาะอย่างจะต้องได้รับการ รับรองจากวิศวกร สถาปนิกและวิศวกรผู้ชำนาญงาน หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งรับผิดชอบ หรือสามารถ รับรองคุณลักษณะเฉพาะแบบและรายการก่อสร้าง หรืองานเทคนิคเฉพาะอย่างนั้น แล้วแต่กรณีด้วย

(ความในข้อนี้ แก้ไขเพิ่มเติมโดยข้อ 22 แห่งระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2539) (วิทยายุทธการพัสดุ)

ในส่วนสัญญาก่อสร้างของภาคเอกชน เจ้าของโครงการจะยึดถือประโยชน์ที่เกิดขึ้นเป็นเกณฑ์ แต่ทั้งนี้ จะต้องพิจารณาให้เกิดความเป็นธรรมทั้งสองฝ่าย”

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาก่อสร้าง

สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญา อ้างโดยทั่วไปเกิดได้ 2 สาเหตุ (ชมพล จันทรสม, 2541) ได้แก่ แบบรูปและรายการก่อสร้าง คลาดเคลื่อน ตกหล่น ผิดพลาดไม่ชัดเจน และไม่ครบถ้วน จึงจำเป็นต้องแก้ไขแบบรูปและรายการก่อสร้างกับเจ้าของ โครงการต้องการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้สอยอาคาร หรือต้องการจัดรูปแบบการตกแต่งภายในอาคารใหม่ ตลอดจนความต้องการลดหรือเพิ่มรายละเอียดวัสดุอุปกรณ์ที่ประกอบอาคารให้แตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างตามสัญญา จึงจำเป็นต้องทำการแก้ไขแบบรูปและ เปลี่ยนแปลงรายการก่อสร้างใหม่

องค์ประกอบที่ใช้สำหรับการพิจารณาเปลี่ยนแปลง แก้ไขรายการ ประกอบด้วย

- 1) เหตุผลความจำเป็นของการเปลี่ยนแปลงแก้ไขรายการก่อสร้างตามสัญญา
- 2) แบบรูปและรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงแก้ไข
- 3) การประมาณราคางานเพิ่มและงานลด สำหรับ กรณีแก้ไขรายการก่อสร้างแบบงบประมาณสมดุล หรือกรณีแบบเพิ่มวงเงินค่าก่อสร้าง
- 4) แผนงานก่อสร้างของงานที่เปลี่ยนแปลงแก้ไข และการขอขยายเวลา

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงงานในขั้นตอนการก่อสร้าง

เมื่อได้ลงนามทำข้อตกลงในสัญญาก่อสร้าง และสัญญาก่อสร้างมีผลบังคับใช้แล้ว ในทางปฏิบัติก็ยังคงต้องมีการเจรจาต่อรองอยู่อย่างต่อเนื่อง โดยลักษณะการเจรจาต่อรองในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการเจรจาต่อรองทางด้านเทคนิคการทำงาน ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องถึงเรื่องต้นทุนการก่อสร้าง และเวลาการทำงาน โดยอาจมีสาเหตุมาจากเจ้าของโครงการ หรือผู้ทำการก่อสร้างหลัก ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเจรจาต่อรองมี 3 ประการ คือ ความผิดพลาดหรือความละเลยของผู้ออกแบบ ความต้องการของเจ้าของโครงการเปลี่ยนแปลงและผู้ทำการก่อสร้างไม่มีศักยภาพ

1) ความผิดพลาดหรือความละเลยของผู้ออกแบบ

บางครั้งผู้ออกแบบอาจเกิดความผิดพลาดในการทำงาน ทำให้แบบรูปที่ใช้ในการทำงานก่อสร้างไม่สมบูรณ์ มีข้อบกพร่องอันส่งผลทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและรายละเอียดที่ใช้ในการก่อสร้างจริง ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องถึงการเปลี่ยนแปลงงานที่ได้ตกลงทำสัญญาไปแล้ว หรือทำให้เกิดการเพิ่มต้นทุนของโครงการก่อสร้างได้ สาเหตุนี้เป็นเรื่องที่สำคัญจะระบุไว้ในสัญญาที่เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบจะต้องรับผิดชอบ ดังนั้นจึงอาจไม่ค่อยมีการเจรจาต่อรองเกิดขึ้นในเรื่องนี้มากนัก

2) ความต้องการของเจ้าของโครงการเปลี่ยนแปลง

เมื่อโครงการก่อสร้างเริ่ม ดำเนินการ ในส่วนของเจ้าของโครงการเองบางครั้งก็อาจมีความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอีกได้เช่นกัน โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวประกอบด้วย การเปลี่ยนรูปแบบของโครงการ การขยายเนื้องานออกไปจากเดิม และการเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้จะเกิดการเจรจาต่อรองทั้งระหว่างเจ้าของโครงการและผู้ออกแบบ และผู้ทำการก่อสร้าง เพราะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของโครงการ จะมีผลกระทบทั้งต่อต้นทุนการทำงาน และระยะเวลาการทำงาน ซึ่งจะต้องหาข้อยุติระหว่างกลุ่มผู้เกี่ยวข้องทั้ง 3 ฝ่ายให้ได้ก่อน

3) ผู้ทำการก่อสร้างไม่มีศักยภาพ

ในบางโครงการโดยเฉพาะโครงการขนาดใหญ่ ผู้ออกแบบได้กำหนดให้มีการใช้เทคนิคการก่อสร้างหรือเลือกใช้วัสดุการก่อสร้างที่ทันสมัยเกินศักยภาพของผู้ทำการก่อสร้าง หรือใช้เทคนิคที่ผู้ทำการก่อสร้างไม่มีประสบการณ์ในการทำงาน ผู้ทำการก่อสร้างก็อาจจะต้องทำการเจรจาต่อรองเพื่อขอเปลี่ยนแปลงไปใช้เทคนิคการทำงานที่ฝ่ายตนเองมีประสบการณ์

โดยปรกตินั้นวิศวกรหรือสถาปนิกของเจ้าของโครงการเป็นผู้ที่นำเสนอการเปลี่ยนแปลงงานกับผู้ทำการก่อสร้างหลักอย่างเป็นทางการ โดยในการเปลี่ยนแปลงงานแต่ละครั้งควรทำการบันทึกรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงที่แก้ไขเพิ่มเติมจากสัญญาเดิมไว้ และถ้าการเปลี่ยนแปลงงานดังกล่าวนี้มีผลต่อเนื่องถึงงานของผู้รับเหมาย่อย/ผู้รับเหมาช่วง ผู้ทำการก่อสร้างหลักก็จะต้องทำข้อตกลงกับผู้รับเหมาย่อย/ผู้รับเหมาช่วงอีกทอดหนึ่ง และในกรณีของการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์การก่อสร้างนั้นก็จะต้องติดต่อกับตัวแทนจำหน่ายให้จัดทำรายละเอียดใบเสนอราคามาใหม่

แนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการการเปลี่ยนแปลงงานในขั้นตอนนี้ก็คือ การจัดให้มีส่วนหนึ่งในเอกสารสัญญาระหว่างเจ้าของโครงการและผู้ก่อสร้างหลักที่มีการกำหนดราคาค่าต้นทุน

ต่อหน่วย เพื่อในกรณีที่จำเป็นต้องทำการเจรจาต่อรองเพิ่มหรือลดงานก็จะได้นำราคาต่อหน่วยในสัญญานั้นมาคำนวณราคา สำหรับงานที่เปลี่ยนแปลงได้โดยไม่ต้องมีข้อโต้แย้งใดๆ แต่ถ้าไม่มีการกำหนดราคาต่อหน่วยไว้ในเอกสารประกอบสัญญา ก็จะต้องทำการเจรจาต่อรองในเรื่องของราคาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงงาน หรือการเพิ่มลดเนื้องานกันอีกครั้งหนึ่ง

อย่างไรก็ตามถ้าหากการเปลี่ยนแปลงงานของเจ้าของโครงการมีปริมาณมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการทำงาน ผู้ทำการก่อสร้างนั้นก็อาจจะเจรจาต่อรองขอขยายเวลาในสัญญาเพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้ทำการก่อสร้างหลักและผู้รับเหมาช่วง/ย่อยจะต้องแจ้งเจ้าของโครงการว่างานที่เปลี่ยนแปลงนั้นมีผลต่อระยะเวลาการทำงานของโครงการ และถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงงานหลายๆครั้งก็จะทำให้เกิดอุปสรรคต่อการทำงาน ทำให้การก่อสร้างไม่เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อ ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน การทำงานเกินวงเงินงบประมาณที่ได้รับ จะมีผลต่อเนื่องถึงการเรียกร้องผลประโยชน์จากเจ้าของโครงการ และเพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานเกินงบประมาณที่ได้รับนั้นควรศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนค่าก่อสร้างสูงและวางแผนหาแนวทางแก้ไขไว้ล่วงหน้าด้วย

สำหรับโครงการก่อสร้างที่เอกสารประกอบการทำสัญญา เช่น แบบรูปและรายการละเอียดหรือบัญชีแสดงปริมาณและราคางาน (Bill of Quantity: BOQ) ของงานไม่สมบูรณ์ ผู้ทำการก่อสร้างโครงการนั้นจะอยู่ในสถานการณ์ที่ต้องเสี่ยงทั้งในด้านงบประมาณ และกำหนดเวลาทำการก่อสร้าง ดังนั้นจึงควรมอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้ทำการทบทวนเอกสารนั้นอย่างละเอียดก่อนทำการก่อสร้างอีกครั้ง ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการเจรจาต่อรองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงงานในขณะทำการก่อสร้าง(มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิทยาการจัดการ, 2558)

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาระหว่างการก่อสร้างโครงการภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ดำเนินการก่อสร้างระหว่างปีงบประมาณ 2551-2555 พบว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อตกลงสัญญา คือ ข้อขัดแย้งขอบเขตของงานไม่ชัดเจน และไม่ครบถ้วนตามที่ระบุในรูปแบบ และรายการ ผลจากงานวิจัยนี้ทำให้ตระหนักถึงปัจจัยเสี่ยงในการบริหารงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้ององค์ความรู้ที่ได้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางปรับปรุงกระบวนการบริหารสัญญาจ้าง โดยต้องเริ่มต้นจาก กระบวนการออกแบบต้องมีความชัดเจน แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ครบถ้วน ตรงตามวัตถุประสงค์ การใช้งาน เพื่อลดความเสี่ยงในการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อตกลงสัญญา(ปรีชา อินสาลี, 2556)

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่องานเปลี่ยนแปลงสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยภายในประกอบด้วย เจ้าของ ที่ปรึกษาด้านการออกแบบหรือผู้ออกแบบ ที่ปรึกษาด้านการ

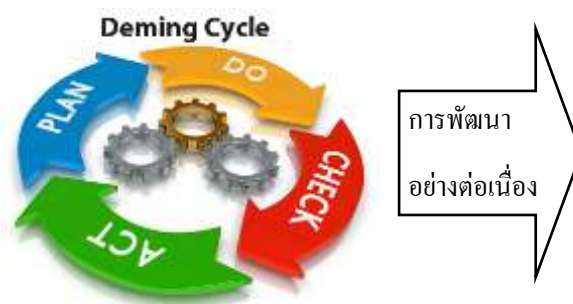
บริหารงานก่อสร้าง และผู้รับเหมา ในขณะที่ปัจจัยภายนอกที่มีส่วนร่วม คือสภาวะทางการเมืองและเศรษฐกิจ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เทคโนโลยีที่ทันสมัย และบุคคลที่ 3 ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าเจ้าของโครงการเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการเกิดงานเปลี่ยนแปลง ปัจจัยที่ตามมาคือ ผู้ออกแบบ ที่ปรึกษาด้านการบริหารงานก่อสร้าง สภาวะทางการเมือง และเศรษฐกิจ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ผู้รับเหมา บุคคลที่ 3 และความก้าวหน้าของเทคโนโลยีตามลำดับ การศึกษานี้สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ปฏิบัติงานเพื่อลดการเกิดการเปลี่ยนแปลงในการก่อสร้างของโครงการ(Yana, Rusdhi H.A. , & Wibowo, 2015)

งานเปลี่ยนแปลงในโครงการก่อสร้างเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การที่จะลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในโครงการจึงมีความจำเป็นในการจัดการงานเปลี่ยนแปลง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานะความสำคัญและผลกระทบของการดำเนินงานการจัดการงานเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมก่อสร้างสิงคโปร์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการทบทวนวรรณกรรมที่ครอบคลุมจึงได้ดำเนินการเพื่อให้เข้าใจในเชิงลึกเรื่องการจัดการงานเปลี่ยนแปลงและการสำรวจแบบสอบถามได้วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมจาก 384 โครงการที่ส่งมาจาก 32 บริษัท การดำเนินการถูกตรวจสอบทั้ง ของบริษัท และระดับโครงการจำแนกตามปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมและกีดกันบริษัท ในการฝึกการบริหารการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ความสำคัญและผลกระทบของการจัดการการเปลี่ยนแปลงในแง่ของผลการปฏิบัติงานโครงการเช่นค่าใช้จ่าย เวลา และคุณภาพงานต้องถูกตรวจสอบ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผลการดำเนินงานในอุตสาหกรรมก่อสร้างสิงคโปร์ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่บริษัทที่เปลี่ยนแปลงการบริหารจัดการประสบความสำเร็จ มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าบริษัทที่ไม่ได้ทำ การตระหนักถึงการดำเนินงานที่เห็นความสำคัญและผลกระทบของการจัดการการเปลี่ยนแปลงจะเป็นจุดเริ่มต้นที่จะลดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อผลการดำเนินงานโครงการ ในที่สุดจะช่วยให้อุตสาหกรรมก่อสร้างสิงคโปร์สามารถเพิ่มโอกาสในความสำเร็จของโครงการได้(Hwang & Low, 2012)

2.2 การศึกษาเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาด้วยการวางแผนโครงการก่อสร้าง

2.2.1 การวางแผนโครงการ (Project Planning)

สำหรับกระบวนการวางแผนและควบคุมที่ทำอย่างต่อเนื่อง จะสามารถนำมาซึ่งมาตรฐานการทำงานที่สูงขึ้นดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเรียกว่า วัฏจักรของเดมมิง (Deming Cycle) อันประกอบไปด้วยกิจกรรมวางแผนสิ่งที่จะทำ นำแผนไปปฏิบัติ ตรวจสอบผลงานที่ทำได้จริงเทียบกับแผนที่ทำไว้ และหากเกิดความเบี่ยงเบนจากแผนที่วางไว้ก็ให้ทำการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนปฏิบัติงานใหม่ที่ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม

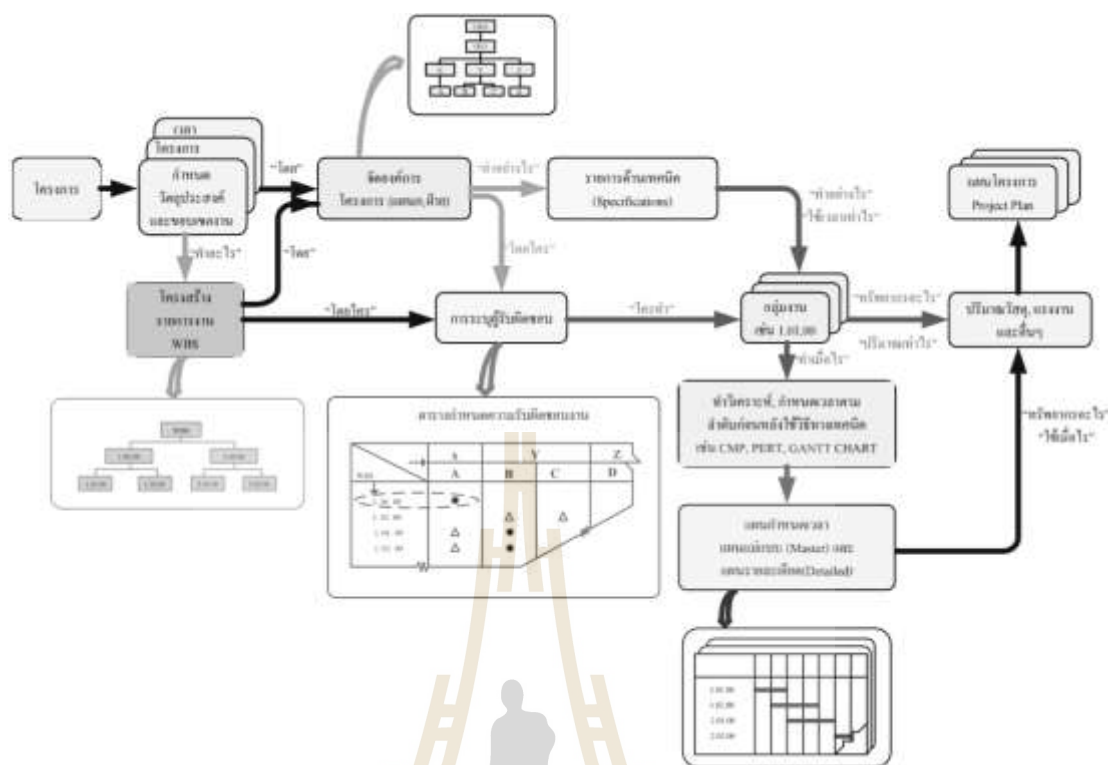


รูปที่ 2.1 วัฏจักรของเดมมิง (Deming Cycle)

โดยขั้นตอนการวางแผนนั้นจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการ วิธีการจัดการและวิธีทำงานต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมาย โดยการแตกโครงการออกเป็นกลุ่มงาน และงาน แล้วจึงกำหนดเวลาแต่ละงาน ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างงานโดยทีมบริหารโครงการจะกำหนดต้นทุนการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ สำหรับแต่ละงาน และรวมเป็นของทั้งโครงการ ทั้งนี้จะต้องให้ผู้รับผิดชอบในแต่ละกลุ่มงาน และในกรณีที่ต้องมีการพัฒนาวิธีการปฏิบัติที่จำเป็น ก็ต้องจัดทำไปในช่วงเวลาที่เหมาะสม รวมไปถึงการฝึกอบรมให้กับผู้ปฏิบัติด้วย สำหรับการจัดทำแผนงานโครงการมีขั้นตอนการจัดทำดังรูปที่ 2.2

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเมื่อโครงการได้ถูกกำหนดขึ้นอย่างชัดเจนแล้ว ไม่ว่าจะด้านวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่สอดคล้องกับนโยบายขององค์กร ตลอดจนความต้องการของลูกค้า ผู้บริหารโครงการจะต้องทำแผนโครงการในชั้นรายละเอียดคลี่ลงไปจนพร้อมที่จะนำไปปฏิบัติให้เป็นผลได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนและวิธีการจัดทำแผนโครงการ ที่มา: ปรับปรุงจาก Harold Kenzner (1989)

2.2.2 โครงสร้างรายการงาน (Work Breakdown Structure, WBS)

ในโครงการก่อสร้างหนึ่งๆ หากทีมบริหารโครงการเคยมีประสบการณ์ตรงในงานก่อสร้างที่มีลักษณะคล้ายๆกัน ก็อาจจะสามารถกำหนดงานที่ต้องทำได้อย่างถูกต้องโดยไม่ลำบากนัก โดยความชำนาญในลักษณะนี้อาจทำให้มองข้ามบางกิจกรรมที่ไม่มีในโครงการก่อนๆ แต่มีอยู่ในโครงการก่อสร้างที่กำลังวางแผนอยู่นี้ และหากกิจกรรมที่เพิกเฉยตกลงไปนี้มีความสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการด้วยแล้วก็จะสร้างปัญหาให้กับทีมบริหารโครงการได้อย่างคาดไม่ถึงทีเดียว

สำหรับงานในส่วนต่าง ๆ ผู้วางแผนสามารถวิเคราะห์กิจกรรมที่ต้องทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยระดับความละเอียดของกิจกรรมในแผนงานจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริหารงานก่อสร้าง ทั้งนี้การกำหนดกิจกรรมในรายละเอียดมากเกินไปจะทำให้แผนงานสับสนและสร้างความยุ่งยากในการควบคุมโดยเปล่าประโยชน์

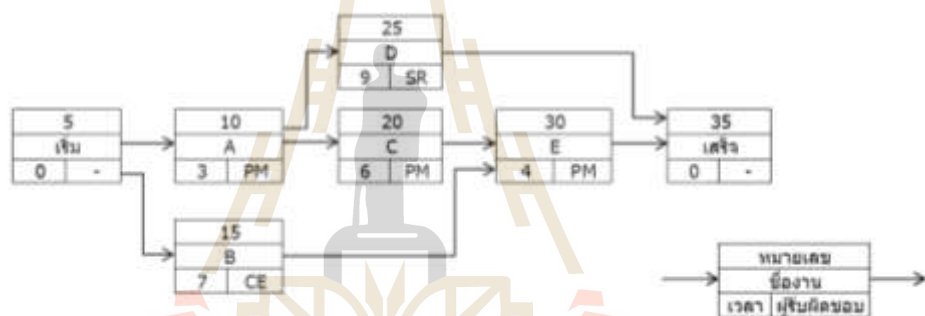
เมื่อรู้ว่ามิงานอะไรบ้างที่ต้องทำ ทีมบริหารโครงการก็จะมาวางแผนต่อว่าจะทำอย่างไร โดยศึกษาจากข้อกำหนดทางด้านเทคนิค แบบก่อสร้าง และข้อมูลสภาพหน้างาน ทั้งนี้เพื่อตอบคำถามต่อไปว่างานต่าง ๆ จะรับผิดชอบทำให้สำเร็จโดยใคร

2.2.3 การวางแผนกำหนดเวลาแบบสายงานวิกฤต (Critical Path Method)

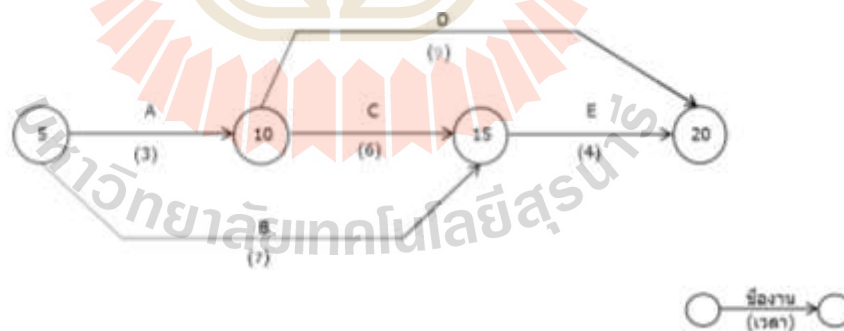
การวางแผนแบบ Critical Path Method หรือ CPM มีทำกันสองรูปแบบหลักได้แก่ แบบกิจกรรมบนลูกศร (Activity on arrow, AOA) และแบบกิจกรรมบนปม (Activity on node, AON) ซึ่งในปัจจุบันวิธีกิจกรรมบนลูกศรไม่นิยมใช้กันแล้ว โดยวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในการวางแผนกำหนดเวลาทั่วไปคือกิจกรรมบนปม หรือชื่อทางเทคนิคเรียกว่าแผนกำหนดเวลาแบบผังข่ายงานนำหน้า หรือ Precedence diagram method (PDM)

แผนกำหนดได้รับการพัฒนาและนำเวลา PDM ได้รับการเสนอโดย Prof. John W. Fondahl แห่งมหาวิทยาลัย Stanford ประเทศ สหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2504 โดยมีพื้นฐานมาจากการวางแผนกำหนดเวลาแบบ Critical path method แบบกิจกรรมบนลูกศร หากแต่มีลักษณะแตกต่างกันดังรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.1

แผนงาน PDM



แผนงาน CPM

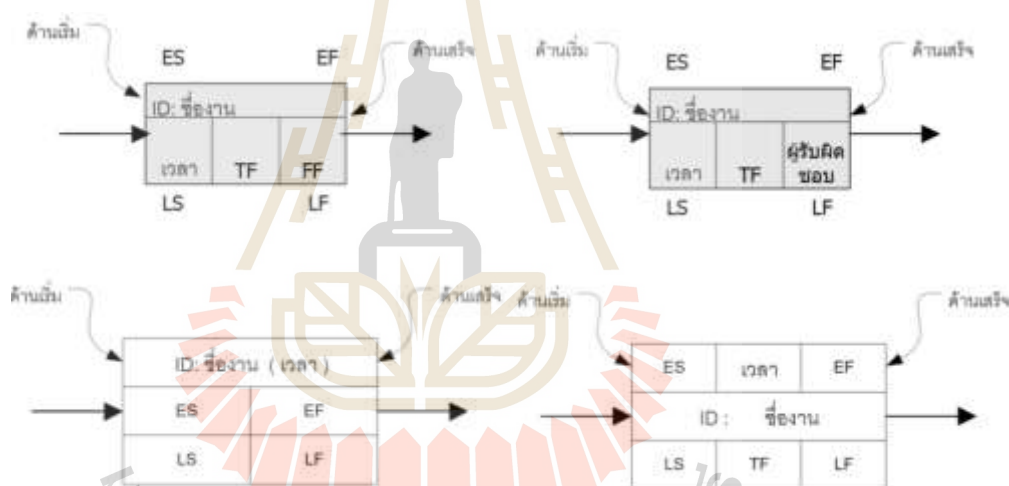


รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบรูปแบบแผนกำหนดเวลา CPM (AOA) และ PDM(AON)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบหลักการของแผนกำหนดเวลาแบบ PDM และ CPM

PDM	CPM
-ใช้ปมลูกศรแทนงาน (Activity on node) -ปมลูกศรจะแสดงเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของงานนั้นๆ -ใช้ลูกศรแทนความสัมพันธ์ระหว่างงานได้หลายแบบ	-ใช้ลูกศรแทนงาน (Activity on arrow) -ปมลูกศรจะใช้เพื่อกำหนดตัวเลขในการเรียกชื่องาน(ลูกศร)

จากข้อเปรียบเทียบข้างต้น หากพิจารณารูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นการแสดงตัวอย่างการใช้ปมลูกศรเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งแสดงรายละเอียดของงานได้ตามต้องการ



รูปที่ 2.4 ปมลูกศรแบบกรอบสี่เหลี่ยมแสดงค่าต่าง ๆ ของงาน

จากรูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ในกรอบสี่เหลี่ยมจะแทนค่าต่าง ๆ ซึ่งผู้วางแผนสามารถกำหนดให้แสดงได้ตามความเหมาะสม ดังนี้

- ES แสดงเวลาเริ่มงานเร็วที่สุด (Early Start)
- EF แสดงเวลางานแล้วเสร็จเร็วที่สุด (Early Finish)
- LS แสดงเวลาเริ่มงานช้าที่สุด (Late Start)
- LF แสดงเวลางานแล้วเสร็จช้าที่สุด (Late Finish)
- TF หรือ SLACK แสดงเวลาลอยตัว (Total Float)

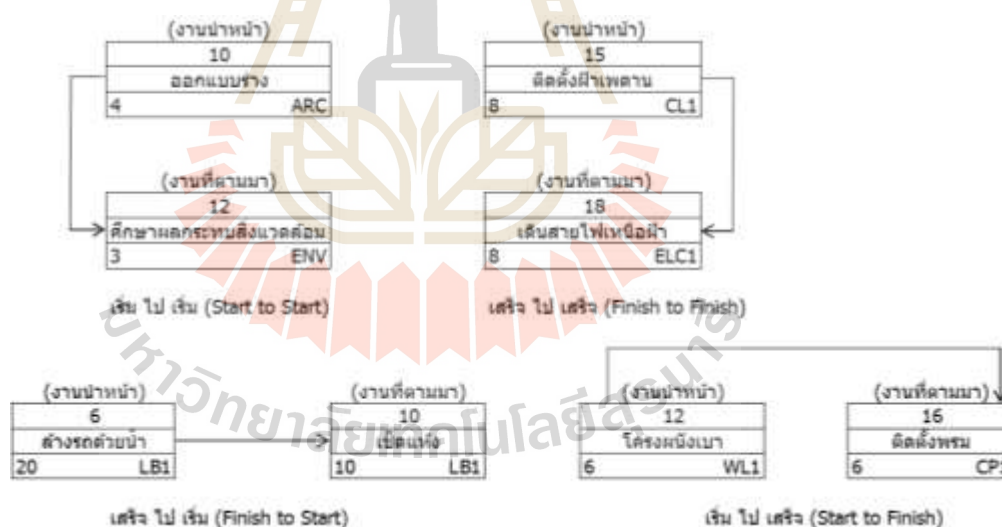
ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างงานในแผนกำหนดเวลา PDM

แผนกำหนดเวลาแบบ PDM จะมีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างงานได้หลายๆแบบ ตามสภาพความเป็นจริงในการดำเนินโครงการ โดยงานสองงานอาจมีความสัมพันธ์กันได้ดังนี้

- 1)เสร็จไปเริ่ม (Finish to Start, fs)
- 2)เริ่มไปเริ่ม (Start to Start, ss)
- 3)เสร็จไปเสร็จ (Finish to Finish, ff)
- 4)เริ่มไปเสร็จ (Start to Finish, sf)

โดยความสัมพันธ์ข้างต้น เขียนเป็นรูป PDM ได้ดังรูปที่ 2.5

นอกจากนี้ เราอาจจะกำหนดระยะเวลาตามหลัง (Lag) ระหว่างความสัมพันธ์ได้ โดย “Lag” เป็นเวลาที่ต้องใช้ไปก่อนที่จะเริ่มหรือเสร็จได้ตามความสัมพันธ์ปกติแล้วค่า “Lag” จะเป็นค่าบวก เรียกว่า “Positive Lag” แต่บางครั้งอาจมีค่าเป็นลบได้ เรียกว่า “Negative Lag” ซึ่งจะเพิ่มความยืดหยุ่นในการทำแผนกำหนดเวลามากขึ้น



รูปที่ 2.5 การเขียนความสัมพันธ์แบบต่างๆในแผนกำหนดเวลา PDM

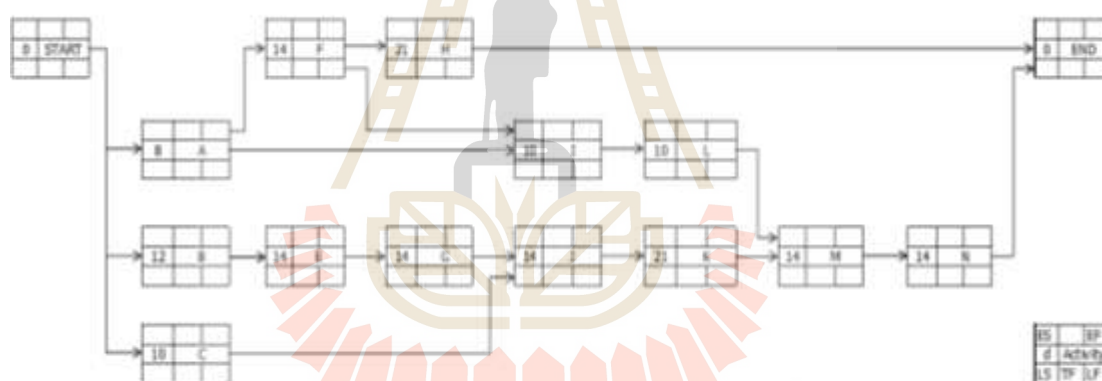
การเขียนแผนกำหนดเวลา PDM

การทำแผนกำหนดเวลาแบบนี้ จะเริ่มต้นจากงาน “เริ่ม (start)” ขึ้นใน และปิดท้ายแผนกำหนดเวลาด้วย “เสร็จ (end)” ต่างๆ จะถูกเขียนเพิ่มต่อจาก “เริ่ม” จนไปถึงงาน “เสร็จ” โดยมีหลักเกณฑ์การเขียนดังนี้

ก) แต่ละงานควรมีงานนำหน้าอย่างน้อย 1 งาน และมีงานที่ตามมาอย่างน้อย 1 งาน
ไม่ควรให้มีงานที่ไม่มีความสัมพันธ์กับงานอื่น โดยอยู่ในลักษณะห้อยอยู่
(dangling activity) ซึ่งผู้วางแผนควรหาทางผูกความสัมพันธ์กับงานใดงานหนึ่ง
ทั้งหน้าที่และหลัง โดยหากไม่มีจริงๆ ก็ให้ผูกความสัมพันธ์กับการเริ่มงาน
(start) และงานเสร็จ (end)

ข) พยายามลดความสัมพันธ์ส่วนเกิน (redundant relationship) โดยผู้วางแผนควร
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานเท่าที่จำเป็นเท่านั้น เพราะจะทำให้เกิดความ
สับสนในการคำนวณและยุ่งยากมากขึ้นในการวิเคราะห์แผนกำหนดเวลาด้วย

เมื่อได้สร้างแผนกำหนดเวลา PDM และกำหนดความสัมพันธ์ต่าง ๆ ตามกำหนด
แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการวิเคราะห์เวลาต่าง ๆ ในแผนงาน PDM โดยพิจารณาจากตัวอย่างตามรูปที่
2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างแผนกำหนดเวลา PDM ของโครงการขนาดเล็ก

การวิเคราะห์แผนกำหนดเวลา PDM

ในการวิเคราะห์เวลาต่าง ๆ ของแผนกำหนดเวลา PDM ตามรูป ซึ่งเป็นแผน
กำหนดเวลาที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแบบเดียว คือ “เสร็จ ไป เริ่ม” ซึ่งอาจเรียกว่าการ
วางแผนกำหนดเวลาสายงานวิกฤต (Critical path method) แบบกิจกรรมบนปม (activity on node)
สามารถทำได้ตามหลักเกณฑ์การคำนวณ ดังต่อไปนี้

- ก) กรณีความสัมพันธ์แบบเดียว (fs) ไม่มีเวลารอคอย (Without lag)
 - การคำนวณหาไป (Forward pass)

ผลการคำนวณหาไปจากงานแรก (งาน “เริ่ม” หรือ “START”) ไปจนถึงงานสุดท้าย (งาน “เสร็จ” หรือ “END”) จะได้ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งแสดงกำหนดเวลา เริ่มเร็วที่สุด (ES) และเสร็จเร็วที่สุด (EF) ของทุกงานโดยมีวิธีการดังนี้

เวลาเริ่มโครงการของกิจกรรม START เท่ากับ 0 (หมายถึง สิ้นวันที่ 0 หรือ เริ่มวันที่ 1)

กำหนดเริ่มเร็วที่สุด $ES (START) = 0$

ค่ากำหนดเสร็จเร็วที่สุด (EF) ของกิจกรรม START หาได้จาก

$$EF = ES + d$$

โดย “d” คือเวลาของกิจกรรม $START = 0$

ดังนั้น $EF (START) = 0 + 0 = 0$

ค่า ES ของงานที่ตามมา (Successor) จะเท่ากับค่า EF ของงานนำหน้า (Predecessor) ตามความสัมพันธ์ “เสร็จ ไป เริ่ม” ซึ่งหมายถึง งานนำหน้าเสร็จ งานตามหลังจึงเริ่ม ซึ่งสามารถคำนวณค่า ES และ EF ของงานต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$ES (A) = EF (START) = 0$$

$$EF (A) = ES (A) + d (A)$$

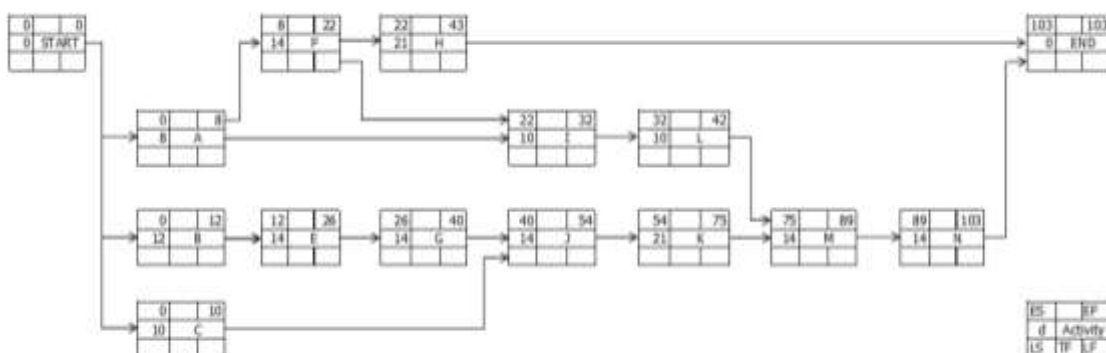
$$= 0 + 8 = 8$$

สำหรับงานที่มีงานนำหน้ามากกว่าหนึ่งงานนั้น จะเริ่มได้ก็ต่อเมื่องานนำหน้าทั้งหมดแล้วเสร็จก่อน ดังนั้นค่า ES จึงต้องเท่ากับค่า EF ที่มากที่สุดของงานนำหน้าทั้งหมด เช่นงาน I

$$ES (I) = \text{ค่ามากที่สุดของ } EF (A), EF (F)$$

$$= 22$$

$$EF (I) = 22 + 10 = 32$$



รูปที่ 2.7 ค่า ES และ EF ของทุกงานในแผนกำหนดเวลาหลังการคำนวณหาไป (Forward pass)

สำหรับงานอื่น ๆ สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกันจนถึงงานสุดท้าย (END) จะได้ค่า EF เท่ากับ 103 ซึ่งหมายความว่า โครงการนี้ต้องใช้เวลาดำเนินการ 103 วัน และเราจะถือค่าเวลา 103 วันนี้เป็นกำหนดเสร็จช้าที่สุด (LF) ของโครงการ ซึ่งจะใช้ในการคำนวณจากกลับ เพื่อหาค่ากำหนดเวลาเสร็จช้าที่สุด (LF) และกำหนดเวลาเริ่มช้าที่สุด (LS) ของทุกงานต่อไป

- การคำนวณจากกลับ (Backward pass)

การคำนวณจากกลับจะเริ่มตั้งแต่การหา LS ของงานสุดท้าย (โดย $LS = LF - d$) แล้วคำนวณย้อนหลังไปหางานแรก โดยค่า LF ของงานนำหน้า (Predecessor) จะเท่ากับค่า LS ที่น้อยที่สุดของงานที่ตามมา (Successor) ทั้งหมด (หากมีงานที่ตามมามากกว่าหนึ่งงาน) ดังแสดงในรูป 2.8 ซึ่งมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

เริ่มคำนวณจากกลับจากงานสุดท้าย

$$LF (END) = 103$$

$$LS (END) = 103 - 0 = 103$$

ไล่ไปทำงานนำหน้าของงานสุดท้าย

$$LF (N) = LS (END) = 103$$

$$LS (N) = LF (N) - d (N)$$

$$= 103 - 14 = 89$$

สำหรับงานอื่น ๆ คำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้ในกรณีงานที่มีงานที่ตามมามากกว่าหนึ่ง เช่นงาน “F” ต้องเลือกค่า LS น้อยที่สุดของงานที่ตามมาดังนี้

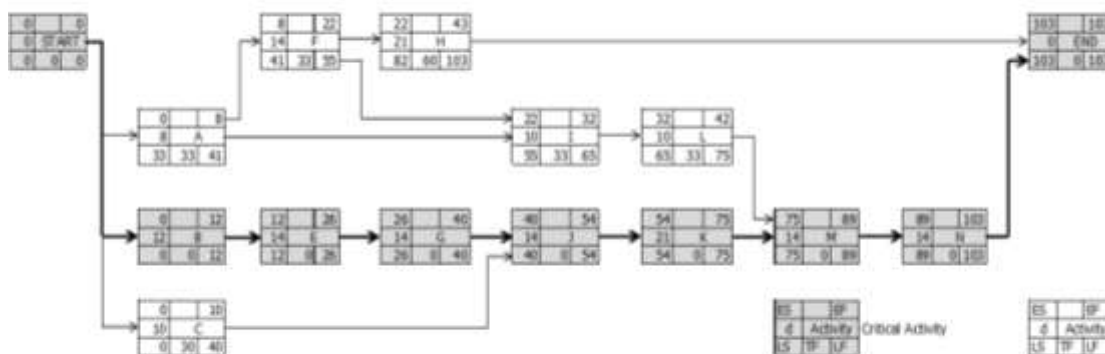
$$LF (F) = \text{ค่าน้อยที่สุดของ } LS (H) \text{ และ } LS (I)$$

$$= LS (I) = 55$$

$$LS (F) = LF (F) - d (F)$$

$$= 55 - 14 = 41$$

เมื่อคำนวณจากกลับครบทุกงานจะได้แผนกำหนดเวลา ที่คำนวณกำหนดเวลาเริ่มเร็วที่สุด (ES) เสร็จเร็วที่สุด (EF) เริ่มช้าที่สุด (LS) และเสร็จช้าที่สุด (LF) ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งได้แสดงค่าเวลาลอยตัว (Total float) ไว้ด้วย



รูปที่ 2.8 ค่า LS และ LF ของทุกงานหลังการคำนวณขากลับ (Backward pass)

เวลาลอยตัว หรือ Total Float (TF) หมายถึงค่าเวลาที่งานใดๆจะเสร็จช้ากว่ากำหนดเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด (EF) ได้โดยไม่ทำให้กำหนดเวลาโครงการต้องเลื่อนออกไป ในการคำนวณทำได้ดังนี้

$$TF = LS - ES = d$$

เช่นงาน “A” ,

$$TF(A) = LS(A) - ES(A) - d(A)$$

$$= 41 - 0 - 8 = 33$$

ในที่นี้ให้ความหมายได้ว่างาน A จะเสร็จช้ากว่ากำหนดเสร็จเร็วที่สุด (สิ้นวันที่ 8) ได้ไม่เกิน 33 วัน โดยระยะเวลาโครงการคงเท่าเดิม (103 วัน) หาก A เสร็จช้ากว่า EF (A) 34 วัน ระยะเวลาโครงการจะเพิ่มขึ้น 1 วัน เป็น 104 วัน ด้วยเป็นต้น

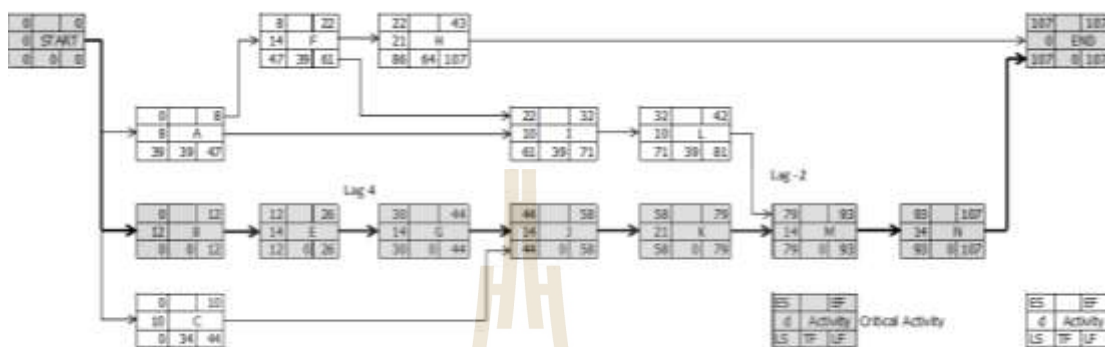
กรณีสาน “B” มีค่า $TF(B) = 0$

หมายความว่าหากงาน “B” แล้วเสร็จช้า หรือเสร็จเร็วกว่า ES (กำหนดเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด) จะส่งผลให้กำหนดแล้วเสร็จของโครงการ ช้า หรือ เร็ว ไปเท่าๆกัน ด้วย เราเรียกงานลักษณะนี้ว่า “งานวิกฤต (Critical activity)” และสายงานที่ต่อเชื่อมงานวิกฤตเรียกว่า “สายงานวิกฤต (Critical Path)” ซึ่งเป็นสายงานที่มีระยะเวลายาวที่สุด (Longest path) โดยระยะเวลายาวที่สุดนี้คือ ระยะเวลาโครงการ (Project duration) นั่นเอง

ข) กรณีความสัมพันธ์แบบเฉี่ยว (fs) มีเวลารอคอย (With lag)

ในกรณีความสัมพันธ์ระหว่างงานมีค่าเวลารอคอย (lag) รวมอยู่ด้วย การวิเคราะห์ค่าเวลาต่างๆสามารถทำได้โดยใช้หลักการเดียวกันกับวิธีข้างต้น เพียงแต่การคำนวณหาไปจะต้องบวกค่าเวลารอคอยเข้าไปด้วย และในการคำนวณขากลับจะต้องหักลบเวลารอคอยออกด้วย โดยหากค่าเวลารอคอยเป็นลบ (negative lag) ก็ให้บวกกลับตามเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ ดัง

ตัวอย่างแผนการกำหนดเวลา PDM ในรูปที่ 2.9 ซึ่งจะเห็นค่าเวลารอคอย (lag) เท่ากับ +4 วัน จากงาน “E” ไป “G” และเท่ากับ -2 วัน จากงาน “L” ไป “M” โดยการคำนวณหาไป และขากลับระหว่างงานเหล่านั้นทำดังนี้



รูปที่ 2.9 แผนกำหนดเวลา PDM ที่มีค่าเวลารอคอย (lag) รวมอยู่ด้วย

- การคำนวณหาไป (Forward pass)

จากงาน “E” ไป “G”

$$EF(E) = 26$$

$$\begin{aligned} ES(G) &= EF(E) + \text{Lag} \\ &= 26 + (+4) = 30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EF(G) &= ES + d \\ &= 30 + 14 = 44 \end{aligned}$$

จากงาน “L” ไป “M”

$$\begin{aligned} ES(M) &= \text{ค่ามากที่สุดระหว่าง } [(EF(L) + \text{Lag}), EF(K)] \\ &= \text{ค่ามากที่สุดระหว่าง } [(42 + (-2)), 79] \\ &= \text{ค่ามากที่สุดระหว่าง } [40, 79] = 79 \end{aligned}$$

$$EF(M) = 79 + 14 = 93$$

- การคำนวณหากลับ (Backward pass)

จากงาน “M” ไป “L”

$$LS(M) = 79$$

$$\begin{aligned} LF(L) &= LS(M) - \text{Lag} \\ &= 79 - (-2) = 79 + 2 = 81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LS(L) &= LF(L) - d \\ &= 81 - 10 = 71\end{aligned}$$

จากงาน “G” ไป “E”

$$LS(G) = 30$$

$$\begin{aligned}LF(E) &= LS(G) - \text{Lag} \\ &= 30 - (+4) = 30 - 4 = 26\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LS(E) &= LF(E) - d \\ &= 26 - 14 = 12\end{aligned}$$

ค) กรณีความสัมพันธ์หลายแบบ มีเวลารอคอย (With lag)

แผนกำหนดเวลา PDM ข้างต้นจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานแบบเดียวคือ “เสร็จ ไป เริ่ม” แต่ในการดำเนินงานโครงการจริงๆนั้น ความสัมพันธ์อาจมีมากกว่าหนึ่งแบบ เช่น “เสร็จไปเริ่ม” “เริ่มไปเริ่ม” “เสร็จไปเสร็จ” เป็นต้น ซึ่งในการวิเคราะห์เวลาจะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์นี้ รวมถึงเวลารอคอยด้วย สำหรับตัวอย่างแผนกำหนดเวลาที่มีความสัมพันธ์หลายแบบ และ ค่าเวลารอคอย ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งมีจุดที่ควรพิจารณาในการวิเคราะห์เวลาดังนี้

- การคำนวณหาไป (Forward pass)

จาก “C” ไป “D” ความสัมพันธ์แบบ “ss” Lag +7

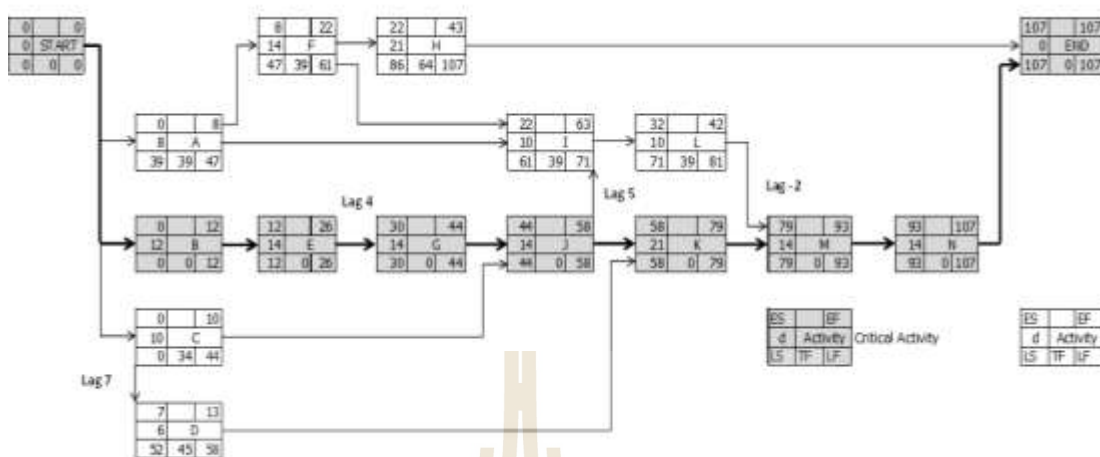
$$ES(C) = 0$$

$$ES(D) = ES(C) + \text{Lag} = 0 + 7 = 7$$

$$EF(D) = ES(D) + d = 7 + 6 = 13$$

จาก “J” ไป “I” ความสัมพันธ์แบบ “ff” Lag +5

$$ES(I) = \text{ค่ามากที่สุด } [EF(A), EF(F)] = 22$$



รูปที่ 2.10 แผนกำหนดเวลาที่มีความสัมพันธ์หลายแบบ ที่มีค่าเวลารอคอย (With lag)

เนื่องจากความสัมพันธ์แบบ “เสร็จไปเสร็จ(ff) จาก “J” ไป “I” โดยมีเวลารอคอยเท่ากับ +5 วัน หมายความว่า งาน “I” จะเสร็จได้หลังจากงาน “J” เสร็จ 5 วัน ดังนั้น

$$\begin{aligned} EF(I) &= \text{ค่ามากที่สุด} [(ES(I)+d, EF(J)+Lag)] \\ &= \text{ค่ามากที่สุด} [(22+10), (58+5)] \\ &= 63 \end{aligned}$$

สำหรับงานอื่น ๆ สามารถคำนวณหาไปโดยใช้หลักการเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้ในการคำนวณกลับมีจุดที่ควรพิจารณาต่อไปนี้

- การคำนวณกลับ (Backward pass)
จาก “I” ไป “J”

$$\begin{aligned} LF(J) &= \text{ค่าน้อยที่สุด} [LS(K), (LF(I)-Lag)] \\ &= \text{ค่าน้อยที่สุด} [58, (71-5)] = 58 \\ &= 79 - (-2) = 79+2 = 81 \end{aligned}$$

$$LS(J) = LF(J) - d = 81 - 14 = 67$$

จาก “D” ไป “C” ความสัมพันธ์แบบ “ss” Lag +7

เนื่องจากความสัมพันธ์แบบ “เริ่มไปเริ่ม” จาก “C” ไป “D” โดยมีค่าเวลารอคอย 7 วัน ซึ่งทำการคำนวณกลับ ตรรกะของความสัมพันธ์จะต้องเป็นจริงตามนี้ด้วย ดังนั้น

$$\begin{aligned} LS(C) &= \text{ค่าน้อยที่สุด} [(LF(C) - d), (LS(D) - Lag)] \\ &= \text{ค่าน้อยที่สุด} [(44-10), (52-7)] = 34 \end{aligned}$$

สำหรับการคำนวณค่ากำหนดเวลาของงานอื่น ๆ ก็ใช้หลักการเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้การวิเคราะห์เวลาข้างต้น ผู้ทำควรมีความเข้าใจในเรื่องตรรกะของความสัมพันธ์หลายแบบในแผนกำหนดเวลา รวมถึงการคำนึงถึงค่าเวลารอคอยที่กำหนดไว้ด้วย

ง) การคำนวณเวลาลอยตัว (Total Float) ใน PDM

ค่าเวลาลอยตัวจะบอกถึงเวลาที่ทำงานใดๆ จะช้าออกไป โดยไม่ทำให้กำหนดแล้วเสร็จของโครงการต้องล่าช้าออกไป ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$TF_A : LF_A - d_A - ES_A$$

โดย TF_A : เวลาลอยตัวของงาน A

LF_A : เวลาเสร็จช้าที่สุดของงาน A

d_A : ระยะเวลาของงาน A

ES_A : เวลาเริ่มเร็วที่สุดของงาน A

งานที่มีค่าเวลาลอยตัวเป็นศูนย์คืองานวิกฤต และสายงานที่ต้องงานเหล่านี้คือสายงานวิกฤต (Critical path) จากแผนกำหนดเวลาที่ได้ค่า ES, EF, LS, LF แล้ว จึงสามารถคำนวณเวลาลอยตัวของทุกงานได้ดังตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 เวลาลอยตัว (Total Float)

ลำดับ	กิจกรรม	d	ES	EF	LS	LF	เวลาลอยตัว	วิกฤต
1	A	12	0	12	6	18	$18-12-0=6$	
2	B	8	0	8	0	8	$8-8-0=0$	✓
3	C	8	12	20	18	26	$26-8-12=6$	
4	D	15	11	26	11	26	$26-15-11=0$	✓
5	E	15	8	20	14	26	$26-12-8=6$	

ในแผนกำหนดเวลา PDM เวลาของแต่ละกิจกรรมจะใช้ค่าเฉลี่ยมาคำนวณ เช่น งาน A ใช้เวลา 12 วัน ซึ่งในความเป็นจริงอาจใช้เวลาเพียง 8 วัน หรือบางครั้งอาจใช้เวลาถึง 16 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนั้นโครงการที่ระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการสำคัญมากๆ จึงต้องนำค่าเวลาทั้งสามคือ น้อยที่สุด มากที่สุด และเวลาที่ส่วนใหญ่ที่เป็น มาคำนวณเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ซึ่งในกรณีนี้แผนกำหนดเวลาแบบ PDM จะเรียกว่า PERT

2.2.4 การวางแผนกำหนดเวลาแบบ PERT

สำหรับการวางแผนกำหนดเวลา บางครั้งเวลาที่ต้องการในแต่ละกิจกรรม อาจไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน ซึ่งทำให้ต้องกำหนดเป็นช่วงซึ่งปกติจะบอกสามค่าได้แก่

เวลาเร็วที่สุด (Optimistic Time, T_o)

เวลาช้าที่สุด (Pessimistic Time, T_p)

เวลาส่วนใหญ่ (Most Likely Time, T_m)

ซึ่งจะต้องมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ย หรือเวลาประมาณการ (Estimated Time, T_e) โดยใช้หลักทางสถิติดังนี้

$$T_e = \frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

โดยค่า T_e นี้ จะถือว่าเป็นเวลาที่มีโอกาสเกิดทางสถิติเท่ากับร้อยละ 50 เมื่อได้คำนวณโดยใช้ค่า T_e ของแต่ละงานคำนวณเวลาในแผนกำหนดเวลาแบบ PDM แล้วเราจะสามารถใช้วิธีทางสถิติมาวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ที่โครงการแล้วเสร็จในระยะเวลาต่าง ๆ ซึ่งจะมีประโยชน์ในโครงการที่ต้องพิจารณาความเสี่ยงเป็นปัจจัยสำคัญด้วย เราเรียกเทคนิคการวางแผนชนิดนี้ว่า PERT ซึ่งย่อมาจาก “Program Evaluation and Review Technique” เช่นในโครงการด้านวิจัยและพัฒนา โครงการด้านอวกาศ เป็นต้น โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยการวางแผนกำหนดเวลาแบบ PDM หรือ PERT ทำได้สะดวกขึ้น แต่อย่างไรก็ดี ผู้ใช้งานยังคงต้องมีความรู้ด้านทฤษฎีเป็นพื้นฐานอยู่พอสมควร (วิสูตร จิระคำแก, 2554)

2.2.5 การกำหนดแผนงานเครือข่าย CPM/PERT เป็นการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น

เริ่มแรกเราจะมองไปที่การกำหนดโปรแกรมเชิงเส้นของรูปแบบเครือข่าย CPM/PERT ทั่วไป แล้วจึงกำหนดแผนเครือข่ายเร่งรัดโครงการ ขั้นตอนแรกของการกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นของเครือข่าย CPM / PERT คือเขียนแผนกิจกรรมบนลูกศร (Activity on arrow, AOA) และในการกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น เราจะกำหนดตัวแปรตัดสินใจในการพิจารณาเครือข่าย CPM / PERT โดยใช้ AOA เรากำหนดกิจกรรมโดยใช้จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดด้วยหมายเลขโหนด ดังนั้นกิจกรรมเริ่มต้นที่โหนด 1 และสิ้นสุดที่โหนด 2 ก็จะเรียกว่ากิจกรรมที่

1 → 2 และจะใช้การกำหนดที่คล้ายกันในการกำหนดตัวแปรตัดสินใจของรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น

การใช้กำหนดการบนตารางเวลาที่แตกต่างกัน แทนการกำหนดเวลาที่เร็วที่สุดใน การเริ่มต้นกิจกรรมแต่ละกิจกรรม เราจะใช้เวลาของกิจกรรมที่เริ่มต้นก่อนในแต่ละโหนด เป็นเวลา ที่เร็วที่สุดที่โหนด (i หรือ j) สามารถรับรู้ ในทางกลับกันก็เป็นตัวแทนของเวลาที่เร็วที่สุดในแต่ละ โหนด หรือว่าความสำเร็จของกิจกรรมทั้งหมดที่นำเข้ามาสู่ หรือจุดเริ่มต้นของกิจกรรมทั้งหมด ออกจากมันสามารถเกิดขึ้นได้ ดังนั้นสำหรับกิจกรรม $i \rightarrow j$ เวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมโหนด i จะเป็น X_i และเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมโหนด j จะเป็น X_j

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นคือการลดระยะเวลา รวมของโครงการ

วัตถุประสงค์ของเครือข่ายโครงการคือการกำหนดเวลาที่เร็วที่สุดเท่าที่โครงการจะ แล้วเสร็จ (เช่นเวลาเส้นทางสายวิกฤต) เราได้พิจารณาจากการวิเคราะห์ เครือข่าย CPM / PERT ว่า เวลาเสร็จสิ้นที่เร็วที่สุดของโหนดสุดท้ายในเครือข่ายเท่ากับเวลาเส้นทางสายวิกฤต ถ้าเราให้ x_i เท่ากับเวลาที่เร็วที่สุดของโหนดในเครือข่าย และฟังก์ชันวัตถุประสงค์สามารถแสดงเป็น

$$\text{minimize } Z = \sum_i x_i$$

เพราะค่าของ Z คือผลรวมของเวลาที่เร็วที่สุดในแต่ละโหนด

ต่อไปเราจะต้องพัฒนา รูปแบบข้อจำกัด เราจะกำหนดเวลาสำหรับกิจกรรม $i \rightarrow j$ as t_{ij} (ตามที่เราก่อนหน้านี้) จากการพิจารณาวิเคราะห์เครือข่าย CPM / PERT ก่อนหน้านี้ เราพบว่าความแตกต่างระหว่างเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดที่โหนด j และเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุด ที่โหนด i อย่างน้อยต้องสำคัญเท่ากับเวลาของกิจกรรม t_{ij} ชุดของข้อจำกัดที่แสดงออกถึงเงื่อนไขนี้ ถูกกำหนดให้เป็น

$$x_j - x_i \geq t_{ij}$$

การเขียนโปรแกรมเชิงเส้นแบบทั่วไปของเครือข่าย CPM / PERT สามารถสรุปได้ ดังนี้

$$\text{minimize } Z = \sum_i x_i$$

subject to

$$x_j - x_i \geq t_{ij}, \text{ for all activities } i \rightarrow j$$

$$x_i, x_j \geq 0$$

โดยที่

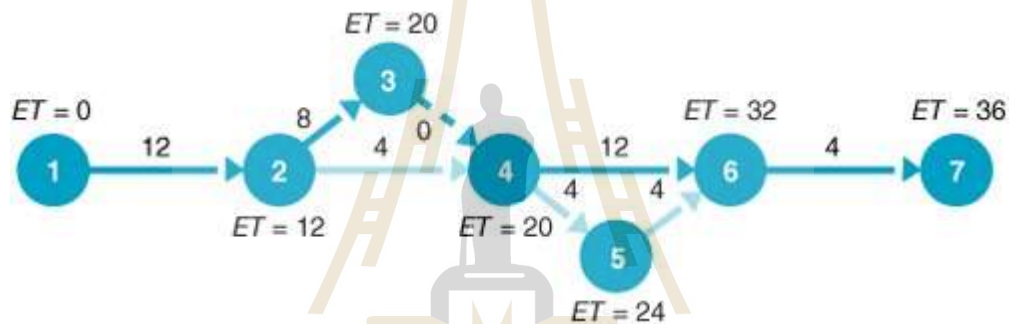
x_i = earliest event time of node i

x_j = earliest event time of node j

t_{ij} = time of activity $i \rightarrow j$

การแก้ปัญหาของการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นแบบนี้จะแสดงเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมแต่ละโหนดในเครือข่ายและระยะเวลาโครงการ

ตัวอย่างของการกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นและการแก้ปัญหาของเครือข่ายโครงการ เราจะใช้เครือข่ายสร้างบ้านในการแสดงแบบจำลองโครงการ เครือข่ายนี้มีเวลาของกิจกรรมเป็นสัปดาห์และเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรมจะแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เครือข่าย CPM / PERT สำหรับโครงการสร้างบ้านด้วยเวลาที่เร็วที่สุดของกิจกรรม

รูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับเครือข่ายในรูปที่ 2.11 คือ

$$\text{minimize } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

subject to

$$x_2 - x_1 \geq 12$$

$$x_3 - x_2 \geq 8$$

$$x_4 - x_2 \geq 4$$

$$x_4 - x_3 \geq 0$$

$$x_5 - x_4 \geq 4$$

$$x_6 - x_4 \geq 12$$

$$x_6 - x_5 \geq 4$$

$$x_7 - x_6 \geq 4$$

$$x_i, x_j \geq 0$$

ข้อสังเกตในรูปแบบนี้คือ มีข้อจำกัดในแต่ละกิจกรรมในเครือข่าย

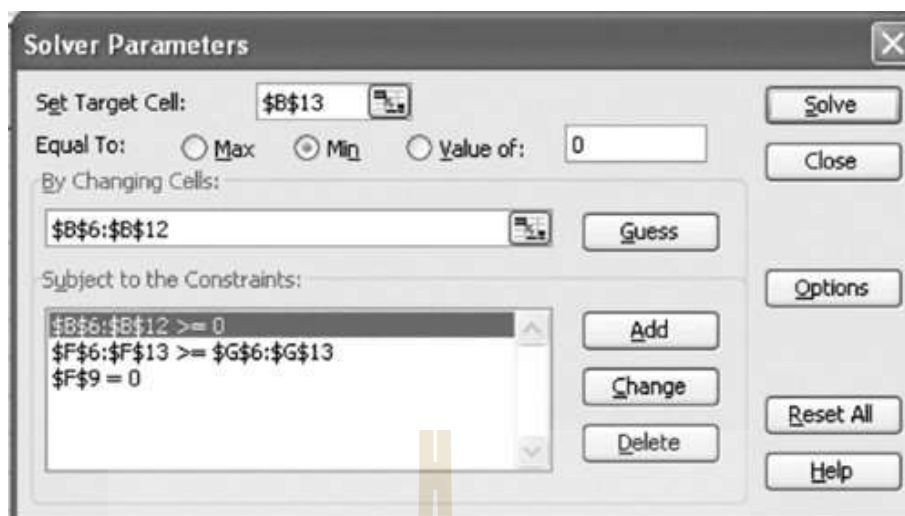
วิธีการแก้ปัญหของ CPM / PERT แบบจำลองเชิงเส้นด้วยโปรแกรม Excel

รูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นของเครือข่าย CPM / PERT ในส่วนก่อนหน้านี้ช่วยให้เราสามารถใช้ Excel เพื่อทำการกำหนดการของโครงการ ตามรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นกระดานคำนวณ Excel ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อตรวจสอบเวลาที่เร็วที่สุดสำหรับแต่ละโหนดคือ X_i และ X_j ค่าในรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น เช่นตัวอย่างสร้างบ้าน เวลาเริ่มต้นที่เร็วที่สุดอยู่ในเซลล์ B6: B12 เซลล์ F6: F13 มีรูปแบบข้อจำกัด ยกตัวอย่างเช่นเซลล์ F6 มีสูตรข้อจำกัด = B7-B6 และเซลล์ F7 มีสูตรข้อจำกัด = B8-B7 ข้อจำกัดเหล่านี้จะถูกตั้งค่าเป็นจำนวน $\geq$ เวลาของกิจกรรมในคอลัมน์ G เมื่อเราเข้าถึงโปรแกรมเสริม Solver (ด้วยว่ากิจกรรมที่ 3 $\rightarrow$ 4 เป็นกิจกรรมหุ่น ข้อจำกัดสำหรับ F9 = 0 จะต้องเพิ่มเข้าไปใน Solver ด้วย)

Node	Earliest Event Time	Activity Node	Activity Node	Activity Time	Network Activity Time
1		1	2	0	12
2		2	3	0	8
3		3	4	0	6
4		4	5	0	9
5		5	6	0	4
6		6	7	0	12
7		7	8	0	6
8		8	9	0	6

รูปที่ 2.12 การกำหนดระยะเวลาโครงการบนกระดานคำนวณ Excel

Solver เข้าถึงได้จากเมนู "เครื่องมือ" ตั้งอยู่ที่ด้านบนของ Spreadsheet หน้าต่าง Solver พารามิเตอร์ที่มีข้อมูลรูปแบบการแสดงในรูปที่ 2.13 ขอให้สังเกตว่ามีวัตถุประสงค์คือเพื่อลดระยะเวลาโครงการใน เซลล์ B13 ซึ่งอันที่จริงมีเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดสำหรับโหนด 7



รูปที่ 2.13 หน้าต่างเมนู Solver

การแก้ปัญหาแสดงในรูปที่ 2.14 ขอให้สังเกตว่าเวลาที่เร็วที่สุดในแต่ละโหนดที่ให้ในเซลล์ B6: B12 และระยะเวลาโครงการรวมเป็น 36 สัปดาห์ การประมวลผลที่ได้นี้ไม่ได้ระบุเส้นทางสายวิกฤต เส้นทางสายวิกฤตจะถูกกำหนดโดยการเข้าถึง Sensitivity Report สำหรับปัญหานี้ให้คลิกที่ "แก้ไข" จาก Solver จากนั้นจอ Solver ขึ้นมาแสดงวิธีการแก้ปัญหา และหน้าจอนี้ยังสามารถสร้างรายงานที่แตกต่างกันหลายชนิด รวมถึง Answer Report และ Sensitivity Report เมื่อเราคลิกที่ "Sensitivity" ได้ตัวเลือก Report Option ตามข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 2.14

Activity	Earliest Event Time	Activity Node	Activity Time
1	0	1	12
2	12	2	8
3	20	3	4
4	20	4	9
5	24	5	4
6	32	6	12
7	36	7	4

รูปที่ 2.14 การแสดงผลการแก้ปัญหามนกระดาคำนวณ Excel

Constraints						
Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$F\$6	Time	12	1	12	1E+30	12
\$F\$7	Time	8	1	8	1E+30	4
\$F\$8	Time	8	0	4	4	1E+30
\$F\$9	Time	0	1	0	1E+30	4
\$F\$10	Time	8	0	4	4	1E+30
\$F\$11	Time	12	1	12	1E+30	4
\$F\$12	Time	4	0	4	4	1E+30
\$F\$13	weeks Time	4	1	4	1E+30	36

Indicates critical path

รูปที่ 2.15 การแสดง Shadow Price ใน Sensitivity Report

ข้อมูลที่เราสนใจคือ Shadow Price สำหรับแต่ละข้อ จำกัด กิจกรรม (สามารถเลือกดู Shadow Price ใน Sensitivity Report จะต้องคลิกที่ "Options" จาก Solver และจากนั้นเลือก "Assume Linear Model" การแก้ปัญหาการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น โดย Excel) ราคาเงา สำหรับแต่ละกิจกรรมจะเป็น 1 หรือ 0 ราคาเงาในเชิงบวกของ 1 สำหรับกิจกรรมหมายความว่า คุณสามารถลดระยะเวลาโครงการโดยรวมตามจำนวนเงินที่มีการลดลงสอดคล้องกันด้วยจำนวนเดียวกันในช่วงระยะเวลากิจกรรม และราคาเงา เป็น 0 หมายความว่าระยะเวลาโครงการจะไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนระยะเวลากิจกรรมโดยใช้เงิน ซึ่งหมายความว่ากิจกรรมที่มีราคาเงาเป็น 1 อยู่บนเส้นทางสายวิกฤต เซลล์ F6, F7, F9, F11 และ F13 มีราคาเงาเป็น 1 และอ้างอิงกลับไปดังรูปที่ 2.14 เราจะเห็นว่าเซลล์เหล่านี้สอดคล้องกับกิจกรรม $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$, $4 \rightarrow 6$ และ $6 \rightarrow 7$ ซึ่งเป็นกิจกรรมบนเส้นทางสายวิกฤต

การเร่งรัดโครงการโดยการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น

รูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นที่จำเป็นในการดำเนินการวิเคราะห์ เพื่อเร่งรัดโครงการ แตกต่างจากรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นสูตรสำหรับเครือข่าย CPM / PERT ทั่วไป ซึ่งแสดงในส่วนก่อนหน้านี้ รูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับเร่งรัดโครงการ คือค่อนข้างยาวและซับซ้อนมากขึ้น

วัตถุประสงค์สำหรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นทั่วไปคือการลดระยะเวลาโครงการ แต่วัตถุประสงค์ของการเร่งรัดโครงการ คือการลดค่าใช้จ่ายของการทำงานที่มีข้อจำกัดในแต่ละกิจกรรมซึ่งสามารถเร่งรัดได้เท่าใด เป็นผลให้การกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิง

เส้นโดยทั่วไปจะต้องขยายไปถึงระยะเวลาที่ลดลงและค่าใช้จ่าย เราจะยังคงกำหนดเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดของกิจกรรม $i \rightarrow j$ เป็น x_i และ x_j นอกจากนี้เราจะกำหนดปริมาณของเวลาในแต่ละกิจกรรม $i \rightarrow j$ ดังนั้นตัวแปรการตัดสินใจจะถูกกำหนดเป็น

x_i = earliest event time of node i

x_j = earliest event time of node j

y_{ij} = amount of time by which activity $i \rightarrow j$ is crashed (i.e., reduced)

วัตถุประสงค์ของการเร่งรัดโครงการ คือการลดระยะเวลาโครงการและเกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด สำหรับเครือข่ายการสร้างบ้านพักชั้นวัตถุประสงค์เขียนเป็น

$$\text{minimize } Z = \$400 y_{12} + 500 y_{23} + 3,000 y_{24} + 200 y_{45} + 7,000 y_{46} + 200 y_{56} + 7,000 y_{67}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นค่าใช้จ่ายในกิจกรรมที่เร่งรัดต่อสัปดาห์จากตารางที่ 2.3 ตัวแปร y_{ij} ระบุจำนวนสัปดาห์ที่จะลดลงของแต่ละกิจกรรม ตัวอย่างเช่นถ้ากิจกรรมที่ $1 \rightarrow 2$ ซึ่งสามารถเร่งรัดได้ 2 สัปดาห์ แล้ว $y_{12} = 2$ และเกิดค่าใช้จ่ายขึ้น \$ 800

รูปแบบข้อจำกัดจะต้องระบุข้อจำกัดของระยะเวลาที่แต่ละกิจกรรมสามารถเร่งรัดได้ การใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายในกิจกรรมที่เร่งรัดต่อสัปดาห์ช่วยให้เราสามารถพัฒนาไปตั้งข้อจำกัดได้ดังนี้

$$: y_{12} \leq 5, y_{23} \leq 3, y_{24} \leq 1, y_{34} \leq 1, y_{45} \leq 3, y_{46} \leq 3, y_{56} \leq 5, y_{67} \leq 1$$

ยกตัวอย่างเช่นข้อจำกัด $y_{12} \leq 5$ ระบุว่าจำนวนโดยรวมของเวลากิจกรรม $1 \rightarrow 2$ จะลดลงได้ไม่เกิน 5 สัปดาห์

กลุ่มถัดมาของข้อจำกัด ทางคณิตศาสตร์ต้องแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแต่ละกิจกรรมบนเครือข่าย ที่เป็นข้อจำกัดเช่น $x_j - x_i \geq t_{ij}$ ที่อยู่ในรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นเดิมของเรา แต่ตอนนี้เราจะต้องสะท้อนให้เห็นถึงความจริงที่ว่าเวลาของกิจกรรมที่ถูกเร่งรัดตามจำนวนเงินที่ y_{ij} ของกิจกรรมที่ $1 \rightarrow 2$ ได้ข้อจำกัดสำหรับสมการการเชิงเส้นทั่วไปตามการกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมในส่วนก่อนหน้านี้:

$$x_2 - x_1 \geq 12$$

และข้อจำกัดนี้ยังสามารถเขียนเป็น

$$x_1 + 12 \leq x_2$$

ข้อจำกัดนี้ แสดงให้เห็นว่าเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดของโหนด 1 (x_1) บวกเวลากิจกรรมปกติ (12 สัปดาห์) ต้องไม่เกินเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดที่โหนด 2 (x_2) สะท้อนให้เห็นถึง

ความจริงที่ว่ากิจกรรมนี้สามารถเร่งรัดและจำเป็นจะต้องลบจำนวนเงินที่นำมาเร่งรัดงานจากด้านซ้ายมือของข้อจำกัดก่อนหน้านี้:

$$x_1 + 12 - y_{12} \leq x_2$$

amount activity 1 → 2 can be crashed

หลังจากปรับแก้ข้อจำกัดนี้ แสดงให้เห็นว่าเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดที่โหนด 2 (x_2) จะถูกกำหนดโดยไม่เพียงแต่เวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดที่โหนด 1 + เวลาที่ใช้ทำกิจกรรมและลบด้วยจำนวนเวลาของกิจกรรมที่จะเร่งรัด ซึ่งแต่ละกิจกรรมในเครือข่ายจะต้องมีข้อจำกัดที่คล้ายกันดังต่อไปนี้:

$$\begin{aligned} x_1 + 12 - y_{12} &\leq x_2 \\ x_2 + 8 - y_{23} &\leq x_3 \\ x_2 + 4 - y_{24} &\leq x_4 \\ x_3 + 0 - y_{34} &\leq x_4 \\ x_4 + 4 - y_{45} &\leq x_5 \\ x_4 + 12 - y_{46} &\leq x_6 \\ x_5 + 4 - y_{56} &\leq x_6 \\ x_6 + 4 - y_{67} &\leq x_7 \end{aligned}$$

สุดท้ายเราต้องระบุระยะเวลาโครงการที่เราต้องการ (เช่นเวลาเร่งรัดโครงการ) เพราะผู้รับเหมาที่ทำการก่อสร้างที่อยู่อาศัยต้องการที่จะลดเวลาโครงการจากเส้นทางการทำงานสายวิกฤติปกติ 36 สัปดาห์ให้เหลือเพียง 30 สัปดาห์ ข้อจำกัดตัวสุดท้ายของเราจะระบุว่าเวลาของกิจกรรมที่เร็วที่สุดที่โหนด 7 ไม่ควรเกิน 30 สัปดาห์:

$$x_7 \leq 30$$

การกำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นโดยสมบูรณ์สรุปได้ดังนี้:

$$\begin{aligned} \text{minimize } Z &= \$400y_{12} + 500y_{23} + 3,000y_{24} + 200y_{45} + 7,000y_{46} + 200y_{56} + 7,000y_{67} \\ \text{subject to} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{12} &\leq 5 \\ y_{23} &\leq 3 \\ y_{24} &\leq 1 \\ y_{34} &\leq 0 \\ y_{45} &\leq 3 \\ y_{46} &\leq 3 \\ y_{56} &\leq 3 \\ y_{67} &\leq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_{12} + x_2 - x_1 &\geq 12 \\
 y_{23} + x_3 - x_2 &\geq 8 \\
 y_{24} + x_4 - x_2 &\geq 4 \\
 y_{34} + x_4 - x_3 &\geq 0 \\
 y_{45} + x_5 - x_4 &\geq 4 \\
 y_{46} + x_6 - x_4 &\geq 12 \\
 y_{56} + x_6 - x_5 &\geq 4 \\
 y_{67} + x_7 - x_6 &\geq 4 \\
 x_7 &\leq 30 \\
 x_i, y_{ij} &\geq 0
 \end{aligned}$$

การเร่งรัดโครงการด้วยโปรแกรม Excel (Project Crashing with Excel)

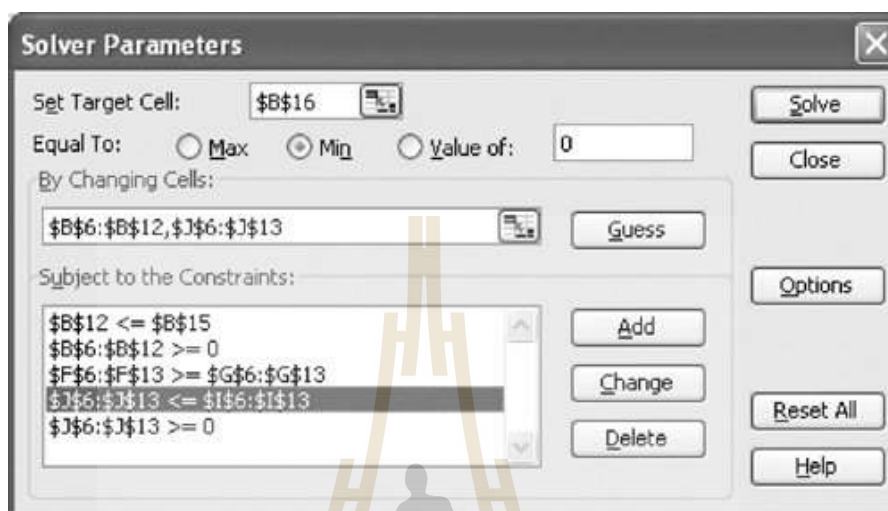
จากที่ได้พัฒนารูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับเร่งรัดโครงการ เรายังสามารถแก้ปัญหารูปแบบนี้โดยใช้ โปรแกรม Microsoft Excel ดังรูปที่ 2.16 แสดงให้เห็นว่าเป็นรุ่นที่มีการแก้ไข Excel Spreadsheet ที่เราพัฒนาก่อนหน้านี้ เพื่อตรวจสอบเวลาที่เร็วที่สุดของเครือข่าย CPM / PERT สำหรับโครงการอาคารบ้าน เราได้เพิ่มคอลัมน์ H, I และ J และสำหรับค่าใช้จ่ายของกิจกรรมที่เร่งรัด และเวลาที่สามารถเร่งรัดได้ เซลล์ J6: J13 สอดคล้องกับตัวแปร y_{ij} ในรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้น สูตรข้อจำกัด สำหรับแต่ละกิจกรรมจะรวมอยู่ในเซลล์ F6: F13 ยกตัวอย่างเช่น เซลล์ F6 มีสูตร = J6 + B7B6 และเซลล์ F7 มีสูตร = J7 + B8B7 ข้อจำกัดเหล่านี้และในคอลัมน์ F จะต้องตั้งค่า $\geq$ เวลากิจกรรมในคอลัมน์ G สูตรฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใน B16 เซลล์จะปรากฏบนแถบสูตรที่ด้านบนของ Spreadsheet เป้าหมายเร่งรัดให้โครงการเสร็จภายใน 30 สัปดาห์ รวมอยู่ในเซลล์ B15

Activity	Node	Earliest Start Time	Activity Node	Actual Activity Time	Network Activity Time	Activity Crash Cost	Activity Crash Time	Actual Crash Time
1	1	0	1	0	12	400	5	5
2	2	0	2	0	8	800	3	3
3	3	0	3	0	4	2000	1	1
4	4	0	4	0	0	0	0	0
5	5	0	5	0	4	200	3	3
6	6	0	6	0	12	1000	3	3
7	7	0	7	0	4	200	3	3

Project time = 0 weeks
 Project goal = 30 weeks
 Project cost = 0 dollars

รูปที่ 2.16 ข้อมูลแสดงปัญหาบนกระดานคำนวณ Excel

ปัญหาในรูปที่ 2.16 ได้รับการแก้ไขโดยใช้ Solver ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ขอให้สังเกตว่ามีตัวแปรสองชุดในเซลล์ B6: B12 และ J6: J13 การแก้ปัญหาเร่งรัดโครงการจะแสดงในรูปที่ 2.18(Taylor Bernard W., 2015)



รูปที่ 2.17 การกรอกข้อมูลบนหน้าต่างเมนู Solver

Microsoft Excel - E04000 22.xls												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help File Edit View Insert Format Tools Data Window Help												

รูปที่ 2.18 ผลการแก้ไขปัญหาโดยใช้ Solver

2.3 การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

จากตัวอย่างปัญหาดารงานของโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัย โดยบริษัท Angel Estate and Construction จำกัด ตั้งอยู่ที่เมืองคามาสี ประเทศมาเลเซียนั้นศึกษาโดยวางแผนโครงการด้วย PERT และ CPM จากการใช้ CPM ในการวางแผนโครงการก่อสร้างอาคารจะใช้เวลาก่อสร้างเสร็จสิ้นทั้งหมด 44 วัน ซึ่งเป็นไปตามที่ควรจะเป็นมากกว่าการวางแผนโดยประมาณที่ตั้งไว้ในครั้งแรก

คือ 79 วัน เป็นจำนวนถึง 39วัน และด้วยการนำวิธีเร่งรัดกิจกรรมโครงการโดยตั้งจุดมุ่งหมายด้วย Linear programming ให้โครงการเสร็จสิ้นที่ 40 วัน เป็นจำนวนระยะเวลาโครงการลดลง 10% ซึ่งเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 3.30% แต่ค่อนข้างจะเหมาะสม จากผลที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่าการวางแผนตารางเวลาสามารถทำให้เวลาโครงการเสร็จสิ้นได้สั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาดำเนินการปกติของโครงการ และปูทางสำหรับการใช้ CPM กำหนดโครงการก่อสร้างอาคารให้ได้กำไร และเป็นทางเลือกในการอยู่รอด(Wallace Agyei, 2015)

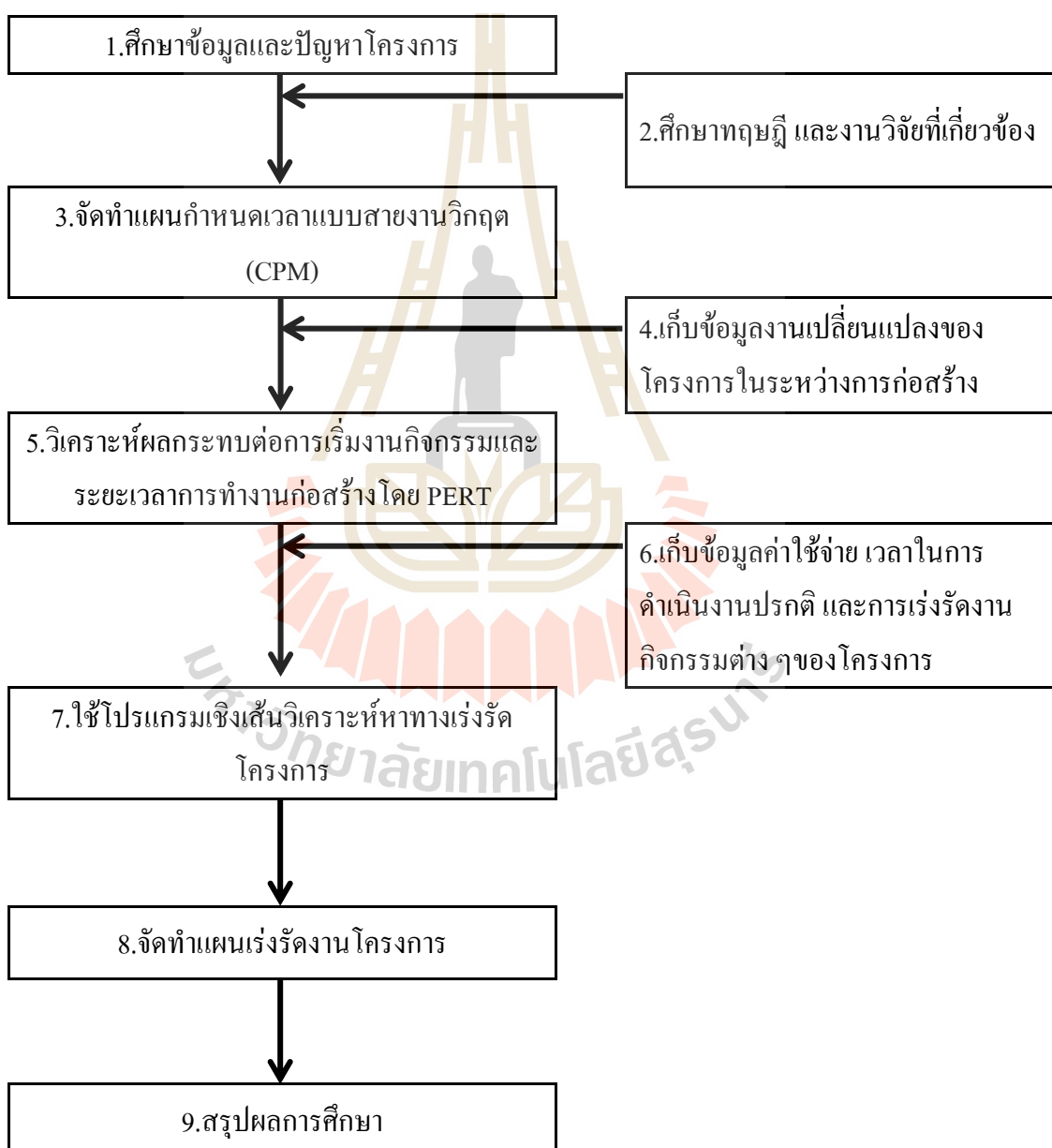
การศึกษา Linear Programing สำหรับควบคุมโครงการ โดยจัดทำแบบจำลองขึ้น จะเอื้ออำนวยให้การวางแผนมีระบบและมีหลักการสำหรับใช้ตัดสินใจ และเพิ่มประสิทธิภาพในท้ายที่สุดของการตัดสินใจ เหมือนเป็นแบบจำลองทางเลือกโดยการใช้โปรแกรม (Win QSB) ที่ให้ระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการในการดำเนินงานปกติและการตั้งเงื่อนไขเพื่อเร่งรัดโครงการ ทั้งยังให้ความคล่องตัวโดยการรวบรวมรายงานปัญหา ซึ่งรวมถึงทางเลือกที่คุ้มค่า เป็นส่วนสนับสนุนวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่าย การตั้งช่วงตัวแปรตัดสินใจอย่างเหมาะสม และข้อมูลด้านขวามือ (Right-hand-side) ส่วนเกินหรือส่วนซ้ำ (Surplus, slack) ราคาเงา(Shadow Price) และช่วงความเป็นไปได้สำหรับข้อจำกัด ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งนี้ ยังเสนอแบบขั้นตอนวิธี (Algorithmic) บนฐานโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) รวมเข้ากับการแลกเปลี่ยนเวลากับค่าใช้จ่าย(Time-cost trade-off)ในโครงการก่อสร้าง รวมถึงกลุ่มของข้อมูลการวิเคราะห์อย่างสมบูรณ์ให้โครงการง่ายที่จะเป็นไปได้(Wakas S. Khalaf & Leong Wah June, 2009)

จากการศึกษาวิธีการในการปรับปรุงการตั้งตารางเวลา CPM และสมการเชิงเส้น LOB การตั้งข้อจำกัดวันสิ้นสุดโครงการให้เกิดความพึงพอใจ วิธีการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์และง่ายที่เรียกว่า “Heuristic Line Of Balance” (HLOB) ถูกนำมาใช้สำหรับโครงการ การจัดตารางเวลาที่มีกิจกรรมแบบอนุกรม วิธีการแก้ปัญหามีกฎอยู่ 4 ข้อและการรวบรวมที่เหมาะสมนอกเหนือไปจากการจัดทำ CPM / LOB การคำนวณเบื้องต้น การปรับปรุงขั้นตอนวิธีการ HLOB ที่เรียกว่า “Search-Based Heuristic Line Of Balance ” (SHLOB) ที่มีขั้นตอนวิธีนำเสนอซึ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้นเป็นโครงการที่มีขนาดเติบโต สุดท้ายการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ของรูปแบบ LOB ในรูปแบบของจำนวนเต็มผสมการเขียนโปรแกรมที่ไม่เป็นเชิงเส้น (MINLP) ถูกนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบแบบจำลองที่น่าเสนอ สองกรณีศึกษาที่ง่ายและมีขนาดใหญ่เช่นโครงการทางหลวงที่ใช้ในการทดสอบปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้น เนื่องจากผลของการวิจัยนี้ที่ HLOB และ SHLOB สามารถนำเสนอทางเลือกที่ดีที่สุด หรือ ที่อยู่ใกล้กับการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการที่ประหยัดมากขึ้นจึงถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย เป็นขั้นตอนวิธีที่รวดเร็วมีประสิทธิภาพและง่ายสำหรับการใช้งานในโครงการขนาดใหญ่ที่มีการทำงานซ้ำๆ(Zolfaghar Dolabi, Afshar, & Abbasnia, 2014)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การนำข้อมูลคำสั่งเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้วระหว่างดำเนินการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษามาทำการวิเคราะห์ โดยศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นแนวทางการศึกษา และเขียนเป็นแผนผังขั้นตอนการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการศึกษา

3.1 ศึกษาข้อมูลและจัดทำแผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM)

3.1.1 การวิเคราะห์กิจกรรมลูกศรและสายทางกิจกรรม

เบื้องต้นก่อนจะดำเนินการจัดทำแผนงาน โครงการก่อสร้างอาคารจะต้องผ่านการวิเคราะห์กิจกรรมลูกศรและสายทางกิจกรรมจะทำให้ทราบความสัมพันธ์และระยะเวลาในการทำกิจกรรมทั้งหมดเพื่อให้งานสำเร็จได้ โดยต้องทราบวันเริ่มก่อสร้างตามสัญญา และวันสิ้นสุดเวลาตามสัญญา รวมถึงต้องพิจารณาเรื่องวันหยุดประจำปีทั้งหมดเนื่องจากเป็นวันหยุดตามกฎหมาย และหลีกเลี่ยงการเกิดต้นทุนค่าแรงที่มากกว่า 1 เท่าตามกฎหมายแรงงาน เหลือเป็นระยะเวลาดำเนินการจริงเท่ากับเท่าใดจึงจะนำข้อมูลนี้เพื่อใช้วางแผนการทำงานต่อไป

3.1.2 การจัดทำแผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM)

การจัดทำแผนงานตั้งต้น หรือแผนงานหลักเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างงานต่าง ๆ ภายในโครงการทั้งหมด โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของงานทั้งหมดในลักษณะของโครงข่ายงาน (Network) และการหาเส้นทางวิกฤต (Critical Path) ที่จะทำให้ทราบว่างานใดจะก่อให้เกิดปัญหาถ้าเกิดความล่าช้า และส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการ การเตรียมแผนงานในตาราง Excel หรือ Spread Sheet โดยกำหนดกิจกรรม ระยะเวลาทำงานกิจกรรม (Duration) กิจกรรมที่ต้องทำก่อน (Predecessors) วันเริ่มงานอย่างเร็ว (ES) วันเสร็จสิ้นอย่างเร็ว (EF) วันเริ่มงานอย่างช้า (LS) และวันเสร็จสิ้นงานอย่างช้า (LF) ของแต่ละกิจกรรมตามความสัมพันธ์ หากค่าเวลาลอยตัว (Slack) เพื่อให้ทราบว่ากิจกรรมใดเป็นกิจกรรมวิกฤต และได้ผลระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร นำไปใช้งาน ปรับปรุง และแก้ไขแผนงานได้ง่ายในภายหลัง

3.2 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลกระทบของงานเปลี่ยนแปลงของโครงการ

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลงานเปลี่ยนแปลง

ในขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมเก็บข้อมูลคำสั่งและเอกสารคำสั่งเปลี่ยนแปลงที่สำนักงานสนาม โดยแยกปัจจัยการเกิดงานเปลี่ยนแปลงเป็นกลุ่ม วิเคราะห์และจัดทำเป็นตารางสรุปผลกระทบกับกิจกรรมใดบ้างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาผลกระทบด้วย PERT ต่อไป

3.2.2 การวิเคราะห์ผลกระทบของงานเปลี่ยนแปลงของโครงการ

เนื่องจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโครงการก่อสร้างอาคารในระหว่างก่อสร้างนั้นโดยทั่วไป แต่ละกิจกรรมที่งานเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบอาจจะใช้เวลาในการเตรียมการ สั่งวัสดุ เตรียมแรงงาน แก้ไขงานบางส่วนให้ได้ตามรูปแบบก่อนเริ่มงานกิจกรรมต่อไป หรือรอสรุปราคาและรูปแบบงานเปลี่ยนแปลงก่อนดำเนินการ ซึ่งไม่สามารถระบุระยะเวลาที่แน่นอนได้

สิ่งที่ยานเปลี่ยนแปลงได้ส่งผลกระทบคือวันเริ่มงาน(ES)ของกิจกรรมต่าง ๆ ที่พิจารณาหัวข้องานเปลี่ยนแปลงนั้นอยู่ในช่วงที่กิจกรรมนั้นๆตามแผนงานต้องเริ่มดำเนินการแล้วแต่ยังไม่สามารถเริ่มงานได้ ต้องเลื่อนออกไป (Effecting Shift)

ผู้ศึกษาจึงใช้ PERT ในการประเมินระยะเวลาดังกล่าว ซึ่งเป็นไปตามการแจกแจงแบบเบต้าจึงใช้เวลาประมาณสามครั้งในการประมาณเวลาที่คาดไว้ (mean) และความแปรปรวนของการแจกแจง เวลาที่คาดว่าจะเป็ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของการประมาณเวลาสามครั้ง ได้แก่ เวลาที่มองในแง่ดี (Optimistic Estimate , a), เวลาที่มองในแง่ร้าย (Pessimistic Estimate, b) และเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด (Most Likely Estimate, m) แสดงผลประมาณการระยะเวลาระกขกับวันเริ่มต้นกิจกรรมต่าง ๆ ในแผนงานหลักตามรายการงานเปลี่ยนแปลงแต่ละรายการในหัวข้อที่แยกปัจจัยการการเกิด โดยการใช้สูตร **Expected time(mean)** $\bar{X} = \frac{a+4m+b}{6}$ เป็นค่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ไปและ **Variance** $\sigma = (\frac{b-a}{6})^2$ เป็นความแปรปรวนของค่าเวลา

เมื่อได้ค่าเฉลี่ย (Mean) ในแต่ละรายการแล้วนำไปเทียบกับค่าเวลาลอยตัวหรือ Slack ของกิจกรรมตามแผนงาน

- ถ้า Mean > Slack , Effecting Shift = Mean - Slack

หมายถึงรายการดังกล่าวมีผลต่อวันเสร็จสิ้นโครงการ ต้องเลื่อนออกไป (Effecting Shift)

- ถ้า Mean < Slack, Effecting Shift = 0

หมายถึงรายการดังกล่าวไม่มีผลต่อวันเสร็จสิ้นโครงการ

เลือกใช้ค่า Effecting Shift ที่สูงที่สุด (Max Shift) หน่วยเป็นจำนวนเต็มวัน เนื่องจากกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันแบบ Network เมื่อปรับกิจกรรมใดๆโดยใช้ค่า Max Shift แล้ว กิจกรรมอื่น ๆ ที่มี Effecting Shift น้อยกว่าก็ถูกปรับค่าไปด้วยมากกว่าค่า Effecting Shift ในรายการนั้นๆ

สรุปการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงโดยแยกปัจจัยการเกิดมีผลต่อวันเสร็จสิ้นโครงการ ต้องเลื่อนออกไปหรือล่าช้ากว่าแผนงานเป็นจำนวนกี่วัน เท่ากับค่า Max Shift

จากข้อมูล Max Shift สามารถนำไปปรับปรุงแผนงานจากข้อมูลงานเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับแผนงานตั้งต้นที่ได้จัดทำไว้แล้ว และสรุประยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการใหม่

3.3 เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานปกติ และการเร่งรัดงาน

ข้อมูลค่าใช้จ่าย (Cost) และเวลา (Time) ในการดำเนินงานปกติ (Normal) และการเร่งรัดงาน (Crash) สามารถหาได้จากการคำนวณปริมาณงาน และข้อมูลอัตราการผลิตผลงานต่าง ๆ จากการบันทึกการทำงานที่ผ่านมา การคำนวณหาต้นทุนค่าแรงที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้เร่งรัดงาน หน่วยบาทต่อวัน (Increasing Cost : Baht ฿/Day) หาได้จากสูตร = $\frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Time} - \text{Crash Time}}$ ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรมหนึ่ง ใช้เวลาดำเนินการปกติ 240 วัน (Normal Time) ซึ่งเกิดค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 8,000.00 บาท/วัน (Normal Cost/Day) ถ้าหากเร่งรัดงานจะใช้เวลา 120 วัน (Crash Time) และเกิดค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 21,000.00 บาท/วัน (Crash Cost/Day)

$$\text{ดังนั้น Increasing Cost} = \frac{(21,000 \times 120) - (8,000 \times 240)}{240 - 120} = 5,000.00 \text{ บาทต่อวัน}$$

การหาข้อมูลค่าใช้จ่ายการดำเนินการปกติ และการเร่งรัดงานของกิจกรรมทุกกิจกรรม ทั้งกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมวิกฤติและกิจกรรมที่ไม่ได้เป็นกิจกรรมวิกฤติเพื่อจะสามารถนำไปใช้เร่งรัดงานทุกงานได้ ซึ่งกิจกรรมที่ไม่ได้เป็นกิจกรรมวิกฤติแต่เมื่อถูกผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงอาจจะทำให้เปลี่ยนเป็นงานวิกฤติได้เช่นกัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเก็บข้อมูลเพื่อเร่งรัดงานด้วยและทำสรุปเป็นตารางเพื่อนำไปใช้เร่งรัดโครงการต่อไปโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น

3.4 ใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการ

เริ่มต้นโดยการรวบรวมค่าใช้จ่ายโครงการทั้งหมด ได้แก่ ต้นทุนทางตรง ค่าวัสดุและค่าแรงงาน ค่าแรงงานในการเร่งรัดงาน ต้นทุนทางอ้อม ค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่ ค่าปรับกรณีทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญา รวมถึงค่าอื่น ๆ สำหรับใช้ประกอบตามเงื่อนไขของสัญญาเพื่อให้ทราบผลกำไรเบื้องต้น เช่น ค่าภาษีอากร และค่า Escalation Factor หรือค่า K

เครื่องมือที่จะใช้คือโปรแกรม Microsoft Excel หรือ Spreadsheet โดยเตรียมตารางข้อมูลใน Spreadsheet และใช้โปรแกรมเสริม Add on คือ Solver ซึ่งจะใช้หลักการ Trial and error คือวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือผลลัพธ์ที่น่าพอใจโดยพยายามหาวิธีหรือทฤษฎีต่าง ๆ จนกว่าจะทราบจุดหรือคำตอบที่เหมาะสมหรือได้ประโยชน์สูงสุด

กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ และฟังก์ชันข้อจำกัดต่าง ๆ ของโครงการ 3 กลุ่มดังนี้

- 1) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ = Minimize Total Cost
- 2) ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ คือสิ่งที่ให้โปรแกรม Solver หาค่าที่เหมาะสม ได้แก่ Start Time, Time Reduction และ Project Finish Time

- 3) ฟังก์ชันข้อจำกัด ซึ่งเป็นเงื่อนไขความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามแผนงานหลัก และข้อจำกัดระยะเวลาสูงสุดในการใช้เร่งรัดแต่ละกิจกรรม

3.5 จัดทำแผนเร่งรัดงานโครงการ และสรุปผลการศึกษา

สรุปผลปัจจัยการเกิดงานเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่องานก่อสร้างอาคาร 2 ห้วข้อได้แก่

- 1) ผลกระทบจากคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อระยะเวลาดำเนินงานโครงการ
- 2) ผลกระทบจากคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อมูลค่างานโครงการ

นำผลการวิเคราะห์การเร่งรัดกิจกรรมโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นมาปรับปรุงแผนงาน โดยใช้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรม ลบด้วยระยะเวลาเร่งรัดกิจกรรมตามที่ประมวลผลจะได้แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM) ปรับปรุงใหม่ สรุปเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด รวมมูลค่างาน และหาผลกำไรเบื้องต้นได้



บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

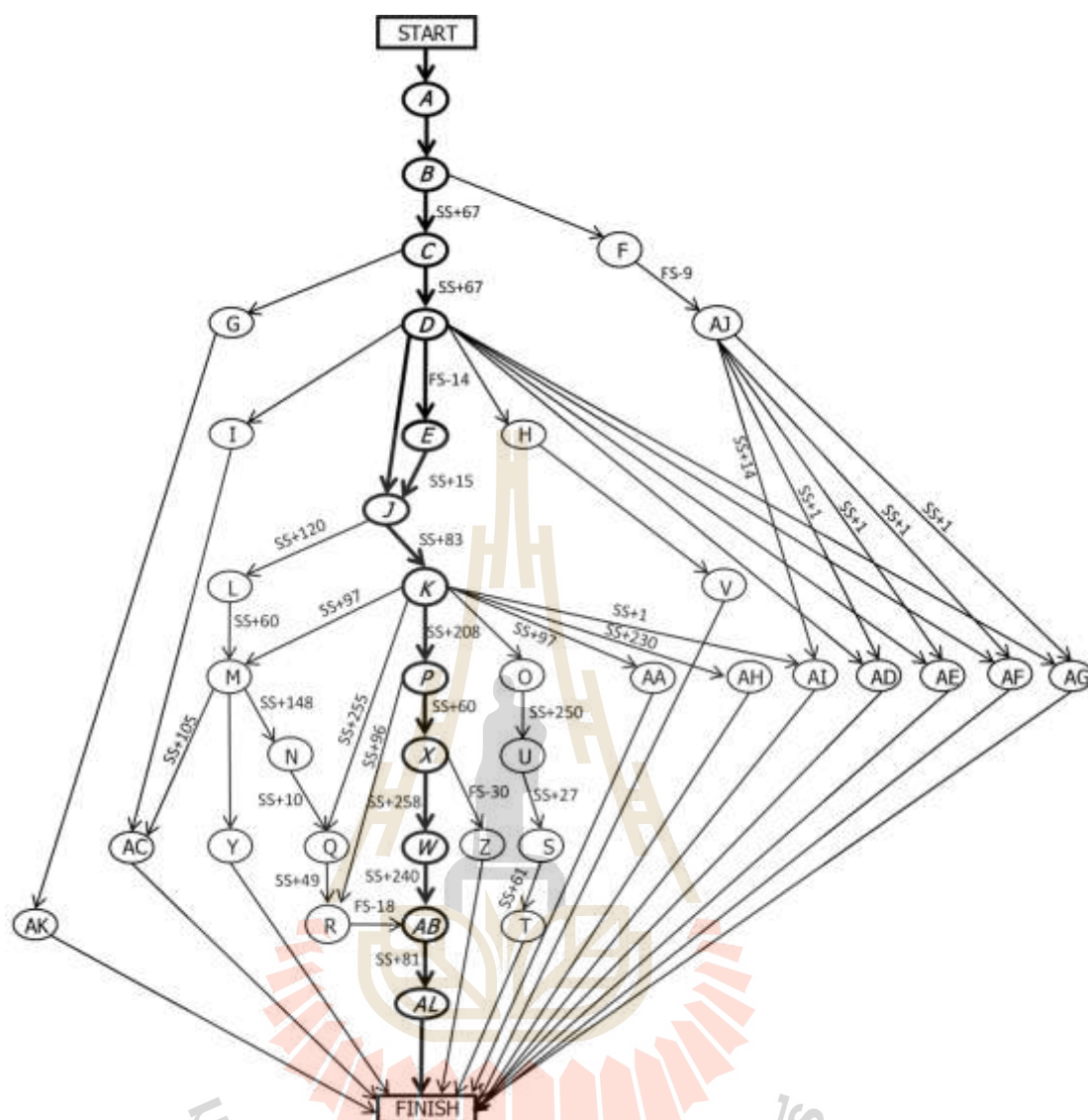
4.1 การวิเคราะห์กิจกรรมลูกศรและจัดทำแผนกำหนดเวลาแบบสายงานวิกฤต (CPM)

โครงการก่อสร้างอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นโครงการก่อสร้างอาคารโรงพยาบาลขนาดใหญ่ สูง 12 ชั้น และอาคารห้องเครื่อง 2 ชั้น ใช้วงเงินงบประมาณเป็นจำนวน 1.8 พันล้านบาท ระยะเวลาโครงการ 1,440 วัน เริ่มก่อสร้างตามสัญญาเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2557 และจะสิ้นสุดเวลาตามสัญญาวันที่ 25 กรกฎาคม 2561 เมื่อพิจารณาเรื่องวันหยุดประจำปีในปีทั้งหมดแล้วเป็นจำนวน 63 วัน จึงเหลือระยะเวลาดำเนินการจริงเท่ากับ 1,337 วัน

4.1.1 ผลกำหนดผังข่ายงานนำหน้า หรือ Precedence diagram method (PDM)

การจัดทำผังกิจกรรมลูกศร PDM ของโครงการกรณีศึกษาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1 ทำให้ทราบเส้นทาง (Path) การทำกิจกรรมก่อสร้างทั้งหมด 36 เส้นทางและความสัมพันธ์ของกิจกรรม และเส้นทางวิกฤต (Critical Path) ที่ใช้เวลาทำงานมากที่สุดโดยมีกิจกรรมในสายทางวิกฤต 12 กิจกรรมได้แก่

- A: งานปรับปรุงและเตรียมงาน
- B: งานเสาเข็มเจาะและทดสอบ
- C: งานโครงสร้างฐานราก
- D: งานโครงสร้างชั้น 1-3
- E: งานโครงสร้างชั้น 4 – หลังคา
- J: งานผนังก่ออิฐ
- K: งานฉาบปูนผนังภายใน
- P: งานฝ้าเพดาน
- W: งานตกแต่งภายใน
- X: งานปูพื้นกระเบื้องยาง
- AB: งานทาสีเขียวสุดท้าย
- AL: งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ



รูปที่ 4.1 ฟังก์ชันการรวมลูกศร PDM (Precedence diagram method)

4.1.2 ผลการจัดทำแผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM)

แผนงานที่จัดตั้งเป็นแผนกำหนดเวลาแบบสายงานวิกฤต(CPM) แสดงกิจกรรมโดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของงานทั้งหมด โดยแสดงกิจกรรมที่ทำก่อนหน้า (Predecessors) มีความสัมพันธ์ 3 แบบคือ Finish to Start (FS) Finish to Start(FS)-Lag และ Start to Start (SS)+Lag ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม วันเริ่มงานอย่างเร็ว (ES) วันเสร็จสิ้นอย่างเร็ว (EF) วันเริ่มงานอย่างช้า(LS) และวันเสร็จสิ้นงานอย่างช้า(LF) ของแต่ละกิจกรรมตามความสัมพันธ์ เวลาลอยตัว Float หรือ Slack ของกิจกรรมเพื่อให้ทราบว่ากิจกรรมใดเป็นกิจกรรมวิกฤต (Critical Activities) ซึ่งไม่สามารถดำเนินการล่าช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการ จะได้ข้อมูลโครงการดังตารางที่ 4.1 ระยะเวลาที่ใช้จนเสร็จสิ้นโครงการคือ 1,377 วันตามสัญญา

ตารางที่ 4.1 แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM)

Activities code	Activities Description	Predecessors	Duration (Days)	Earliest Time		Latest Time		Slack (LS-ES)	Critical
				Start (ES)	Finish (EF)	Start (LS)	Finish (LF)		
<i>A</i>	งานปรับปรุงและเตรียมงาน	-	50	-	50	-	50	-	Yes
<i>B</i>	งานเสาเข็มเจาะและทดสอบ	(FS) <i>A</i>	132	51	183	51	183	-	Yes
<i>C</i>	งานโครงสร้างฐานราก	(SS) <i>B</i> +Lag 67	90	118	208	118	208	-	Yes
<i>D</i>	งานโครงสร้างชั้น 1-3	(SS) <i>C</i> +Lag 67	111	185	296	185	296	-	Yes
<i>E</i>	งานโครงสร้างชั้น 4 – หลังคา	(FS) <i>D</i> -Lag 14	347	282	629	282	629	-	Yes
F	งานโครงสร้างอาคารห้องเครื่อง	(FS) <i>B</i>	120	184	304	798	918	614	No
G	งานโครงสร้างทางเข้า	(FS) <i>C</i>	90	209	299	806	896	597	No
H	งานโครงสร้างบันได	(FS) <i>D</i>	273	297	570	953	1,226	656	No
I	งานผนัง Precast	(FS) <i>D</i>	330	297	627	613	943	316	No
<i>J</i>	งานผนังก่ออิฐ	(FS) <i>D</i> , (SS) <i>E</i> +Lag 15	500	297	797	297	797	-	Yes
<i>K</i>	งานฉาบปูนผนังภายใน	(SS) <i>J</i> +Lag 83	520	380	900	380	900	-	Yes
L	งานฉาบปูนผนังภายนอก	(SS) <i>J</i> +Lag 120	240	417	657	806	1,046	389	No
M	งานเทพื้นปรับระดับพื้น	(SS) <i>K</i> +Lag 97, (SS) L+Lag 60	480	477	957	596	1,076	119	No
N	งานผนังอัฒจันทร์	(SS) M+Lag 148	180	625	805	1,076	1,256	451	No
O	งานปูกระเบื้องผนัง	(SS) <i>K</i> +Lag 97	420	477	897	776	1,196	299	No
<i>P</i>	งานฝ้าเพดาน	(SS) <i>K</i> +Lag 208	480	588	1,068	588	1,068	-	Yes
Q	งานประตุน้ำต่าง กระฉอก	(SS) <i>K</i> +Lag 255, (SS) N+Lag 10	551	635	1,186	735	1,286	100	No
R	งานทาสีรองพื้น ทับหน้า 1 เทียว	(SS) <i>P</i> +Lag 96, (SS) Q+Lag 49	480	684	1,164	836	1,316	152	No
S	งานปูพื้นกระเบื้อง	(SS) U+Lag 27	270	754	1,024	1,106	1,376	352	No
T	งานติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	(SS) S+Lag 61	210	815	1,025	1,167	1,377	352	No
U	งานกรุหินตกแต่ง	(SS) O+Lag 250	180	727	907	1,197	1,377	470	No
V	งานสถาปัตยกรรมช่องบันได	(FS) H	150	571	721	1,227	1,377	656	No
<i>W</i>	งานตกแต่งภายใน	(SS) <i>X</i> +Lag 258	350	906	1,256	906	1,256	-	Yes
<i>X</i>	งานปูพื้นกระเบื้องยาง	(SS) <i>P</i> +Lag 60	400	648	1,048	648	1,048	-	Yes
Y	งานทำผิวพื้นกันซึม	(FS) M	90	958	1,048	1,287	1,377	329	No
Z	งานบัวเชิงผนัง	(FS) <i>X</i> -Lag 30	210	1,018	1,228	1,167	1,377	149	No
AA	งานผนังห้องผ่าตัด	(FS) <i>K</i>	210	901	1,111	1,167	1,377	266	No
<i>AB</i>	งานทาสีเขียวสุดท้าย	(FS) R-Lag 18, (SS) <i>W</i> +Lag 240	200	1,146	1,346	1,146	1,346	-	Yes
AC	งานตกแต่งภายนอกอาคาร	(FS) <i>I</i> , (SS) M+Lag 105	433	628	1,061	944	1,377	316	No
AD	งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	(FS) <i>D</i> , (SS) AJ+Lag 1	935	297	1,232	442	1,377	145	No
AE	งานระบบไฟฟ้า	(FS) <i>D</i> , (SS) AJ+Lag 1	990	297	1,287	387	1,377	90	No
AF	งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้	(FS) <i>D</i> , (SS) AJ+Lag 1	1,020	297	1,317	357	1,377	60	No
AG	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	(FS) <i>D</i> , (SS) AJ+Lag 1	1,020	297	1,317	357	1,377	60	No
AH	งานระบบลิฟท์	(SS) <i>K</i> +Lag 230	585	610	1,195	792	1,377	182	No
AI	งานระบบแก๊สทางการแพทย์	(SS) <i>K</i> +Lag 14, (SS) AJ+Lag 1	910	394	1,304	467	1,377	73	No
AJ	งานสถาปัตยกรรมอาคารห้องเครื่อง	(FS) F-Lag 9	390	295	685	927	1,317	632	No
AK	งานภายนอกอาคาร	(FS) G	480	300	780	897	1,377	597	No
<i>AL</i>	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ	(SS) <i>AB</i> +Lag 81	150	1,227	1,377	1,227	1,377	-	Yes
Project Duration					1,377	Days			

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลง

งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโครงการอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์นั้น หลายรายการได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการในการประชุมตรวจการจ้าง หรือการยืนยันแบบไม่เป็นทางการให้ดำเนินการได้ กิจกรรมที่งานเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบจะต้องใช้เวลาในการเตรียมการ สั้ววัสดุ เตรียมแรงงาน แก่ไขงานบางส่วนให้ได้ตามรูปแบบก่อนเริ่มงานกิจกรรมต่อไป หรือรอสรุปราคาและรูปแบบงานเปลี่ยนแปลงก่อนดำเนินการ ซึ่งไม่สามารถระบุระยะเวลาที่แน่นอนได้ จึงใช้ PERT ในการประเมินระยะเวลาดังกล่าว เพื่อหาค่าประมาณเวลาที่คาดไว้ (Mean) นำค่า Mean ในแต่ละกิจกรรมไปเทียบกับค่าเวลาลอยตัวหรือ Slack ของกิจกรรมตามแผนงานเพื่อหาผลกระทบที่ทำให้งานเสร็จสิ้นล่าช้าหรือเลื่อนออกไป (Effecting Shift)

ผู้ศึกษาพิจารณาแยกหัวข้องานเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยการเกิดได้ 5 หัวข้อดังนี้

4.2.1 งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง

ผลการวิเคราะห์หา Effecting Shift กิจกรรมต่าง ๆ ตามรายการงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 ทำให้ทราบว่า มี 5 หัวข้องานเปลี่ยนแปลงที่กระทบกับกิจกรรมวิกฤติและ เกิดค่า Effecting Shift ได้แก่ หัวข้อ

- 1.1 งานเพิ่ม-ลดฐานราก, ชั้นลอย และงานตกแต่งภายในอาคาร กิจกรรม B, C และ D
- 1.3 งานเปลี่ยนแปลงแผ่นฝ้าเพดานที่อยู่ใต้ห้องน้ำ กิจกรรม P
- 1.6 งานเปลี่ยนแปลงเพิ่มผนังก่ออิฐ โฉงลิฟต์ดับเพลิง กิจกรรม J และ K
- 1.7 งานเปลี่ยนแปลงเพิ่มผนังก่ออิฐชนใต้ท้องพื้นบริเวณที่กำหนด ชั้น 1-12 กิจกรรม J และ K
- 1.15 งานเปลี่ยนแปลงภายในห้องน้ำ ชั้น 1-12 กิจกรรม J และ K

เลือกใช้ค่า Effecting Shift ที่สูงที่สุด (Max Shift) ของกิจกรรม B = 72 วัน เนื่องจากกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันแบบ Network เมื่อปรับกิจกรรม B โดยใช้ค่า Max Shift แล้ว กิจกรรม C, D, J, K, P ที่มี Effecting Shift น้อยกว่าแต่เป็นกิจกรรมที่เกิดหลังกิจกรรม B ก็ถูกปรับค่าไปด้วยมากกว่าค่า Effecting Shift ในรายการนั้นๆ

สรุปผลว่างานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้างทำให้งานล่าช้ากว่าแผนงาน 72 วัน

ตารางที่ 4.2 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง

Number	Changed Order List	Activities Code Effecting	PERT					Slack of Activities	Effecting Shift (Mean>Slack)	Max Shift
			Optimistic Estimate(a)	Most Likely Estimate(m)	Pessimistic Estimate(b)	Mean	Variance			
1	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง									
1.1	งานเพิ่ม-ลดฐานราก,ชั้นลอย และงานตกแต่งภายในอาคาร	B	48	72	96	72.00	64.00	-	72	✓
		C	30	45	65	45.83	34.03	-	46	×
		D	14	20	30	20.67	7.11	-	21	×
		W	0	0	0	0.00	0.00	-	-	×
1.2	งานเพิ่ม Floor Drain ห้อง AHU,ห้องล้าง	AD	6	10	20	11.00	5.44	145	-	×
1.3	งานเปลี่ยนแปลงแผ่นพื้นเพดานที่อยู่ใต้ห้องน้ำ	P	7	14	24	14.50	8.03	-	15	×
1.4	งานเปลี่ยนแปลงผนังกั้นคั่นระบอากาศคูลูมิเนียม , ประตูไฟเบอร์กลาสห้องไฟฟ้า ชั้น 1-12	Q	8	20	30	19.67	13.44	100	-	×
1.5	งานเพิ่ม พัฒนาระบบอากาศช่องทิ้งของสกปรก	AG	10	20	30	20.00	11.11	60	-	×
1.6	งานเปลี่ยนแปลงเพิ่มผนังก่ออิฐฉาบผิวที่ดับเพลิง	J	8	18	24	17.33	7.11	-	18	×
		K	15	34	52	33.83	38.03	-	34	×
1.7	งานเปลี่ยนแปลงเพิ่มผนังก่ออิฐฉาบผิวที่ดับเพลิงบริเวณที่กำหนด ชั้น 1-12	J	10	15	30	16.67	11.11	-	17	×
		K	18	29	46	30.00	21.78	-	30	×
1.8	งานเพิ่ม ตู้ FHC	AD	8	14	22	14.33	5.44	145	-	×
1.9	งานเพิ่ม RD ชั้น 2 หลังคา ค.ส.ล	AD	8	14	20	14.00	4.00	145	-	×
1.10	งานเพิ่ม SUPPORT อุปกรณ์ทางการแพทย์	AI	8	15	30	16.33	13.44	73	-	×
1.11	งานเปลี่ยนแปลงระบบปรับอากาศตามงานสถาปัตย์ ชั้น1	AG	15	24	42	25.50	20.25	60	-	×
1.12	งานเพิ่ม Strobe Light with Alarm ชั้น 1-12	AF	20	30	60	33.33	44.44	60	-	×
1.13	งานเพิ่ม Panic Alarm	AF	15	30	45	30.00	25.00	60	-	×
1.14	งานเปลี่ยนแปลงระบบปรับอากาศทางเดินหน้าห้องผ่าตัด/ห้องเตรียมผ่าตัด	AG	20	30	60	33.33	44.44	60	-	×
		J	7	14	30	15.50	14.69	-	16	×
		K	18	26	42	27.33	16.00	-	28	×
1.15	งานเปลี่ยนแปลงภายในห้องน้ำ ชั้น 1-12	O	18	30	45	30.50	20.25	299	-	×
1.16	งานเปลี่ยนแปลงระบบสื่อสารและเครือข่ายสารสนเทศทางการแพทย์ (LAN SYSTEM & TELEPHONE SYSTEM)	AF	20	30	45	30.83	17.36	60	-	×
1.17	งานเพิ่มระบบปรับอากาศห้องผ่าตัด	AG	20	30	50	31.67	25.00	60	-	×
1.18	งานเปลี่ยนแปลง CHILLER WATER PUMP	AG	20	30	60	33.33	44.44	60	-	×
1.19	งานเปลี่ยนแปลงระบบ Single Line Diagram	AE	20	30	45	30.83	17.36	90	-	×

4.2.2 งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ

ผลการวิเคราะห์หา Effecting Shift กิจกรรมต่าง ๆ ตามรายการงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 ทำให้ทราบว่า มี 6 หัวข้องานเปลี่ยนแปลงที่กระทบกับกิจกรรมวิกฤติและเกิดค่า Effecting Shift ได้แก่ หัวข้อ

2.2 งานเพิ่มน้ำหนักรรทุก LL= 1000 ksm. ห้องธาราบำบัดชั้น 6 กิจกรรม E

2.3 งานเพิ่มน้ำหนักรรทุก LL= 1000 ksm. ห้อง Cath Lab ชั้น 1 และชั้น 5
กิจกรรม D และ E

2.7 งานเพิ่ม งานเดินเส้นทองแดงบริเวณใต้กระเบื้องยางห้องผ่าตัด (พื้น F24)

กิจกรรม X

2.8 งานเปลี่ยนแปลงเพิ่มห้อง IT, ห้อง Security และห้องสื่อสาร กิจกรรม J และ K

2.9 งานเปลี่ยนแปลงงานระบบ ห้อง CATH LAB ชั้น 1,5 ,X-RAY ชั้น 1 ,CT-SCAN ชั้น 1 , ผ่าตัด ชั้น 4 กิจกรรม J และ K

2.13 งานเพิ่มลดงานเปลี่ยนแปลงแก้ไขห้อง X-RAY ,ห้องผ่าตัด,ห้อง CT SCANและห้อง CATH LAB (ชั้น 1,3,4 และ ชั้น 5) ส่วนงานสถาปัตยกรรมและงานครุภัณฑ์ จัดจ้างหรือสั่งทำ กิจกรรม J, K และ P

ตารางที่ 4.3 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ

Number	Changed Order List	Activities Code Effecting	PERT					Slack of Activities	Effecting Shift (Mean>Slack)	Max Shift
			Optimistic Estimate(a)	Most Likely Estimate(m)	Pessimistic Estimate(b)	Mean	Variance			
2	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ									
2.1	งานเปลี่ยนแปลงปรับลดบัวกันสาด Aluminium Cladding และแก้ไขแบบผนัง Precast	I	15	30	60	32.50	56.25	316	-	x
		AC	0	0	0	0.00	0.00	316	-	x
2.2	งานเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุก LL= 1000 ksm. ห้องธาราบำบัดชั้น 6	E	10	15	24	15.67	5.44	-	16	x
2.3	งานเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุก LL= 1000 ksm. ห้อง Cath Lab ชั้น 1 และ ชั้น 5	D	10	15	24	15.67	5.44	-	16	x
		E	5	8	14	8.50	2.25	-	9	x
2.4	งานเพิ่ม พัดลมระบายอากาศห้องสื่อสาร	AG	15	30	60	32.50	56.25	60	-	x
2.5	งานเปลี่ยนแปลงระบบก๊าซทางการแพทย์ห้อง Cath Lab,X-Ray,CT-Scan และห้องผ่าตัดชั้น 1,3,4,5	AI	15	30	60	32.50	56.25	73	-	x
2.6	งานเปลี่ยนแปลงตัวรับไฟฟ้า	AE	15	30	45	30.00	25.00	90	-	x
2.7	งานเพิ่ม งานเดินเส้นทองแดงบริเวณใต้กระเบื้องยางห้องผ่าตัด (พื้น F24)	X	15	30	60	32.50	56.25	-	33	x
2.8	งานเปลี่ยนแปลงเพิ่มห้อง IT, ห้อง Security และห้องสื่อสาร	J	15	30	60	32.50	56.25	-	33	✓
		K	7	12	20	12.50	4.69	-	13	x
		AE	7	15	30	16.17	14.69	90	-	x
		AF	15	30	60	32.50	56.25	60	-	x
2.9	งานเปลี่ยนแปลงงานระบบ ห้อง CATH LAB ชั้น 1,5 ,X-RAY ชั้น 1 ,CT-SCAN ชั้น 1 , ผ่าตัด ชั้น 4	J	8	14	20	14.00	4.00	-	14	x
		K	8	14	20	14.00	4.00	-	14	x
		AA	10	22	30	21.33	11.11	266	-	x
2.10	งานเพิ่ม ระบบพื้วางจรปิดในลิฟท์	AH	12	20	30	20.33	9.00	182	-	x
		AE	8	14	21	14.17	4.69	90	-	x
		AF	8	14	21	14.17	4.69	60	-	x
2.11	งานเพิ่ม ระบบ Access Door Controller ห้อง IT ชั้นที่ 1	AE	20	30	45	30.83	17.36	90	-	x
2.12	งานเพิ่มระบบปรับอากาศห้อง IT , CCTV , ห้องสื่อสาร	AG	20	30	45	30.83	17.36	60	-	x
2.13	งานเพิ่มลดงานเปลี่ยนแปลงแก้ไขห้อง X-RAY ,ห้องผ่าตัด,ห้อง CT SCANและห้อง CATH LAB (ชั้น 1,3,4 และ ชั้น 5) ส่วนงานสถาปัตยกรรมและงานครุภัณฑ์จัดจ้างหรือสั่งทำ	J	8	14	20	14.00	4.00	-	14	x
		K	15	30	40	29.17	17.36	-	30	x
		P	10	20	30	20.00	11.11	-	20	x
		X	0	0	0	0.00	0.00	-	-	x
		W	0	0	0	0.00	0.00	-	-	x

เลือกใช้ค่า Effecting Shift ที่สูงที่สุด (Max Shift) ของกิจกรรม J = 33 วัน เนื่องจากกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันแบบ Network แม้ว่ากิจกรรม X จะมีค่า Effecting Shift สูงเท่ากับกิจกรรม J แต่เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลังกิจกรรม J จึงเลือกกิจกรรมที่เป็น predecessor

ส่วนกิจกรรม D, E ที่เป็น predecessor กิจกรรม J แต่มี Effecting Shift น้อยกว่า แต่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์จะทำให้เกิดการทบทวนเวลา = $16(D)+16(E) = 32$ เมื่อถึงกิจกรรม J = $32(D+E)+1 = 33$ ให้มีค่า Effecting Shift มากที่สุดเท่าเดิมที่ 33 วัน

กิจกรรม K และ P ที่มี Effecting Shift น้อยกว่าแต่เป็นกิจกรรมที่เกิดหลังกิจกรรม J ก็ถูกปรับค่าไปด้วยมากกว่าค่า Effecting Shift ในรายการนั้นๆ

สรุปผลว่างานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการทำให้งานล่าช้ากว่าแผนงาน 33 วัน

4.2.3 งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ

ผลการวิเคราะห์หา Effecting Shift กิจกรรมต่าง ๆ ตามรายการงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 ทำให้ทราบว่า มี 1 หัวข้องานเปลี่ยนแปลงที่กระทบกับกิจกรรมวิกฤติและเกิดค่า Effecting Shift ได้แก่ หัวข้อ

3.2 งานลดเหล็ก Dowel เส้าชั้นดาดฟ้าและเพิ่มเหล็กเสริมกันแตกร้าวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กิจกรรม E ซึ่ง Effecting Shift = 14 วัน และเป็น Max Shift

สรุปผลว่างานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการทำให้งานล่าช้ากว่าแผนงาน 14 วัน

ตารางที่ 4.4 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านการเทคนิคการก่อสร้าง และ งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย

Number	Changed Order List	Activities Code Effecting	PERT					Slack of Activities	Effecting Shift (Mean>Slack)	Max Shift
			Optimistic Estimate(a)	Most Likely Estimate(m)	Pessimistic Estimate(b)	Mean	Variance			
3	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ									
3.1	งานเพิ่ม Obstruction Light	AE	15	30	45	30.00	25.00	90	-	x
3.2	งานลดเหล็ก Dowel เส้าชั้นดาดฟ้าและเพิ่มเหล็กเสริมกันแตกร้าวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	E	8	14	20	14.00	4.00	-	14	✓
4	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านการเทคนิคการก่อสร้าง									
4.1	งานเพิ่มเปลี่ยนแปลงราวกันตกบันได ST-1, ST-2 และ ST-3	V	10	20	30	20.00	11.11	656	-	x
4.2	งานเปลี่ยนแปลงกันช่องเปิดชั้นที่ 8-11	E	8	12	20	12.67	4.00	-	13	✓
5	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย									
5.1	งานเปลี่ยนแปลงโคมไฟฟ้าชนิดหลอด LED	AE	20	30	45	30.83	17.36	90	-	x

4.2.4 งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้าง

ผลการวิเคราะห์หา Effecting Shift กิจกรรมต่าง ๆ ตามรายการงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้างสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 ให้ทราบว่า มี 1 หัวข้องานเปลี่ยนแปลงที่กระทบกับกิจกรรมวิกฤติและเกิดค่า Effecting Shift ได้แก่ หัวข้อ

4.2 งานเปลี่ยนแปลงคานช่องเปิดชั้นที่ 8-11 กิจกรรม E ซึ่ง Effecting Shift = 13 วัน และเป็น Max Shift สรุปผลว่างานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้างทำให้งานล่าช้ากว่าแผนงาน 13 วัน

4.2.5 งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย

ผลการวิเคราะห์หา Effecting Shift กิจกรรมต่าง ๆ ตามรายการงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 ทำให้ทราบว่า ไม่มีงานเปลี่ยนแปลงที่กระทบกับกิจกรรมวิกฤติและเกิดค่า Effecting Shift ที่มีผลต่อวันเสร็จสิ้นโครงการ

จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 5 ปัจจัย ดังตารางที่ 4.5 ค่า Effecting Shift ที่สูงที่สุด (Max Shift) ของงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง กิจกรรม B = 72 วัน เนื่องจากกิจกรรมจากปัจจัยอื่นมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันแบบ Network เมื่อปรับกิจกรรม B โดยใช้ค่า Max Shift แล้ว กิจกรรม E และ J ที่มี Effecting Shift น้อยกว่าแต่เป็นกิจกรรมที่เกิดหลังกิจกรรม B ก็ถูกปรับค่าไปด้วยมากกว่าค่า Effecting Shift ในรายการนั้นๆ

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์หาผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 5 ปัจจัย

Number	Changed Order List	Activities Code Effecting	PERT					Slack of Activities	Effecting Shift (Mean>Slack)	Max Shift
			Optimistic Estimate(a)	Most Likely Estimate(m)	Pessimistic Estimate(b)	Mean	Variance			
1	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง	B	48	72	96	72.00	64.00	-	72	✓
2	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ	J	15	30	60	32.50	56.25	-	33	x
3	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ	E	8	14	20	14.00	4.00	-	14	x
4	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้าง	E	8	12	20	12.67	4.00	-	13	x
5	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย	AE	20	30	45	30.83	17.36	145	-	x

สรุปผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงทั้งหมดทำให้งานล่าช้ากว่าแผนงาน 72 วัน เมื่อนำค่า Max Shift มาปรับค่าใหม่ในแผนงานหลัก จะทำให้ได้แผนงานใหม่ที่เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงสามารถทราบระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการใหม่ โดยใช้เวลาเสร็จสิ้นโครงการเท่ากับ 1,449 วัน มีรายละเอียดตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แผนงานแบบสายงานวิกฤต(CPM) ที่เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลง

Activities code	Activities Description	Predecessors	Duration (Days)	Shift Time (Max Shift)	Earliest Time		Latest Time		Slack (LS-ES)	Critical
					Start+Shift (ES)	Finish (EF)	Start (LS)	Finish (LF)		
A	งานปรับปรุงและเตรียมงาน	-	50	-	-	50	72	122	72	No
B	งานเสาเข็มเจาะและทดสอบ	(FS) A	132	72	123	255	123	255	-	Yes
C	งานโครงสร้างฐานราก	(SS) B +Lag 67	90	-	190	280	190	280	-	Yes
D	งานโครงสร้างชั้น 1-3	(SS) C +Lag 67	111	-	257	368	257	368	-	Yes
E	งานโครงสร้างชั้น 4 – หลังคา	(FS) D -Lag 14	347	-	354	701	354	701	-	Yes
F	งานโครงสร้างอาคารห้องเครื่อง	(FS) B	120	-	256	376	870	990	614	No
G	งานโครงสร้างทางเข้า	(FS) C	90	-	281	371	878	968	597	No
H	งานโครงสร้างบันได	(FS) D	273	-	369	642	1,025	1,298	656	No
I	งานผนัง Precast	(FS) D	330	-	369	699	685	1,015	316	No
J	งานผนังก่ออิฐ	(FS) D, (SS) E +Lag 15	500	-	369	869	369	869	-	Yes
K	งานฉาบปูนผนังภายใน	(SS) J +Lag 83	520	-	452	972	452	972	-	Yes
L	งานฉาบปูนผนังภายนอก	(SS) J +Lag 120	240	-	489	729	878	1,118	389	No
M	งานเทพื้นปรับระดับพื้น	(SS) K +Lag 97, (SS) L+Lag 60	480	-	549	1,029	668	1,148	119	No
N	งานผนังขีปนาวุธ	(SS) M+Lag 148	180	-	697	877	1,148	1,328	451	No
O	งานปูกระเบื้องผนัง	(SS) K +Lag 97	420	-	549	969	848	1,268	299	No
P	งานพื้นคอนกรีต	(SS) K +Lag 208	480	-	660	1,140	660	1,140	-	Yes
Q	งานประตูหน้าต่าง กระจก	(SS) K +Lag 255, (SS) N+Lag 10	551	-	707	1,258	807	1,358	100	No
R	งานทาสีรองพื้น ทั้บน้้า 1 เที๊ว	(SS) P +Lag 96, (SS) Q+Lag 49	480	-	756	1,236	908	1,388	152	No
S	งานปูพื้นกระเบื้อง	(SS) U+Lag 27	270	-	826	1,096	1,178	1,448	352	No
T	งานติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	(SS) S+Lag 61	210	-	887	1,097	1,239	1,449	352	No
U	งานกรุหินตกแต่ง	(SS) O+Lag 250	180	-	799	979	1,269	1,449	470	No
V	งานสถาปัตยกรรมช่องบันได	(FS) H	150	-	643	793	1,299	1,449	656	No
W	งานตกแต่งภายใน	(SS) X +Lag 258	350	-	978	1,328	978	1,328	-	Yes
X	งานปูพื้นกระเบื้องยาง	(SS) P +Lag 60	400	-	720	1,120	720	1,120	-	Yes
Y	งานทำผิวพื้นกันซึม	(FS) M	90	-	1,030	1,120	1,359	1,449	329	No
Z	งานบัวเชิงผนัง	(FS) X- Lag 30	210	-	1,090	1,300	1,239	1,449	149	No
AA	งานผนังห้องผ่าตัด	(FS) K	210	-	973	1,183	1,239	1,449	266	No
AB	งานทาสีที่วสุดท้าย	(FS) R-Lag 18, (SS) W +Lag 240	200	-	1,218	1,418	1,218	1,418	-	Yes
AC	งานตกแต่งภายนอกกรุด้านอาคาร	(FS) I, (SS) M+Lag 105	433	-	700	1,133	1,016	1,449	316	No
AD	งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	935	-	369	1,304	514	1,449	145	No
AE	งานระบบไฟฟ้า	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	990	-	369	1,359	459	1,449	90	No
AF	งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	1,020	-	369	1,389	429	1,449	60	No
AG	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	1,020	-	369	1,389	429	1,449	60	No
AH	งานระบบลิฟท์	(SS) K +Lag 230	585	-	682	1,267	864	1,449	182	No
AI	งานระบบแก๊สทางการแพทย์	(SS) K +Lag 14, (SS) AJ+Lag 1	910	-	466	1,376	539	1,449	73	No
AJ	งานสถาปัตยกรรมอาคารห้องเครื่อง	(FS) F-Lag 9	390	-	367	757	999	1,389	632	No
AK	งานภายนอกอาคาร	(FS) G	480	-	372	852	969	1,449	597	No
AL	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ	(SS) AB +Lag 81	150	-	1,299	1,449	1,299	1,449	-	Yes
New Project Duration (Effected by Changed Order)						1,449	Days			
Project Duration Plan						1,377	Days			
Delayed						72	Days			

4.3 การวิเคราะห์หาผลกระทบตามเงื่อนไขในสัญญาเรื่องค่าปรับ

เนื่องจากทางโครงการยังไม่ได้ทำการแก้ไขสัญญางานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ว่าอาจจะแก้ไขสัญญาและขอขยายเวลาไม่ได้ กรณีเช่นนี้จึงต้องพิจารณาถึงผลกระทบตามเงื่อนไขเรื่องค่าปรับ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หากผู้รับจ้างไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญา และผู้ว่าจ้างยังมีได้บอกเลิกสัญญา ผู้รับจ้างจะต้องชำระค่าปรับให้แก่ผู้ว่าจ้างเป็นจำนวนเงินวันละ 1,800,000.00 บาท (หนึ่งล้านแปดแสนบาทถ้วน) นับถัดจากวันที่กำหนดแล้วเสร็จตามสัญญาหรือวันที่ผู้ว่าจ้างได้ขยายให้จนถึงวันที่ทำงานแล้วเสร็จจริง นอกจากนี้ผู้รับจ้างยอมให้ผู้ว่าจ้างเรียกค่าเสียหายอันเกิดจากการที่ผู้รับจ้างทำงานล่าช้าเฉพาะส่วนที่เกินกว่าจำนวนค่าปรับและค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้อีกด้วย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุประยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการใหม่ โดยใช้เวลาเสร็จสิ้นโครงการเท่ากับ 1,449 วัน ซึ่งล่าช้ากว่าแผนงาน 72 วัน ตามที่แสดงผลในหัวข้อ 4.2 นั้น ถ้าไม่มีการเร่งรัดงานและถ้าไม่สามารถขอขยายเวลาได้จะเป็นผลให้ผู้รับจ้างต้องเสียค่าปรับเป็นจำนวนเงิน = $72 \times 1,800,000$ เท่ากับ 129,600,000.00 บาท และรวมทั้งค่าเสียหายอันเกิดจากการที่ผู้รับจ้างทำงานล่าช้าเฉพาะส่วนที่เกินกว่าจำนวนค่าปรับและค่าใช้จ่ายดังกล่าวอีกด้วย

4.4 การวิเคราะห์หาผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าดำเนินการ

เนื่องจากทางโครงการยังไม่ได้ทำการแก้ไขสัญญางานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ว่าอาจจะแก้ไขสัญญาและขอขยายเวลาได้ กรณีเช่นนี้จึงต้องพิจารณาถึงผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าดำเนินการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.4.1 ผลจากการเก็บข้อมูลจริงค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ

จากการเก็บข้อมูลจริง ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ ตั้งแต่เริ่มโครงการ ถึงเดือนที่ 29 ประกอบด้วยรายการค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยตามตาราง 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	เงินเดือนพนักงานโดยเฉลี่ย	828,712.50	บาท/เดือน
2	ค่าไฟฟ้าของหน่วยงานโดยเฉลี่ย	193,316.47	บาท/เดือน
3	ค่าน้ำประปาของหน่วยงานโดยเฉลี่ย	33,949.53	บาท/เดือน
4	ค่าจ้างรักษาความปลอดภัยประจำหน่วยงาน	36,000.00	บาท/เดือน
5	ค่าใช้จ่ายของใช้สิ้นเปลืองของหน่วยงานโดยเฉลี่ย	24,489.56	บาท/เดือน
	ผลรวม	1,116,468.06	บาท/เดือน

รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม = $1,116,468.06 \text{ บาท} / 30 \text{ วัน} = 37,215.60 \text{ บาทต่อวัน}$

4.4.2 ต้นทุนคงที่ ค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่

ค่าดำเนินการใช้การประเมินเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยคิด 1 % จากต้นทุน ได้แก่ค่าวัสดุ และค่าแรงงานและหารจำนวนวันทั้งหมดตามสัญญา = $1,530,221,882 * 0.01 / 1,440$ ต้นทุนค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่เท่ากับ 10,626.54 บาทต่อวัน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุประยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการใหม่ โดยใช้เวลาเสร็จสิ้นโครงการเท่ากับ 1,449 วัน ซึ่งล่าช้ากว่าแผนงาน 72 วัน ตามที่แสดงผลในหัวข้อ 4.2 นั้น ถ้าไม่มีการเร่งรัดงานแต่สามารถขอขยายเวลาได้จะเป็นผลให้ผู้รับจ้างต้องเสียค่าใช้จ่ายทางอ้อมและค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเงิน = $72 \times (37,215.60 + 10,626.54)$ เท่ากับ 3,444,634.08 บาท

4.5 การใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการ

การพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการกรณีศึกษา จะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายทางตรง ได้แก่ ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และค่าแรงงานในการเร่งรัดงาน ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่ ค่าปรับกรณีทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญา รวมถึงค่าอื่น ๆ สำหรับใช้ประกอบเพื่อให้ทราบผลกำไรเบื้องต้นได้แก่ ค่าภาษีอากร และค่า Escalation Factor หรือค่า K ซึ่งสามารถเป็นทั้งรายได้ หรือเป็นรายจ่ายเนื่องจากอาคารกรณีศึกษาใช้สัญญาแบบปรับราคาได้ในการประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้าง

4.5.1 ค่าใช้จ่ายทางตรง ส่วนค่าวัสดุ

เนื่องจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกทำให้สมดุลโดยมีมูลค่าเท่าเดิมตามสัญญาเพื่อไม่ให้เกิดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ จึงใช้มูลค่าต้นทุน ค่าวัสดุตามรายการปริมาณงาน และจัดสรรลงตามกิจกรรม มีมูลค่ารวมเท่ากับ 1,248,822,132.22 บาท มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายทางตรงส่วนค่าวัสดุ

Activities code	Activities Description	Direct Cost (Materials Cost) Bath	Critical
A	งานปรับปรุงและเตรียมงาน	500,000.00	✓
B	งานเสาเข็มเจาะและทดสอบ	33,864,300.00	✓
C	งานโครงสร้างฐานราก	38,672,553.40	✓
D	งานโครงสร้างชั้น 1-3	63,702,778.40	✓
E	งานโครงสร้างชั้น 4 – หลังคา	152,467,328.10	✓
F	งานโครงสร้างอาคารห้องเครื่อง	14,267,584.40	×
G	งานโครงสร้างทางเข้า	4,386,357.20	×
H	งานโครงสร้างบันได	2,049,413.60	×
I	งานผนัง Precast	8,352,370.00	×
J	งานผนังก่ออิฐ	20,493,320.00	✓
K	งานฉาบปูนผนังภายใน	7,873,330.00	✓
L	งานฉาบปูนผนังภายนอก	1,802,410.00	×
M	งานเทพื้นปรับระดับพื้น	5,088,900.00	×
N	งานผนังชิปซัมบอร์ค	677,040.00	×
O	งานปูกระเบื้องผนัง	4,673,500.00	×
P	งานฝ้าเพดาน	23,748,520.00	✓
Q	งานประตูด่านต่าง กระจก	92,605,415.00	×
R	งานทาสีรองพื้น ทับหน้า 1 เทียว	6,626,851.00	×
S	งานปูพื้นกระเบื้อง	8,457,750.00	×
T	งานติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	21,576,235.00	×
U	งานกรุหินตกแต่ง	6,576,450.00	×
V	งานสถาปัตยกรรมช่องบันได และราวกันตก	3,340,960.00	×
W	งานตกแต่งภายใน	33,145,815.00	✓
X	งานปูพื้นกระเบื้องยาง	28,488,225.00	✓
Y	งานทำผิวพื้นกันซึม	5,196,200.00	×
Z	งานบัวเชิงผนัง	5,549,060.00	×
AA	งานผนังห้องผ่าตัด	26,121,150.00	×
AB	งานทาสีที่ยืดสุดท้าย	2,840,079.00	✓
AC	งานตกแต่งภายนอกกรอบด้านอาคาร	42,479,810.00	×
AD	งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	65,418,180.12	×
AE	งานระบบไฟฟ้า	28,066,795.00	×
AF	งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้	60,242,217.00	×
AG	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	247,145,213.00	×
AH	งานระบบลิฟท์	108,540,000.00	×
AI	งานระบบแก๊สทางการแพทย์	68,078,772.00	×
AJ	งานสถาปัตยกรรมอาคารห้องเครื่อง	2,357,030.00	×
AK	งานภายนอกอาคาร	3,350,220.00	×
AL	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ	-	✓
Total Direct Cost (Materials Cost)		1,248,822,132.22	

ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายทางตรงส่วนค่าแรงงานปกติ และค่าเร่งรัดงาน

Activities code	Activities Description	Normal		Crash		Time Reduction(Days)	Increasing Cost(Baht ฿/	Critical
		Time (Days)	Cost (Baht ฿)	Time (Days)	Cost (Baht ฿)			
A	งานปรับปรุงและเตรียมงาน	50	-	50	-	-	-	✓
B	งานเสาเข็มเจาะและทดสอบ	132	228,603.18	132	-	-	-	✓
C	งานโครงสร้างฐานราก	90	78,642.60	90	-	-	-	✓
D	งานโครงสร้างชั้น 1-3	111	103,518.29	111	-	-	-	✓
E	งานโครงสร้างชั้น 4 – หลังคา	347	82,884.27	347	-	-	-	✓
F	งาน โครงสร้างอาคารห้องเครื่อง	120	44,627.63	120	-	-	-	×
G	งาน โครงสร้างทางเข้า	90	10,309.31	90	-	-	-	×
H	งาน โครงสร้างบันได	273	1,633.75	160	3,200.00	113	583.95	×
I	งานผนัง Precast	330	2,314.45	330	-	-	-	×
J	งานผนังก่ออิฐ	500	19,205.03	429	30,400.00	71	47,915.33	✓
K	งานฉาบปูนผนังภายใน	520	15,922.15	370	27,300.00	150	12,204.99	✓
L	งานฉาบปูนผนังภายนอก	240	8,104.21	168	21,000.00	72	21,758.32	×
M	งานเทพื้นปรับระดับพื้น	480	5,361.38	393	9,600.00	87	13,744.86	×
N	งานผนังชิปซัมบอร์ค	180	940.33	109	2,400.00	72	1,274.69	×
O	งานปูกระเบื้องผนัง	420	6,419.64	232	15,750.00	188	5,138.86	×
P	งานฝ้าเพดาน	480	11,809.84	377	19,950.00	103	17,844.81	✓
Q	งานประตูด่านต่าง กระฉก	551	6,631.31	360	-	191	-	×
R	งานทาสีรองพื้น ทับหน้า 1 เทื่อ	480	7,256.29	303	16,800.00	177	9,034.71	×
S	งานปูพื้นกระเบื้อง	270	10,845.00	217	14,400.00	53	3,676.27	×
T	งานติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	210	5,893.95	140	8,840.93	70	-	×
U	งานกรุหินตกแต่ง	180	15,900.00	90	31,800.00	90	-	×
V	งานสกริปตกรรมช่องบันได และราวกันด	150	9,267.73	90	15,446.22	60	-	×
W	งานตกแต่งภายใน	350	8,325.49	270	14,800.00	80	13,526.00	✓
X	งานปูพื้นกระเบื้องยาง	400	17,247.35	313	28,000.00	87	21,309.95	✓
Y	งานทำผิวพื้นกันซึม	90	-	90	-	-	-	×
Z	งานบัวเชิงผนัง	210	5,251.71	113	10,560.00	97	902.62	×
AA	งานผนังห้องฝ้าตัด	210	18,918.57	180	-	30	-	×
AB	งานทาสีที่เชื่อมสุดท้าย	200	7,463.62	144	11,195.43	56	2,157.50	✓
AC	งานตกแต่งภายนอกกรอบด้านอาคาร	433	2,650.60	361	5,301.20	72	10,602.40	×
AD	งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	935	23,562.30	823	-	112	-	×
AE	งานระบบไฟฟ้า	990	5,342.04	790	-	200	-	×
AF	งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้	1,020	7,735.30	825	-	195	-	×
AG	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	1,020	34,159.80	825	-	195	-	×
AH	งานระบบลิฟท์	585	-	400	-	185	-	×
AI	งานระบบแก๊สทางการแพทย์	910	8,392.98	820	-	90	-	×
AJ	งานสถาปัตยกรรมอาคารห้องเครื่อง	390	2,461.01	260	4,922.02	130	2,461.01	×
AK	งานภายนอกอาคาร	480	3,151.35	240	9,454.06	240	3,151.35	×
AL	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ	150	4,925.87	30	36,000.00	120	2,842.67	✓
Total Direct Cost (Labor Cost)			229,917,776.20					

4.5.2 ค่าใช้จ่ายทางตรง ส่วนค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมของการเร่งรัดงาน

ในส่วนค่าแรงงานปกติได้จากการคำนวณปริมาณงานคูณกับระยะเวลาทำงาน มีมูลค่ารวมเท่ากับ 229,917,776.20 บาท ส่วนค่าแรงงานสำหรับใช้เร่งรัดงานได้จากการเก็บข้อมูลผลงานที่หน้างาน ตามความสัมพันธ์กับจำนวนแรงงานที่ใช้ ได้ต้นทุนค่าแรงที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้เร่งรัดงาน หน่วยบาทต่อวัน (Increasing Cost : Baht ฿/Day) มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.9

4.5.3 ค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่

ตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.4 รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อม เท่ากับ 37,215.60 บาทต่อวัน และ ต้นทุนค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่เท่ากับ 10,626.54 บาทต่อวัน

4.5.4 ค่าปรับกรณีทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญา

ตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.3 ค่าปรับตามเงื่อนไขในสัญญาเท่ากับ 1,800,000.00 บาทต่อวัน

4.5.5 ค่าอื่น ๆ สำหรับใช้ประกอบเพื่อให้ทราบผลกำไรเบื้องต้น

1) ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

VAT หมายถึง ภาษีมูลค่าเพิ่ม (Value Added Tax) หรือที่เรียกกันว่า แวต เป็นรูปแบบการจัดเก็บภาษีอีกรูปแบบหนึ่งของรัฐบาล โดยใช้วิธีเรียกเก็บจากบุคคลที่ซื้อสินค้าหรือบริการ ซึ่งจะเก็บเฉพาะจากมูลค่าส่วนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการผลิต การจำหน่ายหรือการให้บริการ การคิดอัตราภาษีมูลค่าเพิ่มปัจจุบันอยู่ที่ร้อยละ 7 โดยจะต้องบวกเพิ่มเข้าไปในส่วน of ต้นทุนทางตรงได้แก่ ค่าวัสดุ และค่าแรงงาน

2) ค่า Escalation Factor หรือค่า K

สัญญาแบบปรับราคาได้ในการประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้าง จะใช้ค่า Escalation Factors หรือค่า K เป็นตัวเลขดัชนีที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของค่างาน ณ ระยะเวลาที่ผู้รับเหมาก่อสร้างเปิดซองประกวดราคาได้ เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ส่งงานในแต่ละงวด โดยมีเงื่อนไขสำคัญ ดังนี้

- จะใช้ "ค่า K" ได้เฉพาะในกรณีที่ผู้รับเหมารับงานจากส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยการบริหารราชการส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานอื่นที่มีกฎหมายบัญญัติให้มีฐานะเป็นราชการบริหารส่วนท้องถิ่นเท่านั้น
- ในการทำสัญญาว่าจ้าง คู่สัญญาจะต้องระบุในสัญญาให้ชัดเจนว่า เป็นสัญญาแบบปรับราคาได้ในการประกวดราคาจ้างเหมาก่อสร้าง

การนำ "ค่า K" มาใช้ เริ่มจากในช่วงปี 2516 - 2517 เกิดวิกฤติการณ์ทางเศรษฐกิจ โดยน้ำมันและวัสดุก่อสร้างสำคัญ คือ เหล็กสำเร็จรูปต่าง ๆ ขาดแคลนและราคาสูงขึ้นมาก ส่งผลกระทบต่อธุรกิจก่อสร้างโดยตรงและรุนแรง ผู้รับเหมาต่างได้รับความเดือดร้อน บางรายหยุดดำเนินการ บางรายละทิ้งงาน เพราะไม่สามารถรับภาระขาดทุนได้ ขณะเดียวกัน ผู้จ้างเหมาที่ได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน คณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติให้นำ "ค่า K" มาใช้ เพื่อช่วยเหลือผู้รับเหมาให้ได้รับการชดเชยค่าเสียหาย ทั้งนี้มีคณะกรรมการเป็นผู้กำหนด หลักเกณฑ์ เงื่อนไข สูตร ประเภท และลักษณะงานที่เข้าข่ายสามารถขอรับเงินชดเชยจากรัฐบาลได้ จนถึงปี 2524 รัฐบาลได้ประกาศยกเลิกการใช้ "ค่า K" เนื่องจากวิกฤติการณ์ทางเศรษฐกิจกลับเข้าสู่ภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม เมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2532 คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้นำ "ค่า K" มาใช้อีกครั้ง เนื่องจากผลของภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัวในอัตราสูง ก่อให้เกิดการลงทุนอย่างมากในธุรกิจหลายสาขา โดยเฉพาะธุรกิจการก่อสร้าง เพื่อรองรับเศรษฐกิจที่ขยายตัว เป็นเหตุให้วัสดุก่อสร้างสำคัญ คือ เหล็กเส้นขาดแคลนและราคาสูงขึ้นมากอย่างต่อเนื่อง ผู้ประกอบการธุรกิจก่อสร้างได้รับความเดือดร้อน รัฐบาลจึงให้ความช่วยเหลือโดยมีมติดังกล่าว ให้ใช้ "ค่า K" มาจนถึงปัจจุบัน

ค่า K จะมีผลต่อผู้รับจ้าง ณ.วันส่งเบิกเงินผลงานเกิดการเปลี่ยนแปลง ค่า K ที่ประกาศทุกเดือน มากกว่า 4 % เป็นค่าบวกคือผู้รับจ้างได้เงินเพิ่มเมื่อมีค่ามากกว่า 1.04 เป็นส่วนต่างจาก 1.04 เท่าใดและเป็นค่าลบคือผู้รับจ้างต้องชำระเงินคืนเจ้าของโครงการเมื่อมีค่าต่ำกว่า 0.96 เป็นส่วนต่างจาก 0.96 เท่าใด

จากภาวะการณ์ปัจจุบันโครงการได้ทำการเบิกผลงานแล้ว 30 งวด เป็นจำนวนเงิน 995,760,000.00 บาท มีค่า K เฉลี่ยติดลบ ที่ -0.012 และถ้าผู้ศึกษาคาดการณ์ในอัตราเฉลี่ยนี้จะทำให้ทราบว่าผู้รับจ้างต้องจ่ายเงินคืนให้แก่เจ้าของโครงการเมื่อสิ้นสุดโครงการเป็นจำนวนเงินโดยประมาณเท่ากับ $1,800,000.00 \times 0.012 = 21,600,000.00$ บาท

เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วในข้อ 4.5.1 ถึง 4.5.5 นำข้อมูลทั้งหมดกรอกลงในหน้าตารางคำนวณ ของโปรแกรม Microsoft Excel หรือ Spreadsheet และใช้โปรแกรมเสริม Add on คือ Solver กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมเชิงเส้น ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ และฟังก์ชันข้อจำกัดต่าง ๆ ของโครงการได้ดังนี้

1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ $\text{Minimize Total Cost} = \text{Total Direct Cost} + \text{Time Reduction} * \text{Increasing Cost Per Day} + \text{Indirect Cost} * \text{Project Finish Time} + \text{Overhead Cost} * \text{Project Finish Time} + \text{Penalty}$
(โดยค่า Penalty ใช้สูตรถ้า $\text{Project Finish Time} > \text{Max Time } 1,377 \text{ วัน}$,
 $\text{Penalty} = (\text{Project Finish Time} - 1,377) * 1,800,000.00$)

แต่ถ้า Project Finish Time < Max Time 1,377 วัน, Penalty = 0)

2. ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ ได้แก่ Start Time, Time Reduction และ Project Finish Time

3. ฟังก์ชันข้อจำกัด

ข้อจำกัดที่เป็นเงื่อนไขความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามแผนงานหลัก ได้แก่

- | | |
|--|--|
| -A Start ≥ 0 | -B Start ≥ 123 (A Finish+1+72) |
| -C Start $\geq B$ Start+67 | -D Start $\geq C$ Start+67 |
| -E Start $\geq D$ Finish-14-D Reduction | -F Start $\geq B$ Finish+1-B Reduction |
| -G Start $\geq C$ Finish+1-C Reduction | -H Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction |
| -I Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction | -J Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction |
| -J Start $\geq E$ Start+15 | -K Start $\geq J$ Start +83 |
| -L Start $\geq J$ Start +120 | -M Start $\geq K$ Start +97 |
| -M Start $\geq L$ Start +60 | -N Start $\geq M$ Start +148 |
| -O Start $\geq K$ Start +97 | -P Start $\geq K$ Start +208 |
| -Q Start $\geq K$ Start +255 | -Q Start $\geq N$ Start +10 |
| -R Start $\geq P$ Start +96 | -R Start $\geq Q$ Start +49 |
| -S Start $\geq U$ Start +27 | -T Start $\geq S$ Start +61 |
| -U Start $\geq O$ Start +250 | -V Start $\geq H$ Finish+1-H Reduction |
| -W Start $\geq X$ Start +258 | -X Start $\geq P$ Start +60 |
| -Y Start $\geq M$ Finish+1-M Reduction | -Z Start $\geq X$ Finish-30-X Reduction |
| -AA Start $\geq K$ Finish+1-K Reduction | -AB Start $\geq R$ Finish-18-R Reduction |
| -AB Start $\geq W$ Start+240 | -AC Start $\geq I$ Finish+1-I Reduction |
| -AC Start $\geq M$ Start+105 | -AD Start $\geq AJ$ Start+1 |
| -AD Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction | -AE Start $\geq AJ$ Start+1 |
| -AE Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction | -AF Start $\geq AJ$ Start+1 |
| -AF Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction | -AG Start $\geq AJ$ Start+1 |
| -AG Start $\geq D$ Finish+1-D Reduction | -AH Start $\geq K$ Start+230 |
| -AI Start $\geq AJ$ Start+1 | -AI Start $\geq K$ Start+14 |
| -AJ Start $\geq F$ Finish -9-F Reduction | -AK Start $\geq G$ Finish+1-G Reduction |
| -AL Start $\geq AB$ Start+81 | |

-Project Finish Time = AL Finish

-A Finish ถึง AK Finish $\leq$ AL Finish

ข้อจำกัดเรื่องวันสูงสุดที่สามารถเร่งรัดงานได้

-Time Reduction $\leq$ Max Time Reduction Days

ข้อจำกัดที่เป็นจำนวนเต็มบวก

- Start Time, Time Reduction = Integer

หมายเหตุ : การตั้งข้อจำกัดความสัมพันธ์ของกิจกรรมตัวที่เกี่ยวข้องกับวันเสร็จสิ้น ต้องลบวันเร่งรัดงานออกด้วย เช่น $AJ\ Start \geq F\ Finish - 9 - F\ Reduction$

Solver Parameters

Set Objective:

To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

AStart >= 0
BStart >= 123
CStart >= BStart+67
DStart >= CStart+67
EStart >= DFinish-14-DReduction
FStart >= BFinish+1-BReduction
GStart >= CFinish+1-CReduction
HStart >= DFinish+1-DReduction
IStart >= DFinish+1-DReduction
JStart >= DFinish+1-DReduction
JStart >= EStart+15
KStart >= JStart+83

☒ Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Buttons: Add, Change, Delete, Reset All, Load/Save, Options

Buttons: Help, Solve, Close

รูปที่ 4.2 การลงข้อมูลในหน้าต่างเมนู Solver

เมื่อนำข้อมูลเข้าโปรแกรม Solver ตามรูปที่ 4.2 โปรแกรมทำการวิเคราะห์ผลออกมาได้ผลลัพธ์ Minimize Total Cost = 1,544,311,880.97 บาท โดยใช้เวลาก่อสร้างทั้งสิ้น 1,363 วัน ดังตารางที่ 4.10 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายดังนี้

- 1) ค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าวัสดุและค่าแรง = 1,478,739,908.42 บาท
- 2) ค่าแรงจัดงาน = 363,131.77 บาท เกิดจากค่าใช้จ่ายในการจัดงานดังต่อไปนี้

-AB งานทาสีที่ขั้วสุดท้ายจำนวน 55 วัน

-AL งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ จำนวน 86 วัน

ในส่วนของการระบบไม่มีค่าใช้จ่ายในการจัดงานเนื่องจากเป็นสัญญาผู้รับเหมาช่วงได้แก่

-AF งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้ จำนวน 26 วัน

-AG งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ จำนวน 26 วัน

-AI งานระบบแก๊สทางการแพทย์ จำนวน 13 วัน

- 3) ค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่ = 65,208,840.78 บาท ได้จากค่าใช้จ่ายรวมต่อวันคูณจำนวนวันทั้งสิ้น 1,363 วัน
- 4) ค่าปรับกรณีทำงานเสร็จล่าช้ากว่าสัญญา = 0 บาท เนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่าสัญญาที่ 1,377 วัน

ค่าใช้จ่าย 1-4 รวมกันเท่ากับ 1,544,311,880.97 บาท (เท่ากับผลลัพธ์ Minimize Total Cost) รวมรายการค่าอื่น ๆ ได้แก่ภาษีมูลค่าเพิ่ม VAT 7% ของค่าใช้จ่ายทางตรง (ค่าวัสดุและค่าแรง) = 103,511,793.59 บาท และลบค่า K โดยประมาณ = -21,600,000.00 บาท เท่ากับ 1,669,389,330.99 ลบกับมูลค่างานก่อสร้างตามสัญญา 1,800,000,000.00 บาท เพื่อให้ทราบผลกำไรเบื้องต้น = 130,576,325.44 บาท คิดเป็น 7.25% ของมูลค่างานตามสัญญา

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์เพื่อเร่งรัดโครงการด้วยโปรแกรม Solver

Activities	Normal		Crash		Maximum Time Reduction(Days)	Increasing Cost(Baht ฿/Day)	Start Time	Time Reduction	Finish Time
	Time (Days)	Cost (Baht ฿)	Time (Days)	Cost (Baht ฿)					
A	50	-	50	-	-	-	0	-	50
B	132	228,603.18	132	-	-	-	123	-	255
C	90	78,642.60	90	-	-	-	190	-	280
D	111	103,518.29	111	-	-	-	257	-	368
E	347	82,884.27	347	-	-	-	354	-	701
F	120	44,627.63	120	-	-	-	256	-	376
G	90	10,309.31	90	-	-	-	792	-	882
H	273	1,633.75	160	3,200.00	113	583.95	369	-	642
I	330	2,314.45	330	-	-	-	369	-	699
J	500	19,205.03	429	30,400.00	71	47,915.33	369	-	869
K	520	15,922.15	370	27,300.00	150	12,204.99	452	-	972
L	240	8,104.21	168	21,000.00	72	21,758.32	489	-	729
M	480	5,361.38	393	9,600.00	87	13,744.86	549	-	1,029
N	180	940.33	109	2,400.00	72	1,274.69	697	-	877
O	420	6,419.64	232	15,750.00	188	5,138.86	549	-	969
P	480	11,809.84	377	19,950.00	103	17,844.81	660	-	1,140
Q	551	6,631.31	360	-	191	-	707	-	1,258
R	480	7,256.29	303	16,800.00	177	9,034.71	756	-	1,236
S	270	10,845.00	217	14,400.00	53	3,676.27	1092	-	1,362
T	210	5,893.95	140	8,840.93	70	-	1153	-	1,363
U	180	15,900.00	90	31,800.00	90	-	1065	-	1,245
V	150	9,267.73	90	15,446.22	60	-	643	-	793
W	350	8,325.49	270	14,800.00	80	13,526.00	978	-	1,328
X	400	17,247.35	313	28,000.00	87	21,309.95	720	-	1,120
Y	90	-	90	-	-	-	1030	-	1,120
Z	210	5,251.71	113	10,560.00	97	902.62	1153	-	1,363
AA	210	18,918.57	180	-	30	-	1153	-	1,363
AB	200	7,463.62	144	11,195.43	56	2,157.50	1218	55	1,363
AC	433	2,650.60	361	5,301.20	72	10,602.40	930	-	1,363
AD	935	23,562.30	823	-	112	-	428	-	1,363
AE	990	5,342.04	790	-	200	-	373	-	1,363
AF	1,020	7,735.30	825	-	195	-	369	26	1,363
AG	1,020	34,159.80	825	-	195	-	369	26	1,363
AH	585	-	400	-	185	-	778	-	1,363
AI	910	8,392.98	820	-	90	-	466	13	1,363
AJ	390	2,461.01	260	4,922.02	130	2,461.01	367	-	757
AK	480	3,151.35	240	9,454.06	240	3,151.35	883	-	1,363
AL	150	4,925.87	30	36,000.00	120	2,842.67	1299	86	1,363

Max Time

Direct Cost(Materials)	1,248,822,132.22
Direct Cost (Labor)	229,917,776.20
Indirect Cost/Day	37,215.60
Overhead Cost/Day	10,626.54
Penalty/Day	1,800,000.00

Project Finish Time	1,363	1,377
Total Cost	1,544,311,880.97	

Total Direct Cost	1,478,739,908.42
Crash Cost	363,131.77
Indirect+Overhead	65,208,840.78
Penalty	-
VAT 7%	103,511,793.59
Escalation Factors(K)	(21,600,000.00)
Total Cost	1,669,423,674.56
Gross Profit	130,576,325.44

7.25%

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปัจจัยการเกิดงานเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อการก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงรายการคำสั่งเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อมูลค่างานและระยะเวลาดำเนินงานโครงการ ตลอดจนศึกษาเพื่อหาทางแก้ไขปรับปรุงแผนงานและแผนเร่งรัดงานจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้นให้โครงการเสร็จสิ้นตามเวลาสัญญา หรือเวลาที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและเกิดกำไรสูงสุดสำหรับผู้ทำการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังได้องค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ที่มีงานเปลี่ยนแปลง เพิ่มลดซึ่งจะส่งผลกระทบต่อมากเพราะกิจกรรมมาก และมีความซับซ้อนของงาน เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาการจัดทำแผนงานในโครงการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

ผู้ศึกษาได้เก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ผลกระทบจากคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อระยะเวลาดำเนินงานโครงการ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ทราบว่าปัจจัยงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการมากที่สุด ทำให้งานล่าช้าเป็นจำนวน 72 วัน รองลงมาคืองานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ ทำให้งานล่าช้าจำนวน 33 วัน งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ และงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิคการก่อสร้างทำให้งานล่าช้าจำนวน 14 วัน และ 13 วันตามลำดับ ส่วนปัจจัยงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัยนั้นไม่กระทบต่อระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการเนื่องจากมีงานอยู่บนกิจกรรมที่ไม่ใช่กิจกรรมวิกฤตสามารถเลื่อนเวลาเริ่มกิจกรรมและดำเนินการได้โดยไม่เกินระยะเวลา Slack ของกำหนดการตามแผนงาน มีรายละเอียดแสดงตามตารางที่ 5.1

สรุปผลกระทบต่อเวลาทำงานก่อสร้างจากงานเปลี่ยนแปลงทั้งหมดทำให้งานล่าช้ากว่าแผนงานเป็นเวลา 72 วัน โดยใช้เวลาเสร็จสิ้นโครงการเท่ากับ 1,449 วัน จากแผนงานเดิมที่ 1,377 วัน

ตารางที่ 5.1 สรุปผลกระทบต่อระยะเวลาดำเนินงานโครงการโดยแยกตามปัจจัยการเกิด

Number	Changed Order List	Activities Code Effecting	Shift Time (Days)	Max Shift
1	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากแบบก่อสร้าง	B	72	✓
2	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเจ้าของโครงการ	J	33	
3	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากที่ปรึกษาโครงการ	E	14	
4	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัญหาทางด้านเทคนิค การก่อสร้าง	E	13	
5	งานเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากเทคโนโลยีที่ทันสมัย	AE	-	

5.1.2 ผลกระทบจากคำสั่งเปลี่ยนแปลงต่อมูลค่างานโครงการ

แผนงานเดิมตามสัญญาใช้เวลาดำเนินการก่อสร้างโครงการเท่ากับ 1,377 วัน แต่ผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงทั้งหมดจะทำให้เวลาเสร็จสิ้นโครงการล่าช้าออกไปเท่ากับ 1,449 วัน และจากการใช้โปรแกรมเชิงเส้นทำการวิเคราะห์เพื่อเร่งรัดงานได้ผลลัพธ์เพื่อให้เกิดมูลค่างานน้อยที่สุดใช้เวลาก่อสร้างทั้งสิ้น 1,363 วัน สามารถเปรียบเทียบมูลค่างานโครงการมีรายละเอียดตามตารางที่ 5.2 จากตารางจะสามารถสรุปข้อแตกต่างได้เป็น 4 ประเด็นได้แก่

- 1) ถ้าไม่มีผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงและสามารถทำงานได้ตามแผนงานหลัก จะใช้เวลา 1,377 วันตามสัญญา มีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 1,544,618,539.20 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทางตรง (ค่าวัสดุและค่าแรงงาน) เท่ากับ 1,478,739,908.42 บาท และค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่ เท่ากับ 65,878,630.78 บาท
- 2) เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถขอขยายระยะเวลาได้ จะใช้เวลา 1,449 วัน มีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 1,677,663,173.49 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทางตรง (ค่าวัสดุและค่าแรงงาน) เท่ากับ 1,478,739,908.42 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่เท่ากับ 69,323,265.07 บาท และเกิดค่าปรับจำนวน 129,600,000.00 บาท
- 3) เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงแต่สามารถขอขยายระยะเวลาได้ จะใช้เวลา 1,449 วัน มีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 1,548,063,173.49 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย

ทางตรง (ค่าวัสดุและค่าแรงงาน) เท่ากับ 1,478,739,908.42 บาท และค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่เท่ากับ 69,323,265.07 บาท

- 4) เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงแต่ใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการจะใช้เวลา 1,363 วัน มีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 1,544,311,880.97 บาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทางตรง (ค่าวัสดุและค่าแรงงาน) เท่ากับ 1,478,739,908.42 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่เท่ากับ 65,208,840.78 บาท และเกิดค่าใช้จ่ายในการเร่งรัดงานจำนวน 363,131.77 บาท

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบมูลค่างานโครงการ

Conditions/ List	1.ไม่มีผลกระทบและก่อสร้างตามแผนงานหลัก	2.เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลง - ไม่สามารถขยายเวลา	3.เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลง - สามารถขยายเวลา	4.เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลง - ปรับแผนงาน
Project Duration (Days)	1,377	1,449	1,449	1,363
Direct Cost Materials + Labor	1,478,739,908.42	1,478,739,908.42	1,478,739,908.42	1,478,739,908.42
Indirect Cost +Overhead Cost	65,878,630.78	69,323,265.07	69,323,265.07	65,208,840.78
Crashing Cost	-	-	-	363,131.77
Penalty	-	129,600,000.00	-	-
Total Cost	1,544,618,539.20	1,677,663,173.49	1,548,063,173.49	1,544,311,880.97
Difference To Minimal Cost	306,658.23	133,351,292.52	3,751,292.52	-

ผลจากการเปรียบเทียบมูลค่างานโครงการ

- กรณีเกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถขยายระยะเวลาได้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงสุดซึ่งเกิดจากค่าปรับและค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่ แตกต่างจากค่าใช้จ่ายต่ำสุดด้วยการปรับแผนเพื่อเร่งรัดงานเท่ากับ 133,351,292.52 บาท และใช้เวลามากกว่า 86 วัน
- กรณีเกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงแต่สามารถขยายระยะเวลาได้ จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่ ต่าง

จากค่าใช้จ่ายต่ำสุดด้วยการปรับแผนเพื่อเร่งรัดงานเท่ากับ 3,751,292.52 บาท และใช้เวลามากกว่า 86 วัน

- กรณีเกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงแต่ใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัดโครงการจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ถึงแม้ว่าจะเกิดค่าใช้จ่ายจากการเร่งรัดงานแต่สามารถทำ Time cost trade off กับค่าใช้จ่ายทางอ้อมรวมกับค่าใช้จ่ายที่สำนักงานใหญ่ได้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการไม่เกิดผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงเป็นจำนวน 306,658.23 บาท และเร็วกว่าแผนงานตามสัญญา 14 วัน

5.1.3 การจัดทำแผนเร่งรัดงานจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ให้เร่งรัดกิจกรรม จึงใช้ระยะเวลาทำงานของกิจกรรม ลบด้วย ระยะเวลาเร่งรัดกิจกรรมตามรายการดังนี้

- AB งานทาสีเที่ยวสุดท้ายจำนวน 55 วัน
- AL งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบ จำนวน 86 วัน
- AF งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้ จำนวน 26 วัน
- AG งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ จำนวน 26 วัน
- AI งานระบบแก๊สทางการแพทย์ จำนวน 13 วัน

จะได้แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM) ปรับปรุงใหม่ตามตารางที่ 5.3 โครงการจะใช้เวลาเสร็จสิ้น 1,363 วัน ซึ่งจะทำให้เกิดกิจกรรมวิกฤติเพิ่มขึ้น 3 กิจกรรม ได้แก่

- AF งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- AG งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- AI งานระบบแก๊สทางการแพทย์

กิจกรรมเดิมที่เป็นกิจกรรมวิกฤติ คือ A งานปรับปรุงและเตรียมงาน ไม่ใช่กิจกรรมวิกฤติเพราะมีระยะเวลา Slack = 72 วัน เนื่องมาจากผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

เมื่อทำการปรับปรุงแผนงานใหม่แล้วจะทำให้ทราบว่ากิจกรรมวิกฤติรวมทั้งหมด 14 กิจกรรม ทีมผู้ทำงานจะทราบ และ Monitoring งานในกิจกรรมวิกฤติเพื่อระมัดระวังติดตามไม่ให้งานล่าช้าโดยการหาสาเหตุความล่าช้า และเข้าไปแก้ปัญหาโดยให้งานในกิจกรรมวิกฤติเป็นงานที่มีลำดับความสำคัญมาก่อนงานอื่น ๆ ในส่วนของกิจกรรมวิกฤติที่เพิ่มขึ้น 3 กิจกรรม เป็นงานระบบประกอบอาคารซึ่งเป็นงานในส่วนของผู้รับเหมาช่วง ทีมผู้บริหารงานของผู้รับเหมาหลักจึงเลือกใช้การตั้ง ไมล์สโตน (Milestone) คือ การระบุผลผลิตของงาน (output) ที่ต้องการจะเกิดขึ้นในแผนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและติดตามผลงานที่เกิดขึ้น

ในการนำไมล์สโตนมาใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามควบคุมงานนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

- 1). ขั้นตอนการวางแผน ในขั้นตอนนี้สิ่งที่จะต้องดำเนินการ คือ แบ่งผลผลิตของการดำเนินงานของกิจกรรมออกมาให้เป็นผลผลิตต่าง ๆ ที่จะต้องสร้างขึ้น ซึ่งแต่ละผลผลิตนี้ก็คือ ไมล์สโตนต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการติดตามควบคุมงานต่อไป หลังจากนั้นจึงจัดลำดับการเกิดขึ้นก่อนหลังของ

ไมล์สโตนต่าง ๆ ให้ชัดเจน เพื่อให้แต่ละไมล์สโตนมีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ และ กำหนดเป้าหมายการปฏิบัติงานของแต่ละไมล์สโตนไว้ให้ชัดเจน ว่าจะต้องให้แล้วเสร็จเมื่อใด หรือจะต้องทำให้ได้ผลงานกี่หน่วย

- 2) ขั้นการติดตามควบคุม ในขั้นตอนนี้ผู้รับผิดชอบแผนงาน จะสามารถนำไมล์สโตนไปใช้ในการติดตามควบคุมได้ ดังนี้

- ติดตามควบคุมความสำเร็จที่ระดับไมล์สโตน (milestone level) เพื่อติดตามและประเมินผลดูว่า ผลการดำเนินงานของแต่ละไมล์สโตนเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่
- ติดตามควบคุมความสำเร็จที่ระดับกิจกรรมในไมล์สโตน (activity level) เพื่อติดตามและประเมินผลดูว่า แต่ละกิจกรรมได้เป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่
- ติดตามควบคุมความสำเร็จที่ระดับงานในแต่ละกิจกรรมของไมล์สโตน (task level) เพื่อติดตามและประเมินผลดูว่า แต่ละงานในกิจกรรมได้เป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่

เมื่อนำแผนเร่งรัดงานจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้นไปใช้ดำเนินการโครงการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ใช้เวลาในการก่อสร้างทั้งหมด 1,363 วัน ให้งานเสร็จสิ้นส่งผลงานได้ในวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 โดยจะมีค่าใช้จ่าย รวมเท่ากับ 1,544,311,880.97 บาท รวมรายการค่าอื่น ๆ ได้แก่ภาษีมูลค่าเพิ่ม VAT 7% ของค่าใช้จ่ายทางตรง (ค่าวัสดุและค่าแรง) = 103,511,793.59 บาท และลบค่า K โดยประมาณ = -21,600,000.00 บาท เท่ากับ 1,669,389,330.99 ลบกับมูลค่างานก่อสร้างตามสัญญา 1,800,000,000.00 บาท ผลกำไรเบื้องต้น = 130,576,325.44 บาท คิดเป็น 7.25% ของมูลค่างานตามสัญญา

ตารางที่ 5.3 แผนงานแบบสายงานวิกฤต (CPM) จากการใช้โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาทางเร่งรัด
โครงการ

Activities code	Activities Description	Predecessors	Duration (Days)	Crashing Time (Days)	Duration- Crashing Time	Earliest Time		Latest Time		Slack (LS-ES)	Critical
						Start (ES)	Finish (EF)	Start (LS)	Finish (LF)		
A	งานปรับปรุงและเตรียมงาน	-	50	-	50	-	50	72	122	72	No
B	งานเสาเข็มเจาะและทดสอบ	(FS) A	132	-	132	123	255	123	255	-	Yes
C	งานโครงสร้างฐานราก	(SS) B +Lag 67	90	-	90	190	280	190	280	-	Yes
D	งานโครงสร้างชั้น 1-3	(SS) C +Lag 67	111	-	111	257	368	257	368	-	Yes
E	งานโครงสร้างชั้น 4 – หลังคา	(FS) D -Lag 14	347	-	347	354	701	354	701	-	Yes
F	งานโครงสร้างอาคารห้องเครื่อง	(FS) B	120	-	120	256	376	844	964	588	No
G	งานโครงสร้างทางเข้า	(FS) C	90	-	90	281	371	792	882	511	No
H	งานโครงสร้างบันได	(FS) D	273	-	273	369	642	939	1,212	570	No
I	งานผนัง Precast	(FS) D	330	-	330	369	699	599	929	230	No
J	งานผนังก่ออิฐ	(FS) D, (SS) E +Lag 15	500	-	500	369	869	369	869	-	Yes
K	งานฉาบปูนผนังภายใน	(SS) J +Lag 83	520	-	520	452	972	452	972	-	Yes
L	งานฉาบปูนผนังภายนอก	(SS) J +Lag 120	240	-	240	489	729	823	1,063	334	No
M	งานเทพื้นปรับระดับพื้น	(SS) K +Lag 97, (SS) L+Lag 60	480	-	480	549	1,029	613	1,093	64	No
N	งานผนังอิฐซุ้มบอร์ด	(SS) M+Lag 148	180	-	180	697	877	1,093	1,273	396	No
O	งานปูกระเบื้องผนัง	(SS) K +Lag 97	420	-	420	549	969	762	1,182	213	No
P	งานพื้นทาดาน	(SS) K +Lag 208	480	-	480	660	1,140	660	1,140	-	Yes
Q	งานประตูหน้าต่าง กระฉก	(SS) K +Lag 255, (SS) N+Lag 10	551	-	551	707	1,258	752	1,303	45	No
R	งานทำสีผนัง พื้นหน้า 1 เทียว	(SS) P +Lag 96, (SS) Q+Lag 49	480	-	480	756	1,236	853	1,333	97	No
S	งานปูพื้นกระเบื้อง	(SS) U+Lag 27	270	-	270	826	1,096	1,092	1,362	266	No
T	งานติดตั้งสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	(SS) S+Lag 61	210	-	210	887	1,097	1,153	1,363	266	No
U	งานกรุหินตกแต่ง	(SS) O+Lag 250	180	-	180	799	979	1,183	1,363	384	No
V	งานสถาปัตยกรรมช่องบันได	(FS) H	150	-	150	643	793	1,213	1,363	570	No
W	งานตกแต่งภายใน	(SS) X +Lag 258	350	-	350	978	1,328	978	1,328	-	Yes
X	งานปูพื้นกระเบื้องยาง	(SS) P +Lag 60	400	-	400	720	1,120	720	1,120	-	Yes
Y	งานทำคิ้วพื้นกันชื้น	(FS) M	90	-	90	1,030	1,120	1,273	1,363	243	No
Z	งานบัวเชิงผนัง	(FS) X- Lag 30	210	-	210	1,090	1,300	1,153	1,363	63	No
AA	งานผนังห้องฝ้าตัด	(FS) K	210	-	210	973	1,183	1,153	1,363	180	No
AB	งานทาสีทั่วชุดท้าย	(FS) R-Lag 18, (SS) W +Lag 240	200	55	145	1,218	1,363	1,218	1,363	-	Yes
AC	งานตกแต่งภายนอกกรุป้านอาคาร	(FS) I, (SS) M+Lag 105	433	-	433	700	1,133	930	1,363	230	No
AD	งานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	935	-	935	369	1,304	428	1,363	59	No
AE	งานระบบไฟฟ้า	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	990	-	990	369	1,359	373	1,363	4	No
AF	งานระบบสื่อสาร และแจ้งเหตุเพลิงไหม้	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	1,020	26	994	369	1,363	369	1,363	-	Yes
AG	งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ	(FS) D, (SS) AJ+Lag 1	1,020	26	994	369	1,363	369	1,363	-	Yes
AH	งานระบบลิฟท์	(SS) K +Lag 230	585	-	585	682	1,267	778	1,363	96	No
AI	งานระบบเส้นทางทางแพทย์	(SS) K +Lag 14, (SS) AJ+Lag 1	910	13	897	466	1,363	466	1,363	-	Yes
AJ	งานสถาปัตยกรรมอาคารห้องเครื่อง	(FS) F-Lag 9	390	-	390	367	757	973	1,363	606	No
AK	งานภายนอกกรอบอาคาร	(FS) G	480	-	480	372	852	883	1,363	511	No
AL	งานทำความสะอาดบริเวณส่วนรอบ	(SS) AB +Lag 81	150	86	64	1,299	1,363	1,299	1,363	-	Yes
New Project Duration (Developed By Linear Program)							1,363	Days			
Project Duration (Effected by Changed Order)							1,449	Days			
Earlier Finish							86	Days			

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัจจัยการเกิดงานเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่องานก่อสร้างอาคารกรณีศึกษา ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำสู่การปฏิบัติ

ฝ่ายที่ปรึกษาโครงการและเจ้าของโครงการควรให้ความสำคัญในการพิจารณาและหาข้อสรุปงานเปลี่ยนแปลงเพิ่ม-ลดในโครงการก่อสร้างเป็นลำดับแรก โดยเฉพาะงานที่มีเนื้องานอยู่บนกิจกรรมวิกฤติ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาเสร็จสิ้นโครงการ และความสำเร็จของโครงการ ซึ่งถ้าตัดสินใจและปรับปรุงแบบล่าช้าอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อการรื้อเพื่อทำการแก้ไขงาน และเกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการใช้เร่งรัดกิจกรรมต่าง ๆ บนสายทางวิกฤติเพื่อให้โครงการเสร็จสิ้นตามเป้าหมายเดิมหรือระยะเวลาตามสัญญา รวมถึงการต้องขยายระยะเวลาสัญญา เพื่อให้การวางแผนมีระบบและมีหลักการสำหรับใช้ตัดสินใจ และเพิ่มควมมีประสิทธิภาพในท้ายที่สุดของการตัดสินใจ

โครงการที่มีงานเปลี่ยนแปลงมากและมีความซับซ้อน การพิจารณาในส่วนวันที่ส่งผลกระทบกับกิจกรรมต่าง ๆ โดยการใช้ PERT ในการประเมินระยะเวลาดังกล่าว ต้องเป็นการพิจารณาและตกลงร่วมกันโดยฝ่ายผู้ควบคุมงาน และผู้รับจ้าง เพื่อลดข้อโต้แย้งในภายหลัง

5.2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

การตระหนักและเห็นความสำคัญของผลกระทบจากงานเปลี่ยนแปลงจะเป็นจุดเริ่มต้นที่จะลดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อผลการดำเนินงานโครงการก่อสร้างอาคาร ดังนั้นวิธีการศึกษาที่ผู้ศึกษาได้นำเสนอไปนั้นสามารถประยุกต์ใช้กับเงื่อนไขผลกระทบจากงานอื่น ๆ ได้เช่นกัน โดยไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่งานเปลี่ยนแปลงเท่านั้น ซึ่งการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลอาจจะแตกต่างกันไปในรายละเอียด และการใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อปรับปรุงแผนงานสามารถใช้ได้ตลอดระยะเวลาโครงการ ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงาน ผู้ศึกษาหวังว่าการศึกษาในครั้งนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการวางแผนจัดการโครงการก่อสร้าง และจะสามารถช่วยให้อุตสาหกรรมการก่อสร้างเพิ่มโอกาสในความสำเร็จ และเพิ่มผลกำไรจากการดำเนินกิจการได้

เอกสารอ้างอิง

- จิรัญญา เจริญทองคำ. (2553). **ความรู้เกี่ยวกับสัญญา และการบริหารสัญญา**. กลุ่มงานพัสดุ กองคลังอนามัย.
- ชุมพล จันทรสม. (2541). **ข้อกำหนดในการควบคุมงานก่อสร้างเบื้องต้น**. สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปรีชา อินตาลี. (2556). **ปัญหาการแก้ไขสัญญา ระหว่างการก่อสร้างโครงการภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น**. (โครงการมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช สาขาวิทยาการจัดการ. (2558). **ประสบการณ์วิชาชีพ การจัดการงานก่อสร้าง**. หน่วยที่ 8-15(ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2) (1 Ed.). นนทบุรี, ประเทศไทย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
- วิทยายุทธการพัสดุ. (2535). **ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ**.
- วิสูตร จิระดำเกิง. (2554). **การบริหารงานก่อสร้าง**. ปทุมธานี, ประเทศไทย: วรณกวี.
- Hwang, B.-G., & Low, L. K. (2012). **Construction project change management in Singapore: Status, importance and impact**. In International Journal of Project Management October 2012.
- Taylor Bernard W. (2015). **Introduction to Management Science 12th Edition (12th ed.)**: Pearson.
- Wakas S. Khalaf, & Leong Wah June. (2009). **A Linear programming Approach for the Project Controlling**. Research Journal of Applied Sciences 4.
- Wallace Agyei. (2015). **Project Planning And Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming:Case Study**. International Journal of scientetific & Technology Research, 4(08), 222-227.
- Yana, A. A. G. A., Rusdhi H.A. , & Wibowo, M. A. (2015). **Analysis of Factors Affecting Design Changes in Construction Project with Partial Least Square (PLS)**. In Civil Engineering Innovation for a Sustainable, Procedia Engineering.
- Zolfaghar Dolabi, H. R., Afshar, A., & Abbasnia, R. (2014). **CPM/LOB Scheduling Method for Project Deadline Constraint Satisfaction**. In Automation in Construction December 2014.





รูปที่ ก.1 ขณะทำการก่อสร้างอาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 วันทำงานตามปฏิทินปี 2557

เดือน สิงหาคม 2557						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						
16						
เดือน กันยายน 2557						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				
44	45	46				
เดือน ตุลาคม 2557						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	
71	72	73	74	75	76	
เดือน พฤศจิกายน 2557						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						
106						
เดือน ธันวาคม 2557						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			
132	133	134				

วันเริ่มงานตามสัญญา คือวันเสาร์ที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2557 และช่องที่เว้นสี่ทึบ หมายถึงวันหยุดประจำปี

ตารางที่ ก.2 วันทำงานตามปฏิทินปี 2558

เดือน มกราคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
157	158	159	160	161	162	163

เดือน กุมภาพันธ์ 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
185	186	187	188	189	190	191

เดือน มีนาคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				
219	220	221				

เดือน เมษายน 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		
243	244	245	246	247		

เดือน พฤษภาคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						
276						

เดือน มิถุนายน 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				
303	304	305				

เดือน กรกฎาคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	
331	332	333	334			

เดือน สิงหาคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					
364	365					

เดือน กันยายน 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		
392	393	394	395			

เดือน ตุลาคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
419	420	421	422	423	424	425

เดือน พฤศจิกายน 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					
454	455					

เดือน ธันวาคม 2558

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		
480	481	482	483			

ตารางที่ ก.3 วันทำงานตามปฏิทินปี 2559

เดือน มกราคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
	484	485	486	487	488	489
10	11	12	13	14	15	16
490	491	492	493	494	495	496
17	18	19	20	21	22	23
497	498	499	500	501	502	503
24	25	26	27	28	29	30
504	505	506	507	508	509	510
31						
511						

เดือน กุมภาพันธ์ 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
	512	513	514	515	516	517
7	8	9	10	11	12	13
518	519	520	521	522	523	524
14	15	16	17	18	19	20
525	526	527	528	529	530	531
21	22	23	24	25	26	27
532		533	534	535	536	537
28	29					
538	539					

เดือน มีนาคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
		1	2	3	4	5
		540	541	542	543	544
76	7	8	9	10	11	12
545	546	547	548	549	550	551
13	14	15	16	17	18	19
552	553	554	555	556	557	558
20	21	22	23	24	25	26
559	560	561	562	563	564	565
27	28	29	30	31		
566	567	568	569	570		

เดือน เมษายน 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
					1	2
					571	572
3	4	5	6	7	8	9
573	574	575		576	577	578
10	11	12	13	14	15	16
579	580	581				582
17	18	19	20	21	22	23
583	584	585	586	587	588	589
24	25	26	27	28	29	30
590	591	592	593	594	595	596

เดือน พฤษภาคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
	597	598	599		600	601
8	9	10	11	12	13	14
602	603	604	605	606	607	608
15	16	17	18	19	20	21
609	610	611	612	613		614
22	23	24	25	26	27	28
615	616	617	618	619	620	621
29	30	31				
622	623	624				

เดือน มิถุนายน 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
			625	626	627	628
5	6	7	8	9	10	11
629	630	631	632	633	634	635
12	13	14	15	16	17	18
636	637	638	639	640	641	642
19	20	21	22	23	24	25
643	644	645	646	647	648	649
26	27	28	29	30		
650	651	652	653	654		

เดือน กรกฎาคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
						655
3	4	5	6	7	8	9
657	658	659	660	661	662	663
10	11	12	13	14	15	16
664	665	666	667	668	669	670
17	18	19	20	21	22	23
671	672		673	674	675	676
24	25	26	27	28	29	30
677	678	679	680	681	682	683
31						
684						

เดือน สิงหาคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
	685	686	687	688	689	690
7	8	9	10	11	12	13
691	692	693	694	695		696
14	15	16	17	18	19	20
697	698	699	700	701	702	703
21	22	23	24	25	26	27
704	705	706	707	708	709	710
28	29	30	31			
711	712	713	714			

เดือน กันยายน 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
				715	716	717
4	5	6	7	8	9	10
718	719	720	721	722	723	724
11	12	13	14	15	16	17
725	726	727	728	729	730	731
18	19	20	21	22	23	24
732	733	734	735	736	737	738
25	26	27	28	29	30	
739	740	741	742	743	744	

เดือน ตุลาคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
						745
2	3	4	5	6	7	8
746	747	748	749	750	751	752
9	10	11	12	13	14	15
753	754	755	756	757	758	759
16	17	18	19	20	21	22
760	761	762	763	764	765	766
23	24	25	26	27	28	29
767	768	769	770	771	772	
30	31					
773	774					

เดือน พฤศจิกายน 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
		1	2	3	4	5
		775	776	777	778	779
76	7	8	9	10	11	12
780	781	782	783	784	785	786
13	14	15	16	17	18	19
787	788	789	790	791	792	793
20	21	22	23	24	25	26
794	795	796	797	798	799	800
27	28	29	30			
801	802	803	804			

เดือน ธันวาคม 2559

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
				805	806	807
4	5	6	7	8	9	10
808		809	810	811	812	
11	12	13	14	15	16	17
813	814	815	816	817	818	819
18	19	20	21	22	23	24
820	821	822	823	824	825	826
25	26	27	28	29	30	31
827	828	829	830	831	832	

ตารางที่ ก.4 วันทำงานตามปฏิทินปี 2560

เดือน มกราคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
838	839	840	841	842	843	844
15	16	17	18	19	20	21
845	846	847	848	849	850	851
22	23	24	25	26	27	28
852	853	854	855	856	857	858
29	30	31				
859	860	861				

เดือน กุมภาพันธ์ 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
			862	863	864	865
5	6	7	8	9	10	11
866	867	868	869	870	871	
12	13	14	15	16	17	18
872	873	874	875	876	877	878
19	20	21	22	23	24	25
879	880	881	882	883	884	885
26	27	28				
886	887	888				

เดือน มีนาคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
			889	890	891	892
5	6	7	8	9	10	11
893	894	895	896	897	898	899
12	13	14	15	16	17	18
900	901	902	903	904	905	906
19	20	21	22	23	24	25
907	908	909	910	911	912	913
26	27	28	29	30	31	
914	915	916	917	918	919	

เดือน เมษายน 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
						920
2	3	4	5	6	7	8
921	922	923	924		925	926
9	10	11	12	13	14	15
927	928	929	930			
16	17	18	19	20	21	22
931	932	933	934	935	936	937
23	24	25	26	27	28	29
938	939	940	941	942	943	944
30						
945						

เดือน พฤษภาคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
		946	947	948		989
7	8	9	10	11	12	13
950	951	952		953	954	955
14	15	16	17	18	19	20
956	957	958	959	960	961	962
21	22	23	24	25	26	27
963	964	965	966	967	968	969
28	29	30	31			
970	971	972	973			

เดือน มิถุนายน 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
				974	975	976
4	5	6	7	8	9	10
977	978	979	980	981	982	983
11	12	13	14	15	16	17
984	985	986	987	988	989	990
18	19	20	21	22	23	24
991	992	993	994	995	996	997
25	26	27	28	29	30	
998	999	1,000	1,001	1,002	1,003	

เดือน กรกฎาคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
						1,004
2	3	4	5	6	7	8
1,005	1,006	1,007	1,008	1,009	1,010	
9	10	11	12	13	14	15
1,011	1,012	1,013	1,014	1,015	1,016	1,017
16	17	18	19	20	21	22
1,018	1,019	1,020	1,021	1,022	1,023	1,024
23	24	25	26	27	28	29
1,025	1,026	1,027	1,028	1,029	1,030	1,031
30	31					
1,032	1,033					

เดือน สิงหาคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
			1,034	1,035	1,036	1,037
5	6	7	8	9	10	11
1,038	1,039	1,040	1,041	1,042	1,043	1,044
12	13	14	15	16	17	18
1,045	1,046	1,047	1,048	1,049	1,050	1,051
19	20	21	22	23	24	25
1,052	1,053	1,054	1,055	1,056	1,057	1,058
26	27	28	29	30	31	
1,059	1,060	1,061	1,062	1,063		

เดือน กันยายน 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
						1,064
2	3	4	5	6	7	8
1,065	1,066	1,067	1,068	1,069	1,070	1,071
9	10	11	12	13	14	15
1,072	1,073	1,074	1,075	1,076	1,077	1,078
16	17	18	19	20	21	22
1,079	1,080	1,081	1,082	1,083	1,084	1,085
23	24	25	26	27	28	29
1,086	1,087	1,088	1,089	1,090	1,091	1,092
30						1,093

เดือน ตุลาคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
						7
8	9	10	11	12	13	14
1,094	1,095	1,096	1,097	1,098	1,099	1,100
15	16	17	18	19	20	21
1,101	1,102	1,103	1,104	1,105	1,106	1,107
22	23	24	25	26	27	28
1,108	1,109	1,110	1,111	1,112	1,113	1,114
29	30	31				
1,115	1,116	1,117	1,118	1,119	1,120	
1,121	1,122	1,123				

เดือน พฤศจิกายน 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
			1,124	1,125	1,126	1,127
5	6	7	8	9	10	11
1,128	1,129	1,130	1,131	1,132	1,133	1,134
12	13	14	15	16	17	18
1,135	1,136	1,137	1,138	1,139	1,140	1,141
19	20	21	22	23	24	25
1,142	1,143	1,144	1,145	1,146	1,147	1,148
26	27	28	29	30		
1,149	1,150	1,151	1,152	1,153		

เดือน ธันวาคม 2560

อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
					1	2
					1,154	1,155
3	4	5	6	7	8	9
1,156	1,157		1,158	1,159	1,160	1,161
10	11	12	13	14	15	16
1,162		1,163	1,164	1,165	1,166	1,167
17	18	19	20	21	22	23
1,168	1,169	1,170	1,171	1,172	1,173	1,174
24	25	26	27	28	29	30
1,175	1,176	1,177	1,178	1,179	1,180	
31						

ตารางที่ ก.5 วันทำงานตามปฏิทินปี 2561

เดือน มกราคม 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
		1,181	1,182	1,183	1,184	1,185
7	8	9	10	11	12	13
1,186	1,187	1,188	1,189	1,190	1,191	1,192
14	15	16	17	18	19	20
1,193	1,194	1,195	1,196	1,197	1,198	1,199
21	22	23	24	25	26	27
1,200	1,201	1,202	1,203	1,204	1,205	1,206
28	29	30	31			
1,207	1,208	1,209	1,210			
เดือน กุมภาพันธ์ 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
				1,211	1,212	1,213
4	5	6	7	8	9	10
1,214	1,215	1,216	1,217	1,218	1,219	1,220
11	12	13	14	15	16	17
1,221	1,222	1,223	1,224	1,225	1,226	1,227
18	19	20	21	22	23	24
1,228	1,229	1,230	1,231	1,232	1,233	1,234
25	26	27	28			
1,235	1,236	1,237	1,238			
เดือน มีนาคม 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
				1	2	3
				1,239	1,240	
4	5	6	7	8	9	10
1,241	1,242	1,243	1,244	1,245	1,246	1,247
11	12	13	14	15	16	17
1,248	1,249	1,250	1,251	1,252	1,253	1,254
18	19	20	21	22	23	24
1,255	1,256	1,257	1,258	1,259	1,260	1,261
25	26	27	28	29	30	31
1,262	1,263	1,264	1,265	1,266	1,267	1,268
เดือน เมษายน 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
1	2	3	4	5	6	7
1,269	1,270	1,271	1,272	1,273		1,274
8	9	10	11	12	13	14
1,275	1,276	1,277	1,278	1,279		
15	16	17	18	19	20	21
		1,280	1,281	1,282	1,283	1,284
22	23	24	25	26	27	28
1,285	1,286	1,287	1,288	1,289	1,290	1,291
29	30					
1,292	1,293					
เดือน พฤษภาคม 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
		1	2	3	4	5
			1,294	1,295	1,296	1,297
7	8	9	10	11	12	
1,298	1,299	1,300	1,301	1,302	1,303	1,304
13	14	15	16	17	18	19
1,305	1,306	1,307	1,308	1,309	1,310	1,311
20	21	22	23	24	25	26
1,312	1,313	1,314	1,315	1,316	1,317	1,318
27	28	29	30	31		
1,319	1,320		1,321	1,322		
เดือน มิถุนายน 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
					1	2
					1,323	1,324
3	4	5	6	7	8	9
1,325	1,326	1,327	1,328	1,329	1,330	1,331
10	11	12	13	14	15	16
1,332	1,333	1,334	1,335	1,336	1,337	1,338
17	18	19	20	21	22	23
1,339	1,340	1,341	1,342	1,343	1,344	1,345
24	25	26	27	28	29	30
1,346	1,347	1,348	1,349	1,350	1,351	1,352
เดือน กรกฎาคม 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
1,353	1,354	1,355	1,356	1,357	1,358	1,359
8	9	10	11	12	13	14
1,360	1,361	1,362	1,363	1,364	1,365	1,366
15	16	17	18	19	20	21
1,367	1,368	1,369	1,370	1,371	1,372	1,373
22	23	24	25	26	27	28
1,374	1,375	1,376	1,377	1,378		
29	30	31				
1,379	1,380	1,381				
เดือน สิงหาคม 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
			1	2	3	4
			1,382	1,383	1,384	1,385
5	6	7	8	9	10	11
1,386	1,387	1,388	1,389	1,390	1,391	1,392
12	13	14	15	16	17	18
	1,393	1,394	1,395	1,396	1,397	1,398
19	20	21	22	23	24	25
1,399	1,400	1,401	1,402	1,403	1,404	1,405
26	27	28	29	30	31	
1,406	1,407	1,408	1,409	1,410	1,411	
เดือน กันยายน 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
						1
						1,412
2	3	4	5	6	7	8
1,413	1,414	1,415	1,416	1,417	1,418	1,419
9	10	11	12	13	14	15
1,420	1,421	1,422	1,423	1,424	1,425	1,426
16	17	18	19	20	21	22
1,427	1,428	1,429	1,430	1,431	1,432	1,433
23	24	25	26	27	28	29
1,434	1,435	1,436	1,437	1,438	1,439	1,440
30						
1,441						
เดือน ตุลาคม 2561						
อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
	1	2	3	4	5	6
	1,442	1,443	1,444	1,445	1,446	1,447
7	8	9	10	11	12	13
1,448	1,449					
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

วันสิ้นสุดงานตามสัญญาคือ วันพุธที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 และช่องที่เว้นสี่ทึบ หมายถึงวันหยุดประจำปี การวิเคราะห์ผลกระทบที่ได้รับจากงานเปลี่ยนแปลงจะทำให้งานล่าช้าไป 72 วัน โครงการจะเสร็จสิ้นในวันที่ 1,449 เป็นวันจันทร์ที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ตามปฏิทิน แต่ผล

การเร่งรัดงานโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นทำให้ได้วันที่เหมาะสมและเกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดคือวันที่ 1,363 ซึ่งวันอังคารที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 ตามปฏิทิน



ประวัติผู้เขียน

นางสาว ณาตยา หอมสร้อย เกิดวันที่ 13 พฤษภาคม 2524 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 161 หมู่ 13 ตำบลป่าหุ่ง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ด้านการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2547 และ ปริญญาตรี เทคโนโลยีบัณฑิต (การจัดการงานก่อสร้าง) จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ปี 2559 ด้านการทำงานหลังจากจบการศึกษา เริ่มงานในสายงานออกแบบตำแหน่งสถาปนิกที่บริษัท แอสเปคดีไซน์ จำกัด และต่อมามีความสนใจเพิ่มเติมในงานออกแบบตกแต่งภายใน จึงย้ายไปทำงานตำแหน่งสถาปนิก และมัณฑนากร ที่บริษัท สถาปนิกคิดี จำกัด รวมระยะเวลาในการทำงานสายงานออกแบบ 5 ปี มีผลงานออกแบบอาคารพักอาศัย อาคารพาณิชย์ อาคารสาธารณะ ประเภทหอพระ สำนักงาน อพาร์ทเมนต์ คอนโดมิเนียม โรงแรม และอาคารศูนย์การเรียนรู้ หลังจากนั้นมีความสนใจในสายงานก่อสร้าง โดยทำงานกับบริษัท มหานครพรอพเพอร์ตี้ จำกัด เป็นสถาปนิกผู้ออกแบบ และผู้ควบคุมงานฝ่ายเจ้าของโครงการ ในโครงการก่อสร้างอาคารดิเออบานาคอนโด และปัจจุบันทำงานที่บริษัท อินฟินิท เอนจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ตำแหน่งสถาปนิกโครงการ อาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี