บทที่ 11

การจัดการโครงการ

การจัดการโครงการขนาดใหญ่ซึ่งมีความสลับซับซ้อน มีกิจกรรมย่อยที่ใช้เงินทุนและมีผู้มีส่วนได้เสียเกี่ยวข้องจำนวนมาก ถ้าการดำเนินการส่วนใดส่วนหนึ่งผิดพลาดหรือล่าช้าก็จะส่งผลกระทบถึงส่วนอื่นๆ เป็นลูกโซ่และเกิดผลเสียมากมายตามมา เช่น ต้นทุนสูงกว่างบประมาณ โครงการล่าช้ากว่ากำหนด ปัญหาต่างๆ ผู้บริหารโครงการจะต้องวางแผนจัดการไว้ล่วงหน้า

เทคนิคหนึ่งที่ผู้บริหารโครงการนิยมนำมาใช้ในการวางแผน ประสานงานและควบคุมโครงการให้เกิดประสิทธิภาพ ได้แก่ เทคนิคการทบทวนและประเมินผลโครงการ (Program Evaluation and Review Technique หรือ Pert) และวิธีสายงานวิกฤติ (Critical Path Method หรือ Cpm)

PERT และ CPM มีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญๆ 6 ขั้นตอนด้วยได้แก่

1. กำหนดกิจกรรมที่สำคัญๆ ที่ต้องดำเนินการทั้งหมดของโครงการ
2. กำหนดลำดับความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมว่า กิจกรรมใดต้องดำเนินการก่อน กิจกรรมใดต้องดำเนินการตามมา
3. เขียนข่ายงานจำลองกิจกรรมและลำดับก่อนหลังของกิจกรรมต่างๆ เชื่อมเข้าด้วยกัน
4. กำหนดเวลาและ/หรือต้นทุนสำหรับแต่ละกิจกรรม
5. คำนวณระยะเวลาที่ยาวที่สุดของข่ายงาน ซึ่งเรียกว่าสายงานวิกฤติ (CRITICAL PATH)
6. ใช้ข่ายงานนี้ในการวางแผน จัดกำหนดการการทำงานติดตามดูแลและควบคุมโครงการ

สายงานวิกฤติ คือสายงานที่ระยะเวลาดำเนินงานของกิจกรรมต่างๆ รวมกันแล้วยาวที่สุด ถ้ากิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งในสายงานวิกฤติเกิดความล่าช้าจะทำให้ทั้งโครงการเสร็จล่าช้ากว่าที่กำหนด

ทั้ง PERT และ CPM มีแนวคิดพื้นฐานเหมือนกันแต่ต่างกันที่วิธีการกำหนดระยะเวลาการทำงานแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม สำหรับ PERT จะต้องกำหนดเวลาทำเสร็จที่น่าจะเป็นของแต่ละ กิจกรรม ขึ้น 3 ค่า แล้วคำนวณเวลาคาดหวังที่จะทำเสร็จ และค่าเบี่ยงเบน นั่นคือ PERT ใช้แนวคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็น (Probabilistic) ส่วน CPM การกำหนดเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมจะใช้แนวคิดการกำหนดตายตัว (Deterministic) โดยการกำหนดเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม

นอกเหนือจากการนำ PERT และ CPM มาใช้ในการจัดการโครงการแล้วอีกเทคนิคหนึ่งที่จะนำมาใช้คือ การรวม PERT และ CPM เข้าด้วยกันเรียกว่า PERT/COST

PERT และ PERT/COST

ในการจัดการเกี่ยวกับโครงการสิ่งที่ผู้บริหารมักจะมีคำถามเกี่ยวกับตัวโครงการเสมอ ได้แก่

1. โครงการจะเสร็จเมื่อใด
2. กิจกรรมหรืองานใดสำคัญหรือวิกฤติ คือถ้ากิจกรรมนั้นล่าช้าจะทำให้ทั้งโครงการล่าช้าด้วย
3. กิจกรรมใดที่ไม่ใช่กิจกรรมสำคัญหรือวิกฤติ คือถ้างานนั้นเสร็จล่าช้าก็ไม่ทำให้ทั้งโครงการล่าช้าไปด้วย
4. มีความน่าจะเป็นเท่าใดที่โครงการจะแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด
5. ตอนนี้โครงการเป็นไปตามกำหนด หรือเร็วกว่ากำหนด หรือล่าช้ากว่ากำหนด
6. ตอนนี้โครงการใช้เงินสูง หรือต่ำกว่างบประมาณ
7. มีทรัพยากรเหลือเพียงพอที่จะทำให้โครงการสำเร็จหรือไม่
8. ถ้าจะเร่งโครงการให้แล้วเสร็จก่อนกำหนด วิธีใดเป็นวิธีที่ดีที่สุดซึ่งเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

PERT และ RERT/COST จะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยตอบคำถามข้างต้น

ลำดับขั้นตอนของ PERT ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 กำหนดกิจกรรมโดยใช้สัญลักษณ์ตัวอักษรเช่น A, B, C แทนกิจกรรม

ขั้นที่ 2 กำหนดลำดับของกิจกรรมที่ต้องทำก่อนหลัง

ขั้นที่ 3 เขียนข่ายงานของกิจกรรม

ขั้นที่ 4 กำหนดเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรม

ขั้นที่ 5 คำนวณว่าสายงานใดยาวที่สุดในโครงข่ายงานทั้งโครงการ ซึ่งสายงานดังกล่าวเรียกว่าสายงานวิกฤติ

ขั้นที่ 6 ติดตามและควบคุมโดยใช้ข้อมูลจาก PERT ในการติดตามและควบคุม

แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 กำหนดกิจกรรมที่ต้องกระทำและลำดับขั้นของกิจกรรมที่ต้องทำก่อนหลัง

ตัวอย่าง บริษัทแห่งหนึ่งจะต้องก่อสร้างระบบควบคุมมลภาวะทางอากาศให้แล้วเสร็จภายใน 16 สัปดาห์ตามที่ตกลงไว้กับคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม วิศวกรได้กำหนดกิจกรรมและลำดับของกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ กิจกรรมแรกที่ต้องกระทำคือการสร้างส่วนประกอบภายใน (กิจกรรม A) และการปรับปรุงพื้นและหลังคา (กิจกรรม B) การสร้างปล่องรวมควัน (กิจกรรม C) ซึ่งจะทำได้ต่อเมื่อส่วนประกอบภายใน (กิจกรรม B) ทำเสร็จแล้ว การเทคอนกรีตและการติดตั้งโครงสร้าง (กิจกรรม D) ซึ่งจะทำได้ต่อเมื่อการปรับพื้นและหลังคา (กิจกรรม B) ทำเสร็จแล้ว การสร้างเตาเผาความร้อนสูง (กิจกรรม E) ซึ่งจะทำได้ต่อเมื่อการสร้างปล่องรวมควัน (กิจกรรม C) ทำเสร็จแล้ว การติดตั้งระบบควบคุม (กิจกรรม F) ซึ่งจะทำได้ต่อเมื่อการสร้างปล่องรวมควัน (กิจกรรม C) ทำเสร็จ การติดตั้งอุปกรณ์ขจัดมลพิษ (กิจกรรม G) ซึ่งจะทำได้ต่อเมื่อการเทคอนกรีตและติดตั้งโครงสร้าง (กิจกรรม D) และการสร้างเตาเผา (กิจกรรม E) ทำเสร็จแล้ว และการตรวจสอบและทดสอบ (กิจกรรม H) ซึ่งจะทำได้ต่อเมื่อการติดตั้งระบบควบคุม (กิจกรรม F) และการติดตั้งอุปกรณ์ขจัดมลพิษ(กิจกรรม G) ทำเสร็จแล้ว

เพื่อความสะดวกในการที่จะนำกิจกรรมต่างๆ ไปเขียนเป็นข่ายงาน (Network) ก่อนอื่นจะต้องนำกิจกรรมเหล่านี้ไปแสดงในรูปของตารางกิจกรรมที่แสดงกิจกรรมและลำดับขั้นตอนของแต่ละกิจกรรม ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรมและลำดับขั้นตอนในการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษ

กิจกรรม	รายละเอียด	กิจกรรมที่ต้องเสร็จสิ้นก่อนหน้า
A	สร้างส่วนประกอบภายใน	-
B	ปรับพื้นและหลังคา	-
C	สร้างปล่องรวมควัน	A
D	เทคอนกรีตและติดตั้งโครงสร้าง	B
E	สร้างเตาเผาอุณหภูมิสูง	C
F	ติดตั้งระบบควบคุม	C
G	ติดตั้งอุปกรณ์ขจัดมลพิษ	D, E
H	ตรวจสอบและทดสอบระบบ	F, G

จากตารางที่ 1 ก่อนที่กิจกรรม C จะเริ่มได้กิจกรรม A จะต้องทำเสร็จก่อน นั่นคือ กิจกรรม A เป็นกิจกรรมบังคับที่ต้องทำก่อน C หรือกิจกรรม D และกิจกรรม E เป็นกิจกรรมบังคับที่ต้องทำเสร็จก่อนจึงจะทำกิจกรรม G ได้ เป็นต้น

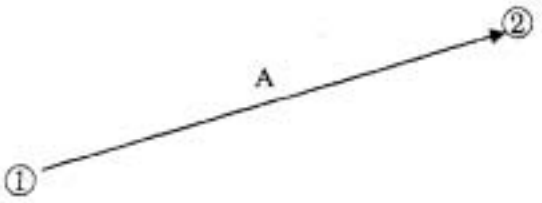
ขั้นที่ 3 เขียนข่ายงาน

หลังจากกำหนดกิจกรรมและลำดับของกิจกรรมได้แล้วก็จะนำกิจกรรมเหล่านี้มาเขียนเป็นข่ายงาน วิธีการเขียนโครงข่ายงานทำได้ 2 วิธี คือวิธี AOA (activity – on- are) คือใช้ลูกศรแทนกิจกรรม กับวิธี AON (activity-on-node) คือใช้วงกลมแทนกิจกรรม สำหรับการเขียนข่ายงานในบทนี้จะใช้วิธี AOA ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังนี้

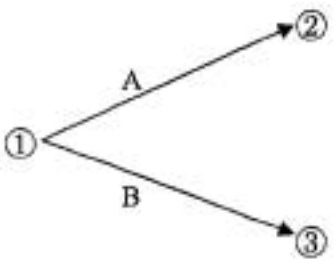
⟶ ให้ลูกศรแทนกิจกรรม โดยจุดเริ่มต้นของลูกศรแทนการเริ่มต้นของกิจกรรม และหัวลูกศรแทนการสิ้นสุดของกิจกรรม

◯ ให้เครื่องหมายวงกลมแทนจุดเชื่อมต่อกิจกรรมย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันและเขียนตัวเลขลงในเครื่องหมาย ◯ เพื่อแสดงลำดับของกิจกรรมที่เชื่อมต่อด้วยกัน

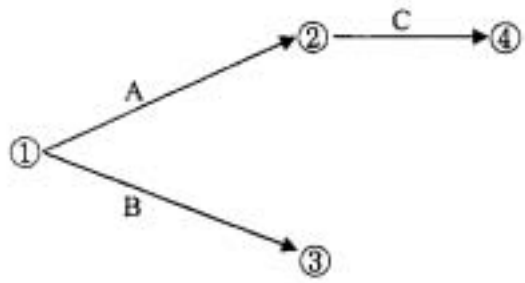
จากตัวอย่างโครงการควบคุมมลภาวะ กิจกรรม A เขียนเป็นข่ายงานได้ตามภาพต่อไปนี้



นั่นคือกิจกรรม A เริ่มต้นที่จุดที่ ① และสิ้นสุดที่จุด ② สำหรับกิจกรรม B สามารถเริ่มทำได้ทันทีโดยไม่มีกิจกรรมใดต้องทำก่อน จึงสามารถเริ่มต้นได้พร้อมๆ กับ A คือเริ่มต้นที่จุด ① และสิ้นสุดที่จุด ③ ซึ่งเขียนเป็นข่ายงานของ A และ B ได้ตามภาพต่อไปนี้

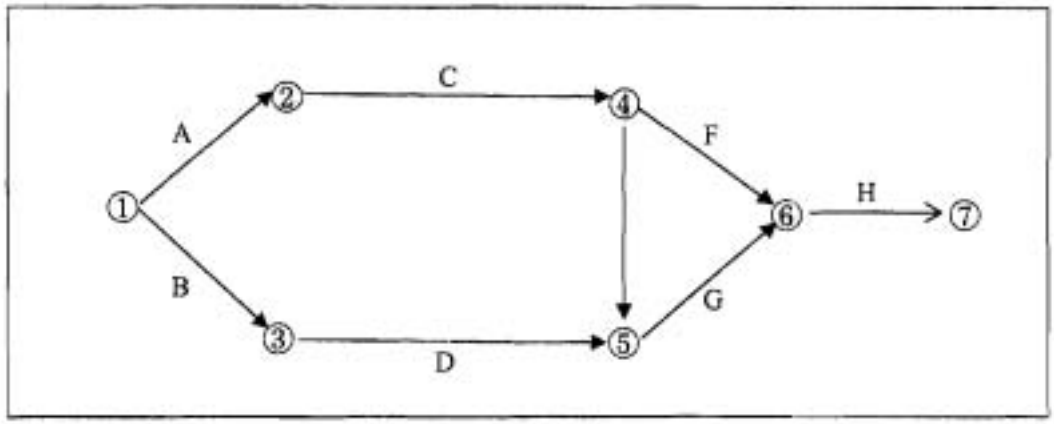


กิจกรรม C ตามเงื่อนไขจะเริ่มต้นได้เมื่อกิจกรรม A เสร็จแล้วดังนั้นสามารถเขียนข่ายงานแสดงลำดับได้ตามภาพต่อไปนี้



ดังนั้นกิจกรรมทั้งหมดตามตัวอย่าง สามารถเขียนเป็นข่ายงานได้ตามรูป

รูปที่ 1 ข่ายงานโครงการสร้างระบบควบคุมมลพิษ



ขั้นที่ 4 กำหนดเวลาที่ต้องใช้แต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนนี้จะต้องกำหนดเวลาที่ทำให้แล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมย่อย ถ้าเป็นงานที่เคยทำแล้วการกำหนดเวลาก็ไม่ยากเพราะสามารถใช้สถิติข้อมูลในอดีตได้ แต่ถ้าเป็นกิจกรรมใหม่ การกำหนดเวลาแล้วเสร็จก็ไม่แน่นอน จึงต้องอาศัยแนวคิดเรื่องความน่าจะเป็นมาใช้ และคำนวณเวลาแล้วเสร็จคาดหวังหรือเฉลี่ยของแต่ละกิจกรรม โดยการประมาณเวลาที่จะทำเสร็จของแต่ละกิจกรรมเป็น 3 ค่า คือ

เสร็จเร็วที่สุด a = เวลาที่จะใช้ถ้าทุกอย่างราบรื่นซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดน้อยมาก

เสร็จช้าที่สุด b = เวลาที่ใช้ถ้าทุกอย่างเลวร้ายซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดน้อยมาก

เวลาที่ปกติ m = เวลาที่ใช้ในสถานการณ์ปกติซึ่งมีโอกาสที่เกิดมาก

ถ้าใช้ค่ากระจายตัวแบบเบต้า (β) ซึ่งนิยมใช้กันในการกำหนดระยะเวลาเฉลี่ย ก็สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

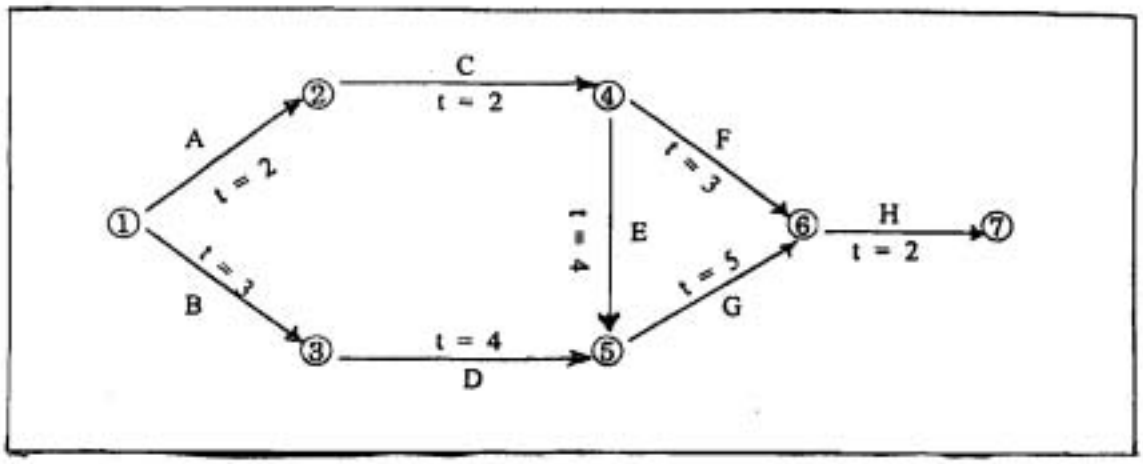
และค่าแปรปรวนวัดได้คือ Variance $= \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

ตารางที่ 2 แสดงค่า a m b ของโครงการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษ พร้อมทั้งแสดงการคำนวณค่าเวลาเฉลี่ย (t) และค่าแปรปรวน (variance)

ตารางที่ 2 ค่า a m b t และค่าแปรปรวนของกิจกรรมต่างๆ

กิจกรรม	a	m	b	t = [(a + 4 m + b) / 6]	ค่าแปรปรวน $[(b-a)/6]^2$
A	1	2	3	2	$\left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = \frac{4}{36}$
B	2	3	4	3	$\left(\frac{4-2}{6}\right)^2 = \frac{4}{36}$
C	1	2	3	2	$\left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = \frac{4}{36}$
D	2	4	6	4	$\left(\frac{6-2}{6}\right)^2 = \frac{16}{36}$
E	1	4	7	4	$\left(\frac{7-1}{6}\right)^2 = \frac{36}{36}$
F	1	2	9	3	$\left(\frac{9-1}{6}\right)^2 = \frac{64}{36}$
G	3	4	11	5	$\left(\frac{11-3}{6}\right)^2 = \frac{64}{36}$
H	1	2	3	2	$\left(\frac{3-1}{6}\right)^2 = \frac{4}{36}$
				รวม 25	

จากตารางที่ 2 สามารถมาเขียนเป็นข่ายงานที่แสดงเวลาได้ตามรูป



ขั้นที่ 5 การหาสายงานวิกฤติ (critical path)

สายงานวิกฤติเป็นสายงานที่ใช้เวลามากที่สุดที่จะทำให้ทั้งโครงการแล้วเสร็จ ดังนั้นถ้างานใดงานหนึ่งในสายงานวิกฤติเกิดความล่าช้า โครงการทั้งโครงการก็จะล่าช้าด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการเร่งรัดโครงการให้แล้วเสร็จโดยเร็ว ก็ต้องลดระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมหรืองานใดงานหนึ่งในสายงานวิกฤติ

ในกรณีที่โครงการไม่สลับซับซ้อนมาก การหาสายงานวิกฤติก็ทำได้โดยการรวมระยะเวลาของกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละสายงาน แล้วเปรียบเทียบว่าสายงานใดใช้เวลาในการทำให้แล้วเสร็จนานที่สุด สายงานที่ใช้เวลานานที่สุดก็เป็นสายงานวิกฤติ จากตัวอย่างสามารถหาเวลาของแต่ละสายงานได้ดังนี้

สายงานที่ 1 กิจกรรม A C F H

ใช้เวลา 2 + 2 + 3 + 2 = 9 สัปดาห์

สายงานที่ 2 กิจกรรม A C E G H

ใช้เวลา 2 + 2 + 4 + 5 + 2 = 15 สัปดาห์

สายงานที่ 3 กิจกรรม B D G H

ใช้เวลา 3 + 4 + 5 + 2 = 14 สัปดาห์

เมื่อเปรียบเทียบเวลารวมทั้งหมดของแต่ละสายงานพบว่าสายงานที่ 2 ใช้เวลานานที่สุดถึง 15 สัปดาห์ ดังนั้นสายงานที่ 2 จึงเป็นสายงานวิกฤติโดยมีกิจกรรม A C E G H เป็นกิจกรรมวิกฤติที่จะล่าช้าไม่ได้ มิฉะนั้นทั้งโครงการจะเสร็จล่าช้ากว่า 15 สัปดาห์

การกำหนดสายงานวิกฤติจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหาร ที่จะทำให้ทราบว่ากิจกรรมบนสายงานวิกฤติเป็นงานที่มีความสำคัญ ถ้ามีความล่าช้าในกิจกรรมบนสายงานวิกฤติจะทำให้ทั้งโครงการมีความล่าช้าไปด้วย

ในทำนองเดียวกันสายงานวิกฤติก็ทำให้ผู้บริหารทราบว่าถ้าจะต้องการเร่งรัดโครงการให้เสร็จเร็วขึ้นก็ต้องเร่งงานที่กิจกรรมบนสายงานวิกฤติ

ในกรณีที่โครงการมีความสลับซับซ้อนมาก การหาสายงานและคำนวณหาเวลารวมของแต่ละสายงานก็อาจจะเสียเวลามากหรือหาสายงานได้ไม่ครบถ้วน ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาข้างต้น การกำหนดสายงานอีกวิธีหนึ่งคือ การคำนวณหาเวลาเหลือ (slack time) ของแต่ละกิจกรรมในสายงาน สายงานวิกฤติจะเป็นสายงานที่ทุกกิจกรรมในสายงานมีเวลาเหลือ = 0

ก่อนคำนวณหาเวลาเหลือ จะต้องกำหนดเวลาต่างๆ ของแต่ละกิจกรรมคือ

1. ระยะเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (ES) เป็นระยะเวลาที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งจะสามารถเริ่มต้นได้เร็วที่สุดโดยไม่กระทบต่อกิจกรรมก่อนหน้า

2. ระยะเวลาแล้วเสร็จเร็วที่สุด (EF) คือเวลาที่เร็วที่สุดที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งสามารถทำเสร็จ

3. ระยะเวลาเริ่มต้นช้าที่สุด (LS) คือ ระยะเวลาเริ่มต้นช้าที่สุดที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งสามารถเริ่มต้นได้โดยไม่ทำให้ทั้งโครงการล่าช้า

4. ระยะเวลาแล้วเสร็จที่ช้าที่สุด (LF) คือระยะเวลาล่าสุดหรือช้าสุดที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งสามารถทำเสร็จได้โดยไม่ทำให้ทั้งโครงการเสร็จล่าช้า

สูตรต่างๆ เกี่ยวกับการคำนวณเรื่องระยะเวลาข้างต้นมีดังนี้

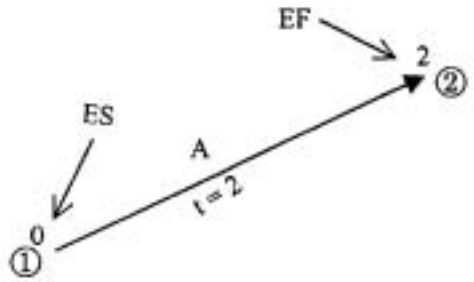
$$EF = ES + t$$

$$LS = LF - t$$

$$Slack = LS - ES$$

หรือ $$Slack = LF - EF$$

ในการคำนวณระยะเวลาต่างๆ นั้น จะต้องเริ่มต้นที่จุดเริ่มต้นของโครงการ คือ ที่จุดเริ่มต้นที่ ① เพื่อคำนวณระยะเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (ES) และเวลาที่เสร็จเร็วที่สุดสำหรับแต่ละกิจกรรมย่อยๆ สำหรับจุดเริ่มต้น ① ระยะเวลาเริ่มต้นกำหนดให้เท่ากับ 0 และเนื่องจากกิจกรรม A ใช้เวลาในการดำเนินการเท่ากับ 2 สัปดาห์ ดังนั้นเวลาเสร็จเร็วที่สุดเท่ากับ 2 สัปดาห์ ดังภาพต่อไปนี้



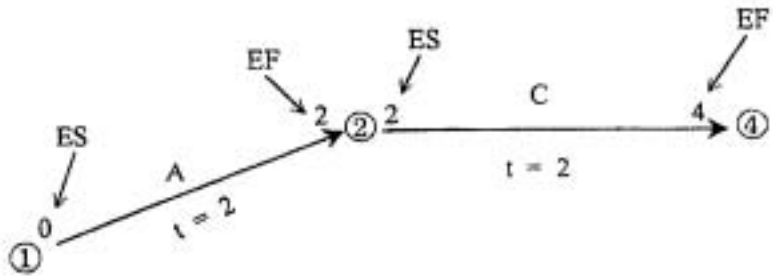
โดยระยะเวลาเสร็จเร็วที่สุดคำนวณได้โดย

เวลาเสร็จเร็วที่สุด = เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด + เวลาที่ต้องใช้สำหรับกิจกรรมนั้น ๆ

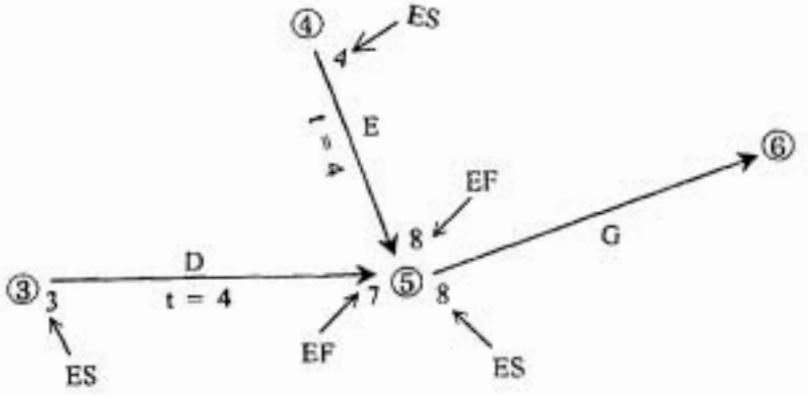
หรือ EF = ES + t

ดังนั้น EF ของ A = 0+2 = 2 สัปดาห์

กฎเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start Time Rule) คือ กฎพื้นฐานในการหา ES และ EF สำหรับทุกกิจกรรมในโครงข่าย กล่าวคือก่อนที่กิจกรรมใดจะเริ่มต้น กิจกรรมที่ต้องกระทำก่อนจะต้องทำเสร็จก่อน ดังนั้น ในกรณีที่กิจกรรมที่ต้องทำเสร็จก่อนหน้ามีมากกว่าหนึ่งกิจกรรมต้องใช้ระยะเวลา EF ที่ยาวที่สุดของกิจกรรมที่ต้องทำก่อนนั้นๆ เพื่อกำหนด ES ของกิจกรรมถัดมา เช่น ES ของกิจกรรม C เท่ากับ 2 เพราะกิจกรรมที่ต้องทำก่อนหน้า C มีเพียงกิจกรรม A ซึ่งมี EF เท่ากับ 2 สัปดาห์ดังภาพต่อไปนี้

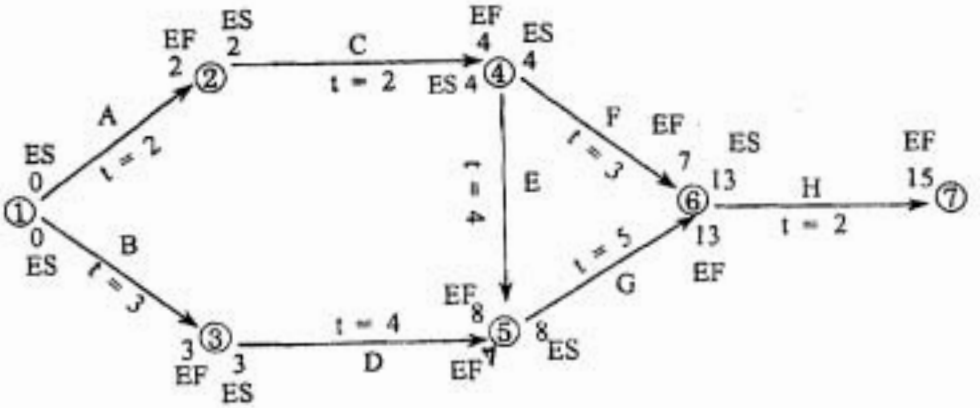


แต่เมื่อพิจารณากิจกรรม G ES ของ G เท่ากับ 8 สัปดาห์โดยมีกิจกรรมที่ต้องทำก่อนหน้า G สองกิจกรรมคือ D และ E ขณะที่ EF ของ D เท่ากับ 7 สัปดาห์ และ EF ของ E เท่ากับ 8 สัปดาห์ ดังนั้น ES ของ G จะเริ่มต้นได้หลังสัปดาห์ที่ 8 ดังภาพต่อไปนี้



ดังนั้นในการกำหนด ES และ EF สำหรับทุกกิจกรรมสามารถทำได้โดยการคำนวณจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดท้ายสุดของโครงข่าย คือเคลื่อนที่ไปทีละขั้นๆ ไปข้างหน้า (forward) ในแต่ละขั้น EF = ES + t จากโครงการตัวอย่างพบว่าระยะเวลาที่โครงการจะสำเร็จเร็วที่สุดคือ 15 สัปดาห์ เนื่องจากกิจกรรม H ไม่สามารถเริ่มต้นได้จนกว่าจะถึงสัปดาห์ที่ 13 (ES = 13) และระยะเวลาที่ต้องทำสำหรับกิจกรรม H เท่ากับ 2 สัปดาห์ เพราะฉะนั้นเวลาที่กิจกรรม H ซึ่งเป็นกิจกรรมสุดท้ายจะทำเสร็จเร็วที่สุด (EF) = 13 + 2 = 15 สัปดาห์ ตามตัวอย่างโครงการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษ สามารถเขียนเป็นรูปข่ายงานที่แสดงเวลาเริ่มต้นเร็วสุด และเวลาเสร็จเร็วที่สุดตามรูปที่ 3

รูปที่ 3 ข่ายงานที่แสดงเวลา ES และ EF



กฎเวลาเสร็จช้าที่สุด (Latest Finish Time Rule) ลำดับขั้นต่อไปในการหาสายงานวิกฤติ คือการคำนวณเวลาเริ่มต้นช้าสุด (latest start time) หรือ LS และเวลาเสร็จช้าที่สุด (latest finish time) หรือ LF สำหรับแต่ละกิจกรรม วิธีการทำจะคิดย้อนหลังจากกิจกรรมสุดท้ายไปยังกิจกรรมแรกสุด (backward) จากตัวอย่างของโครงการควบคุมมลภาวะทางอากาศ

ระยะเวลาทำเสร็จช้าที่สุดของกิจกรรม H เท่ากับ 15 สัปดาห์

ระยะเวลาทำเสร็จช้าที่สุดของกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งหมายถึงเวลาที่กิจกรรมนั้นจะทำได้เสร็จ ช้าที่สุดโดยไม่ทำให้โครงการนั้นล่าช้าออกไป เวลาเริ่มช้าที่สุดคำนวณได้ดังนี้

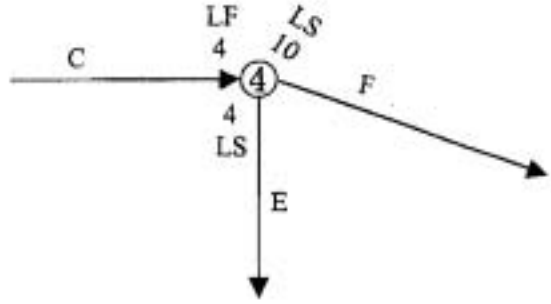
เวลาเริ่มต้นช้าที่สุด = เวลาเสร็จช้าที่สุด – เวลาที่ต้องใช้สำหรับกิจกรรมนั้นๆ

$$LS = LF - t$$

ตัวอย่างเช่น กิจกรรม H มี LF = 15 ดังนั้นระยะเวลาเริ่มต้นช้าที่สุดสำหรับกิจกรรม H จะเท่ากับ

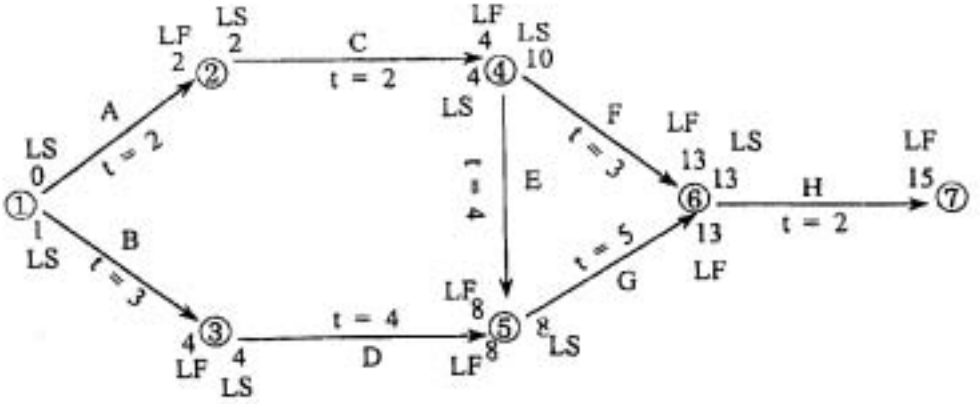
$$LS = 15 - 2 = 13 \text{ สัปดาห์}$$

โดยทั่วไปกฎที่ใช้ในการกำหนดเวลาเสร็จช้าที่สุดสำหรับกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งจะเท่ากับเวลาเริ่มต้นช้า**ที่สุดที่น้อยที่สุด**ของกิจกรรมทั้งหมดสำหรับจุดเชื่อมต่อเดียวกันนั้น ในกรณีที่จุดเชื่อมต่อมี LS หลาย LS ดังนั้น LF จะเท่ากับ LS ที่น้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น LF ของกิจกรรม C จะเท่ากับ 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็น LS ของกิจกรรม E ซึ่งน้อยกว่า LS ของกิจกรรม F



สำหรับค่า LS และ LF สำหรับทุกกิจกรรมของโครงการควบคุมมลภาวะที่ยกตัวอย่างตั้งแต่ต้น ปรากฏตามรูปที่ 4

รูปที่ 4 ข่ายงานที่แสดงเวลา LS และ LF



แนวคิดเกี่ยวกับเวลาเหลือ (Slack Teme) สำหรับการคำนวณสายงานวิกฤติ

เมื่อกำหนดค่า ES, LS, EF และ LF ได้แล้วก็สามารถคำนวณค่าเวลาเหลือหรือเวลาว่างของแต่ละกิจกรรมได้ เวลาเหลือหรือเวลาว่างคือ ระยะเวลาของกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งสามารถล่าช้าได้โดยไม่ทำให้ทั้งโครงการล่าช้า ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

slack = LS – ES

หรือ = LF – EF

สำหรับค่าเวลาเหลือของทุกกิจกรรมของโครงการตัวอย่างดูได้ในตารางที่ 3

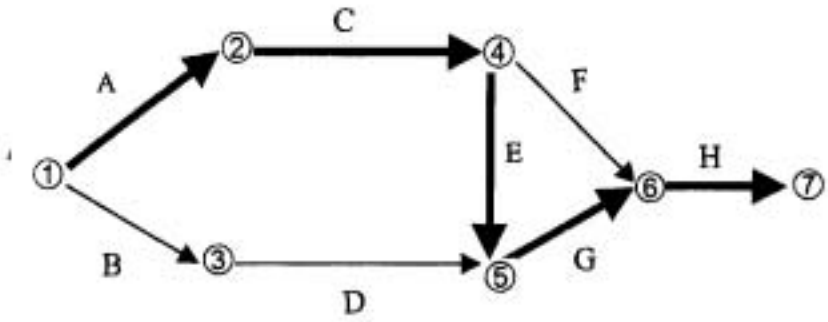
ตารางที่ 3 เวลาที่เหลือของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	ES	EF	LS	LF	Slack (LS – ES)	สายงานวิกฤต
A	0	2	0	2	0	✓
B	0	3	1	4	1	✗
C	2	4	2	4	0	✓
D	3	7	4	8	1	✗
E	4	8	4	8	0	✓
F	4	7	10	13	6	✗
G	8	13	8	13	0	✓
H	13	15	13	15	0	✓

ตัวอย่างกิจกรรม B มีเวลาเหลือ 1 สัปดาห์ ซึ่งได้จาก LS – ES = 1 – 0 = 1 (หรือ LF – EF = 4 – 3 = 1) หมายความว่ากิจกรรมสามารถล่าช้าได้ 1 สัปดาห์ โดยไม่ทำให้ทั้งโครงการล่าช้าแต่อย่างใด

แต่เมื่อพิจารณากิจกรรม A, C, E, G และ H กิจกรรมเหล่านี้ไม่สามารถล่าช้าได้ ถ้าล่าช้าก็จะทำให้ทั้งโครงการล่าช้ากว่ากำหนด ดังนั้นกิจกรรม A C E G และ H จึงเป็นกิจกรรมวิกฤติ และเรียกรวมว่า**สายงานวิกฤติ** ดังรูปที่ 5 ที่แสดงสายงานวิกฤติโดยเส้นทึบ

รูปที่ 5 แสดงสายงานวิกฤติโดยเส้นทึบ



ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จ

จากการวิเคราะห์สายงานวิกฤติตามตัวอย่างทำให้คาดได้ว่าโครงการจะแล้วเสร็จภายใน 15 สัปดาห์ แต่ถ้าโครงการควบคุมมลภาวะทางอากาศทำไม่เสร็จใน 16 สัปดาห์ บริษัทนี้จะถูกปิดโดยคณะกรรมการควบคุมสภาพแวดล้อม และเวลาที่แต่ละกิจกรรมจะทำเสร็จก็มีความไม่แน่นอน ดังนั้นถ้ากิจกรรมในสายงานวิกฤติต่างไปจากที่คาดไว้ ก็จะทำให้ทั้งโครงการล่าช้าได้

การคำนวณค่าความแปรปรวนของทั้งโครงการสามารถหาได้โดยหาผลรวมของค่าความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรมในสายงานวิกฤติ ซึ่งแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{project variance} = \sum \text{variance of activities on the critical path}$$

จากตัวอย่าง ค่า variance ของสายงานวิกฤติจากตารางที่ 2 ปรากฏตามตารางต่อไปนี้

CRITICAL ACTIVITY	VARIANCE
A	4/36
C	4/36
E	36/36
G	64/36
H	4/36

$\therefore$ project variance = 4/36 + 4/36 + 36/36 + 64/36 + 4/36

= 112/36 = 3.111

ดังนั้นค่า project standard deviation = σ

$= \sqrt{\text{project variance}}$

$= \sqrt{3.111}$

= 1.76 สัปดาห์

ถ้าสมมุติว่าลักษณะการกระจายตัวของเวลาที่จะแล้วเสร็จของโครงการมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) ซึ่งหมายความว่าความน่าจะเป็นที่โครงการจะเสร็จเร็วกว่า 15 สัปดาห์มีโอกาส 50% และความน่าจะเป็นที่โครงการจะเสร็จล่าช้ากว่า 15 สัปดาห์มีความน่าจะเป็นเท่ากับ 50% เช่นกัน ดังนั้นสิ่งที่ผู้จัดการโครงการตามตัวอย่างต้องการทราบคือ โอกาสที่โครงการนี้จะเสร็จภายใน 16 สัปดาห์ที่ทางการยื่นคำขาดมาว่าต้องแล้วเสร็จ มิฉะนั้นจะถูกปิดโรงงานนั้นมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นเท่าใด ก็สามารถหาได้โดยการหาค่า Z แล้วจึงหาพื้นที่ที่อยู่ใต้ normal curve นั้นๆ

ค่า Z คำนวณได้ดังนี้

$$Z = \frac{\text{เวลาที่ทางการกำหนด} - \text{เวลาที่คาดหวัง}}{\sigma}$$

$$= \frac{16 - 15}{1.76} = 0.57$$

เปิดตารางค่า Z เพื่อหาพื้นที่ใต้โค้งปกติ ได้ค่า 0.71566 นั่นคือ โครงการจะเสร็จภายใน 16 สัปดาห์มีโอกาสประมาณ 71.56%

จากการใช้ PERT วิเคราะห์โครงการตัวอย่างที่อธิบายได้ข้อมูลเพื่อช่วยในการจัดการโครงการได้ดังนี้

1. คาดว่าโครงการจะแล้วเสร็จใน 15 สัปดาห์

2. มีโอกาส 71.6% ที่โครงการจะแล้วเสร็จภายใน 16 สัปดาห์และถ้าต้องการทราบโอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จภายในกำหนดเวลาอื่นๆ ก็สามารถหาได้

3. มี 5 กิจกรรมคือ A, C, E, G, H เป็นกิจกรรมในสายงานวิกฤติถ้ากิจกรรมข้างต้นล่าช้าจะทำให้ทั้งโครงการล่าช้าด้วย

4. มี 3 กิจกรรมคือ B, D, F เป็นกิจกรรมที่ไม่วิกฤติและมีเวลาเหลือที่จะล่าช้าได้ ดังนั้นผู้บริหารสามารถโยกย้ายทรัพยากรในกิจกรรมนี้ไปยังกิจกรรมอื่นเพื่อเร่งรัดโครงการให้เสร็จเร็วขึ้นได้

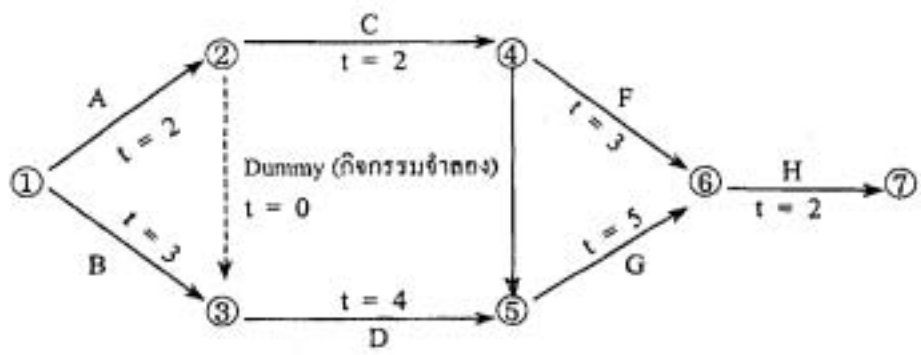
5. ทำให้ทราบกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมหุ้นหรือกิจกรรมจำลอง (Dummy Activities)

Dummy activity เป็นกิจกรรมจำลองที่สมมุติขึ้นและไม่ใช้เวลาในการดำเนินการ ในบางครั้งจำเป็นต้องมี เพื่อสะท้อนถึงกิจกรรมที่ต้องทำเสร็จก่อน กิจกรรมต่อไปจึงจะดำเนินการได้

ตัวอย่างเช่นโครงการกำจัดมลภาวะทางอากาศที่ยกตัวอย่างมาแต่ต้น เดิมในการเทคอนกรีตและก่อกำแพง (กิจกรรม D) จะเริ่มได้ต่อเมื่อโครงการ B (ปรับพื้นและหลังคา) ทำเสร็จและ ถ้าเงื่อนไขเปลี่ยนเป็นว่ากิจกรรม D จะเริ่มได้ต่อเมื่อกิจกรรม B และกิจกรรม A (สร้างอุปกรณ์) ทำเสร็จ การเขียนโครงข่ายจะเกิดปัญหาว่าจะเขียนลูกศรอย่างไร ผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับปัญหานี้ก็อาจจะเขียนลูกศรเชื่อม จากจุด ① ไปจุด ③ ซึ่งจะเกิดลูกศร 2 ลูกศรจากจุด ① ไปจุด ③ แทนกิจกรรม B และ A ซึ่งจะเกิดความสับสน ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาข้างต้น จึงต้องสร้าง dummy activity ขึ้นโดยเขียนลูกศรเป็นเส้นไข่ปลาเชื่อมจุด ② ไปจุด ③ แล้วกำหนด t = 0 เพื่อแสดงให้เห็นว่ากิจกรรม D จะเริ่มได้ต่อเมื่อกิจกรรม A และ B เสร็จแล้ว ดูรูปที่ 6 ประกอบ

รูปที่ 6 ตัวอย่างการแสดงกิจกรรมจำลองในข่ายงาน



PERT/COST

จากที่อธิบายมาตั้งแต่ต้น เราใช้ PERT ในการวางแผนกำหนดตารางปฏิบัติงาน ติดตาม และควบคุมเฉพาะเรื่องระยะเวลาของโครงการ แต่มิได้พิจารณาเกี่ยวกับเรื่องต้นทุน การพัฒนา PERT/COST จึงเป็นหนทางที่จะวางแผนและควบคุมทั้งเวลาและต้นทุนของโครงการ

การจัดทำงบประมาณโครงการ เป็นการประมาณการว่าแต่ละสัปดาห์หรือแต่ละเดือนโครงการจะต้องใช้จ่ายเท่าใด ซึ่งมีกระบวนการคร่าวๆ ดังนี้

1. ประมาณการว่าแต่ละกิจกรรมจะต้องการใช้จ่ายอะไรบ้างจำนวนเงินเท่าใด แล้วรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดเป็นต้นทุนของกิจกรรมนั้นๆ

2. ถ้าเป็นโครงการขนาดใหญ่ก็อาจจะต้องรวมกิจกรรมย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นโครงการย่อย แล้วรวมงบประมาณของกิจกรรมย่อยเข้าด้วยกันเป็นงบประมาณรวมของโครงการย่อย

3. แปลงงบประมาณของแต่ละกิจกรรมเป็นงบประมาณต่องวดเวลา เช่นงบประมาณในการสร้างอุปกรณ์กำจัดมลภาวะ (กิจกรรม A) เท่ากับ $22,000 ดังนั้นงบประมาณสร้างอุปกรณ์ต่อสัปดาห์จะเท่ากับ $11,000 (กิจกรรม A ใช้เวลาดำเนินการ 2 สัปดาห์)

4. ใช้ระยะเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดหรือระยะเวลาเริ่มต้นช้าที่สุดกำหนดว่าควรจะใช้งบประมาณในแต่ละสัปดาห์หรือเดือนเท่ากับเท่าใด ที่จะทำให้โครงการเสร็จตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

ตัวอย่างงบประมาณของโครงการติดตั้งระบบกำจัดมลภาวะทางอากาศประมาณการตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 งบประมาณของแต่ละกิจกรรมสำหรับโครงการควบคุมมลภาวะ

กิจกรรม	ES	LS	T	งบประมาณโดยรวม	งบประมาณต่อสัปดาห์
A	0	0	2	22,000	11,000
B	0	1	3	30,000	10,000
C	2	2	2	26,000	13,000
D	3	4	4	48,000	12,000
E	4	4	4	56,000	14,000
F	4	10	3	30,000	10,000
G	8	8	5	80,000	16,000
H	13	13	2	16,000	8,000
				308,000	

งบประมาณทั้งหมดของโครงการเท่ากับ $308,000 และเมื่อคำนวณงบประมาณต่อสัปดาห์ของแต่ละกิจกรรมแล้วทำให้ผู้บริหารโครงการทราบได้ว่าแต่ละสัปดาห์โครงการมีความก้าวหน้าไปมากน้อยแค่ไหนโดยดูจากงบประมาณที่ใช้ไป

ถ้าเราใช้กำหนดเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดของแต่ละกิจกรรมเป็นกำหนดการทำงานของแต่ละกิจกรรม งบประมาณที่จะต้องใช้ในแต่ละสัปดาห์ก็จะเป็นไปตามตารางที่ 5

กิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤติจะต้องดำเนินไปตามกำหนดในตาราง แต่กิจกรรมที่ไม่อยู่ในสายงานวิกฤติสามารถที่จะชะลอออกไปได้โดยไม่กระทบกำหนดเวลาแล้วเสร็จของทั้งโครงการ ดังนั้นผู้บริหารโครงการสามารถเลื่อนการใช้งบประมาณตามการเลื่อนระยะเริ่มต้นของกิจกรรมที่ไม่อยู่ในสายงานวิกฤติออกไป ตามตัวอย่างตารางที่ 6

ตารางที่ 5 งบประมาณค่าใช้จ่ายโครงการติดตั้งระบบควบคุมมลภาวะ โดยใช้ ES เป็นกำหนดการทำงาน

(ค่าใช้จ่าย 1 : 1,000)

	สัปดาห์															
กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	รวม
A	11	11														22
B	10	10	10													30
C			13	13												26
D				12	12	12	12									48
E					14	14	14	14								56
F					10	10	10									30
G									16	16	16	16	16			80
H														8	8	16
รวมต่อสัปดาห์	21	21	23	25	36	36	36	14	16	16	16	16	16	8	8	308
ค่าใช้จ่ายสะสม รวมถึงปัจจุบัน	21	42	65	90	126	162	198	212	228	244	260	276	292	300	308	

ตารางที่ 6 งบประมาณค่าใช้จ่ายโครงการติดตั้งระบบควบคุมมลภาวะ โดยใช้ LS เป็นกำหนดการทำงาน

(ค่าใช้จ่าย 1 : 1,000)

กิจกรรม	สัปดาห์															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	รวม
A	11	11														22
B		10	10	10												30
C			13	13												26
D					12	12	12	12								48
E					14	14	14	14								56
F											10	10	10			30
G									16	16	16	16	16			80
H														8	8	16
รวมต่อสัปดาห์	11	21	23	23	26	26	26	26	16	16	26	26	26	8	8	308
ค่าใช้จ่ายสะสม รวมถึงปัจจุบัน	11	32	55	78	104	130	156	182	198	214	240	266	292	300	308	

การติดตามและควบคุมต้นทุนของโครงการ

ในระหว่างการดำเนินงานแต่ละขั้นของโครงการ ผู้บริหารจะต้องติดตามว่าโครงการดำเนินการสำเร็จไปแล้วเท่าใด ต้นทุนเกิดขึ้นเท่าใดสูงหรือต่ำกว่างบประมาณที่วางไว้ เพื่อจะได้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

การเปรียบเทียบต้นทุนของกิจกรรมที่จ่ายจริงกับงบประมาณจะต้องคำนวณ มูลค่างานที่แล้วเสร็จคือ

มูลค่างานที่แล้วเสร็จ = ร้อยละของงานที่ทำเสร็จ X งบประมาณทั้งหมดของกิจกรรม

ผลต่างงบประมาณ = ต้นทุนจริง – มูลค่างานที่แล้วเสร็จ

ตารางที่ 7 แสดงการติดตาม และเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นกับงบประมาณเป็นผลต่างงบประมาณ

ตารางที่ 7 การติดตามและควบคุมงบประมาณค่าใช้จ่าย

กิจกรรม	ค่าใช้จ่ายตามงบประมาณ	เปอร์เซ็นต์ที่กิจกรรมเสร็จสิ้น	มูลค่าของงานที่เสร็จสิ้น	ค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจริง	ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าหรือสูงกว่า
A	22,000	100	22,000	20,000	-2,000
B	30,000	100	30,000	36,000	6,000
C	26,000	100	26,000	26,000	0
D	48,000	10	4,800	6,000	1,200
E	56,000	20	11,200	20,000	8,800
F	30,000	20	6,000	4,000	-2,000
G	80,000	0	0	0	0
H	16,000	0	0	0	0
			100,000	112,000	12,000 สูงกว่า

CRITICAL PATH METHOD (CPM)

ตามที่กล่าวข้างต้นว่าแนวคิดของ PERT และ CPM เหมือนกัน ต่างกันเพียงวิธีการกำหนดระยะเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรม โดย CPM กำหนดเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมไว้เพียงค่าเดียว และนำแนวคิดเวลาเร่งรัด (crash time) กับต้นทุนเร่งรัดงาน (crash cost) มาช่วยในการจัดการโครงการโดยเน้นที่การเร่งรัดงานที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดสายงานวิกฤติปกติ และกิจกรรมวิกฤติ

ขั้นที่ 2 คำนวณต้นทุนการเร่งรัดงานต่อคาบเวลาของทุกกิจกรรมที่อยู่ในสายงานวิกฤติคือ

$$\text{ต้นทุนเร่งงานต่อคาบ} = \frac{\text{ต้นทุนเร่งงาน} - \text{ต้นทุนปกติ}}{\text{เวลาปกติ} - \text{เวลาเร่ง}}$$

ขั้นที่ 3 เปรียบเทียบต้นทุนเร่งงานต่อคาบของทุกกิจกรรมในสายงานวิกฤติ เลือกต้นทุนเร่งงานต่องวดที่ต่ำที่สุด แล้วเร่งงานในกิจกรรมนั้นให้มากที่สุดที่จะเป็นไปได้หรือจนกระทั่งทำให้โครงการเสร็จตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 ให้ตรวจสอบว่าสายงานวิกฤติที่กำลังเร่งงานอยู่ยังเป็นสายงานวิกฤติหลังจากลดเวลาไปแล้วหรือไม่ เพราะในบางครั้งเมื่อลดเวลาในสายงานวิกฤติไปแล้ว สายงานอื่นที่เดิมไม่ใช่สายงานวิกฤติอาจกลายเป็นสายงานวิกฤติไปได้ เพราะมีระยะเวลาทำงานยาวกว่าหรือเท่ากับระยะเวลาใหม่ของสายงานวิกฤติเดิม ถ้ายังเป็นสายงานวิกฤติเหมือนเดิมก็ให้ย้อนกลับไปทำขั้นที่ 3 ซ้ำอีก ถ้าไม่เป็นสายงานวิกฤติอีกต่อไป ให้หาสายงานวิกฤติใหม่ แล้วย้อนกลับไปทำขั้นที่ 3 ซ้ำ ดังตัวอย่างการเร่งงานและต้นทุนการเร่งงานของโครงการติดตั้งระบบควบคุมมลภาวะ ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เวลาปกติและเร่งรัดและต้นทุนในการเร่งงาน

กิจกรรม	เวลา (สัปดาห์)		ค่าใช้จ่าย		ค่าใช้จ่ายเร่งรัด	สายงาน
	ปกติ	เร่งรัด	ปกติ	เร่งรัด	ต่อสัปดาห์	วิกฤต
A	2	1	22,000	23,000	1,000	√
B	3	1	30,000	34,000	2,000	×
C	2	1	26,000	27,000	1,000	√
D	4	3	48,000	49,000	1,000	×
E	4	2	56,000	58,000	1,000	√
F	3	2	30,000	30,500	500	×
G	5	2	80,000	86,000	2,000	√
H	2	1	16,000	19,000	3,000	√

สายงานวิกฤต ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม ACEGH ใช้เวลาทั้งหมด 15 สัปดาห์ ต้นทุนเร่งงานต่อสัปดาห์ของแต่ละกิจกรรมเท่ากับ 1,000, 1,000, 1,000, 2,000 และ 3,000 บาทตามลำดับ ดังนั้น ต้นทุนเร่งงานต่อสัปดาห์ ที่ต่ำสุด คือ การเร่งงานสำหรับกิจกรรม A,C และ E ดังนั้นผู้บริหารจะเลือกเร่งงานที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งจาก 3 กิจกรรมนั้น เช่น เร่งงานที่กิจกรรม A 1 สัปดาห์ จะทำให้เวลาแล้วเสร็จทั้งหมดบนสายงานวิกฤติเดิมเท่ากับ 14 สัปดาห์ โดยเสียต้นทุนเพิ่มขึ้น 1,000 บาท แต่เนื่องจากสายงาน BDGH ใช้เวลา 14 สัปดาห์เช่นกัน ดังนั้น สายงานวิกฤติใหม่จะมี 2 สายงาน คือ A C E G H และ B D G H ซึ่งใช้เวลานานที่สุด 14 สัปดาห์ ถ้าต้องการเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้นเช่นเป็น 12 สัปดาห์ จะต้องเร่งงานบนสายงานวิกฤติทั้ง 2 โดยเร่งงานที่กิจกรรม G ซึ่งเป็นกิจกรรมที่อยู่บนสายงานวิกฤติทั้ง 2 ดังนั้น ต้นทุนค่าเร่งงานจะเท่ากับ 1,000 + 2(2,000) = 5,000 บาท

ในกรณีที่โครงการสลับซับซ้อนมาก การปฏิบัติตามขั้นตอนข้างต้นเพื่อหาวิธีที่เร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้นโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดก็ทำได้ยาก เพื่อความสะดวกและรวดเร็วก็ต้องใช้วิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programming)