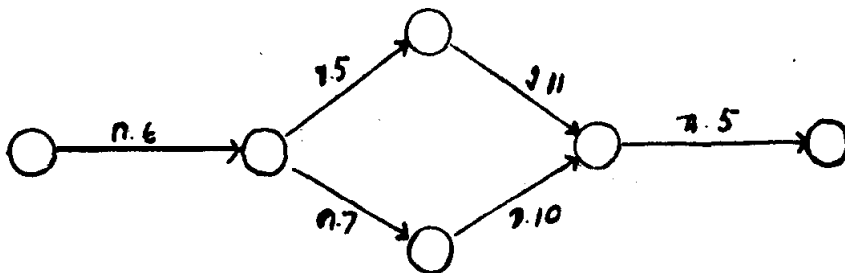


จะเห็นว่าสายงานหลักได้รวมงานกันต่อไปนี้ ก, ค, ง, และ ฉ ส่วนงาน ข และงาน ง มีช่องว่างของเวลา 4 สัปดาห์ ดังนั้นถ้ามีการทำงานล่าช้าไป 4 สัปดาห์ หรือน้อยกว่า ในงาน ข หรืองาน ง งานโครงการหนึ่ง จะไม่มีผลสะท้อนต่อเวลาของการทำโครงการให้สำเร็จ ฉะนั้นฝ่ายบริหารจึงควรเอาใจใส่เป็นพิเศษต่องาน ก, ค, ง, และ ฉ สายงานหลักต้องได้รับการเฝ้าดูอย่างระมัดระวังในระหว่างการปฏิบัติงานตามโครงการ

การเคลื่อนย้ายทรัพยากร (Reassigning Resources) ในบางกรณีมีความจำเป็นที่จะปรับระยะเวลาของการทำโครงการให้สำเร็จโดยการเคลื่อนย้ายทรัพยากรจากงานต่างๆ ที่มีช่องว่างของเวลา (slack activities) ไปสู่งานต่างๆ ที่อยู่ในสายงานหลัก จากโจทย์ข้างบนนี้สมมติว่าแรงงานที่จัดสรรให้ไปทำงาน ง ได้ถูกลดลงจาก 5 คน เป็น 3 คน ส่วนแรงงานที่เหลือ 2 คนนั้น ได้ถูกย้ายไปทำงาน ค ดังนั้นเวลาที่ทำงาน ง ให้สำเร็จก็จะเพิ่มขึ้นจาก 9 สัปดาห์ เป็น 11 สัปดาห์ แต่ลดระยะเวลาที่จำเป็นสำหรับการทำงาน ค ให้สำเร็จจาก 8 สัปดาห์ เป็น 7 สัปดาห์ สายงานใหม่ได้ถูกวางขึ้นมา และจะเห็นว่าโครงการจะถูกทำให้สำเร็จใน 28 สัปดาห์



จะเห็นว่าประโยชน์ของสายงานที่ว่างเสร็จแล้วนั้น ก็คือทำให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการปรับปรุงการเคลื่อนย้ายทรัพยากรเท่าที่จะเป็นไปได้โดยมีประสิทธิภาพ

การเพิ่มทรัพยากร (Increasing Resources) ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของสายงานที่ว่างเสร็จแล้วนั้น ก็คือการเพิ่มทรัพยากรเท่าที่จำเป็นโดยมีประสิทธิภาพ ทรัพยากรแรงงานและเครื่องจักรที่ถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อลดระยะเวลาของการทำโครงการให้สำเร็จจะถูกเพิ่มเข้าไปสู่งานต่าง ๆ ในสายงานหลัก

การลดเวลาของโครงการลง (Decreasing Times) หลังจากที่ได้ร่างสายงานเรียบร้อยแล้ว และสายงานหลักก็ถูกหาแล้ว ให้ลงมือลดเวลาตามที่ต้องการสำหรับงานโครงการหนึ่งหรือหลายงานในสายงานหลัก

(ง) การควบคุมโครงการ

หลังจากที่ได้เริ่มโครงการขึ้นแล้ว กราฟสายงานจัดเป็นเครื่องมือที่มีค่ามากที่สุด เพราะว่าได้แสดงให้เห็นถึงสายงานหลัก และงานหลักต่าง ๆ ซึ่งจะต้องเผื่อส่งเอกอย่างใกล้ชิด ถ้างานหลักเหล่านี้ล่าช้าลงโครงการทั้งหมดก็จะพลอยล่าช้าไปด้วย ส่วนงานที่เกิดช่วงว่างเวลาไม่จำเป็นต้องเผื่ออย่างใกล้ชิด

การปรับปรุงแก้ไขให้ทันกับเหตุการณ์ งานบางชิ้นอาจทำเสร็จเร็วกว่าเวลาที่คาดไว้ และงานบางชิ้นก็เสร็จช้ากว่าเวลาที่คาดไว้ สายงานจะต้องทำให้ทันสมัยเสมอเป็นระยะ ๆ สายงานหลักจึงต้องได้รับการแก้ไขด้วย เพื่อที่จะทำให้สายงานทันสมัยนั้นจำเป็นจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ของแต่ละงาน รวมทั้งเวลาทำงานของแต่ละงานที่ได้รับการแก้ไขใหม่ การที่จะปรับปรุงแก้ไขบ่อยครั้งเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับโครงการ ซึ่งอาจจะทำทุกวัน ทุกสัปดาห์ หรือทุกเดือนก็ได้ หลังจากที่ได้รวบรวมข้อมูลแล้ว และสายงานได้รับการแก้ไขให้ทันสมัยแล้ว สายงานหลักอาจมีการเปลี่ยนแปลง และงานซึ่งแต่เดิมมีช่วงว่างเวลา หรือมีใช้สายงานหลักมาก่อนก็อาจเปลี่ยนเป็นสายงานหลักได้

การวิเคราะห์ใหม่ เมื่อสายงานได้รับการแก้ไขใหม่แล้ว กระบวนการวิเคราะห์ก็ต้องเริ่มขึ้นได้ทรัพยากรอาจถูกเคลื่อนย้าย ทรัพยากรบางส่วนอาจถูกต้องการเพิ่มขึ้น หรืออาจมีการลดเวลาการทำงานของงานบางชิ้นได้ การปรับปรุงสายงานให้ทันกับเหตุการณ์นี้เป็นจุดสำคัญสำหรับการวางแผนและควบคุมส่วนที่เหลือของโครงการ

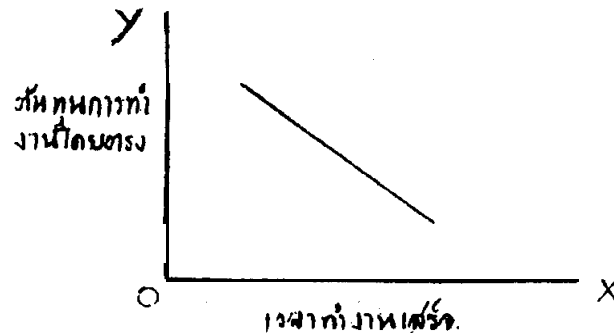
วิธีสายงานหลัก Critical Path Method - CPM

CPM ได้รับการพัฒนาขึ้นมาสำหรับสถานการณ์ซึ่งผู้จัดการโครงการจะต้องมีความยืดหยุ่นในการที่จะหันเหทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตบางส่วนไปสู่งานส่วนอื่นเพื่อที่จะร่นเวลาการทำโครงการให้สำเร็จเร็วขึ้น CPM นี้จะไม่รวมเอาความไม่แน่นอน (risk) ของ PERT เข้าไว้ด้วย ฉะนั้นการคำนวณใน CPM จึงมีแต่ความแน่นอนทั้งสิ้น

ต้นทุนของงานและต้นทุนของโครงการ

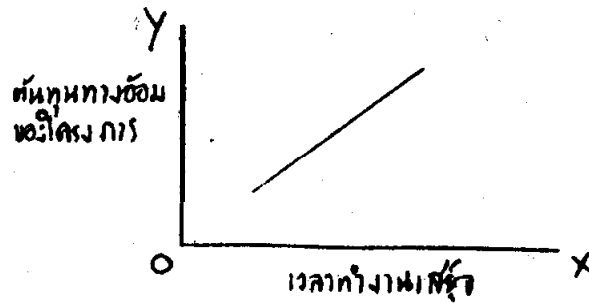
หลักสำคัญของ CPM นั้นก็คือ ต้นทุนที่แน่นอนทั้งหลายจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ต้นทุนที่แน่นอนทั้งหลายนี้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ต้นทุนการทำงานโดยตรง (Direct activity costs) และต้นทุนทางอ้อมของโครงการ (indirect project costs)

ต้นทุนการทำงานโดยตรง คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการใช้แรงงาน เครื่องจักร และเงินในการทำงานแต่ละส่วน ความสัมพันธ์ของต้นทุนเหล่านี้กับเวลาของการทำงานเสร็จจะเป็นอัตรากลับกัน



จะเห็นว่าเวลาที่คาดว่าจะทำงานเสร็จ (Expected completion date of an activity) สั้นลง ต้นทุนโดยตรงของการทำงานนั้นจะเพิ่มขึ้น ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตมากขึ้น เพื่อที่จะร่นเวลาของการทำงานให้เสร็จเร็วขึ้น

ส่วนต้นทุนทางอ้อมของโครงการ ได้แก่ ต้นทุนทางอ้อมที่ใช้ตลอดโครงการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการบริหาร ค่าควบคุม ค่าวัสดุบางอย่าง และค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed expenses) ส่วนหนึ่งซึ่งจัดสรรให้แก่โครงการนั้น ต้นทุนเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของโครงการ ดังนั้นถ้าทำโครงการให้เสร็จเร็วขึ้น ต้นทุนเหล่านี้จะลดลงด้วย



เราได้แสดงให้เห็นแล้วว่าต้นทุนทั้ง 2 ชนิดนี้ ต่างก็มีทิศทางตรงกันข้ามกัน ถ้าเวลาของการทำงานสั้นลง ต้นทุนโดยตรงจะเพิ่มขึ้น ถ้าเวลาของการทำโครงการเสร็จสั้นลง ต้นทุนทางอ้อมลดลง ดังนั้นเราจึงสรุปว่า เราจะเพิ่มทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตให้แก่งานโดยมีข้อแม้ว่า ต้นทุนโดยตรงที่เพิ่มนั้นจะต้องน้อยกว่าต้นทุนทางอ้อมของโครงการ ซึ่งต้นทุนทางอ้อมนี้เกิดจากการร่นเวลาของโครงการให้เสร็จเร็วขึ้น

การหาช่วงว่างของเวลา (Floats)

เมื่อกำหนดหาสายงานหลักแล้ว ถัดมาจะต้องกำหนดหาช่วงว่างของเวลา จากงานที่มีได้อยู่ในสายงานหลักส่วนในสายงานหลักปกติแล้วช่วงว่างของเวลาเป็นศูนย์ นี่จึงเป็นเหตุผลที่ว่าทำไมมันจึงเป็นสายงานหลัก

ก่อนที่จะกำหนดหาช่วงว่างของเวลา จะต้องรู้ถึงเวลาที่เกี่ยวพันกับงานแต่ละส่วน เช่นเวลาเริ่มงานหลัง (The latest start time) และเวลาเสร็จงานก่อน (The earliest completion time) ซึ่งเป็นเวลาของการทำงาน (i, j)

$$LS_{ij} = LC_j - d_{ij}$$

$$EC_{ij} = ES_i + d_{ij}$$

ช่วงว่างของเวลาแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ช่วงว่างของเวลารวม (Total Float ใช้แทนด้วย TF) และช่วงว่างของเวลาอิสระ (Free Float แทนด้วย FF)

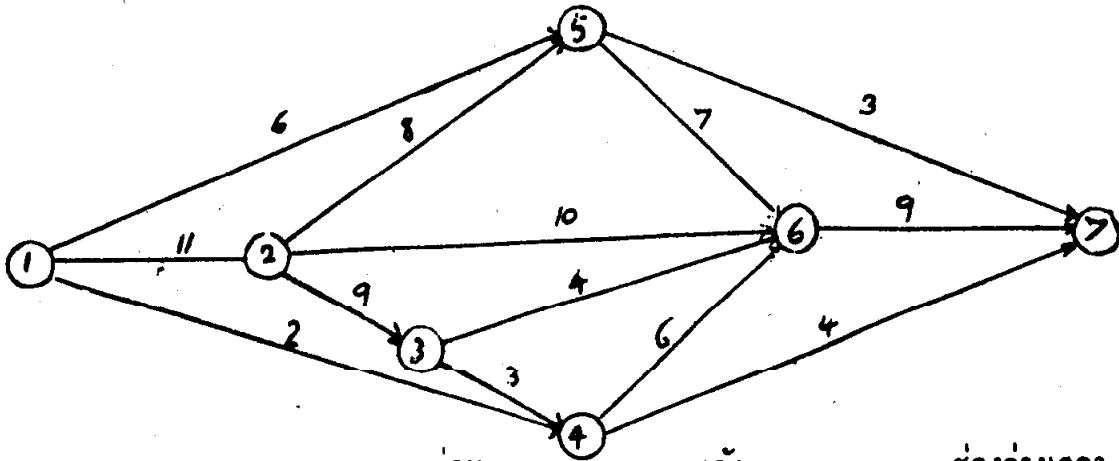
ช่วงว่างของเวลารวมของงาน (i, j) คือผลต่างของเวลาที่มากที่สุดที่ใช้ทำงาน และเวลาที่ใช้ทำงานส่วนนั้นนั่นก็คือ

$$TF_{ij} = \left. \begin{array}{l} LC_j - ES_i - d_{ij} \\ LC_j - EC_{ij} \\ LS_{ij} - ES_i \end{array} \right\} : \text{slack time}$$

ส่วนช่วงว่างของเวลาอิสระนั้น กำหนดว่างานทุกอย่างต้องใช้ระยะเวลาเริ่มต้นเป็นสำคัญ ฉะนั้น FF_{ij} ของงาน (i, j) ก็คือผลต่างของเวลาเริ่มต้นทำงานและเวลาที่ใช้ทำงานส่วนนั้น นั่นก็คือ

$$FF_{ij} = ES_j - ES_i - d_{ij}$$

การคำนวณหาสายงานหลักและช่วงว่างของเวลาจากงานที่มีได้อยู่ในสายงานหลัก จะแสดงให้เห็นในตัวอย่างต่อไปนี้

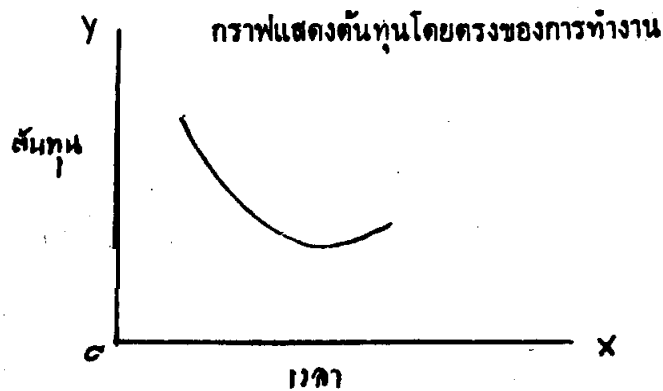


งาน (i, j)	เวลาที่ใช้งาน d _{ij}	ก่อน		หลัง		ช่วงว่างเวลา	
		เริ่ม ES _i	เสร็จ EC _{ij}	เริ่ม LS _{ij}	เสร็จ LC _j	รวม TF _{ij}	อิสระ FF _{ij}
1—2	11	0	11	0	11	0	0
1—4	2	0	2	21	2s	21	21
1—5	6	0	6	16	22	16	13
2—3	9	11	20	11	20	0	0
2—6	8	11	19	14	22	3	0
2—6	10	11	21	19	29	8	8
3—4	3	20	2s	20	21	0	0
3—6	4	20	24	25	29	6	6
4—6	6	2s	29	23	29	0	0
4—7	4	23	27	34	38	11	11
5—6	7	19	26	22	29	3	a
5—7	3	19	22	35	38	10	10
6—7	9	22	38	29	30	0	0

การพิจารณาคັນทุนของโครงการ

วัตถุประสงค์ของฝ่ายบริหารก็คือ การทำโครงการให้เสร็จเร็วขึ้น และลดคັນทุนของโครงการลงให้เหลือค่าที่สุกโดยจะพิจารณาที่สายงานหลักเป็นส่วนใหญ่ ก่อนอื่นเราจำเป็นจะต้องรู้ถึงค่าจำกัดความคั่งท้อไปนี้

คັນทุนของงานแต่ละส่วน (Activity cost) เป็นคັນทุนโดยตรงของการทำงานส่วนใดส่วนหนึ่งให้สำเร็จ คັນทุนของการทำงานนี้จะมีผลโดยตรงต่อจำนวนเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นให้เสร็จ ถ้าจำนวนเวลาที่ใช้ทำงานแต่ละส่วนสั้นเกินไปจะมีผลทำให้ต้องเร่งเพิ่มคັນทุนจำนวนมาก ทำให้ต้องเสียคັນทุนมากโดยใช่เหตุ ในทำนองเดียวกัน ถ้าจำนวนเวลาที่ใช้ทำงานมีเหลือเพื่อจะทำให้การใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพอันจะมีผลทำให้คັນทุนรวมของงานสูงขึ้น



ความชันของคັນทุนการทำงาน (Activity cost slope) คือ คັນทุนที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ลดลงจากการทำงานแต่ละชั้น นั่นก็คือเป็นการวัดถึงสมรรถภาพที่เกิดขึ้นในการเร่งรัดการทำงานโดยการเร่งเวลาทำงานให้เสร็จเร็วขึ้น ความชันของคັນทุนของงานต่างๆ ใช้เป็นเครื่องชี้บอกว่าการใดเสียคັນทุนเพิ่มน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ลดลง ทั้งนี้เพื่อให้โครงการสำเร็จเร็วขึ้นตามเป้าหมายและเสียบประมาณน้อยที่สุด ความชันของคັນทุนคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความชันของคັນทุนการทำงาน} = \frac{C_c - C_n}{T_n - T_c}$$

ต้นทุนเร่งรัด (Crash Cost แทนด้วย C_c) เป็นต้นทุนโดยตรงต่ำสุดที่คาดว่า
จะมีขึ้นในการทำงานแต่ละชั้นให้เสร็จภายในเวลาเร่งด่วน

เวลาเร่งด่วน (Crash Time แทนด้วย T_c) เป็นจำนวนเวลาต่ำสุดที่ใช้ทำงาน
ให้สำเร็จ

ต้นทุนปกติ (Normal Cost แทนด้วย C_n) เป็นต้นทุนโดยตรงต่ำที่สุดที่ใช้
ทำงานให้สำเร็จ

เวลาปกติ (Normal Time แทนด้วย T_n) เป็นเวลาต่ำสุดที่ใช้ทำงานให้สำเร็จ
โดยเสียต้นทุนปกติ

ตัวอย่างที่ 1 จงหาต้นทุนต่ำสุดของโครงการดังต่อไปนี้

งาน (i, j)	ปกติ		เร่งด่วน	
	เวลา	ต้นทุน	เวลา	ต้นทุน
1-2	9	200	7	300
1-3	5	250	3	450
2-4	3	150	2	190
2-5	11	200	6	500
3-4	6	200	2	300
4-5	4	180	2	200

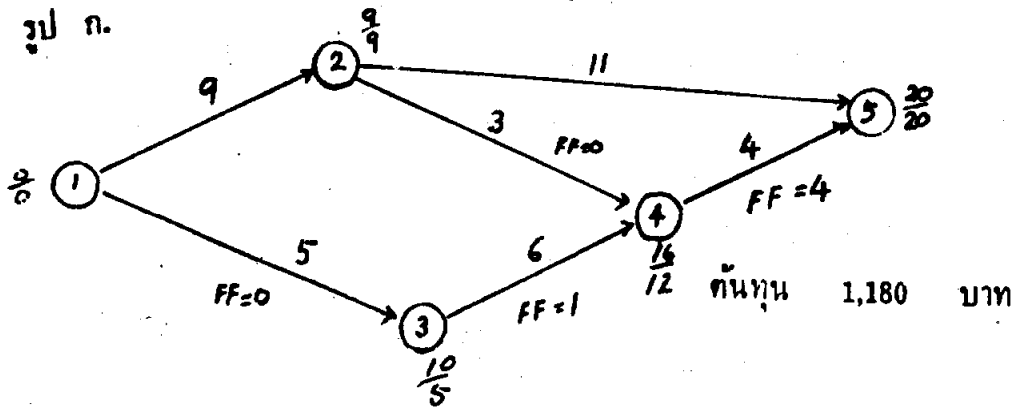
วิธีทำ

$$\text{จากสูตร ความชันของต้นทุนการทำงาน} = \frac{C_c - C_n}{T_n - T_c}$$

เราสามารถหาความชันของงานแต่ละชั้นได้ดังปรากฏในตารางดังนี้

งาน	ความชัน
1-2	50
1-3	100
2-4	40
2-5	60
3-4	25
4-5	10

วิธีการคำนวณชั้นแรกนั้นต้องสมมติว่างานทุกส่วนดำเนินไปภายใต้เวลาปกติตามรูป ก. แสดงการคำนวณสายงานหลักภายใต้สภาวะการปกติ สายงาน 1-2 และ 2-5 เป็นสายงานหลัก เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการเสร็จ คือ 20 วัน และต้นทุนปกติของโครงการเป็น 1,180 บาท



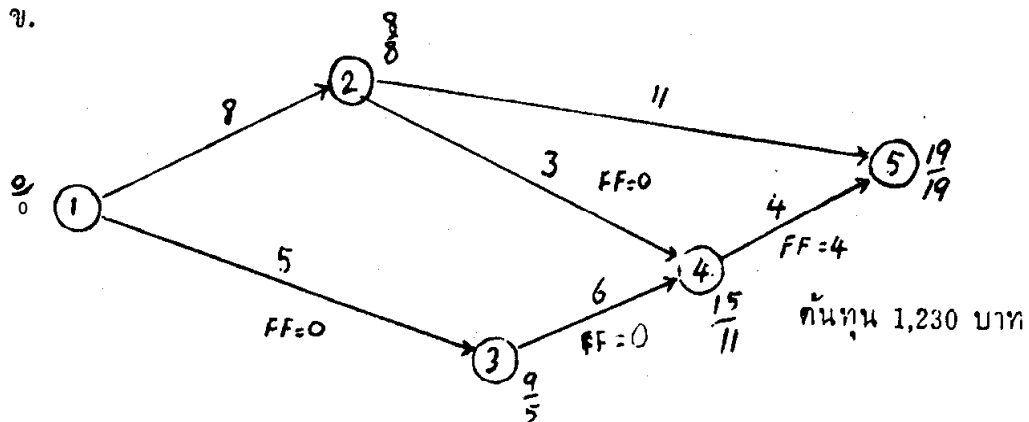
ขั้นที่สองก็คือ การลดเวลาของโครงการลงโดยการพิจารณาที่งานหลักซึ่งมีความชันค่าสุดตามรูป ก. มีงานหลักอยู่เพียง 2 ชั้น ก็องาน (1-2) และงาน (2-5) เรามุ่งพิจารณาที่งานหลัก (1-2) เพราะเป็นงานหลักที่มีความชันค่าสุด ตามใจที่ยงานนี้สามารถลดเวลาลงไปได้ 2 วัน ซึ่งเรียกว่า ชิคเร่งรัด (Crash limit) อย่างไรก็ตามการลดเวลาของงานหลักจนถึงจุดเร่งรัด (Crash point) นั้นก็ไม่จำเป็นที่จะหมายความว่าเวลาของโครงการทั้งหมดจะลดลงเป็นจำนวนเวลาเท่ากัน ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อลดเวลาของงานหลักลง สายงานหลักสายใหม่อาจเกิดขึ้นมาได้ เมื่อเป็นเช่นนี้เราจึงต้องทั้งงานหลักเก่าไป และให้ความสนใจไปที่งานในสายงานหลักใหม่

วิธีที่จะคาดว่าสายงานหลักสายใหม่จะเกิดขึ้นหรือไม่ในขณะที่ลดเวลาของงานหลักลงไปสู่จุดเร่งรัด ก็ให้พิจารณาที่ช่วงว่างเวลาอิสระ (FF) ของงานที่มีไชนงานหลัก จากคำจำกัดความที่ว่า ช่วงว่างเวลาอิสระนี้จะขึ้นอยู่กับเวลาเริ่มต้นของงานอื่น ดังนั้นถ้าในขณะที่ลดเวลาของงานหลักลง ช่วงว่างเวลาอิสระที่เป็นบวกจะกลายเป็นศูนย์งานหลักดังกล่าวสามารถลดเวลาลงไปได้ด้วยการகுที่ช่วงว่างเวลาอิสระของสายงานอื่น เพราะว่ามันมี โอกาสเป็นไปไค้ทำงานซึ่งมีช่วงว่างเวลาอิสระเป็นศูนย์จะกลายเป็นงานหลัก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การลดเวลาของงานหลักนั้นนอกจากจะகுที่ชิคเร่งรัดแล้วยังต้องพิจารณาช่วงว่างเวลาอิสระอีกด้วย

เพื่อที่จะหาขีดจำกัดของช่วงเวลาอิสระ เริ่มแรกเราต้องลดเวลาทำงานของงานหลักลง 1 หน่วย จากนั้นให้คำนวณหาช่วงว่างเวลาอิสระของงานอื่น ๆ ที่มีใช้งานหลักแล้วให้เลือกว่างานใดได้ลดช่วงว่างเวลาอิสระที่เป็นบวกไป 1 หน่วยเวลา ช่วงว่างเวลาอิสระที่มีค่าน้อยที่สุด (ก่อนลดลง) ของงานดังกล่าวก็คือ ขีดจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระที่กิจการ

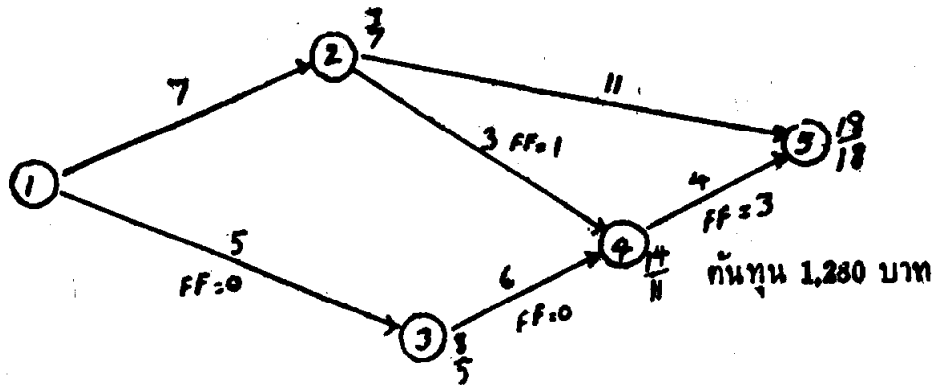
จากกฎเกณฑ์ดังกล่าวให้ดูตามรูป ก. แสดงให้เห็นช่วงว่างเวลาอิสระ (FF) ในงานต่าง ๆ เป็นลำดับการลดเวลาทำงานของงาน (1-2) ลง 1 หน่วยเวลาจะลดค่าของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน (3-4) จากหนึ่งเป็นศูนย์ ช่วงว่างเวลาอิสระของงาน (4-5) จะยังคงเหมือนเดิมคือ 4 ดังนั้นขีดจำกัดของ FF=1 แต่ขีดเร่งรัดของงาน (1-2) คือ 2 งาน (1-2) สามารถลดเวลาลงได้เท่ากับค่าต่ำสุดของขีดเร่งรัดของงาน และขีดจำกัดของ FF นั้นก็คือ $\min(2, 1) = 1$ ดูตามรูป ข เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการให้สำเร็จเป็น 19 วัน และต้นทุนของโครงการจะเท่ากับต้นทุนเดิมรวมกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการลดเวลาทำงานลง 1 วัน เท่ากับ $1,180 + (20-19) 50 = 1,230$ บาท

รูป ข.



ขั้นต่อไปจะเห็นว่างาน (1-2) จะยังคงลดเวลาลงได้อีก เหลือ 7 วัน ซึ่งเป็นขีดเร่งรัด (Crash limit) ของงาน (1-2) และช่วงว่างเวลาอิสระที่ยังมีเหลือก็เฉพาะของงาน (4-5) ซึ่งเท่ากับ 4 ฉะนั้นงาน (1-2) สามารถลดเวลาลงได้เท่ากับ minimum ของ Crash limit และ FF limit = $\min(1, 4) = 1$ ดูตามรูป ก.

รูป ก.

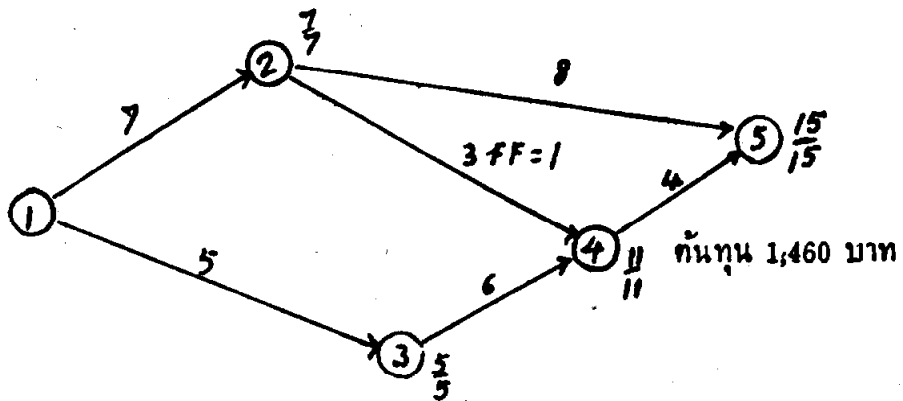


จากรูป ก. เวลาของโครงการเป็น 18 วัน ต้นทุนเท่ากับ $1230 + (19-18) 50 = 1,280$ บาท
 ขั้นตอนต่อไปจะเห็นว่างาน (1-2) ไม่สามารถลดเวลาลงได้อีกต่อไปแล้ว ดังนั้นจึง
 พิจารณางาน (2-5) อย่างเดียว ถ้าเราลดเวลาของงาน (2-5) ลง 1 หน่วยเวลาจะมีผลทำให้ช่วงว่าง
 อิสระของงาน (4-5) ลดลงไป 1 หน่วยเวลาเช่นกัน

ฉะนั้น ชิคเร่งรัดของงาน (2-5) = $11 - 6 = 5$
 ชิคจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน (4-5) = 3
 เวลาของงาน (2-5) ที่สามารถลดลงได้ = $\min(5, 3) = 3$

ให้ดูตามรูป ง. จะเห็นว่ามีส่วนงานหลักเกิดขึ้นใหม่อีกหนึ่งสายคือ (1-3-4-5)
 โครงการนี้จึงมีส่วนงานหลักถึง 2 สายคือ (1-2-5) และ (1-3-4-5)

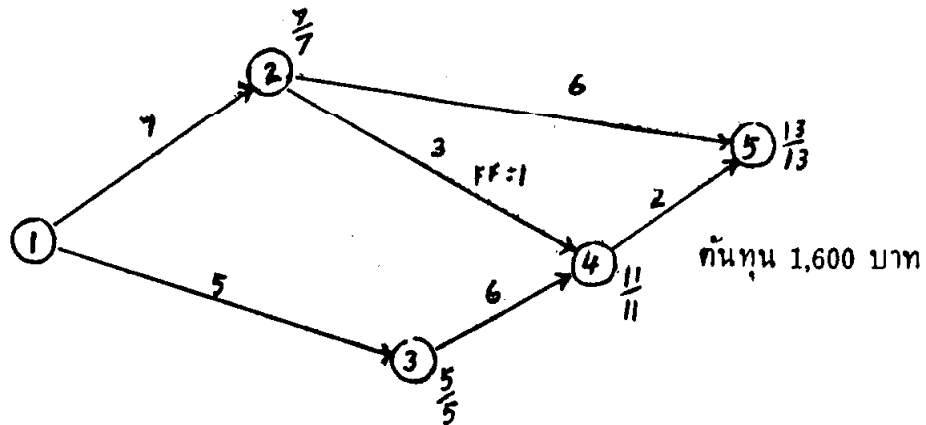
รูป ง.



เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการสำเร็จ = 15 และต้นทุนของโครงการเท่ากับ 1,280
 + (18-15) 60 = 1,460 บาท

ขั้นต่อไปจะเห็นว่าโครงการนี้มีสายงานหลักที่อยู่ 2 สาย การลดเวลาของโครงการ
 ลงนั้นจำเป็นที่จะต้องลดเวลาของสายงานหลักทั้งสองพร้อมกันไป สำหรับสายงานหลัก
 (1-2-5) งาน (2-5) สามารถลดเวลาลงไปได้อีก 2 หน่วยเวลา ส่วนสายงานหลัก
 (1-3-4-5) งาน (4-5) มีความชันค่าที่สุกและมีชิตเร่งรัดเป็น 2 เท่ากับชิตเร่งรัดของงาน
 (2-5) ฉะนั้นชิตเร่งรัดของงานทั้ง 2 สายนี้ จึงเป็น 2 ส่วนชิตจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระ
 ไม่จำเป็นต้องกำหนดอีกต่อไป ให้ดูตามรูป จ.

รูป จ.



เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการสำเร็จเป็น 13 วัน ต้นทุนของโครงการเท่ากับ 1,460
 + (15-13) (60+10) = 1,600 บาท

จะเห็นว่าสายงานหลักทั้งสองของโครงการยังเป็นเส้นเค็ม แต่งานทั้งหมดใน
 สายงานหลัก (1-2-5) จัดทำในเวลาเร่งด่วนทั้งสิ้น และเวลาของโครงการก็ไม่สามารถ
 ลดค่าลงมาได้อีก ดังนั้นสายงานในรูป จ. จึงเป็นสายงานเร่งรัด

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 จงหาต้นทุนต่ำสุดของโครงการทั้งท่อไปนี้

งาน	งานที่มาก่อน	เวลาปกติ		เวลาเร่งด่วน	
		จำนวนวัน	ต้นทุนปกติ	จำนวนวัน	ต้นทุนเร่งรัด
A		9	550	8	590
B	—	7	500	5	590
C	B	6	400	5	450
D	A	5	600	4	685
E	C,D	8	575	6	725
F	A	9	700	7	840
G	B	3	250	3	250
H	E,F	6	450	5	520

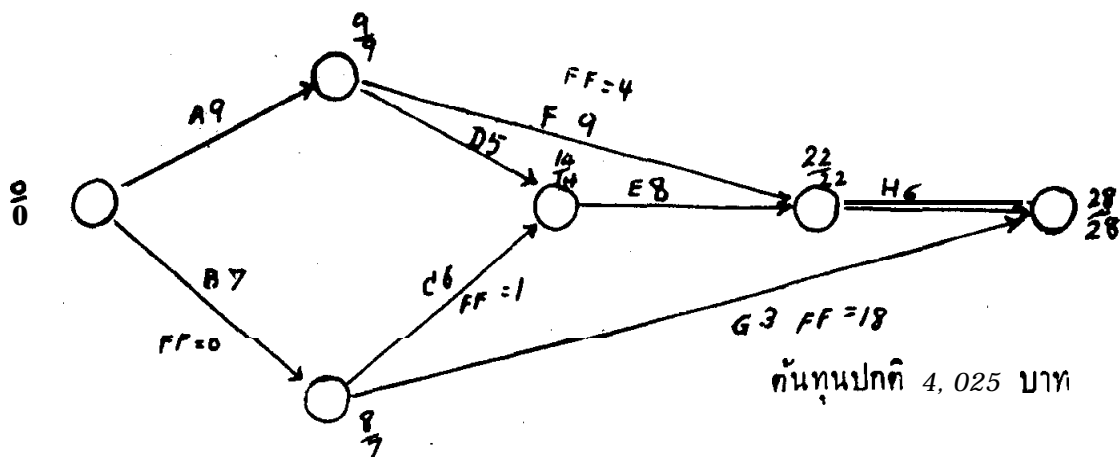
กำหนดให้โครงการนี้มีต้นทุนทางอ้อมเกิดขึ้นวันละ 100 บาท

วิธีทำ จากสูตร ความชันของต้นทุนการทำงาน = $\frac{C_c - C_n}{T_n - T_c}$

เราสามารถหาความชันของงานแต่ละชั้นได้ดังปรากฏในการตารางนี้

งาน	ความชัน
A	4 0
B	45
C	50
D	85
E	75
F	70
G	
H	70

รูป ก.



การคำนวณในชั้นแรกตามรูป ก. จะเห็นว่าสายงานที่มี ES เท่ากับ LS หรือสายงานที่มี slack เป็นศูนย์ ก็คือสายงาน ADEH ซึ่งถือเป็นสายงานหลักเวลาที่ทำให้โครงการให้สำเร็จคือ 28 วัน และต้นทุนโดยตรงของโครงการเป็น 4,025 บาท มีต้นทุนทางอ้อมของโครงการเป็น 2,800 บาท

ขั้นที่สอง ก็คือการลดเวลาของโครงการลงโดยพิจารณาที่งานหลักซึ่งมีความชันต่ำสุด ตามรูป ก. มีงานหลักอยู่ 4 ชิ้น คือ A, D, E และ H เรามุ่งพิจารณาที่งานหลัก A เพราะมีความชันต่ำสุดเท่ากับ 40 และมีซิกเร่ร็คเป็น 1 ถ้าลดเวลาของงานหลัก A ลงไป 1 หน่วยเวลา จะมีผลทำให้ช่วงว่างเวลาอิสระของงาน C และงาน G ลดลงไป 1 หน่วยเช่นกัน ฉะนั้นให้เลือกงาน A ขึ้นมาเป็นงานเร่ร็คขั้นแรก

$$\text{ซิกเร่ร็คของงาน A} = 9 - 8 = 1$$

$$\text{ซิกจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน C} = 1$$

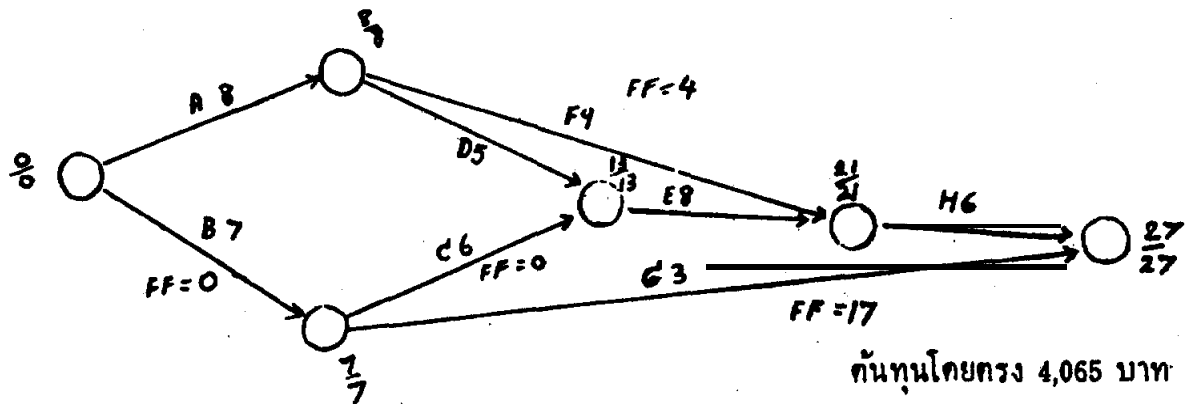
$$\text{ซิกจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน G} = 18$$

$$\text{ฉะนั้นซิกเร่ร็คของงาน A} = \min(1, 1, 18) = 1$$

ผลที่ออกมาให้ดูตามรูป ข. เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการให้สำเร็จเป็น 27 วัน และจะเกิดสายงานหลักใหม่เพิ่มขึ้นอีก 1 สายคือ BCEH เพราะเป็นสายที่มี ES เท่ากับ LS ในงานทุกชั้นของสายงานนี้ และเป็นสายงานที่มี FF=0 ในงานทุกชั้นของสายงานนี้ และกัน

ทุนโดยตรงของโครงการจะเท่ากับต้นทุนเดิมรวมกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการลดเวลาทำงาน
 ลง 1 วัน เท่ากับ $4,025 + (28-27) 40 = 4,065$ ต้นทุนทางอ้อมของโครงการเท่ากับ
 2,700 บาท จะประหยัดต้นทุนของโครงการได้เท่ากับ $100 - 40 = 60$ บาท

รูป ข.



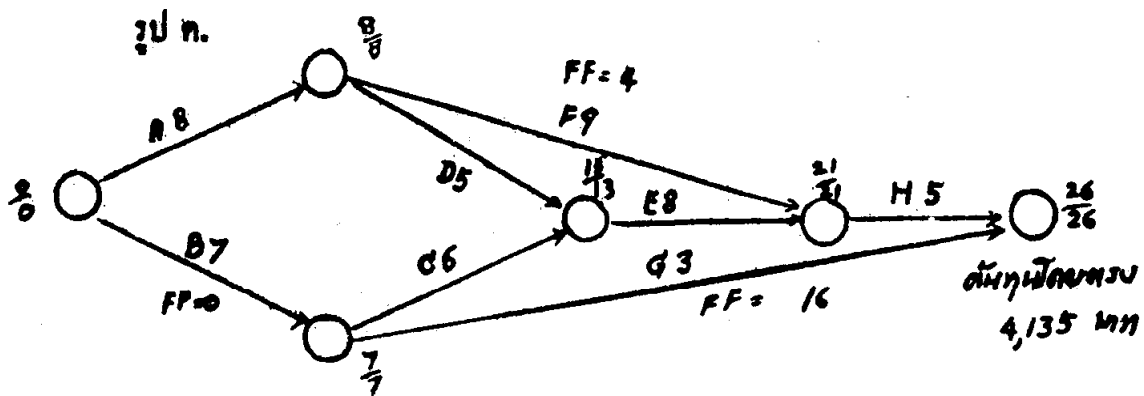
ขั้นต่อไปให้พิจารณาสายงานหลัก ADEH และ BCEH จะเห็นว่ามีงานหลัก E
 และ H ร่วมอยู่ด้วยกันในสายงานหลักทั้งสองสายดังกล่าว ฉะนั้นการลดเวลาของโครงการ
 ลงก็ให้พิจารณาที่งานหลัก E และ H โดยเลือกงานหลัก H เพราะเป็นงานหลักที่มีความ
 หนักที่สุดเท่ากับ 70 ถ้าวัดเวลาของโครงการโดยดูงานหลัก H ลง 1 หน่วยเวลาจะมีผลทำ
 ให้ช่วงว่างเวลาอิสระของงาน G ลดลงไป 1 หน่วย เช่นกัน ฉะนั้นให้เลือกงานหลัก H
 ขึ้นมาเป็นงานเร่งรัดขั้นที่สอง

$$\text{ซิกเร่งรัดของงาน H} = 6 - 5 = 1$$

$$\text{ซิกจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน G} = 17$$

$$\text{ฉะนั้นซิกเร่งรัดของงาน H} = \min(1, 17) = 1$$

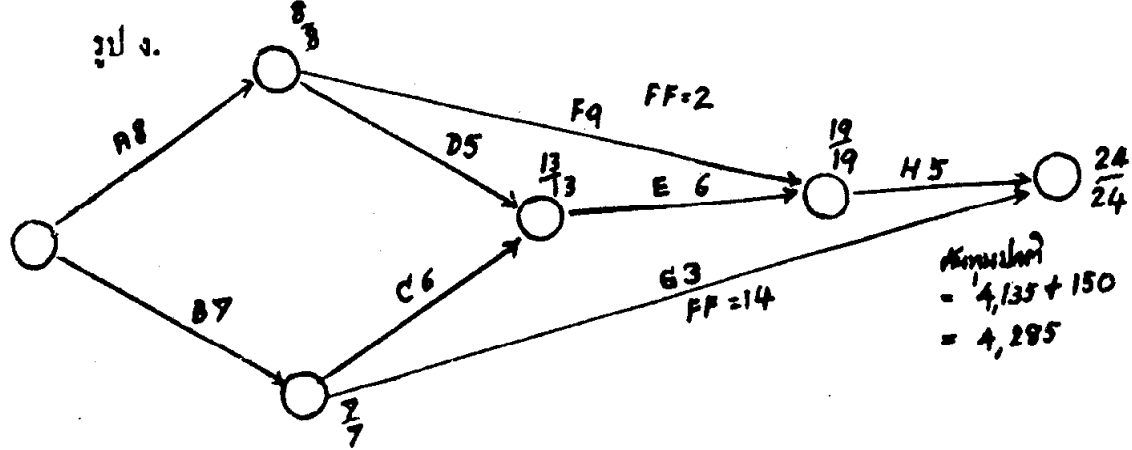
ผลที่ออกมาให้ดูตามรูป ก. เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการให้สำเร็จเป็น 26 วัน
 และต้นทุนโดยตรงของโครงการจะเท่ากับต้นทุนเดิมรวมกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการลดเวลา
 ทำงานลง 1 วัน เท่ากับ $4,065 + (27-26) 70 = 4,135$ บาท ต้นทุนทางอ้อมของโครงการ
 = 2,600 บาท จะประหยัดต้นทุนของโครงการได้เท่ากับ $100 - 70 = 30$ บาท



ขั้นต่อไปให้ลดเวลาของโครงการลงโดยพิจารณาที่สายงานหลักทั้งสอง คือ ADEH และ BCEH ซึ่งยังมีงานหลักที่ร่วมกันเหลืออยู่อีกเพียง 1 งาน เท่านั้น ก็องงานหลัก E ฉะนั้นถ้าลดเวลาของงานหลัก E ลงไป 1 หน่วย เวลาจะมีผลสะท้อนต่อช่วงว่างเวลาอิสระของงาน F และงาน G จึงให้เลือกงานหลัก E เป็นงานที่ต้องเร่งรัดขั้นที่สาม

- ซีกเร่งรัดของงาน E = $8 - 6 = 2$
- ซีกจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน F = 4
- ซีกจำกัดของช่วงว่างเวลาอิสระของงาน G = 16
- ฉะนั้นซีกเร่งรัดของงาน E = $\min(2, 4, 16) = 2$

ผลที่ออกมาให้ดูตามรูป ง. เวลาที่คาดว่าจะทำโครงการให้สำเร็จเป็น 24 วัน และต้นทุนโดยตรงของโครงการจะเท่ากับต้นทุนเดิมรวมกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการลดเวลาดำเนินงานลง 2 วัน เท่ากับ $4,135 + (26 - 24) 75 = 4,285$ บาท ต้นทุนทางอ้อมของโครงการเท่ากับ 2,400 บาท จะประหยัดต้นทุนของโครงการได้เท่ากับ $200 - 150 = 50$ บาท



ขั้นต่อไปให้พยายามลดเวลาของโครงการลง โดยพิจารณาที่สายงานหลัก ADEH และ BCEH ในสายงานหลัก ADEH ยังมีงานหลัก ที่จะให้เร่งรัดได้อีกเพียงงานเดียว คือ งานหลัก D ซึ่งมีซีกเร่งรัดเป็น 1 และมีต้นทุนเร่งรัดวันละ 85 บาท ส่วนสายงานหลัก BCEH มีงานหลักเหลืออยู่ 2 งานที่จะให้เร่งรัดได้ คืองานหลัก B มีซีกเร่งรัดเป็น 2 มีต้นทุนเร่งรัดวันละ 45 บาท และงานหลัก C มีซีกเร่งรัดเป็น 1 มีต้นทุนเร่งรัดวันละ 50 บาท ในสายงานหลัก BCEH จะเห็นว่างานหลัก B มีความเร่งรัดที่สุดคือ 45 ฉะนั้นถ้าเราเลือกงาน B ของสายงานหลัก BCEH และงาน D ของสายงานหลัก ADEH มาเร่งรัดควบกัน จะมีซีกเร่งรัดเท่ากับ $\min(2, 1) = 1$ และมีต้นทุนเร่งรัดต่อวันเป็น 45 และ 85 บาท ตามลำดับ จะเห็นว่าถ้าเร่งรัดโครงการให้เสร็จเร็วขึ้น 1 วัน จะเกิดต้นทุนเร่งรัดเท่ากับ $1(45+85) = 130$ บาท แต่ต้นทุนทางอ้อมของโครงการที่ประหยัดได้เท่ากับ 100 บาท จึงขาดทุน 30 บาท ดังนั้นจึงไม่ควรที่จะเร่งรัดงาน B และงาน D ของสายงานหลัก BCEH และ ADEH

จากที่แสดงมานี้พอจะสรุปเป็นตารางแสดงต้นทุนของโครงการได้ดังนี้

ชนิดของต้นทุน	เวลาที่ทำโครงการสำเร็จ (จำนวนวัน)					
	28	27	26	25	24	23
ต้นทุนปกติ	4,025	4,025	4,025	4,025	4,025	4,015
ต้นทุนเร่งรัด	0	40	110	185	260	390
ต้นทุนทางอ้อม	2,800	2,700	2,600	2,500	2,400	2,300
ต้นทุนรวม	<u>6,825</u>	<u>6,765</u>	<u>6,735</u>	<u>6,710</u>	<u>6,685</u>	<u>6,715</u>

ตอบ

การหาต้นทุนต่ำสุดตามวิธีของ SAM

SAM ใช้วิธีการคำนวณแบบ Time-cost matrix วิธีการเป็นดังนี้

1. สร้างสายงานของโครงการ

2. หาสายงานต่างๆและคำนวณหาเวลาที่คาดว่าจะทำงานเสร็จในแต่ละ

สาย (expected completion time for each paths)

(สายงานที่ยาวที่สุดก็คือสายงานหลักและเป็นเวลาที่คาดว่าจะทำโครงการให้สำเร็จ)

3. เลือกหาสายงานต่างๆที่จะต้องนำมาเร่งรัดเพื่อให้บรรลุ

ความสำเร็จหากันเวลาการทำโครงการตามที่ต้องการ

(ไม่ใช่ว่าทุกสายงานต้องนำมาเร่งรัด อาจมีบางสายงานที่ใช้เวลาทำงานให้สำเร็จน้อยกว่าเวลาของการทำโครงการให้สำเร็จเมื่อไรก็ตามที่เวลาที่คาดว่าจะทำงานให้สำเร็จของสายใดๆมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าเวลาที่คาดว่าจะทำโครงการให้สำเร็จตามที่ต้องการแล้วสายงานนั้นๆก็ไม่จำเป็นต้องได้รับการเร่งรัด) ค่าที่แต่ละสายงานต้องเร่งรัดก็คือค่าของเวลาที่คาดว่าจะทำงานสำเร็จในสายนั้นหักด้วยเวลาของการทำโครงการให้สำเร็จตามที่ต้องการ

4. คำนวณหาความชันของต้นทุนของงานแต่ละงานในโครงการ และพร้อมกันนั้นก็หาค่าสูงสุดที่แต่ละงานจะได้รับการเร่งรัด

5. การคำนวณใน Time-cost matrix เป็นดังนี้

(ก) แต่ละแถวบนแทนงานหนึ่ง

(ข) แต่ละแถวตั้งแทนสายงานต่างๆที่เลือกมาจากโครงการ (เฉพาะสายงานที่จำเป็นต้องได้รับการเร่งรัดเท่านั้นที่จะนำมาลงในแมทริก)

(ค) แถวตั้ง 2 แถวสุดท้ายในแมทริกใช้บันทึกความชันของต้นทุนของแต่ละงานและค่าสูงสุดที่แต่ละงานจะสามารถเร่งรัดได้

(ง) ยอดรวมของแถวตั้ง (ไม่รวม 2 แถวตั้งสุดท้าย) เป็นค่าต่ำสุดที่แต่ละสายงานต้องได้รับการเร่งรัดเพื่อจะได้เสร็จตามเวลาการทำโครงการให้สำเร็จตามที่ต้องการ

(จ) ในแต่ละแถวตั้ง ชีตทำงานต่างๆที่ไม่รวมอยู่ในสายงานซึ่งแทนด้วยแถวตั้ง (ไม่มีสายงานใดที่รวมงานทุกงานไว้ในสายเดียว)

6. กำหนดหาความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ effective cost slope ของแต่ละงาน โดยการเปลี่ยนแปลงความชันของต้นทุนจริงตามวิธีการดังต่อไปนี้

(ก) ทว่าสายงานใดที่ยังไม่ได้รับการเร่งรัดอย่างพอเพียง (ในตอนแรกเริ่มจะเป็นสายงานทุกสายที่ระบุในแมทริก)

(ข) ทหาความชันของต้นทุนจริงด้วยจำนวนสายงานที่ยังได้รับการเร่งรัดไม่พอเพียง ผลลัพธ์ก็คือ ความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ

(ค) บันทึกค่าความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพของแต่ละงานในแต่ละแถวตั้งของแมทริก

(ง) แกไขค่าความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพของงานต่างๆ ในเมื่อสายงานนั้นได้รับการเร่งรัดแล้ว นั่นก็คือ เมื่อความต้องการทางด้านแถวตั้งได้รับการสนองแล้วนั่นเอง (ไม่ใช่ทุกงานจำต้องได้รับการแก้ไขในเรื่องความชันต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ)

7. ให้เลือกแถวตั้งที่มีความต้องการมากที่สุดที่จะได้รับการรอกค่าลงไป ในตอนแรกเริ่มแถวตั้งที่เลือกมาจะเป็นแถวในสายงานหลัก ถ้าความต้องการมากที่สุดที่จะได้รับการรอกค่าลงไปนี้มีมากกว่าหนึ่งสาย ก็ให้เลือกสายที่บรรจงานที่มีความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุด

จากแถวตั้งดังกล่าวนี้ให้เลือกงานที่มีความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุดโดยจำกัดขอบเขตการเลือกที่ว่างงานเหล่านั้นจะต้องมีเวลาเหลือพอที่จะให้เร่งรัดได้ ถ้าความชันของต้นทุนที่มีประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุดนี้มีมากกว่าหนึ่งงานในแถวตั้งที่ได้เลือกมาแถวหนึ่งก็ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(ก) ให้เลือกงานในสายงานที่ยังไม่ได้รับการเร่งรัดให้พอเพียงมากที่สุด

(ข) ถ้ายังมีทางเลือกของงานมากกว่า 1 งานอีก ให้เลือกงานที่มีเวลา

เร่งรัดมากที่สุด

8. หากค่าที่งานจะถูกเร่งรัดได้ ส่วนค่าที่จะถูกเร่งรัดเพิ่มเติมให้ไปดังนี้

แบ่งสรรเวลาให้มากที่สุดที่จะมากได้เข้าในงานตามข้อ 7 โดยขึ้นอยู่กับว่า

(ก) ความต้องการที่ยังไม่ได้ถูกรอกค่าลงไปในแต่ละโครงการที่มีงานที่จะต้องเร่งรัด ไม่คิดสายงานที่ได้ถูกเร่งรัดเรียบร้อยแล้ว

(ข) เวลาที่ยังคงมีเหลือเพื่อให้เร่งรัด (หาได้จากช่องสุดท้ายอันเป็นค่าของงานที่จะเร่งได้สูงสุดหักด้วยค่าใดๆที่ได้เร่งรัดไปแล้วในงานนั้น

(ค) จำนวนค่าที่น้อยที่สุดของข้อ (ก) และ (ข) ข้างบนนี้

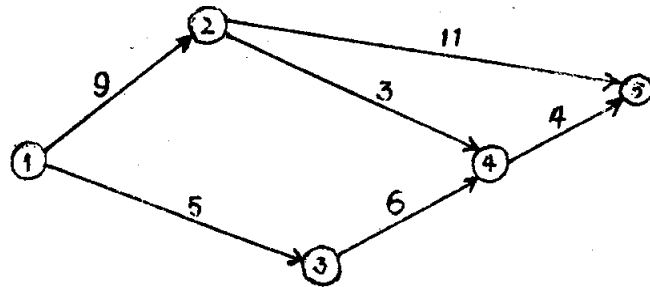
เป็นตัวเต็มที่แท้จริงที่จะ จัดสรรให้แก่งานที่เลือกได้นี้

9. จัดสรรปริมาณตามข้อ 8 ข้างบนนี้ให้แก่แต่ละแถวตั้งที่บรรจุนามที่เลือกมาได้ เมื่อแถวตั้งใดที่งานถูกจัดสรรเวลาให้เต็มหมดแล้วก็จะถูกขีดฆ่าทิ้ง

10. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 6 ถึง 9 จนกว่าสายงานทั้งหมดได้รับการเร่งรัด ตัวอย่าง 3 จากโครงการต่อไปนี้ ถ้าต้องการเร่งรัดโครงการให้เสร็จใน 13 วัน จะต้องเสียต้นทุนค่าสุกเท่าไร

งาน (i, j)	ปกติ		เร่งด่วน	
	เวลา	ต้นทุน	เวลา	ต้นทุน
1-2	9	200	7	300
1-3	5	250	3	450
2-4	3	150	2	190
2-5	11	200	6	500
3-4	6	200	2	300
4-5	4	180	2	200

วิธีทำ



สายงานที่¹ต้องการ¹แรง¹รถ

งาน	125	1245	1345	ความชัน	แรงโตสูงสุด
1-2	25	25		50	2
1-3			100	100	2
2-4		40		40	1
2-5	60			60	5
3-4			25	25	4
4-5		5	5 10	10	2
เวลาที่ ¹ ต้อง ¹ แรง	7	5	2		

งาน 1-2 ลกเวลา 2 ต้นทุนเพิ่ม 100

งาน 2-5 ลกเวลา 5 ต้นทุนเพิ่ม 300

งาน 4-5 ลกเวลา (2) ต้นทุนเพิ่ม 20

โครงการนี้ลดเวลารอง 7 วัน มีต้นทุนเพิ่ม 420

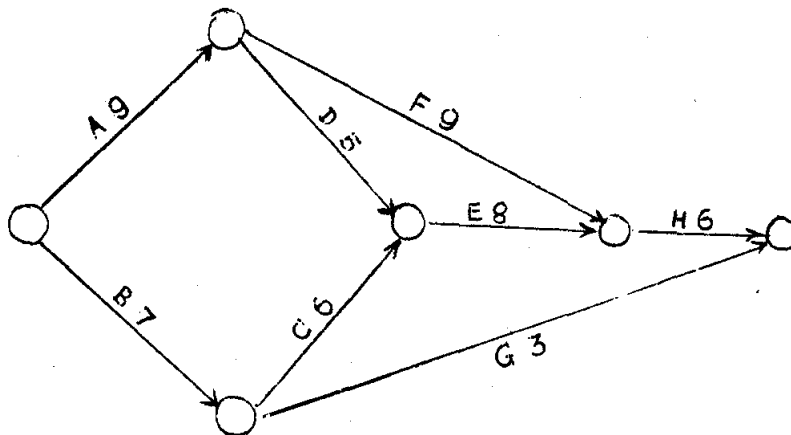
ดังนั้นจะต้องใช้เวลาทำโครงการ 13 วัน เสียต้นทุนต่ำสุด 1,600 บาท

ตอบ

ตัวอย่างที่ 4 จากโครงการต่อไปนี้ถ้าต้องการเร่งรัดโครงการให้เสร็จใน 24 วัน จะต้องเสียต้นทุนค่าสุดเท่าไร

งาน	งานที่มาก่อน	เวลาปกติ		เวลาเร่งด่วน	
		จำนวนวัน	ต้นทุนปกติ	จำนวนวัน	ต้นทุนเร่งรัด
A	-	9	550	8	590
B		7	500	5	590
C	B	6	400	5	450
D	A	5	600	4	685
E	C, D	8	575	6	725
F	A	9	700	7	840
G	B	3	250	3	250
H	E, F	6	450	5	520

วิธีทำ



งาน สายงานที่¹ต้องเร่งรัด

	ADEH	BCEH	ความชัน	เร่งไต่สูงสุด
A	40 1	 	40	1
B	 	45	45	2
C	 	50	50	1
D	85	 	85	1
E	37.50 2	37.50 2	75	2
F	 	 	70	2
G	 	 	-	-
H	35 1	35 1	70	1
เวลาที่ ¹ ต้อง การเร่ง	4	3		

งาน A ลดเวลาไต่ 1 ต้นทุนเพิ่ม 40

งาน E ลดเวลาไต่ 2 ต้นทุนเพิ่ม 150

งาน H ลดเวลาไต่ 1 ต้นทุนเพิ่ม 70

รวมลดเวลาไต่ 4 มีต้นทุนเพิ่ม 260

ดังนั้นโครงการนี้ทำเสร็จใน 24 วัน เสียต้นทุนค่าไต่ 4285

ตอบ

การหาต้นทุนต่ำสุดตามวิธีของ B.V. (Busch Visutdhi)

มีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

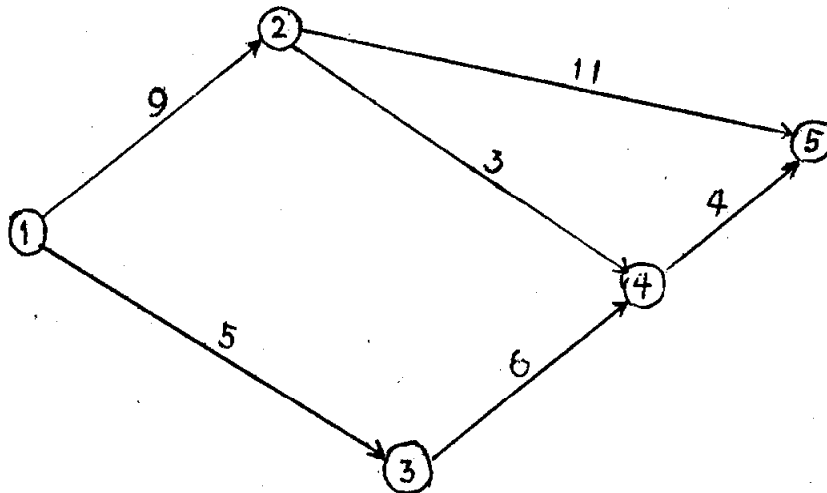
1. เขียนกราฟของโครงการซึ่งประกอบด้วยงานต่างๆ
2. หาสายงานต่างๆที่ประกอบเป็นโครงการ
3. คำนวณเวลาที่คาดว่าจะทำงานเสร็จในแต่ละสาย
4. คำนวณหาความชันของต้นทุนของงานต่างๆ
5. แบ่งการคำนวณเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนจำนวนวันที่ทำงานสำเร็จ ต้นทุนเพิ่ม
6. เขียนสายงานต่างๆลงในข้างหน้าของส่วนจำนวนวันที่ทำงานเสร็จ
7. ส่วนจำนวนวันที่ทำงานเสร็จ ของแถวตั้งแรกจะระบุเวลาที่ทำงานเสร็จในแต่ละสายงาน
8. คำเนิการเร่งโดยลดเวลาทำงานลงเป็นรายวันแต่ให้เริ่มที่สายงานหลักก่อนเป็นสายแรก
9. ในการเร่งนี้จะมีต้นทุนเกิดขึ้นทุกครั้งที่เราให้เขียนต้นทุนที่เพิ่มลงในช่องต้นทุนเพิ่มให้ตรงแถวอนเดียวกัน
10. ในสายงานอื่นๆนอกจากสายงานหลักถ้ามีงานเกี่ยวข้องกับสายงานหลักก็ให้เร่งได้พร้อมทั้งสายงานหลักแต่ไม่คิดต้นทุนให้
11. การเร่งงานแต่ละงานนั้นจะต้องไม่เกินเวลาสูงสุดที่จะเร่งได้ในแต่ละงาน
12. ให้เร่งงานที่มีความชันต่ำที่สุดก่อนเป็นอันดับแรก
13. การเร่งจะเร่งเป็นรายวันหรือเร่งที่เกี่ยวลงมาถึงจำนวนที่สายเส้นมีสูงสุด และต้องมีขีดเร่งรัคที่จะให้เร่งได้ด้วย
14. งานที่เร่งแล้วให้ขีดเส้นใต้ไว้ที่ใดเลขหมายงาน
15. ทำซ้ำเช่นนี้ต่อไปจนกระทั่งเสร็จ

ตัวอย่าง

งหาต้นทุนต่ำสุดของโครงการดังต่อไปนี้

งาน (i,j)	ปกติ		เร่งด่วน	
	เวลา	ต้นทุน	เวลา	ต้นทุน
1-2	9	200	7	300
1-3	5	250	3	450
2-4	3	150	2	190
2-5	11	200	6	500
3-4	6	200	2	300
4-5	4	180	2	200

วิธีทำ



งาน	ความชันของต้นทุน	เวลา สูงสุดที่เร่งได้
1-2	50	2
1-3	100	2
2-4	40	1
2-5	60	5
3-4	25	4
4-5	10	2

งาน	<u>จำนวนวันที่ทำเสร็จ</u>	<u>ต้นทุนเพิ่ม</u>
<u>125</u>	20 18 -15 1:	$2(50) + 3(60) + 2(60)$
<u>1245</u>	16 14 13	
<u>1345</u>	15 13	<u>+ 2(10)</u>
		รวม 420

เวลาที่ทำโครงการเสร็จเป็น 13 มีต้นทุนเพิ่ม 420บาท

ดังนั้นจะเสียต้นทุนค่าสุด 1,600 บาท

ตอบ

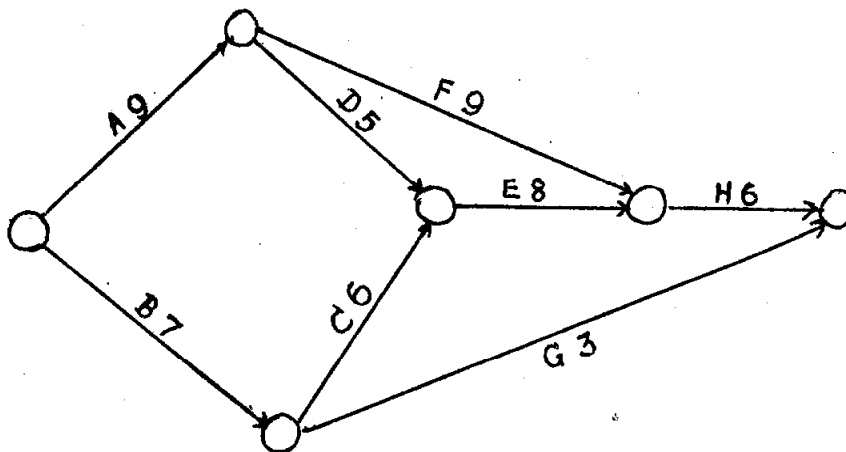
ตัวอย่าง

จงหาต้นทุนต่ำสุดของโครงการดังต่อไปนี้

งาน	งานที่ทำก่อน	เวลาปกติ		เวลาเร่งด่วน	
		จำนวนวัน	ต้นทุนปกติ	จำนวนวัน	ต้นทุนเร่งด่วน
A		9	550	8	590
B		7	500	5	590
C	B	6	400	5	450
D	A	5	600	4	685
E	C, D	8	575	6	725
F	A	9	700	7	840
G	B	3	250	3	250
H	E, F	6	450	5	520

กำหนดให้โครงการนี้มีต้นทุนทางอ้อมเกิดขึ้นวันละ 100 บาท

วิธีทำ



งาน	ความชันของต้นทุน	แรงได้สูงสุด
A	40	1
B	45	2
C	50	1
D	85	1
E	75	2
F	70	2
G		
H	70	1

<u>งาน</u>	<u>จำนวนวันที่ทำเสร็จ</u>				<u>ต้นทุนเพิ่ม</u>
AFH	24	23	22		
P ! ?	28	27	26	24	1(40) + 1(70) + 2(75)
BCEH	27		26	24	
BG	10				
					260

260
 จะได้เวลาทำโครงการ 24 วัน เสียต้นทุนค่าสุก 4285 บาท

ตอบ

โจทย์แบบฝึกหัด

(1) จงเขียนสายงานซึ่งประกอบด้วยงาน A, B, C ----- และ L ตามความสัมพันธ์ซึ่งกำหนดให้ดังนี้

1. A, B และ C เป็นงานแรกเริ่มของโครงการซึ่งจะเริ่มทำพร้อมกันไป
2. A และ B นำหน้า D
3. B นำหน้า E, F และ H
4. F และ C นำหน้า G

5. E และ H นำหน้า I และ J

6. C, D, F และ J นำหน้า K

7. K นำหน้า L

8. I, G และ L เป็นงานขั้นสุดท้ายของโครงการ

(2) จงเขียนสายงานของโครงการ ซึ่งมีงานต่างๆ จาก A ถึง L ตามความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

1. A, B และ C เป็นงานแรกเริ่มของโครงการซึ่งจะเริ่มทำพร้อมกันไป

2. A และ B นำหน้า D

3. B นำหน้า E และ F

4. C และ F นำหน้า G

5. E นำหน้า H และ J

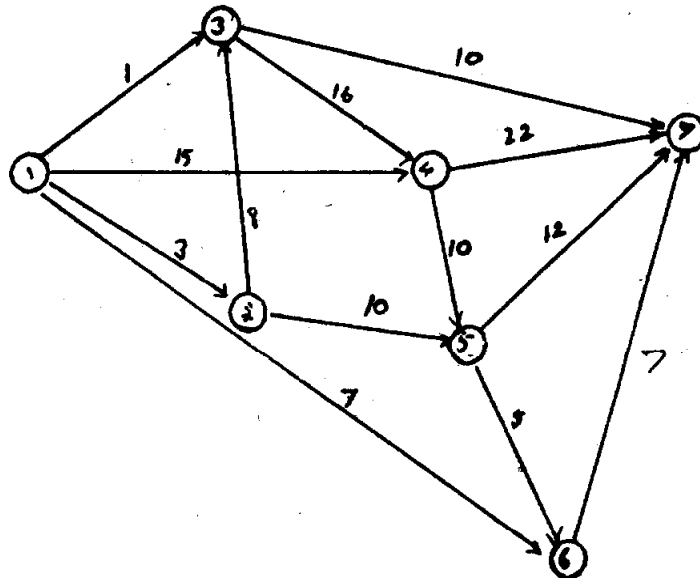
6. D และ H นำหน้า I

7. G นำหน้า L และ K

8. I นำหน้า L

9. L, J, และ K เป็นงานขั้นสุดท้ายของโครงการ

(3) จงหาสายงานหลักจากโครงการดังต่อไปนี้



- (4) จากโจทย์ข้อ (3) ให้คำนวณหาช่วงเวลารวม และ ช่วงว่างเวลาอิสระ
- (5) โครงการข้างล่างนี้ กำหนดเวลาทำงาน และความสัมพันธ์ที่นำมาก่อนให้ จงหา
- (ก) สายงานหลัก
 - (ข) เวลาเริ่มต้นทำงานก่อน และเวลาเสร็จงานก่อน
 - (ค) เวลาเริ่มต้นทำงานหลัง และเวลาเสร็จงานหลัง
 - (ง) ช่วงว่างเวลาของแต่ละงาน

<u>งาน</u>	<u>ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน</u>	<u>เวลา</u>
ก	—	5
ข	ก	4
ค	ก	8
ง	ก	10
จ	ข	12
ฉ	จ	5
ช	ค	7
ฉุ	ง	4
ก	ข, ฉุ	8
ก	ฉ, ค	12

- (6) โครงการข้างล่างนี้ กำหนดเวลาทำงาน และความสัมพันธ์ที่นำมาก่อนให้ จงหา
- (ก) สายงานหลัก
 - (ข) เวลาเริ่มต้นทำงานก่อนและเวลาเสร็จงานก่อน
 - (ค) เวลาเริ่มต้นทำงานหลังและเวลาเสร็จงานหลัง
 - (ง) ช่วงว่างเวลาของแต่ละงาน

<u>งาน</u>	<u>ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน</u>	<u>เวลา</u>
ก	—	5
ข	—	8
ค	—	12
ง	ก	10

<u>งาน</u>	<u>ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน</u>	<u>เวลา</u>
จ	ข	9
ฉ	ก	5
ช	ฉ	8
ญ	ง, จ	9
ค	ก	5
ก	ก	3
ท	ญ, ช, ค	6

- (7) โครงการข้างล่างนี้กำหนดเวลาทำงาน และความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน จงหา
- สายงานหลัก
 - เวลาเริ่มต้นทำงานก่อน และเวลาเสร็จงานก่อน
 - เวลาเริ่มต้นทำงานหลัง และเวลาเสร็จงานหลัง
 - ช่วงว่างเวลาของแต่ละงาน

<u>งาน</u>	<u>ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน</u>	<u>เวลา</u>
ก	—	5
ข	ก	8
ค	ข	7
ง	ก	4
จ	ข	3
ฉ	ก	6
ช	ง	7
ญ	จ	12
ท	จ	6
ท	ค, ช	11
ธ	ฉ, ญ	3
น	ธ, ท	6

- (8) จงเขียนสายงานจากงานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

<u>งาน</u>	<u>ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน</u>
ก	—
ข	ก
ค	ข
ง	ข
จ	ง
ฉ	ค
ช	ก,จ
ฉุ	ฉ
ต	ฉ,ช

- (9) จงหาสายงานหลักของโครงการข้างล่างนี้ และจงหาโอกาส (probability) ที่โครงการนี้จะเสร็จก่อน 30 วัน (in less than 30 days)

<u>งาน</u>	<u>ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน</u>	<u>การประมาณเวลา—จำนวนวัน</u>		
		<u>to</u>	<u>tm</u>	<u>tp</u>
ก	—	3	4	6
ข	ก	1	3	5
ค	ก	2	3	4
ง	ข	4	5	8
จ	ค	4	6	9
ฉ	ง	2	4	6
ช	จ	3	5	8
ฉุ	ง	3	6	8
ต	ฉุ	4	6	9
ท	ฉ	2	5	6
ธ	ช	2	4	5
น	ค,ท,ธ	2	3	4

- (10) จงหาสายงานหลักของโครงการดังต่อไปนี้ และจงหาโอกาสที่โครงการนี้จะเสร็จภายใน 21 วัน (in more than 21 days)

งาน	ความสัมพันธ์ที่นำมาก่อน	การประมาณเวลา—จำนวนวัน		
		to	tm	tp
ก	—	3	5	7
ข	—	3	5	8
ค	—	6	8	12
ง	ก	2	3	6
จ	ง	2	4	5
ฉ	ข	8	9	11
ช	ค	3	5	8
ฉุ	ข	6	8	10
ต	จ, ฉ, ฉุ	1	2	3

- (11) โครงการก่อสร้างประกอบด้วยงานอิสระต่างๆ 9 งาน ตามงานแรกเริ่มต้นพร้อมๆ กัน งานที่สี่และงานที่ห้าจะเริ่มได้เมื่อเสร็จงานที่สามแล้ว งานที่หกจะเริ่มได้เมื่อเสร็จงานที่สอง และที่สี่แล้ว งานที่เจ็ดและที่เก้าจะเริ่มได้เมื่อเสร็จงานที่หนึ่งแล้ว และงานที่แปดจะเริ่มได้เมื่อเสร็จงานที่ห้า ที่หก และที่เจ็ดแล้ว

เวลาปกติ (เป็นสัปดาห์) และต้นทุนโดยตรงของงานทั้งเก้าเป็นดังนี้ : 2, 100 บาท; 4, 200; 3, 200; 6, 280; 8, 500; 5, 450; 10, 1,200; 6, 575; 15, 2,200. เวลาเร่งด่วน (เป็นสัปดาห์) และต้นทุนโดยตรงเป็นดังนี้ 2, 100 บาท; 3, 250; 3, 200; 4, 400; 6, 650; 4, 475; 8, 1,500; 5, 625; 12, 2,575 สมมติว่าโครงการนี้มีต้นทุนคงที่ที่เกิดขึ้นสัปดาห์ละ 250 บาท

- จงหาเวลาปกติที่จะทำให้โครงการให้สำเร็จ
- จงหาเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในการทำให้โครงการให้สำเร็จ
- จงหาว่าจะทำให้โครงการให้เสร็จในกี่วันเพื่อที่จะเสียต้นทุนรวม (เช่น ต้นทุนโดยตรงรวมกับต้นทุนคงที่) ค่าสุด
- จงหาว่าต้นทุนค่าสุดของโครงการเป็นเท่าไร

(12) จากโครงการต่อไปนี้ ถ้าต้องการเร่งรัดโครงการให้เสร็จใน 22 วัน จะต้องเสียต้นทุนต่ำสุดเป็นเท่าไร

<u>งาน</u>	<u>เวลาปกติ</u> (จำนวนวัน)	<u>ต้นทุนปกติ</u>	<u>เวลาเร่งด่วน</u> (จำนวนวัน)	<u>ต้นทุนเร่งรัด</u>
o-1	8	780	5	792
o-2	7	755	4	764
o-3	6	760	4	780
1-2	9	592	5	620
1-4	5	610	3	622
2-3	12	635	6	659
2-4	6	650	3	668
3-4	6	670	4	688

(13) จากโครงการต่อไปนี้ ถ้าต้องการเร่งรัดโครงการให้เสร็จใน 22 วัน จะต้องเสียต้นทุนต่ำสุดเป็นเท่าไร

<u>งาน</u>	<u>เวลาปกติ</u> (จำนวนวัน)	<u>ต้นทุนปกติ</u>	<u>เวลาเร่งด่วน</u> (จำนวนวัน)	<u>ต้นทุนเร่งรัด</u>
1-2	9	650	6	662
2-3	8	560	5	669
2-4	7	580	5	600
2-5	10	620	6	648
3-4	6	635	4	647
4-6	13	648	7	672
4-5	7	662	4	680
5-6	7	550	3	586