สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับโครงงานแบบ Network Model

นางสาวเตือนตา นามชุมภู 37054117
นางสาววันทวัน หล่อตั้งตระกูล 37054122
นางสาววิมลรัตน์ สุภัคโยธิน 37054140

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33848.....
วัน, เดือน, ปี.....17 ก.ย. 2542

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOFTWARE DEVELOPMENT
FOR
NETWORK MODEL PROJECT

MISS TEUANTA	NARMCHUMPHOO	37054117
MISS NANTAWAN	LHORTANGTRAKOON	37054122
MISS WIMONRAT	SUPAKYUTIN	37054140

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Mathematics and Computer Sciences

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมสำหรับโครงงานแบบ Network Model

ชื่อนักศึกษา	นางสาวเดือนตา	นามชุมภู	37054117
	นางสาวนันทวัน	หล่อตั้งตระกูล	37054122
	นางสาววิมลรัตน์	สุภัคโยธิน	37054140
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์อุบลวรรณา เงินวิจิตร		
	อาจารย์กฤษฎา บุศรา		

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ประจำปีการศึกษา 2540

(รองศาสตราจารย์ภัคคินี ชิตสกุล)
หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(รองศาสตราจารย์ภัคคินี ชิตสกุล)
ประธานกรรมการ

(อาจารย์วิรัตน์ ศิริมังคลานุรักษ์)
กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อุบลวรรณา เงินวิจิตร)
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์กฤษฎา บุศรา)
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การพัฒนาโปรแกรมสำหรับโครงงานแบบ Network Model

นักศึกษา นางสาวเตือนตา นามชุมภู 37054117
นางสาวนันทวัน หล่อตั้งตระกูล 37054122
นางสาววิมลรัตน์ สุภัคโยธิน 37054140

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์อุบลวรรณา เงินวิจิตร
อาจารย์กฤษฎา บุศรา

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

การศึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและสร้างโปรแกรมด้าน Network Model ที่ใช้เทคนิคของ CPM, PERT, MAXIMUM FLOW และ MINIMUM SPANNING TREE ในการแก้ปัญหาทางด้าน Network Model และแสดงผลคำนวณที่สำเร็จแล้วของโครงงาน โดยแต่ละเทคนิคที่ใช้คำนวณนั้นต่างก็มีลักษณะเฉพาะตัวสำหรับปัญหาที่แตกต่างกัน อย่างเช่น CPM ใช้คำนวณหาเวลาทั้งหมดที่โครงงานจะสำเร็จลุล่วง และหาเส้นทางวิกฤติในกรณีที่ทราบจำนวนเวลาแล้วเสร็จที่แน่นอนของแต่ละกิจกรรมของโครงการ ส่วน PERT จะแตกต่างจาก CPM ตรงที่ไม่ทราบจำนวนเวลาแล้วเสร็จของแต่ละกิจกรรมของโครงการ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถเป็นแนวทางแก่นักศึกษาที่กำลังศึกษาในหัวข้อนี้และผู้สนใจในการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมขึ้นใช้เองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Topic Software Development for Network Model Project

Student	Teuanta	Narmchumphoo	37054117
	Nantawan	Lhortangtrakoon	37054122
	Wimonrat	Suphakyothin	37054140

Advisor Miss Ubonwanna Ngeunwijit

Mr. Kritsada Bhudsara

Department Mathematics and Computer Science

Year 1997

Abstract

The objective of this special project is to study and create software about 'Netwok Model' which use CPM (Critical Path Method), PERT (Program Evaluation and Review Technique), Maximum Flow and Minimum Spanning Tree techniques to solve the network model problem and report the success of project. Each technique has its distinct feature such as CPM, use to figure out the total time to finish project and find critical path in case the finish time of each activity of project was known but PERT , differ from CPM in case the finish time of each activity was unknown. Beside that it is useful for students or users who are studying about these topics or want to develop this software themselves in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์หลายๆ ท่านที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อุบลวรรณา เงินวิจิตร และอาจารย์กฤษฎา บุศรา เป็นอย่างสูงที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำ พร้อมทั้งชี้แนวทางในการดำเนินงานในการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาพิเศษ

ปัจจุบันนี้วงการธุรกิจและการก่อสร้างในเมืองไทยได้ตื่นตัวอย่างมาก ในการที่จะพยายามค้นหาหรือนำวิธีการใหม่ๆ มาใช้ในการวางแผนและควบคุมงานให้ดำเนินลุล่วงไปอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าธุรกิจทั้งหลายนั้นจะมีรูปแบบ จุดประสงค์ หรือจะมีการปฏิบัติการที่ยุ่งยากซับซ้อนเพียงใด สิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งของงาน ก็คือการวางแผน การจัดองค์กรต่างๆ การบังคับบัญชา ซึ่งแต่ละธุรกิจต่างปรับให้เหมาะสมกับหน่วยงานและสภาพแวดล้อมของตน ดังนั้น วิธีการ CPM, PERT, Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree จึงเป็นวิธีต่างๆที่ผู้บริหารงานธุรกิจและผู้รับเหมาก่อสร้างคิดว่าเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ การดำเนินงานโครงการธุรกิจ กล่าวคือ ข่ายงาน CPM, PERT, Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree ถือเป็นเทคนิคทางด้านบริหารที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน ในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ ไม่เพียงเฉพาะในการวางแผนและการควบคุมโครงการเท่านั้น แต่เครื่องมือดังกล่าว ยังมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น ในการประเมินกระบวนการอีกด้วย ดังนั้น นักวิจัยประเมินผลจึงควรให้ความสนใจศึกษา เพื่อทำความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคเหล่านี้

สำหรับวิธี CPM และ PERT แม้ว่าเทคนิคทั้งสองจะมีคุณภาพคล้ายคลึงกันอยู่มาก แต่การเลือกใช้แต่ละเทคนิคอาจจะแตกต่างกันตามลักษณะของโครงงาน CPM มีลักษณะเหมาะสมสำหรับโครงการซึ่งการประมาณเวลาสามารถกระทำได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถกำหนดค่าใช้จ่ายล่วงหน้าได้อย่างชัดเจนพอสมควร ในขณะที่ PERT มีความเหมาะสมกับโครงการที่มีความไม่แน่นอนระดับสูงและเวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งกว่าค่าใช้จ่าย อย่างไรก็ดี แนวโน้มของการใช้เทคนิคทั้งสองไว้ด้วยกัน ได้ปรากฏชัดขึ้นในปัจจุบัน ด้วยการเรียกรวมกันว่า "PERT/CPM" จึงได้มีการนำมาใช้กับโครงงานประเภทต่างๆ ที่ต้องการคำนวณเวลาที่แม่นยำ และการคิดราคาค่าใช้จ่ายหรืองบประมาณอย่างละเอียดด้วยแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการคำนวณ ความถูกต้อง และประหยัดเวลา ซึ่งในต่างประเทศ โดยเฉพาะสหรัฐได้มีการพัฒนาปรับปรุงเพื่อการกำหนดจัดการโครงงาน PERT และ CPM มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนับได้ว่าเป็นความก้าวหน้าของการเลือกสรรเครื่องมือที่ใช้สำหรับการตัดสินใจทางธุรกิจชนิดหนึ่ง ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก มีการใช้เทคนิคพื้นฐานที่ง่ายสำหรับการวิเคราะห์ การวางแผน ในโครงงานที่ซับซ้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงการธุรกิจเมืองไทยก็ได้เริ่มนำระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาช่วยงานทางด้านธุรกิจมากขึ้น จึงเริ่มมีการพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับหน่วยงานเพื่อให้ตรงกับความต้องการมากยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องพึ่งพาโปรแกรมสำเร็จรูปจากต่างประเทศ ซึ่งมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการจัดการโครงงานหลายๆแบบ และมีราคาที่ค่อนข้างแพงและบางครั้ง ไม่ตรงกับความต้องการ ทำให้คณะผู้จัดทำสนใจที่จะศึกษาขอบเขตของปัญหาในการสร้างหรือพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใช้ในตนเอง จึงเป็นเหตุผลเบื้องต้นที่ผู้จัดได้เลือกทำการศึกษา การจัดการโครงงานโดยวิธีต่างๆ ที่กล่าวมาโดยมุ่งเน้นศึกษาที่จะสร้างโปรแกรมขึ้นมา เพื่อเป็นแนวทางในการริเริ่มพัฒนาโปรแกรมต่างๆ ขึ้นมาใช้เอง

วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1. เพื่อศึกษาลักษณะของปัญหาแบบ Network Model
2. เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแก้ไขปัญหาแบบ Network Model
3. เพื่อลดความยุ่งยากและเวลาในการแก้ไขปัญหาแบบ Network Model

ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อการแก้ไขปัญหาแบบ Network Model ซึ่งได้แก่ PERT , CPM, Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree โดยโปรแกรม PERT และ CPM ที่จัดทำขึ้นจะอยู่ในข่ายของการวิเคราะห์เวลาที่เหมาะสม และหาค่าใช้จ่ายหรืองบประมาณที่เป็นไปได้ในกรณีที่ต้องการเร่งรัดโครงงานได้เหมาะสม การแก้ปัญหา Maximum Flow นั้นโครงข่ายงานที่นำมาทดสอบ จะต้องเป็นโครงข่ายแบบ connected directed graph และต้องไม่เป็นโครงข่ายแบบ multiple source multiple sink ในส่วนการแก้ปัญหา Minimum Spanning Tree นั้น โครงข่ายงานที่นำมาทดสอบ จะเป็น connected graph ซึ่งเป็นกราฟที่มีทิศทางหรือไม่มีทิศทางก็ได้

การที่จะนำโปรแกรมมาใช้งานจำเป็นต้องอาศัยผู้บริหารที่มีประสบการณ์ในงานเป็นอย่างดี และควรฝึกอบรมพนักงานทุกระดับที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนงาน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาต่างๆของโครงงานแบบ Network Model ที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว
2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาการแก้ปัญหาโครงงานแบบ Network Model อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ได้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการแก้ปัญหาโครงงานแบบ Network Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวางแผนงาน

.....ภาคเรียนที่ 1 .....

2 มิ.ย. - 15 มิ.ย.	ศึกษาปัญหาและที่มาของหัวข้อปัญหาพิเศษ
6 มิ.ย. - 30 มิ.ย.	ศึกษาเครื่องมือ, software,ขอบเขตและความเป็นไปได้ที่จะดำเนินงาน
1 ก.ค. - 7 ก.ค.	จัดทำแบบขออนุมัติทำปัญหาพิเศษ
8 ก.ค. - 11 ส.ค.	ศึกษา software ที่ใช้
12 ส.ค. - 28 ก.ย.	ศึกษาทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง
29 ก.ย. - 8 ต.ค.	สอบปลายภาค

..... ภาคเรียน ที่ 2 .....

1 พ.ย. - 30 พ.ย.	ออกแบบ interface
16 พ.ย. - 31 ม.ค.	เขียนโปรแกรมโดยใช้ Delphi 2.0
1 ก.พ. - 15 มี.ค.	ทดสอบและแก้ไขโปรแกรม
16 มี.ค. - 22 มี.ค.	ทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะของโครงการใหญ่โดยทั่ว ๆ ไป จะประกอบด้วยงานหลาย ๆ งาน ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างงานสลับซับซ้อน และต้องใช้เวลาในการดำเนินงานมาก ทั้งยังต้องคอยควบคุมและติดตามผลความก้าวหน้าของการดำเนินงานอยู่ตลอดเวลา จึงได้มีผู้พยายามคิดค้นและพัฒนาเทคนิคที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารให้มีประสิทธิภาพสูง เทคนิคดังกล่าวก็คือ การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) โดยอาศัยการนำเอารายละเอียดของงานต่าง ๆ ในโครงการมาผูกกันเป็นโครงข่าย ให้ความสำคัญระหว่างงานถูกต้องกับขั้นตอนของการทำงานต่อจากนั้นจึงทำการคำนวณเพื่อกำหนดเวลาการทำงานให้กับงานแต่ละงานในโครงการ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดของโครงการ

CPM (Critical Path Method) และ PERT(Project Evaluation and Review Technique)

ความเป็นมาของ CPM

ในการบริหารโครงงานขนาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยงานต่างๆ มากมายหลายงานที่มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างซับซ้อน มักจะเกิดปัญหาทั้งในด้านการวางแผนและการควบคุมให้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ ในอดีต Gantt Chart เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากในการวางแผนโครงข่าย Gantt Chart นี้จะแสดงเวลาเริ่มต้นและเสร็จสิ้นของงานแต่ละงาน แต่เนื่องจากวิธีนี้ไม่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของงานต่างๆ ในโครงงาน ดังนั้นจึงไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพในการวางแผนโครงงานที่ซับซ้อน

เทคนิคการวางแผน กำหนดและควบคุมงานของโครงงานที่รู้จักและใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน คือ วิธีเส้นทางวิกฤติ (Critical Path Method) หรือ CPM และวิธี PERT (Project Evaluation and Review Technique) เทคนิคทั้งสองได้รับการพัฒนาเกือบจะพร้อมกัน คือ CPM ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยบริษัท E.I. due Pont de Nemours เพื่อใช้ในการก่อสร้าง และต่อมา Mauchly Associated ได้ปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ส่วน PERT นั้นได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1952 โดยกองทัพเรือสหรัฐ เพื่อใช้ในโครงการจรวดโพลารัส ถึงแม้ว่าวิธีการทั้งสองจะได้รับการพัฒนาจากหน่วยงานที่ต่างกัน แต่ก็มีวิธีการที่คล้ายกัน มีข้อแตกต่างที่เวลาการทำงานของงานแต่ละงานของวิธี CPM สามารถกำหนดได้แน่นอน ส่วนเวลาการทำงานของแต่ละงานของวิธี PERT ไม่สามารถกำหนดอย่างแน่นอนได้ ดังนั้นวิธี CPM จึงนิยมใช้กันในกรณีที่หน่วยงานนั้นเคยมีโครงงานที่มีลักษณะคล้ายๆ กัน หลายโครงงานในอดีตที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้สามารถกำหนดได้ว่าจะสามารถทำงาน ต่างๆ ในโครงงานเสร็จเมื่อใด เช่นในโครงงานก่อนสร้างและบำรุงรักษา ส่วนวิธี PERT นิยมใช้ในกรณีที่หน่วยงานนั้นไม่สามารถกำหนดเวลาในการทำงานของงานต่างๆ อย่างแน่นอนได้ เช่น โครงงานวิจัยหรือพัฒนา เป็นต้น

การเขียนโครงข่าย (Drawing the Network)

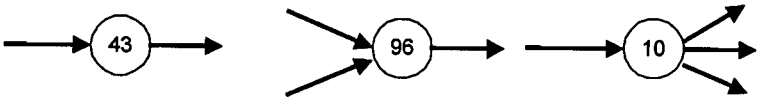
องค์ประกอบของโครงข่าย

ในการวางแผนโครงการต้องวางแผนโครงการนั้นออกมาในรูปของโครงข่าย (Network) ซึ่งโครงข่ายดังกล่าวแสดงรายละเอียดและความสัมพันธ์ตามขั้นตอนของงานที่กำหนดขึ้นเป็นโครงการ ดังนั้นก่อนที่จะสร้างโครงข่ายเพื่อใช้แทนรายละเอียดขั้นตอนงานของโครงการตามวิธีของ CPM ควรได้ทำความเข้าใจสัญลักษณ์และความหมายของคำที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายของโครงการดังต่อไปนี้

คือ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคำว่า " กิจกรรม " หรือ " งาน" (Activity) หมายถึง การกระทำใดๆที่เป็นส่วนหนึ่งของงานในโครงการ ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาและทรัพยากรจำนวนหนึ่ง นอกจากนั้นต้องมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกิจกรรมหรืองานนั้น โดยทั่วๆไปจะแทนสัญลักษณ์ของกิจกรรมหรืองานด้วยลูกศร (Arrows)

คือสัญลักษณ์ที่ใช้แทนคำว่า "กิจกรรมหุ่น" หรือ "งานสมมติ" (Dummy Activity) หมายถึง กิจกรรมที่ไม่ต้องใช้เวลาและทรัพยากรแต่อย่างใด หรืองานที่ใช้เวลาทำงานเป็นศูนย์ งานสมมติจะถูกนำมาใช้เพื่อทำให้ขั้นตอนการทำงานซึ่งเขียนแทนด้วยโครงข่ายถูกต้องกับความเป็นจริง โดยทั่วไปงานสมมติ จะถูกแทนด้วยเส้นประลูกศร (Dashed-Line Arrows)

คือ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคำว่า "เหตุการณ์" (Event) หมายถึง เหตุการณ์ที่แสดงจุดเริ่มต้น หรือจุดสิ้นสุดของงานใดๆ เหตุการณ์เปรียบเหมือนจุดเชื่อมของงานต่างๆ ซึ่งอาจมีรูปแบบของงานดังนี้

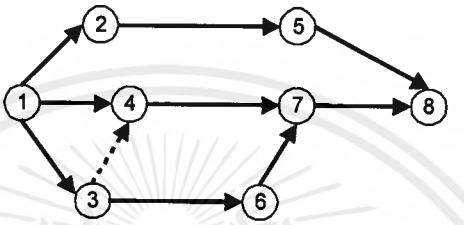


(a) (b) (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบของงานต่าง ๆ ข้างต้น เหตุการณ์ดังรูป (a) เรียกว่าเหตุการณ์ธรรมดา, เหตุการณ์ดังรูป (b) เรียกว่า เหตุการณ์รวม (merge event) และเหตุการณ์ดังรูป (c) เรียกว่าเหตุการณ์กระจาย (burst event) ต่อไปจะใช้คำแทนเหตุการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ว่า เหตุการณ์หรือโหนด (node)

จากคำจำกัดความต่าง ๆ ข้างต้น สรุปได้ว่าโครงข่ายของโครงการมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ โหนด (node) , เส้นลูกศร (line arrow) และ เส้นประลูกศร (dashed-line arrows) ทั้ง 3 ส่วนนี้จะแสดงความสัมพันธ์ของงานต่าง ๆ ภายในโครงการโดยโครงข่ายหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าไดอะแกรมลูกศร (arrow diagram) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของโครงข่ายหรือไดอะแกรมลูกศรที่ใช้แทนโครงการ

จากรูปที่ 2.1 โหนดที่ 1 หมายถึง เวลาเริ่มต้น หรือ เหตุการณ์เริ่มต้นของงาน 1-2, 1-3 และ 1-4 สำหรับโหนดที่ 2 หมายถึง เวลาแล้วเสร็จของงาน 1-2 และเป็นเวลาเริ่มต้นของงาน 2-5 สำหรับเส้นประลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่าง โหนดที่ 3 และโหนดที่ 4 เป็นงานสมมติ 3-4 ซึ่งบอกให้รู้ว่างาน 4-7 จะเริ่มทำได้ก็ต่อเมื่องาน 1-4 และงาน 1-3 เสร็จสิ้นไปแล้ว และงาน 7-8 จะเริ่มต้นก็ต่อเมื่องาน 4-7 และงาน 6-7 เสร็จสิ้นไปแล้ว

กฎในการเขียนโครงข่าย (Network Rules)

เพื่อให้การเขียนโครงข่ายเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์เป็นที่เข้าใจได้อย่างแจ่มชัดของบุคคลที่เกี่ยวข้องทั่วไป จึงขอสรุปกฎในการเขียนโครงข่าย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้นดังนี้

กฎข้อที่ 1 ก่อนที่กิจกรรมใดๆจะเริ่มต้น กิจกรรมทั้งหมดที่อยู่ก่อนหน้า ที่พุ่งเข้าสู่กิจกรรมดังกล่าวจะต้องเสร็จก่อนหมดทุกงาน

กฎข้อที่ 2 เส้นลูกศรของโครงข่ายจะถูกใช้เพื่อแสดงทิศทาง และบอกให้ทราบถึงขั้นตอนของงานเท่านั้น ความยาวของลูกศรในโครงข่ายไม่มีความหมายทางเวลาของงาน

กฎข้อที่ 3 หมายเลขของเหตุการณ์ในโครงข่ายเดียวกันต้องไม่เป็นตัวเลขที่ซ้ำกัน

กฎข้อที่ 4 เหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน มีจุดเริ่มต้นเดียวกันย่อมมีจุดสิ้นสุดที่จุดเดียวกันไม่ได้ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ งานแต่ละงานหรือกิจกรรมแต่ละกิจกรรมจะแทนได้ด้วยเส้นลูกศรเพียงเส้นเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

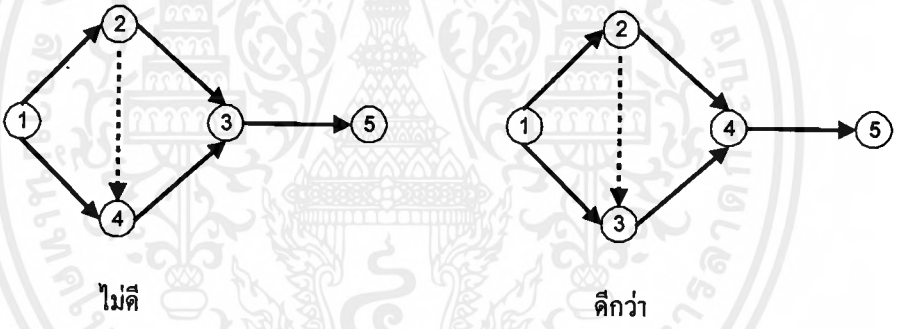
กฎข้อที่ 5 โครงข่ายใด ๆ ควรจะมีจุดของเหตุการณ์เริ่มต้น และสิ้นสุดของโครงข่ายเพียงจุดเดียว

ข้อเสนอแนะบางประการในการเขียนโครงข่าย

เพื่อให้โครงข่ายที่สร้างขึ้นมีความชัดเจน สามารถทำความเข้าใจขั้นตอนการทำงานของโครงการทั้งหมดได้ง่ายและสะดวกในการตรวจสอบความถูกต้อง อีกทั้งเพื่อให้โครงข่ายที่สร้างขึ้นมีความสวยงาม ผู้สร้างโครงข่ายจึงควรเอาใจใส่หลักเกณฑ์ในการเขียนโครงข่ายบางประการดังนี้

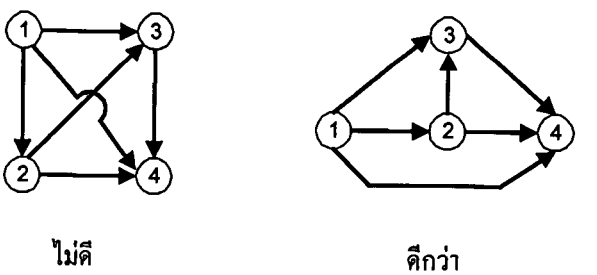
1. การกำหนดหมายเลขให้กับโหนด (node) ภายในโครงข่าย ควรให้หมายเลขทางหัวลูกศรมากกว่าทางหางลูกศร ดังรูปที่ 2.2, 2.3

รูปที่ 2.2 แสดงการกำหนดหมายเลขให้กับโหนดในโครงข่าย



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกำหนดหมายเลขให้กับโหนดในโครงข่าย

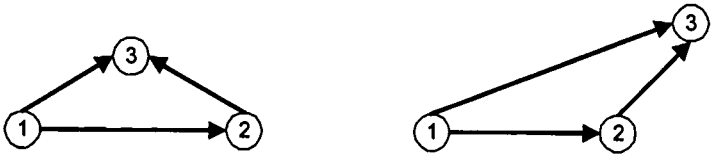
2. พยายามหลีกเลี่ยงการเขียนงานโครงข่ายที่ซ้อนกันหรือทับกัน (cross over) เพราะนอกจากดูยุ่งเหยิงแล้ว อาจทำให้เกิดสับสนและเข้าใจผิดได้ง่าย ดังตัวอย่างโครงข่ายที่แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบการเขียนลูกศรในโครงข่ายในกรณีเส้นลูกศรซ้อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทิศทางของเส้นลูกศรควรพยายามให้มีทิศทางไปขวามือไม่ควรเขียนย้อนทิศทางเพราะจะช่วยให้เข้าใจโครงข่ายของโครงการได้ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2.5



ไม่ดี ดีกว่า

รูปที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบการเขียนทิศทางของเส้นลูกศรที่ดีและไม่ดี

การกำหนดเวลางานโครงการ (Project Scheduling)

ในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดลงไปว่างานต่าง ๆ จะเริ่มต้นได้เมื่อใด และจะแล้วเสร็จในเวลาใด รวมทั้งการพิจารณาว่าเวลาแล้วเสร็จของโครงการควรใช้ระยะเวลาเท่าใดมีงานใดบ้างที่อยู่ในสายงานวิกฤติ (Critical Path) สำหรับงานที่อยู่ในสายงานวิกฤติต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพราะ การแล้วเสร็จของโครงการขึ้นอยู่กับงานในสายงานวิกฤติ ถ้างานใดงานหนึ่งในสายงานวิกฤติเกิดล่าช้าออกไป ก็จะทำให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการล่าช้าออกไปด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าสายงานวิกฤติคือ สายงานที่ควบคุมการแล้วเสร็จของโครงการและช่วงเวลาของสายงานวิกฤติก็คือช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ จนกระทั่งโครงการแล้วเสร็จ

สายงาน (Path) คือ งานที่กระทำต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ ตั้งแต่งานเริ่มต้นโครงการจนกระทั่งถึงงานสุดท้ายซึ่งเป็นงานสิ้นสุดของโครงการ โดยโครงการหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยสายงานหลายสายด้วยกัน

- สายงานวิกฤติ (Critical Paths) คือ สายงานที่มีเวลารวมยาวนานที่สุด
- สายงานรองวิกฤติ (Subcritical Paths) เมื่อใดก็ตามที่สายงานวิกฤติของโครงการได้ถูกปรับปรุงให้เสร็จเร็วขึ้น จนกระทั่งทำให้สายงานอื่นในโครงการเปลี่ยนมาเป็นสายงานวิกฤติ เรียกสายงานที่เปลี่ยนมาเป็นสายงานวิกฤตินี้ว่า สายงานรองวิกฤติ

การกำหนดเวลางานโดยวิธีของ CPM

ในการกำหนดเวลาให้กับงานในโครงการตามวิธีของ CPM นั้น ในขั้นแรกเกี่ยวข้องกับการคำนวณแบบไปข้างหน้า (forward pass computations) หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนของการคำนวณแบบย้อนกลับ (backward pass computations) ในขั้นของการคำนวณแบบไปข้างหน้าทำให้สามารถคำนวณหาเวลาที่คาดว่า (expected) งานแต่ละงานจะเริ่มต้นได้เร็วที่สุด และแล้วเสร็จได้เร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดจนเวลาที่แต่ละเหตุการณ์ในโครงการเกิดขึ้นได้เร็วที่สุด ซึ่งใช้คำว่า "คาดว่า" ก็เพื่อบอกให้ทราบว่าเวลาเหล่านี้ เป็นการประมาณโดยเฉลี่ยที่จะเกิดขึ้น (average occurrence times) สำหรับเวลาจริงนั้น จะรู้ได้ก็ต่อเมื่องานต่าง ๆ ได้เสร็จสิ้นไปแล้ว ซึ่งอาจจะแตกต่างไปจากที่คาดไว้ ทั้งนี้เป็นเพราะความเบี่ยงเบน (deviation) ของการปฏิบัติงานจริง และเวลาปฏิบัติงานที่ได้ประมาณไว้

ส่วนการคำนวณแบบย้อนกลับ ทำให้สามารถคำนวณเวลาที่คาดว่างานแต่ละงาน จะเริ่มต้นได้ช้าที่สุด และแล้วเสร็จได้ช้าที่สุด ตลอดจนเวลาที่คาดว่าแต่ละเหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้ช้าที่สุด และภายหลังการคำนวณแบบไปข้างหน้าและแบบย้อนกลับได้เสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถพิจารณาได้ว่าโครงการจะแล้วเสร็จเมื่อใด และงานใดบ้างที่เป็นงานวิกฤติของโครงการ สำหรับงานที่ไม่ใช่งานวิกฤติสามารถคำนวณได้ว่างานดังกล่าวมีความยืดหยุ่นเพียงไร

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณ

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในสูตรเพื่อการคำนวณและการพิจารณากำหนดเวลาต่าง ๆ ของแต่ละงานนั้น ควรได้ทำความเข้าใจกับความหมายก่อนที่จะนำไปใช้ และเพื่อให้เกิดความสะดวกในการอธิบายความหมายของตัวสัญลักษณ์ที่ใช้ จึงแทนความหมายของงานใด ๆ ด้วยงาน (i-j) โดยจุดเริ่มต้นของงานเรียกว่าเหตุการณ์ i สำหรับคำจำกัดความ หรือ ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในสูตรเพื่อการคำนวณ พอสรุปได้ดังนี้

D_{ij} = ประมาณช่วงเวลาทำงานโดยเฉลี่ยของงาน i-j

E_i, E_j = เวลาเกิดขึ้นได้เร็วที่สุดของเหตุการณ์ i หรือ j ใด ๆ

ES_{ij} = เวลาเริ่มต้นเร็วสุดของงาน i-j

L_i, L_j = เวลาที่เกิดขึ้นช้าสุดของเหตุการณ์ i หรือ j ใด ๆ

LF_{ij} = เวลาแล้วเสร็จช้าสุดของงาน i-j

EF_{ij} = เวลาแล้วเสร็จเร็วสุดของงาน i-j

LS_{ij} = เวลาเริ่มต้นช้าสุดของงาน i-j

TF_{ij} = เวลายืดหยุ่นรวม (total float) ของงาน i-j

FF_{ij} = เวลายืดหยุ่นให้เปล่า (free float) ของงาน i-j

IF_{ij} = เวลายืดหยุ่นอิสระ (independent float) ของงาน i-j

ส่วนที่เป็นการคำนวณไปข้างหน้า (Forward Pass Computation)

จุดประสงค์ของการคำนวณไปข้างหน้า คือ การคำนวณหาเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุด (Earliest Start Time) และเวลาแล้วเสร็จเร็วสุด (Earliest Finish Time) ของแต่ละงาน หรือกิจกรรมในโครงการ ซึ่งตามปกติ กำหนดให้เวลาที่เกิดขึ้นได้ เร็วสุดของเหตุการณ์ เริ่มต้นของโครงการมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นศูนย์ แต่สำหรับเวลาที่เกิดขึ้นได้เร็วที่สุดของเหตุการณ์ต่อ ๆ ไป สามารถพิจารณาได้โดยการคำนวณตามช่วงเวลางานของโครงการ ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดของเหตุการณ์ที่กำลังพิจารณาอยู่ กระบวนการคำนวณแบบไปข้างหน้าตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า งานแต่ละงานหรือกิจกรรม จะเริ่มต้นขึ้นทันทีที่เป็นไปได้ (each activity starts as soon as possible) กล่าวคือ งานทุกงานที่เริ่มต้นได้ทันทีที่เมื่องานอยู่ก่อนหน้าทั้งหมดได้กระทำไปเสร็จเรียบร้อยแล้ว หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า เมื่อเส้นลูกศรแทนงานทุกเส้นที่พุ่งเข้าสู่งานดังกล่าวได้กระทำเสร็จเรียบร้อยแล้วทุกเส้นลูกศร จากข้อกำหนดและข้อสมมติต่าง ๆ ตามที่กล่าวมานี้พอสรุปเป็นหลักเกณฑ์ในการคำนวณแบบไปข้างหน้าได้ ดังนี้

<u>หลักเกณฑ์การคำนวณแบบไปข้างหน้า</u> - การคำนวณเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จเร็วสุด (Forward Pass Rules - Computation of Early Start and Finish Times)

1. เวลาที่เกิดขึ้นเร็วสุดของเหตุการณ์เริ่มต้นของโครงการได้ถูกสมมติว่าเกิดขึ้นที่เวลา 0 ถ้าแทนเหตุการณ์เริ่มต้นของโครงการด้วยโหนด (node) หมายเลข 1 จะได้

$$E_1 = 0$$

2. เวลาแล้วเสร็จเร็วสุดของงานใดงานหนึ่ง ($EF_{i,j}$) สามารถหาได้จากผลรวมของเวลาที่เกิดขึ้นเร็วสุดของเหตุการณ์เริ่มต้นของงานนั้น (E_i) และช่วงเวลาที่ต้องใช้สำหรับงานนั้น ๆ ($D_{i,j}$) ดังนั้นสำหรับ i-j ใด ๆ สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$EF_{i,j} = E_i + D_{i,j}$$

3. จากข้อสมมติที่ว่า งานทุก ๆ งาน จะเริ่มต้นทันทีที่เป็นไปได้ นั่นคือ ทันทีที่งานทุกงานที่อยู่ก่อนหน้าของงานที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น ได้ถูกกระทำเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นการหาเวลาเริ่มต้นเร็วสุดของเหตุการณ์ใด ๆ สามารถหาได้จากค่ามากที่สุดของเวลาแล้วเสร็จเร็วสุดของแต่ละงานที่อยู่ก่อนหน้าเหตุการณ์ j ($EF_{i,j}$) ดังนั้น เขียนสูตรได้ดังนี้

$$E_j = \text{Max}[EF_{i,j}]$$

i = หมายเลขใด ๆ ของเหตุการณ์เริ่มต้นที่มีจุดสิ้นสุดของงานอยู่ที่เหตุการณ์ j

ส่วนที่เป็นการคำนวณย้อนกลับ (Backward Pass Computations)

จุดประสงค์ของการคำนวณแบบย้อนกลับก็เพื่อคำนวณหาเวลาที่ยอมให้งานแต่ละงานเริ่มต้นและแล้วเสร็จได้ช้าที่สุด การคำนวณแบบย้อนกลับนี้เปรียบเสมือน "รูปในกระจก" ของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณแบบไปข้างหน้า คือ เริ่มคำนวณจากเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการ ไปยังเหตุการณ์เริ่มต้นของโครงการ ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำความเข้าใจกับคำว่า เวลาที่ยอมให้ช้าสุด (Lastest allowable) เสียก่อน โดยในการคำนวณแบบย้อนกลับจะเริ่มต้นจากการพิจารณาว่า เหตุการณ์สุดท้ายของโครงการหรือของโครงข่ายจะต้องเกิดขึ้นก่อนหมายกำหนดเวลาใด ซึ่งก็คือ การกำหนดเวลาช้าที่สุดที่โครงการต้องแล้วเสร็จ โดยแทนหมายกำหนดเวลานี้ด้วย T_S ถ้าหากไม่มีการวางหมายกำหนดเวลาที่โครงการจะต้องแล้วเสร็จเอาไว้ก่อน โดยทั่ว ๆ ไปกำหนดให้เวลาช้าสุดที่โครงการต้องแล้วเสร็จเท่ากับ เวลาที่โครงการต้องแล้วเสร็จเร็วสุด (หรือเท่ากับเวลาที่แล้วเสร็จของโครงการเกิดขึ้นได้เร็วที่สุด (E_i)) นั่นคือเหตุการณ์ที่แล้วเสร็จของโครงการ (โหนด (node) สุดท้ายของโครงข่าย) จะได้

$$L_i = E_i$$

เมื่อ i คือ เหตุการณ์สุดท้ายของโครงข่าย

สิ่งที่กล่าวมานี้เป็นการเริ่มต้นของการกำหนดเวลาย้อนกลับ แต่ก่อนที่จะอธิบายถึงวิธีการคำนวณแบบย้อนกลับ จะขออธิบายถึงความหมายของเวลายืดหยุ่นศูนย์ (zero float) เสียก่อน เพื่อให้เข้าใจเหตุผลที่ต้องกำหนดค่า L ของเหตุการณ์สุดท้ายเท่ากับค่า E ของเหตุการณ์สุดท้าย

ผลลัพธ์อันหนึ่งของการพิจารณาค่าเวลายืดหยุ่นศูนย์ ก็คือ ค่าเวลายืดหยุ่นของสายงานวิกฤติ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ขณะที่ค่าเวลายืดหยุ่นของสายงานอื่น ๆ มีค่าเป็นบวก ผลลัพธ์อันนี้อาจไม่ถูกต้องเสมอไป แต่จะถูกต้องเฉพาะเมื่อ กำหนดให้ L ของเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการเท่ากับ E ของเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการเท่านั้น ถ้าหากว่าได้มีการวางหมายกำหนดเวลาแล้วเสร็จของโครงการไว้ก่อนแล้วว่าจะต้องเสร็จเมื่อใด ในกรณีเช่นนี้ค่าความยืดหยุ่นของสายงานวิกฤติอาจจะมีค่าเป็นบวก เป็นศูนย์หรือเป็นลบก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงกว้างของการกำหนดเวลาแล้วเสร็จของโครงการ (T_S) และเกี่ยวข้องกับเวลาที่โครงการจะเริ่มต้นได้เร็วที่สุด

<u>หลักเกณฑ์การคำนวณแบบย้อนกลับ</u> - คำนวณเวลาเริ่มต้นช้าสุดและแล้วเสร็จช้าสุด (Backward Pass Rules - Computation of Lastest Available Start and Finish Times)

1. เวลาช้าสุดที่ยอมได้ของเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับหมายกำหนดเวลาที่โครงการต้องแล้วเสร็จ (T_S) หรืออาจกำหนดให้เท่ากับเวลาที่เหตุการณ์สุดท้ายของโครงการจะเกิดขึ้นได้เร็วที่สุด

$$L_i = T_S$$

หรือ $L_i = E_i$ เฉพาะเมื่อ i คือเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เวลาเริ่มต้นช้าสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้สำหรับงาน i-j ใด ๆ (LS_{ij}) สามารถหาได้จากเวลาช้าที่สุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ของเหตุการณ์ j ลบด้วยช่วงเวลางานของงาน i-j (D_{ij}) เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$LS_{ij} = L_j - D_{ij}$$

3. เวลาช้าที่สุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้สำหรับเหตุการณ์ i ใด ๆ (L_i) จะเท่ากับค่าที่น้อยที่สุดของเวลาเริ่มต้นช้าสุดของแต่ละงานที่ตามหลังเหตุการณ์ i (LS_{ij}) สูตรจะเป็นดังนี้

$$L_i = \text{Min}[\, LS_{ij} \,]$$

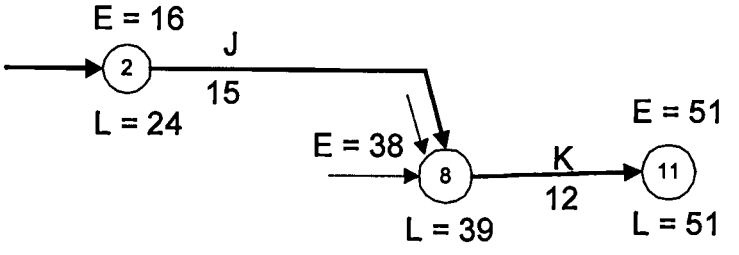
j = หมายเลขใด ๆ ของ node ที่มีจุดเริ่มต้นของเส้นลูกศรพุ่งตรงมาจาก node i

การหาเวลายืดหยุ่นของงาน (Float)

เวลายืดหยุ่นของงานที่ไม่ได้อยู่ในสายงานวิกฤติหมายถึงเวลาที่สามารถเลื่อนงานล่าช้าออกไปได้ ภายในช่วงขอบเขตที่เป็นไปได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อเวลาแล้วเสร็จของโครงการ สำหรับงานที่อยู่ในสายงานวิกฤตินั้น ไม่สามารถเลื่อนระยะเวลาของการทำงานได้เลย (ในกรณีที่กำหนดให้ L ของเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการเท่ากับ E ของเหตุการณ์สุดท้ายของโครงการ) สำหรับค่าเวลายืดหยุ่นของงานมีประโยชน์ในการแสดงถึงความคล่องตัวของการทำงานในสายงานที่ไม่ใช่สายงานวิกฤติ ซึ่งมีด้วยกัน 3 ประเภทคือ

1. เวลายืดหยุ่นรวม (Total Float) , TF_{ij}

หมายถึง เวลาที่ยอมให้งานล่าช้าออกไปได้โดยไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อเวลาแล้วเสร็จของโครงการ แต่ถ้าเวลายืดหยุ่นรวมของงานใด ได้ถูกใช้ไปจนหมดแล้ว จะทำให้ค่าเวลายืดหยุ่นทุกประเภทของงานที่อยู่ถัดไปมีค่าเวลายืดหยุ่นเป็น 0



รูปที่ 2.6 ส่วนของโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูจากรูปที่ 2.6 แล้วพิจารณาจากงาน J จะเห็นว่าเวลาที่งาน J สามารถเริ่มต้นได้เร็วที่สุด คือ ในสัปดาห์ที่ 16 ขณะที่เวลาที่งาน J สามารถแล้วเสร็จได้ช้าที่สุด คือ ในสัปดาห์ที่ 39 ฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่างาน J มีเวลาที่สามารถนำมาใช้ในการทำงานได้สูงสุด (Maximum Available Time) เท่ากับ 39-16 เท่ากับ 23 สัปดาห์ แต่ในขณะนี้ทราบว่า ช่วงเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงาน J ให้เสร็จเรียบร้อยใช้เวลาเพียง 15 สัปดาห์ ดังนั้นงาน J จึงสามารถขยายเวลาหรือเลื่อนเวลาการแล้วเสร็จของงานออกไปได้อีก 8 สัปดาห์ ถ้าหากมีการขยายเวลาหรือเลื่อนเวลาการแล้วเสร็จของงาน J ออกไปมากกว่าเวลาที่คำนวณได้นี้ จะทำให้สายงานวิกฤติเปลี่ยนแปลงไป และเวลาแล้วเสร็จของโครงการทั้งหมดก็จะเพิ่มขึ้น สำหรับเวลา 8 สัปดาห์ดังกล่าวนี้ เรียกว่า เวลายืดหยุ่นรวม

จากค่าความยืดหยุ่นรวมของงาน J ที่คำนวณได้เท่ากับ 8 สัปดาห์แสดงให้เห็นว่า ถ้างาน A ซึ่งอยู่ก่อนหน้างาน J สามารถเริ่มต้นทำงานได้ตามเวลาเริ่มต้นเร็วสุดที่กำหนด และใช้เวลาในการทำงานให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดเช่นกัน จะทำให้งาน J มีเวลาเพียงพอที่จะเลื่อนหรือให้ล่าช้าออกไปได้ถึง 8 สัปดาห์ ดังนั้นงาน J จึงสามารถเริ่มได้ช้าสุดในสัปดาห์ที่ 16 + 8 เท่ากับ 24 โดยไม่กระทบกระเทือนเวลาแล้วเสร็จของโครงการหรือ ถ้าเริ่มต้นงาน J ที่เวลาเริ่มต้นเร็วสุด งาน J ก็สามารถจะให้ล่าช้าออกไปได้อีก 8 สัปดาห์ ดังที่กล่าวมานี้ สูตรในการคำนวณหาความยืดหยุ่นรวมสามารถหาได้ดังนี้

$$TF_{i,j} = LF_{i,j} - ES_{i,j} - D_{i,j}$$

$$TF_{2,8} = 39 - 16 - 15 = 8 \text{ สัปดาห์}$$

หรือ $TF_{i,j} = LS_{i,j} - ES_{i,j} = 24 - 16 = 8$ สัปดาห์

หรือ $TF_{i,j} = LF_{i,j} - EF_{i,j} = 39 - 31 = 8$ สัปดาห์

สำหรับ 2 สูตรหลังนี้ ต้องทำการวิเคราะห์การกำหนดเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จเร็วสุด - ช้าสุดของแต่ละงานให้เรียบร้อยก่อน

2. เวลายืดหยุ่นให้เปล่า (Free Float), $FF_{i,j}$

หมายถึง เวลาของงานที่สามารถให้ล่าช้าออกไปได้ โดยไม่กระทบกระเทือนกับเวลาเริ่มต้นเร็วสุดของงานแต่ละงานที่อยู่ถัดไป

พิจารณาจากงาน K ในรูปที่ 2.6 อีกครั้งหนึ่ง

เวลาที่มีให้สำหรับงาน K สูงสุด	=	51 - 38	สัปดาห์
	=	13	สัปดาห์
เวลาที่จำเป็นสำหรับงาน K	=	12	สัปดาห์
ดังนั้นเวลายืดหยุ่นรวม	=	1	สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ถ้าในการทำงาน J จริง ๆ ได้ใช้เวลายืดหยุ่นรวมไปทั้งหมด 8 สัปดาห์ งาน K จะเริ่มได้เร็วสุดก็ต่อเมื่อเวลาผ่านไปถึงสัปดาห์ที่ (16 + 15 + 8) เท่ากับ 39 เมื่อเป็นดังนี้ งาน K อาจจะไม่สามารถเริ่มงานได้จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 39 นั่นคือ

เวลาที่มีให้สำหรับงาน K สูงสุด	=	51 - 39		สัปดาห์
	=	12		สัปดาห์
เวลาที่จำเป็นสำหรับงาน K	=	12		สัปดาห์
ดังนั้นเวลายืดหยุ่นรวม	=	0		สัปดาห์

จะเห็นว่าถ้างาน J ได้ใช้เวลายืดหยุ่นรวมทั้งหมด จะทำให้งาน K ไม่มีเวลายืดหยุ่นเลย แต่ถ้างาน J ใช้เวลายืดหยุ่นไปเพียง 7 สัปดาห์ หรือใช้เวลายืดหยุ่นน้อยกว่าเวลายืดหยุ่นรวมของตัวมันเอง งาน K ก็จะเหลือเวลายืดหยุ่นรวม 1 สัปดาห์ ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่างาน J มีเวลายืดหยุ่นรวม 8 สัปดาห์ และสามารถใช้เวลายืดหยุ่นรวมได้ 7 สัปดาห์ โดยไม่ทำให้ความยืดหยุ่นรวมของงานที่อยู่ถัดไปลดลง จึงกล่าวได้ว่า งาน J มีเวลายืดหยุ่นรวม 8 สัปดาห์ และเวลายืดหยุ่นให้เปล่า 7 สัปดาห์

ในขั้นตอนของการวางแผน อาจมีความจำเป็นต้องตัดสินใจเพิ่มช่วงเวลาทำงานของงาน J (ยกตัวอย่างเช่น ต้องการลดทรัพยากรที่ต้องจัดสรรให้กับงาน J โดยการเพิ่มเวลาทำงานของงาน J ให้ยาวนานขึ้น) ในกรณีที่ต้องทำเช่นนี้แล้ว เวลายืดหยุ่นที่มีอยู่ของงานถัดไปก็อาจจะถูกลดลง แต่ถ้าเราเพิ่มช่วงเวลาของงาน J ไม่เกินเวลายืดหยุ่นให้เปล่าก็จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการใช้เวลายืดหยุ่นของงานถัดไป

จากรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้นนี้ สามารถนำมาเขียนเป็นสูตรในการคำนวณค่าความยืดหยุ่นให้เปล่าได้

$$FF_{i,j} = E_j - (E_i + D_{i,j})$$

$$= E_j - EF_{i,j}$$

$$FF_{2,8} = E_8 - EF_{2,8}$$

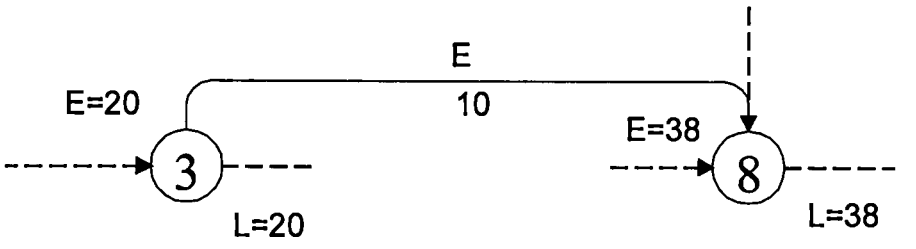
$$= 38 - 31$$

$$= 7 \text{ สัปดาห์}$$

3. เวลายืดหยุ่นอิสระ (Independent Float), $IF_{i,j}$

หมายถึง เวลายืดหยุ่น ที่แสดงให้เห็นว่า งานที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นสามารถล่าช้าออกไปได้ โดยไม่มีผลกระทบกระเทือนต่องานที่มีอยู่ก่อนหน้าและที่อยู่ถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ส่วนของโครงข่าย

จากรูปที่ 2.7 งาน E มีเวลาให้สูงสุดเท่ากับ 39 - 20 เท่ากับ 19 สัปดาห์ แต่เวลาที่จำเป็นต้องใช้สำหรับงาน E คือ 10 สัปดาห์ ดังนั้นเวลายืดหยุ่นรวมคือ 9 สัปดาห์ ซึ่งการวิเคราะห์ก็เหมือนกับที่กล่าวมาแล้วคือ ได้ค่าความยืดหยุ่นให้เปล่าเท่ากับ 8 สัปดาห์ ถ้างานทุกงานที่เกี่ยวข้องต้องการใช้เวลายืดหยุ่นเท่าที่เป็นไปได้โดยไม่เกิดผลกระทบต่อกันและกัน นั่นคืองานแต่ละงานต้องเริ่มต้นที่เวลาช้าสุด และให้แล้วเสร็จในเวลาที่งานถัดไปเริ่มต้นได้เร็วที่สุด และนั่นเป็นเวลาที่น้อยที่สุดที่มีให้สำหรับแต่ละงาน ดังนั้นเวลาที่มีให้กับงาน E น้อยที่สุดทำได้ดังนี้

เวลาที่มีให้สำหรับงาน E น้อยที่สุด = 38 - 20 สัปดาห์

= 18 สัปดาห์

แต่เวลาที่จำเป็นสำหรับงาน E = 10 สัปดาห์

งาน E มีความยืดหยุ่นอิสระ = 8 สัปดาห์

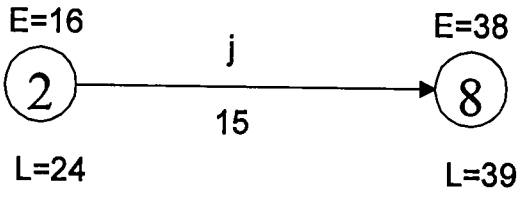
เวลายืดหยุ่นของงาน E (8 สัปดาห์) เมื่อนำไปใช้จนหมดก็ไม่มีผลกระทบต่อทั้งงานที่อยู่ก่อนหน้างาน E และงานที่อยู่ถัดจากงาน E ไป จากที่กล่าวมานี้สูตรในการคำนวณหาค่าเวลายืดหยุ่นอิสระของงาน i-j ใดๆ เขียนได้ดังนี้

$$IF_{ij} = (E_j - L_i) - D_{ij}$$

Slack หรือ Interference Float

เป็นลักษณะของเวลายืดหยุ่น อีกประเภทหนึ่งที่แตกต่างจากเวลายืดหยุ่นที่เคยกล่าวมาแล้ว กล่าวคือ เป็นเวลาที่ชี้ให้เห็นว่างานนั้นสามารถเลื่อนออกไปได้เท่าไร โดยพิจารณาจากเหตุการณ์ที่หัวลูกศรและหางลูกศร ซึ่งมีเวลาเร็วสุดและช้าสุดของแต่ละเหตุการณ์อยู่ และสำหรับค่า slack ก็คือ ความแตกต่างระหว่าง 2 ค่านี้ ดังเช่นเหตุการณ์ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ความแตกต่างระหว่างค่า slack 2 ค่า

เวลาเกิดขึ้นเร็วสุดของเหตุการณ์ คือ 16 สัปดาห์ และเวลาที่เกิดขึ้นช้าสุดของเหตุการณ์ คือ 24 สัปดาห์ ดังนั้นค่า slack ที่คำนวณได้คือ 8 สัปดาห์ สำหรับเหตุการณ์ที่ 8 ค่า slack ก็คือ 1 สัปดาห์ (เวลาเริ่มต้นของงานอยู่ที่หางและเวลาแล้วเสร็จของงานอยู่ที่หัว) จึงสามารถกล่าวได้ว่างาน 2 - 8 มี slack ที่หาง (tail slack) เท่ากับ 8 สัปดาห์ และ slack ที่หัว (lead slack) 1 สัปดาห์ สำหรับ slack ที่หางของงานใดๆ ชี้ให้เห็นว่าเหตุการณ์เริ่มต้นของงานนั้นเกิดขึ้นได้เร็วสุด และช้าสุดเมื่อใดขณะที่ slack ที่หัวชี้เหตุการณ์ของงานที่อยู่ถัดไป

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลายืดหยุ่น (float) และ slack พออธิบายได้ดังนี้

เวลายืดหยุ่นให้เปล่า เท่ากับ เวลายืดหยุ่นรวม - slack ที่หัว

เวลายืดหยุ่นอิสระ เท่ากับ เวลายืดหยุ่นให้เปล่า - slack ที่หาง

ประยุกต์สมการดังกล่าวกับงาน 2 - 8 จะได้

เวลายืดหยุ่นรวม เท่ากับ 39 - 16 - 15

เท่ากับ 8 สัปดาห์

slack ที่หัว เท่ากับ 1 สัปดาห์

slack ที่หาง เท่ากับ 8 สัปดาห์

เพราะฉะนั้นเวลายืดหยุ่นให้เปล่า เท่ากับ 8 - 1

เท่ากับ 7 สัปดาห์

เวลายืดหยุ่นอิสระ เท่ากับ 7 - 8

เท่ากับ -1 สัปดาห์ ในทางปฏิบัติถือว่ามีค่าเท่ากับ 0

Slack สามารถใช้วัดการยอมรับกำหนดเวลาโครงการที่ได้วางแผนไว้ เช่นถ้าสายงานวิกฤติใช้เวลาทั้งหมดตามแผน 51 สัปดาห์ แต่เวลาที่กำหนดเป็นเป้าหมายคือ 41 สัปดาห์ ทำให้ slack บนสายงานวิกฤติมีค่าเป็น -10 สัปดาห์ การใช้ค่า slack เป็นเรื่องที่สะดวกมากในขณะที่โครงการกำลังดำเนินงานไปจริงๆ เพราะค่า slack ที่คำนวณจากค่าจริงให้ผลดีกว่าใช้ช่วงเวลาที่ประเมินไว้ ในกรณีที่ค่า slack ยังมีค่าเป็นบวกก็เป็นไปได้ที่โครงการเป็นไปตามกำหนดที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยไม่จำเป็นต้องทำการวางแผนใหม่ แต่ถ้าค่า slack มีค่าเป็นลบก็จำเป็นต้องทำการวางแผนใหม่ เพื่อให้การแล้วเสร็จของโครงการเป็นไปตามเวลาที่ได้กำหนดหรือตกลงกันไว้

การกำหนดเวลางานโครงการโดยวิธี PERT

ก. หลักการของ PERT (Principle of Pert)

เนื่องจากความไม่แน่นอนของเวลาการทำงานนี้ จึงทำให้การประมาณเวลาเพื่อหาค่าตัวแทนของเวลาการทำงานแต่ละงานมีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น สำหรับการประมาณเวลาของแต่ละงาน ต้องใช้ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็น สำหรับรูปแบบการแจกแจงของความน่าจะเป็นที่สอดคล้องกับข้อมูลที่เกิดขึ้นต้องมีลักษณะดังนี้

1. การกระจายของข้อมูลเวลาที่มีความน่าจะเป็นในการเกิดขึ้นสูงสุดมีเพียงกลุ่มเดียว
2. การกระจายของข้อมูลที่ใช้เวลาทำงานสั้นที่สุดมีความน่าจะเป็นเกิดขึ้นน้อย (ประมาณ 1/20)
3. การกระจายข้อมูลที่ใช้เวลาทำงานยาวนานที่สุดมีความน่าจะเป็นเกิดขึ้นน้อย (ประมาณ 1/20)
4. สามารถวัดความคลาดเคลื่อนของเวลาที่ประมาณได้

จากคุณลักษณะดังกล่าวพบว่าการแจกแจงแบบ beta เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในการประมาณเวลาการทำงาน นอกจากเหตุผลของคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว การแจกแจงแบบ beta ยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสมอีก 3 ประการ คือ

1. รูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง
2. รูปแบบการแจกแจงแบบ beta ไม่จำเป็นต้องสมมาตร
3. การแจกแจงแบบ beta มีการกำหนดขอบเขตของค่าสูงสุดและต่ำสุด

จากคุณสมบัติต่างๆ ของการแจกแจงแบบ beta ตามที่ได้กล่าวมานี้ ทำให้การประมาณเวลาการทำงานของแต่ละงานประกอบด้วยข้อมูลเวลา 3 ค่า คือ

1. ช่วงเวลาทำงานสั้นสุดสำหรับงานนั้น (most optimisitcs time) ช่วงเวลาดังกล่าวมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยประมาณ 1:20 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย a
2. ช่วงเวลาทำงานยาวนานที่สุดสำหรับงานนั้น (most pessmissistics time) ช่วงเวลาดังกล่าวมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยประมาณ 1:20 ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย b
3. ช่วงเวลาทำงานที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งที่สุดในการทำงานนั้น (most likely time) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย m ซึ่งค่า m นี้จะอยู่ระหว่างค่า a และ b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33848

หลังจากสามารถหาข้อมูลของช่วงเวลางานทั้ง 3 ค่าได้แล้ว ขั้นต่อไปต้องรวมเวลาทั้ง 3 ค่านี้ให้เป็นค่าเดียว โดยการหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยทางสถิติ พิจารณากำหนดช่วงเวลาที่งานควรจะแล้วเสร็จ ไม่ควรกำหนดให้ b มีน้ำหนักมากกว่า m ทั้งนี้เพราะการที่งานใดๆ ใช้เวลาในการทำงานเท่ากับค่า b แสดงว่าในระหว่างการทำงานได้เกิดปัญหาและอุปสรรคต่างๆ มากมายกว่าที่ควรจะเกิดขึ้นตามปกติ ซึ่งจะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก ด้วยเหตุนี้เวลาที่งานควรจะแล้วเสร็จจึงน่าจะใช้เวลาน้อยกว่าค่า b ตามปกติงานส่วนใหญ่จะแล้วเสร็จในช่วงเวลา m ดังนั้นเวลาในการทำงานเท่ากับ a ก็แสดงว่า ในการทำงานแทบจะไม่มีปัญหาหรืออุปสรรคเกิดขึ้นเลย ทุกอย่างเป็นไปอย่างราบรื่น ซึ่งเหตุการณ์ตามปกติไม่เกิดขึ้นบ่อยนัก โอกาสที่งานจะใช้เวลามากกว่า a จึงมีมากกว่า ดังนั้น m จึงควรมีน้ำหนักมากกว่า a และเมื่อเทียบระหว่างค่า a และ b แล้ว โอกาสที่งานจะแล้วเสร็จใกล้กับช่วงเวลาทั้ง 2 นี้มีค่าเท่าๆ กัน ด้วยเหตุนี้ค่า a และค่า b จึงถูกกำหนดให้มีน้ำหนักเท่ากัน ดังนั้นในการคำนวณเวลาโดยเฉลี่ยที่คาดว่าจะต้องใช้ (expected or meantime) สำหรับงานใดๆ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$t_i = (a_i + 4m_i + b_i) / 6$$

เนื่องจากค่า t_i ที่คำนวณได้เป็นเพียงค่าประมาณ ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) จากสูตร

$$\sigma t_i = (b_i - a_i) / 6$$

สูตรการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกิดจากการกำหนดค่าความเชื่อมั่น 99.73% (หรือ $\pm 3\sigma$) ว่าค่าของข้อมูลจะไม่ออกนอกขอบเขตของค่า a และ b

การหาสายงานวิกฤติ (Finding the Critical Path)

1. การคำนวณแบบไปข้างหน้า (forward pass computation) เพื่อคำนวณหาเวลาที่เร็วที่สุดแต่ละเหตุการณ์ในโครงข่ายสามารถเกิดขึ้นได้

2. คำนวณแบบย้อนกลับ (backward pass computation) เพื่อคำนวณหาเวลาที่ช้าที่สุดที่แต่ละเหตุการณ์ในโครงข่ายสามารถเกิดขึ้นได้

3. ภายหลังจากที่ทำการคำนวณแบบไปข้างหน้าและแบบย้อนกลับแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการคำนวณค่า slack ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่ยอมให้การเกิดขึ้นของแต่ละเหตุการณ์ในโครงข่ายเลื่อนออกไปได้ โดยหาได้จากผลต่างของเวลาที่เกิดขึ้นเร็วสุด (E) และช้าสุด (L) ของแต่ละเหตุการณ์ (L-E)

4. พิจารณาเวลารวมโดยเฉลี่ยของแต่ละสายงาน เพื่อหาสายงานวิกฤติเวลารวมโดยเฉลี่ยของสายงานใด (t_m) หาได้จากผลรวมของเวลางานเฉลี่ยแต่ละงานในสายงานนั้น ($t_{i,s}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_s = \sum_{i=1}^{n} t_{i,s}$$

เมื่อ t_m = เวลารวมโดยเฉลี่ยของงานในสายงาน s ใดๆ

$t_{i,s}$ = เวลาเฉลี่ยของงาน i ใดๆ ในสายงาน s

n = จำนวนงานทั้งหมดที่มีอยู่ในสายงาน s

ถ้าเวลารวมโดยเฉลี่ยของสายงานใดมีค่ามากที่สุด หรือสายงานใดมีค่า slack เป็น 0 ก็แสดงว่าสายงานนั้นเป็นสายงานวิกฤติ การคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสายงานใดๆ ก็คล้ายกัน เพียงแต่ต้องหาในรูปของผลรวมความแปรปรวนของแต่ละสายงาน (V_m) แล้วจึงหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_s) โดยทั้งสองค่ามีความสัมพันธ์กันดังนี้

ความแปรปรวนของเวลางาน i ใดๆ (V_{ti}) = $t_i = \left(\frac{b_i - a_i}{\sigma}\right)^2$

ความแปรปรวนของสายงาน s ใดๆ (V_s) = $\sum_{i=1}^{n} V_{ti,s}$

ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสายงาน s ใดๆ (σS) = $\sqrt{V_s}$

สำหรับกรณีที่โครงการนั้นมีสายงานวิกฤติได้หลายสายงาน จะใช้ความแปรปรวนของแต่ละสายงานวิกฤติเป็นเครื่องตัดสินใจในการเลือก โดยจะเลือกสายงานที่มีความแปรปรวนสูงที่สุด

ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาแล้วเสร็จของโครงการมีประโยชน์เช่นเดียวกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละงาน คือ เพื่อนำไปใช้ในการหาความน่าจะเป็นที่โครงการจะสามารถแล้วเสร็จตามช่วงเวลาต่างๆ

การหาโอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จตามหมายกำหนดเวลา

(Probability of Meeting a Scheduled Date)

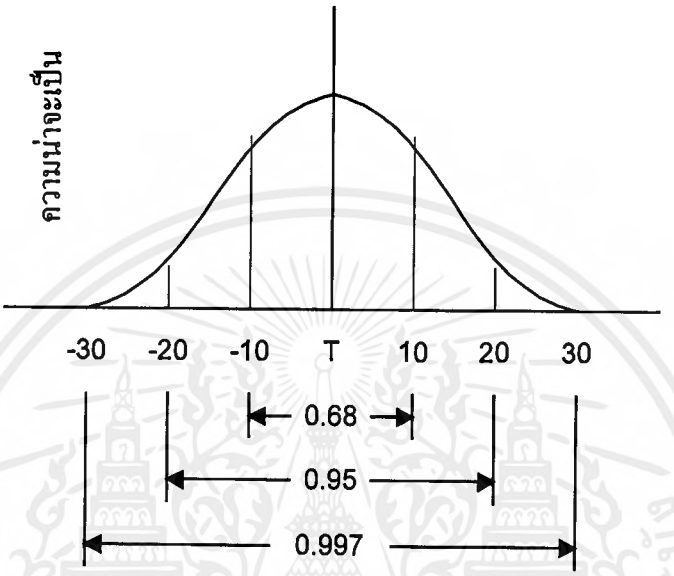
เป็นที่ทราบกันในบทเรียนที่ผ่านมาว่า เวลาที่คาดว่าเป็นเวลาแล้วเสร็จของโครงการขึ้นอยู่กับผลรวมของเวลาปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยของงานแต่ละงานที่อยู่บนสายงานวิกฤติของโครงการ เป็นเพียงการคาดหมายว่าจะเป็นสายงานวิกฤติเท่านั้น จริงๆ แล้วอาจจะไม่ใช่ก็ได้ ด้วยเหตุนี้เวลาแล้วเสร็จของโครงการจึงอาจคลาดเคลื่อนไปจากเวลาที่คาดหมายได้ แต่อย่างไรก็ตามโอกาสของเวลาแล้วเสร็จของโครงการตามกำหนดเวลาต่างๆ ก็ไม่เท่ากัน ดังนั้น เพื่อให้ผู้จัดการโครงการสามารถตัดสินใจดำเนินงานใดๆ ได้อย่างถูกต้อง จึงต้องรู้ให้ได้ว่าโอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จตามกำหนดเวลาต่างๆ เป็นเท่าไร ดังนั้นจากทฤษฎีจำกัดศูนย์กลาง (Central limit theorem) ถ้ามีจำนวนงานในสายงานมากพอและงานแต่ละงานเป็นอิสระต่อกันจะสรุปได้ว่า เวลาทั้งหมดของสายงานนั้นมีลักษณะการกระจายแบบปกติ (normal distribution) ดังนั้นเวลาที่คาดว่าจะเป็นเวลาแล้วเสร็จของโครงการที่ได้จากสายงานวิกฤติจึงมีการกระจายแบบปกติเช่นกัน โดยอาศัยทฤษฎีจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์กลาง ถ้าให้ผลรวมของเวลาทำงานในสายงานวิกฤติเป็น T และผลรวมของความแปรปรวนของเวลาในสายงานวิกฤติเป็น VT ดังนั้น ถ้าต้องการหาโอกาสที่เป็นไปได้ของโครงการที่จะแล้วเสร็จในช่วงเวลา X สามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$Z = (X - T) / \sqrt{V_T}$$

นำค่า Z ที่ได้ไปเปิดตารางพื้นที่ใต้โค้งปกติ ทำให้รู้ค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการแล้วเสร็จของโครงการ ในช่วงเวลา X ได้



รูปที่ 2.9 โค้งการแจกแจงแบบปกติแสดงความน่าจะเป็นในการแล้วเสร็จของโครงการ

การเร่งโครงการ

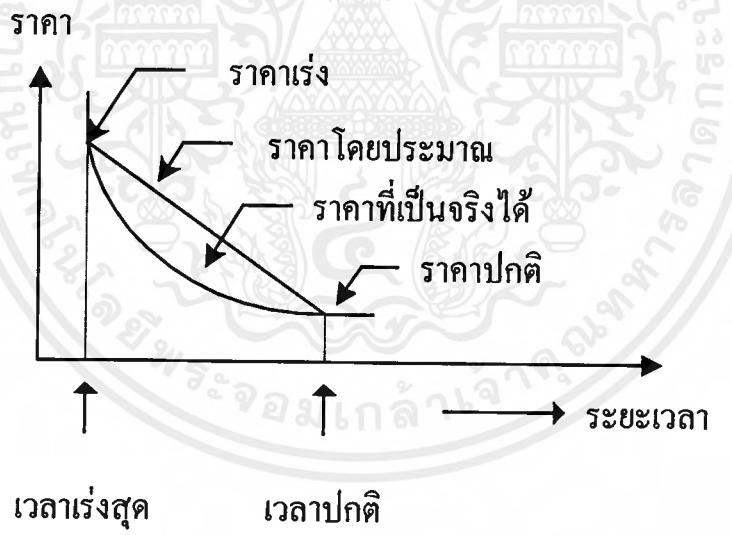
การวางแผนโครงการโดยวิธีวิเคราะห์สายงานวิกฤติแบบ CPM ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นทำให้ทราบว่า เวลาเสร็จสิ้นของโครงการจะเป็นเมื่อไร ถ้าปรากฏว่าเวลาแล้วเสร็จของโครงการตามแผนที่คำนวณไว้ใช้เวลามากกว่าเวลาที่ได้กำหนดไว้ ผู้บริหารโครงการจำเป็นต้องเร่งระยะเวลาการทำงานของงานบางงานในโครงการให้สั้นกว่าปกติ เพื่อให้เวลาแล้วเสร็จของโครงการเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามการเร่งรัดโครงการในบางครั้ง อาจมิใช่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เป็นไปตามระยะเวลาของโครงการที่กำหนดไว้เพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นเพราะระยะเวลาตามแผนที่คำนวณได้นั้น อาจไม่เหมาะสมในด้านของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายของโครงการอาจสูงเกินไป ถ้าปล่อยให้ดำเนินไปตามแผนปกติ แต่ถ้าเร่งเวลาของโครงการให้เสร็จเร็วขึ้นอาจจะทำให้ค่าใช้จ่ายบางอย่างของโครงการลดลง เช่น ค่าใช้จ่ายในการควบคุมโครงการ ค่าเช่าเครื่องจักร และอุปกรณ์ ค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน ค่าเช่าสำนักงาน ค่าภาษี ค่าประกันภัย และค่าปรับเมื่อส่งงานไม่ทันกำหนด เป็นต้น ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้ จะลดลงเมื่อมีการเร่งโครงการให้เร็วขึ้น ซึ่งเรียกค่าใช้จ่ายทางอ้อมหรือราคาทางอ้อม แต่ในขณะเดียวกันในการเร่งงานก็ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มอุปกรณ์แรงงานเข้าช่วยในการทำงานหรือเร่งทำล่วงเวลา เป็นต้น ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ถือว่าเป็นราคาทางตรง ฉะนั้น ในการเร่งโครงการจึงต้องคำนึงถึงทั้งราคาทางตรงและราคาทางอ้อม เมื่อมีการเร่งงานราคาทางตรงจะสูงขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม ราคาทางอ้อมจะลดลง วิธีที่จะพิจารณาว่าควรจะเร่งงานต่อไปหรือไม่ เราต้องพิจารณาดูว่าถ้าการเร่งโครงการนั้นทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของราคาทางตรงน้อยกว่าอัตราการลดลงของราคาทางอ้อม ก็สมควรที่จะเร่งงานต่อไป ซึ่งก็หมายความว่าการเพิ่มคนงาน อุปกรณ์ เครื่องทุ่นแรงหรือทรัพยากรอื่นๆ เพื่อเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้นนั้นจะไม่มีความหมายเลยถ้าราคาในการเร่งงานนั้นสูงมากขึ้น โดยที่ผลงานไม่เพิ่มขึ้นเท่าที่ควร

ก. การพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและเวลา

ตามปกติในการเร่งงาน โครงการต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น อาจจะมากหรือน้อย พิจารณาจากรูปที่ 2.10 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ทำงาน โดยพิจารณาไปตามเส้นโค้ง แต่เพื่อให้สะดวกในการคำนวณจึงสมมติให้ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนวันที่เร่งได้จากเวลาทำงานปกติ



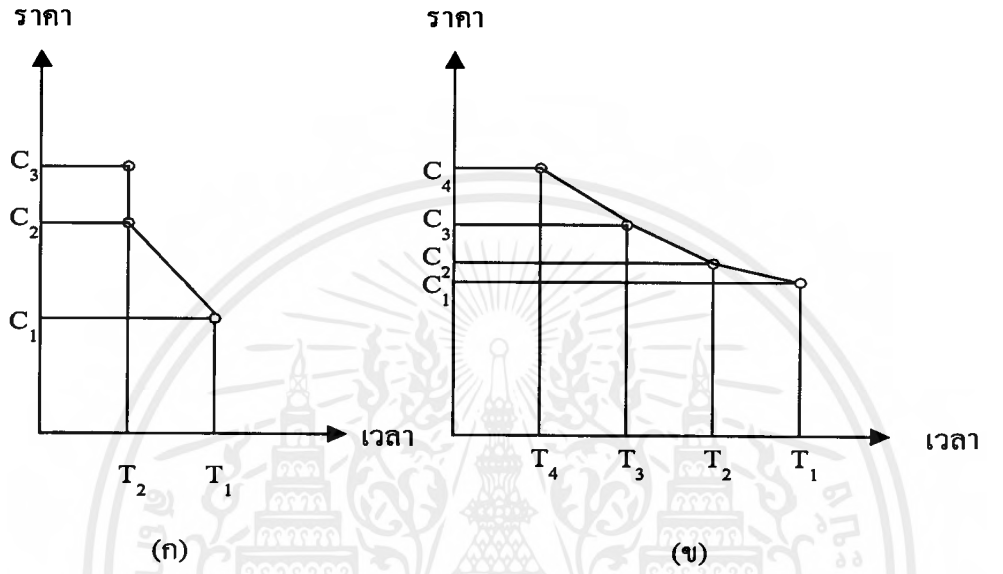
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายในการเร่งงานกับเวลาที่เร่งได้

ในการพิจารณาตัดสินใจเร่งโครงการนั้นต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอย่างรอบคอบ เพราะงานบางอย่างไม่สามารถเร่งให้เสร็จได้ ไม่ว่าจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเท่าใดก็ตาม งานบางอย่างต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เพื่อลดเวลาทำงานลง พิจารณาจากรูป 2.11 (ก) การลดเวลาทำงานของงานวิกฤติ จาก T_1 เป็น T_2 ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจาก C_1 เป็น C_2 ถึงแม้จะสิ้นเปลืองค่า

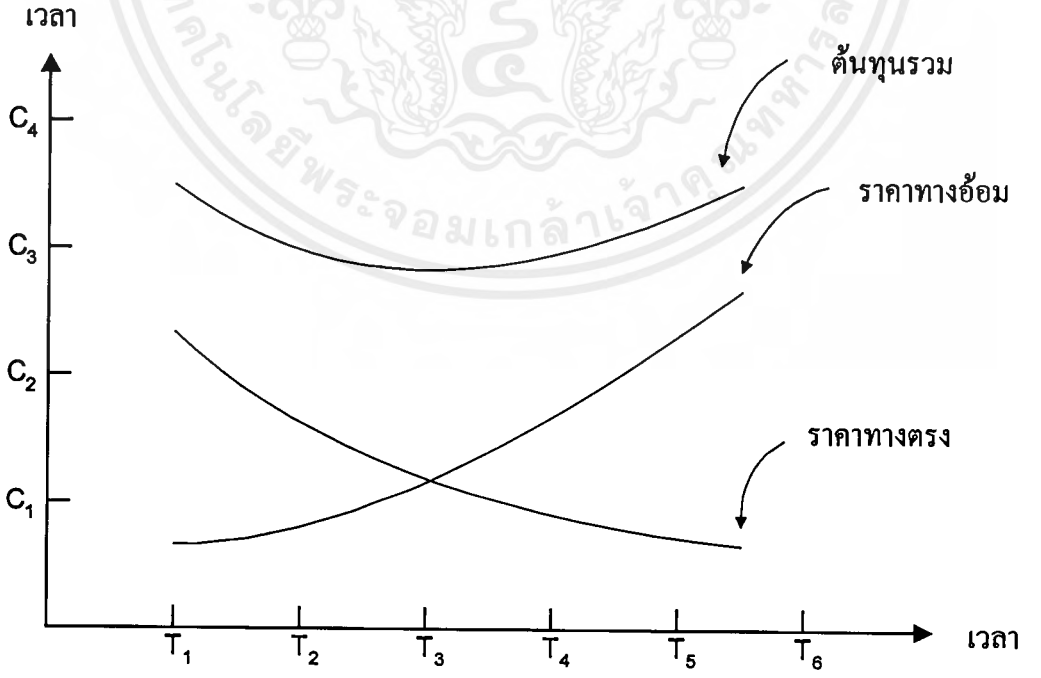
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้จ่ายขึ้นเป็น C_3 ก็ไม่ทำให้เวลาการทำงานนั้นลดลงได้ รูป 2.11 (ข) แสดงการลดเวลาของงานวิกฤติ ซึ่งอัตราค่าใช้จ่ายของการเร่งงานจะสูงขึ้นมาก เมื่อต้องการเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้น อธิบายได้จากความชันที่เพิ่มขึ้นของเส้นตรง แสดงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและเวลางาน

ในการพิจารณาเร่งโครงการนั้น ต้องพิจารณาส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง (ราคาทางอ้อม) และส่วนของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น (ราคาทางตรง) ซึ่งช่วยให้การตัดสินใจดำเนินการได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ดังรูป 2.12 แสดงให้เห็นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการกำหนดเวลาโครงการที่ประหยัดที่สุด



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและเวลางาน



รูปที่ 2.12 แสดงการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายรวมในการเลือกกำหนดเวลาโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. วิธีการเร่งโครงการ

เนื่องจากระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการขึ้นอยู่กับระยะเวลาของสายงานวิกฤติ ดังนั้น ในการเร่งเวลาของโครงการ จึงต้องเร่งงานที่อยู่ในสายงานวิกฤติให้เสร็จเร็วขึ้น จึงมีผลต่อการเร่งเวลาแล้วเสร็จของโครงการ ในการพิจารณางานวิกฤติเพื่อเร่งให้เร็วขึ้นนั้น ต้องพิจารณางานวิกฤติที่มีอัตราค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาน้อยที่สุด สำหรับรายละเอียดในการเร่งโครงการนั้น สามารถอธิบายไปพร้อมกับตัวอย่างต่อไปนี้

พิจารณาจากตัวอย่างโครงการวางแผนแนะนำผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ โดยผู้ควบคุมโครงการได้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ที่ต้องเสียไปตามระยะเวลาดำเนินงานโครงการ ประมาณ 30,000 บาทต่อวัน ถ้าสามารถลดเวลาแล้วเสร็จของโครงการลงได้มากเท่าใด ค่าใช้จ่ายทางอ้อมก็จะลดลงไปตามจำนวนวันที่ลดได้

สำหรับเวลาทำงานปกติและเวลาที่สามารถเร่งได้ของแต่ละงานพร้อมทั้งค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องของการทำงานแบบปกติและแบบเร่งงาน ได้แสดงในตารางที่ 2.1 โดยค่าของ t จะถูกเลือกมาใช้เป็นเวลาทำงานปกติ และเวลาทำงานแบบเร่งของแต่ละงานพิจารณาจากเวลาที่สามารถทำได้สั้นที่สุดของงานนั้น

	เวลาทำงาน (วัน)					ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจาก
ชื่องาน	แบบปกติ	แบบเร่ง	เวลาที่เร่งได้	แบบปกติ	แบบเร่ง	จากการเร่งงาน	การเร่งงาน 1 วัน
L	4	3	1	10,000	45,000	35,000	35,000
M	4	2	2	15,000	51,000	36,000	18,000
N	4	4	0	20,000	20,000	-	-
P	8	4	5	50,000	100,000	50,000	10,000
Q	16	8	8	200,000	296,000	96,000	12,000
R	2	1	1	6,000	14,000	8,000	8,000
S	1	1	0	0	0	-	-
T	2	1	1	250,000	6,000,000	3,750,000	5,750,000
U	4	3	1	220,000	234,000	14,000	14,000
V	2	2	0	70,000	70,000	-	-
W	2	1	1	250,000	600,000	350,000	350,000
			รวม	1,081,000	2,030,000		

ตารางที่ 2.1 แสดงเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ

สำหรับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเร่งงานต่อวัน ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเร่งงานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนวันที่เร่งได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการเร่งงานต่อวัน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายเมื่อเร่งงาน - ค่าใช้จ่ายเมื่อทำงานปกติ}}{\text{เวลาปกติ – เวลาเร่งงาน}}$$

ตัวอย่างเช่น งาน Q ใช้เวลาในการทำงานให้แล้วเสร็จตามปกติ 16 วัน โดยเสียค่าใช้จ่าย 200,000 บาท สามารถเร่งให้เหลือ 8 วัน คือ สามารถเร่งเวลาของงานให้เสร็จได้เร็วขึ้นเป็น 296,000 บาท ดังนั้นโดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้น 1 วัน จะเท่ากับ 12,000 บาท แสดงการคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มจากการเร่งงาน Q เป็นเวลา 1 วัน} = \frac{296,000 - 20,000}{16 - 8}$$

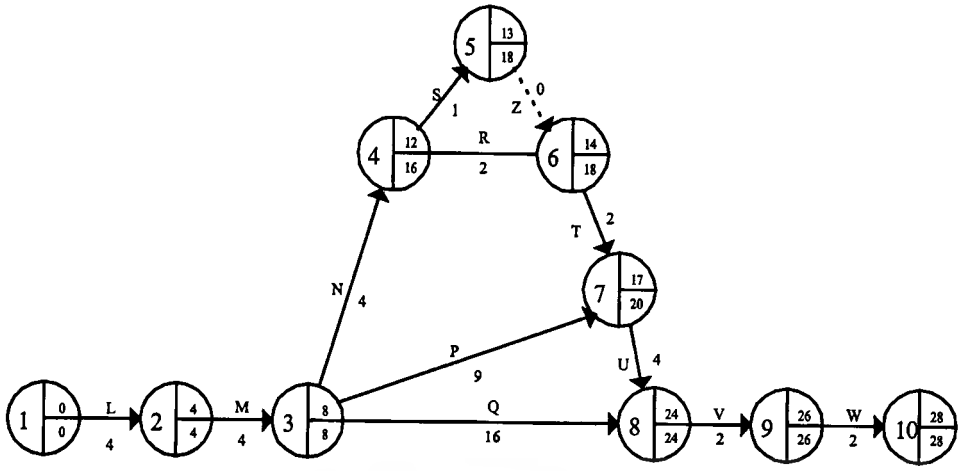
$$= 96,000/8$$

$$= 12,000 \text{ บาท}$$

จากตารางที่ 2.1 แถวตั้งสุดท้าย (ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเร่งงาน 1 วัน) จะสังเกตเห็นว่างาน N, S และ V ไม่สามารถที่จะเร่งได้ ทั้งนี้เพราะเวลาที่กำหนดให้งานเหล่านั้นเป็นเวลาทำงานที่น้อยที่สุดแล้ว งาน L, T และ W มีอัตราเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายในการเร่งงานต่อวันสูงกว่า 30,000 บาท ซึ่งเป็นอัตราค่าใช้จ่ายทางอ้อมต่อวันที่สามารถลดลงมาได้ถ้าเร่งโครงการให้เสร็จเร็วขึ้น ดังนั้นงานเหล่านี้จึงไม่มีการพิจารณาเร่งงาน เพราะทำให้ค่าใช้จ่ายของโครงงานสูงขึ้นกว่าเดิม ส่วนงานที่เหลือสามารถเร่งได้ตามจำนวนวันที่แต่ละงานสามารถเร่งได้ เช่นงาน M สามารถเร่งให้เสร็จเร็วขึ้นได้ 2 วัน

สำหรับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของโครงการเมื่อทำงานด้วยอัตราปกติเท่ากับ 1,931,000 บาท และเวลาแล้วเสร็จของโครงการคือ 28 วัน เรียกขั้นตอนนี้ว่า การเร่งงานขั้นที่ 0 ซึ่งมีโครงข่ายของโครงการและสายงานวิกฤติ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สายงานวิกฤติ L - M - Q - V - W

รูปที่ 2.13 โครงข่ายของโครงการและสายงานวิกฤติ

เนื่องจากเวลาแล้วเสร็จของโครงการขึ้นอยู่กับเวลาในสายงานวิกฤติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเร่งงานทุกงานในโครงการ เพียงแต่เลือกเร่งงานในสายงานวิกฤติที่สามารถทำให้โครงการเสร็จเร็วขึ้น ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าที่จะเร่งทุกงาน สำหรับวิธีในการเร่งงานของโครงการพอสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

การเร่งงานขั้นที่ 1

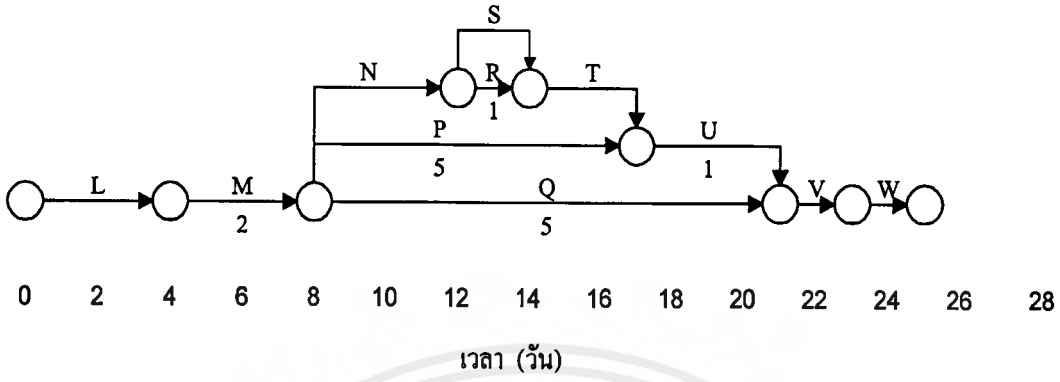
จากการทำงานตามปกติ ในรูปที่ 2.13 มีสายงานวิกฤติอยู่ 1 สายงาน ประกอบด้วยงานวิกฤติ L, M, Q, V และ W ซึ่งมีเฉพาะงาน M และงาน Q เท่านั้นที่สามารถเร่งได้ ดังนี้

เร่งงาน	ค่าใช้จ่ายเพิ่มต่อการเร่งงาน 1 วัน	เวลาที่สามารถเร่งได้ (วัน)
M	18,000	2
Q	12,000	8

ต้องพยายามเร่งเวลาของงานวิกฤติที่เสียค่าใช้จ่ายในการเร่งงานต่อวันน้อยที่สุด โดยเร่งงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำให้เวลาของโครงการลดลงได้ ดังนั้นจึงควรเร่งงาน Q ก่อน ซึ่งงาน Q นี้สามารถเร่งเวลาทำงานจากปกติ 16 วัน มาเป็น 8 วันได้ แต่เนื่องจากสายงานที่ขนานกับงาน Q ซึ่งมีงาน U ประกอบอยู่นั้นมีค่าเวลายืดหยุ่นอยู่ 3 วัน จึงจำเป็นต้องลดเวลาของงาน Q ลงเพียงแค่ 3 วัน เหลือ 13 วัน การลดเวลาของงาน Q ลง 3 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 36,000 บาท แต่เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 25 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

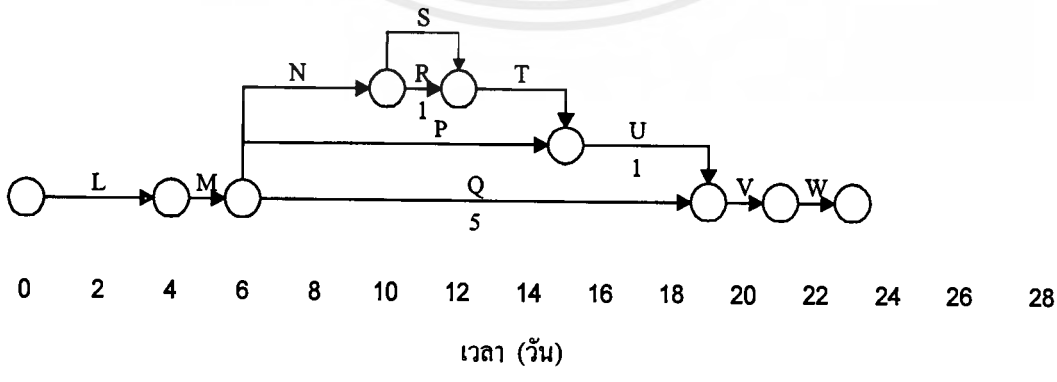
90,000 บาท สำหรับโครงข่ายของโครงการในการเร่งงานขั้นที่ 1 นี้ ได้แสดงในรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าสายงานวิกฤติเพิ่มขึ้นอีก 1 สายงาน คือ L - M - P - U - V - W



รูปที่ 2.14 โครงข่ายของโครงการในการเร่งงานขั้นที่ 1 เวลาแล้วเสร็จของโครงการ 25 วัน

การเร่งงานขั้นที่ 2

ขณะนี้ทั้งสายงาน L - M - Q - V - W และ L - M - P - U - V- W ได้กลายเป็นสายงานวิกฤติ ดังนั้น ถ้ามีการเร่งเวลางานของสายงานวิกฤติสายใดสายหนึ่งไปกี่วันก็ต้องเร่งสายงานวิกฤติที่เหลือเป็นจำนวนวันเท่าๆ กันด้วย และถ้าเร่งโครงการนี้ให้แล้วเสร็จเร็วขึ้น 1 วัน โดยเร่งได้ 3 ทางคือ เร่งงาน M ลง 1 วัน โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 26,000 บาท (14,000 + 12,000) ดังนั้นการเร่งงานที่ประหยัดที่สุดในขณะนี้คือ เร่งงาน M ซึ่งไม่ว่าจะเร่งงาน M ได้เท่าไร โครงการก็จะแล้วเสร็จเร็วขึ้นเท่านั้น แต่งาน M สามารถเร่งได้เร็วที่สุดเพียง 2 วันเท่านั้น โดยต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 36,000 บาท และเวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 23 วัน นั่นคือค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการจะลดลง 60,000 บาท สำหรับโครงข่ายของโครงการในการเร่งงานขั้นที่ 2 ได้แสดงในรูปที่ 2.15

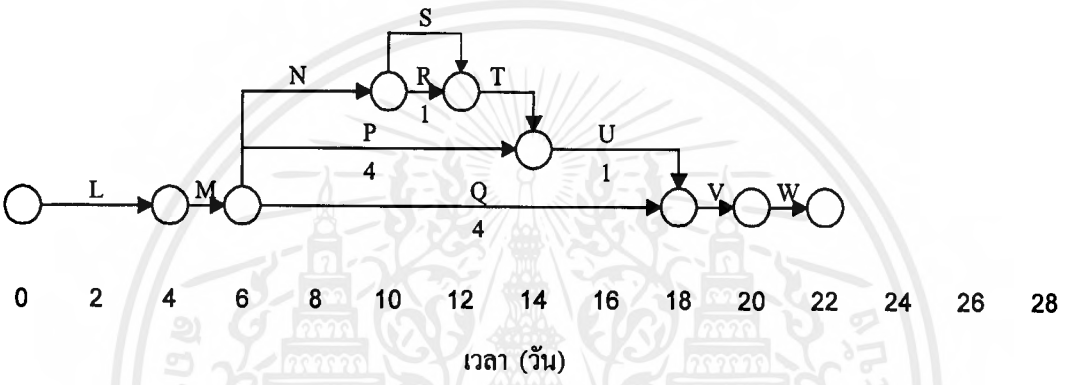


รูปที่ 2.15 โครงข่ายของโครงการในการเร่งงานขั้นที่ 2 เวลาแล้วเสร็จของโครงการ 23 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเร่งงานขั้นที่ 3

ขณะนี้สายงานวิกฤติยังคงมี 2 สายงานเช่นเดิมคือ L - M - Q - V - W และ L - M - P - U - V - W และข้อมูลที่ใช้พิจารณาในขั้นที่ 3 ยังคงเหมือนเดิมยกเว้นงาน M ไม่สามารถจะเร่งให้แล้วเสร็จได้เร็วขึ้นอีกแล้ว ฉะนั้นการเร่งงานที่ประหยัดที่สุดขณะนี้ก็คือเร่งงาน P และงาน Q ให้มากที่สุด แต่งาน P และงาน Q สามารถเร่งได้เพียงงานละ 1 วันเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเร่งงาน P ลง 1 วัน ก็จะทำให้งาน N, R และงาน T กลายเป็นงานวิกฤติขึ้นมาทันที จึงไม่มีประโยชน์ที่จะเร่งงานเกิน 1 วัน ดังนั้นในขั้นตอนที่ 3 เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลง 1 วัน โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 22,000 บาท และได้โครงข่ายของโครงการดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงข่ายของโครงการในการเร่งงานขั้นที่ 3 เวลาแล้วเสร็จของโครงการ 22 วัน

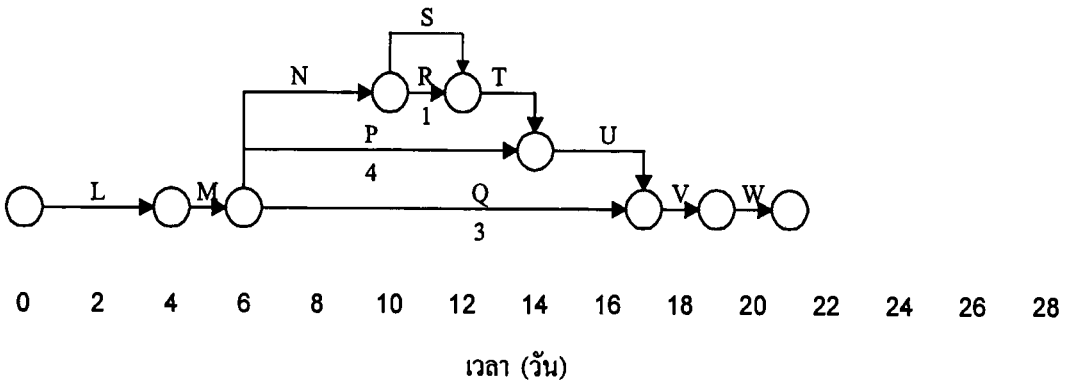
การเร่งงานขั้นที่ 4

จากโครงข่ายของโครงการ รูปที่ 2.17 มีสายงานวิกฤติทั้งหมด 3 สายงานคือ L - M - Q - V - W, L - M - P - U - V - W และ L - M - N - R - T - U - V - W การพิจารณาเร่งเวลาโครงการในขณะนี้สามารถพิจารณาได้ 2 ทางคือ เร่งงาน R, P และ Q หรือเร่งงาน U และ Q

เร่งงาน	ค่าใช้จ่ายเพิ่มต่อการเร่งงาน 1 วัน	เวลาที่สามารถเร่งได้ (วัน)
R + P + Q	8,000 + 10,000 + 12,000 = 30,000	1
U + Q	14,000 + 12,000 = 26,000	1

การเร่งงานที่ประหยัดที่สุดในขณะนี้คือ เร่งงาน U และ Q แต่สามารถเร่งได้เพียงวันเดียวเท่านั้น ดังนั้นเวลาแล้วเสร็จของโครงการจะลดลงเหลือ 21 วัน โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 26,000 บาท โครงข่ายของโครงการในขั้นนี้ ได้แสดงในรูปที่ 2.17

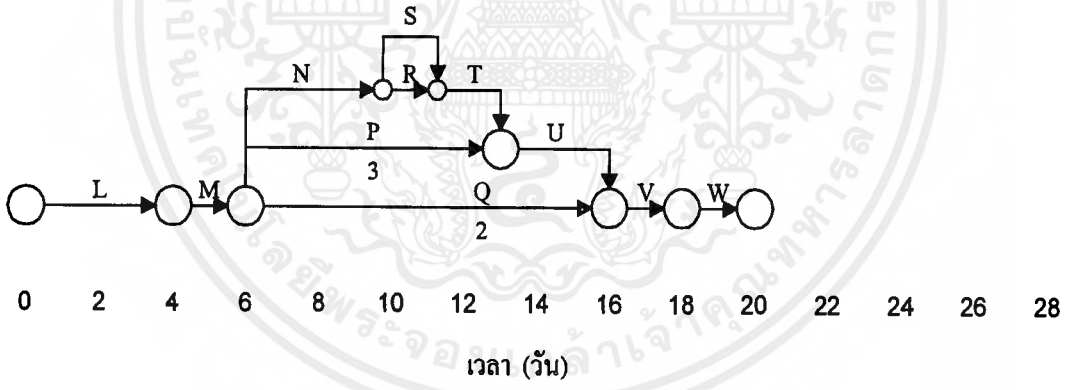
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 โครงข่ายของโครงการในการเร่งงานขั้นที่ 4 เวลาแล้วเสร็จของโครงการ 21 วัน

การเร่งงานขั้นที่ 5

สายงานวิกฤติยังคงมี 3 สายงานเหมือนกับการเร่งใน ขั้นตอนที่ 4 แต่งาน U ไม่สามารถเร่งได้อีก ดังนั้นการเร่งเวลาแล้วเสร็จของโครงการจึงทำได้โดยการเร่งงาน R, P และ Q ทางเดียว แต่เร่งได้เพียงวันเดียวเท่านั้น เพราะงาน R ไม่สามารถเร่งได้มากกว่า 1 วัน โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 30,000 บาท และโครงการนี้จะแล้วเสร็จในเวลา 20 วัน ดังโครงข่ายในรูป 2.18



รูปที่ 2.18 โครงข่ายของโครงการเร่งงานขั้นที่ 5 เวลาแล้วเสร็จของโครงการ 20 วัน

โครงการนี้สามารถเร่งเวลาให้แล้วเสร็จได้เร็วกว่านี้ แต่เนื่องจากการเร่งโครงการจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเร่งงาน ที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่ลดลง ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการนี้คำนวณได้จากผลรวมของราคาทางตรงกับราคาทางอ้อม ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเร่งขั้นตอนที่	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเร่งงาน	ค่าใช้จ่ายรวมทางตรง	ระยะเวลาโครงการ	ค่าใช้จ่ายทางอ้อม	ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ
0	0	1,081,000	28	840,000	1,831,000
1	36,000	1,127,000	25	750,000	1,877,000
2	36,000	1,163,000	23	690,000	1,853,000
3	22,000	1,183,000	22	660,000	1,845,000
4	26,000	1,211,000	21	630,000	1,841,000
5	30,000	1,241,000	20	600,000	1,841,000

ตารางที่ 2.2 ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการจากการเร่งโครงการตามระยะเวลาต่างๆ

อย่างไรก็ตาม ถ้าผู้บริหารโครงการตัดสินใจที่จะลดเวลาแล้วเสร็จของโครงการลดมากกว่านี้ โดยไม่สนใจที่จะทราบว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมากกว่าค่าใช้จ่ายที่ลดลง ก็สามารถจะทำได้ดังนี้

เร่งงาน	ค่าใช้จ่ายเพิ่มต่อการเร่งงาน 1 วัน	เวลาที่สามารถเร่งได้	เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลง
T + P + Q	350,000 + 10,000 + 12,000 = 372,000	1	1
W	350,000	1	1
L	350,000	1	1

จะเห็นได้ว่าสามารถเร่งเวลาแล้วเสร็จของโครงการลงได้อีก 3 วัน โดยทำให้โครงการแล้วเสร็จในเวลา 17 วัน แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 750,000 บาท ในขณะที่สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้เพียง 90,000 บาท ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการขณะนี้คือ 2,508,000 บาท คำนวณได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายทางตรง = 1,241,000 + 757,000 = 1,998,000 บาท
ค่าใช้จ่ายทางอ้อม = (17 x 30,000) = 510,000 บาท
ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการ = 1,998,000 + 510,000 = 2,508,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาแล้วเสร็จของโครงการ 17 วัน เป็นเวลาที่น้อยที่สุดที่โครงการนี้สามารถจะเร่งได้ และไม่สามารถเร่งได้เร็วกว่านี้อีกแล้ว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเร่งงาน งานของโครงการพบว่าโครงการจะแล้วเสร็จในเวลา 17 วัน เช่นเดียวกัน แต่ค่าใช้จ่ายของการเร่งงานทุกงานเท่ากับ (2,030,000 + 510,000) = 2,540,000 บาท ซึ่งมากกว่าการเร่งงานเฉพาะงานวิกฤติ 32,000 บาท

การควบคุมค่าใช้จ่ายของโครงการ (Project Cost Control)

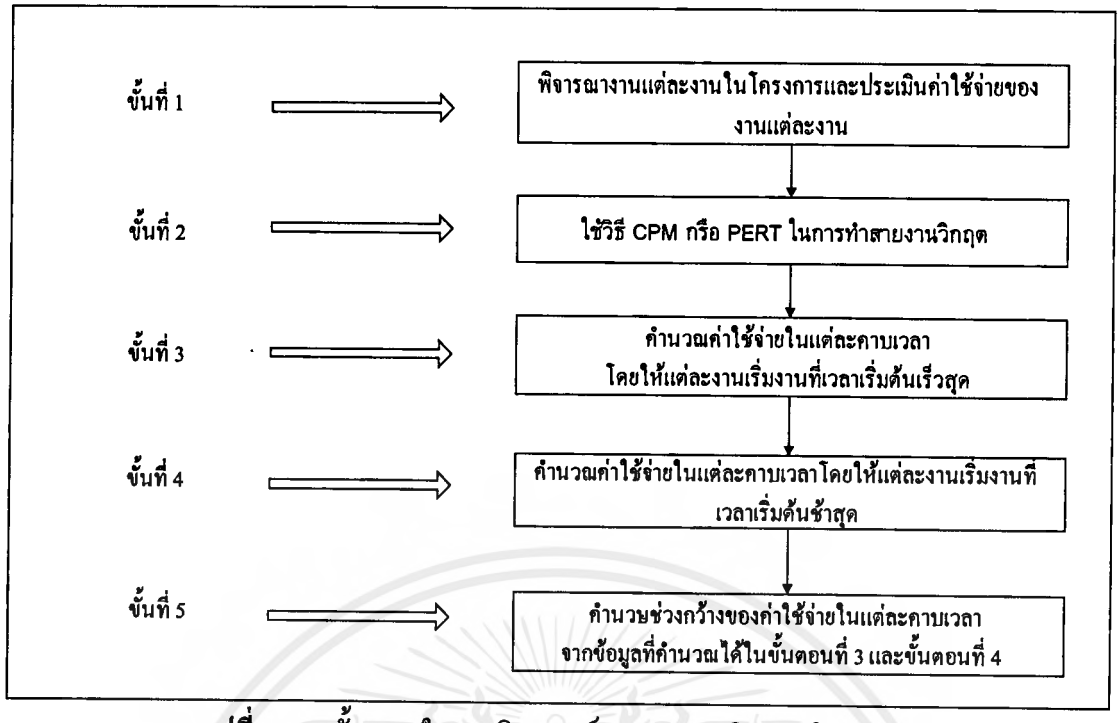
ผู้จัดการโครงการเมื่อทำการบริหารโครงการใหญ่ๆ ส่วนมากมักจะพบปัญหาหลักอยู่ 2 ประการคือ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการกำหนดเวลางานโครงการ ปัญหาในลักษณะเช่นนี้จะเป็นได้ว่าทั้งวิธี CPM และ PERT ไม่ได้คำนึงถึงด้านค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ผู้ที่ใช้วิธี CPM และ PERT ต่างก็มองเห็นความจำเป็นที่ต้องควบคุมค่าใช้จ่ายของโครงการพอๆ กับการวางแผน และควบคุมการกำหนดเวลางานของโครงการ ดังนั้นปัญหาข้อที่สองของการบริหารงานโครงการ จึงเกี่ยวข้องกับการ ควบคุมงบประมาณและค่าใช้จ่ายของโครงการ ซึ่งวิธีของ PERT/COST จะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ที่จะช่วยในการกำหนดเวลางานโครงการและควบคุมค่าใช้จ่ายของโครงการ

ในการวิเคราะห์กระแสการเงินของโครงการ โดยการใช้วิธีของ PERT/COST มีด้วยกัน 5 ขั้นตอน ซึ่ง 5 ขั้นตอนดังกล่าวนี้ได้แสดงให้เห็นเป็นลำดับขั้นตอนก่อนหลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.19

สำหรับแต่ละขั้นตอนของ PERT/COST นั้น จะอธิบายไปพร้อมกับตัวอย่างโครงการแนะนำผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่อีกครั้ง ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 2.3

ขั้นที่ 1 ในการวิเคราะห์กระแสการเงิน ควรเริ่มต้นโดยการประเมินค่าใช้จ่าย หรืองบประมาณที่ต้องใช้ในแต่ละงาน ในทางปฏิบัติโดยทั่วๆ ไป ค่าใช้จ่ายของแต่ละงานจะถูกตั้งสมมติฐานว่ามีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาเป็นแบบเส้นตรง แต่ข้อสมมติฐานนี้ไม่จำเป็นเสมอไป เพราะถ้าหากข้อสมมตินี้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ก็อาจจะทำการแบ่งงานนั้นออกเป็นงานย่อยๆ ที่พอประมาณได้ใกล้เคียงว่าค่าใช้จ่ายของแต่ละงาน ย่อยนั้นมีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงสำหรับตัวอย่างที่ยกมานี้สมมติว่า ความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรง ดังนั้นถ้างาน L ประเมินค่าใช้จ่ายไว้เท่ากับ 10,000 บาท ค่าใช้จ่ายต่อวันของงาน L ก็คือ 2,500 บาท (10,000 บาท/ 4 วัน) สำหรับงานอื่นๆ ก็คำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน ยกเว้นงาน T และงาน W ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ๆไม่แปรผันตามเวลา ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 ขั้นตอนในการวิเคราะห์กระแสการเงินของโครงการ

งาน	เวลา (วัน)	ประมาณค่าใช้จ่ายรวม	ประมาณค่าใช้จ่ายรายวัน
L	4	10,000	2,500
M	4	15,000	3,750
N	4	20,000	5,000
P	9	45,000	5,000
Q	16	200,000	12,000
R	2	6,000	3,000
S	1	0	0
T	2	250,000	จ่ายครั้งเดียว
U	4	220,000	55,000
V	2	70,000	35,000
W	2	250,000	จ่ายครั้งเดียว

ตารางที่ 2.3 ค่าใช้จ่ายของแต่ละงานในโครงการแนะนำผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่

ขั้นที่ 2 หาสายงานวิกฤติของโครงการแนะนำผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ โดยใช้วิธีของ PERT จากที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้สายงานวิกฤติของโครงการคือ L-M-Q-V-M และผลของการกำหนดเวลางานแต่ละงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าใช้จ่ายรายวันที่คาดว่าจะเกิดขึ้น รวมทั้งค่าใช้จ่ายสะสม โดยในการคำนวณค่าใช้จ่ายจะพิจารณาว่างานแต่ละงานจะเริ่มต้นตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุด (ES) และสำหรับค่าใช้จ่ายตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุดได้แสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งพิจารณาจากค่าใช้จ่ายของงาน T และ W จะเห็นว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่จ่ายครั้งเดียวและจะจ่ายเมื่อเริ่มปฏิบัติงาน สำหรับค่าใช้จ่ายรายวันของวันที่ 8 ของโครงการ คือ ผลบวกของค่าใช้ จ่ายตายวันของงาน Q และ P และงาน N ซึ่งจะเท่ากับ 12,000 + 5,000 = 22,000 บาท และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายสะสมมาตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ จะได้เท่ากับ 47,500 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่	งานที่เกี่ยวข้อง	ค่าใช้จ่ายรายวันของงานแต่ละงาน	ค่าใช้จ่ายรวมรายวัน	ค่าใช้จ่ายสะสม	งบประมาณที่ได้รับตามเวลาสะสม
0	L	2,500	2,500	2,500	100,000
1	L	2,500	2,500	2,500	
2	L	2,500	2,500	7,500	
3	L	2,500	2,500	10,500	
4	M	3,750	3,750	16,750	
5	M	3,750	3,750	17,500	
6	M	3,750	3,750	21,250	
7	M	3,750	3,750	25,250	
8	Q P N	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	47,500	300,000
9	Q P N	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	70,000	
10	Q P N	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	92,000	
11	Q P N	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	115,000	
12	Q P R	12,500 + 5,000 + 3,000	20,500	135,500	
13	Q P R	12,500 + 5,000 + 3,000	20,500	156,000	
14	Q P T	12,500 + 5,000 + 250,000	267,500	423,500	
15	Q P	12,500 + 5,000	17,500	441,000	600,000
16	Q P	12,500 + 10,000	22,500	463,500	
17	Q U	12,500 + 55,000	67,500	531,000	
18	Q U	12,500 + 55,000	67,500	598,500	
19	Q U	12,500 + 55,000	67,500	666,000	
20	Q U	12,500 + 55,000	67,500	733,500	1,100,000
21	Q	12,500	12,500	746,000	
22	Q	12,500	12,500	758,500	
23	Q	12,500	12,500	771,000	
24	V	35,000	35,500	806,000	
25	V	35,000	35,000	841,000	
26	W	250,000	250,000	1,091,000	

ตารางที่ 2.4 การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 คำนวณค่าใช้จ่ายรายวันที่คาดว่าจะเกิดขึ้น รวมทั้งค่าใช้จ่ายสะสม โดยกำหนดในแต่ละงานเริ่มต้นตามหมายกำหนดการเริ่มต้นช้าสุด (LS) ซึ่งจะได้ค่าใช้จ่ายรายวันของโครงการดังแสดงในตารางที่ 2.5 และมีวิธีพิจารณาได้เช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 3

ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายรายวัน และค่าใช้จ่ายสะสมที่ได้แสดงที่ได้แสดงในขั้นตอนที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นถึงกระแสการเงินในแต่ละวัน ที่ไหลออกไปสู่งานต่างๆ ทั้งในกรณีที่เป็นการกำหนดเวลางาน ตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุดและเริ่มต้นช้าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่	งานที่เกี่ยวข้อง	ค่าใช้จ่ายรายวันของงานแต่ละงาน	ค่าใช้จ่ายรวมรายวัน	ค่าใช้จ่ายสะสม	งบประมาณที่ได้รับตามเวลาสะสม
0	L	2,500	2,500	2,500	100,000
1	L	2,500	2,500	5,000	
2	L	2,500	2,500	7,500	
3	L	2,500	2,500	10,000	
4	M	3,750	3,750	13,750	
5	M	3,750	3,750	17,500	
6	M	3,750	3,750	21,250	
7	M	3,750	3,750	25,500	
8	Q	12,500	12,500	37,500	
9	Q	12,500	12,500	50,000	300,000
10	Q	12,500	12,500	62,500	
11	QP	12,500 + 5,000	17,500	80,000	
12	QPN	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	102,500	
13	QPN	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	125,000	
14	QPN	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	175,500	
15	QPN	12,500 + 5,000 + 5,000	22,500	170,000	
16	QPR	12,500 + 5,000 + 3,000	20,500	190,500	
17	QPR	12,500 + 5,000 + 3,000	20,500	211,000	600,000
18	QPT	12,500 + 5,000 + 250,000	267,500	278,500	
19	QP	12,500 + 10,000	22,500	501,000	
20	QU	12,500 + 55,000	67,500	568,500	
21	Q	12,500 + 50,000	67,500	636,000	
22	Q	12,500 + 50,000	67,500	703,500	
23	Q	12,500 + 50,000	67,500	271,000	1,100,000
24	V	35,000	35,500	806,000	
25	V	35,000	35,000	841,000	
26	W	250,000	250,000	1,091,000	

ตารางที่ 2.5 การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการตามหมายกำหนดการเริ่มต้นช้าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 5 แสดงค่าใช้จ่ายรายวันสะสมของโครงการ โดยทำการตรวจสอบให้เห็นถึงช่วงห่างหรือความแตกต่างระหว่างกระแสการเงินรายวันสะสมที่ไหลออกไปสู่งานต่างๆตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุดและหมายกำหนดการเริ่มต้นช้าสุด ซึ่งข้อมูลที่ได้สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.6

วันที่	กระแสการเงินรายวันสะสมที่ไหลออกสู่งานตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุด	กระแสรายวันสะสมที่ไหลออกสู่งานตามหมายกำหนดการเริ่มต้นช้าสุด
0	2,500	2,500
1	2,500	5,000
2	7,500	7,500
3	10,500	10,000
4	13,750	13,750
5	17,500	17,500
6	21,250	21,250
7	25,500	25,000
8	47,500	37,500
9	70,500	50,000
10	92,500	62,500
11	115,000	80,000
12	135,500	102,500
13	156,000	125,000
14	423,500	147,500
15	441,000	170,000
16	463,500	190,500
17	531,000	211,000
18	598,500	278,500
19	666,000	501,000
20	733,500	568,500
21	746,000	636,000
22	758,500	703,500
23	771,000	771,000
24	806,000	806,000
25	841,000	841,000
26	1,091,000	1091,000

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบช่วงห่างระหว่างกระแสการเงินรายวันสะสมที่ไหลออกสู่งานตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุดและช้าสุด

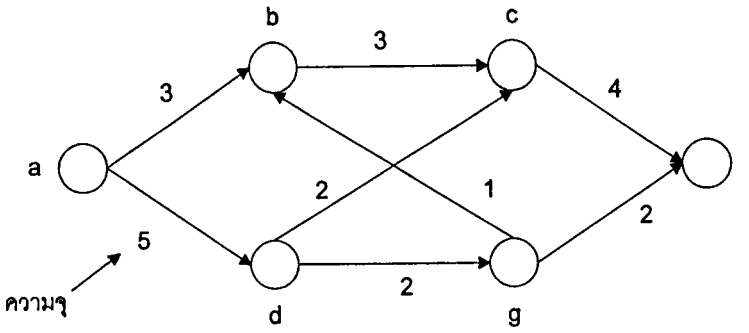
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์ที่ได้ถ้าท่านเป็นผู้จัดการโครงการดังกล่าวจะตัดสินใจเริ่มต้นงานของโครงการอย่างไร จะแจกแจงงบประมาณโดยการให้เริ่มงานตามหมายกำหนดการเร็วสุด (earliest start) หรือเริ่มต้นงานตามหมายกำหนดการช้าสุด (latest start) ข้อแตกต่างระหว่างวิธีทั้งสองจะเกี่ยวข้องกับกระแสการเงินที่ไหลออกสู่งานในแต่ละวัน ผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายสะสมทั้ง 2 วิธีแสดงให้เห็นว่า สามารถนำเงินไปใช้ทำประโยชน์ทางด้านอื่นที่มีความจำเป็นก่อนได้ โดยที่ไม่ทำให้โครงการต้องเสียหายด้วยการไม่จำเป็นต้องเริ่มงานทุกงานด้วยหมายกำหนดการเร็วสุดเสมอไป อาจจะเลื่อนการเริ่มต้นงานบางงานให้ล่าช้าออกไป โดยไม่เกินเวลาเริ่มต้นช้าสุดที่งานนั้นจะทำได้ แต่ถ้าเป็นการเริ่มต้นงานตามหมายกำหนดการช้าสุดจะเห็นว่ากระแสการเงินที่ไหลออกสู่งานต่างๆ จะต่ำ แต่นั่นหมายถึงว่าได้กำหนดแผนไว้ไม่ผิดพลาดทั้งด้านเวลาและจำนวนทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้โดยไม่ยอมให้มีความยืดหยุ่นเผื่อไว้สำหรับยามเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน หรือเกิดการผิดพลาดขึ้นได้เลย ซึ่งวิธีการดังกล่าวนั้นไม่ดีนัก ผู้จัดการโครงการส่วนใหญ่ จึงไม่เสี่ยงที่จะเลือกวิธีดังกล่าวโดยไม่จำเป็น เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงมีคำถามตามมาว่า แล้วระดับที่เหมาะสมควรอยู่ที่ระดับใด คำตอบก็ต้องขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้บริหารโครงการหรือ คณะกรรมการโครงการ ซึ่งต้องรู้ถึงสภาพคล่องตัวทางการเงินของบริษัท และความสามารถในการควบคุมโครงการให้เป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้ (ทั้งด้านเวลาและทรัพยากร)

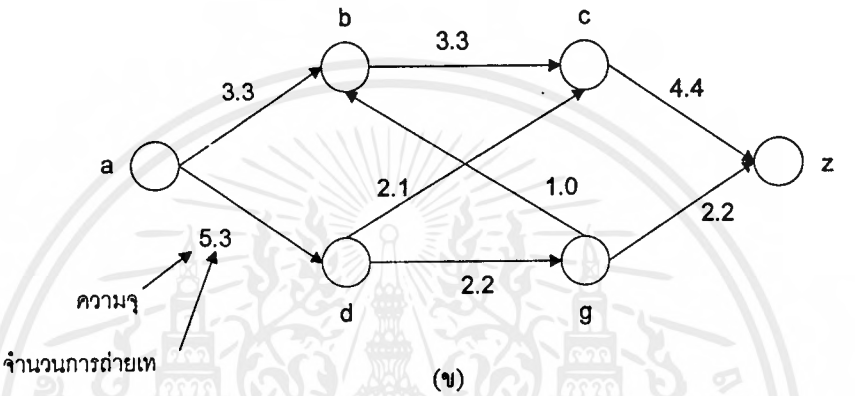
Maximum Flow

ปัญหาการถ่ายเทข่ายงาน (network flows) ตัวอย่างเช่น ข่ายงานที่ใช้เป็นแทนท่อส่งถ่ายน้ำมัน ซึ่งมีจุดของข่ายงานแทนสถานีปิดเปิด การส่งผ่านน้ำมันระหว่างท่อ ถ้าสมมติให้มีสถานีถ่ายน้ำมันเริ่มต้นเพียงแห่งเดียว และมีสถานีรับน้ำมันปลายทางเพียงแห่งเดียว ปัญหาของการส่งถ่ายน้ำมันก็คือ การหาวิธีการปิดเปิดที่ควบคุมจำนวนจ้ำมันซึ่งไหลผ่าน ที่ทำให้ส่งถ่ายน้ำมันไปยังสถานีรับได้มากที่สุด ตัวอย่างเช่นข่ายงานท่อส่งถ่ายน้ำมันในรูปที่ 2.20 (ก)
ซึ่งมี a เป็นสถานีจ่ายน้ำมันเริ่มต้น และ z เป็นสถานีรับน้ำมันปลายทาง เราสามารถกำหนดลักษณะการถ่ายเทน้ำมันมากที่สุดได้ดังรูปที่ 2.20 (ข) (คู่ลำดับซึ่งกำกับเส้นเชื่อมแทนความจุของท่อ และจำนวนน้ำมันซึ่งไหลผ่านท่อตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.20 ข่ายงานแสดงท่อส่งถ่ายน้ำมัน

กำหนดให้เส้นเชื่อมทุกเส้นในข่ายงานเป็นเส้นเชื่อมที่มีทิศทาง โดยมี k(e) กำกับเส้นเชื่อม e แทนความจุ (capacity) ซึ่งคือจำนวนการถ่ายเทมากที่สุดซึ่งสามารถผ่าน e ได้ เราเรียกการถ่ายเทในข่ายงานซึ่งมี a เป็นจุดจ่าย (source vertex) และ z เป็นจุดรับ (sink vertex) ว่าการถ่ายเท a-z โดยมี f(e) ของเส้นเชื่อมต่างๆ แทนจำนวนการถ่ายเทในเส้นเชื่อม e การถ่ายเท a-z มีคุณสมบัติดังนี้

(1) การถ่ายเทในเส้นเชื่อมใดจะต้องมีขนาดไม่เกินความจุของเส้นเชื่อมนั้น นั่นคือ

$$0 \le f(e) \le k(e)$$

(2) ไม่มีการถ่ายเทใดเข้าสู่จุดจ่าย a และไม่มีการถ่ายเทใดออกจากจุดรับ z

(3) ณ จุดใดๆ ในข่ายงานซึ่งไม่ใช่จุดจ่ายและจุดรับ ผลรวมของการถ่ายเทเข้าสู่จุดย่อมเท่ากับผลรวมของการถ่ายเทออกจากจุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเซตของจุดในข่ายงานหนึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 เซตย่อย คือ P และ P' (P' คือส่วนเติมเต็มของเซต P) ให้ (P,P') คือเซตของเส้นเชื่อม e = (x,y) โดยที่ x ∈ P และ y ∈ P' เป็นเซตของเส้นเชื่อมทั้งหมดซึ่งมีทิศทางจากจุดในเซต P ไปยังจุดใจเซต P' นั่นคือถาเราลบเส้นเชื่อมในเซต (P,P') ออกจากข่ายงานให้ทั้งหมด จะทำให้ไม่มีทิศทางเดินใดๆ จาก P ไปสู่ P'ได้เลย เราเรียก (P, P') ว่าเป็นชุดตัด (cut) โดยมี k(P, P') แทนความจุของชุดตัด ซึ่งคือผลรวมของความจุของเส้นเชื่อมทั้งหมดในชุดตัด (P, P') ตัวอย่างเช่นถ้าจุดในข่ายงานในรูปที่ 2.20 (ข) ถูกแบ่งออกเป็น P = {a, b, d} และ P' = {c, g, z} จะได้ว่าชุดตัด (P, P') ประกอบด้วยเส้นเชื่อม (b,c) (d,c) และ (d,g) แต่จะไม่รวม (g,b) เพราะเป็นเส้นเชื่อมที่มีทิศทางจาก P'ไปยัง Pและมี k(P, P') = 3+2+2 = 7 ถ้าให้จุดจ่าย a∈P และจุดรับ z∈P' เราจะเรียก (P, P') ว่าเป็นชุดตัด a-z

ในกรณีที่ P แทนเซตของจุดใดๆในข่ายงานซึ่งไม่รวมจุดจ่าย a และจุดรับ z จะได้คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของการถ่ายเทในข่ายงานว่า ผลรวมของการถ่ายเททั้งหมดเข้าสู่ P เท่ากับผลรวมของการถ่ายเททั้งหมดออกจาก P นั่นคือ

(4) $$\sum_{e\in(P',P)} f(e) = \sum_{e\in(P,P')} f(e)$$

ซึ่งสรุปได้จากคุณสมบัติข้อที่ 3 ข้างต้น และถ้าให้ P เป็นเซตของทุกๆจุดในข่ายงานยกเว้นจุด a และ z นั่นคือ P' = {a,z} จะได้ว่า

จำนวนการถ่ายเทที่ออกจากจุดจ่าย a = $$\sum_{e\in(P',P)} f(e)$$

และ

จำนวนการถ่ายเทที่เข้าสู่จุดรับ z = $$\sum_{e\in(P,P')} f(e)$$

ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นทฤษฎีบทข้างล่างนี้

ทฤษฎีบทที่ 1

การถ่ายเท a-z ในข่ายงานใดๆซึ่งมี a เป็นจุดจ่ายและ z เป็นจุดรับจำนวนการถ่ายเทออกจากจุด a ย่อมเท่ากับจำนวนการถ่ายเทเข้าสู่จุด z

กำหนดให้ f แทนการถ่ายเทออกจากจุดจ่าย a-z ของข่ายงานหนึ่ง และ |f| แทนจำนวนการถ่ายเทของ f ซึ่งคือจำนวนการถ่ายเทออกจากจุดจ่าย a (เท่ากับจำนวนการถ่ายเทเข้าสู่จุดรับ z) ทฤษฎีบทต่อไปนี้แสดงถึงค่ามากที่สุดของ |f| ของข่ายงาน

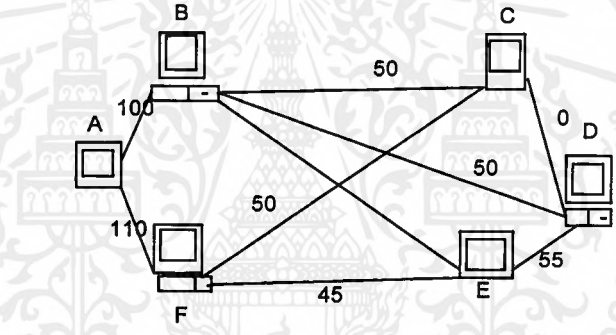
ทฤษฎีบทที่ 2

ในข่ายงานหนึ่งซึ่งมี a เป็นจุดจ่ายและ z เป็นจุดรับ f ซึ่งคือ การถ่ายเท a-z ใดๆ จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุของชุดตัด a-z (P, P') ใดๆ ในข่ายงานนั้น

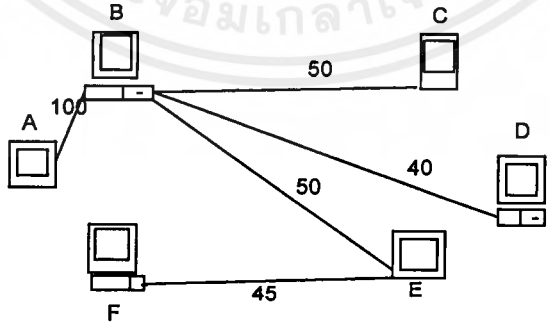
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Minimum spanning tree

สมมติให้บริษัทแห่งหนึ่งมีความประสงค์จะต่อศูนย์คอมพิวเตอร์ ซึ่งกระจายตามเมืองต่างๆ เข้าด้วยกัน ด้วยการเช่าสายโทรศัพท์เพื่อรับส่งข้อมูล ในกรณีที่ทางองค์การโทรศัพท์มีคู่สายให้เช่าระหว่างเมือง ในราคาที่ต่างๆ กันดังแสดงในรูปที่ 2.20 ก อยากทราบว่าทางบริษัทควรจะเช่าคู่สายใดบ้าง เพื่อให้ศูนย์คอมพิวเตอร์ทุกๆ ศูนย์ติดต่อกันได้ ด้วยค่าใช้จ่ายของสายโทรศัพท์ที่ต่ำที่สุด ปัญหานี้สามารถถูกจำลองได้ด้วยข่ายงาน ซึ่งมีจุดแทนศูนย์คอมพิวเตอร์เส้นเชื่อมแทนสายโทรศัพท์ระหว่างศูนย์ซึ่งองค?การโทรศัพท์สามารถต่อให้ได้ และมีราคาค่าเช่าสายโทรศัพท์ดังกล่าวเป็นน้ำหนักกำกับบนเส้นเชื่อมแต่ละเส้น เนื่องจากต้นไม้แบบทอดข้ามของกราฟใดๆ จะประกอบด้วยจุดทุกๆ จุดของกราฟนั้น และจากคุณสมบัติของต้นไม้ จะมีทางเดินระหว่างทุกๆ คู่จุดในต้นไม้ ดังนั้นคำตอบของปัญหานี้คือ การหาต้นไม้แบบทอดข้ามของข่ายงานนี้ ซึ่งมีผลรวมของน้ำหนักของเส้นเชื่อมขายของต้นไม้แบบทอดข้ามที่น้อยที่สุด เราเรียกต้นไม้ดังกล่าว ว่าต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด (minimum spanning tree) ดังแสดงในรูปที่ 2.20 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.20 ข่ายงานเครื่องคอมพิวเตอร์ และต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงอัลกอริทึมในการหาต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด 2 วิธี ที่จัดได้ว่าเป็นอัลกอริทึมประเภทละโมบ(greedy algorithm) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ตัดสินใจเลือกหนทางไปสู่คำตอบดีที่สุดภายใต้สภาพปัจจุบัน โดยทั่วไปการหาคำตอบด้วยวิธีละโมบนี้ จะไม่ประกันว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดเสมอไป เนื่องจากหนทางซึ่งใช้ตัดสินใจว่าดีที่สุดในปัจจุบัน อาจไม่ใช่หนทางที่ดีที่สุดในอนาคต แต่อัลกอริทึมทั้งสองซึ่งจะนำเสนอต่อไปนี้ จะสามารถหาต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุดได้ ถึงแม้จะเป็นอัลกอริทึมแบบละโมบก็ตาม

อัลกอริทึมของครูสกัล

โจเซฟ เบอร์นาร์ด ครูสกัล (Joseph Bernard Kruskal) ได้เสนอวิธีการหาต้นไม้ แบบทอดข้ามเล็กที่สุดเมื่อปี ค.ศ.1956 ซึ่งมีขั้นตอนการหาง่ายๆ ดังนี้

1. เลือกเส้นเชื่อมสั้นที่สุดมาหนึ่งเส้น ให้เส้นเชื่อมดังกล่าวเป็นกิ่งหนึ่งของต้นไม้แบบทอดข้ามที่กำลังหา
2. เลือกเส้นเชื่อมสั้นที่สุดซึ่งยังไม่ได้ถูกเลือก และไม่ก่อให้เกิดวงจรเมื่อรวมเส้นเชื่อมนี้เข้าในต้นไม้แบบทอดข้ามที่กำลังหา
3. เลือกเส้นเชื่อมต่อไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 2 จนกว่าจะมีเส้นเชื่อมถูกเลือกเป็นจำนวน n - 1 เส้น โดย n คือจำนวนจุดในข่ายงาน

อัลกอริทึมของพริม

ในปี ค.ศ. 1959 โรเบิร์ต พริม (Robert Prim) ได้เสนอวิธีการหาต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุดอีกวิธีหนึ่งดังนี้

1. เลือกเส้นเชื่อมสั้นที่สุดมาหนึ่งเส้น ให้เส้นเชื่อมดังกล่าวเป็นกิ่งหนึ่งของต้นไม้แบบทอดข้ามที่กำลังหา
2. เลือกเส้นเชื่อมสั้นที่สุดที่ยังไม่ได้ถูกเลือก ซึ่งต่อกับจุดของกิ่งในต้นไม้แบบทอดข้ามที่หาได้ก่อนหน้านี้ และไม่ก่อให้เกิดวงจรเมื่อรวมเส้นเชื่อมนี้เข้าในต้นไม้แบบทอดข้ามที่กำลังหา (นั่นคือเส้นเชื่อมที่เลือกมานี้ต้องต่อกับต้นไม้ที่หาได้เพียงหนึ่งจุดเท่านั้น)
3. เลือกเส้นเชื่อมต่อไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 2 จนกว่าจะมีเส้นเชื่อมถูกเลือกเป็นจำนวน n - 1 เส้น โดยที่ n คือจำนวนจุดในข่ายงาน

ข้อแตกต่างของอัลกอริทึมทั้งสองอยู่ที่เงื่อนไขในการเลือกเส้นเชื่อมในขั้นตอนที่ 2 โดยอัลกอริทึมของครูสกัลเลือกเส้นเชื่อมสั้นที่สุดในกราฟ ในขณะที่อัลกอริทึมของพริม จะเลือกเฉพาะเส้นเชื่อมซึ่งติดกับต้นไม้แบบทอดข้ามที่หาได้ เนื่องจากข่ายงานหนึ่งๆ อาจมีต้นไม้แบบทอดข้ามได้เล็กที่สุดได้หลายต้น (ซึ่งมีผลรวมของน้ำหนักเท่ากัน) ดังนั้นในกรณีที่มีเส้นเชื่อมสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดให้เลือกได้มากกว่าเส้นหนึ่ง จะเลือกเส้นใดก็ได้ เราสามารถพิสูจน์ว่าวิธีของพริมนั้นหาต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุดได้จริงดังต่อไปนี้

สมมติให้ลำดับของเส้นเชื่อมซึ่งถูกเลือกจากข่ายงาน G ที่มี n จุด โดยใช้วิธีของพริม คือ $e_1, e, \ldots, e_{n-1}$ ให้ P คือต้นไม้ซึ่งประกอบด้วยเส้นเชื่อม $e_1, e, \ldots, e$ ที่หาได้ระหว่างการใช้วิธีของพริมในรอบที่ i ถ้า T คือต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด ซึ่งมีเส้นเชื่อม $e_1, e, \ldots, e_k$ เป็นจำนวนมากที่สุดซึ่งเหมือนกับเส้นเชื่อมที่ถูกเลือกโดยวิธีของพริม เราจะพิสูจน์ว่า $P_{n-1} = T$ (นั่นคือต้นไม้ที่หาได้จากวิธีของพริม ก็คือต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด

ถ้า $P_{n-1} \neq T$ แสดงว่า $k < n-1$ ซึ่งหมายความว่า T ประกอบด้วย $e_1, e, \ldots, e_k$ ซึ่งเหมือนกับเส้นเชื่อมที่เลือกโดยวิธีของพริม แต่ e_{k+1} ซึ่งเลือกจากวิธีของพริมไม่ใช่เส้นเชื่อมของ T ให้ e_{k+1} คือเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุด a และ b ถ้าเราเติมเส้นเชื่อม e_{k+1} เข้าในต้นไม้ T จะพบว่าเกิดวงจรขึ้น (เนื่องจาก T เป็นต้นไม้แบบทอดข้ามของข่ายงาน G แสดงว่ามีทางเดิน q ทางหนึ่งเชื่อมต่อระหว่างจุด a และ b อยู่แล้ว) โดยวงจรที่เกิดขึ้นต้องมา e_{k+1} เป็นเส้นเชื่อมหนึ่งของวงจรนั้น และในวงจรนี้ต้องมีเส้นเชื่อม e* เส้นหนึ่งบนทางเดิน q ที่ไม่อยู่ใน P_{k+1} (เนื่องจาก P_{k+1} ก็เป็นต้นไม้) การที่ e_{k+1} ถูกเลือกในรอบที่ $k+1$ โดยวิธีของพริมแสดงว่า e_{k+1} สั้นกว่า e* นั่นคือถ้าลบ e* ออกจาก T แล้วเพิ่ม e_{k+1} เข้าไปแทนจะได้ต้นไม้แบบทอดข้ามที่เล็กกว่า จึงขัดกับนิดยามของ T ว่าเป็นต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด แต่ถ้า e_{k+1} ยาวเท่ากับ e* หากเราลบ e* ออกจาก T และเติม e_{k+1} เข้าไปแทน ก็จะได้ต้นไม้แบบทิดข้ามต้นใหม่ซึ่งมีขนาดเท่ากับ T นั่นหมายความหมายว่า มีต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุดอีกต้นหนึ่งซึ่งมีเส้นเชื่อม $e_1, e, \ldots, e_{k+1}$ ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐานของ T ที่ได้ตั้งไว้ ดังนั้นต้องมี T ที่เหมือนกับ P_{n-1} (นั่น คือ $k = n-1$) จึงเป็นการพิสูจน์ว่าเส้นเชื่อมที่ได้จากวิธีของพริม ประกอบกันเป็นต้นไม้แบบทอดข้ามเล็กที่สุด

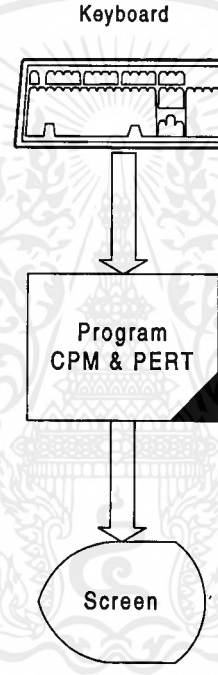
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโปรแกรม

ในบทนี้จะแสดง System Flow Diagram และ Flow chart ของโปรแกรม Frstpge อันได้แก่ CPM &PERT , Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree ดังนี้

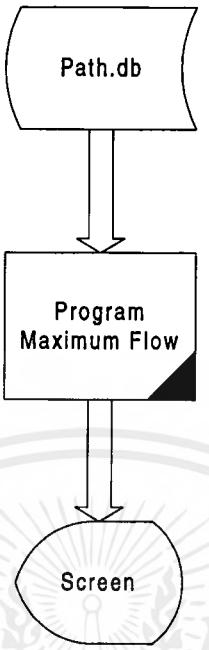
จากรูปที่ 3.1 เป็นส่วนการคำนวณของ CPM และ PERT จะรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดแล้วจึงนำมาคำนวณ เมื่อได้ผลลัพธ์จึงนำออกแสดงที่จอภาพ



รูปที่ 3.1 System Flow Diagram ของ CPM & PERT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 เป็นการทำงานในส่วนของ Maximum Flow ซึ่งจะเก็บข้อมูลลงในไฟล์ชื่อ Path.db แล้วจึงนำไปคำนวณหา Flow ที่มากที่สุด เมื่อได้ผลลัพธ์จึงนำออกแสดงที่จอภาพ

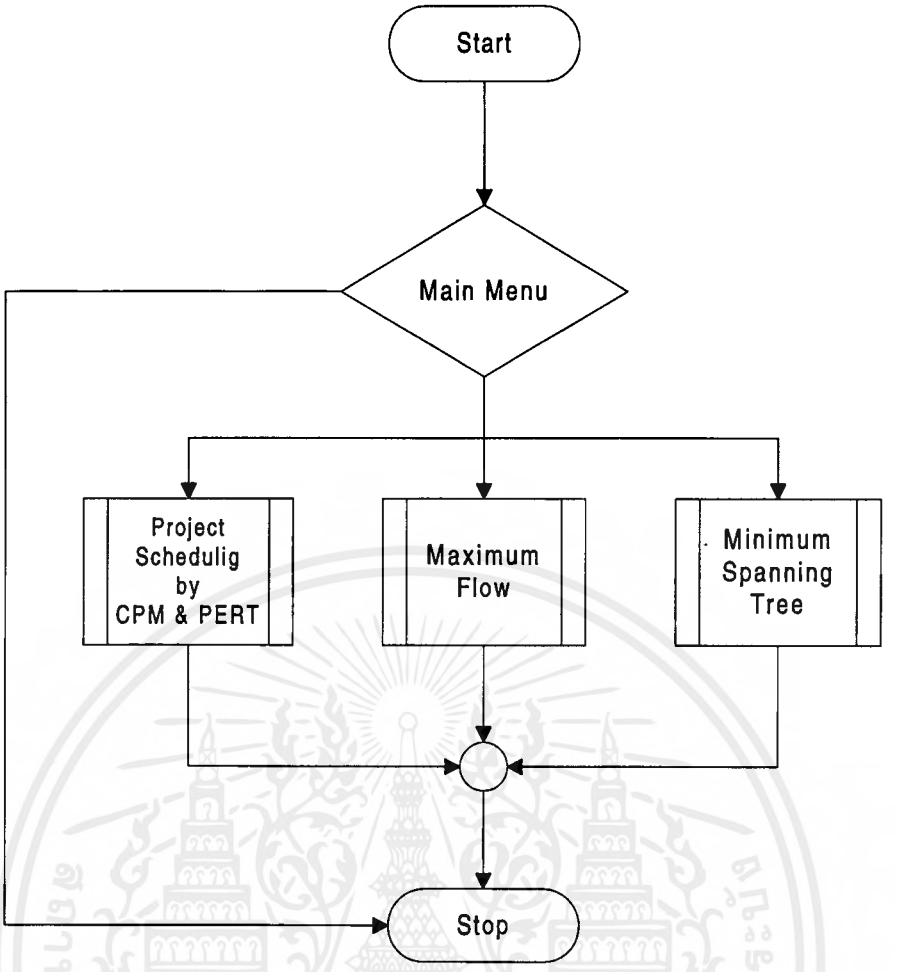


รูปที่ 3.2 System Flow Diagram ของ Maximum Flow

จากรูปที่ 3.3 เป็นการทำงานในส่วนของ Minimum Spanning Tree ซึ่งจะเก็บข้อมูลลงในไฟล์ชื่อ Way.db แล้วจึงนำไปคำนวณหาเส้นทางที่น้อยที่สุดที่เชื่อมทุกโหนดเข้าด้วยกัน เมื่อได้ผลลัพธ์จึงนำออกแสดงที่จอภาพ

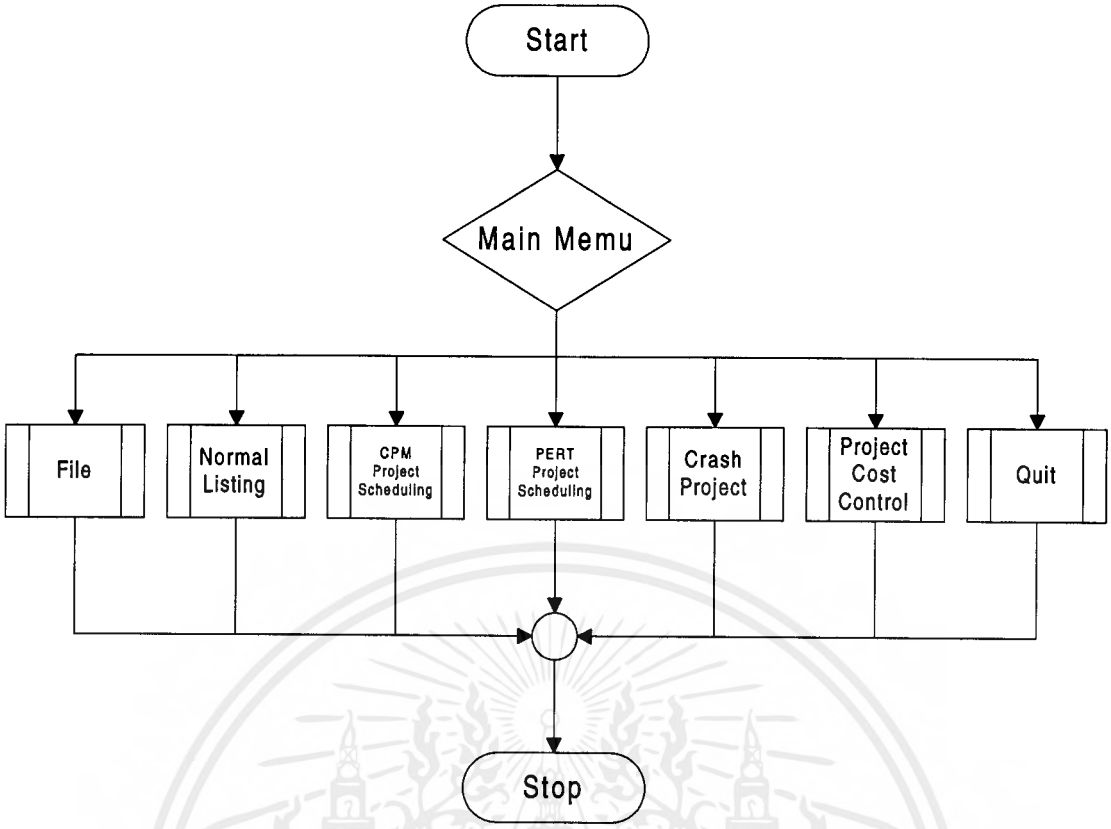
รูปที่ 3.3 System Flow Diagram ของ Minimum Spanning Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



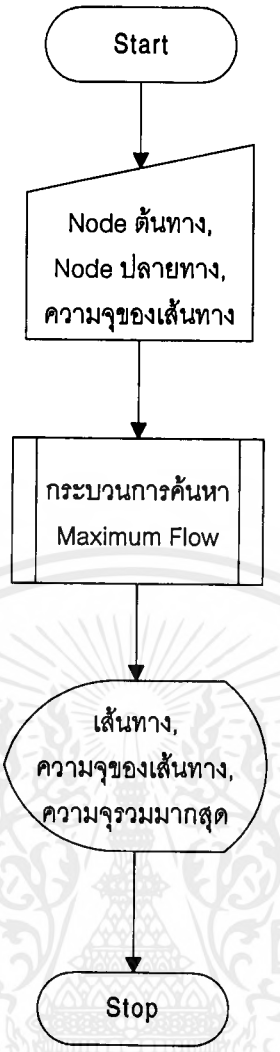
รูปที่ 3.4 Flow Chart ของโปรแกรม Frstpge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



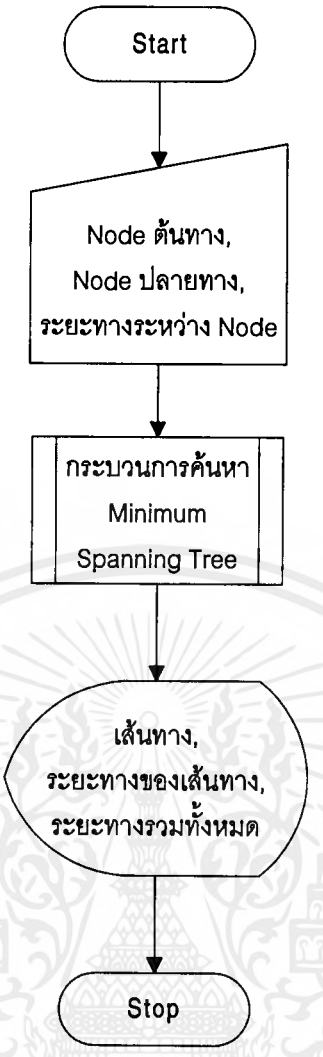
รูปที่ 3.5 Flow Chart ของCPM&PERT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 Flow Chart ของ Maximum Flow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



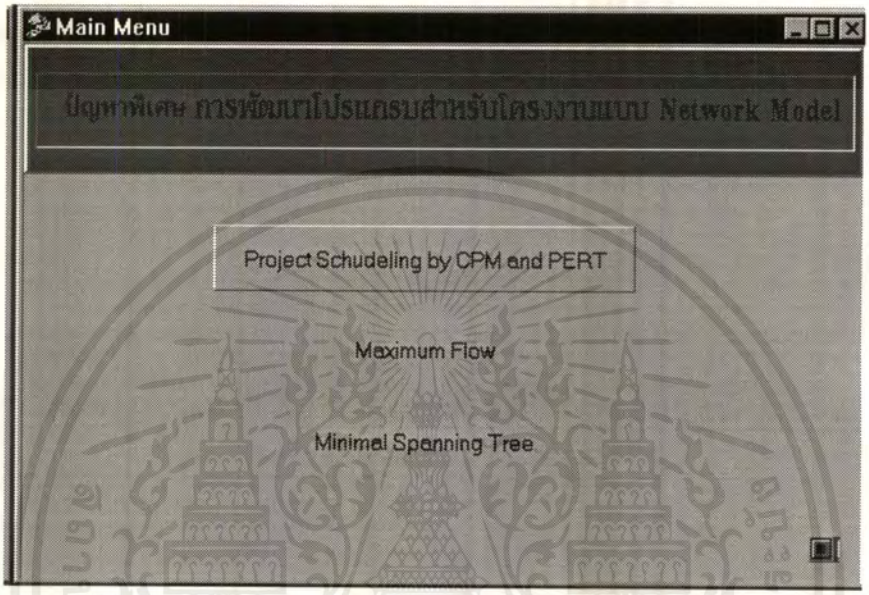
รูปที่ 3.7 Flow Chart ของ Minimum Spanning Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เมื่อเรียกโปรแกรม Frstpge จะแสดงหน้าจอดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงเมนูหลัก

เมื่อคลิ๊กปุ่ม "Project Scheduling by CPM and PERT" จะเป็นการเข้าไปทำงานในส่วนของการคำนวณของ CPM และ PERT

เมื่อคลิ๊กปุ่ม "Maximum Flow" จะเป็นการเข้าไปทำงานในส่วนของ Maximum Flow

เมื่อคลิ๊กปุ่ม "Minimum Spanning Tree" จะเป็นการเข้าไปทำงานในส่วนของ Minimum Spanning Tree

CPM และ PERT

สำหรับในส่วนการคำนวณของ CPM และ PERT โปรแกรมที่ใช้แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการป้อนข้อมูลสำหรับระบบ และส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลกับการพิมพ์รายงานผลการประมวลผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล

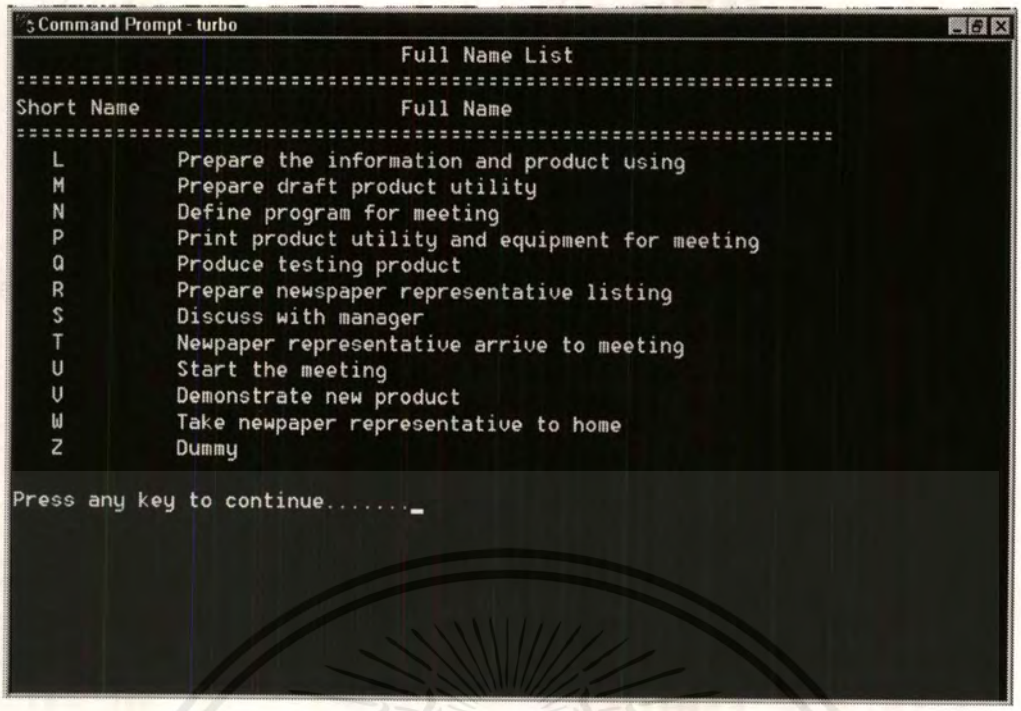
ก่อนที่เราจะเครื่องคอมพิวเตอร์ เราจะต้องเตรียมข้อมูลให้กับโปรแกรม ในการวางแผนงานเมื่อเราได้รับโครงการมาแล้วจะต้องทำการออกแบบ Network สำหรับโครงการและแบ่งแยกโครงการเป็นงานย่อยๆ เมื่อได้ออกแบบ Network แล้วจะต้องประมาณค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมย่อย ซึ่งงานในส่วนนี้สำคัญมากจะต้องประมาณให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดหลังจากที่เราได้ Network และรายละเอียดทั้งหมดแล้วจึงนำค่าต่างๆ ใน Network มาบันทึกในแฟ้มข้อมูลของโปรแกรมโดยการรับ input ข้อมูลเข้ามาทาง keyboard จำนวนกิจกรรมที่จะบันทึกข้อมูลมีได้ไม่จำกัด สำหรับเมนูหลักของ CPM และ PERT แสดงได้ดังนี้

รูปที่ 4.2 เมนูหลักของ CPM และ PERT

รายงานที่ได้จากการประมวลผล

ข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล จะใช้ข้อมูลจากกรณีศึกษาโครงการแนะนำผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ออกสู่ตลาด เมื่อนำข้อมูลเข้าประมวลผลในส่วนของ CPM และ PERT และให้แสดงรายชื่อต่างๆ จะแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ชื่อย่อและชื่อเต็มของกิจกรรม

การกำหนดเวลาโครงการโดยวิธี CPM

ในการประมวลผลแบบนี้จะใช้ต่อเมื่อทราบค่าเวลาที่แน่นอน ในที่นี้เราใช้ค่าข้อมูลที่บันทึกในช่อง Optimistic Time (a) ดังรูปที่ 4.4 ได้ดังนี้

รูปที่ 4.4 ข้อมูลการกำหนดโครงการโดยวิธี CPM

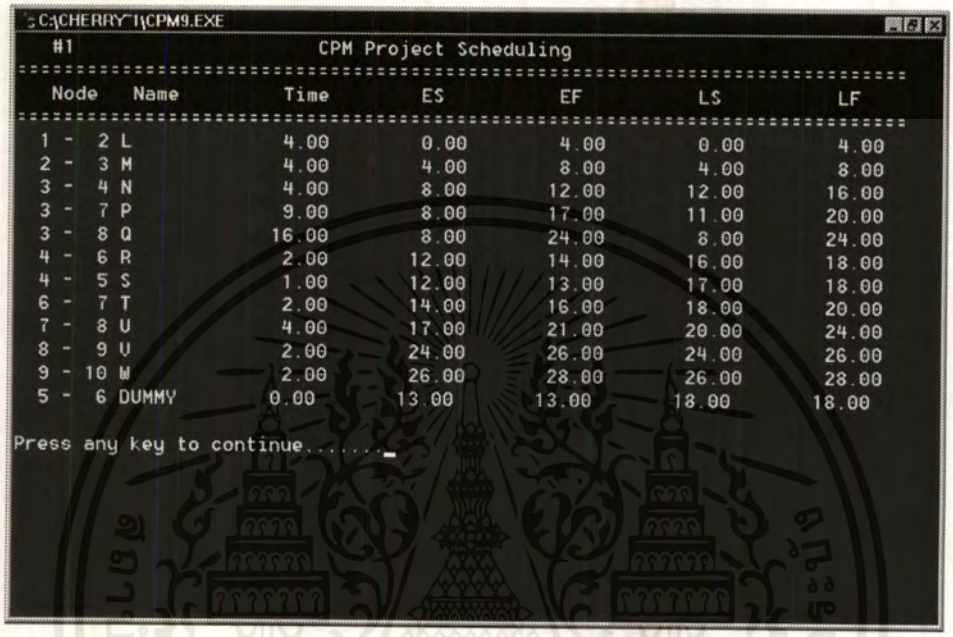
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดเวลาเริ่มต้นเร็วสุด (ES) ช้าสุด (LS) และแล้วเสร็จเร็วสุด (EF) ช้าสุด (LF) และรูปที่ 4.6 แสดงความยืดหยุ่นชนิดต่างๆ ของแต่ละงาน

TF หมายถึง เวลายืดหยุ่นรวมเป็นค่าผลรวมระหว่างเวลายืดหยุ่นให้เปล่า และเวลายืดหยุ่น อิสระ

FF หมายถึง เวลายืดหยุ่นให้เปล่า

IF หมายถึง เวลายืดหยุ่นอิสระ



C:\CHERRY~1\CPM9.EXE

#1 CPM Project Scheduling

Node	Name	Time	ES	EF	LS	LF
1 - 2	L	4.00	0.00	4.00	0.00	4.00
2 - 3	M	4.00	4.00	8.00	4.00	8.00
3 - 4	N	4.00	8.00	12.00	12.00	16.00
3 - 7	P	9.00	8.00	17.00	11.00	20.00
3 - 8	Q	16.00	8.00	24.00	8.00	24.00
4 - 6	R	2.00	12.00	14.00	16.00	18.00
4 - 5	S	1.00	12.00	13.00	17.00	18.00
6 - 7	T	2.00	14.00	16.00	18.00	20.00
7 - 8	U	4.00	17.00	21.00	20.00	24.00
8 - 9	V	2.00	24.00	26.00	24.00	26.00
9 - 10	W	2.00	26.00	28.00	26.00	28.00
5 - 6	DUMMY	0.00	13.00	13.00	18.00	18.00

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.5 ผลการกำหนดเวลาให้กับงานแต่ละงานโดยวิธี CPM

C:\CHERRY~1\CPM9.EXE

#2 CPM Project Scheduling

Node	Name	TF	FF	IF
1 - 2	L	0.00	0.00	0.00
2 - 3	M	0.00	0.00	0.00
3 - 4	N	4.00	0.00	-4.00
3 - 7	P	3.00	0.00	-3.00
3 - 8	Q	0.00	0.00	0.00
4 - 6	R	4.00	0.00	-4.00
4 - 5	S	5.00	0.00	-5.00
6 - 7	T	4.00	0.00	-4.00
7 - 8	U	3.00	0.00	-3.00
8 - 9	V	0.00	0.00	0.00
9 - 10	W	0.00	0.00	0.00
5 - 6	DUMMY	5.00	0.00	-5.00

Critical line is :LMQUW
Finist work time is : 28.00

* comment time unit is Days money unit is Baht

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.6 ค่าความยืดหยุ่นของงานแต่ละงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดเวลาโครงการโดยวิธี PERT

Command Prompt - turbo

PERT Normal List

Work	a	M	b	ti	Vti
L	4.00	4.00	5.00	4.17	0.03
M	4.00	3.00	10.00	4.33	1.00
N	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00
P	9.00	8.00	8.00	8.17	0.03
Q	16.00	17.00	20.00	17.33	0.44
R	2.00	2.00	3.00	2.17	0.03
S	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
T	2.00	2.00	3.00	2.17	0.03
U	4.00	4.00	5.00	4.17	0.03
V	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
W	2.00	2.00	3.00	2.17	0.03
Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.7 ข้อมูลการกำหนดเวลาโครงการโดยวิธี PERT

รูปที่ 4.8 จะแสดงค่าเวลาเร็วสุด (Ei) เวลาช้าสุด (Li) และค่า Slack ของแต่ละเหตุการณ์

Command Prompt - turbo

#1 PERT Project Scheduling

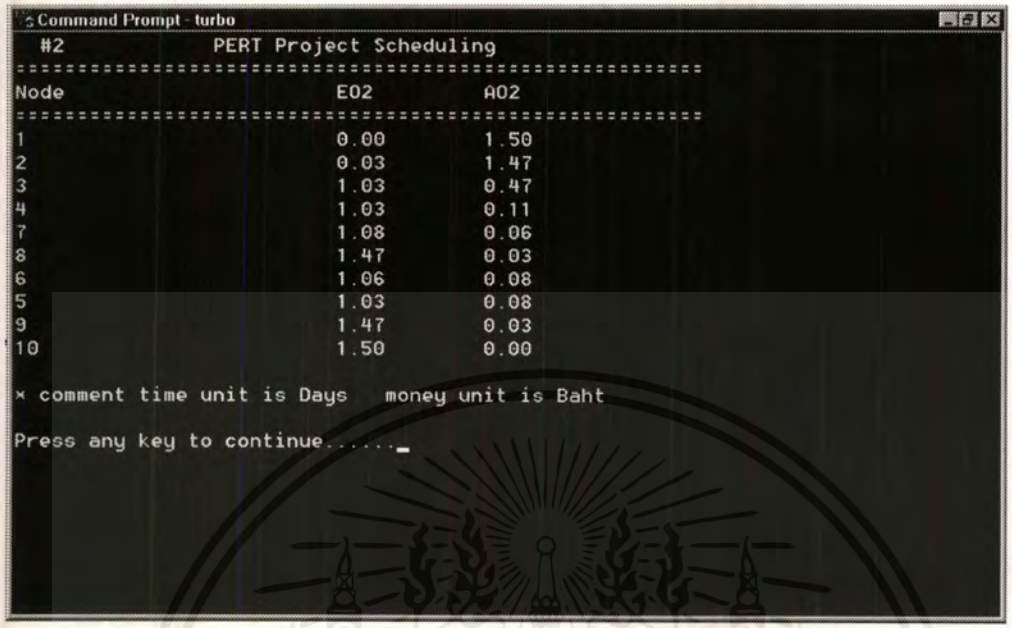
Node	Ei	Li	Slack	Critical Line
1	0.00	0.00	0.00	Yes
2	4.17	4.17	0.00	Yes
3	8.50	8.50	0.00	Yes
4	12.50	17.33	4.83	
7	16.83	21.67	4.83	
8	25.83	25.83	0.00	Yes
6	14.67	19.50	4.83	
5	13.50	19.50	6.00	
9	27.83	27.83	0.00	Yes
10	30.00	30.00	0.00	Yes

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.8 ค่าเวลาเร็วสุด-ช้าสุดและค่า Slack ของแต่ละเหตุการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ค่าความแปรปรวนของเหตุการณ์เกิดขึ้นเร็วสุด (EO_2) และความแปรปรวนของเหตุการณ์เกิดขึ้นช้าสุด (AO_2) ของแต่ละเหตุการณ์



รูปที่ 4.9 ค่าความแปรปรวนของการเกิดเหตุการณ์ เร็วสุดและช้าสุด

ผลจากการประมวลผลข้อมูลโดยวิธีของ PERT สามารถสรุปผลได้ดังนี้

งานที่เป็นสายงานวิกฤติคือ L, M, N, P, Q, V, W

เวลารวมของสายงานวิกฤติ (T) $= t_L + t_M + t_N + t_Q + t_V + t_W$

$= 4 + 4 + 4 + 16$

$= 32$ วัน

ความแปรปรวนของสายวิกฤติ (V)

$= V_{tL} + V_{tM} + V_{tN} + V_{tQ} + V_{tV} + V_{tW}$

$= 0.11 + 1.78 + 0 + 4.00 + 0 + 0.11$

$= 6.02$ วัน

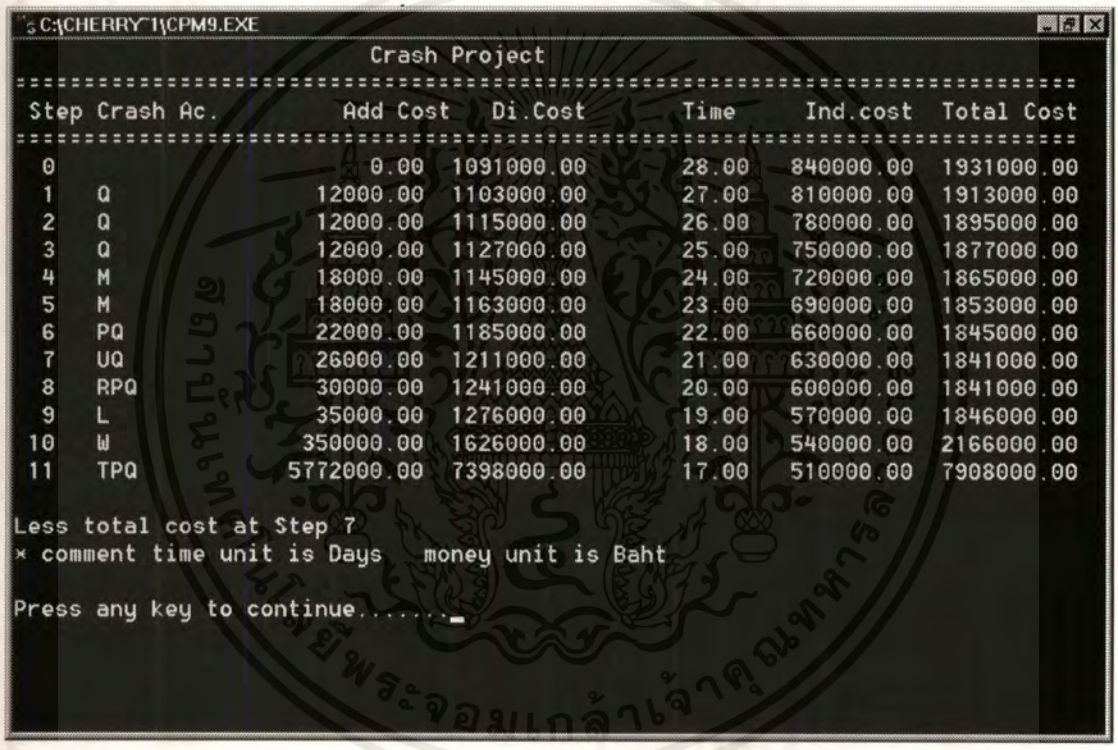
ดังนั้นความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสายงานวิกฤติ $= 6.02 = 2.45$ วัน

ผลที่ได้จากการคำนวณ หมายความว่าโครงการจะแล้วเสร็จด้วยเวลาเฉลี่ย 32 วัน โดยมีความแปรปรวนของเวลาแล้วเสร็จของโครงการ 6.02 วัน หรือความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแล้วเสร็จของโครงการเท่ากับ 2.45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเร่งโครงการ

กำหนดให้เงินสำรองของโครงการเท่ากับ 30,000 บาท จากรูปที่ 4.10 จะสังเกตเห็นว่างาน N, S และ V ไม่สามารถเร่งได้ ทั้งนี้เพราะเวลาที่กำหนดให้งานเหล่านั้น เป็นเวลาที่น้อยที่สุดแล้ว งาน L, T และ W มีอัตราเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายในการเร่งงานต่อวันสูงกว่า 30,000 บาท ซึ่งเป็นอัตราค่าใช้จ่ายทางอ้อมต่อวัน ที่สามารถลดลงมาได้ถ้าเร่งโครงการให้เสร็จเร็วขึ้น ดังนั้นงานเหล่านี้จึงไม่มีการพิจารณาเร่งงานเพราะทำให้ค่าใช้จ่ายของโครงการสูงขึ้นจากเดิม ส่วนงานที่เหลือสามารถเร่งได้ตามจำนวนวันที่แต่ละงานสามารถเร่งได้ เช่น งาน M สามารถเร่งให้เสร็จเร็วขึ้นได้ 2 วัน



C:\CHERRY~1\CPM9.EXE

Crash Project

Step	Crash Ac.	Add Cost	Di.Cost	Time	Ind.cost	Total Cost
0		0.00	1091000.00	28.00	840000.00	1931000.00
1	Q	12000.00	1103000.00	27.00	810000.00	1913000.00
2	Q	12000.00	1115000.00	26.00	780000.00	1895000.00
3	Q	12000.00	1127000.00	25.00	750000.00	1877000.00
4	M	18000.00	1145000.00	24.00	720000.00	1865000.00
5	M	18000.00	1163000.00	23.00	690000.00	1853000.00
6	PQ	22000.00	1185000.00	22.00	660000.00	1845000.00
7	UQ	26000.00	1211000.00	21.00	630000.00	1841000.00
8	RPQ	30000.00	1241000.00	20.00	600000.00	1841000.00
9	L	35000.00	1276000.00	19.00	570000.00	1846000.00
10	W	350000.00	1626000.00	18.00	540000.00	2166000.00
11	TPQ	5772000.00	7398000.00	17.00	510000.00	7908000.00

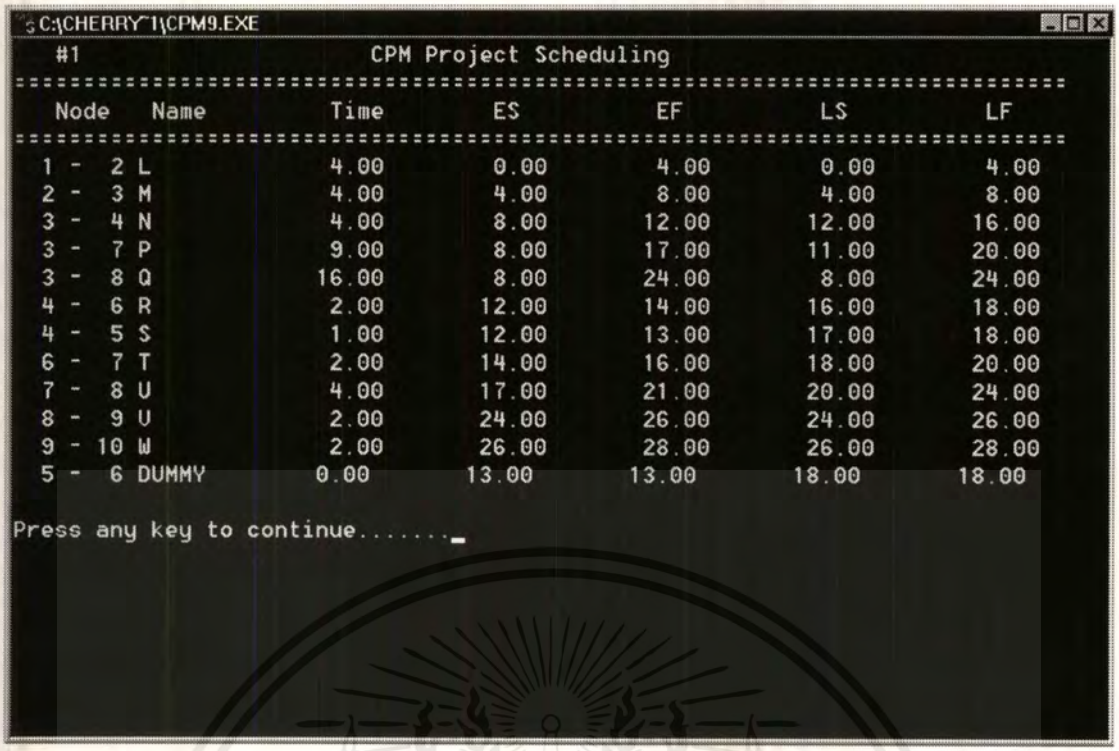
Less total cost at Step 7
× comment time unit is Days money unit is Baht

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.10 เวลาและค่าใช้จ่ายของงานต่างๆ ของโครงการทั้งแบบปกติและแบบเร่ง

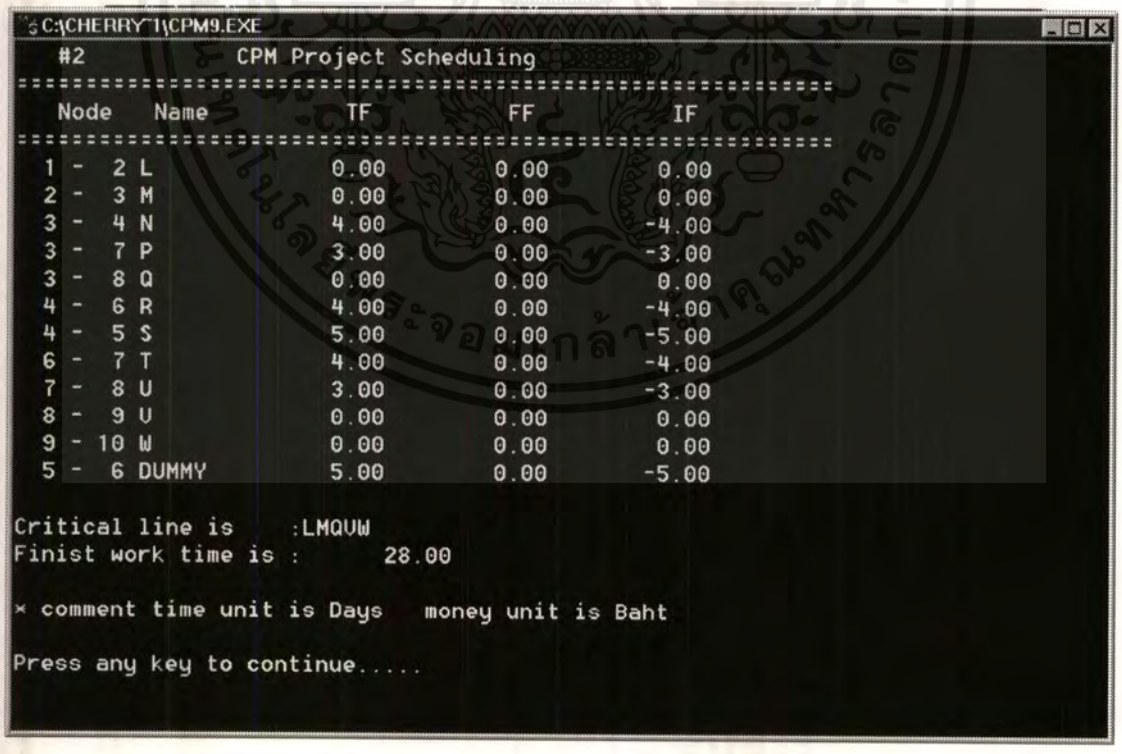
สำหรับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของโครงการ เมื่อทำงานด้วยอัตราปกติเท่ากับ 1,931,000 บาท และเวลาแล้วเสร็จของโครงการคือ 28 วัน เรียกขั้นตอนนี้ว่า การเร่งงานขั้นที่ 0 แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #1                    CPM Project Scheduling
================================================================================
  Node   Name        Time        ES          EF          LS          LF
================================================================================
  1 -  2 L          4.00        0.00        4.00        0.00        4.00
  2 -  3 M          4.00        4.00        8.00        4.00        8.00
  3 -  4 N          4.00        8.00       12.00       12.00       16.00
  3 -  7 P          9.00        8.00       17.00       11.00       20.00
  3 -  8 Q         16.00        8.00       24.00        8.00       24.00
  4 -  6 R          2.00       12.00       14.00       16.00       18.00
  4 -  5 S          1.00       12.00       13.00       17.00       18.00
  6 -  7 T          2.00       14.00       16.00       18.00       20.00
  7 -  8 U          4.00       17.00       21.00       20.00       24.00
  8 -  9 V          2.00       24.00       26.00       24.00       26.00
  9 - 10 W          2.00       26.00       28.00       26.00       28.00
  5 -  6 DUMMY      0.00       13.00       13.00       18.00       18.00

Press any key to continue.......
```

รูปที่ 4.11 การเร่งงานขั้นที่ 0



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #2          CPM Project Scheduling
============================================================
  Node   Name        TF          FF          IF
============================================================
  1 -  2 L          0.00        0.00        0.00
  2 -  3 M          0.00        0.00        0.00
  3 -  4 N          4.00        0.00       -4.00
  3 -  7 P          3.00        0.00       -3.00
  3 -  8 Q          0.00        0.00        0.00
  4 -  6 R          4.00        0.00       -4.00
  4 -  5 S          5.00        0.00       -5.00
  6 -  7 T          4.00        0.00       -4.00
  7 -  8 U          3.00        0.00       -3.00
  8 -  9 V          0.00        0.00        0.00
  9 - 10 W          0.00        0.00        0.00
  5 -  6 DUMMY      5.00        0.00       -5.00

Critical line is     :LMQUW
Finist work time is :      28.00

* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.....
```

รูปที่ 4.12 การเร่งงานขั้นที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

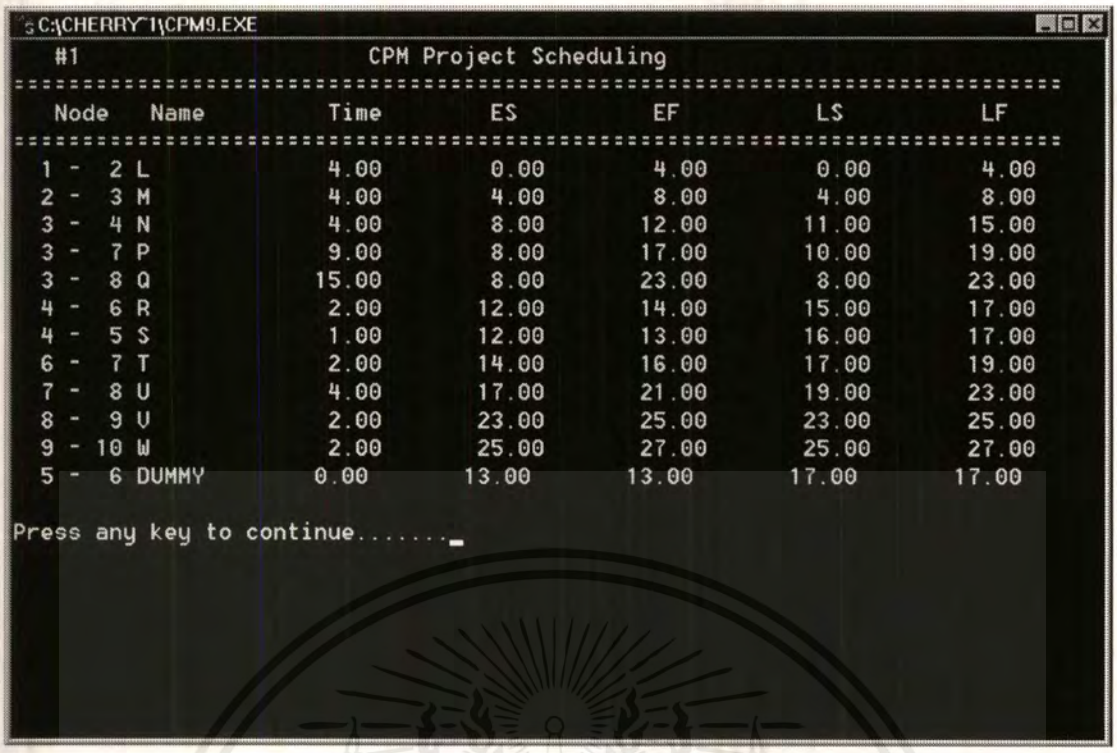
รูปที่ 4.13 การเร่งงานขั้นที่ 0

เนื่องจากเวลาแล้วเสร็จของโครงการขึ้นอยู่กับเวลาในสายงานวิกฤติ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเร่งงานทุกงานในโครงการ เพียงแต่เลือกเร่งงานในสายงานวิกฤติที่สามารถทำให้โครงการแล้วเสร็จเร็วขึ้น ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าที่เร่งงานทุกงาน สำหรับวิธีในการเร่งงานของโครงการพอสรุปเป็นขั้นๆ ได้ดังนี้

การเร่งงานขั้นที่ 1

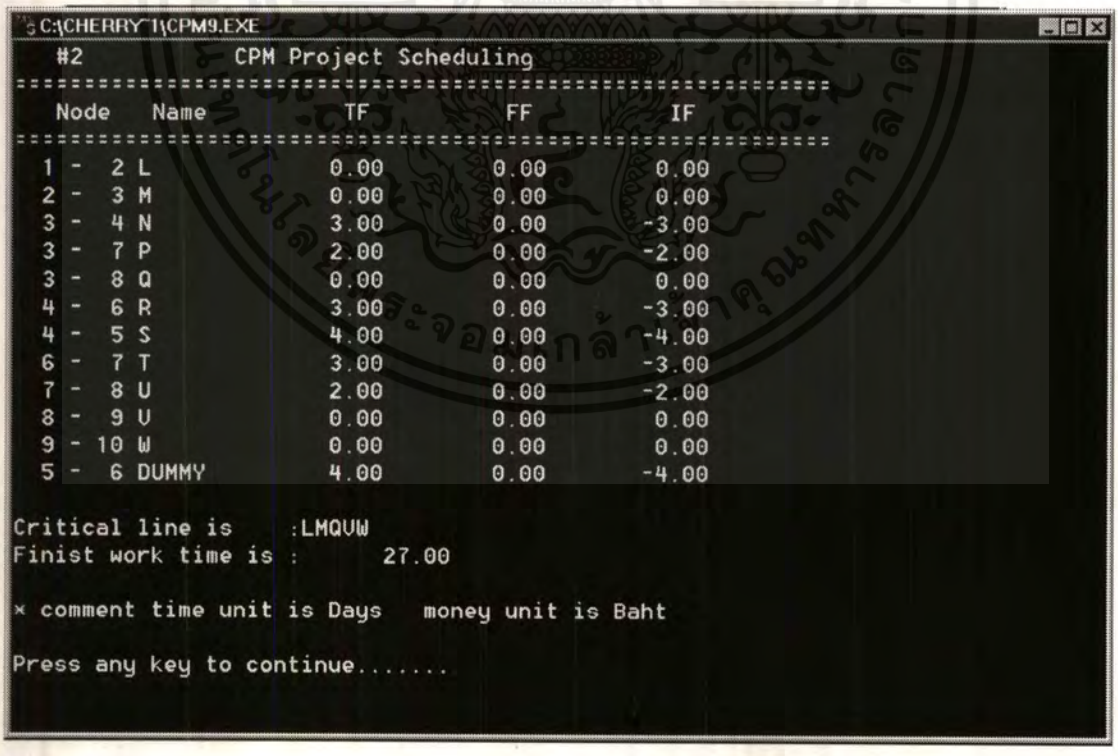
พิจารณาลดเวลางาน Q ลง 1 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 12,000 บาท แต่เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 27 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลง 81,000 บาท ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการลดลงเหลือ 1,913,000 บาท แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #1                    CPM Project Scheduling
================================================================================
  Node   Name        Time        ES          EF          LS          LF
================================================================================
  1 -  2 L          4.00        0.00        4.00        0.00        4.00
  2 -  3 M          4.00        4.00        8.00        4.00        8.00
  3 -  4 N          4.00        8.00       12.00       11.00       15.00
  3 -  7 P          9.00        8.00       17.00       10.00       19.00
  3 -  8 Q         15.00        8.00       23.00        8.00       23.00
  4 -  6 R          2.00       12.00       14.00       15.00       17.00
  4 -  5 S          1.00       12.00       13.00       16.00       17.00
  6 -  7 T          2.00       14.00       16.00       17.00       19.00
  7 -  8 U          4.00       17.00       21.00       19.00       23.00
  8 -  9 V          2.00       23.00       25.00       23.00       25.00
  9 - 10 W          2.00       25.00       27.00       25.00       27.00
  5 -  6 DUMMY      0.00       13.00       13.00       17.00       17.00

Press any key to continue.....
```

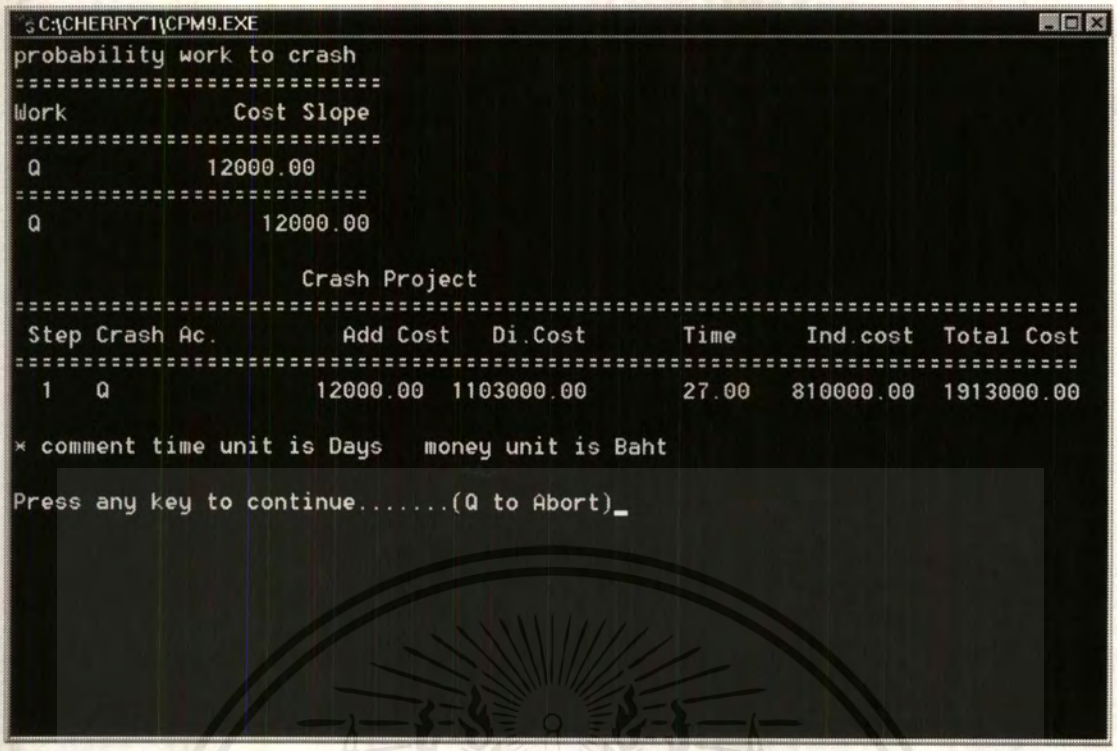
รูปที่ 4.14 การเร่งงานขั้นที่ 1



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #2          CPM Project Scheduling
================================================================
  Node   Name        TF          FF          IF
================================================================
  1 -  2 L          0.00        0.00        0.00
  2 -  3 M          0.00        0.00        0.00
  3 -  4 N          3.00        0.00       -3.00
  3 -  7 P          2.00        0.00       -2.00
  3 -  8 Q          0.00        0.00        0.00
  4 -  6 R          3.00        0.00       -3.00
  4 -  5 S          4.00        0.00       -4.00
  6 -  7 T          3.00        0.00       -3.00
  7 -  8 U          2.00        0.00       -2.00
  8 -  9 V          0.00        0.00        0.00
  9 - 10 W          0.00        0.00        0.00
  5 -  6 DUMMY      4.00        0.00       -4.00

Critical line is     :LMQVW
Finist work time is :       27.00

* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.....
```

รูปที่ 4.15 การเร่งงานขั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



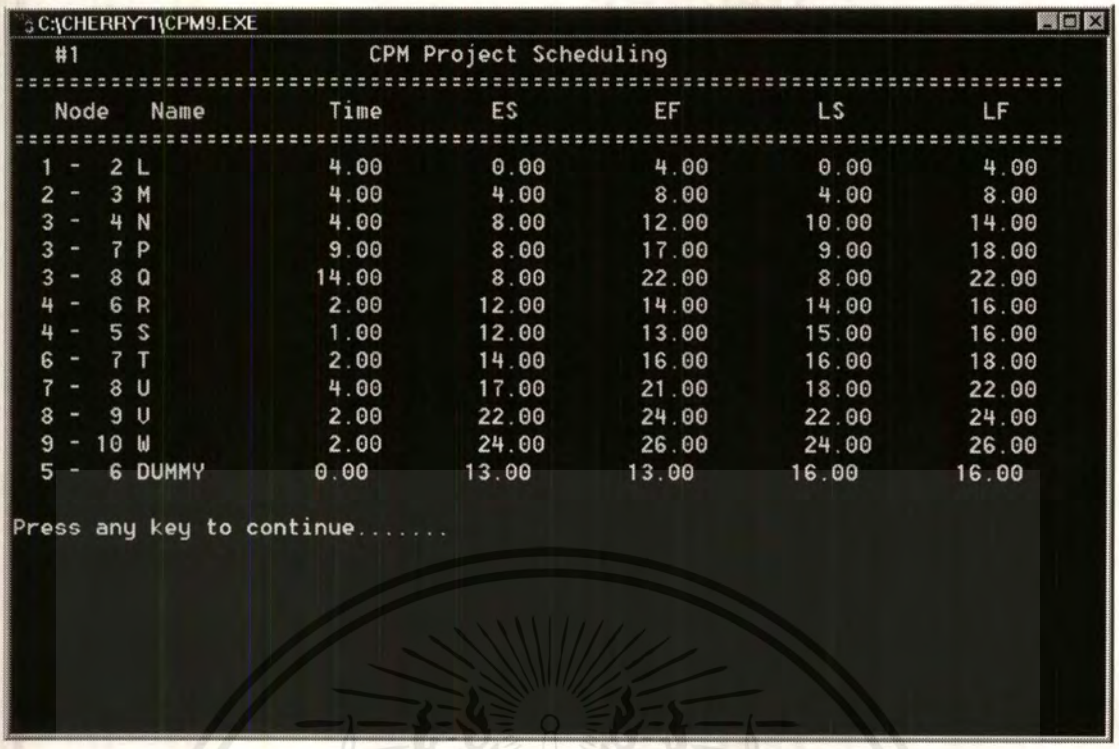
รูปที่ 4.16 การเร่งงานขั้นที่ 1

สายงานวิกฤติเปลี่ยนเป็น LMQVW

การเร่งงานขั้นที่ 2

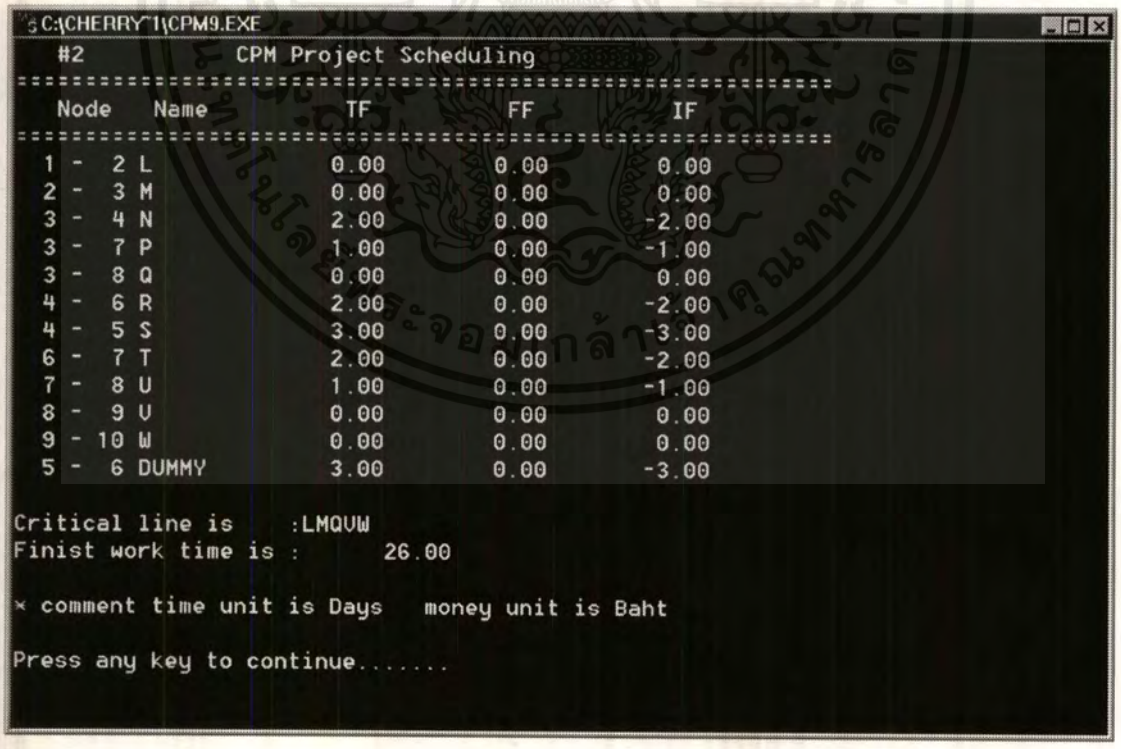
พิจารณาลดงาน Q ลง 1 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 12,000 บาท เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 26 วัน ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลง 780,000 บาท ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการลดลงเหลือ 1,895,000 บาท แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #1                    CPM Project Scheduling
================================================================================
  Node   Name         Time         ES         EF         LS         LF
================================================================================
  1 -  2 L           4.00       0.00       4.00       0.00       4.00
  2 -  3 M           4.00       4.00       8.00       4.00       8.00
  3 -  4 N           4.00       8.00      12.00      10.00      14.00
  3 -  7 P           9.00       8.00      17.00       9.00      18.00
  3 -  8 Q          14.00       8.00      22.00       8.00      22.00
  4 -  6 R           2.00      12.00      14.00      14.00      16.00
  4 -  5 S           1.00      12.00      13.00      15.00      16.00
  6 -  7 T           2.00      14.00      16.00      16.00      18.00
  7 -  8 U           4.00      17.00      21.00      18.00      22.00
  8 -  9 V           2.00      22.00      24.00      22.00      24.00
  9 - 10 W           2.00      24.00      26.00      24.00      26.00
  5 -  6 DUMMY       0.00      13.00      13.00      16.00      16.00

Press any key to continue.......
```

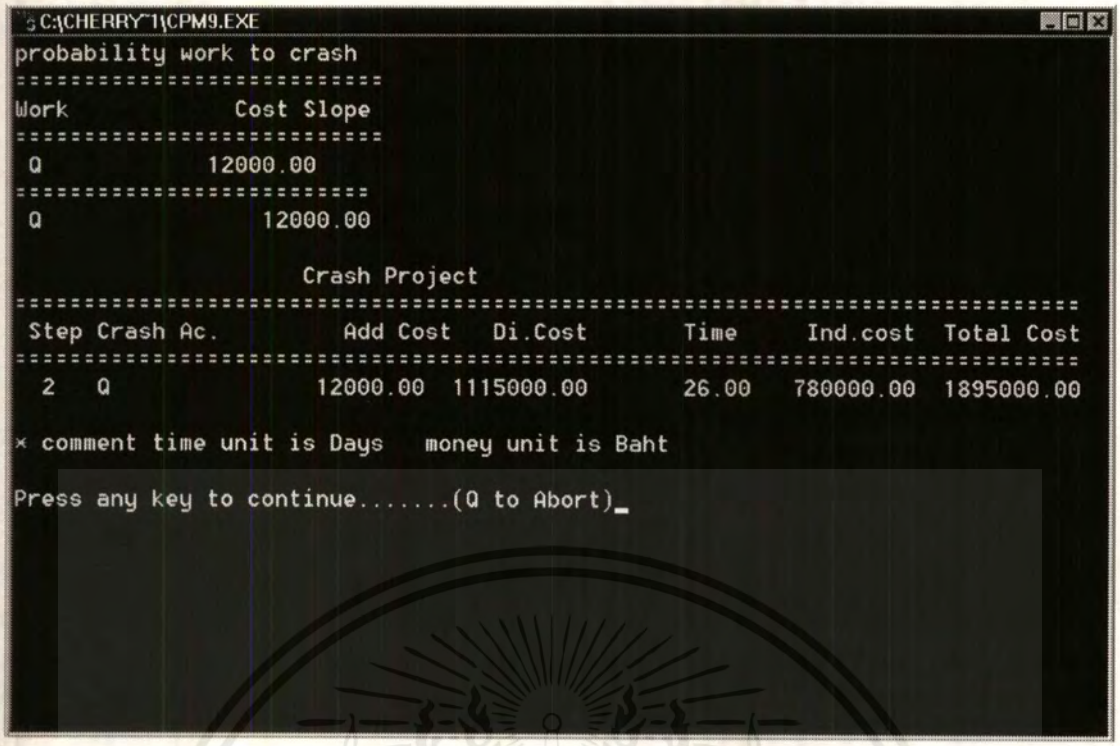
รูปที่ 4.17 การเร่งงานขั้นที่ 2



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #2            CPM Project Scheduling
============================================================
  Node   Name         TF         FF         IF
============================================================
  1 -  2 L           0.00       0.00       0.00
  2 -  3 M           0.00       0.00       0.00
  3 -  4 N           2.00       0.00      -2.00
  3 -  7 P           1.00       0.00      -1.00
  3 -  8 Q           0.00       0.00       0.00
  4 -  6 R           2.00       0.00      -2.00
  4 -  5 S           3.00       0.00      -3.00
  6 -  7 T           2.00       0.00      -2.00
  7 -  8 U           1.00       0.00      -1.00
  8 -  9 V           0.00       0.00       0.00
  9 - 10 W           0.00       0.00       0.00
  5 -  6 DUMMY       3.00       0.00      -3.00

Critical line is     :LMQVW
Finist work time is :       26.00

* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.......
```

รูปที่ 4.18 การเร่งงานขั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



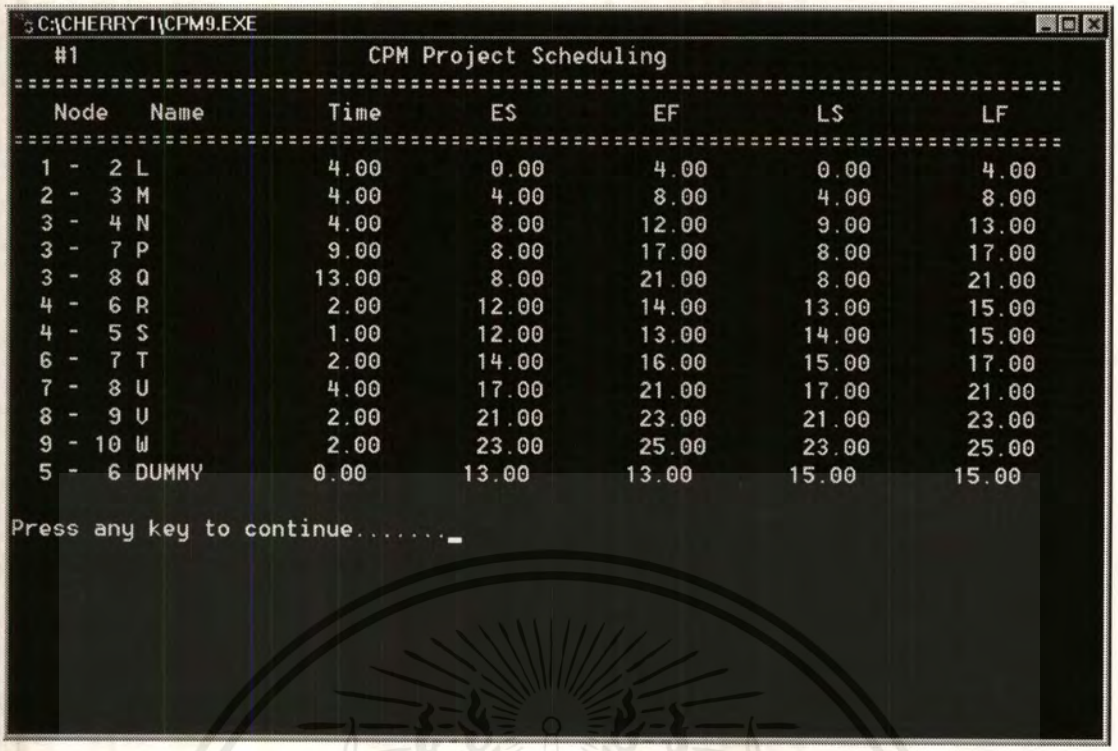
รูปที่ 4.19 การเร่งงานขั้นที่ 2

สายงานวิกฤติคือ LMQVW

การเร่งงานขั้นที่ 3

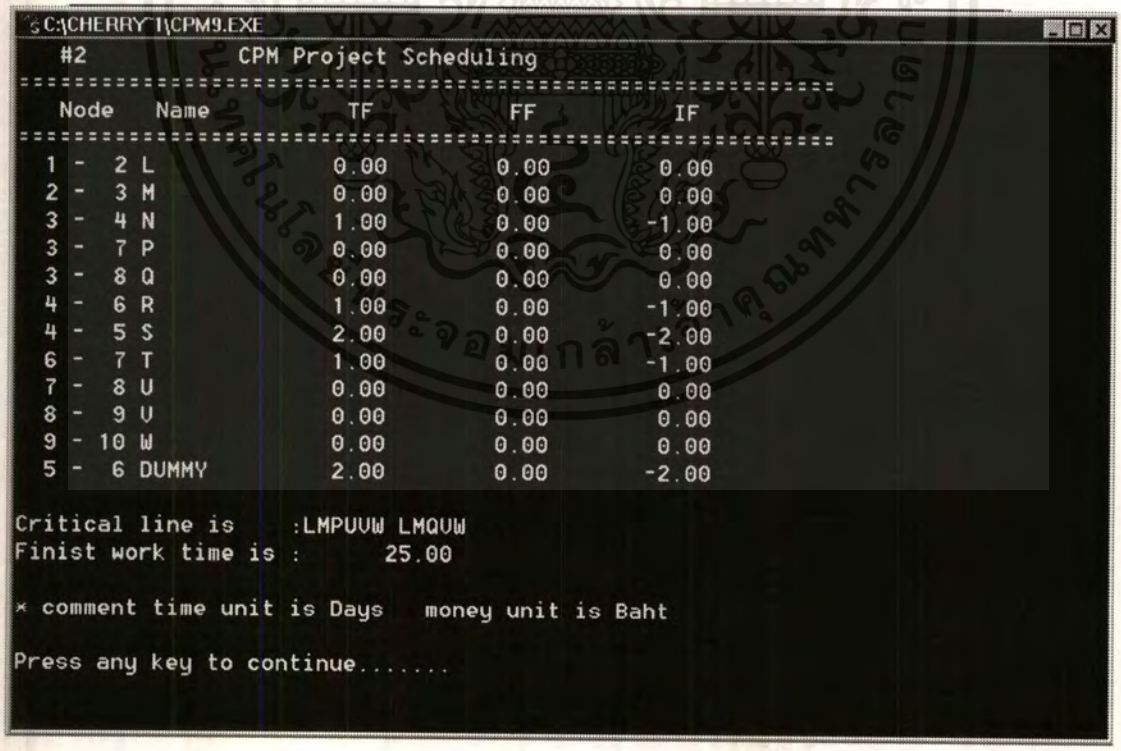
พิจารณาลดงาน Q ลง 1 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 12,000 บาท เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 25 วัน ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลง 750,000 บาท ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการลดลงเหลือ 1,877,000 บาท สายงานวิกฤติมี 2 สาย คือ LMPUVW และ LMQVW แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #1                    CPM Project Scheduling
================================================================================
  Node   Name          Time         ES          EF          LS          LF
================================================================================
  1 -  2 L             4.00         0.00        4.00        0.00        4.00
  2 -  3 M             4.00         4.00        8.00        4.00        8.00
  3 -  4 N             4.00         8.00       12.00        9.00       13.00
  3 -  7 P             9.00         8.00       17.00        8.00       17.00
  3 -  8 Q            13.00         8.00       21.00        8.00       21.00
  4 -  6 R             2.00        12.00       14.00       13.00       15.00
  4 -  5 S             1.00        12.00       13.00       14.00       15.00
  6 -  7 T             2.00        14.00       16.00       15.00       17.00
  7 -  8 U             4.00        17.00       21.00       17.00       21.00
  8 -  9 V             2.00        21.00       23.00       21.00       23.00
  9 - 10 W             2.00        23.00       25.00       23.00       25.00
  5 -  6 DUMMY         0.00        13.00       13.00       15.00       15.00

Press any key to continue.....
```

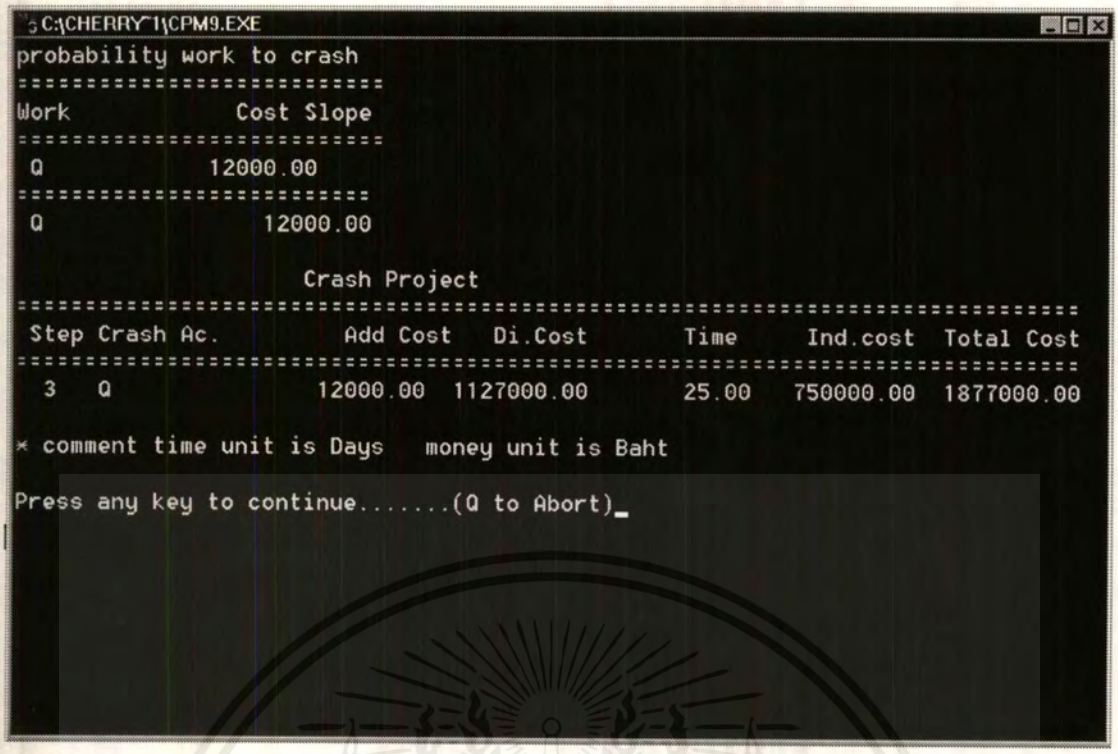
รูปที่ 4.20 การเร่งงานขั้นที่ 3



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #2          CPM Project Scheduling
================================================================
  Node   Name          TF          FF          IF
================================================================
  1 -  2 L             0.00        0.00        0.00
  2 -  3 M             0.00        0.00        0.00
  3 -  4 N             1.00        0.00       -1.00
  3 -  7 P             0.00        0.00        0.00
  3 -  8 Q             0.00        0.00        0.00
  4 -  6 R             1.00        0.00       -1.00
  4 -  5 S             2.00        0.00       -2.00
  6 -  7 T             1.00        0.00       -1.00
  7 -  8 U             0.00        0.00        0.00
  8 -  9 V             0.00        0.00        0.00
  9 - 10 W             0.00        0.00        0.00
  5 -  6 DUMMY         2.00        0.00       -2.00

Critical line is    :LMPUVW LMQUW
Finist work time is :      25.00

* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.....
```

รูปที่ 4.21 การเร่งงานขั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

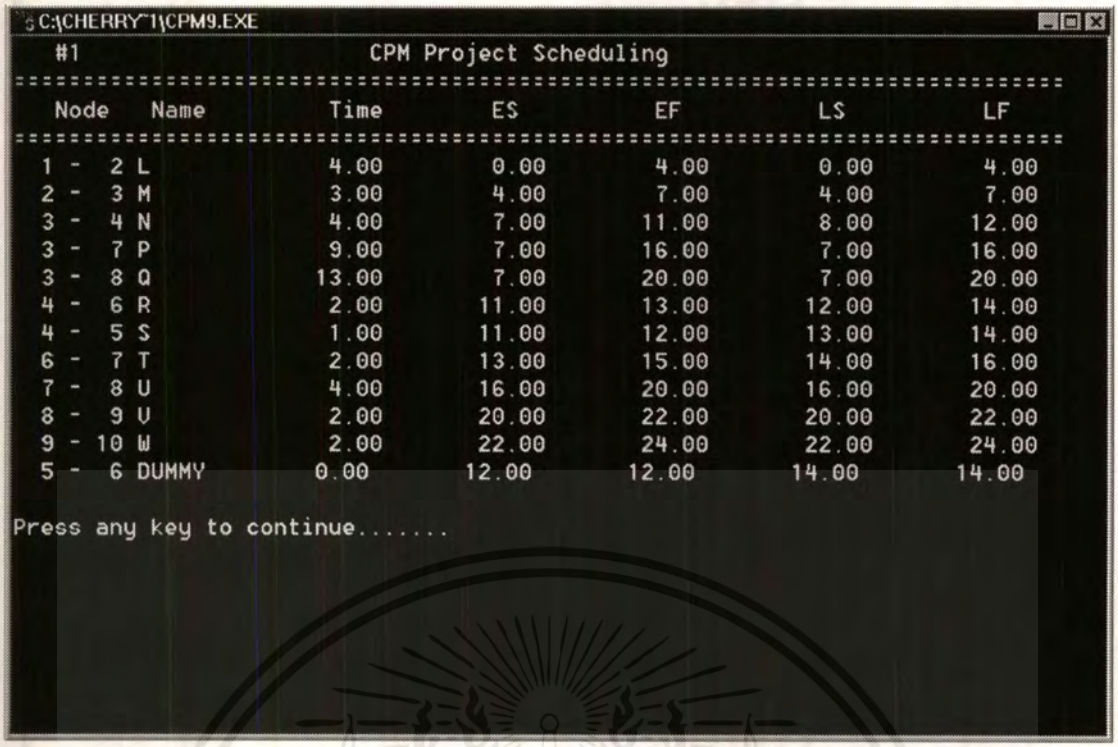


รูปที่ 4.22 การเร่งงานขั้นที่ 3

การเร่งงานขั้นที่ 4

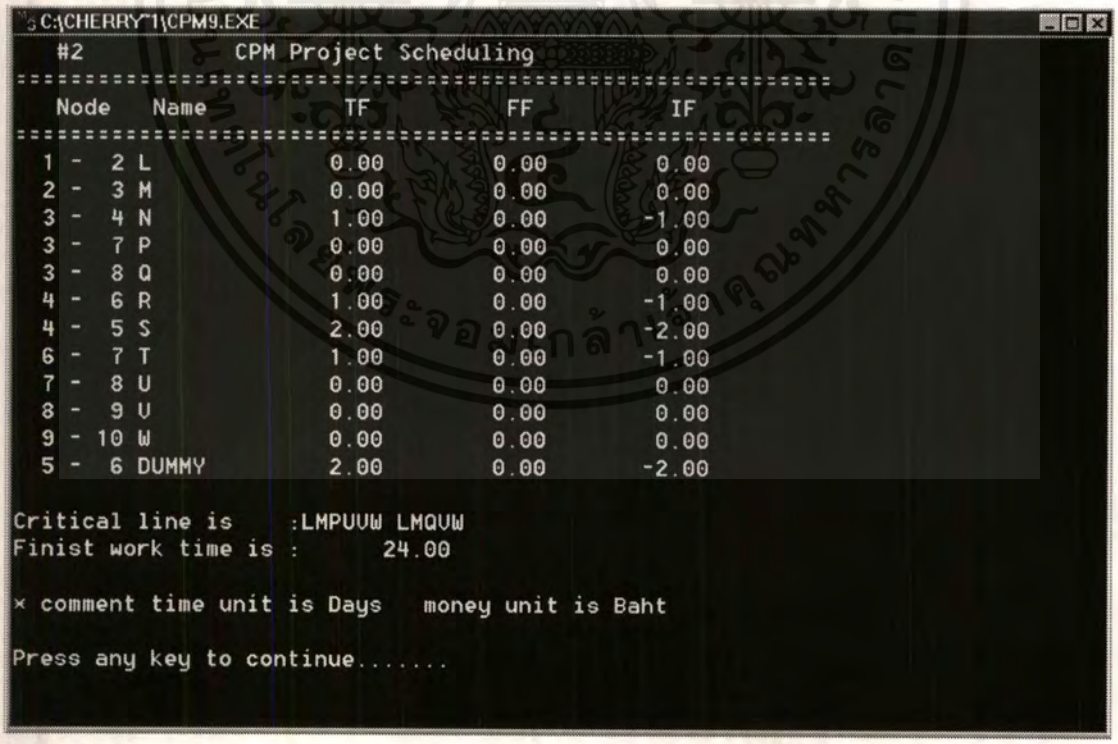
พิจารณาลดงาน M ลง 1 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 18,000 บาท เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 24 วัน ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลงเหลือ 720,000 บาท ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการลดลงเหลือ 1,865,000 บาท สายงานวิกฤติมี 2 สาย คือ LMPUVW และ LMQVW แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #1                    CPM Project Scheduling
================================================================================
  Node   Name        Time        ES          EF          LS          LF
================================================================================
  1 -  2 L          4.00        0.00        4.00        0.00        4.00
  2 -  3 M          3.00        4.00        7.00        4.00        7.00
  3 -  4 N          4.00        7.00       11.00        8.00       12.00
  3 -  7 P          9.00        7.00       16.00        7.00       16.00
  3 -  8 Q         13.00        7.00       20.00        7.00       20.00
  4 -  6 R          2.00       11.00       13.00       12.00       14.00
  4 -  5 S          1.00       11.00       12.00       13.00       14.00
  6 -  7 T          2.00       13.00       15.00       14.00       16.00
  7 -  8 U          4.00       16.00       20.00       16.00       20.00
  8 -  9 V          2.00       20.00       22.00       20.00       22.00
  9 - 10 W          2.00       22.00       24.00       22.00       24.00
  5 -  6 DUMMY      0.00       12.00       12.00       14.00       14.00

Press any key to continue.......
```

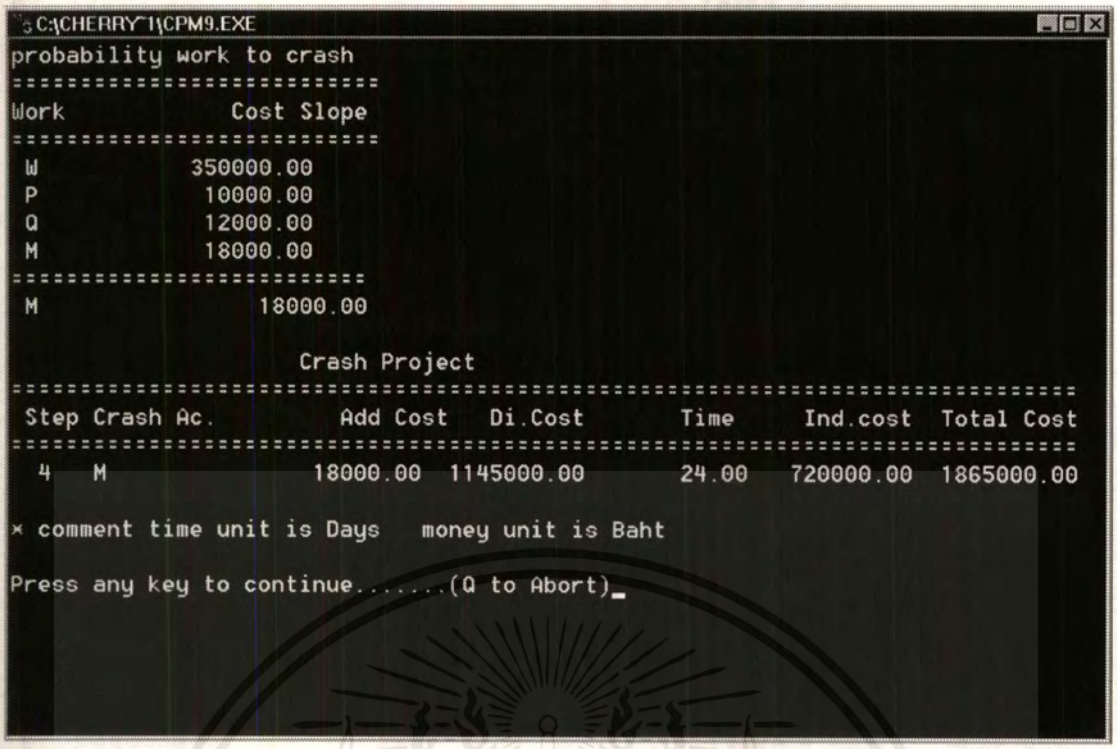
รูปที่ 4.23 การเร่งงานขั้นที่ 4



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
  #2          CPM Project Scheduling
============================================================
  Node   Name        TF          FF          IF
============================================================
  1 -  2 L          0.00        0.00        0.00
  2 -  3 M          0.00        0.00        0.00
  3 -  4 N          1.00        0.00       -1.00
  3 -  7 P          0.00        0.00        0.00
  3 -  8 Q          0.00        0.00        0.00
  4 -  6 R          1.00        0.00       -1.00
  4 -  5 S          2.00        0.00       -2.00
  6 -  7 T          1.00        0.00       -1.00
  7 -  8 U          0.00        0.00        0.00
  8 -  9 V          0.00        0.00        0.00
  9 - 10 W          0.00        0.00        0.00
  5 -  6 DUMMY      2.00        0.00       -2.00

Critical line is     :LMPUVW LMQVW
Finist work time is :       24.00

* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.......
```

รูปที่ 4.24 การเร่งงานขั้นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

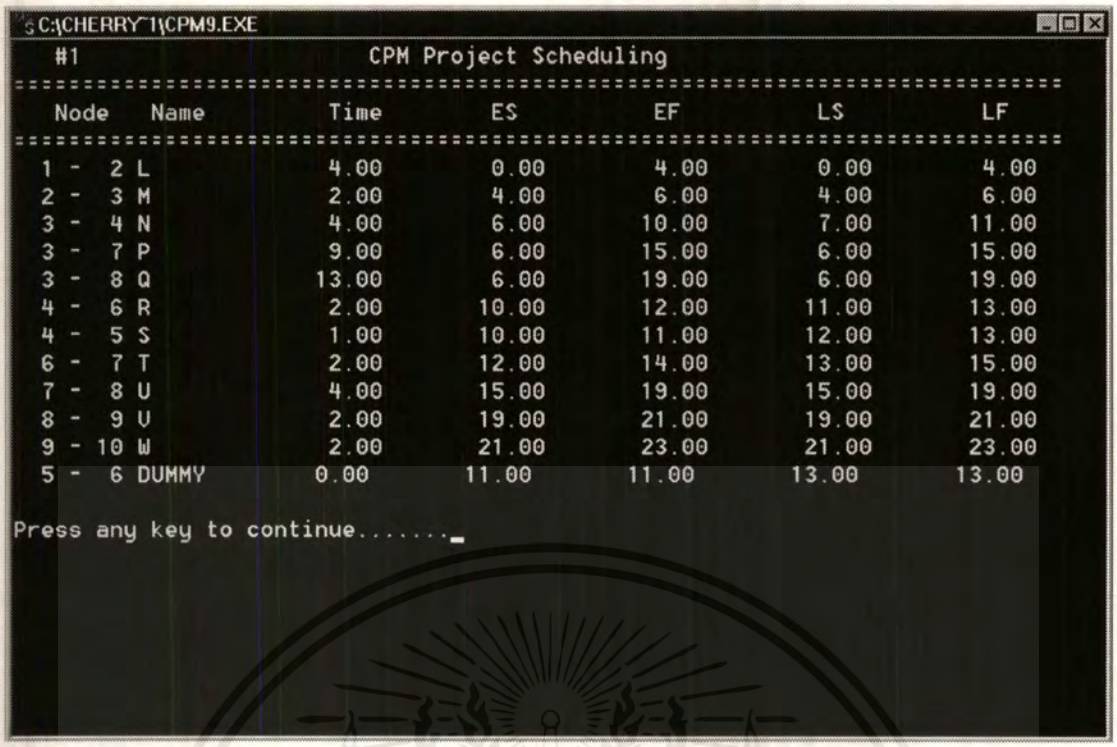


รูปที่ 4.25 การเร่งงานขั้นที่ 4

การเร่งงานขั้นที่ 5

พิจารณาลดงาน M ลง 1 วัน ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 18,000 บาท เวลาแล้วเสร็จของโครงการลดลงเหลือ 23 วัน ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลงเหลือ 690,000 บาท ค่าใช้จ่ายรวมของโครงการลดลงเหลือ 1,853,000 บาท สายงานวิกฤติมี 2 สาย คือ LMPUVW และ LMQVW แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



C:\CHERRY~1\CPM9.EXE

#1 CPM Project Scheduling

Node	Name	Time	ES	EF	LS	LF
1 - 2	L	4.00	0.00	4.00	0.00	4.00
2 - 3	M	2.00	4.00	6.00	4.00	6.00
3 - 4	N	4.00	6.00	10.00	7.00	11.00
3 - 7	P	9.00	6.00	15.00	6.00	15.00
3 - 8	Q	13.00	6.00	19.00	6.00	19.00
4 - 6	R	2.00	10.00	12.00	11.00	13.00
4 - 5	S	1.00	10.00	11.00	12.00	13.00
6 - 7	T	2.00	12.00	14.00	13.00	15.00
7 - 8	U	4.00	15.00	19.00	15.00	19.00
8 - 9	V	2.00	19.00	21.00	19.00	21.00
9 - 10	W	2.00	21.00	23.00	21.00	23.00
5 - 6	DUMMY	0.00	11.00	11.00	13.00	13.00

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.26 การเร่งงานขั้นที่ 5

C:\CHERRY~1\CPM9.EXE

#2 CPM Project Scheduling

Node	Name	TF	FF	IF
1 - 2	L	0.00	0.00	0.00
2 - 3	M	0.00	0.00	0.00
3 - 4	N	1.00	0.00	-1.00
3 - 7	P	0.00	0.00	0.00
3 - 8	Q	0.00	0.00	0.00
4 - 6	R	1.00	0.00	-1.00
4 - 5	S	2.00	0.00	-2.00
6 - 7	T	1.00	0.00	-1.00
7 - 8	U	0.00	0.00	0.00
8 - 9	V	0.00	0.00	0.00
9 - 10	W	0.00	0.00	0.00
5 - 6	DUMMY	2.00	0.00	-2.00

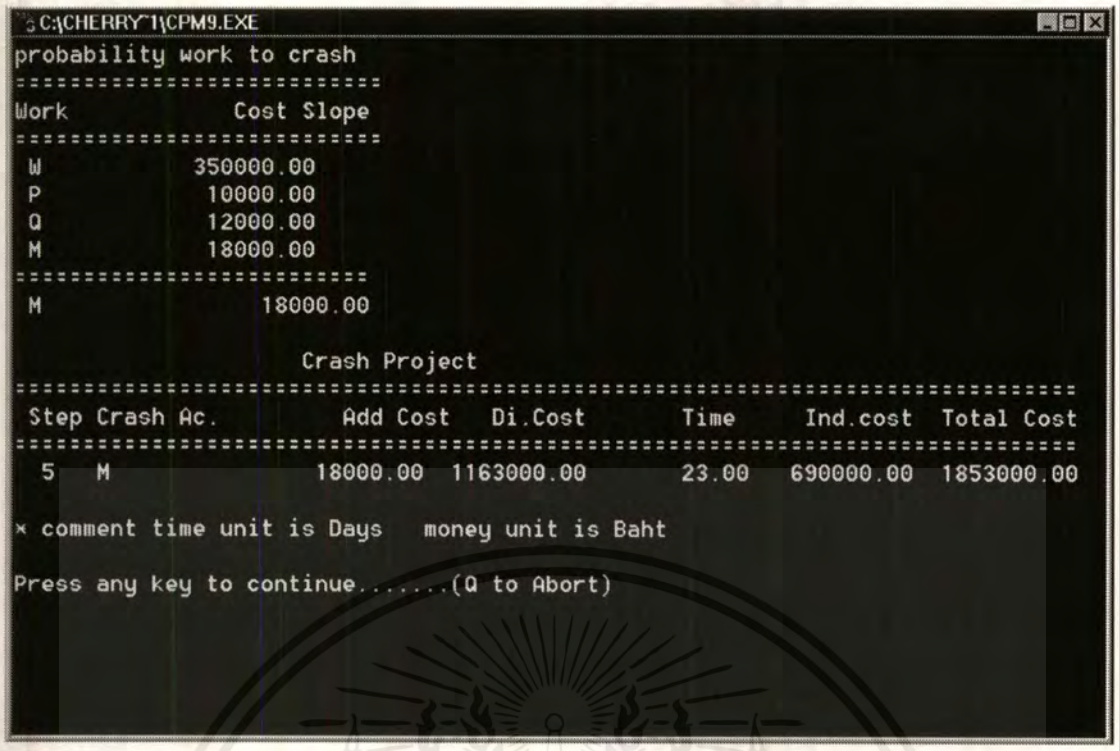
Critical line is :LMPUVW LMQUW
Finist work time is : 23.00

* comment time unit is Days money unit is Baht

Press any key to continue.....

รูปที่ 4.27 การเร่งงานขั้นที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

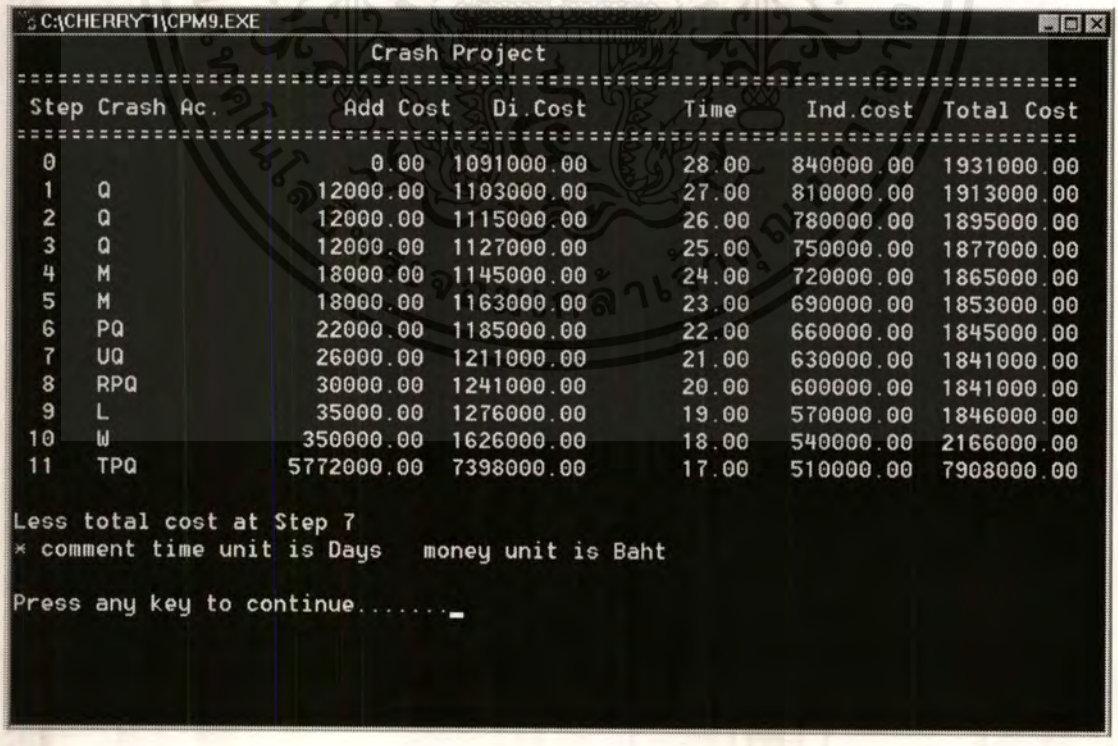


```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
probability work to crash
==========================
Work            Cost Slope
==========================
 W           350000.00
 P            10000.00
 Q            12000.00
 M            18000.00
==========================
 M                18000.00

                    Crash Project
================================================================================
 Step Crash Ac.         Add Cost   Di.Cost       Time     Ind.cost  Total Cost
================================================================================
  5   M                18000.00  1163000.00      23.00   690000.00  1853000.00

* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.......(Q to Abort)
```

รูปที่ 4.28 การเร่งงานขั้นที่ 5

จะเป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งไม่สามารถเร่งงานได้อีก หรือกดปุ่ม <Q> ก็จะกลับสู่หน้าจอหลักของ CPM & PERT

การเร่งงานในขั้นต่างๆ สามารถสรุปได้ดังแสดงโดยรูปที่ 4.29



```
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE
                    Crash Project
================================================================================
 Step Crash Ac.         Add Cost   Di.Cost       Time     Ind.cost  Total Cost
================================================================================
  0                        0.00  1091000.00      28.00   840000.00  1931000.00
  1   Q                12000.00  1103000.00      27.00   810000.00  1913000.00
  2   Q                12000.00  1115000.00      26.00   780000.00  1895000.00
  3   Q                12000.00  1127000.00      25.00   750000.00  1877000.00
  4   M                18000.00  1145000.00      24.00   720000.00  1865000.00
  5   M                18000.00  1163000.00      23.00   690000.00  1853000.00
  6   PQ               22000.00  1185000.00      22.00   660000.00  1845000.00
  7   UQ               26000.00  1211000.00      21.00   630000.00  1841000.00
  8   RPQ              30000.00  1241000.00      20.00   600000.00  1841000.00
  9   L                35000.00  1276000.00      19.00   570000.00  1846000.00
 10   W               350000.00  1626000.00      18.00   540000.00  2166000.00
 11   TPQ            5772000.00  7398000.00      17.00   510000.00  7908000.00

Less total cost at Step 7
* comment time unit is Days   money unit is Baht

Press any key to continue.....
```

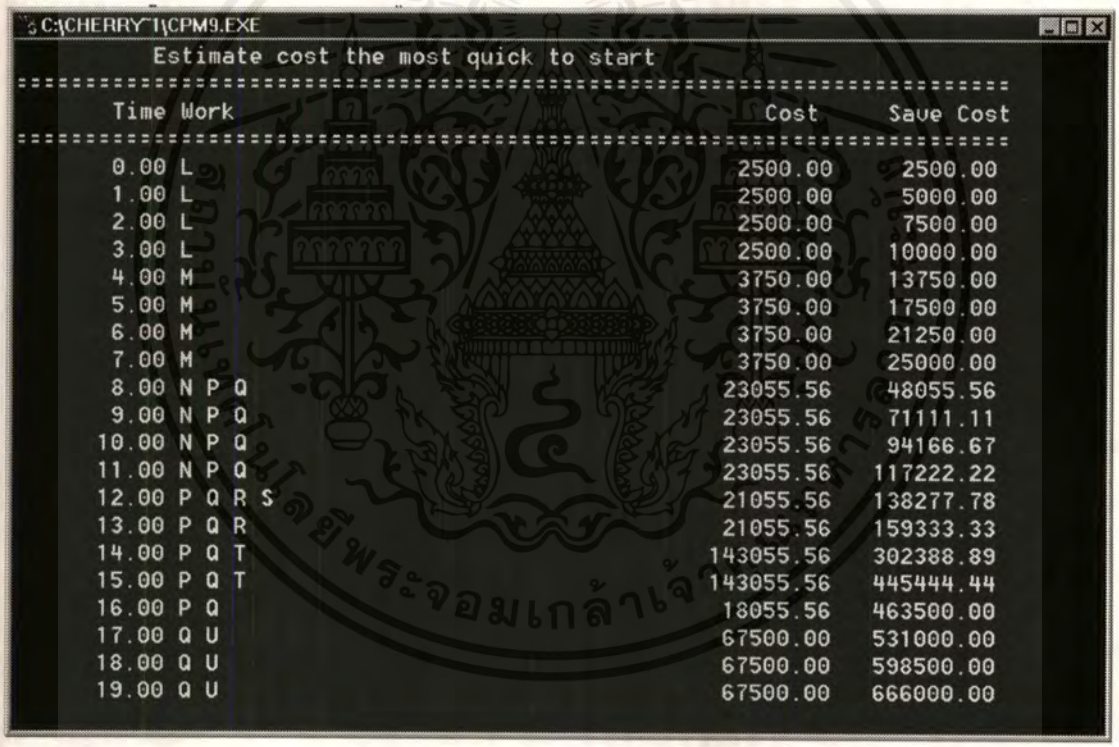
รูปที่ 4.29 สรุปการเร่งงานในแต่ละขั้นและค่าใช้จ่ายต่างๆของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมค่าใช้จ่ายของโครงการ

ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายรายวัน และค่าใช้จ่ายสะสมที่ได้ แสดงให้เห็นถึงกระแสการเงินในแต่ละวันที่ไหลออกไปสู่งานต่างๆ ทั้งในกรณีที่เป็นการกำหนดเวลางาน ตามหมายกำหนดการ การเริ่มต้นเร็วสุดและเริ่มต้นช้าสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.30, รูปที่ 4.31, รูปที่ 4.32 และรูปที่ 4.33

จากรูปจะเห็นว่าในวันที่โครงการดำเนินการไปได้แล้ว 5 วัน ถ้าเริ่มต้นงานตามหมายกำหนดการเร็วสุด จำนวนเงินที่ใช้มาจนถึงวันดังกล่าวจะเป็นเงินทั้งสิ้น 163,000 บาท ในขณะที่ถ้าเริ่มต้นงานตามหมายกำหนดการช้าสุดจะใช้จำนวนเงินทั้งสิ้น 141,000 บาท ผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายสะสมทั้งสองวิธีแสดงให้เห็นว่าสามารถนำเงินไปใช้ทำประโยชน์ทางด้านอื่นที่มีความจำเป็นก่อนได้ โดยที่ไม่ทำให้โครงการต้องเสียหายด้วยการไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นงานทุกงานด้วยหมายกำหนดการเร็วสุดเสมอไป อาจจะเลื่อนการเริ่มต้นงานบางงานให้ล่าช้าออกไป โดยไม่เกินเวลาเริ่มต้นช้าสุดที่งานนั้นจะทำได้



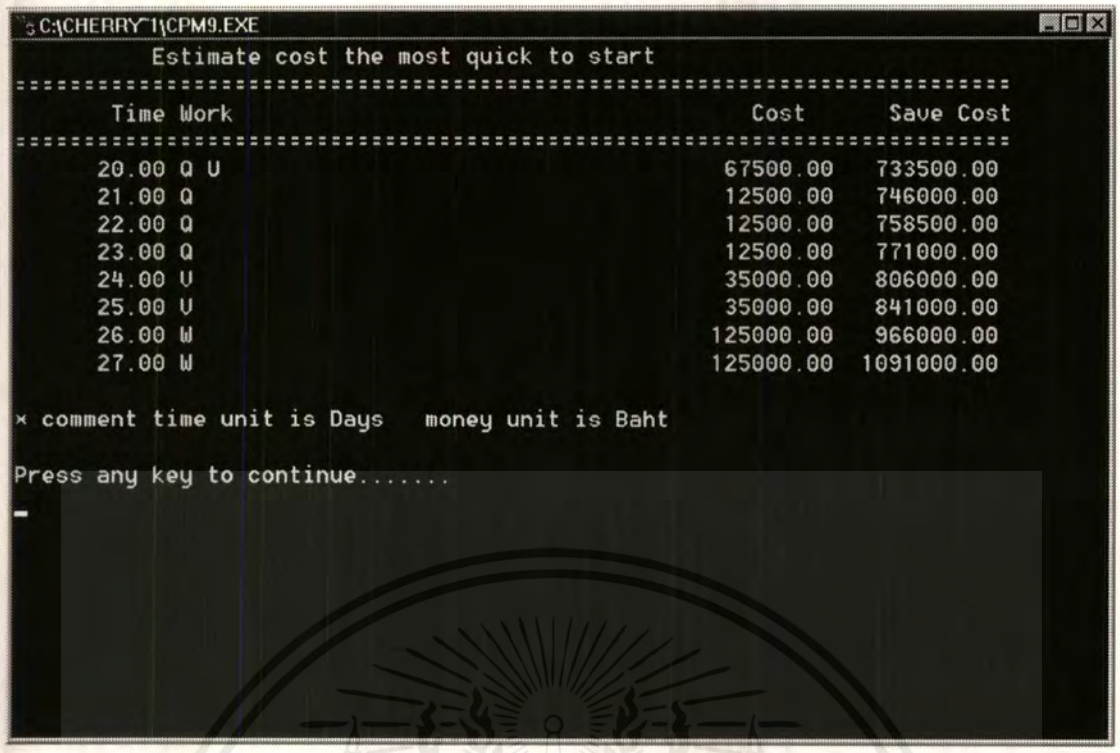
C:\CHERRY~1\CPM9.EXE

Estimate cost the most quick to start

Time	Work	Cost	Save Cost
0.00	L	2500.00	2500.00
1.00	L	2500.00	5000.00
2.00	L	2500.00	7500.00
3.00	L	2500.00	10000.00
4.00	M	3750.00	13750.00
5.00	M	3750.00	17500.00
6.00	M	3750.00	21250.00
7.00	M	3750.00	25000.00
8.00	N P Q	23055.56	48055.56
9.00	N P Q	23055.56	71111.11
10.00	N P Q	23055.56	94166.67
11.00	N P Q	23055.56	117222.22
12.00	P Q R S	21055.56	138277.78
13.00	P Q R	21055.56	159333.33
14.00	P Q T	143055.56	302388.89
15.00	P Q T	143055.56	445444.44
16.00	P Q	18055.56	463500.00
17.00	Q U	67500.00	531000.00
18.00	Q U	67500.00	598500.00
19.00	Q U	67500.00	666000.00

รูปที่ 4.30 การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุด

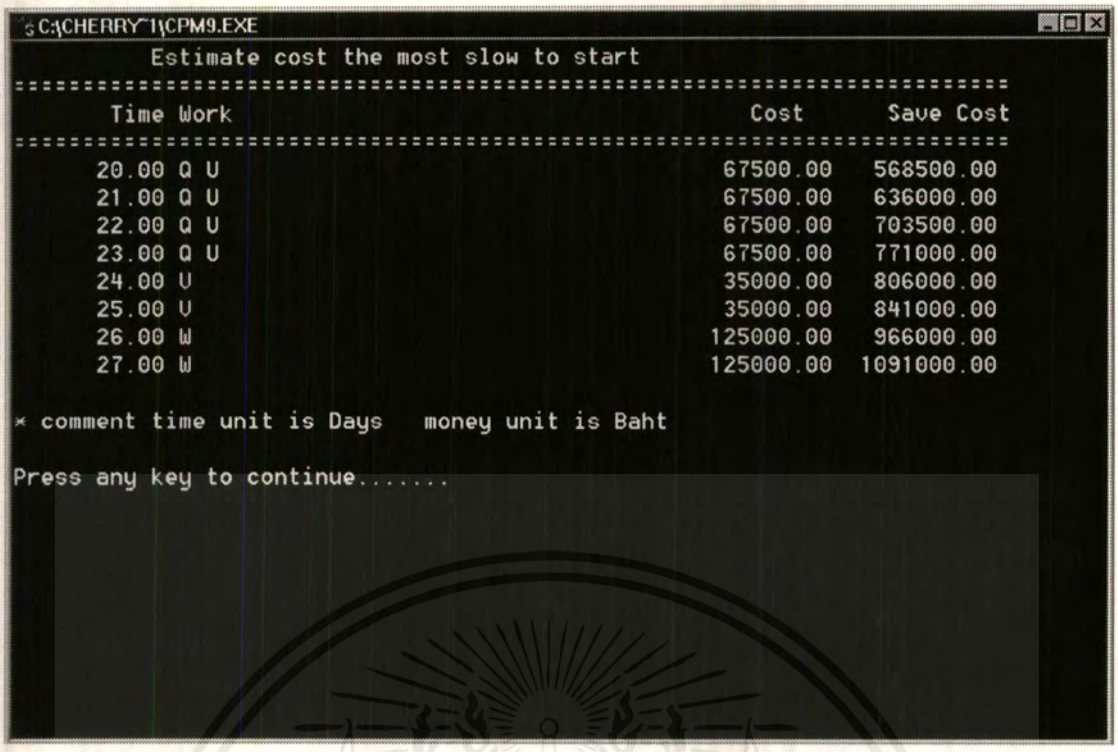
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการตามหมายกำหนดการเริ่มต้นเร็วสุด

รูปที่ 4.32 การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการตามหมายกำหนดการเริ่มต้นช้าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

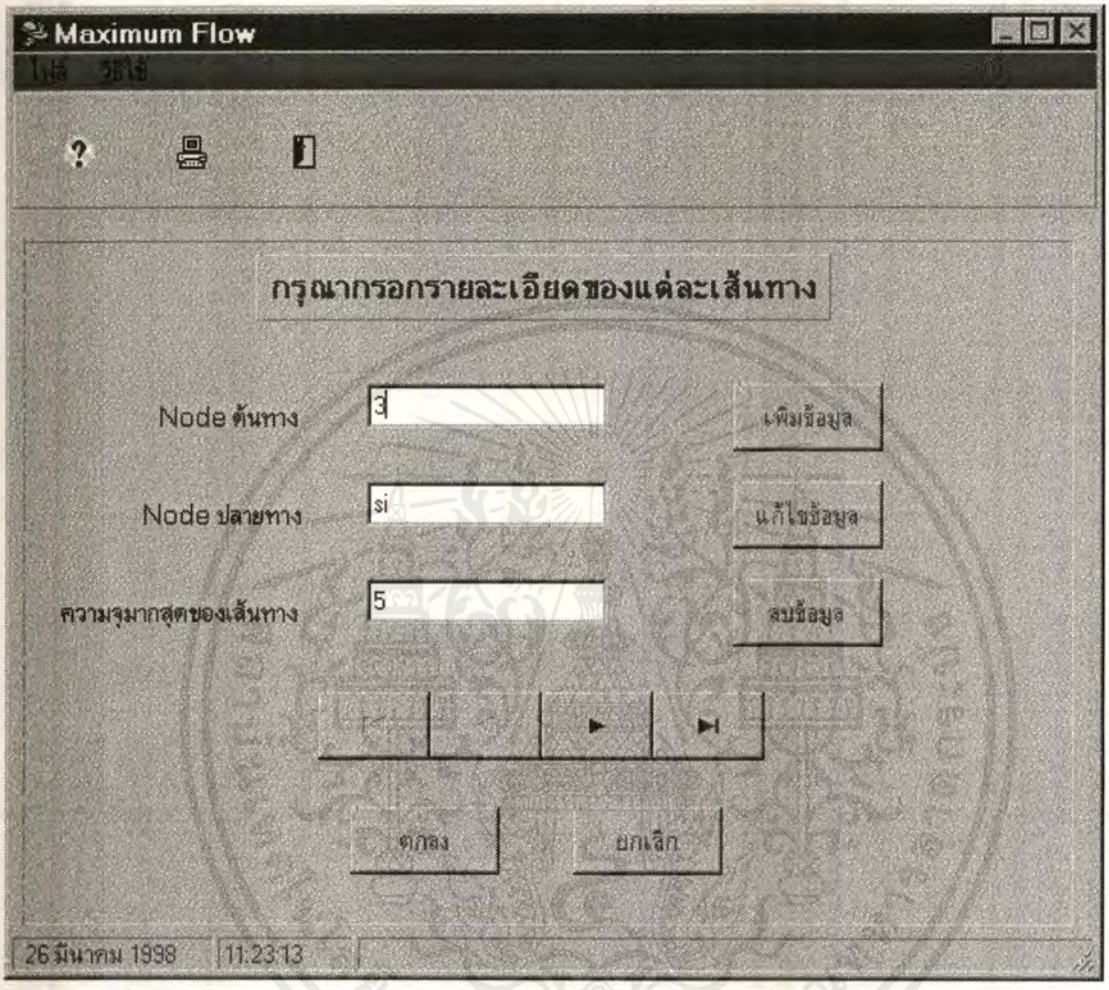


รูปที่ 4.33 การประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการตามหมายกำหนดการเริ่มต้นช้าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maximum Flow

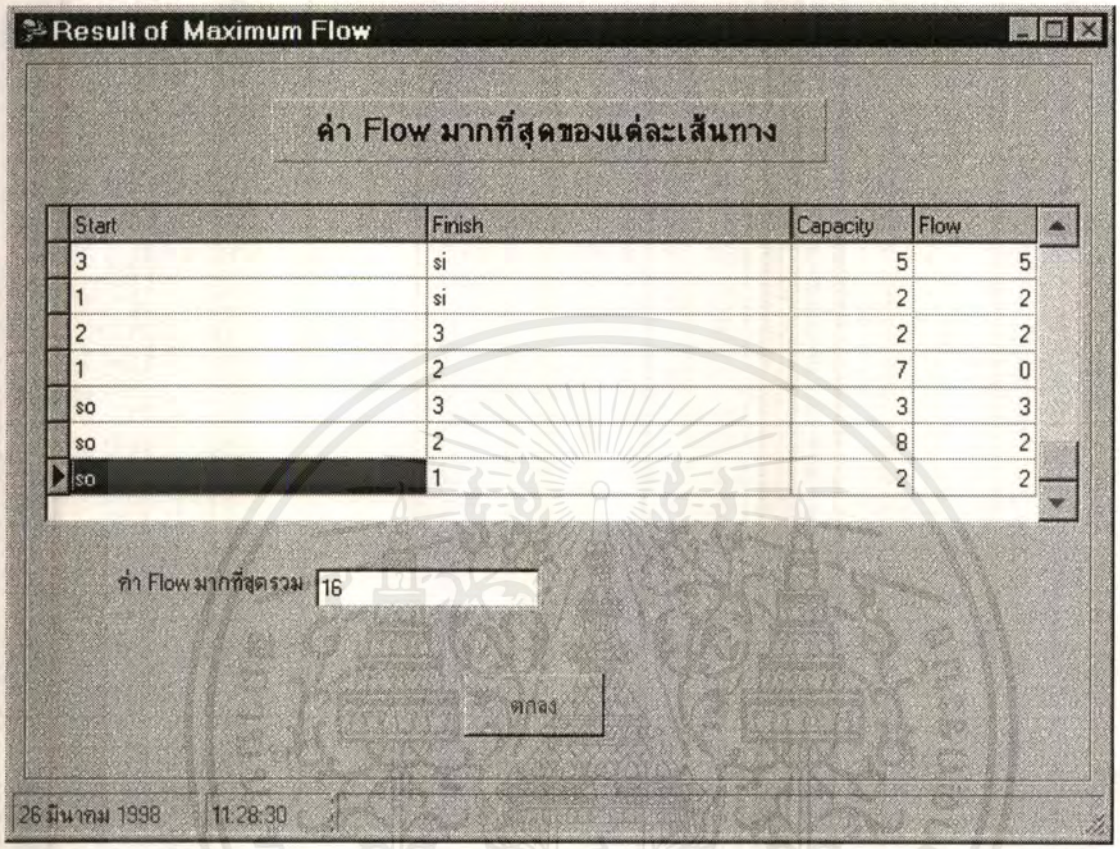
เมื่อคลิ๊กที่ปุ่ม <Maximum Flow> จะปรากฏหน้าจอให้ป้อนข้อมูลเส้นทางในโครงข่ายดังนี้



รูปที่ 4.34 แสดงหน้าจอป้อนข้อมูลของ Maximum Flow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหน้าจอป้อนข้อมูล เมื่อต้องการคำนวณ Maximum Flow ให้คลิ๊กที่ปุ่ม < ตกลง > จะปรากฏหน้าจอผลลัพธ์ดังนี้



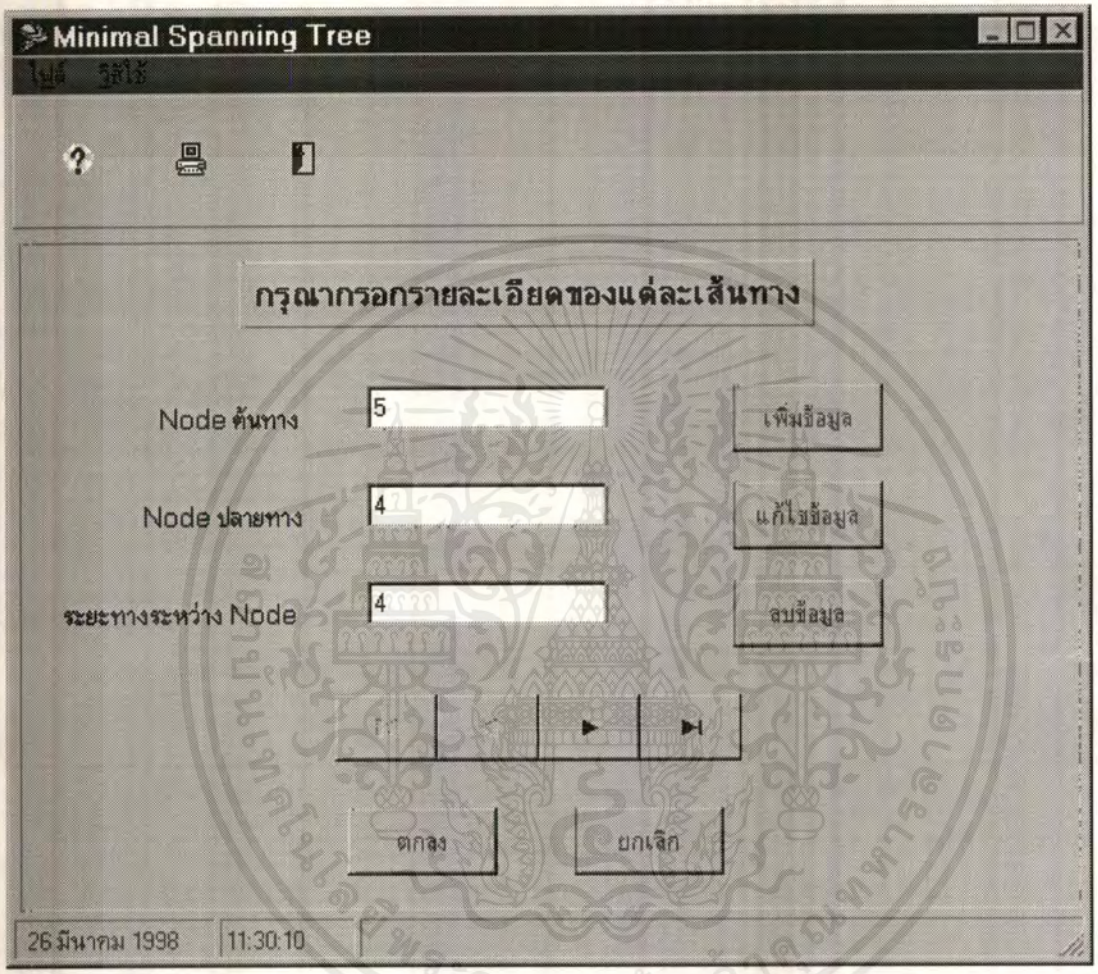
รูปที่ 4.35 แสดงหน้าจอผลลัพธ์ของ Maximum Flow

คลิ๊กปุ่ม <ตกลง> อีกครั้งเพื่อกลับไปยังหน้าจอป้อนข้อมูลของ Maximum Flow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Minimum Spanning Tree

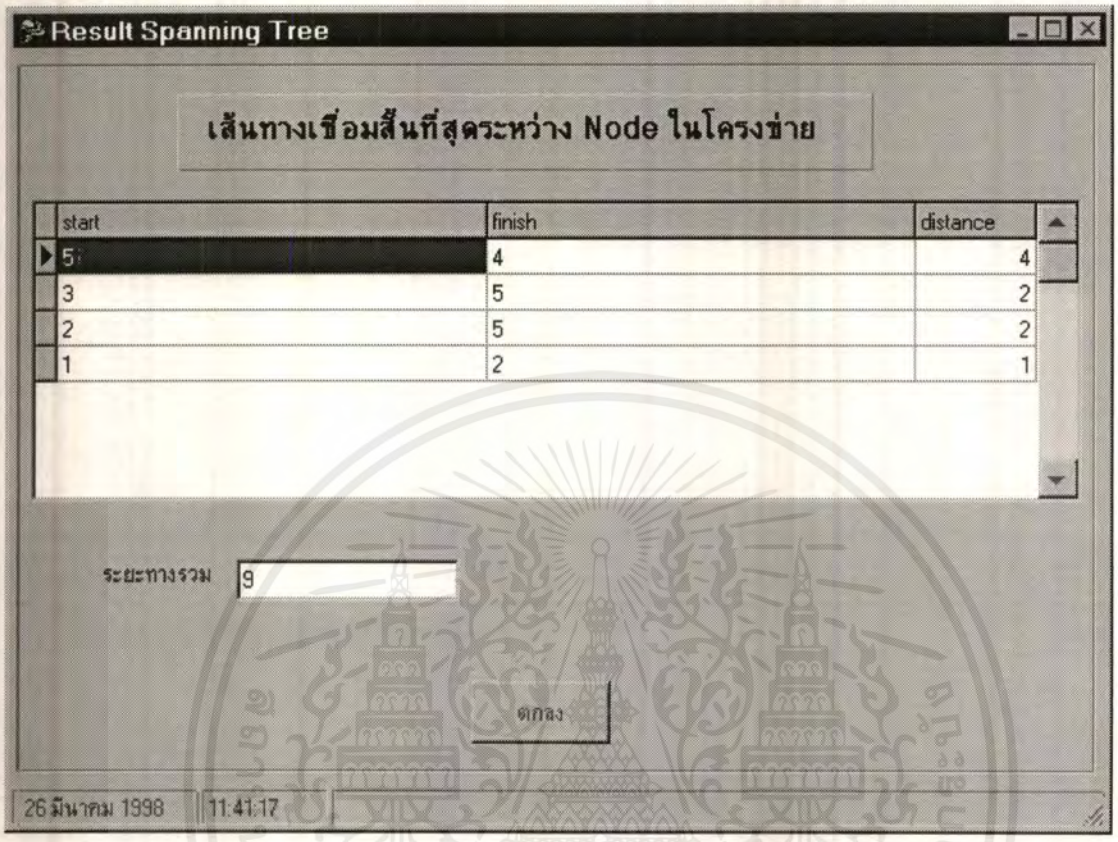
เมื่อคลิ๊กที่ปุ่ม <Minimum Spanning Tree> จะปรากฏหน้าจอ input ข้อมูลของเส้นทางในโครงข่าย ดังนี้



รูปที่ 4.36 แสดงหน้าจอป้อนข้อมูลของ Minimum Spanning Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหน้าจอป้อนข้อมูล เมื่อต้องการคำนวณ Minimum Spanning Tree ให้คลิ๊กที่ปุ่ม < ตกลง > จะปรากฏหน้าจอผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ 4.37 แสดงหน้าจอผลลัพธ์ของ Minimum Spanning Tree

คลิ๊กปุ่ม <ตกลง> อีกครั้งเพื่อกลับไปยังหน้าจอป้อนข้อมูลของ Minimum Spanning Tree

ข้อดีและข้อเสียของโปรแกรม

1. ด้านประสิทธิภาพ โปรแกรม Frstpge สามารถแก้ปัญหาด้าน Network Model อันได้แก่ CPM, PERT, Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree ได้เป็นอย่างดี

2. ด้านความเร็ว โปรแกรม Frstpge สามารถคำนวณในส่วนของ CPM และ PERT ได้อย่างรวดเร็ว แต่ในส่วนของ Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree อาจต้องใช้เวลาหลายวินาทีกว่าจะได้ผลลัพธ์

3. ด้านความสะดวก โปรแกรม Frstpge อาจใช้งานได้ไม่สะดวกนักในส่วนการคำนวณของ CPM และ PERT เนื่องจากต้องเข้าไปทำงานในระบบปฏิบัติการ DOS ซึ่งต้องอาศัยการกดคีย์บอร์ดเพียงอย่างเดียว แต่ในส่วนของการคำนวณของ Maximum Flow และ Minimum Spanning Tree นั้นมีความสะดวกในการใช้ เนื่องจากทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ Windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

เนื่องจาก CPM และ PERT เป็นเครื่องมือของผู้บริหารที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงขึ้นจนเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวางแผนและควบคุมโครงการ ซึ่งกล่าวได้ว่าทั้ง 2 วิธีสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือบริหารโครงการได้ ตั้งแต่ขั้นเริ่มของโครงการจนกระทั่งถึงขั้นสิ้นสุดของโครงการ (from the cradle to the grave) แต่อย่างไรก็ตามการที่จะนำ CPM และ PERT มาใช้งานจำเป็นต้องอาศัยผู้บริหารที่มีประสบการณ์ในงานเป็นอย่างดี และรู้ถึงจุดดีและจุดเสียของเครื่องมือดังกล่าว จึงจะทำให้การใช้ประโยชน์จากเครื่องมือดังกล่าวได้ผลอย่างเต็มที่

ข้อเสนอแนะการนำ CPM และ PERT เข้ามาใช้ในองค์การพอกล่าวโดยย่อได้ดังนี้ คือ ต้องนำมาใช้ในขั้นวางแผน (planning stage) ไม่ใช่นำมาใช้ในขั้นที่เริ่มลงมือทำงาน ผู้ที่ริเริ่มนำเทคนิคทั้ง 2 มาใช้จะต้องเป็นผู้ที่สามารถจูงใจให้ผู้บังคับบัญชาหรือผู้ใต้บังคับบัญชา หรือผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ยอมรับและสนับสนุนการใช้เทคนิคทั้ง 2 นี้ และควรที่จะต้องฝึกอบรมพนักงานทุกระดับที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนงาน การปฏิบัติงานและการติดตามผลงาน มิฉะนั้นแล้วผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจะคิดว่าการใช้เทคนิคดังกล่าวเป็นการจับผิดการทำงานของผู้เกี่ยวข้อง แทนที่จะคิดว่า CPM และ PERT คือเครื่องมือที่สร้างขึ้นสำหรับที่จะช่วยในการทำงานให้ตรงเป้าหมายที่ได้วางไว้ล่วงหน้า เมื่อตัดสินใจนำ CPM และ PERT มาใช้ในการวางแผนงาน ควรเลือกใช้กับโครงการง่ายๆ ก่อน ไม่ควรรีบนำไปใช้ในการวางแผนโครงการยากๆ ที่มีความซับซ้อน เพราะผู้วางแผนยังขาดความชำนาญและประสบการณ์ อาจจะทำให้งานในโครงการไม่ได้ผลตามเป้าหมาย และเมื่อนำมาใช้แล้ว จะต้องมีการติดตามผลเป็นระยะๆ เพื่อจะได้ทราบความก้าวหน้าของงาน และต้องมีการแก้ไขแผนงานที่ได้วางไว้แล้วในกรณีที่ข้อมูลต่างๆ ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งทำให้แผนงานถูกต้องและทันเหตุการณ์อยู่เสมอ

การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวางแผนโครงการโดยวิธีของ CPM, PERT, Maximum Flow และ Minimal Spanning Tree โดยการเขียนโปรแกรม Frstpge ขึ้นมา จากการทดลองนำไปใช้งาน พบว่าในแง่ของการประมวลผลสามารถคำนวณออกมาได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้การวางแผนดำเนินงานเสร็จสิ้นได้เร็วขึ้น อีกทั้งในการทดลองปรับแผนโครงงาน จะสามารถทำได้บ่อยครั้งและทันเหตุการณ์เมื่อต้องการปรับแผนงานอย่างกระทันหัน ทำให้การจัดเตรียมการล่วงหน้าเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากที่ได้ประมวลผลข้อมูลแล้วผลที่ได้จากการพิมพ์รายงานโดยสั่งพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์สามารถนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อทำรายงานต่างๆ สำหรับรายงานที่ออกมาชุดแรกจะใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมในขั้นต้น เพื่อดูว่าจะต้องมีการปรับปรุงแผนงานอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไม่ หากเห็นว่าการวิเคราะห์ตามที่วางแผนครั้งแรกไม่เหมาะสม ก็สามารถทำการปรับปรุงแฟ้มข้อมูลเพื่อทำการประมวลผลใหม่ ในการหาข้อมูลที่เหมาะสมต่อไป

สำหรับข้อดีของโปรแกรม Frstpge ที่ได้จัดทำขึ้นสามารถทำการวิเคราะห์หาเวลาของโครงการได้ด้วยวิธีของ CPM และ PERT ทำการคำนวณและแสดงรายงานเกี่ยวกับการเร่งรัดโครงการและควบคุมค่าใช้จ่ายของโครงการ นอกจากนี้ยังสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการขนส่งจากต้นทางไปยังปลายทางได้โดยใช้วิธีของ Maximum Flow และปัญหาการใช้เส้นทางน้อยที่สุดที่สามารถเชื่อมทุกๆโหนดเข้าด้วยกันโดยใช้วิธีของ Minimal Spanning Tree ซึ่งจากประสิทธิภาพของ Frstpge ที่กล่าวมาสามารถนำไปใช้ได้กับโครงการที่มีขนาดกลาง ที่ไม่จำเป็นต้องคำนวณเกี่ยวกับทรัพยากรและกำลังคน เช่น การวางแผนโครงการก่อสร้าง การวางแผนการประชุม การขนส่งน้ำมันจากโรงกลั่นไปยังสถานีน้ำมันต่างๆ การต่อสายโทรศัพท์ระหว่างเมืองโดยใช้งบน้อยที่สุด เป็นต้น แต่ถ้าในอนาคตมีผู้สนใจต้องการทำการปรับปรุงโปรแกรมนี้ให้สามารถคำนวณเกี่ยวกับทรัพยากรและกำลังคนได้โปรแกรมนี้ก็จะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยในการวางแผนโครงงานด้าน Network Model ที่ค่อนข้างจะสมบูรณ์โปรแกรมหนึ่ง

ข้อเสียของโปรแกรมนี้คือ ข้อมูลที่จะนำมาประมวลผลจะต้องได้จากกิจกรรมที่ทำให้อยู่ในรูปโครงข่ายงาน (Network) เรียบร้อยแล้ว ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควร และข้อจำกัดอีกข้อหนึ่งของโปรแกรมนี้ก็คือ การเปิดใช้แฟ้มข้อมูล (File) สามารถเปิดใช้แฟ้มข้อมูลแต่ละแฟ้มได้ครั้งเดียวเท่านั้น เมื่อประมวลผลเสร็จแล้ว และ LOAD แฟ้มข้อมูลอื่นเข้ามาประมวลผล ถ้าต้องการกลับมาใช้แฟ้มข้อมูลเดิม จะต้องออกจากโปรแกรม CPM ก่อนจึงจะกลับเข้ามาใช้แฟ้มข้อมูลเดิมได้

สำหรับข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา Maximum Flow ทำให้สามารถหาเส้นทางในโครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จริง คือได้เส้นทางที่มีค่าโฟลได้มากที่สุด แต่ในการแก้ปัญหานี้ โครงข่ายงานที่นำมาทดสอบ จะต้องเป็นโครงข่ายแบบ connected directed graph และต้องไม่เป็นโครงข่ายแบบ multiple source และ multiple sink ด้วย

สำหรับการใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา Minimal Spanning Tree สามารถเชื่อมจุดทั้งหมดในโครงข่ายงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน ซึ่งได้ผลรวมของระยะที่มีค่าน้อยที่สุด โดยที่โครงข่ายงานที่นำมาทดสอบ จะเป็น connected graph ซึ่งเป็นกราฟที่มีทิศทางหรือไม่มีก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. พิภพ เล้าประจง, เทคนิคการบริหารโครงการโดย CPM และ PERT, พิมพ์ครั้งที่ 1 : หจก.เอช-เอน การพิมพ์, 2531.
2. Glen Peters, Construction Project Management Using Small Computer, London : The Architectural Press, 1984.
3. A.V. Sriwivasan, Critical Path Analysis : A System Approach, New Delhi : East - West Press, 1976.
4. John E.Biegel, Production Control : A Qualitative Approach, New Delhi : Prentic - Hall of India, 1980.
5. Hiller F.S., G.J. Lieberman. Introduction to Operation Research, Holden - Day, Inc., 1980.
6. Don T.Phillips, A. Ravindran, James Solberg, Operation Research : Principle and Practice, London : John Wiley & Sons, Inc., 1976.
7. Keith Lockyer, Critical Path Analysis and other Project Network Techniques, Fourth Edition, 1981.
8. Joseph J. Moder, Cevil R.Philliphs, Project Management with CPM and Pert, Second Edition, 1970.
9. Thoas M.Cook, Robert A.Russel, Introduction to Management Science, Second Edition, 1970.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้