

บทที่ 6

การประเมินวิเคราะห์โครงการ

(PERT)

บทที่ 6

การประเมินวิเคราะห์โครงการ (PERT)

หัวข้อเรื่อง:

1. ความหมาย
2. วิวัฒนาการ
3. การสร้าง PERT
4. การสร้าง CPM
5. การประมาณการเวลาทำการที่ไม่แน่นอน
6. PERT/CPM
7. สรุป

วัตถุประสงค์:

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทที่ 6 นี้แล้ว สามารถ:

1. อธิบายความหมายของการวิเคราะห์โครงการได้
2. อธิบายวิวัฒนาการความเป็นมาของการประเมินวิเคราะห์โครงการซึ่งมีรูปแบบลักษณะและชื่อเรียกที่มีแตกต่างกันได้
3. สร้างและประเมินวิเคราะห์โครงการโดยลำดับขั้นตอนในรูปแบบของ PERT และ CPM ได้
4. วิเคราะห์และประเมินโครงการโดยรูปแบบของ PERT ในกรณีที่เวลาทำการของกิจกรรมมีค่าไม่แน่นอนได้
5. อธิบาย วิเคราะห์และประเมินโครงการ ในลักษณะของกระบวนการเร่งรีบได้อย่างถูกต้องชัดเจน
6. ประยุกต์ PERT เข้ากับปัญหาปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง

บทที่ 6 การประเมินวิเคราะห์โครงการ (PERT)

1. ความหมาย :

การประเมินวิเคราะห์โครงการ ที่เรียกกันเป็นล่ำกวลว่า "PERT" แต่ละอักษรเป็นคำย่อของ :

P คือ Program หรือ Project หรือ Performance

E คือ Evaluation

R คือ Review

T คือ Technique

เมื่อรวมความแล้ว คือ Program Evaluation and Review Technique

PERT คือ วิธีการที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประสานงาน และการควบคุมโครงการ เพื่อลดความยุ่งยาก ความล่าช้าและการชะงักงันของโครงการ การประเมินวิเคราะห์โครงการดังกล่าวนี้ อาจจะทำโดยการวิเคราะห์งานในโครงการเสียก่อน แล้วจึงประสานงานโดยอาศัยใยข่ายงาน (net work) เป็นตัวเชื่อมและแสดงความสัมพันธ์ของลำดับการทำงาน การประเมินวิเคราะห์โครงการนี้ จะทำให้ทราบถึงลำดับการทำงานตลอดโครงการ ตลอดจนจุดวิกฤติต่าง ๆ ที่อาจจะก่อให้เกิดความยุ่งยาก ล่าช้า และชะงักงัน ก่อนที่สิ่งเหล่านั้นจะเกิดขึ้นในโครงการ

2. วิวัฒนาการ

ในสมัยก่อน การประเมินวิเคราะห์โครงการ กระทำโดยอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ควบคุมงาน ซึ่งวิธีการนี้ก่อให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติงานและการติดตามควบคุมงานมากมาย ทั้งนี้ ด้วยเหตุที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมโครงการ อาจเข้าใจในสาระสำคัญแตกต่างกันไป ต่อมาจึงได้นำวิธีการเขียนรายการกำหนดการทำงานที่เรียกว่า "checklist" มาใช้แสดงรายการการทำงานเพื่อแยกแยะงานหรือกิจกรรม (activity) ที่ประกอบอยู่ในโครงการนั้น ๆ ทำให้สะดวกในการทำงานและขจัดปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

ภายหลังเมื่อโครงการต่าง ๆ ใหญ่ขึ้น ล้มซับซ้อนมากขึ้น การแสดงรายการกำหนดการทำงานเริ่มไม่สามารถถ่ายทอดแผนงานในโครงการได้ชัดเจนเพียงพอ ต่อมา Henry L. Gantt จึงได้นำแผนภูมิแท่ง (bar chart) ที่เรียกกันต่อมาว่า "Gantt Chart" มาเขียนแสดงงานหรือกิจกรรมแทน checklist

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า Gantt chart จะแสดงกิจกรรมต่าง ๆ ในโครงการได้ชัดเจนมากขึ้น แต่ก็ไม่สามารถแสดงการประกอบและความสัมพันธ์ของงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ในโครงการได้ชัดเจนเพียงพอ ที่จะทำให้การประเมินวิเคราะห์โครงการนั้น ๆ สามารถแจกแจงรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับ กำหนดเวลาการทำงานของกิจกรรมและของโครงการ

ต่อมาในราว ค.ศ. 1950 บริษัทไฟฟ้าในประเทศอังกฤษ ได้คิดค้นวิธีที่เรียกว่า "Longest Irreducible Sequence of Event" เพื่อใช้วางแผนลดเวลาการซ่อมบำรุงโรงงานไฟฟ้า ซึ่งในระยะเวลาใกล้เคียงกันนั้น ในสหรัฐอเมริกา มีกลุ่มบริษัท E.I. Du Pont de Memours และ Remington Rand ได้พัฒนาวิธีการของการพิจารณาสายงานวิกฤตที่เรียกว่า "Critical Path Method : CPM" เพื่อใช้ในการลดเวลาและค่าใช้จ่ายของการดำเนินงานในโครงการซ่อมบำรุงโรงงาน

ในขณะเดียวกันนั้น ในปี 1958 หน่วยโครงการพิเศษของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา ที่เรียกว่า Navy Special Projects Office ได้ร่วมกับ Lockheed Aircraft Corporation โดยความร่วมมือของ Booz, Allen & Hamilton ได้ร่วมกันดำเนินงาน

พัฒนาวิธีการประเมินโครงการที่เรียกว่า "PERT" เพื่อใช้ในโครงการ United States Navy's Polaris project จนเป็นผลสำเร็จทำให้โครงการดังกล่าวเสร็จเร็วกว่ากำหนดถึง 18 เดือน จากนั้นมาก็มีการนำ PERT ไปใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งในกิจการทางทหารและพลเรือน

ความจริงแล้ว PERT และ CPM ก็มีหลักการทำนองเดียวกันนั่นเองในระยะหลัง ๆ นี้ จึงได้รับการพัฒนาจนกลายเป็นวิธีการเดียวกันในที่สุด แต่ก็ยังนิยมเรียกชื่อกันในหลายลักษณะเพื่อให้สอดคล้องกับโครงการที่นำไปใช้ เช่น PERT/CPM, CPS (Critical Path Scheduling), LES (Least-cost Estimation and Scheduling), Micro-PERT, 1-time-PERT/cost และ PEP เป็นต้น

3. การสร้าง PERT

PERT ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับงานหรือกิจกรรม (activity) ในโครงการทั้งหมด ซึ่งงานหรือกิจกรรมนี้อาจจะแสดงในรูปของรายการกำหนดการทำงาน (checklist) หรือแผนภูมิแท่งแบบ Gantt chart ทั้งนี้เพื่อจะแสดงให้เห็นว่าในโครงการนั้น ๆ ประกอบไปด้วยงานต่าง ๆ อะไรบ้าง และงานเหล่านั้นต้องใช้เวลาหรือข้อมูลอย่างอื่นที่เกี่ยวข้องอย่างไรบ้าง นอกจากนี้ PERT ยังต้องอาศัยการเขียนใยข่ายงาน (net work) เพื่อการแสดงลำดับและความสัมพันธ์ของงานย่อยต่าง ๆ ในโครงการด้วย ใยข่ายงานนี้จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่างานใดจะต้องทำให้เสร็จก่อนหรือหลังงานใดบ้าง

ใยข่ายงาน (net work) จะแสดงลำดับและความสัมพันธ์ ของงานต่าง ๆ โดยอาศัยการเขียนลูกศร (arrows) เพื่อแสดงว่างานต่าง ๆ งานใดจะเริ่มต้นได้เมื่อใด จะเริ่มได้หลังจากงานอะไรหรืองานอะไรต้องเสร็จก่อน จึงจะเริ่มต้นงานใดได้ และงานใดจะใช้เวลาดำเนินการเท่าไร เสร็จสิ้นเมื่อใด โดยมีตำแหน่งเริ่มงานและตำแหน่งเสร็จงานกำกับให้เห็นเด่นชัดด้วย ซึ่งตำแหน่งงานนี้ เรียกกันว่า node หรือ event หรือ milestone และเพื่อให้เกิดความสะดวกและชัดเจนยิ่งขึ้น ตำแหน่งงานนี้ จะได้รับการลำดับเลขประจำตำแหน่งที่ เรียกกันว่า "node numbering"

เมื่อได้แสดงงานต่าง ๆ จาก checklist หรือ Gantt chart ด้วยลูกศร และข่ายงานแล้ว ก็จะสามารถหาลำงานวิกฤต (critical path) ได้ ซึ่งข่ายงานวิกฤตนี้จะแสดงถึง ระยะเวลาที่สั้นที่สุดที่โครงการนี้จะเสร็จสิ้นลงได้ ซึ่งก็คือระยะเวลาที่ยาวที่สุด เมื่อคิดคำนวณจากข่ายงานนั่นเอง

กล่าวโดยส่วนรวมแล้ว ในการสร้าง PERT จะต้องอาศัยข้อมูลจาก checklist หรือ Gantt chart แล้วนำขบวนโดยข่ายงาน (net work) ซึ่งการดำเนินการข้างต้นนี้ ก็จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์งาน (activity analysis) เมื่อวิเคราะห์งานแล้วก็นำข้อมูลซึ่งแสดงงานต่าง ๆ ในโครงการ ไปเขียนในลักษณะข่ายงานด้วยลูกศร (arrow diagramming) และถ้าเขียนข่ายงานด้วยลูกศรมีปัญหาในการแสดงความสัมพันธ์ของงาน ก็อาจจะอาศัยงานจำลอง (dummy activities) เข้าช่วยให้เกิดความถูกต้องได้ เมื่อแสดงงานต่าง ๆ ด้วยลูกศรในลักษณะข่ายงานแล้ว ก็จะหาระยะเวลาการดำเนินการของโครงการได้โดยการพิจารณาลำงานวิกฤต (critical path)

เมื่อได้ดำเนินการตั้งขั้นตอนข้างต้นนี้แล้ว ก็เป็นอันว่าการสร้าง PERT เบื้องต้นได้เสร็จสิ้นลง ต่อแต่นี้ถ้าจะต้องการทราบรายละเอียดใด ๆ อีก ก็สามารถที่จะพิจารณาหรือคำนวณเพิ่มเติมจาก PERT เบื้องต้นนี้ต่อไป อย่างไรก็ตามหลักการในการสร้าง PERT ข้างต้นนี้ อาจแยกพิจารณาในรายละเอียดมากขึ้น เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ด้วยการลำดับขั้นตอนการสร้าง PERT ดังกล่าว ไปพร้อมกันกับตัวอย่างประกอบกัน ดังที่จะได้แสดงเป็นลำดับดังต่อไปนี้

หลักการและขั้นตอนในการสร้าง PERT

หลักการและขั้นตอนซึ่งแสดงถึงระเบียบวิธีในการสร้าง PERT อาจจำแนกเป็นข้อ ๆ ได้ดังต่อไปนี้ คือ

3.1 การวิเคราะห์งาน (activity analysis)

การวิเคราะห์งาน เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ประกอบอยู่ในโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่ ข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวเป็นข้อมูลที่จะตอบในสิ่งที่ต้องการรู้ต่อไปนี้

- ก. โครงการประกอบไปด้วยงานย่อย ๆ อะไรบ้าง
- ข. งานย่อย ๆ แต่ละงานในโครงการนั้น จะต้องใช้เวลาดำเนินการนานเท่าไร
ถึงจะแล้วเสร็จ
- ค. งานใดจะต้องเสร็จสิ้นก่อนงานอะไรจะเริ่มดำเนินการต่อไป
- ง. งานอะไรที่สามารถดำเนินการได้พร้อมกัน
- จ. งานใดจะเริ่มดำเนินการได้ ต่อเมื่องานอะไรบ้างได้เสร็จสิ้นแล้ว

การวิเคราะห์งานนี้ อาจแสดงผลในลักษณะของรายการกำหนดการทำงาน
(checklist) ดังที่จะได้แสดงตัวอย่าง การวิเคราะห์งานโครงการการสร้างบ้าน ดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง 6 - 1 โครงการ "การสร้างบ้าน"

ตาราง 6 - 1 รายการกำหนดการการทำงานของโครงการสร้างบ้าน

สัญลักษณ์งาน	ลักษณะงาน	งานที่ต้องเสร็จก่อน	ระยะเวลาดำเนินการ (วัน)
a	เริ่มงาน	-	0
b	ปรับหน้าดิน	a	4
c	ลงเข็ม	b	2
d	ตั้งเสา	c	4
e	ก่ออิฐตัวบ้าน	d	6
f	วางท่อน้ำ	e	1
g	ทำพื้น	f	2
h	ตั้งเครื่องส่งน้ำ	f	3
i	วางสายไฟฟ้า	d	2
j	ทำช่องลมระบายอากาศ	d,g	4
k	ทำฉนวนความร้อน	i,j,h	10
l	ปรับแต่งพื้น	k	3
m	ทำห้องครัว	l	1
n	ปรับแต่ง ระบบประปา	l	2
o	ทำงานตกแต่งภายใน	l	3
p	ทำหลังคา	e	2
q	ทำรางน้ำ	p	1
r	ติดตั้งรางน้ำ	c	1
s	ลงพื้นอีกเงา	o,t	2
t	แต่งสีบ้าน	m,n	3
u	แต่งระบบไฟฟ้า	t	1
v	แต่งท่อระบายน้ำ	q,r	2
w	แต่งบริเวณบ้าน	v	5
x	เสร็จงาน	s,u,w	0

อนึ่งในการเขียนรายการกำหนดการทำงานนี้ ควรเรียงลำดับของงานโดยให้งานที่จะต้องทำก่อนมาก่อน และงานที่ทำให้ได้พร้อมกันก็ให้อยู่ในลำดับเรียงกันไป

3.2 แสดงแผนงานโดยโยยย้ายงานลูกศร (arrow diagramming)

เมื่อได้วิเคราะห์งานแล้ว ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะงานและความสัมพันธ์ของงานต่าง ๆ ซึ่งเมื่อแสดงความสัมพันธ์ของงานโดยโยยย้ายงานลูกศรแล้ว จะทำให้การแสดงผลงานในโครงการเห็นได้เด่นชัดขึ้น

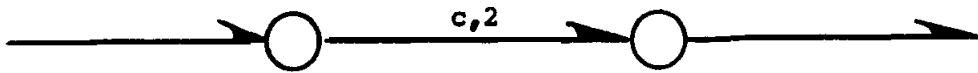
วิธีการเขียนโยยย้ายงานลูกศรกระทำได้ง่าย ๆ โดยการเขียนเส้นลูกศรแต่ละเส้นแทนงานแต่ละงาน ทั้งนี้งานใดที่จะทำให้แล้วเสร็จก่อนก็เขียนก่อน งานใดที่ทำให้พร้อมกันก็เขียนพร้อมกัน ซึ่งวิธีการเขียนโยยย้ายงานลูกศรแต่ละเส้นนั้น ควรจะเขียนเรียงเป็นลำดับจากรายการกำหนดการทำงานที่ได้แสดงไว้ในการวิเคราะห์งานเบื้องต้นนั้น นั่นคือเขียนจากงาน a, b, c และงานอื่น ๆ เรียงลำดับกันไปตามลักษณะความสัมพันธ์ของงานที่วิเคราะห์ไว้แล้วนั่นเอง

นอกจากนี้ เพื่อให้การเขียนโยยย้ายงานลูกศรเป็นไปโดยถูกต้องและไม่สับสน โยยย้ายงานลูกศรที่จะเขียนขึ้นนี้ จะต้องมึลักษณะตามเงื่อนไขต่าง ๆ ต่อไปนี้ด้วย คือ

ก. โยยย้ายงานต้องต่อเนื่องกันโดยตลอดจากจุดเริ่มต้นไปจนจุดสุดท้าย โดยไม่มีการขาดตอน และไม่มีการย้อนกลับ

ข. งานแต่ละงานจะต้องเขียนแทนด้วยเส้นลูกศรเพียงเส้นเดียว และบนเส้นลูกศรนั้นให้เขียนสัญลักษณ์งานและระยะเวลาดำเนินการกำกับไว้ด้วย สำหรับระยะเวลาความยาวของเส้นลูกศรและทิศทางของลูกศรนั้นไม่ถือเป็นสาระสำคัญแต่อย่างใด เช่น

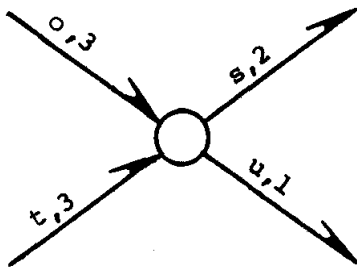
ค. ระหว่างลูกศรแต่ละเส้น ให้มีวงกลมอยู่ที่โคนและปลายลูกศรนั้น ๆ เพื่อแสดงตำแหน่งงานด้วย ทั้งนี้ วงกลมที่โคนลูกศรหมายถึง จุดหรือตำแหน่งเริ่มงานของลูกศรนั้น สำหรับวงกลมที่ปลายลูกศร หมายถึง ตำแหน่งเสร็จงาน เช่น



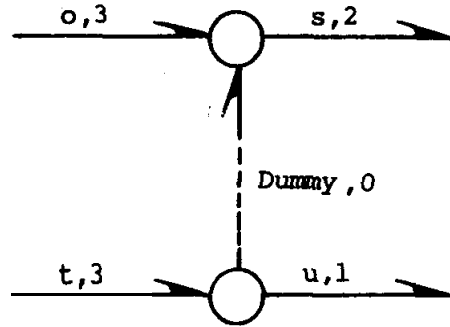
ง. ในกรณีที่เกิดปัญหาในการเขียนลูกศร เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของงานใด ๆ อาจดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องได้โดยการเสริมงานจำแลง (dummy activity) เข้าไปในโยยข่ายงานนั้น ๆ ได้ ทั้งนี้ งานจำแลงหมายถึง งานซึ่งสร้างขึ้นมาลอย ๆ และไม่ใช้เวลาในการดำเนินการใด ๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ เพราะงานจำแลงเป็นเพียงงานที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยในการเชื่อมสัมพันธ์ของงานต่าง ๆ ให้ถูกต้องเท่านั้น มิใช่งานในโครงการแต่อย่างใด และในการเขียนลูกศรของงานจำแลงก็นิยมที่จะเขียนด้วยเส้นปะ (dotted line) เพื่อให้แตกต่างจากงานที่แท้จริง

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการเขียนโยยข่ายงานโดยลูกศรซึ่งต้องอาศัยการเขียนงานจำแลงเข้าช่วยนี้ โดยทั่วไปแล้วมักพบเห็นจาก 2 กรณีต่อไปนี้ คือ

กรณีที่ 1. เมื่อมีงานหลายงานต้องทำหลังจากงานบางงานของอีกกลุ่มงานหนึ่งได้เสร็จสิ้นลงแล้ว เช่น มีงานหนึ่ง (s) จะเริ่มทำได้ก็ต่อเมื่องานอีกกลุ่มหนึ่ง (o,t) ได้เสร็จสิ้นลงแล้ว แต่ก็ มีงานอีกงานหนึ่ง (u) ที่จะเริ่มทำงานได้ก็ต่อเมื่องานบางงาน (t) ของกลุ่มงานข้างต้นได้เสร็จสิ้นลงเท่านั้น เช่นนี้แล้ว ถ้าหากเขียนโยยข่ายงานในลักษณะของรูป (ก) ก็จะไม่เป็นการถูกต้อง ซึ่งที่ถูกต้องนั้นจะต้องอาศัยการเสริมงานจำแลงดังรูป (ข) จึงจะถูกต้อง ดังนี้

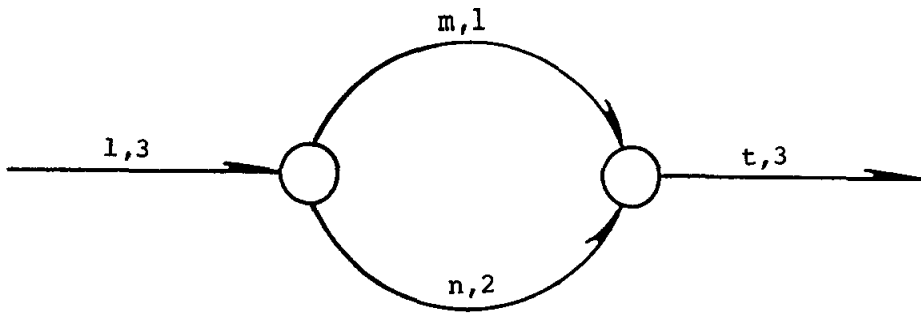


(ก)

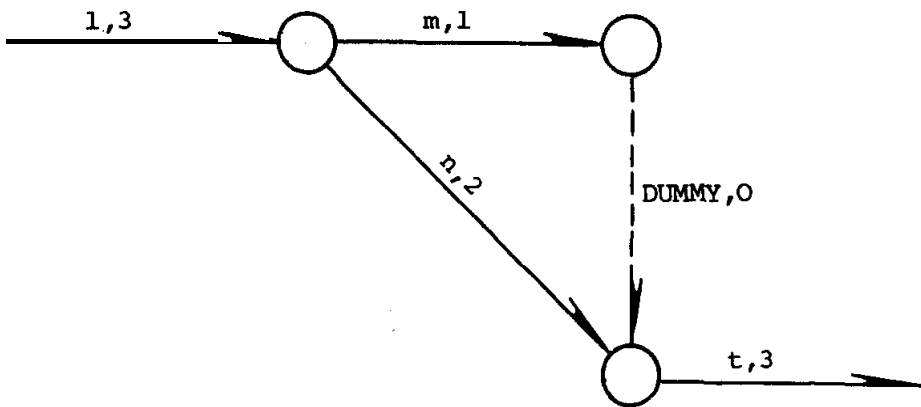


(ข)

กรณีที่ 2 เมื่อมีกลุ่มงานตั้งแต่สองงานขึ้นไปซ้อนกันอยู่ระหว่างตำแหน่งงาน เช่นมีงานกลุ่มงานหนึ่ง (m,n) จะเริ่มทำได้อีกต่อเมื่องานหนึ่ง (1) ได้เสร็จสิ้นลงแล้ว และมีงานอีกงานหนึ่ง (t) จะเริ่มทำได้ต่อเมื่องานกลุ่มข้างต้น (m,n) ได้เสร็จสิ้นลงแล้วเท่านั้น เช่นนี้แล้ว ถ้าหากเขียนใยข่ายงานในลักษณะของรูป (ก) ก็จะไม่เป็นการถูกต้อง เพราะทำให้เกิดความสับสนเกี่ยวกับการกำหนดเวลา ทั้งนี้ ด้วยเหตุที่งานแต่ละงานในกลุ่ม (m,n) ใช้เวลาต่างกัน หากใช้ตำแหน่งงานร่วมกันจะทำให้สับสนและเกิดความผิดพลาดในการกำหนดเวลาของตำแหน่งนั้น ๆ ดังนั้น ทางที่จะหลีกเลี่ยงความสับสนได้ ก็คือ ให้แต่ละงานในกลุ่มมีตำแหน่งงานเฉพาะของตนเองต่างหาก ซึ่งวิธีการก็คือ อาศัยการเสริมงานจำลองเข้าช่วยในการเขียนใยข่ายงาน ดังรูป (ข) ข้างล่างนี้



(ก)

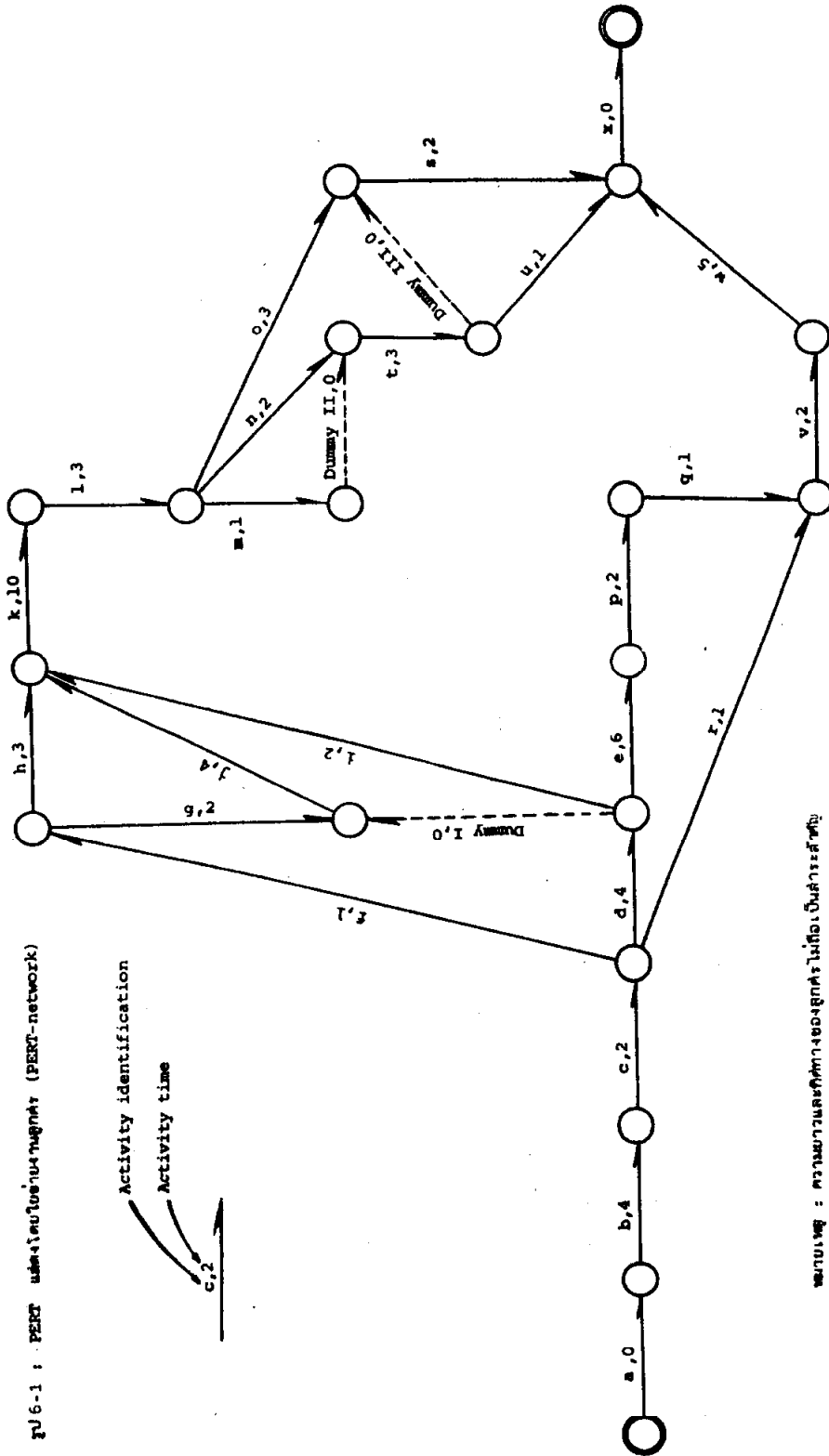
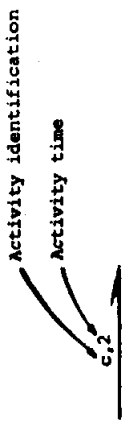


(ข)

หมายเหตุ : กรณีที่ 2 นี้ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มงานที่เริ่มจากตำแหน่งงานเดียวกัน จะเสร็จสิ้นงานในตำแหน่งงานร่วมกันไม่ได้

จากตัวอย่าง 6 - 1 เมื่อนำข้อมูลที่วิเคราะห์ไว้แล้วตามตาราง 6-1 มาเขียนแสดงแผนงานโดยโยย้ายงานลูกศร ตามวิธีการและเงื่อนไขดังที่ได้กล่าวไว้แล้วนี้ ก็จะได้โยย้ายงานลูกศร ดังรูป 6-1 ต่อไปนี้

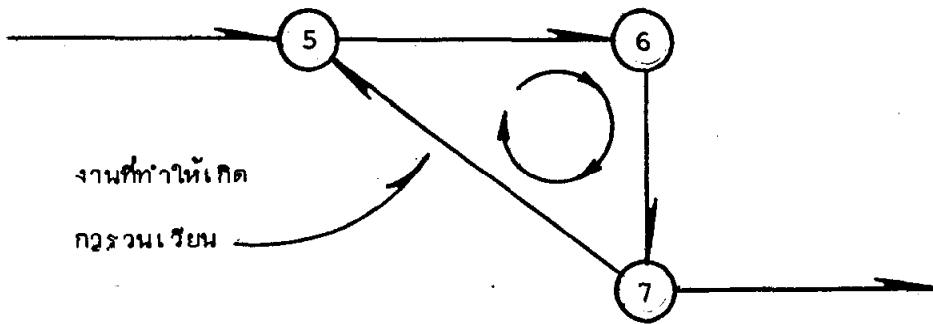
รูป 6-1 : PERT network (PERT-network)



หมายเหตุ : ความยาวของลูกศรแสดงค่าของกิจกรรม

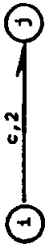
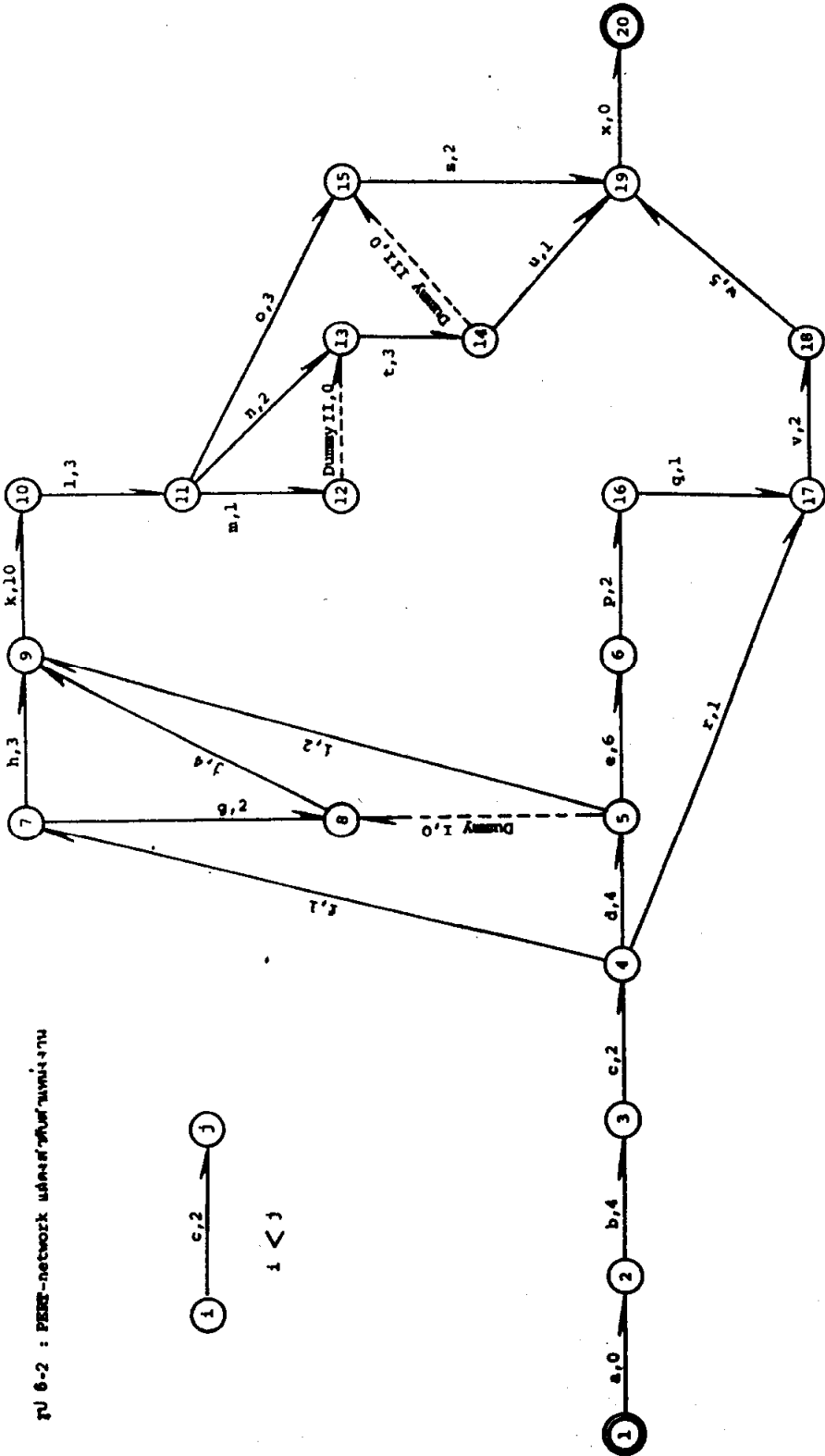
3.3 ลำดับตำแหน่งงาน (node numbering)

เมื่อได้สร้าง PERT โดยโยยย้ายงานลูกศรแล้ว แต่ละงานหรือกิจกรรมก็จะมีตำแหน่งเริ่มงานซึ่งอยู่ที่โคนลูกศร และมีตำแหน่งเสร็จงานอยู่ที่ปลายลูกศร ตำแหน่งงานเหล่านี้ทำให้งานหรือกลุ่มงานต่าง ๆ แยกกันอย่างเห็นได้เด่นชัด ซึ่งจะสะดวกต่อการพิจารณาในเรื่องราวต่าง ๆ ที่จะพิจารณาต่อไปภายหลัง อย่างไรก็ตามหากว่าตำแหน่งงานเหล่านี้ได้รับการจัดลำดับโดยหมายเลขก็จะทำให้สะดวกและชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งการให้ลำดับโดยหมายเลขของแต่ละตำแหน่งงานนี้ ควรจะให้เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก และจะต้องไม่ทำให้เกิดการย้อนหลังกลับเป็นวงจรปิด หรือเกิดการวนเวียน (closed loops or cycling) ดังเช่นรูปการวนเวียนต่อไปนี้



การเรียงลำดับหมายเลขจากน้อยไปหามากนี้ จะต้องให้หมายเลขแต่ละตำแหน่งงานตามความสัมพันธ์ของงานต่าง ๆ ในโครงการนั้นด้วย กล่าวคือ งานใดที่ต้องทำก่อนจะต้องอยู่ในลำดับตำแหน่งงานเลขแรก ๆ หรือเลขต่ำ ๆ น้อย ๆ สำหรับงานใดที่ต้องทำหลัง ๆ จะต้องอยู่ในลำดับตำแหน่งงานเลขหลัง ๆ หรือเลขสูง ๆ มาก ๆ เช่น ถ้างานที่จะต้องทำก่อน เริ่มงานในตำแหน่งงานที่ "i" ซึ่งเป็นตำแหน่งโคนลูกศร และงานนี้เสร็จสิ้นที่ปลายลูกศรในตำแหน่งงานที่ "j" เช่นนี้แล้ว ตำแหน่งงานที่ j จะต้องเป็นเลขลำดับที่สูงกว่า ตำแหน่งงานที่ i หรือ $i < j$ นั่นเอง และถ้ามีงานที่จะต้องทำหลังจากงานนี้ต่อไปอีก ซึ่งเริ่มงานจากตำแหน่งงานที่ "j" โดยเสร็จสิ้นงานในตำแหน่งงานที่ "k" แล้วละก็ ลำดับตำแหน่งงานที่ k ก็จะต้องเป็นเลขหมายที่สูงกว่าลำดับตำแหน่งที่ j หรือ $j < k$ เช่นกัน และเรียงลำดับไปเช่นนี้เรื่อย ๆ ต่อไป

รูป 6-2 : PERT-network สำหรับกำหนดเวลา



$i < j$

3.4 ลายงานวิกฤต (critical path scheduling)

เมื่อได้สร้างแผนงานโดยย้ายงานลูกศร พร้อมทั้งให้ลำดับตำแหน่งงานแล้วต่อไปก็เป็น การง่ายที่จะพิจารณาในรายละเอียดเกี่ยวกับลำดับเวลาทำงานของงานย่อย ๆ รวมตลอดถึงระยะเวลาของแผนงานในโครงการโดยส่วนรวมทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดที่เกี่ยวกับลำดับการทำงานดังกล่าว ที่ควรจะพิจารณา เห็นจะได้แก่ กำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานของงานย่อย ๆ และของโครงการ นั้นเอง ซึ่งกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานนี้ยังอาจที่จะพิจารณาแยกกันออกเป็นสองกรณีด้วยกัน คือ การกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานเร็วสุด และ การกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานล่าช้าสุด

n. การเริ่มงานและเสร็จงานเร็วสุด (earliest start and finish times)

กำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานเร็วสุด หมายถึง กำหนดเวลาที่งานแต่ละงานจะสามารถ เริ่มดำเนินการได้เร็วที่สุด (earliest start : ES) เมื่อใด และเมื่อดำเนินการแล้วจะ เสร็จได้เร็วที่สุด (earliest finish : EF) เวลาใดนั่นเอง ซึ่งในการพิจารณาคำหนด เวลาเริ่มงานเร็วสุด (ES) และกำหนดเวลาเสร็จงานเร็วสุด (EF) นี้ อาจจะทำได้ด้วย ง่าย โดยการกำหนดเพื่อความสะดวกว่า เวลาเริ่มแรกของงานแรกในโครงการนี้เป็นเวลาศูนย์ "0" เมื่องานแรกนี้ใช้เวลาดำเนินการเท่าไรก็ตามเวลาเสร็จงานได้โดยการรวมจำนวนเวลาที่ใช้ในการ ดำเนินการนั้นเข้าไป ก็จะได้กำหนดเวลาเสร็จงานเร็วที่สุด สำหรับงานต่อ ๆ ไปก็คำนวณเวลาต่อ เนื่องกันไป จนถึงงานสุดท้ายของโครงการก็เป็นอันเสร็จสิ้นการดำเนินการขั้นนี้

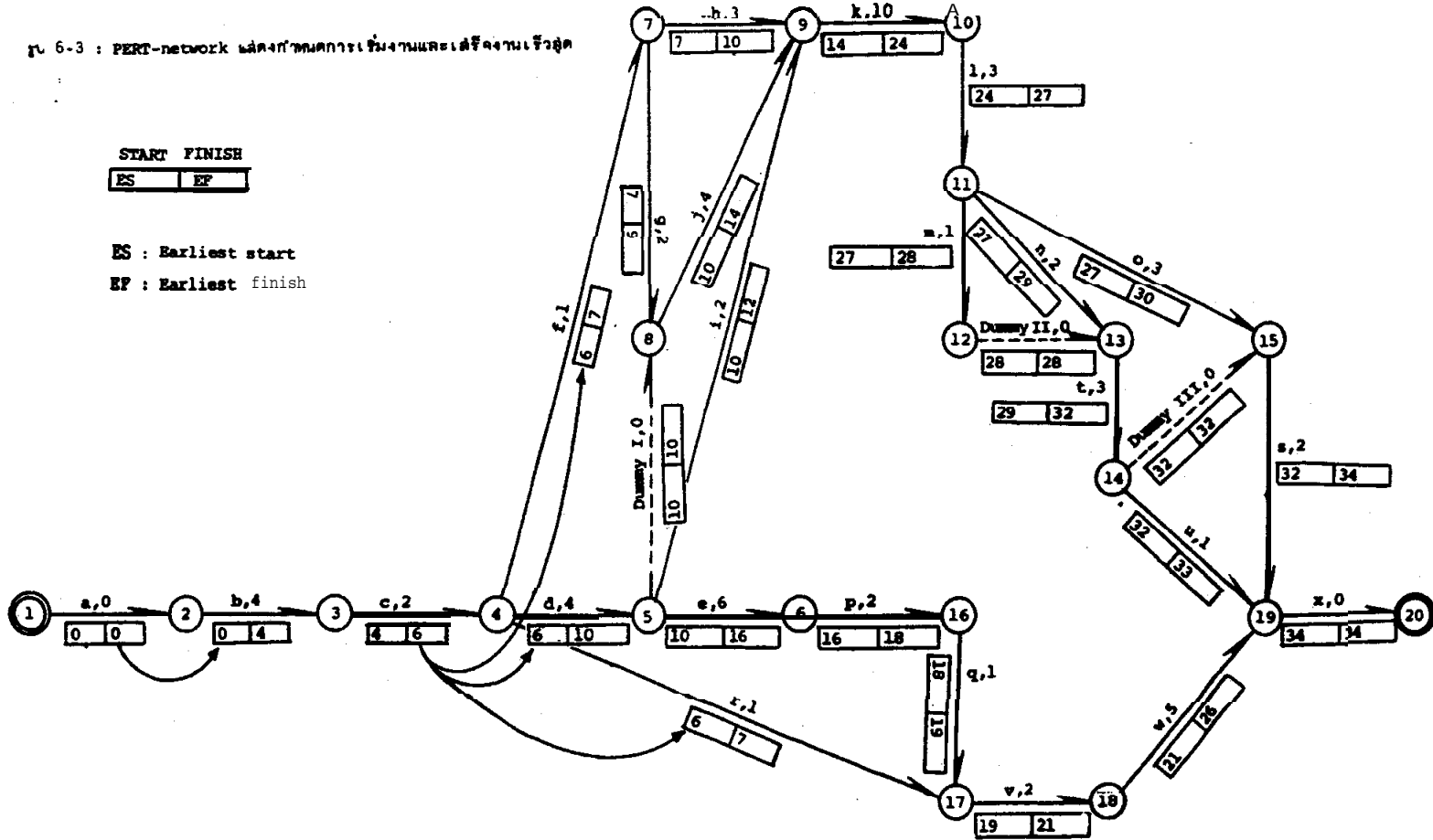
ตามตัวอย่าง 6-1 โครงการการสร้างบ้านนั้น งานแรกของโครงการ คือ งาน - a (เริ่มงาน) ถ้ากำหนดให้ งาน - a นี้ เริ่มงานเร็วที่สุดในวันที่ 0 ก็จะได้เสร็จเร็วที่สุดในวันที่ 0 เช่นกัน ทั้งนี้เพราะงาน - a ไม่ใช้เวลาก่อนหรือใช้เวลา "0" วันนั่นเอง จากงานนี้จะดำเนินการ ต่อไปก็คืองาน - b ซึ่งงาน - b นี้จะเริ่มดำเนินการได้ก็ต่อเมื่องาน - a ได้เสร็จสิ้นลงแล้ว แต่เมื่องาน - a เสร็จสิ้นเร็วที่สุดในวันที่ 0 งาน - b ก็จะเริ่มได้เร็วที่สุดในวันที่ 0 และดำเนินการ ต่อไปอีก 4 วัน ก็จะได้เสร็จงานในวันที่ 4 ($4 = 0 + 4$) และถ้าพิจารณาต่อไป ก็จะพบว่างานที่ จะต้องทำหลังจากงาน - b คือ งาน - c ซึ่งงาน - c นี้ก็จะสามารถเริ่มงานเร็วที่สุดได้ในวันที่ 4 (วันที่งาน - b เสร็จงาน) และเสร็จงานเร็วที่สุดในวันที่ 6 ($6 = 2 + 4$) สำหรับงาน - d และงานอื่น ๆ ในลำดับต่อ ๆ ไป ก็ดำเนินการในลักษณะเดียวกันเช่นนี้จนสิ้นสุดโครงการ

อนึ่ง ในการแสดงกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานเร็วสุด (ES, EF) ของงานแต่ละงานในโครงการนั้น นิยมที่จะแสดงไว้ให้เห็นเด่นชัดในกรอบสี่เหลี่ยมบริเวณลูกศรที่แสดงงานนั้น ๆ ทั้งนี้ โดยแบ่งกรอบสี่เหลี่ยมดังกล่าวออกเป็นสองช่องใหญ่ ให้ช่องด้านซ้ายสำหรับกำหนดการเริ่มงาน และช่องด้านขวาสำหรับกำหนดการเสร็จงาน สำหรับค่า ES ให้ใช้ด้านซ้ายสุดของช่องด้านซ้าย และ EF ให้ใช้ด้านซ้ายสุดของช่องด้านขวา เมื่อดำเนินการได้ครบทุกงานตลอดโครงการแล้ว ก็จะได้ PERT - network ที่แสดงกำหนดการเริ่มงาน และเสร็จงานเร็วสุด (ES, EF) ดังรูป 6-3 ต่อไปนี้

รูป 6-3 : PERT-network แสดงกำหนดการดำเนินงานและเสร็จงานเร็วสุด

START	FINISH
ES	EF

ES : Earliest start
 EF : Earliest finish



ข. การเริ่มงานและเสร็จงานล่าช้า (latest start and finish times)

ในการดำเนินการทำงานของโครงการนั้น งานบางงานอาจจะไม่จำเป็นต้องเริ่มงานในวันที่จะเริ่มงานได้เร็วที่สุดก็ได้ ทั้งนี้ หมายความว่า งานนั้น ๆ อาจจะเริ่มล่าช้ากว่ากำหนดการเร็วสุดได้ระยะหนึ่ง ซึ่งระยะดังกล่าวนี้จะไม่ผลทำให้ การดำเนินโครงการหรือการเสร็จงานของโครงการเปลี่ยนแปลงไปแต่อย่างใด แต่อย่างไรก็ตามการเริ่มงานและเสร็จงานที่ล่าช้านี้จะต้องมีกำหนดล่าช้าของแต่ละงานอยู่ด้วยเช่นกัน กำหนดการล่าช้านี้ หมายถึงกำหนดเวลาที่ล่าช้าที่สุดที่งานแต่ละงานจะต้องดำเนินการและเสร็จงานโดยไม่มีผลกระทบต่อระยะเวลาดำเนินการของโครงการ ซึ่งถ้างานใดเริ่มงานและเสร็จงานล่าช้ากว่ากำหนดการล่าช้านี้ ก็จะมีผลทำให้ระยะเวลาดำเนินการของโครงการล่าช้าออกไปกว่ากำหนดด้วย

การคำนวณกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานล่าช้า สามารถกระทำได้ เมื่อได้ทราบแล้วว่า ระยะเวลาดำเนินการของโครงการเป็นเท่าไร จากนั้นก็คำนวณถอยหลังเพื่อให้ทราบว่างานแต่ละงานจะต้องแล้วเสร็จเมื่อใด เมื่อทราบว่างานแต่ละงานจะแล้วเสร็จได้ล่าช้าที่สุดเมื่อใด ก็คำนวณถอยหลังว่างานนั้นจะต้องเริ่มได้ล่าช้าที่สุดเวลาไหนเอง

ตามตัวอย่าง 6.1 ซึ่งแสดงโดย PERT-network รูป 6-3 จะพบว่างาน- x ซึ่งเป็นงานสุดท้ายของโครงการ มีกำหนดการเสร็จเร็วสุดหลังจากที่เริ่มโครงการมาแล้ว 34 วัน นั้นย่อมหมายความว่า โครงการสร้างบ้านนี้จะใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 34 วัน นั้นเอง จากนี้ถ้าหากต้องการรู้ ว่างานแต่ละงานในโครงการนี้จะสามารถเริ่มงานและเสร็จงานได้ล่าช้าที่สุดวันใดก็สามารถพิจารณาได้โดยง่าย กล่าวคือ เมื่อโครงการสร้างบ้านนี้ จะต้องเสร็จสิ้นในวันที่ 34 หลังจากที่ได้เริ่มดำเนินการ ดังนั้นงาน- x ซึ่งเป็นงานสุดท้ายของโครงการ ก็จะต้องเสร็จงานอย่างล่าช้าที่สุด วันที่ 34 เช่นกัน แต่งาน- x ซึ่งแสดงการเสร็จงานไม่จำเป็นจะต้องใช้เวลา เช่นนี้แล้วงาน- x ก็จะต้องเริ่มงานอย่างล่าช้าที่สุดวันที่ 34 ($34 = 34 - 0$) นั้นเอง ต่อไปก็พิจารณาย้อนถอยหลังไปพิจารณากำหนดการทำงานของงานซึ่งต้องเสร็จก่อนงาน- x นี้ ซึ่งงานดังกล่าวคืองาน- e งาน- b และงาน- w แต่เมื่องาน- x จะต้องเริ่มงานล่าช้าที่สุดวันที่ 34 ดังนั้นงานทั้งสามนี้

ก็จะต้องเสร็จล่าช้าที่สุด วันที่ 34 เช่นกัน ดังนั้น งาน- s จึงต้องเริ่มล่าช้าที่สุดวันที่ 32 ($32 = 34 - 2$) เพื่อว่าเมื่อใช้เวลาดำเนินการอีก 2 วัน ก็จะเสร็จงานวันที่ 34 พอดี ๆ สำหรับงาน- u และ งาน- w ก็จะต้องเริ่มล่าช้าที่สุด วันที่ 33 ($33 = 34 - 1$) และวันที่ 29 ($29 = 34 - 5$) ตามลำดับ จากนี้ก็พิจารณาคำนวณถอยหลังย้อนหลังไปหากำหนดการเสร็จงานและเริ่มงานล่าช้าของงานต่าง ๆ ที่จะต้องเสร็จก่อน งาน- s , งาน- u และงาน- w ต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงงานเริ่มแรกคืองาน- a ก็เป็นอันเสร็จสิ้นการพิจารณาในขั้นนี้

อนึ่งการแสดงกำหนดการเริ่มงานล่าช้าที่สุด (latest start : LS) และกำหนดการเสร็จงานล่าช้าที่สุด (latest finish : LF) ของงานแต่ละงานในโครงการนั้น ในทางปฏิบัตินิยมที่จะแสดงให้เห็นเด่นชัดกันเองเกี่ยวกับการแสดงกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานเร็วสุด (ES, EF) เช่นกัน กล่าวคือ นิยมที่จะแสดงค่า LS และ LF ไว้ในกรอบสี่เหลี่ยมร่วมกับ ES และ EF ซึ่งกรอบสี่เหลี่ยมดังกล่าวแบ่งออกเป็นช่องช่องใหญ่ ช่องด้านซ้ายแสดงกำหนดการเริ่มงาน ช่องด้านขวาแสดงกำหนดการเสร็จงาน สำหรับค่า LS ให้ไว้ด้านขวาของช่องด้านซ้าย (ด้านซ้ายของช่องซ้ายแสดง ES ไว้แล้ว) และ LF ให้ไว้ด้านขวาของช่องด้านขวา (ด้านซ้ายของช่องขวาแสดง EF ไว้แล้ว) ดังนี้ : ES LS | EF LF

PERT-network ซึ่งแสดงกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานล่าช้าที่สุด สามารถแสดงได้ด้วย รูป 6-4 ต่อไปนี้

รูป 6-4 : PERT-network แสดงกำหนดการเริ่มงานและเสร็จงานล่าช้า

START FINISH

ES	LS	EF	LF
----	----	----	----

ES : Earliest start
 EF : Earliest finish
 LS : Latest start
 LF : Latest finish

