หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การเร่งโครงงานสำหรับงานต่อเรือยนต์รักษาฝั่ง

โครงงานต่อเรือเป็นโครงงานที่มีความซับซ้อนมากโครงงานหนึ่ง เพราะประกอบด้วยงานที่มีลักษณะแตกต่างกันหลายชนิด งานเหล่านี้ต้องกระทำโดยหน่วยงานต่าง ๆ หลายหน่วยงาน การจัดลำดับขั้นการทำงานให้ประสานสอดคล้องกัน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้งานทั้งหมดดำเนินไปได้ด้วยดี PERT - CPM เป็นเทคนิคหนึ่งที่นำมาใช้ในการจัดลำดับงานและควบคุมโครงงานต่อเรือของกรมอู่ทหารเรือ ถึงแม้ว่าในระยะแรกการใช้เทคนิคนี้จะไม่ได้รับผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากอุปสรรคต่าง ๆ ที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 1 ก็ตาม การใช้ PERT-CPM ก็ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่การควบคุมงานและการประสานงานระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เป็นอย่างมาก

การเร่งโครงงานด้วยการประยุกต์โปรแกรมพลวัตกับ PERT-CPM ที่ใช้ในการควบคุมโครงงานเป็นวิธีการที่ได้พิสูจน์แล้วในบทที่ 3 ว่าสามารถใช้ได้ผล ด้วยเหตุที่โปรแกรมพลวัตเป็นวิธีการที่เป็นระบบ การใช้โปรแกรมพลวัตกับโครงงานที่ซับซ้อนขึ้นเช่นนี้จึงไม่เป็นปัญหา

หลักการประยุกต์โปรแกรมพลวัตกับ PERT ในโครงงานต่อเรือ

จากตัวอย่างการประยุกต์โปรแกรมพลวัตกับ PERT ในบทที่ 3 สามารถสรุปหลักการเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการประยุกต์โปรแกรมพลวัตในการเร่งโครงงานต่อเรือได้ ดังนี้

1. เป้าหมายของการแก้ปัญหาโปรแกรมพลวัตนี้คือมุ่งที่จะทำให้โครงงานแล้วเสร็จเร็วขึ้นโดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (Minimize Cost)

2. การแบ่งขั้น (Stage) ในปัญหาโปรแกรมพลวัตนี้ ถือเอาสายงานวิกฤติในการทำงานปกติเป็นหลัก จำนวนขั้นของปัญหาจึงเท่ากับจำนวนงานวิกฤติในสายงานวิกฤติ

3. ภาวะ (State) . ของระบบคือเวลาที่มีให้สำหรับการทำงานในขั้นนั้นและขั้นต่อ ๆ ไป

4. ทางเลือก (Alternatives) ในขั้นต่าง ๆ เป็นระยะเวลาการทำงานของงานวิกฤติในขั้นนั้น ตั้งแต่เวลาการทำงานแบบปกติ เวลาการทำงานที่เร่งให้เสร็จเร็วขึ้นหนึ่งวัน ไปจนกระทั่งถึงเวลาการทำงานที่เร่งได้มากที่สุด

5. ผลตอบแทน (Return Function) ของทางเลือกต่าง ๆ คือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการทำงานด้วยทางเลือกนั้น ๆ และขั้นที่ผ่านมาให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่มีให้ ซึ่งจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการทำงานวิกฤติของขั้นนั้นด้วยทางเลือกนั้น ๆ ค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุดสำหรับการทำงานในขั้นต่าง ๆ ที่ผ่านมาให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากันผลต่างระหว่างเวลาที่มีให้กับเวลาที่ใช้ในการทำงานด้วยทางเลือกนั้น ๆ และค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุดในการทำงานของสายงานไม่วิกฤติ (Non-Critical Path) ต่าง ๆ ที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์เริ่มต้น (Tail Event) ของงานวิกฤติในขั้นนั้นโดยที่สายงานที่ไม่วิกฤติเหล่านั้นใช้เวลาในการทำงานที่สอดคล้องกับเวลาการทำงานของงานในสายงานวิกฤติ

6. ทางเลือกที่ดีที่สุดของแต่ละขั้นเป็นทางเลือกที่มีผลตอบแทนหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นนั้นคือผลตอบแทนของทางเลือกที่ดีที่สุดนั่นเอง

ด้วยหลักการโดยสรุปข้างต้น สามารถจะประยุกต์โปรแกรมพลวัตกับ PERT ใด ๆ ได้โดยง่ายโดยอาศัยหลักการดังกล่าวเป็นบรรทัดฐานในการเขียนสมการรีเคอซีฟ

<u>สมการรีเคอซีฟของการประยุกต์โปรแกรมพลวัตกับ PERT ในงานต่อเรือ</u>

จากหลักการประยุกต์โปรแกรมพลวัตข้างต้นประกอบกับ PERT ของโครงงานต่อเรือในภาคผนวก ข. สามารถจะเขียนสมการรีเคอซีฟสำหรับการนี้ได้โดยกำหนดให้

m_i เป็น ทางเลือกในการทำงานวิกฤติในขั้น i ซึ่งมีทั้งสิ้น m_i ทางเลือก

C_{i,m_i} เป็น ค่าใช้จ่ายในการทำงานวิกฤติในขั้น i ด้วยทางเลือก m_i

d_{i,m_i} เป็น เวลาที่ใช้ในการทำงานวิกฤติในขั้น i ด้วยทางเลือก m_i

x_i เป็น ระยะเวลาที่มีให้สำหรับการทำงานในขั้นที่ i,i+1.....
และ N เมื่อ N คือจำนวนขั้นทั้งหมดของปัญหา

$F_{i,m_i}(x_i)$ เป็น ผลตอบแทนจากการทำงานวิกฤติในขั้น i
ด้วยทางเลือก m_i เพื่อให้งานในขั้น i,i+1,.....
และ N แล้วเสร็จภายในระยะเวลา x_i

$f_i(x_i)$ เป็น ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานในขั้นที่ i,i+1,.....
และ N ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา x_i

m_i^* เป็น ทางเลือกที่ดีที่สุดในขั้นที่ i

$D_{j,k}(y)$ เป็น เวลาการทำงานที่ดีที่สุดของงานวิกฤติในขั้น k
เมื่อเวลาที่ให้แก่ขั้นที่ j เป็น y

1. <u>สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 19</u>

งานวิกฤติในขั้นที่ 19 คืองาน 55-56 ซึ่งใช้เวลาทำงานแบบปกติ 1วัน และเป็นงานที่ไม่สามารถเร่งได้ ในขั้นนี้จึงมีเพียงทางเลือกเดียวคือ ไม่มีการเร่งงานซึ่งมีค่าใช้จ่าย $C_{19,1}$ ดังนั้น ผลตอบแทนที่ดีที่สุด $f_{19}(x_{19})$ มีค่าเท่ากับ $C_{19,1}$ โดยที่ x_{19} ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ $d_{19,1}$

$$f_{19}(x_{19}) = C_{19,1} \qquad \text{.....5.1}$$

$$d_{19,1} \leq x_{19}$$

2. <u>สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 18</u>

งานวิกฤติในขั้นนี้คืองาน 54-55 ในขั้นนี้ไม่มีสายงานที่ไม่วิกฤติใดเริ่มต้นจากเหตุการณ์ 54 ซึ่งเป็นเหตุการณ์เริ่มต้นของงานวิกฤติในขั้นนี้ ผลตอบแทนจากการทำงาน 54-55 ด้วยทางเลือก m_{18} จึงมีเพียงค่าใช้จ่ายในการทำงาน 54-55 ด้วยทางเลือก m_{18} และผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ผ่านมาที่ใช้เวลาเท่ากับผลต่างของเวลาที่มีให้กับเวลาที่ใช้ในการทำงานวิกฤติด้วยทางเลือกนั้น

ดังนั้น สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 18 คือ

$$F_{18,m_{18}}(x_{18}) = C_{18,m_{18}} + f_{19}(x_{18} - d_{18,m_{18}})$$

$$f_{18}(x_{18}) = \min_{m_{18}} \left\{ F_{18,m_{18}}(x_{18}) \right\}$$

$$f_{18}(x_{18}) = \min_{m_{18}} \left\{ C_{18,m_{18}} + f_{19}(x_{18} - d_{18,m_{18}}) \right\} \quad \ldots 5.2$$

3. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 17, 16, 15, 14 และ 13

งานวิกฤติของขั้นเหล่านี้ได้แก่งาน 53-54, 52-53, 51-52, 49-51 และ 48-49 ตามลำดับ ทั้งห้าขั้นนี้มีสิ่งที่เหมือนกันอยู่ 2 ประการ คือ ประการแรก เป็นงานที่ไม่สามารถเร่งได้จึงมีเพียงทางเลือกเดียว ประการที่สอง ไม่มีสายงานที่ไม่วิกฤติใดเริ่มต้นจากเหตุการณ์เริ่มต้นของงานวิกฤติในขั้นเหล่านี้ ผลตอบแทนสำหรับการทำงานวิกฤติด้วยทางเลือก m_i เพื่อให้งานในขั้น $i, i+1, \ldots\ldots$, และ N แล้วเสร็จภายในระยะเวลา x_i ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการทำงานวิกฤติด้วยทางเลือกนั้น ($C_{i,1}$) และผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ $i+1$ ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลต่างระหว่าง x_i และ $d_{i,1}$

สมการรีเคอซีฟขั้นเหล่านี้ คือ

$$f_i(x_i) = C_{i,1} + f_{i+1}(x_i - d_{i,1})$$

$$d_{i,1} \leq x_i \qquad \ldots\ldots\ldots 5.3$$

$$i = 17, 16, 15, 14, 13$$

4. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 12

งานวิกฤติของขั้นที่ 12 คืองาน 46-48 ในขั้นนี้มีสายงานที่ไม่วิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 46 ซึ่งเป็นเหตุการณ์เริ่มต้นของงาน 46-48 คือสายงาน 46-47-48 ผลตอบแทน ($F_{12,m_{12}}(x_{12})$) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการทำงาน 46-48 ด้วยทางเลือก $m_{12}(C_{12,m_{12}})$ ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานในสายงาน 46-47-48 ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับเวลาที่ใช้ในการทำงาน 46-48 ด้วยทางเลือก m_{12} ($d_{12,m_{12}}$) และผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 13 ที่ใช้เวลาเท่ากับผลต่างระหว่าง x_{12} กับ $d_{12,m_{12}}$

สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 12 คือ

$$F_{12,m_{12}}(x_{12}) = C_{12,m_{12}} + pa_1(d_{12,m_{12}}) + f_{13}(x_{12} - d_{12,m12})$$

$$d_{12,m_{12}} \leq x_{12}$$

$$f_{12}(x_{12}) = \min_{m_{12}} \left\{ C_{12,m_{12}} + pa_1(d_{12,m_{12}}) + f_{13}(x_{12} - d_{12,m_{12}}) \right\}$$

.....5.4

เมื่อ $pa_1(d_{12,m_{12}})$ คือ ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานในสายงาน 46-47-48 ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา $d_{12,m_{12}}$

5. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 11

งานวิกฤติในขั้นนี้คือ งาน 34-46 ขั้นที่ 11 นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับขั้นที่ 12 ดังนั้นสมการรีเคอซีฟของขั้นนี้จึงเป็น

$$f_{11}(x_{11}) = \min_{m_{12}} \left\{ C_{11,m_{11}} + pb_1(d_{11,m_{11}}) + f_{12}(x_{11} - d_{11,m_{11}}) \right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 5.5$$

เมื่อ $pb_1(d_{11,m_{11}})$ คือ ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานในสายงาน 34-40-46 ซึ่งเริ่มต้นที่เหตุการณ์เริ่มต้นและสิ้นสุดที่เหตุการณ์สิ้นสุดของงาน 34-46 ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา $d_{11,m_{11}}$

6. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 10

งานวิกฤติของขั้นนี้คืองาน 32-34 ในขั้นนี้มีลักษณะแตกต่างจากขั้นอื่น ๆ ที่กล่าวถึงไปแล้วอยู่บ้างคือ สายงานที่ไม่วิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 32 มีมากกว่า 1 สายงานคือ

ก. สายงาน 32-36-36

ข. กลุ่มของสายงานที่ไม่วิกฤติที่ประกอบด้วยงาน 32-35, 32-37, 35-37 37-39 และ 37-46 ซึ่งในที่นี้จะถือว่าเป็นสายงานเดียวเรียกว่าสายงาน D

ค. กลุ่มสายงานที่ไม่วิกฤติซึ่งประกอบด้วยงาน 32-33, 33-41, 32-38, 41-42, 41-43, 41-44, 41-45 และงาน 45-49 เรียกว่า สายงาน E

ง. งาน 45-51 เป็นงานที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 45 ในสายงานที่ไม่วิกฤติซึ่งเริ่มต้นจากเหตุการณ์ 32 และสิ้นสุดที่เหตุการณ์ 51 ในสายงานวิกฤติ

เมื่อเวลาที่มีให้สำหรับการทำงานในขั้นนี้และขั้นต่อ ๆ ไปทั้งหมดคือ x_{10} และทำงานวิกฤติ 32-34 ด้วยทางเลือก m_{10} ซึ่งใช้เวลา $d_{10,m_{10}}$ เวลาที่มีให้

สำหรับการทำงานในขั้นต่อ ๆ ไปที่เหลือคือ $x_{10}-d_{10,m_{10}}$ เวลาการทำงานที่ดีที่สุดของขั้นที่ 11-19 คือ $D_{11,11}(x_{10}-d_{10,m_{10}}),\ldots,D_{11,19}(x_{10}-d_{10,m_{10}})$ ตามลำดับ เพื่อที่จะให้เวลาการทำงานทั้งหมดสอดคล้องกัน การทำงานของสายงานที่ไม่วิกฤติจะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาต่อไปนี้

1. สายงาน 32-36-46 จะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับ $D_{10,m_{10}} + D_{11,11}(x_{10} - d_{10,m_{10}})$

2. สายงาน D จะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับ $d_{10,m_{10}} + D_{11,11}(x_{10} - d_{10,m_{10}})$

3. สายงาน E จะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับ $d_{10,m_{10}} + D_{11,11}(x_{10} - d_{10,m_{10}}) + D_{11,12}(x_{10} - d_{10,m_{10}}) + D_{11,13}(x_{10}-d_{10,m_{10}})$

4. งาน 45-51 จะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับผลรวมของ $D_{11,14}(x_{10}-d_{10,m_{10}})$ และเวลาการทำงานที่ดีที่สุดของงาน 45-49 ในสายงาน E เมื่อเวลาการทำงานของสายงาน E เป็นไปตามข้อ 3. ให้ $d^{*}_{(42-49)}$ เป็นเวลาการทำงานที่ดีที่สุดของงาน 45-49 ดังกล่าว

ผลตอบแทนจากการทำงาน 32-34 ด้วยทางเลือก m_{10} เพื่อให้งานในขั้นที่ 10 ถึงขั้นที่ 19 แล้วเสร็จภายในระยะเวลา x_{10} ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการทำงานด้วยทางเลือก m_{10} ผลตอบแทนที่ดีที่สุดจากสายงาน 32-36-46 ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน D ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน E ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของงาน 45-51 และผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 11 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ $x_{10} - d_{10,m_{10}}$

สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 10 จึงเป็น

$$f_{10}(x_{10}) = \min_{m_{10}} \{ C_{10,m_{10}} + pc_1(d_{10,m_{10}} + D_{11,11}(x_{10}-d_{10,m_{10}})) + pd_1(d_{10,m_{10}} + D_{11,11}(x_{10} - d_{10,m_{10}})) + pe_1(d_{10,m_{10}} + D_{11,11}(x_{10} - d_{10,m_{10}}) + D_{11,12}(x_{10}-d_{10,m_{10}}) + D_{11,13}(x_{10}-d_{10,m_{10}})) + pf_1(D_{11,14}(x_{10}-d_{10,m_{10}}) + d^*_{(42-43)}) + f_{11}(x_{10} - d_{10,m_{10}}) \} \quad \ldots\ldots\ldots 5.6$$

7. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 9

ในขั้นนี้เหมือนกับในขั้นที่ 13-17 คือ เป็นขั้นที่ไม่มีสายงานที่ไม่วิกฤติใดเริ่มต้นจากเหตุการณ์เริ่มต้นของงาน 29-32 ซึ่งเป็นงานวิกฤติของขั้นนี้ และทางเลือกสำหรับการทำงานในขั้นนี้มีเพียงทางเลือกเดียวเพราะงาน 29-32 เป็นการนำเรืออกอู่ ซึ่งใช้เวลาเพียง 1 วัน สมการรีเคอซีฟของขั้นนี้ก็คือสมการ 5.3 ที่ i = 9 ดังนี้

$$f_9(x_9) = C_{9,1} + f_{10}(x_9 - d_{9,m_9}) \quad \ldots\ldots\ldots 5.7$$

8. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 8

งานวิกฤติของขั้นนี้คืองาน 23-29 และมีสายงานรองวิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 23 ดังนี้

1. กลุ่มของสายงาน G ซึ่งประกอบด้วยงาน 23-24, 23-25, 23-26, 23-27, 23-28 และงาน 28-29 สายงาน G นี้จะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับเวลาการทำงานของงาน 23-29

2. กลุ่มของสายงาน H ซึ่งประกอบด้วยงาน 23-30 และงาน 23-31 ซึ่งจะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับผลรวมของเวลาที่ใช้ในการทำงาน 23-29, 29-32, 32-33, 33-41 และงาน 41-45

ผลตอบแทนจากการทำงาน 23-29 ด้วยทางเลือก m_8 เพื่อให้งานในขั้นที่ 8-19 แล้วเสร็จภายในระยะเวลา x_8 ประกอบด้วย

ก. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 23-29 ด้วยทางเลือก m_8 (C_{8,m_8})

ข. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 9 เมื่อใช้เวลาเท่ากับ x_8-d_{8,m_8}

ค. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน G ซึ่งใช้เวลาเท่ากับเวลาที่ใช้ในการทำงาน 23-29 ด้วยทางเลือก m_8 ($pg_1(d_{8,m_8})$)

ง. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน H ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลรวมของ $d_{8,m_8}, D_{9,9}(x_8-d_{8,m_8})$, $k_{9,(32-33)}(x_8-d_{8,m_8})$, $k_{9,(23-41)}(x_8-d_{8,m_8})$, $k_{9,(41-45)}(x_8-d_{8,m_8})$

เมื่อ $k_{9,(32-33)}(x_8-d_{8,m_8})$ คือ เวลาที่ดีที่สุดในการทำงาน 32-33 เมื่อเวลาที่มีให้สำหรับขั้นที่ 9 เป็น x_8-d_{8,m_8}

$k_{9,(33-41)}(x_8-d_{8,m_8})$ คือ เวลาที่ดีที่สุดในการทำงาน 33-41 เมื่อเวลาที่มีให้แก่ขั้นที่ 9 คือ x_8-d_{8,m_8}

$k_{9,(41-45)}(x_8-d_{8,m_8})$ คือ เวลาที่ดีที่สุดสำหรับการทำงาน 41-45 เมื่อเวลาที่มีให้แก่ขั้นที่ 9 คือ x_8-d_{8,m_8}

สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 8 คือ

$$f_8(x_8) = \min_{m_8} \{ C_{8,m_8} + f_9(x_8-d_{8,m_8}) + pg_1(d_{8,m_8}) + ph_1(d_{8,m_8} + D_{9,9}(x_8-d_{8,m_8}) + k_{9,(32-33)}(x_8-d_{8,m_8}) + k_{9,(33-41)}(x_8-d_{8,m_8} + k_{9,(41-45)}(x_8-d_{8,m_8}))\} \quad \ldots\ldots\ldots 5.8$$

9. <u>สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 7</u>

ในขั้นที่ 7 นี้มีงาน 20-23 เป็นงานวิกฤติ สายงานที่ไม่วิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 20 มีเพียงสายงานเดียว คือ สายงาน 20-22-23 ทำให้ขั้นที่ 7 มีลักษณะเหมือนขั้นที่ 12 ดังนั้น สมการรีเคอซีฟในขั้นนี้จึงเขียนได้ดังนี้

$$f_7(x_7) = \min_{m_7} \{ C_{7,m_7} + f_8(x_7-d_{7,m_7}) + pi_1(d_{7,m_7}) \} \ldots\ldots 5.9$$

เมื่อ $pi_1(d_{7,m_7})$ คือ ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานของสายงาน 20-22-23 ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับ d_{7,m_7}

10. <u>สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 6</u>

งานวิกฤติในขั้นที่ 6 คืองาน 18-20 และมีสายงานที่ไม่วิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 18 สองสายงานคือ

1. สายงาน 18-19-20 โดยงาน 19-20 เป็นงานสมมติ
2. สายงาน 18-21-23 โดยงาน 21-23 เป็นงานสมมติ

ผลตอบแทนจากการทำงานด้วยทางเลือก m_6 เพื่อให้งานในขั้นที่ 6-19 แล้วเสร็จภายในระยะเวลา x_6 ประกอบด้วย

ก. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 18-20 ด้วยทางเลือก m_6 ซึ่งใช้เวลาในการทำงาน d_{7,m_7} (C_{6,m_6})

ข. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 7 ซึ่งใช้เวลาในการทำงานเท่ากับ x_6-d_{6,m_6} $(f_7(x_6-d_{6,m_6}))$

ก. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน 18-19-20 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ d_{6,m_6} $(pj_1(d_{6,m_6}))$

ง. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน 18-21-23 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลรวมของ d_{6,m_6} และ $D_{7,7}(x_6-d_{6,m_6})$ $(pk_1(d_{6,m_6}+D_{7,7}(x_6-d_{6,m_6})$

สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 6 คือ

$$f_6(x_6) = \min_{m_6} \{ C_{6,m_6} + f_7(x_6-d_{6,m_6}) + pj_1(d_{6,m_6}) + pk_1(d_{6,m_6}+D_{7,7}(x_6-d_{6,m_6})) \} \quad \ldots\ldots\ldots 5.10$$

11. <u>สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 5</u>

ในขั้นนี้ งานวิกฤติคืองาน 15-18 และมีสายงานที่ไม่วิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 15 คือสายงาน 15-17-18 ซึ่งมีงาน 17-18 เป็นงานสมมติ สายงานที่ไม่วิกฤตินี้จะต้องแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่ไม่เกินเวลาที่ใช้ในการทำงาน 15-18 ผลตอบแทนจากการทำงาน 15-18 ด้วยทางเลือก m_5 เพื่อให้งานในขั้นที่ 5-19 แล้วเสร็จภายในเวลา x_5 ประกอบด้วย

1. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 15-18 ด้วยทางเลือก m_5 (C_{5,m_5})

2. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 6 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ x_5-d_{5,m_5} $(f_6(x_5-d_{5,m_5}))$

3. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงานที่ไม่วิกฤติ 15-17-18 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ d_{5,m_5} $(pl_1(d_{5,m_5}))$

สมการรีเคอซีฟของขั้นนี้ คือ

$$f_5(x_5) = \min_{m_5} \left\{ C_{5,m_5} + f_6(x_5 - d_{5,m_5}) + pl_1(d_{5,m_5}) \right\} \quad \ldots\ldots 5.11$$

12. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 4

งานวิกฤติของขั้นที่ 4 คือ งาน 14-15 ในขั้นนี้มีสายงานที่ไม่วิกฤติที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์เริ่มต้นของงานวิกฤติเพียงสายงานเดียว คือ สายงาน 14-16-18 ซึ่งมีงาน 16-18 เป็นงานสมมติ

ผลตอบแทนจากการทำงาน 14-15 ด้วยทางเลือก m_4 ประกอบด้วย

1. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 14-15 ด้วยทางเลือก m_4 (C_{4,m_4})
2. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 5 ในการทำงานให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา $x_4 - d_{4,m_4}$ ($f_5(x_4 - d_{4,m_4})$)
3. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานของสายงาน 14-16-18 ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับผลรวมของ d_{4,m_4} และ $D_{5,5}(x_4 - d_{4,m_4})$ ($pm_1(d_{4,m_4} + D_{5,5}(x_4 - d_{4,m_4}))$)

สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 4 จึงเป็น

$$f_4(x_4) = \min_{m_4} \left\{ C_{4,m_4} + f_5(x_4 - d_{4,m_4}) + pm_1(d_{4,m_4} + D_{5,5}(x_4 - d_{4,m_4})) \right\} \quad \ldots\ldots 5.12$$

13. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 3

งานวิกฤติในขั้นที่ 3 คือ งาน 12-14 ขั้นนี้มีลักษณะเหมือนกับขั้นที่ 5, 7, 11 และ 12 กล่าวคือ มีสายงานที่ไม่วิกฤติหนึ่งสายงานเริ่มต้นจากเหตุการณ์เริ่มต้นของงานวิกฤติของขั้นนี้ ซึ่งในขั้นนี้ได้แก่สายงาน 12-13-14 ที่มีงาน 13-14 เป็นงานสมมติ

สมการรีเคอซีพของขั้นที่ 3 จึงเขียนได้ดังนี้

$$f_3(x_3) = \min_{m_3} \left\{ C_{3,m_3} + f_4(x_3 - d_{3,m_3}) + pn_1(d_{3,m_3}) \right\} \quad \ldots\ldots\ldots 5.13$$

เมื่อ $pn_1(d_{3,m_3})$ คือ ผลตอบแทนที่ดีที่สุดในการทำงานของสายงาน 12-13-14 ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่เท่ากับ d_{3,m_3}

14. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 2

งานวิกฤติของขั้นนี้คือ งาน 5-12 ในขั้นนี้ไม่มีสายงานที่ไม่วิกฤติอื่นใดเริ่มต้นจากเหตุการณ์ 5 ซึ่งเป็นเหตุการณ์เริ่มต้นของงานวิกฤติ 5-12 ทำให้ขั้นนี้ลักษณะเหมือนกับขั้นที่ 18 สมการรีเคอซีฟของขั้นนี้จึงเขียนได้ดังนี้

$$f_2(x_2) = \min_{m_2} \left\{ C_{2,m_2} + f_3(x_2 - d_{2,m_2}) \right\} \quad \ldots\ldots\ldots 5.14$$

15. สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 1

ในขั้นนี้มีงาน 1-5 เป็นงานวิกฤติและมีสายงานและกลุ่มของสายงานที่ไม่วิกฤติ ซึ่งเริ่มต้นจากเหตุการณ์ 1 ดังนี้

1. กลุ่มของสายงานที่ไม่วิกฤติซึ่งเริ่มต้นจากเหตุการณ์ 1 และสิ้นสุดลงที่เหตุการณ์ 5 อันประกอบด้วยสายงาน 1-2-5, 1-3-5 และสายงาน 1-4-5 โดยมีงาน 2-5, 3-5 และงาน 4-5 เป็นงานสมมติ กลุ่มของสายงานกลุ่มนี้เรียกว่า สายงาน P

2. สายงาน 1-6-12 ซึ่งมีงาน 6-12 เป็นงานสมมติ

3. สายงาน 1-7-14 ซึ่งมีงาน 7-14 เป็นงานสมมติ

4. สายงาน 1-8-18 ซึ่งมีงาน 8-18 เป็นงานสมมติ

5. กลุ่มของสายงานที่เริ่มต้นจากเหตุการณ์ 1 และสิ้นสุดที่เหตุการณ์ 23 ในที่นี้ให้ชื่อว่าสายงาน T ซึ่งประกอบด้วยสายงาน 1-9-23, 1-10-23 และสายงาน 1-11-23 โดยมีงาน 9-23, 10-23 และงาน 11-23 เป็นงานสมมติ

ผลตอบแทนจากการทำงาน 1-5 ด้วยทางเลือก m_1 ประกอบด้วย

ก. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 1-5 ด้วยทางเลือก m_1 (C_{1,m_1})

ข. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของขั้นที่ 2 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ d_{1,m_1} ($f_2(x_1-d_{1,m_1})$)

ค. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน P ซึ่งใช้เวลาเท่ากับ d_{1,m_1} ($pp_1(d_{1,m_1})$)

ง. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน 1-6-12 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลรวมของ d_{1,m_1} และ $D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1})$ ($pq_1(d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1})$

จ. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน 1-7-14 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลรวมของ d_{1,m_1}, $D_{2,2}(x_1 - d_{1,m_1})$ และ $D_{2,3}(x_1 - d_{1,m_1})$ $[pr_1(d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,3}(x_1 - d_{1,m_1})]$

ฉ. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน 1-8-18 ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลรวมของ d_{1,m_1}, $D_{2,2}(x_1 - d_{1,m_1})$, $D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1})$, $D_{2,4}(x_1-d_{1,m_1})$ $D_{2,5}(x_1-d_{1,m_1})$ $[ps_1(d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,4}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,5}(x_1-d_{1,m_1})]$

ช. ผลตอบแทนที่ดีที่สุดของสายงาน T ซึ่งใช้เวลาเท่ากับผลรวมของ d_{1,m_1}, $D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1})$, $D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1})$, $D_{2,4}(x_1-d_{1,m_1})$, $D_{2,5}(x_1-d_{1,m_1})$, $D_{2,6}(x_1-d_{1,m_1})$, $D_{2,7}(x_1-d_{1,m_1})$ $[pt_1(d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,4}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,5}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,6}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,7}(x_1-d_{1,m_1}))]$

C120139
จุฬา ๒๕๒๐ ก

สมการรีเคอซีฟของขั้นที่ 1 คือ

$$f_1(x_1) = \min_{m_1} \Big\{ C_{1,m_1} + f_2(x_1-d_{1,m_1}) + pp_1(d_{1,m_1}) + pq_1 \Big[d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) \Big] + pr_1 \Big[d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1}) \Big] + ps_1 \Big[d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,4}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,5}(x_1-d_{1,m_1}) \Big] + pt_1 \Big[d_{1,m_1} + D_{2,2}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,3}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,4}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,5}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,6}(x_1-d_{1,m_1}) + D_{2,7}(x_1-d_{1,m_1}) \Big] \Big\} \quad \ldots\ldots\ldots 5.15$$

<u>การคำนวณผลลัพธ์ที่ดีที่สุด</u>

เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องข้อมูลที่มีอยู่และระเบียบในการปฏิบัติงานบางประการ ดังนั้น วิธีการเร่งงานที่สามารถจะนำมาพิจารณาในการวิจัยนี้ จึงเป็นการเร่งงานด้วยวิธีเพิ่มจำนวนคนและค่าใช้จ่ายในการทำงานที่จะนำมาพิจารณาจะจำกัดเพียงค่าแรงงานโดยตรง (Direct Labor Cost) เท่านั้น

จากตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.7 สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานแบบปกติของงานต่าง ๆ ได้ดังปรากฏผลในตารางที่ 5.1 โดย

ค่าใช้จ่ายในการทำงานแบบปกติ = เวลาการทำงานแบบปกติ × จำนวนแรงงานโดยเฉลี่ย × อัตราค่าแรงงานโดยเฉลี่ย

ตารางที่ 5.1 เวลาการทำงานและค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานแบบปกติ

งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1-2	5	5,574.00	5-12	24	12,919.20
1-3	25	6,843.00	12-13	10	2,593.00
1-4	12	9,853.92	12-14	10	8,120.20
1-5	40	21,897.60	14-15	14	11,368.28
1-6	24	19,707.84	14-16	45	12,317.40
1-7	35	28,740.60	15-17	29	23,548.58
1-8	38	31,204.08	15-18	29	23,548.58
1-9	68	37,225.92	18-19	23	24,982.02
1-10	40	20,766.40	18-20	29	23,548.58
1-11	30	17,794.80	18.21	50	26,915.00
20-22	15	8,211.60	34-40	23	5,970.34
20-23	24	19,488.48	34-46	60	15,574.80
23-24	30	24,360.60	35-37	30	7,786.40
23-25	15	4,105.80	36-46	60	15,558.00
23-26	5	1,228.70	37-39	15	3,893.70
23-27	4	3,284.64	37-46	15	3,889.50
23-28	30	23,812.20	40-46	35	9,085.30
23-29	45	23,362.20	41-42	30	15,900.93
23-30	60	15,558.00	41-43	30	8,211.60
23-31	80	20,744.00	41-44	30	16,991.82

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
29-32	1	5,016.60	41-45	50	13,686.00
32-33	21	11,705.40	45-49	10	5,931.60
32-34	15	7,784.40	45-51	10	4,914.80
32-35	30	14,349.60	46-47	15	3,893.70
32-36	15	3,889.50	46-48	48	12,446.40
32-37	60	15,558.00	47-48	15	3,893.70
32-38	60	14,349.60	48-49	5	
33-41	20	11,148.00	49-51	5	
51-52	5		54-55	15	16,722.00
52-53	8		55-56	1	
53-54	7		28-29	10	5,931.60

ในการคำนวณหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการเร่งโครงงานในการวิจัยนี้ มีความมุ่งหมายที่จะหาการตัดสินใจที่ดีที่สุดในการเร่งโครงงานโดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มน้อยที่สุด ดังนั้น งานบางงานในตารางที่ 5.1 จึงไม่ได้ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำงานเพราะเป็นงานที่ไม่อาจจะเร่งให้เร็วขึ้นได้ ค่าใช้จ่ายในการทำงานของงานเหล่านี้จึงไม่ต้องนำมาพิจารณา

เวลาการทำงานแบบเร่งที่สุดของงานต่าง ๆ กำหนดโดยอาศัยการคำนวณด้วยสมการที่ 4.1 คือ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

โดยถือเอาค่าจำนวนเต็มที่เป็นบวกซึ่งใกล้เคียงกับ $\bar{X}$ มากที่สุดเป็นเวลาสำหรับการทำงานแบบเร่งที่สุด ค่าใช้จ่ายในการทำงานแบบเร่งคำนวณได้จากกำหนดเวลาการทำงานแบบเร่งที่สุดจำนวนแรงงานสำหรับการทำงานแบบเร่งที่สุดในตารางที่ 4.4 และอัตราค่าแรงงานในตารางที่ 4.7 ดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการทำงานแบบเร่งที่สุด = เวลาการทำงานแบบเร่งที่สุด × จำนวนแรงงานสำหรับการทำงานแบบเร่ง × อัตราค่าแรงงานโดยเฉลี่ย

เวลาการทำงานแบบเร่งและค่าใช้จ่ายในการทำงานแบบเร่งที่สุดของงานต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เวลาการทำงานและค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงานแบบเร่งที่สุด

งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1-2	3	5,852.70	20-23	16	21,751.36
1-3	13	7,116.72	23-24	16	25,984.64
1-4	7	11,496.24	23-25	11	6,021.84
1-5	22	31,204.08	23-26	4	1,965.92
1-6	14	22,992.48	23-27	3	4,105.80
1-7	22	30,109.20	23-28	20	31,749.60
1-8	21	34,480.72	23-29	27	28,034.64
1-9	48	39,409.92	23-30	28	21,781.20
1-10	24	24,919.68	29-32	1	5,016.60
1-11	12	21,353.76	32-33	15	20,902.50
5-12	12	16,318.32	32-34	11	8,566.14
12-13	7	3,630.20	32-35	20	19,132.80
12-14	6	9,744.24	32-36	8	4,148.40
14-15	9	14,616.36	32-37	36	18,669.60
14-16	15	16,423.20	32-38	35	16,741.20
15-17	19	25,829.74	33-41	14	11,705.40
15-18	18	29,232.72	34-40	13	6,749.08
18-19	16	25,984.04	34-46	35	18,151.00
18-20	16	25,984.04	35-37	11	7,566.14
18-21	35	38,000.90	36-46	35	18,151.00
20-22	11	9,032.76	37-39	10	5,191.60

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	งาน	เวลาการทำงาน (วัน)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
37-46	10	5,189.00	47-48	9	4,672.44
40-46	26	13,498.16	48-49	5	
41-42	19	25,176.47	49-51	5	
41-43	12	9,853.92	51-52	5	
41-44	16	18,007.27	52-53	8	
41-45	30	16,423.20	53-54	7	
45-49	4	7,117.92	54-55	10	20,902.50
45-51	8	5,417.70	55-56	1	
46-47	11	5,710.76	28.29	4	57,117.92
46-48	30	15,558.00			

เนื่องจากข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ของกรมอู่ทหารเรือยังมีจำนวนจำกัดทำให้ไม่สามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการทำงานของงานต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงต้องสมมติว่าความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและเวลาการทำงานเป็นสมการเส้นตรง

ทางเลือกสำหรับการทำงานต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยทางเลือกที่ 1 เป็นการทำงานแบบปกติซึ่งใช้เวลามากที่สุด ทางเลือกที่ 2 เป็นทางเลือกซึ่งใช้เวลาการทำงานน้อยลงมา 1 วัน ทางเลือกต่อ ๆ ไปก็จะใช้เวลาการทำงานลดลงไปเรื่อย ๆ จนทางเลือกสุดท้ายของงานนั้น ๆ คือทางเลือกที่ใช้เวลาการทำงานเท่ากับเวลาการทำงานแบบเร่ง จำนวนทางเลือกและค่าใช้จ่ายในการทำงานของทางเลือกเหล่านั้นแสดงอยู่ในภาคผนวก จ.

การคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการเร่งโครงงานต่อเรือนี้ ทำการคำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำหรับการคำนวณนี้ ใช้ภาษา FORTRAN IV ซึ่งเขียนขึ้นโดยอาศัยสมการรีเคอซีฟของปัญหานี้ (สมการที่ 5.1 - 5.15) เป็นบรรทัดฐาน (ดูภาคผนวก ฉ.) จากการคำนวณปรากฏผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับแผนการเร่งโครงงานดังที่แสดงในภาคผนวก ช.