บทที่ ๒

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ PERT เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งได้แยกอธิบายไว้เป็นข้อๆดังนี้

๑. การรวบรวมข้อมูล

๒. การเขียนแผนผัง

๓. การคำนวณเวลาในการทำงานแต่ละงานและของโครงการทั้งหมด งานและสายงานวิกฤต เวลาเริ่มต้นทำงานแต่ละงานได้เร็วที่สุดและช้าที่สุด เวลาที่ทำงานเสร็จเร็วที่สุดและช้าที่สุดและ slack

๔. วิธีการคำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

๑. การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นของบริษัทอีอีซี ซึ่งได้แบ่งกระบวนการผลิตมาตรวัดน้ำไว้ ๔ อย่างคือ การผลิตชิ้นส่วนต่างๆ การประกอบชิ้นส่วน การทดสอบและการบรรจุเข้าหีบห่อ

ในการผลิตมาตร ๑ อันจะต้องผลิตชิ้นส่วนต่างๆจำนวน ๔๗ ชิ้น มีจุดที่จะประกอบชิ้นส่วนเหล่านี้เข้าด้วยกัน ๑๘ จุด ตามสายงานประกอบชิ้นส่วน (Assembly Line) ซึ่งมีอยู่ ๒ สายงาน วิธีในการผลิตนั้น จะผลิตชิ้นส่วนที่จะประกอบตามจุดต่างๆตามลำดับก่อนหลัง เช่น ณ จุดประกอบหนึ่งจะต้องใช้ชิ้นส่วน flow valves, transmit gear, และ lock washer ประกอบเข้าด้วยกัน เพราะฉะนั้นจะต้องผลิตชิ้นส่วนต่างๆเหล่านี้ก่อน ส่วนประกอบอื่นๆที่ยังไม่จำเป็นรอไว้ผลิตต่อไปตามลำดับ

เมื่อประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันจนได้มาตรแล้ว จะต้องมีการทดสอบเสียก่อน

ในการทดสอบนั้น เลือกทดสอบด้วยการสุ่มตัวอย่าง ๑๐ % ตามโครงการนี้ที่ต้องผลิตมาตร จำนวน ๑,๐๐๐ อัน จะต้องสุ่มมาทดสอบ ๑๐๐ อัน ถ้าตรวจพบความบกพร่องจะต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงที่จุดที่บกพร่องนั้นๆ

ข้อมูลต่างๆที่ที่รวบรวมแยกออกได้ดังนี้

๑. แบ่งกระบวนการทำงานให้ได้งานที่เล็กที่สุด และจะต้องแยกความสัมพันธ์ของแต่ละงานตามลำดับก่อนหลัง แสดงไว้ตามแผนผังที่ ๑

๒. ระยะเวลาในการทำงานแต่ละงานโดยประมาณ แบ่งออกได้เป็น ๓ อย่าง คือ

a หมายถึงเวลาที่สามารถทำงานนั้นให้เสร็จเร็วที่สุด โอกาสที่จะเกิดเวลานี้ประมาณ ๑ ใน ๑๐๐ หรือมีโอกาส ๑ ใน ๑๐๐ ที่จะสามารถทำงานนั้นให้เสร็จเร็วกว่านี้

m หมายถึงเวลาที่ทำงานนั้นเสร็จตามธรรมดา

b หมายถึงเวลาที่ทำงานนั้นเสร็จช้าที่สุด โอกาสที่จะเกิดอย่างนี้มีประมาณ ๑ ใน ๑๐๐ เช่นกัน

เวลาในการทำงานแสดงไว้ในตารางที่ ๒

ชิ้นส่วนต่างๆที่ต้องผลิตมีดังนี้

1. Body inlet
2. Body outlet
3. Register window
4. Flange
5. Flange bolt
6. Flow valve
7. Filter tip
8. Chamber body

9. Chamber close

10. Barrier plate

11. Piston

12. Flow detector

13. Rotor

14. Drime shaft

15. Drive warm gear

16. Double gear

17. Transmit gear

18. Transmit warm gear

19. Register drive gear

20. Count gear

21. Counter gear wheel A

22. Counter gear wheel B

23. Counter transmitter

24. Register body

25. Register close

26. Gear holder

27. Register pressure body

28. Register pressure key

29. Counter dial

30. Body tip

31. Filter

32. Lock washer

33. Washer

34. Guide pin

35. Spring for rotor lock

36. Rivet pin

37. Short shaft

38. Long shaft

39. Drive shaft

40. Wheel shaft

41. Compressive spring

42. Spring for rubber tube

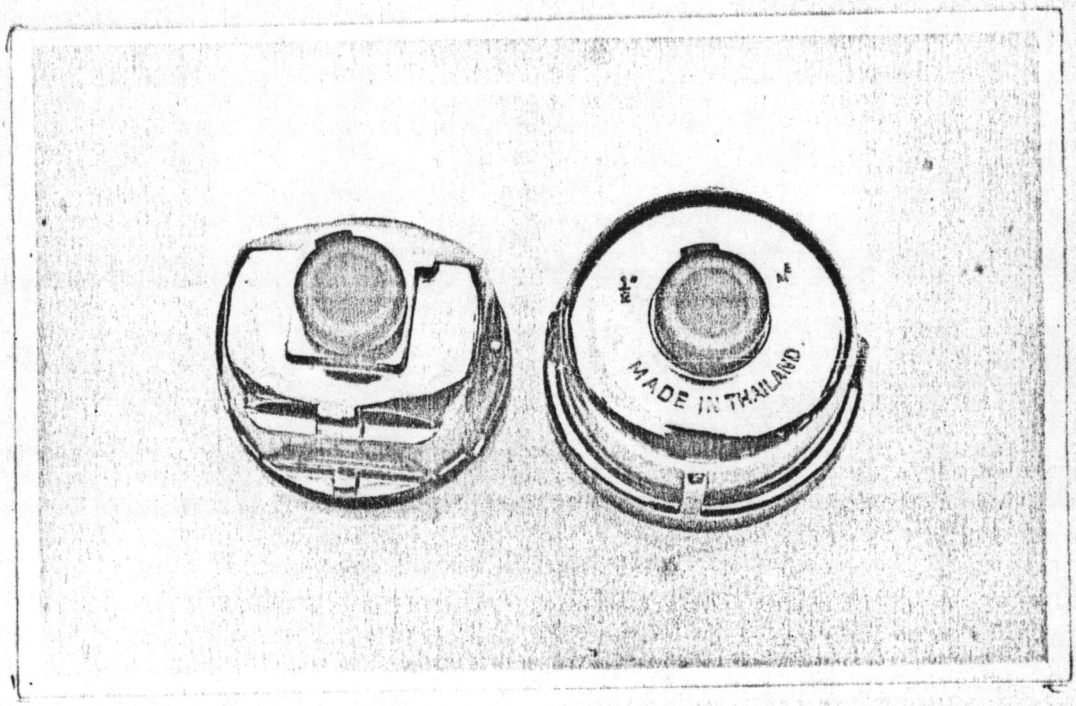
43. Chamber O-ring rubber

44. Register O-ring rubber

45. Rubber tube

46. Flange seal rubber

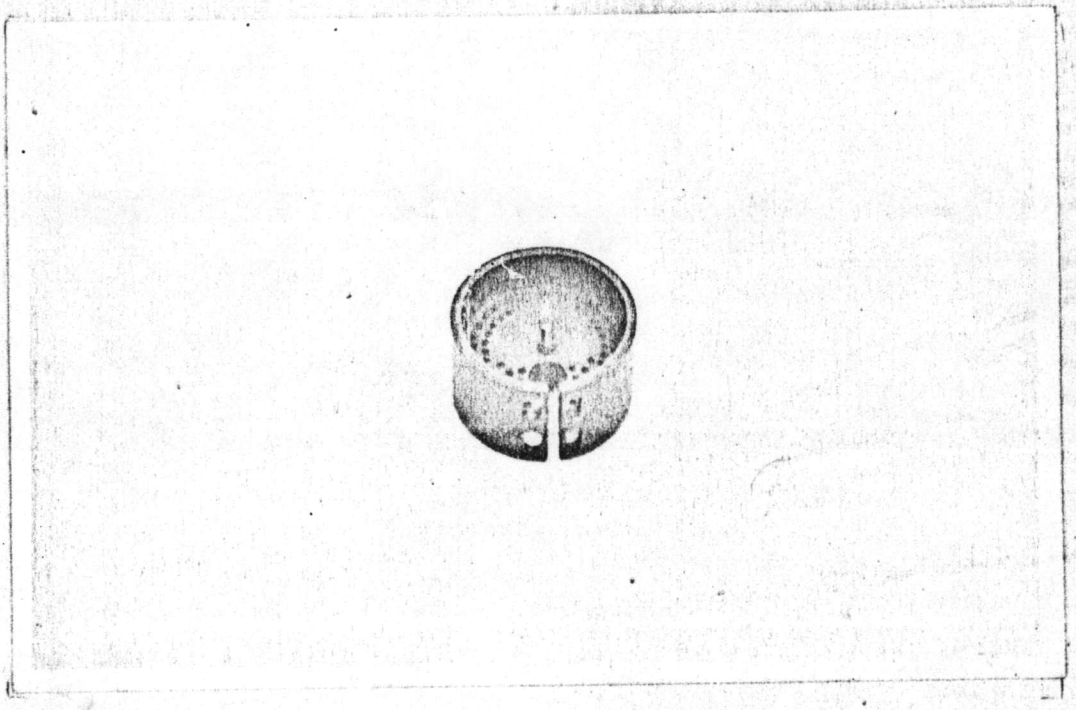
47. Register seal rubber



รูปที่ ๒

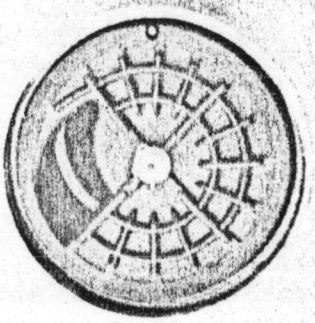
Body inlet and Body outlet

001570



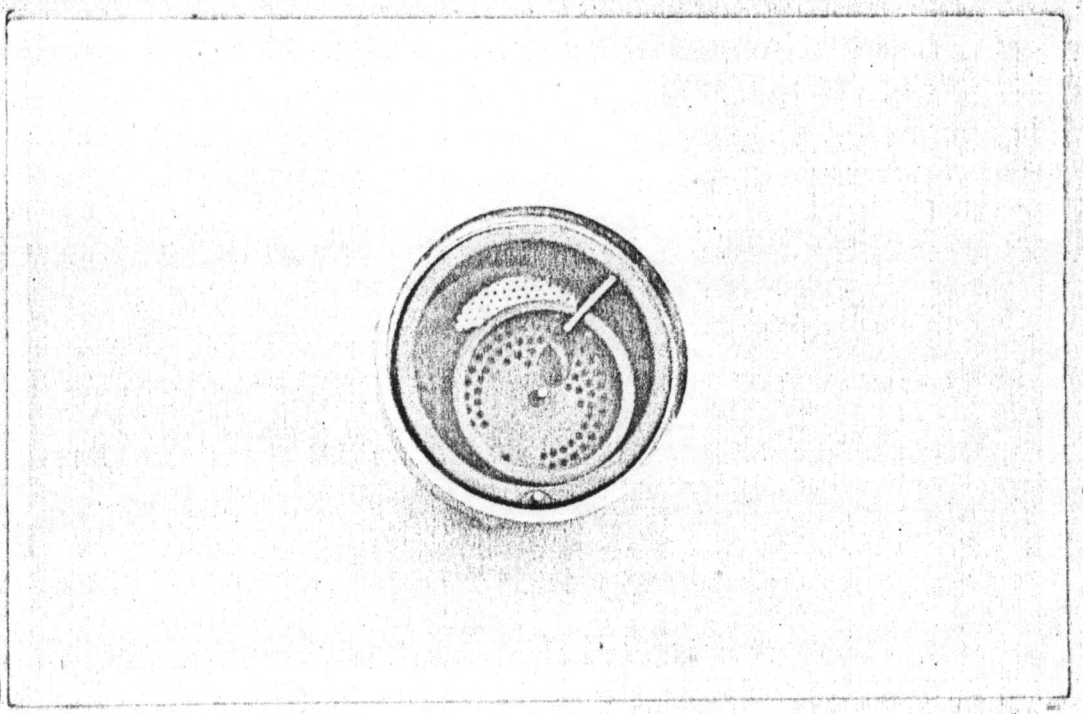
รูปที่ ๒

Piston



รูปที่ ๓

Measuring chamber



รูปที่ ๔

Chamber body with barrier plate

ตารางที่ ๒

เวลาโดยประมาณในการทำงาน

งาน	เวลา			ลักษณะงาน
	a	m	b	
1 - 2	1.10	1.36	1.50	Producing guide pin
1 - 3	17.00	17.16	17,50	Producing chamber body
2 - 3	0.00	0;00	0.00	Dummy activity
1 - 4	0.75	0.81	0.90	Producing flow detector and rotor
1 - 5	17.00	17.16	17.50	Producing chamber close
4 - 5	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
1 - 6	0.50	0.53	0.60	producing counter dial
1 - 7	17.00	17,16	17.50	Producing guide pin
6 - 7	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
1 - 8	1.10	1.36	1.50	Producing counter gear wheel A&B drive shaft,and wheel shaft
1 - 9	1.10	1;36	1.50	Producing counter gear, counter transmitter and drive shaft
1 - 10	1.10	1.36	1.50	Producing register pressure key
1 - 11	1.35	1.44	1.50	Producing compressive spring
10 - 11	0.00	0..0	0.00	Dummy activity
1 - 12	3.05	3.11	3.20	Producing o-ring rubber
1 - 13	23.00	24.16	25.00	Producing body outlet
12 - 13	0.00	0.00	0.00	Dummy activity

ตารางที่ ๒. (ต่อ)

เวลาโดยประมาณในการทำงาน

งาน	เวลา			ลักษณะงาน
	a	m	b	
13 - 14	1.05	1.11	1.20	Producing chamber body and guide pin
14 - 15	1.10	1.11	1.20	Producing filter and filter tip
14 - 16	14.00	16.91	17.00	Producing lock w[illegible]
15 - 16	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
16 - 17	1.05	1.11	1.20	Assembling [illegible]
17 - 18	0.50	0.53	0.59	Producing barrier plate
18 - 19	0.25	0.28	0.30	Assembling
5 - 20	0.50	0.56	0.59	Assembling
19 - 20	15.00	16.61	17.00	Producing piston
20 - 21	0.50	0.56	0.60	Assembling
21 - 22	14.00	16.91	17.00	Producing chamber o-ring rubber
21 - 23	23.00	24.16	25.00	Producing body inlet
22 - 23	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
21 - 24	1.10	1;30	1;50	Assembling
23 - 24	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
24 - 25	1.05	1.11	1.28	Assembling
7 - 26	0.25	0.28	0.30	Assembling
8 - 26	0.25	0.28	0.30	Assembling
26 - 27	1.10	1.36	1.50	Producing register drive gear
26 - 28	14.00	16.91	17.00	Producing register close

ตารางที่ ๒ (ต่อ)

เวลาโดยประมาณในการทำงาน

งาน	เวลา			ลักษณะงาน
	a	m	b	
27 - 28	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
26 - 29	0.50	0.53	0.60	Producing register o-ring rubber
28 - 29	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
29 - 30	1.05	1.11	1.20	Assembling gear
30 - 31	1.10	1.38	1.50	Producing rivet pin
30 - 32	0.75	0.81	0.90	Producing gear holder
31 - 32	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
32 - 33	0.50	0.56	0.59	Assembling
33 - 34	1.10	1;36	1.56	Producing drive shaft and drive gear
34 - 35	0.50	0.56	0.59	Assembling
35 - 36	1.10	1.36	1.56	Producing double gear and transmit gear
36 - 37	0.50	0.50	0.59	Assembling
37 - 38	1.10	1.36	1.50	Producing transmit gear and transmit warm gear
37 - 39	14.00	16.91	17.00	Producing washer
38 - 39	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
39 - 40	0.50	0.56	0.59	Assembling
11 - 41	0.25	0.28	0.30	Assembling
13 - 41	00.50	0.56	0.59	Assembling

ตารางที่ ๖ (ต่อ)

เวลาโดยประมาณในการทำงาน

งาน	เวลา			ลักษณะงาน
	a	m	b	
40 - 42	1.35	1.44	1.50	Producing spring for rubber tube
41 - 42	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
40 - 43	14.00	16.91	17.00	Producing rubber tube and register seal rubber
42 - 43	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
43 - 44	0.50	0.56	0.59	Assembling
25 - 44	0.00	0.00	0.00	Dummy activity
44 - 45	0.80	0.84	0.90	Assembling
45 - 46	9.50	10.00	11.00	Testing

๒. ข้อตกลงเบื้องต้นในการประมาณเวลาในการทำงาน[1]

ในการประมาณค่า a, m และ b ของงานต่างๆนั้นเพื่อให้ค่าที่ได้มาใกล้เคียงกับความเป็นจริง ได้ใช้หลักในการประมาณค่าของ Joseph Moder

๑. ค่า a,m และ b ของแต่ละงานจะต้องเป็นอิสระไม่ขึ้นต่อค่าของงานอื่น ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อตกลง Central Limit Theorem

๒. การประมาณค่าของ a, m และ b จะต้องไม่คำนึงถึงเวลาของโครงการทั้งหมดว่ามีมากหรือน้อยแต่ประการใด

๓. ในการประมาณค่าเหล่านี้ไม่คำนึงถึงเหตการณ์ที่ไม่คอยจะเกิดขึ้น หรือเหตุการณ์ที่เราไม่รู้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อไร เช่น ไฟไหม้ น้ำท่วม เป็นต้น

๔. จำเป็นจะต้องคำนึงถึงเหตุการณ์ที่เรารู้ว่าจะต้องเกิดขึ้น เช่น ภูมิอากาศที่เป็นไปตามฤดูกาล เป็นต้น

๓. การเขียนแผนผัง[2]

จากข้อมูลที่ได้มาจะต้องนำมาเขียนแผนผังเสียก่อน เพื่อแสดงความสัมพันธ์และลำดับการในการทำงานต่างๆ มีหลักการในการเขียนดังนี้

๑. ก่อนที่จะเริ่มต้นทำงานใด จะต้องทำงานก่อนงานนั้นให้เสร็จเสียก่อน

---

[1] Joseph J Moder, Project Management with PERT and CPM (New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1970), pp.284-285.

[2] Ibid, p.25.

๒. ลูกศรแสดงความสัมพันธ์ก่อนหลังระหว่างเหตุการณ์ ๒ เหตุการณ์ เหตุการณ์ทางด้านลูกศรเรียกว่า "หัว" เหตุการณ์อีกด้านเรียกว่า "หาง" ลูกศรนี้หมายถึงงานที่จะต้องทำ ความยาวของลูกศรไม่มีความหมายแต่อย่างใด เส้นลูกศรที่เป็นเส้นประแสดงดัมมี่

๓. ตัวเลขแสดงเหตุการณ์จะต้องไม่ซ้ำกันภายในแผนผังเดียวกัน

๔. เหตุการณ์ใดหนึ่งจะมีงานเชื่อมเกินหนึ่งงานไม่ได้

๕. เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ควรจะมีเหตุการณ์เริ่มต้นและสุดท้ายเพียงเหตุการณ์เดียวเท่านั้น

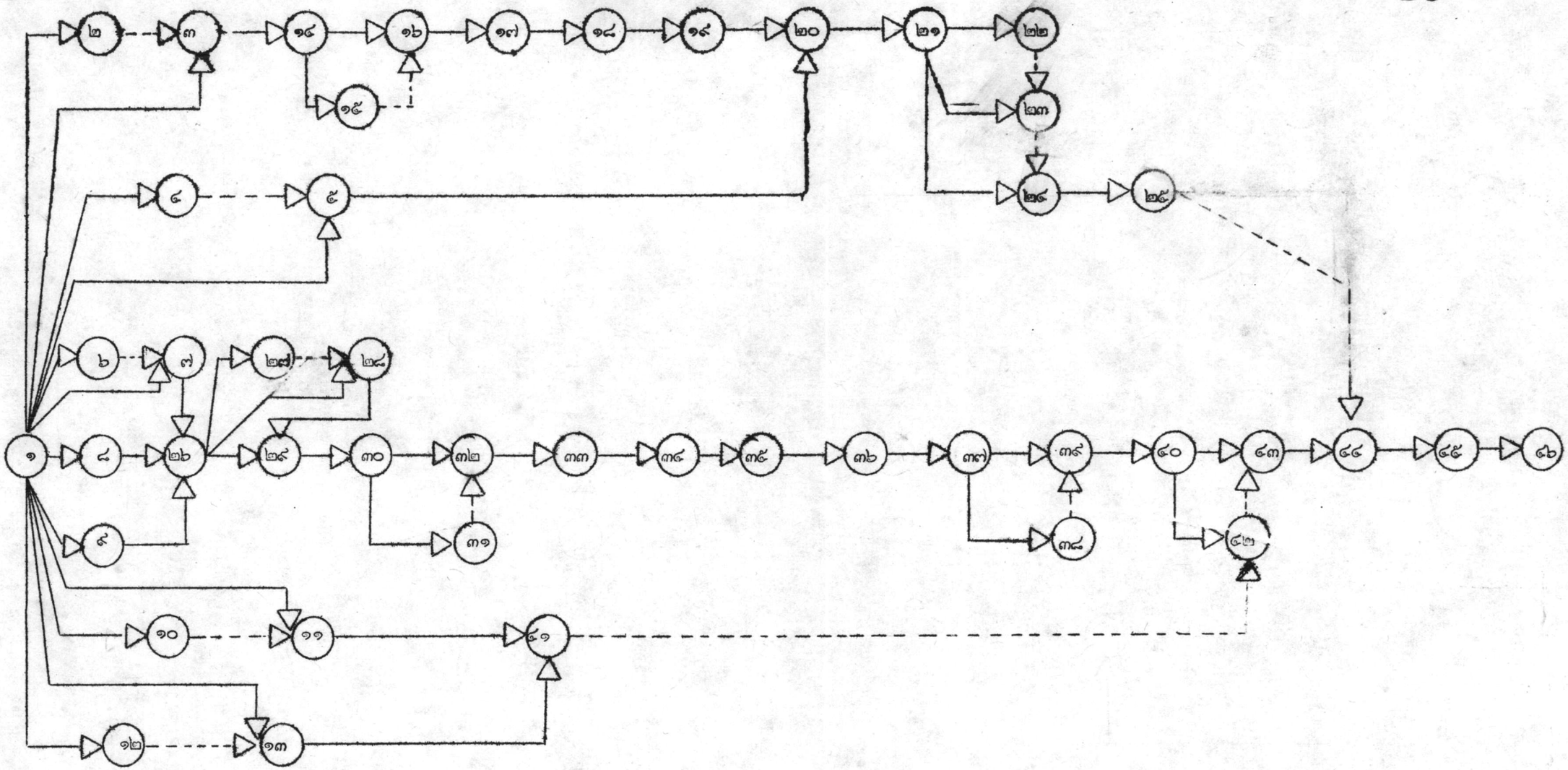
๖. ตัวเลขแสดงเหตุการณ์ทางหางจะต้องน้อยกว่าเหตุการณ์ทางหัว

๔. การคำนวณ

๑. สัญญลักษณ์ที่ใช้

T_{ij}	คือระยะเวลาในการทำงาน (ij)
ES_{ij}	คือเวลาที่เริ่มต้นทำงานที่เร็วที่สุดของงาน (ij)
EF_{ij}	คือเวลาทำงาน ij เสร็จเร็วที่สุด
LS_{ij}	คือเวลาที่เริ่มต้นทำงานช้าที่สุด
LF_{ij}	คือเวลาที่ทำงาน ij เสร็จช้าที่สุด
TS_{ij}	คือ Total slack ของงาน ij
ET( )	คือเวลาที่เกิดเหตุการณ์ i ได้เร็วที่สุด
LT( )	คือเวลาที่เกิดเหตุการณ์ได้ช้าที่สุด
SD	คือความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
V	คือ ความแปรปรวน
FS_{ij}	คือ Free slack

แผนผังที่ ๒ ความสัมพันธ์ของงาน



๒. การคำนวณหาเวลาการทำงานแต่ละงาน[๓]

คำนวณได้จากสูตร

$$T_{ij} = (a + 4m + b) / 6$$

$$SD = (b - a) / 6$$

$$V = SD^2$$

๓. การคำนวณไปข้างหน้า[๔] เป็นการคำนวณหาเวลาที่เริ่มและทำงานเสร็จเร็วที่สุด

๑) ให้เวลาที่เกิดเหตุการณแรกเป็นศูนย์

$$ET_1 = 0$$

๒) จะต้องเริ่มทำงานเร็วที่สุดเท่าที่จะเร็วได้

$$ES_{ij} = \text{Max. of EF of activities preceding } (ij)$$

๓) เวลาที่เสร็จเร็วที่สุดของเหตุการณ์ใดๆ เท่ากับผลบวกของเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดกับเวลาในการทำงานนั้น

$$EF_{ij} = ES_{ij} + T_{ij}$$

๔. การคำนวณย้อนหลัง[๕] เป็นการคำนวณหาเวลาเริ่มต้นช้าที่สุดและเสร็จช้าที่สุด มีหลักการคำนวณดังนี้

๑) ให้เวลาที่เกิดเหตุการณ์อันสุดท้ายได้ช้าที่สุดเท่ากับเวลาที่เหตุการณ์นั้นได้เร็วที่สุด

$$LT_n = ET_n$$

๒) จะตองทำงานให้เสร็จช้าที่สุด

$$LF_{ij} = \text{Min. of LS of activities succeeding } (ij)$$

---

[3] A.T. Wright, Critical Path Method:Introduction and Practice (London: Longmans, Green and Co Ltd.,1969),p.98.

[4] Moder, op. cit. p.65.

[5] Ibid, pp.68-69.

๓. เวลาเริ่มต้นช้าที่สุด เท่ากับเวลาเสร็จช้าที่สุดลบด้วยเวลาของงานนั้น

$$LS_{ij} = LF_{ij} - T_{ij}$$

๔. การคำนวณหา SLACK[๖]

คำนวณจากสูตร

๑. $TS_{ij} = TS_{ij} - ES_{ij}$ or $LF_{ij} - EF_{ij}$

๒. $EF_{ij} = ES_{ij} - EF_{jk}$

j-k เป็นงานต่อจากงาน i - j

๕. การคำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

ความมุ่งหมายประการหนึ่งของการศึกษาปัญหาในครั้งนี้ ก็เพื่อที่จะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะคำนวณได้อย่างรวดเร็วและผลการคำนวณถูกต้องยิ่งขึ้น โดยใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ NEAC 2200/200 ที่หน่วยคอมพิวเตอร์ไซแอนซ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีวิธีการดังนี้

๑. ข้อมูล

ข้อมูลที่จะป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องเจาะลงบัตร บัตรใบที่ ๑ เจาะจำนวนงาน(activity) ทั้งหมดใน ๓ คอลัมน์แรก บัตรใบที่ ๒ จนกระทั่งถึงใบสุดท้ายให้เจาะดังนี้

คอลัมน์ ๑ – ๒ เจาะ i เหตุการณ์แรกของงาน

คอลัมน์ ๓ – ๔ เจาะ j เหตุการณ์หลังของงาน

---

[๖] Ibid.,pp. 69-70.

คอลัมน์ที่ ๕ – ๑๐ เจาะเวลาประมาณที่น้อยที่สุด (a)

คอลัมน์ที่ ๑๑ – ๑๖ เจาะเวลาประมาณที่เกิดบ่อยที่สุด (m)

คอลัมน์ที่ ๑๗ – ๒๒ เจาะเวลาประมาณที่มากที่สุด (b) ในการเจาะนั้น ข้อมูลของงานหนึ่งงานเจาะลงบัตรหนึ่งใบ

๒. วิธีการในการคำนวณ

ในการคำนวณจะต้องพิจารณาถึงเหตุการณ์ด้วยทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณ โดยมีวิธีการดังนี้

๑. เวลาเร็วที่สุดและช้าที่สุดของเหตุการณ์

ให้ ET เวลาที่เกิดเหตุการณ์นั้นเร็วที่สุด

LT เวลาที่เกิดเหตุการณ์นั้นช้าที่สุด

TMIN ระยะเวลาที่สั้นที่สุดของโครงการ

N จำนวนงานทั้งหมดของโครงการ

i เหตุการณ์ก่อนของงาน ij

j เหตุการณ์หลังของงาน ij

$ET_j = \underset{i}{Max.} (ET_i + T_{ij}) \; ; \; 2 \leq j \leq n$

$LT_n = TMIN$

$LT_i = \underset{j}{Min.} (LT_j - T_{ij}) \; ; \; 1 \leq i \leq n-1$

๒. เวลาเริ่มต้นเร็วและช้าที่สุด, เวลาเสร็จเร็วและช้าที่สุดและ SLACK การคำนวณไปข้างหน้า

$ES_{ij} = ET_i$

$EF_{ij} = ET_i + T_{ij}$

$LT_j = EF_{ij}$

$LS_{ij} = LT_j - T_{ij}$

Slack calculation.

$TS_{ij} = LT_{ij} - EF_{ij}$

$FS_{ij} = ES_{jk} - EF_{ij}$.

ลำดับขั้นในการทำงานแสดงไว้ในแผนผังที่ ๒ ซึ่งมีลำดับขั้นง่ายๆเริ่มจากการจัดที่ไว้สำหรับค่าต่างที่จำเป็นต้องเก็บไว้คำนวณเช่น ตัวเลขแสดงเหตุการณ์ และเวลาของแต่ละเหตุการณ์ เป็นต้น ต่อจากนั้นจึงอ่านข้อมูลของแต่ละงานุ แล้วจึงคำนวณหาระยะเวลาในการทำงานแต่ละงานจากค่าประมาณทั้งสาม พร้อมด้วยความเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนแล้ว จึงคำนวณตามสูตร $SD = (b-a)/6$ และ $V=SD^2$

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เขียนโปรแกรมเป็นภาษาFORTRANซึ่งมีรายละเอียดตามลำดับขั้นในการเขียนแสดงไว้ตามแผนผังที่ ๔ พร้อมทั้งตัวอย่างโปรแกรมแสดงไว้ด้วย

แผนผังที่ ๕ แสดงกระบวนการคำนวณในตอนแรก กล่าวคือในการใช้ PERT ในการวางแผนและควบคุมงานนั้น จำเป็นต้องมีการวัดความก้าวหน้าของงานอยู่เสมอ ถ้าปรากฏว่าไม่เป็นไปตามที่วางไว้จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงงานให้ถูกต้อง ข้อมูลต่างๆ ย่อมเปลี่ยนไป จึงต้องคำนวณและวางแผนงานใหม่ ตามแผนผังนี้ผลที่ได้ออกมามีอยู่สองอย่าง คือ ผลที่พิมพ์ออกมาเพื่อเสนอหรือรายงานไปยังผู้ที่รับผิดชอบ และผลที่เก็บไว้ที่ Magnetic tapeเพื่อจะได้นำไปปรับปรุง

๖. การกำหนดสายงานวิกฤต

สายงานวิกฤตหมายถึงสายงานที่ประกอบด้วยงานตั้งแต่งานแรกจนถึงงานสุด

ท้ายเรียงตามลำดับที่ใช้เวลาในการทำงานนานที่สุด เวลาในการทำงานของสายงานวิกฤตจะเท่ากับระยะเวลาทั้งหมดของโครงการ ด้วยเหตุนี้สายงานวิกฤตย่อมมีความสำคัญมาก เพราะว่าถ้าเวลาในการทำงานในสายงานวิกฤตเปลี่ยนแปลงย่อมทำให้เวลาของโครงการทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไปด้วย เพราะฉะนั้นเวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดและช้าที่สุดเท่ากัน หรือเวลาเสร็จเร็วที่สุดและช้าที่สุดเท่ากัน นั่นก็คือ total slack เป็นศูนย์ หมายความว่าไม่สามารถที่จะเลื่อนเวลาในการทำงานนั้นๆได้เลยเพราะว่าจะทำให้เวลาของงานอื่นเปลี่ยนแปลง

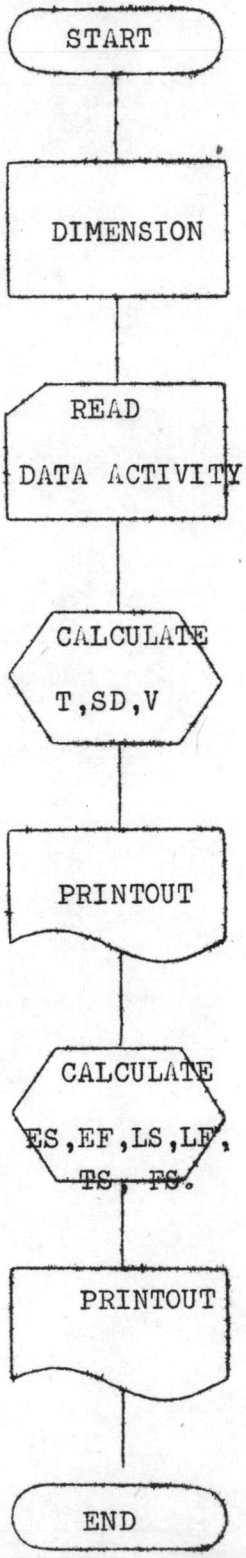
อาจจะกำหนดสายงานวิกฤตได้จากหลักการนี้ คือ

๑. $ES_i = LF_i$

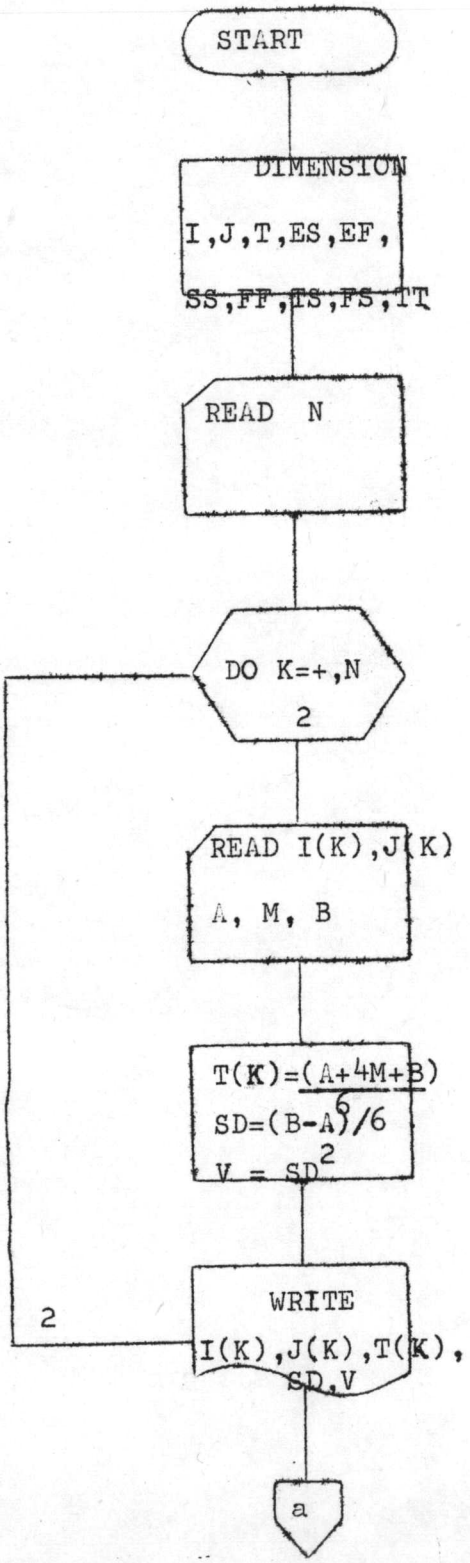
๒. $ES_j = LF_j$

๓. $ES_j - ES_i = LF_j - LF_i = Dij$

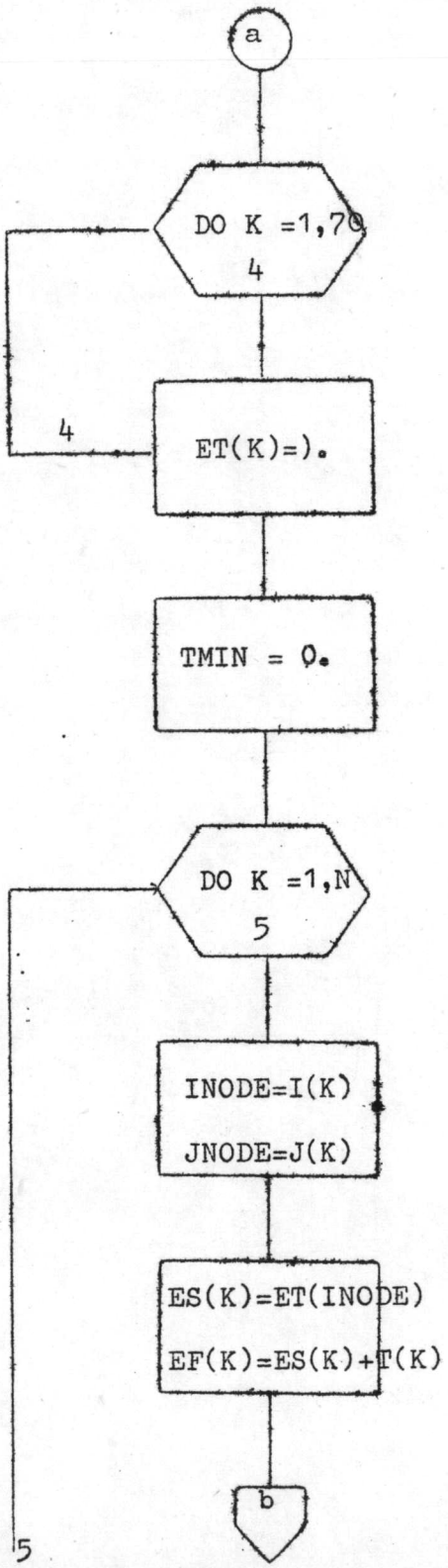
สำหรับงาน ใดๆ โดยมี i เป็นเหตุการณ์ก่อน j และเป็นเหตุการณ์หลัง



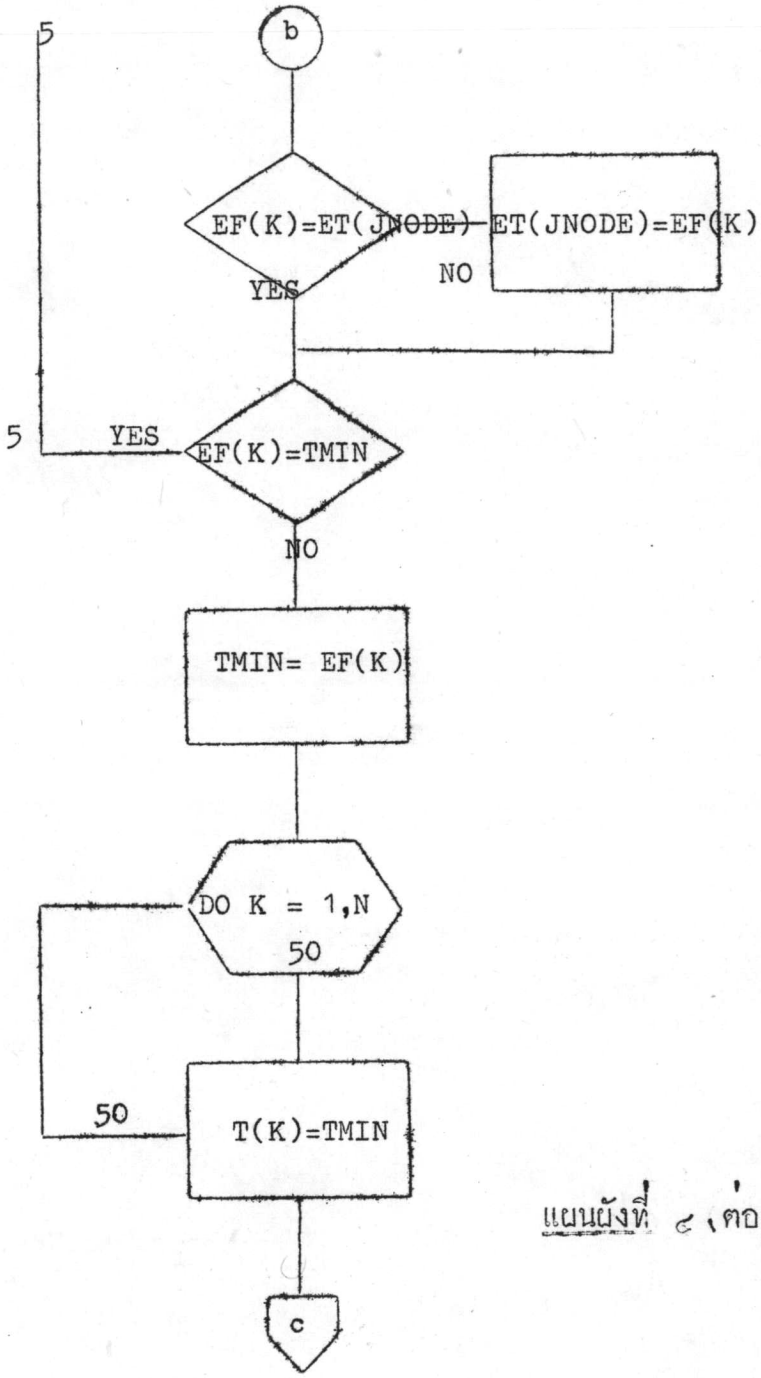
แผนผังที่ ๒.
ขั้นในการคำนวณโดยเครื่อง
คอมพิวเตอร์



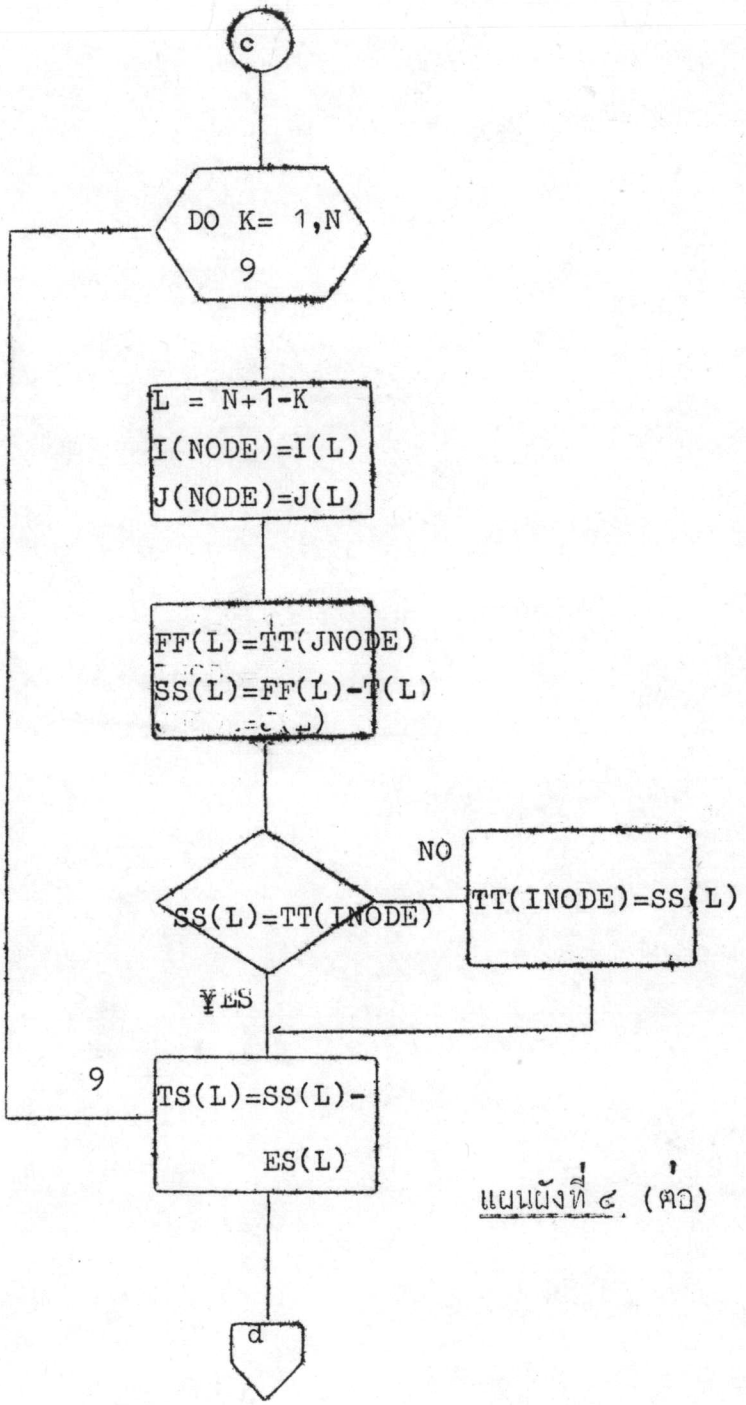
แผนผังที่ ๔
รายละเอียดของโปรแกรม


a
DO K =1,70
4
4
ET(K)=).
TMIN = 0.
DO K =1,N
5
INODE=I(K)
JNODE=J(K)
ES(K)=ET(INODE)
EF(K)=ES(K)+T(K)
b
5

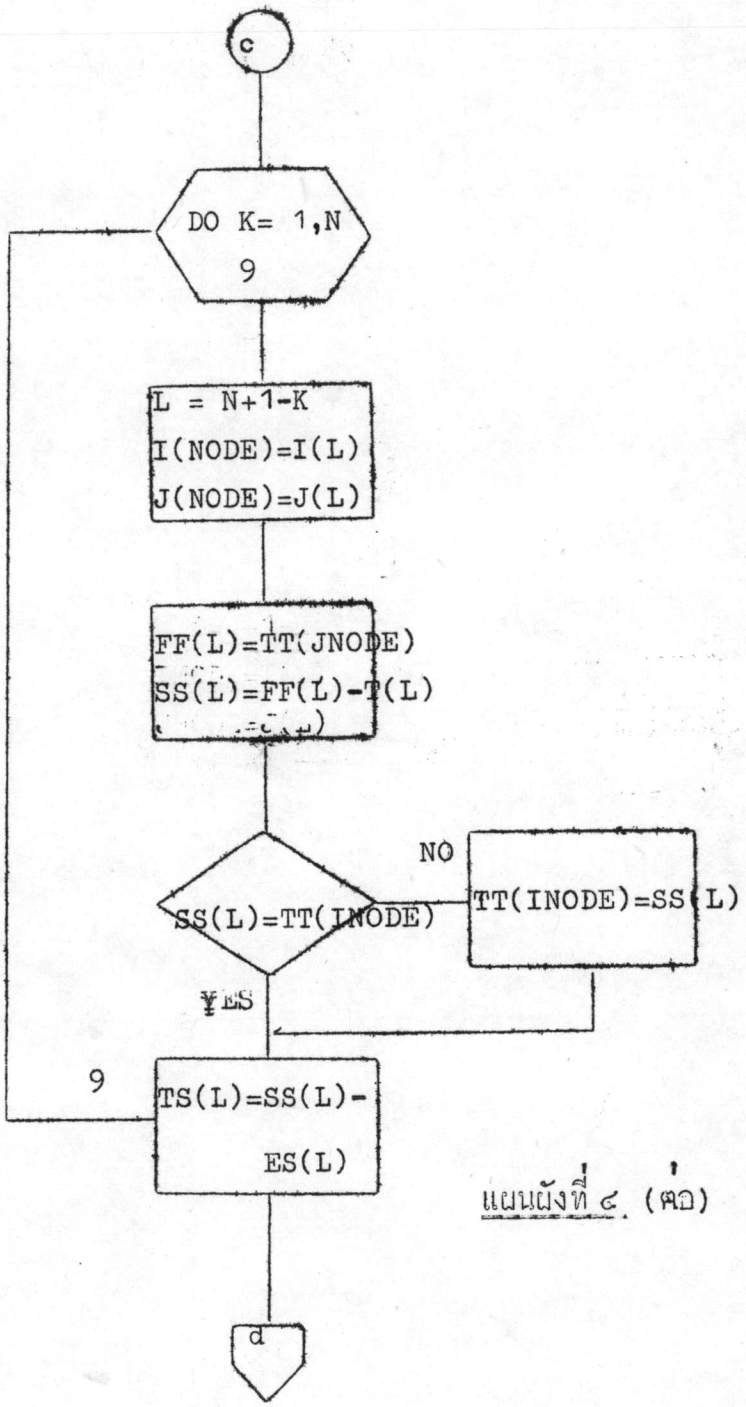
แผนผังที่ ๔ (ต่อ)


b
5
EF(K)=ET(JNODE)
ET(JNODE)=EF(K)
NO
YES
5
YES
EF(K)=TMIN
NO
TMIN= EF(K)
DO K = 1,N
50
50
T(K)=TMIN
c

แผนผังที่ ๔ (ต่อ)

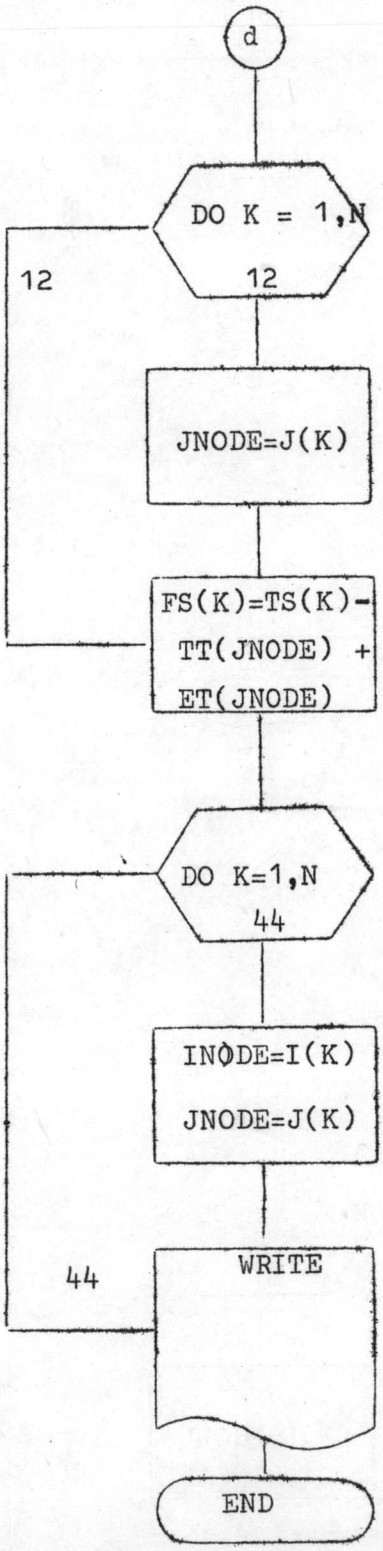

c
DO K= 1,N
9
L = N+1-K
I(NODE)=I(L)
J(NODE)=J(L)
FF(L)=TT(JNODE)
SS(L)=FF(L)-T(L)
NO
SS(L)=TT(INODE)
TT(INODE)=SS(L)
YES
9
TS(L)=SS(L)-
ES(L)
d

แผนผังที่ ๔ (ต่อ)

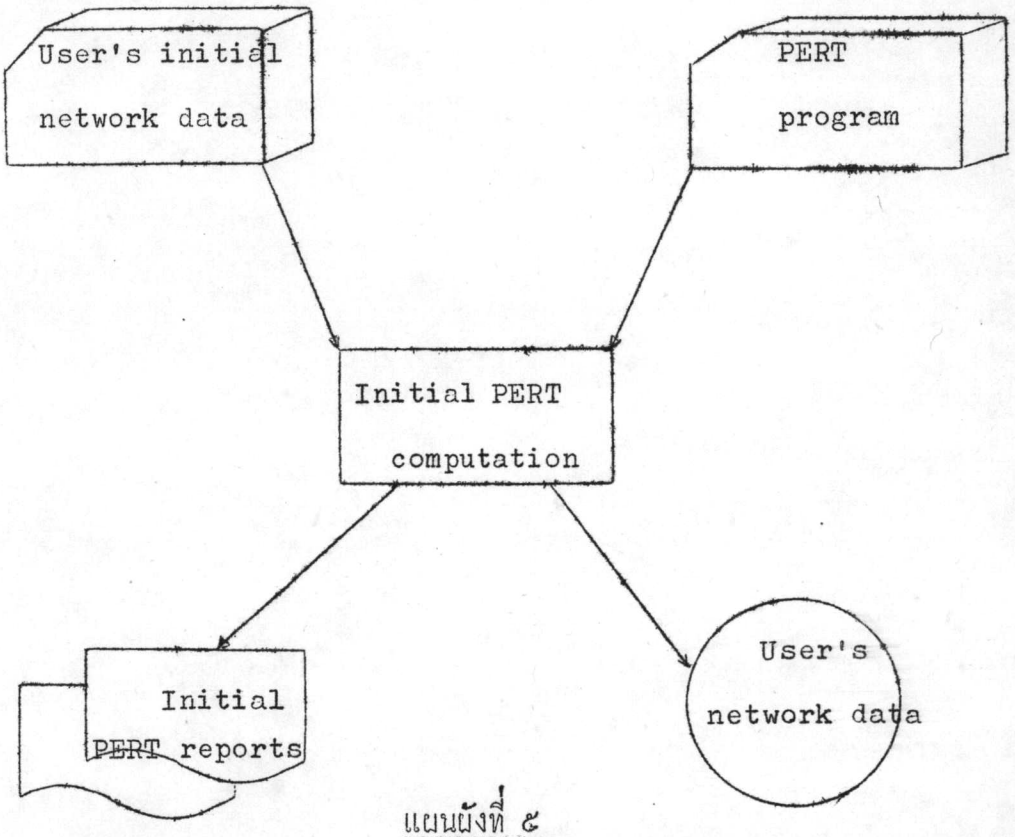


แผนผังที่ ๙ (ต่อ)

I1640834


d
DO K = 1,N
12
12
JNODE=J(K)
FS(K)=TS(K)-
TT(JNODE) +
ET(JNODE)
DO K=1,N
44
INODE=I(K)
JNODE=J(K)
44
WRITE
END

แผนผังที่ ๔ (ต่อ)



แผนผังที่ ๕

แสดงกระบวนการใช้โปรแกรม