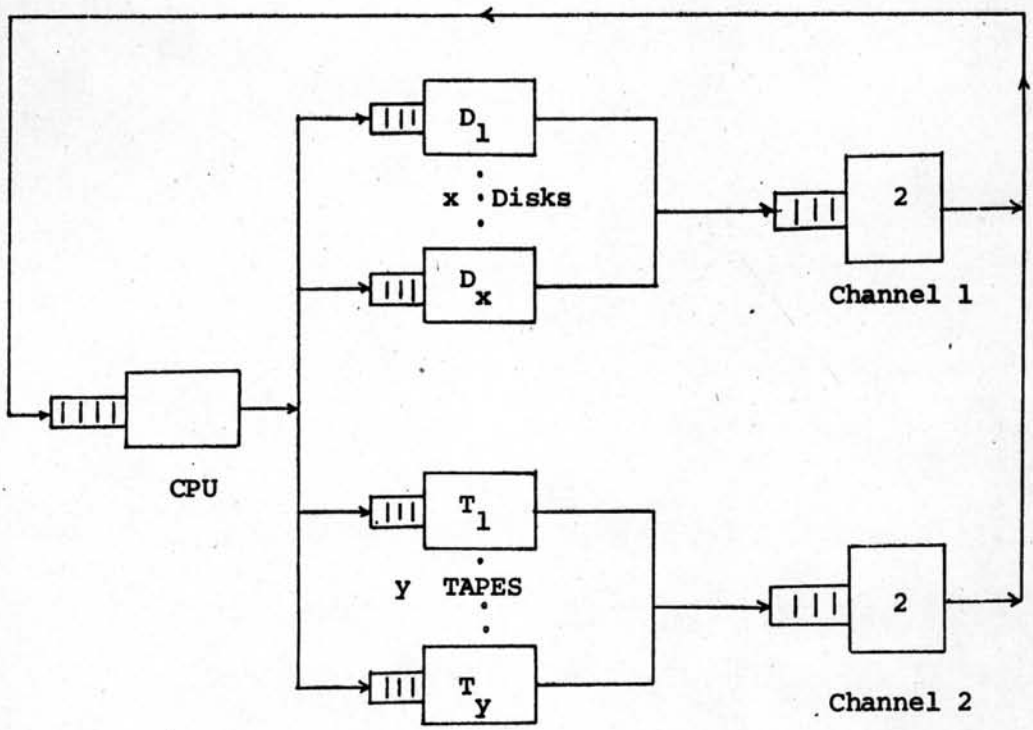
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

การวัดคุณลักษณะการทำงานของระบบ (Performance Measurement)

๓.๑ ลักษณะของระบบ

ระบบที่เราจะวัดคุณลักษณะการทำงาน คือระบบ IBM 370/138 ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างทั่วไปตามที่ได้กล่าวในบทที่ ๒ (รูปที่ ๒.๑๓) จากโครงสร้างของระบบ เนื่องจากเครื่องอ่านบัตร เครื่องเจาะบัตร และเครื่องพิมพ์ ใช้เวลาของหน่วยบังคับการกลางน้อยมาก เมื่อเทียบกับส่วนอื่น ๆ ในการสร้างแบบจำลองจึงสามารถตัดออกไปได้ เหลือแต่ จานแม่เหล็ก และเครื่องอ่านและบันทึกเทปแม่เหล็ก (Magnetic-tape units) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ขาเข้าขาออก ๒ ชุดต่อขนานกัน ดังแสดงตามแผนภาพ (diagram) ในรูปที่ ๓.๑



รูปที่ ๓.๑ "แผนภาพของระบบ IBM 370/138 เฉพาะส่วนที่จะนำมาใช้สร้างแบบจำลอง"

๓.๑.๑ หน่วยความจำหลัก

ระบบที่จะศึกษา มีการทำงานเป็นแบบ แบทช์ (batch) และสามารถทำงานพร้อมกันได้สูงสุด ๔ งาน แต่ขณะนี้ทำอยู่ พร้อมกันครั้งละ ๔ งาน หน่วยความจำหลักทั้งหมด 512 KB ถูกแบ่งเป็นส่วน ๆ ดังนี้

(ก) ใช้สำหรับระบบควบคุมการปฏิบัติงาน (Operating System) = 80 KB

(ข) ใช้สำหรับ Power/VS = 58 KB

(ค) สำรองไว้ใช้กับการทดสอบระบบ = 30 KB

(ง) ใช้สำหรับงานโปรแกรม = 344 KB

หรือคิดเป็นจำนวน page ได้ = $\frac{344}{2}$ = 172 pages

(page size = 2 KB)

ดังนั้นถ้ายอมให้งานทำพร้อมกันได้ ๔ งาน แต่ละงานจะได้รับส่วนแบ่งความจำหลัก = 43 pages

๓.๑.๒ คุณสมบัติของอุปกรณ์ขาเข้า ขาออก

คุณสมบัติของจานแม่เหล็ก และเครื่องอ่านและบันทึกเทปแม่เหล็ก ที่ใช้กับระบบแสดงใน ตารางที่ ๓.๑

ตารางที่ ๓.๑ คุณสมบัติของอุปกรณ์ขาเข้า ขาออก

Disk Storage (IBM 3340)			
Average Seek Time	=	25	ms.
Average Delay Time	=	10.12	ms.
Data transfer rate	=	885	KB/S
Bytes per track	=	8,368	
Data cylinders	=	696	
Tracks per cylinders	=	12	
Capacity	=	69, 889, 536	MB
Magnetic tape Units		(IBM 3420)	
Tape speed (Read/write)	=	75	ips
Read/Write access time	=	4	ms.
Forward start time	=	1.8	ms.
Data rate (1600 BPI)	=	120	KB/S
Rewind time (2400' Reel)	=	70	S.
Load operation, approximate time to "tape unit ready"	=	10	S.

๓.๒ แบบจำลองที่ใช้

จะใช้แบบจำลองข่ายแถวคอยปิด ชนิดรับบริการส่วนกลาง ดังแสดงในรูปที่ (๒.๙) ค่าที่สำคัญ ซึ่งจะเป็นตัวบ่งถึงคุณลักษณะ ของระบบคือ การใช้ประโยชน์หน่วยบังคับการกลาง (CPU Utilization, U) งานที่ได้จากระบบต่อ ๑ หน่วยเวลา (Throughput, T) และเวลาในการตอบสนอง แต่ในระบบที่มีการทำงานเป็นแบบ แบทช์ อย่างเดียว ค่าเวลาในการตอบสนองเป็นค่าที่ไม่จำเป็นต้องสนใจมากนัก ดังนั้น ในที่นี้จะเน้นเฉพาะค่า การใช้ประโยชน์หน่วยบังคับการกลาง และ จำนวนงานที่ได้จากระบบต่อ ๑ หน่วยเวลา เท่านั้น

๓.๒.๑ ข้อสมมติสำหรับแบบจำลองที่ใช้

ในการสร้างแบบจำลอง จำเป็นต้องมีการสมมติค่าบางอย่าง เพื่อให้การวิเคราะห์ทำได้ง่ายขึ้น แต่การสมมติ ต้องเป็นไปได้ หรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงในระบบที่จะวิเคราะห์ด้วย ในที่นี้ได้ตั้งข้อสมมติ ต่าง ๆ ไว้ดังนี้

๑) ค่าของจำนวนงานที่ยอมให้ทำพร้อมกัน ในช่วงใด ๆ มีค่าคงที่ = M เสมอ

๒) มีหน่วยบังคับการกลาง ๑ หน่วยเท่านั้น

๓) มีการรอคอยที่อุปกรณ์ขาเข้า ขาออก ไม่มากนัก ถือได้ว่า ไม่มีแถวคอย

๔) เวลาในการให้บริการของ หน่วยบังคับการกลาง และอุปกรณ์ขาเข้า ขาออก เป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

๓.๒.๒ ตัวแปรสำหรับแบบจำลอง

การกำหนดตัวแปรสำหรับแบบจำลอง จะมีผลต่อการวิเคราะห์และความเชื่อถือได้ของแบบจำลอง การกำหนดตัวแปรจำนวนมาก ๆ ช่วยให้วิเคราะห์ได้ละเอียดและทำให้แบบจำลองเชื่อถือได้มากขึ้น แต่ก็ทำให้การวิเคราะห์ยุ่งยากมาก และค่าตัวแปรที่เราจะใช้ต้องสามารถหาค่าได้จากระบบที่เราจะทำการวิเคราะห์ด้วย ดังนั้น ในแต่ละระบบค่าตัวแปรจึงไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน

ในที่นี้จะกำหนดตัวแปรที่จะใช้ในแบบจำลอง ดังนี้

C = Average CPU time/job

c = Average CPU time period between I/O operation

(c $\leq$ C)

i = Average service time for I/O request

M = Degree of Multiprogram

ค่า C จะรวมเวลาที่ใช้หน่วยบังคับการกลางทั้งหมด และมีความสัมพันธ์กับค่า c ดังนี้

$$c = C/P$$

โดย P คือจำนวนครั้งที่อ่านอุปกรณ์ขาเข้า ขาออก ต่อ ๑ งาน

๓.๒.๓ สมการที่ใช้สำหรับแบบจำลอง[๒๑]

จากตัวแปร และข้อสมมติต่าง ๆ ข้างต้น สามารถเขียนสมการที่ใช้หาค่าของ U และ T ได้ดังนี้

$$U = 1 - \frac{1}{M! \sum_{m=0}^{M} \frac{1}{(M-m)!} \cdot (c/i)^m} \longrightarrow 3.1$$

$$T = U/C \longrightarrow 3.2$$

๓.๒.๔ การพิสูจน์สมการของแบบจำลอง

ก) สมการสำหรับหาค่า การใช้ประโยชน์หน่วยบังคับการกลาง (U)

ในการพิสูจน์สมการ จะพิสูจน์สำหรับกรณีทั่วไป ที่มีหน่วยบังคับการกลาง อยู่ j หน่วย ($j < M$) ถ้าหากมีหน่วยบังคับการกลาง ๑ หน่วย ก็แทนค่า j ด้วย ๑

จากตัวแปรในหัวข้อ ๓.๒.๒ จะเขียนความสัมพันธ์ ได้คือ

$$C = cP \longrightarrow 3.3$$

$$I = iP \quad (I = \text{เวลาที่ใช้อุปกรณ์ขาเข้า ขาออก ทั้งหมดต่อ ๑ งาน}) \longrightarrow 3.4$$

กำหนดให้

n = จำนวนงานในระบบ โดย $0 \leqslant n \leqslant M$

j = จำนวนหน่วยบังคับการกลาง

π_n = โอกาสที่จะมี n งานในระบบ (π_n ไม่ขึ้นกับเวลา t)

λ_n = อัตราการเข้ามา ของงาน เมื่อมี n งาน อยู่ในระบบแล้ว

μ_n = อัตราการออกไปของงาน เมื่อมี n งาน อยู่ในระบบ

∴ ในกรณีที่มี หน่วยบังคับการกลาง ๑ หน่วย จะได้ว่า

$$U = 1 - \pi_0 \longrightarrow 3.5$$

เมื่อ π_0 คือ โอกาสที่จะไม่มีงานในระบบ

ถ้ามี n งานอยู่ในหน่วยบังคับการกลาง จะมี $M-n$ งานที่อุปกรณ์ขาเข้าขาออก เพราะเราสมมติว่า จำนวนงานในระบบมีค่าคงที่ $= M$

อัตราการบริการของหน่วยบังคับการกลาง ที่ state n

$$\mu_n = n/c \quad , \quad n < j \longrightarrow 3.6$$

$$= j/c \quad , \quad n \geq j \longrightarrow 3.7$$

และอัตราการเข้ามา ที่ state n

$$\lambda_n = (M-n)/i \longrightarrow 3.8$$

ถ้าระบบอยู่ใน state n โอกาสที่จะมีงานเสร็จจากการรับบริการที่หน่วยบังคับการกลาง ในช่วงเวลา Δt จะเป็น $1 - e^{-\mu_n \Delta t}$

และ $$1 - e^{-\mu_n \Delta t} = \mu_n \Delta t - \frac{(\mu_n \Delta t)^2}{2!} + \text{------} \longrightarrow 3.9$$

เนื่องจาก เทอมที่ ๒ ขึ้นไป ของสมการ 3.9 ด้านขวามือ มีค่าน้อยมาก สามารถตัดทิ้งได้

$$\therefore \quad 1 - e^{-\mu_n \Delta t} = \mu_n \Delta_t \longrightarrow 3.10$$

โอกาสที่จะไม่มีงานถูกทำเสร็จเลย จะเป็น $1 - \mu_n \Delta t$

กำหนดให้

$P_n(t)$ = โอกาสที่มี n งานในระบบ ในช่วงเวลา t

จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ ได้คือ

$$P_o(t+\Delta t) = P_o(t)(1-\lambda_o \Delta t) + P_1(t)\mu_1 \Delta_t \longrightarrow 3.11$$

$$P_n(t+\Delta t) = P_{n-1}(t)\lambda_{n-1}\Delta t + P_n(t)\left[1-(\mu_n+\Delta_n)\Delta t\right] + P_{n+1}(t)\mu_{n+1}\Delta t,$$

$$(o \leq n \leq M) \longrightarrow 3.12$$

และ $P_M(t+\Delta_t) = P_{M-1}(t)\lambda_{M-1}\Delta t + P_M(t)(1-\mu_M\Delta_t)$ ⟶ 3.13

จากสมการ 3.11 ถึง 3.13 จัดเทอมใหม่ และให้ $\Delta t \longrightarrow o$

และ เมื่อระบบ เข้าสู่ Steady state ค่า $\frac{d}{dt} P_n(t) = o$

ดังนั้น ถ้ากำหนดให้ $P_n = \pi_n$ (ในกรณีที่ P_n ไม่ขึ้นกับเวลา t) จะได้สมการ

$$\lambda_o\pi_o - \mu_1\pi_1 = o \longrightarrow 3.14$$

$$\lambda_{n-1}\pi_{n-1} - (\mu_n+\lambda_n)\pi_n+\mu_{n+1}\pi_{n+1} = 0 \longrightarrow 3.15$$

$$\lambda_{M-1}\pi_{M-1} - \mu_m\pi_M = o \longrightarrow 3.16$$

และเนื่องจาก $\sum_{n=0}^{M} \pi_n = 1$ ⟶ 3.17

จากสมการ 3.14 ถึง 3.17 จะสามารถหาค่า State probabilities $\pi_0, \pi_1, --\pi_M$ ซึ่งมีผลลัพธ์เป็น

$$\pi_0 = \frac{1}{1+\sum_{m=1}^{M}\prod_{j=1}^{m}\frac{\lambda_{j-1}}{\mu_j}} \quad (n = 0) \longrightarrow 3.18$$

และ $\pi_n = \frac{\lambda_{n-1}}{\mu_n} \cdot \pi_{n-1} \quad (n > o)$ ⟶ 3.19

(ดูการพิสูจน์ หาค่า π_0 และ π_n จาก ภาคผนวก)

π_o คือโอกาสที่ไม่มีงานในระบบ หน่วยบังคับการกลางจะว่าง

π_1 คือโอกาสที่จะมี ๑ งานในระบบ

$\vdots$

π_n คือโอกาสที่จะมี n งานในระบบ

$\therefore$ เมื่อ $j = 1$

$U = 1 - \pi_0$

เมื่อ $j = 2$

$U = 1 - \pi_0 - \pi_1 + \frac{\pi_1}{2} = 1 - \pi_0 - \frac{\pi_1}{2}$

เมื่อ $j < M$

$$U = 1 - \frac{1}{j} \sum_{m=o}^{j} (j - m)\, \pi_m \longrightarrow 3.20$$

เมื่อ $j = 1$;

$$\mu_n = 1/C \longrightarrow 3.21$$

$$\lambda_n = (M-n)/i \longrightarrow 3.22$$

$U = 1 - \pi_0$

แทนค่า π_0 จะได้ค่า

$$U = 1 - \frac{1}{1 + \sum_{m=o}^{M} \prod_{j=1}^{m} \frac{\lambda_{j-1}}{\mu_j}} \longrightarrow 3.23$$

แทนค่า 3.21 และ 3.22 ใน 3.23 จะได้

$$U = 1 - \frac{1}{1 + \sum_{m=1}^{M} \prod_{j=1}^{m} \frac{(M-j+1)C}{i}}$$

$$U = 1 - \frac{1}{M! \sum_{m=0}^{M} \frac{1}{(M-m)!} \cdot (c/i)^m} \longrightarrow 3.24$$

ข) <u>สมการสำหรับหาค่าจำนวนงานที่ได้จากระบบต่อ ๑ หน่วยเวลา (T)</u>

ให้เวลาที่ใช้สังเกตการณ์ = E (Elapse time)

และในช่วงเวลา E มีงานในระบบ = J งาน

ใช้เวลาของหน่วยบังคับการกลาง = F หน่วย

ถ้ามีหน่วยบังคับการกลาง = j หน่วย

∴ แต่ละหน่วยบังคับการกลางจะใช้เวลา = F/j

$$U = F/jE \longrightarrow 3.25$$

$$= F/J \longrightarrow 3.26$$

$$T = J/E \longrightarrow 3.27$$

จาก 3.25

$$E = F/jU \longrightarrow 3.28$$

จาก 3.26 $$F = JC \longrightarrow 3.29$$

แทนค่า3.29 ใน 3.28 จะได้

$$E = JC/jU \longrightarrow 3.30$$

แทนค่า3.30 ใน 3.27 จะได้

$$T = jU/C \longrightarrow 3.31$$

๓.๒.๕ การทดสอบแบบจำลอง

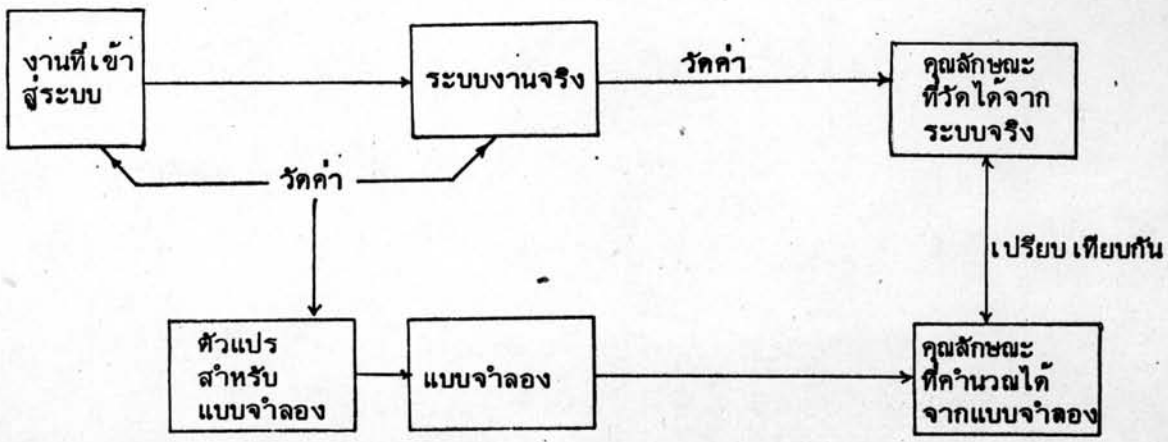
แบบจำลอง จะใช้ได้และเป็น ที่ยอมรับเมื่อมันสามารถ คำนวณค่าต่าง ๆ ในระบบได้อย่างถูกต้องหรือใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้น ก่อนที่จะนำแบบจำลองไปใช้ทำนายคุณลักษณะของระบบ ต้องมีการทดสอบเสียก่อน โดยการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากระบบจริง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนในการทดสอบได้ ๓ ขั้น คือ

ขั้นที่ ๑ วัดค่าคุณลักษณะจากระบบจริงในช่วงเวลาที่สังเกตการณ์ ในที่นี้จะวัดค่า U และ T ของระบบ

ขั้นที่ ๒ นำค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่วัดได้ในช่วงสังเกตการณ์ช่วงเดียวกันกับในขั้นที่ ๑ มาคำนวณด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ ๓ นำผลที่ได้จากขั้นที่ ๑ และ ๒ มาเปรียบเทียบกัน โดยการเปรียบเทียบหลาย ๆ ครั้ง จากการสังเกตการณ์ หลาย ๆ ช่วงเวลา ถ้าหากทุกครั้งได้ผล ใกล้เคียงกับระบบจริง แสดงว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นเชื่อถือได้ สามารถนำไปใช้ทำนายคุณลักษณะของระบบได้ ในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบ ๓ ครั้ง จากช่วงเวลาการสังเกตการณ์ต่าง ๆ กัน ๓ ช่วง ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

ขั้นตอนในการทดสอบ สามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพดังในรูปที่ ๓.๒



รูปที่ ๓.๒ "ขั้นตอนในการทดสอบแบบจำลอง"

การทดสอบครั้งที่ ๑

ในการทดสอบครั้งที่ ๑ ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ ๒๖ มีนาคม ๒๕๒๒

ขั้นที่ ๑ ค่าที่วัดได้จากระบบ

Total CPU time, TC = 31,040 Sec.

Total Job, TJ = 853 Job.

Total Elapse time, E = 62,028 Sec.

$\therefore$ $U = \frac{TC}{E'}$

$= 31,040/62,028 = 0.50$

$C = TC/TJ = 31,040/853$

$= 36.40$

$T = U/C = 0.5/36.40$

$= 0.013$ Job/S.

ขั้นที่ ๒ คำนวณค่า U และ T จากแบบจำลอง

จาก $U = 1 - \frac{1}{M! \sum_{m=0}^{M} \frac{1}{(M-m)!} (c/i)^m}$

และ $T = U/C$

∴ M = 4

Total job, TJ = 853 Job.

Total CPU time, TC = 31,040 S.

Total Elapse time, E = 62,028 S.

Disk read = 2813175 ครั้ง

Tape read = 2229885 ครั้ง

∴ Total read = 5,043,060 ครั้ง

C = TC/TJ = 31,040/853

= 36.40

P = $\frac{\text{Total read}}{\text{TJ}} = \frac{5,043,060}{853} = 5912.14$

C = C/P 36.40/5912.14 = 6.16 ms.

ค่าเฉลี่ยของเวลาให้บริการของจานแม่เหล็ก (DSV) = Average seektime + Average Rotational delay + transfer time

(แทนค่าจากตารางที่ ๓.๑) ∴ DSV = 25 ms. + 10.12 ms. + $\frac{2 \times 10^3}{885}$ ms.

DSV = 37.38 ms.

สำหรับเทปเนื่องจากแต่ละงานมีจำนวนไบท์ในแต่ละบลอค (block) ไม่เท่ากัน แต่ส่วนใหญ่งานที่มาใช้บริการ จะมีจำนวนไบท์ในแต่ละบลอค อยู่ในช่วง ๘๐๐-๒๔๐๐ ไบท์/บลอค ในที่นี้จะใช้ค่า ๒๔๐๐ ไบท์/บลอค ซึ่งเป็นกรณีที่ต้องใช้เวลาอ่านมากที่สุด

เวลาที่ใช้อ่านข้อมูลแต่ละครั้ง (๑๙) = 8 + 0.0083 (N + 82)

เมื่อ N = จำนวนไบท์ใน ๑ บลอค)

= 8 + .0083 (2400 + 82)

= 28.60 m.s.

เวลาที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล = 120 KB/S

∴ ข้อมูล 2400 ไบท์ใช้เวลา = $\frac{2.4}{120} \times 10^3$ ms.

= 20 ms.

Read/Write access time = 4 ms.

Forward Start time = 1.8 ms.

∴ รวมเวลาเฉลี่ยในการรับบริการจากเทปแต่ละครั้ง, (TSV)

= 28.60 + 20 + 4 + 1.8 ms.

TSV = 54.40 ms.

% disk read = 2,813, 175/5,043,060 = 56 %

% tape read = 2,229, 885/5,043,060 = 44 %

i = % disk read x DSV + % tape read x TSV.

= 0.56 x 37.38 + 54.40 x 0.44

= 44.87 ms.

(c/i) = 6.16/44.87 = 0.14

แทนค่าในสูตรจะได้

$$U = 1 - \frac{1}{1+4(.14)+12(.14)^2+24(.14)^3+24(.14)^4}$$

$$= 1 - \frac{1}{1.93} = 0.48$$

T = U/C = 0.48/36.40

= 0.013 J/S

ขั้นที่ ๓ เปรียบเทียบ

ค่า U ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองต่างจากค่าที่ได้จากการวัดเพียง 0.02หรือ 4 % เท่านั้น ซึ่งถือได้ว่า ผลการทดสอบ นี้เป็นที่น่าพอใจ และแบบจำลองเชื่อถือได้ การทดสอบครั้งที่ ๑,๒ และ ๓ แสดงผลการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก

การวัด ดังแสดงในตารางที่ ๓.๒ โดยในการทดสอบครั้งที่ ๒ และ ๓ ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ ๒๗ และ ๒๘ มีนาคม ๒๕๒๒ ตามลำดับ

ตารางที่ ๓.๒ แสดงผลการทดสอบแบบจำลอง

ครั้งที่	ค่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง												ค่าจากการวัด	
	TJ	TC (S)	E	Disk Read	Tape Read	Total Read	C	P	c	i	U	T J/S	U	T J/S
1	853	31040	62028	2813175	2,229,855	5,043,060	36.40	5912.14	6.16	44.87	0.48	.013	0.5	.013
2	852	36944	67437	1799330	2,955,485	4,754,815	43.36	5580.77	7.77	47.93	0.52	.012	0.55	.012
3	748	30730	70918	1298865	3,098,870	4,397,735	41.08	5879.32	6.987	49.29	0.48	.011	.44	0.01

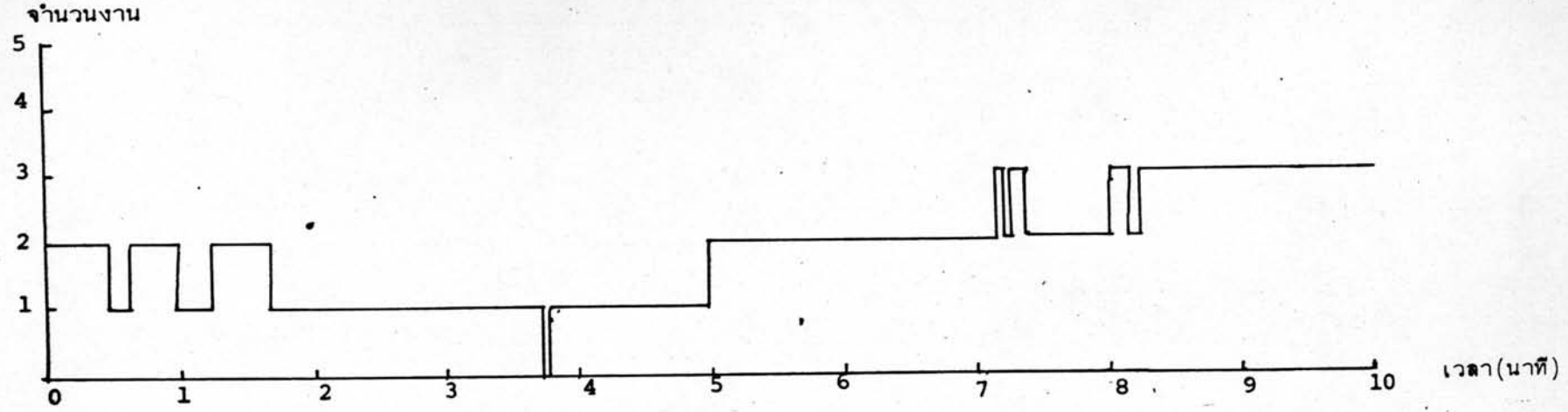
จากการทดสอบแบบจำลองทั้ง ๓ ครั้ง แสดงว่า แบบจำลองสามารถยอมรับได้ เนื่องจากผลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง แตกต่างจากค่าที่ได้จากการวัด น้อยมากกล่าวคือ ค่า U แตกต่างกัน ๔%, ๕.๗๖% และ ๔% ในการทดสอบครั้งที่ ๑,๒ และ ๓ ตามลำดับ ส่วนค่า T แทบจะไม่แตกต่างกันเลย

ในการทดสอบแบบจำลองครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลต่าง ๆ ของศูนย์ประมวลผลด้วยเครื่องจักรแห่งประเทศไทย สำนักงานสถิติแห่งชาติ (ศูนย์ประมวลผลฯ) เนื่องจากทางศูนย์ประมวลผลฯ มีข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณพร้อมอยู่แล้ว ซึ่งข้อมูลบางอย่าง สถาบันบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาฯ ยังไม่มี คือ ข้อมูลที่ใช้หาจำนวนครั้งในการอ่านเทปแม่เหล็กและจานแม่เหล็ก การที่นำข้อมูลจากศูนย์ประมวลผลฯมาใช้ เพราะ ระบบคอมพิวเตอร์เป็นระบบ IBM 370/138 เช่นเดียวกัน และได้ใช้ ข้อมูลในช่วงที่ศูนย์ประมวลผลฯ มีการทำงานเป็นแบบแมทช์อย่างเดียว จำนวนงานที่ยอมให้ทำพร้อมกัน และหน่วยความจำหลัก ของศูนย์ประมวลผลฯ จะเป็น ๔ งานและ 1 MB ตามลำดับ แต่หน่วยความจำหลักที่ยอมให้ใช้ได้ เมื่อทำงานด้วยระบบ DOS/VS ซึ่งเป็นระบบเดียวกับที่สถาบันบริการคอมพิวเตอร์จุฬาฯ ใช้อยู่ จะเป็น 0.5 MB (512 KB) เท่ากับระบบของสถาบันบริการคอมพิวเตอร์จุฬาฯ

เพื่อให้แน่ใจได้ว่า ข้อมูลที่สุ่มมาใช้ทดสอบแบบจำลองจะสามารถใช้แทนข้อมูลจริงของทั้งระบบได้ จึงได้ทำการ สุ่ม ข้อมูล ของวันอื่น ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน แล้วนำมาเขียนเป็นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ ๓.๓ ถึง ๓.๖ พร้อมทั้งคำนวณค่า U,T และค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่อยู่ในระบบ($\bar{n}$)ปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ยของ U = 0.52 ค่า T = 0.017 J/S ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากระบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ U และ T เป็น 0.5 และ 0.12 ตามลำดับ สำหรับจำนวนงานในระบบโดยเฉลี่ยเท่ากับ ๒.๔๓ แสดงว่า งานที่ทำพร้อมกันโดยเฉลี่ยจะไม่เกินครั้งละ ๓ งาน

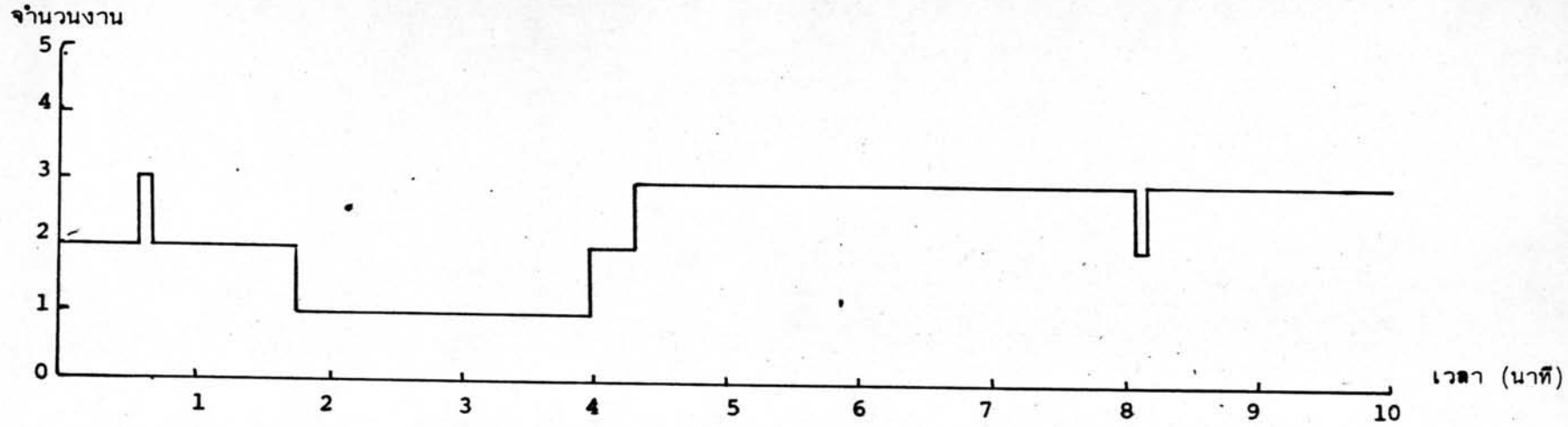
นอกจากนี้ยังได้ทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ ของสถาบันบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาฯ และนำมาเขียนกราฟ (ดังรูปที่ ๓.๗ ถึง ๓.๑๐) พร้อมทั้งคำนวณค่า U, T และ $\bar{n}$ ในลักษณะเดียวกัน จะได้ค่าเฉลี่ยของ U, T และ $\bar{n}$ เป็น 0.38, 0.011 และ 1.502 ตามลำดับ

(อุเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยแบบจำลองเมื่อ M = 3 และหน่วยความจำหลัก = 0.5 MB ในบทที่ ๔)



รูปที่ ๓.๓ จำนวนงานในระบบของวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๒๒ เวลา ๑๑.๑๑-๑๑.๒๑น.

TJ	=	6	Job
TC	=	210	S.
E	=	600	S.
U	=	$\frac{210}{600}$ = 0.35	
TH	=	$\frac{6}{600}$ = 0.01	Job/S
$\bar{n}$	=	$\frac{1140}{600}$ = 1.9	Job.



รูปที่ ๓.๔ จำนวนงานในระบบของวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๒๒ เวลา ๑๔.๓๐ - ๑๔.๔๐ น.

$$TJ = 11 \text{ Job}$$

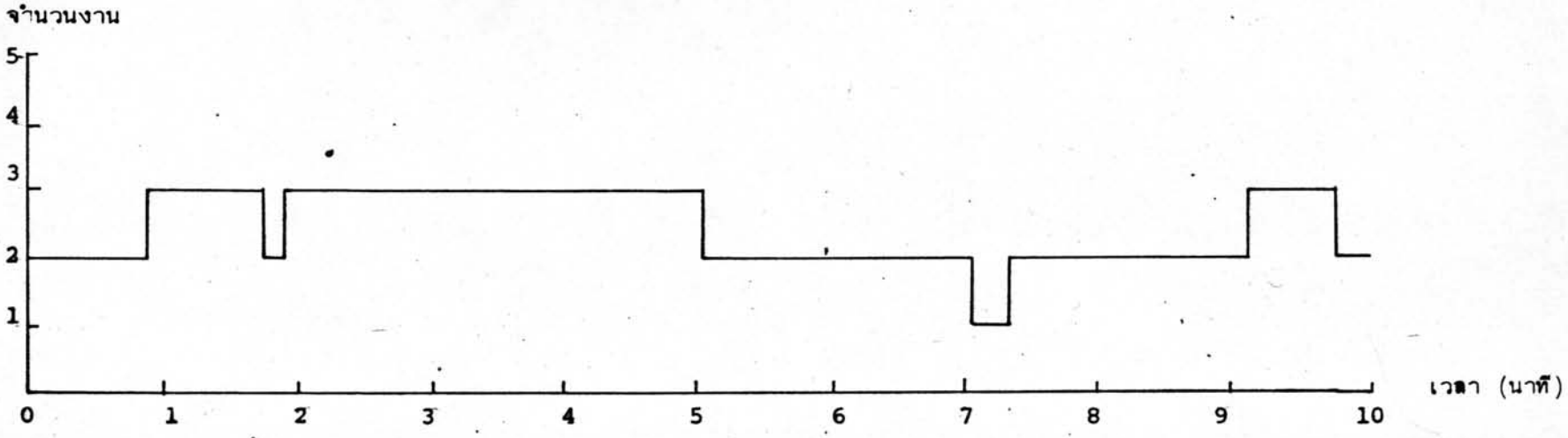
$$TC = 307 \text{ S.}$$

$$E = 600 \text{ S.}$$

$$U = \frac{307}{600} = 0.51$$

$$T = \frac{11}{600} = .018 \text{ Job/S.}$$

$$\bar{n} = \frac{1458}{600} = 2.43 \text{ Job}$$



รูปที่ ๓.๕ จำนวนงานในระบบของวันที่ ๑๘ มีนาคม ๒๕๒๒ เวลา ๙.๐๐ - ๙.๑๐ น.

TJ = 11 Job

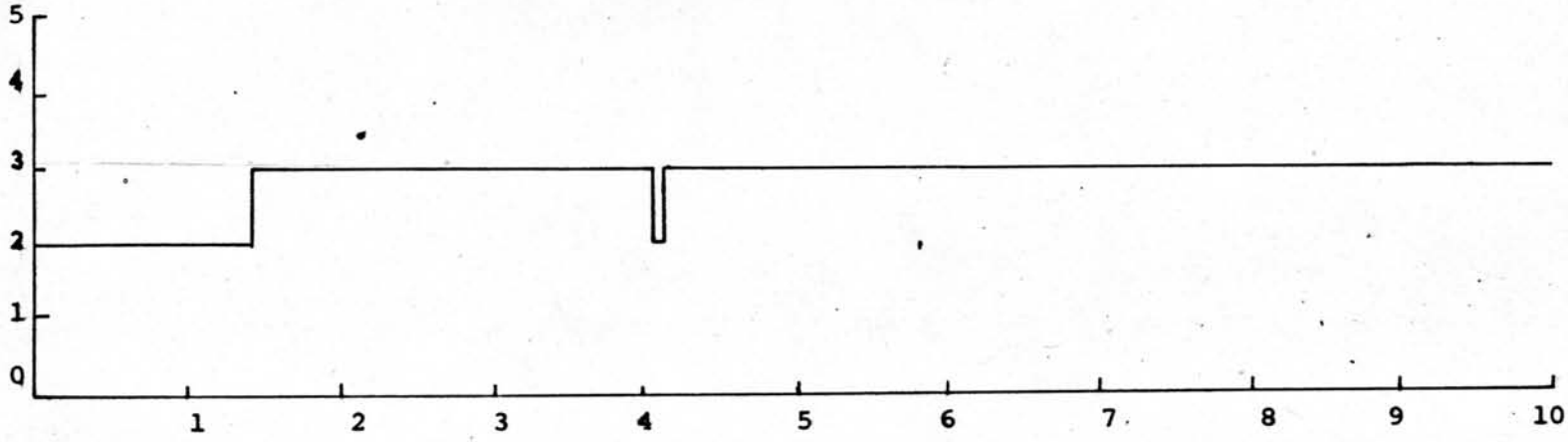
TC = 345 S.

E = 600 S.

$U = \frac{345}{600} = 0.575$

$T = \frac{11}{600} = 0.018$ Job/S

$\bar{n} = \frac{1524}{600} = 2.54$ Job



รูปที่ ๓.๖ จำนวนงาน งานในระบบของวันที่ ๑๘ มีนาคม ๒๕๒๒ เวลา ๑๔.๐๐-๑๔.๑๐ น.

$\bar{T}_J$ = 15 Job

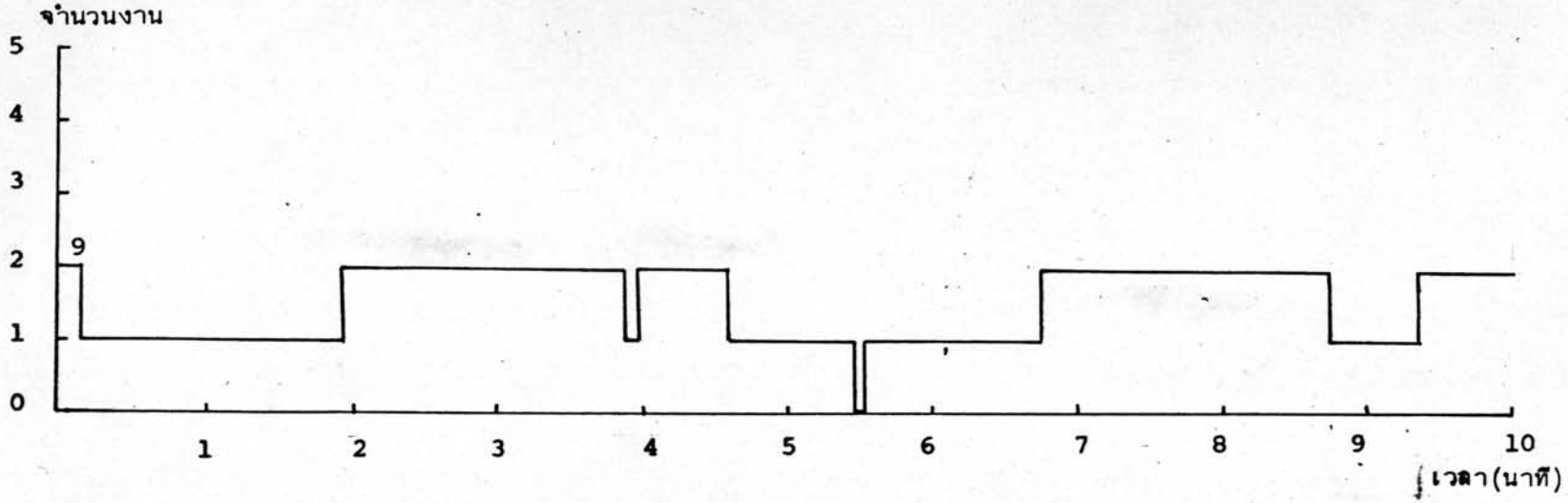
TC = 420 S.

E = 600 S.

$U = \frac{420}{600} = 0.7$

$T = \frac{15}{600} = 0.025$ Job/S.

$\bar{n} = \frac{1715}{600} = 2.86$ Job



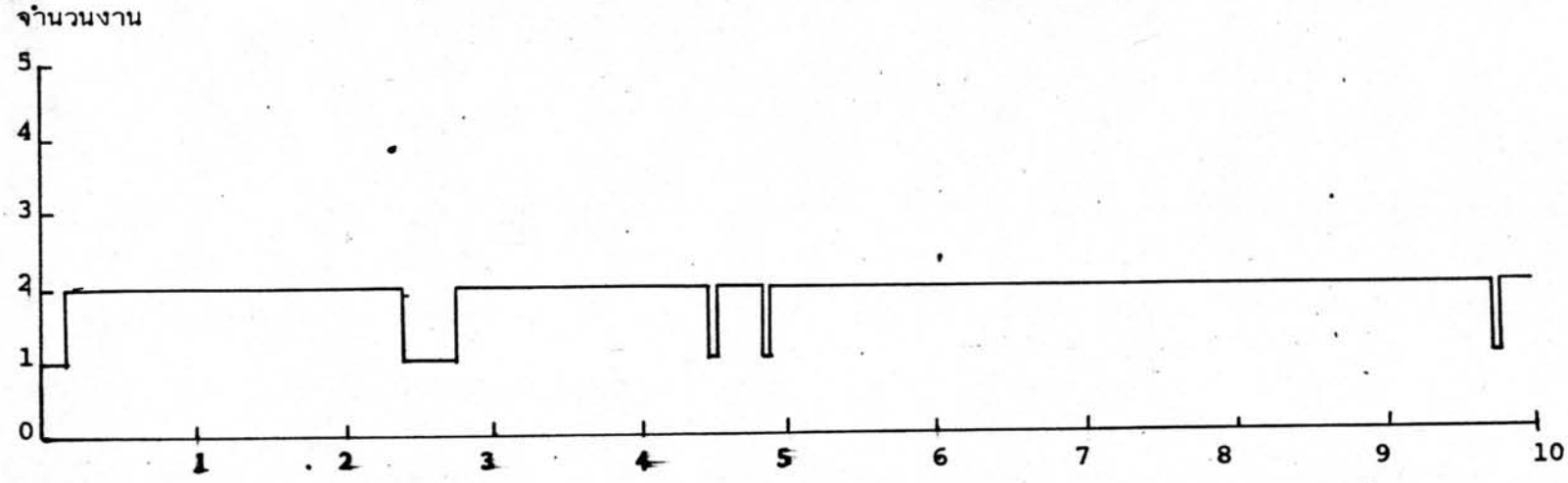
รูปที่ ๓.๗ "จำนวนงานในระบบ ของวันที่ ๑๘ มกราคม ๒๕๒๓ เวลา ๑๔.๐๐.๐๐-๑๔.๑๐.๐๐"

total job, TJ = 10
total CPU time, TC = 307 S.
total elapse time, E = 600 S.

$\therefore U = \frac{307}{600} = 0.513$

$T = \frac{10}{600} = 0.015$ J/S

$\bar{n} = W/T = 948/600 = 1.58$ Job.



รูปที่ ๓.๘ จำนวนงานในระบบของวันที่ ๑๕ มกราคม ๒๕๒๓ เวลา ๑๖.๑๐-๑๖.๒๐ น.

$$TJ = 12 \text{ Job}$$

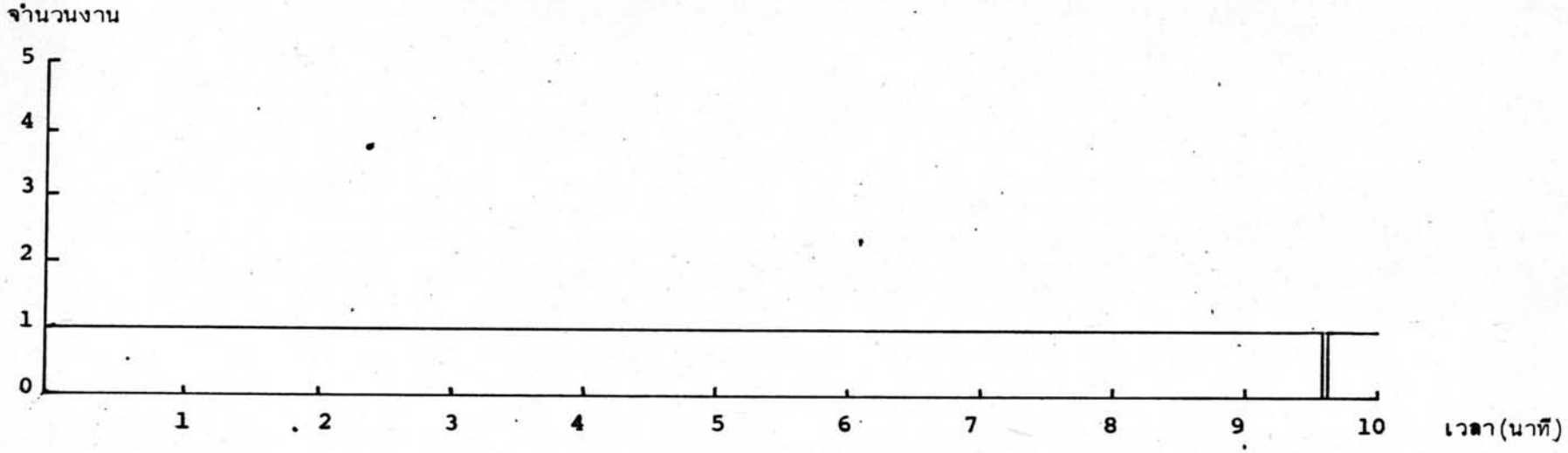
$$TC = 302 \text{ S}$$

$$E = 600 \text{ S}$$

$$U = \frac{302}{600} = 0.5$$

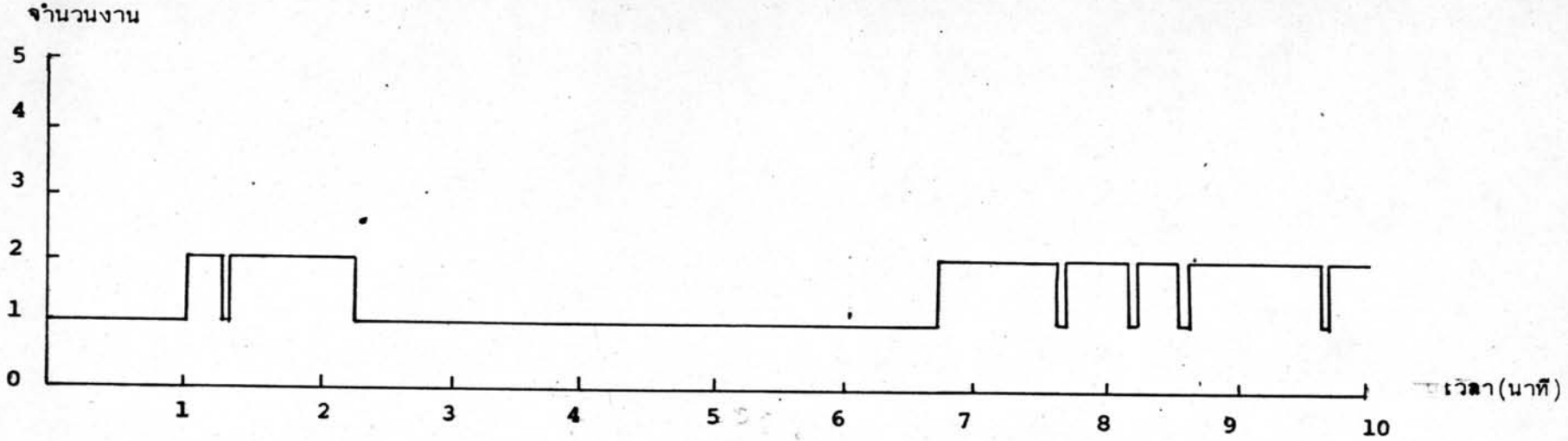
$$T = \frac{11}{600} = 0.018 \text{ J/S}$$

$$\bar{n} = \frac{1170}{600} = 1.95 \text{ Job}$$



รูปที่ ๓.๙ จำนวนงานในระบบของวันที่ ๑๘ มกราคม ๒๕๒๓ เวลา ๑๑.๐๙-๑๑.๑๙ น.

TJ = 5 Job
TC = 62 S.
E = 600
U = $\frac{62}{600}$ = .104
T = $\frac{5}{600}$ = 0.007 J/S
$\bar{n}$ = $\frac{599}{600}$ = 1 Job



รูปที่ ๓.๑๐ จำนวนงานในระบบของวันที่ ๑๖ มกราคม ๒๕๒๓ เวลา ๑๖.๐๙-๑๖.๑๙ น.

TJ = 13

TC = 248 S.

E = 600 S.

$U = \frac{248}{600} = 0.41$

$T = \frac{13}{600} = 0.02$ J/S

$\bar{n} = \frac{887}{600} = 1.48$ Job