บทที่ 3

การประยุกต์แบบจำลองระบบทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองระบบการซ่อมบำรุงเครื่องบินทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบที่สร้างขึ้นจากทฤษฎีแถวคอยประยุกต์ เพื่อการวิจัยแทนระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงจริง จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นเลียนแบบให้มีคุณสมบัติที่สามารถใช้แทนระบบจริงได้ และแบบจำลองที่สร้างขึ้น สามารถนำมาทำการวิเคราะห์การแก้ปัญหาความหนาแน่น เครื่องบินที่เข้ารับการซ่อมบำรุงจากการเก็บข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน

3.1 การประยุกต์แบบจำลองระบบทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเครื่องบินประกอบด้วย

3.1.1 มอนติคาร์โลเทคนิค[1] (Monte Carlo Technique) เป็นชื่อเทคนิคการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ฟอนนิวมาน (VON NEUMANN) สร้างขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหาทางด้านงานวิจัย ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นเข้ามาเกี่ยวข้องกับการพนันหรือการแข่งขัน ตัวอย่างเช่น การหมุนวงล้อรูเล็ต (Roulette) การใช้วิธีการทอดลูกเต๋า สุ่มความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นเท่ากัน การนำเอามอนติคาร์โลเทคนิคเข้ามาประยุกต์ แก้ปัญหาทาง Stochastic process ซึ่งเป็นปัญหาที่

---

[1] J.M. Hammersley and D.C. Handcomb, Monte Carlo Methods (London : Methuen & Co., 1964) P.8.

เกิดขึ้นไม่สามารถที่จะสร้างหรือจำลองแบบให้เหมือนของจริงทางฟิสิกส์ เพื่อนำมาใช้ทดสอบได้ การใช้ตัวเลขเชิงสุ่ม (Random Number) สุ่มแทนความน่าจะเป็นของเหตุการณ์หรือปริมาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จะเป็นวิธีที่สะดวกและเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างเช่น ค่าจากการ Integral พื้นที่หรือปริมาตรโดยการใช้มอนติคาร์โลเทคนิค สามารถสร้างค่าเชิงสุ่มของ Coordinate จุดต่าง ๆ ที่อยู่ในพื้นที่ การทดสอบว่าจุดนั้นจะอยู่ในพื้นที่หรือปริมาตรที่กำหนดหรือไม่ จากการพิจารณาจุดซึ่งกระทำซ้ำกันหลายครั้งด้วยการสุ่ม สามารถที่จะวัดอัตราส่วนของจุดที่อยู่ในพื้นที่ หรือปริมาตรนั้นได้ ดังนั้นเราก็สามารถที่จะประมาณค่าผลของการ Integral นั้นได้ มอนติคาร์โลเทคนิคนอกจากใช้ในการแก้ปัญหาทาง Complicated Integral แล้ว ยังสามารถใช้ศึกษาการแก้ปัญหาสำหรับการพยากรณ์ปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เมื่อไม่มีวิธีทางอื่นสามารถที่จะทำการวิเคราะห์ได้โดยตรง เพราะขอบเขตจำกัดของข้อมูลหรือเป็นปัญหาที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน จึงจำเป็นต้องใช้มอนติคาร์โลเทคนิค ตัวอย่างเช่น การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การออกแบบเตาปฏิกรณ์ปรมาณู การศึกษาปัญหาความตื้นเขินที่เกิดจากการสะสมของตะกอนในร่องน้ำเหล่านี้เป็นต้น

3.1.2 <u>ตัวเลขเชิงสุ่ม</u> (Random Number)

ตัวเลขเชิงสุ่ม คือกลุ่มตัวเลขที่สร้างขึ้นเพื่อใช้สุ่มแทนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ความน่าจะเป็นของตัวเลขที่สุ่มขึ้นแต่ละตัวจะเท่ากัน ตัวอย่างเช่น การกำหนดแต้มที่เกิดจากการทอดลูกเต๋าลูกหนึ่ง มีค่าได้ 6 ค่า คือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ความน่าจะเป็นจากตัวเลขแต่ละตัวทั้ง 6 ค่า เท่ากับ 1/6 สามารถใช้สุ่มแทนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปตามความน่าจะเป็นของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเท่ากัน

การสร้างตัวเลขเชิงสุ่มจากวิธีการทอดลูกเต๋าไม่เหมาะสมที่จะใช้สุ่มแทนเหตุการณ์ที่มีขอบเขตความน่าจะเป็น**การเกิดขึ้น**ที่มีจำนวนมากจึงจำเป็นต้องใช้วิธีสร้างตัวเลขเชิงสุ่มที่สะดวก รวดเร็ว และมีความเหมาะสมกว่าใช้แทน ตัวอย่างเช่น การสร้างตัวเลขเชิงสุ่มจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีวิธีการสร้างตัวเลขเชิงสุ่มได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้

แพร่หลายมากที่สุด เรียกว่า Congruence Method [2] หรือบางครั้งเรียกว่า Residue Method สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เริ่มด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้นก่อน ซึ่งเรียกว่า Seed สร้างตัวเลขเชิงสุ่มตัวที่ 2 และใช้ค่าตัวเลขเชิงสุ่มตัวที่ 2 เป็นข้อมูลสร้างตัวเลขเชิงสุ่มตัวที่ 3 กระทำซ้ำกันแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าเราจะได้จำนวนตัวเลขเชิงสุ่มที่เพียงพอกับความต้องการ

กล่าวได้โดยทั่วไปว่าตัวเลขเชิงสุ่มลำดับที่ (i+1) ได้จากตัวเลขเชิงสุ่มลำดับที่ (i) จากวิธีการสร้างตัวเลขเชิงสุ่มแบบ Congruence Method เมื่อกำหนดให้ λ , μ และ P เป็นค่าคงที่ ต้องการสร้างตัวเลขเชิงสุ่มลำดับที่ (i+1) จากตัวเลขเชิงสุ่มลำดับที่ (i) จากการคูณตัวเลขเชิงสุ่มลำดับที่ i ด้วย λ บวกด้วย μ และหารด้วย P เศษที่เหลือก็จะเป็นค่าตัวเลขเชิงสุ่มลำดับที่ (i+1) ต่อไป และสามารถแสดงรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

C_o เรียกว่า Seed

$C_{i+1} = (\lambda C_i + \mu) \text{ (modulo P)}$

ถ้า $= 1$ เป็นวิธีการสร้างแบบผลบวก (Additive)

$\lambda = 0$ เป็นวิธีการสร้างแบบผลคูณ (Multiplicative)

$\lambda, \mu > 0$ เป็นวิธีการสร้างแบบผสม (Mix)

การเลือกค่าคงที่สำหรับการสร้างตัวเลขเชิงสุ่มที่เหมาะสม อาจกล่าวได้ว่าเป็นวิธีการที่มีความซับซ้อนมาก และขึ้นอยู่กับความสามารถ (Capacity) และข้อจำกัดของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละชนิด วิธีการสร้างตัวเลขเชิงสุ่มที่ได้ผ่านการทดสอบเป็นอย่างดีจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลายแบบ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้แพร่หลายกับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบดิจิตอลโดยทั่วไป (Digital Computer) มี Subroutine สำหรับสร้างตัวเลขเชิงสุ่มโปรแกรมหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมาก แต่ต้อง

---

[2] Geoffrey Gordon, System Simulation, (Eaglewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, 1969), P.93.

ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาด 32 Bit Word Size เป็นโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาฟอร์แทรน 4 (FORTRAN-IV) สร้างตัวเลขเชิงสุ่มด้วยการใช้วิธีคูณอย่างง่าย (Simple Multiplicative)

กำหนดสัญญลักษณ์ให้ $\lambda = 5^{13}$ (1,220,703,125)

ค่านี้จะเป็นจุดเริ่มต้น (Seed) สำหรับการคำนวณหาตัวเลขเชิงสุ่มตัวต่อ ๆ ไป และโปรแกรมสร้างตัวเลขเชิงสุ่มดังกล่าวสามารถเขียนได้ดังนี้

```
      SUBROUTINE RAND  (IX, IY, YFL) [3]
      IY  =  IX * 1,220,703,125
      IF (IY)     1,2,2
1     IY  =  IY + 214783647
2     YFL  =  IY
      YFL  =  YFL * 0.4656613 E-9
      RETURN
      END.
```

การเรียกใช้โปรแกรมตัวเลขเชิงสุ่ม โดยใช้กระทงความ (Statement) CALL RAND (IX,IY,YEL) IY คือค่าเลขเชิงสุ่มตัวเต็ม (Integer) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง $2^{31} - 1$ และค่า YFL จะเป็นค่า Floating Point ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เนื่องจากตัวเลขเชิงสุ่มตัวต่อไปจะได้โดยใช้เลขเชิงสุ่มตัวปัจจุบันเป็น Seed ดังนั้นกระทงความต่อจาก CALL RAND (IX, IY, YFL) จะต้องเป็น IX = IY

การสร้างตัวเลขเชิงสุ่มสามารถที่จะกำหนดค่าเริ่มต้นจากค่าใดก็ได้ จากการกำหนดค่า IX ซึ่งสามารถกำหนดให้เป็นค่าเลขตัวเต็มได้ไม่เกิน 9 หลัก

---

[3] Ibid., P. 96.

การสร้างตัวเลขเชิงสุ่ม ยังมีวิธีอื่น ๆ อีกหลายวิธี แต่ไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าวิธีนี้

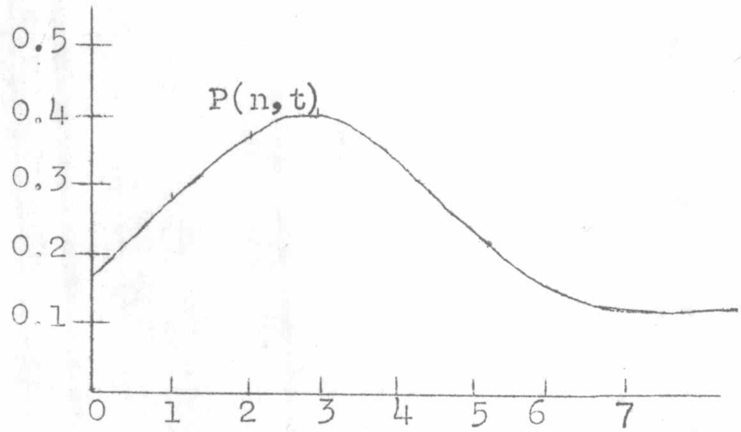
3.1.3 ตัวแปรเชิงสุ่ม (Random Variable)

ตัวแปรเชิงสุ่มเป็นตัวแปรที่สร้างขึ้นจากการใช้ความน่าจะเป็นสุ่มแทนการเกิดขึ้นของตัวแปร จากฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็น ตัวอย่างเช่นการใช้มอนติคาร์โลเทคนิค สร้างตัวแปรเชิงสุ่มด้วยการใช้ตัวเลขเชิงสุ่ม สุ่มความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปร (Cumulative distribution function) จากฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็นของตัวแปร เช่น ตัวแปรเชิงสุ่มจากการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential probability distribution function) ตัวแปรเชิงสุ่มจากการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal probability distribution function) ซึ่งจะกล่าวไว้ในหัวข้อที่ (3.2) และ (3.3)

3.2 การสุ่มระยะเวลาที่เครื่องบินเข้ามาในระบบการซ่อมบำรุงแบบปัวซอง (Poisson Arrival Pattern)

การใช้ตัวเลขเชิงสุ่ม (Random Number) แทนความน่าจะเป็นของตัวแปรเชิงสุ่ม ซึ่งแสดงเวลาการเข้ามาของเครื่องบินแต่ละเครื่องที่เข้ามารับการซ่อมบำรุงจากฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบปัวซอง (Poisson distribution function) ความน่าจะเป็นของการเข้ามาของเครื่องบินที่เข้ามารับบริการจำนวน n เครื่อง ในช่วงระยะเวลา t ซึ่งสามารถที่จะแสดงฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นจำนวนเครื่องบินที่เข้ามารับบริการได้ดังนี้

$$P(n, t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \qquad \text{-----(3.1)}$$



รูปที่ 3.1 ความน่าจะเป็นการแผกระจายแบบปัวซอง

กำหนดสัญญลักษณ์ให้

$P(n,t)$ = ความน่าจะเป็นที่มีจำนวนเครื่องบินเข้ามารับบริการจำนวน 0, 1, 2......n เครื่องในช่วงระยะเวลา t

n = จำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในช่วงระยะเวลา t

λ = ค่ามัชฌิมจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบบริการต่อหน่วยเวลา

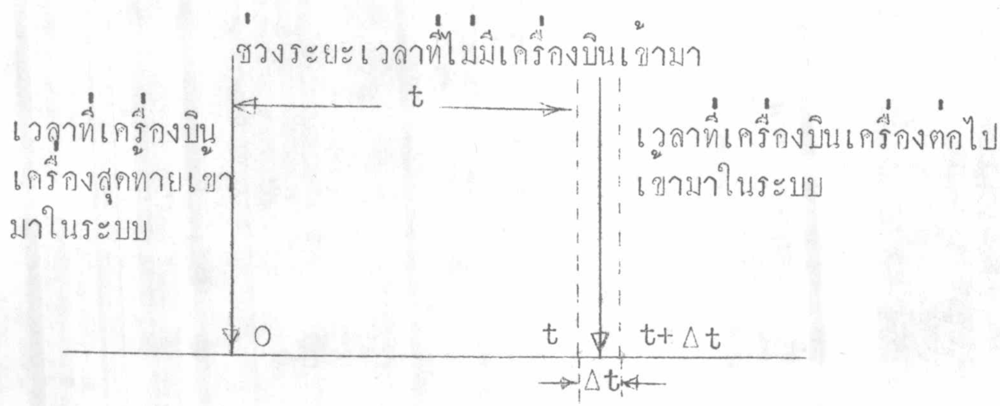
λt = ค่ามัชฌิมจำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบบริการ ในช่วงระยะเวลา t

ฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็นของจำนวนเครื่องบินที่เข้ามารับบริการ 1 เครื่อง ในช่วงระยะเวลา t มีการแผกระจายแบบปัวซอง ทำให้ช่วงระยะเวลาการเข้ามาในระบบบริการของเครื่องบินแต่ละเครื่องที่ต่อเนื่องกัน มีฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะ

เป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential distribution function) ถ้าจะคำนวณความน่าจะเป็นที่ไม่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบ ในช่วงระยะเวลา t ก็สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(0,t) = e^{-\lambda t} \quad ; \quad \text{เมื่อให้} \; n = 0 \qquad \text{-----}(3.2)$$

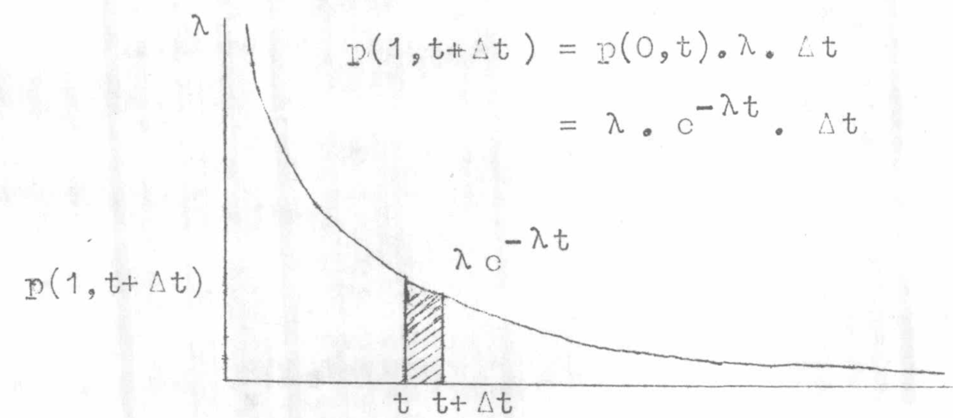
การพิจารณาความน่าจะเป็นที่มีเครื่องบินเข้ามา 1 เครื่อง ในช่วงระยะเวลาที่ต่อเนื่อง Δt จากความน่าจะเป็นของการที่ไม่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบช่วงระยะเวลา t ซึ่งเป็นระยะเวลาหลังจากที่เครื่องสุดท้ายที่เข้ามาในระบบ แสดงได้จากรูปที่ 3-2



รูปที่ 3.2 แสดงช่วงระยะ $t + \Delta t$ มีเครื่องบินเข้ามาในระบบ 1 เครื่อง

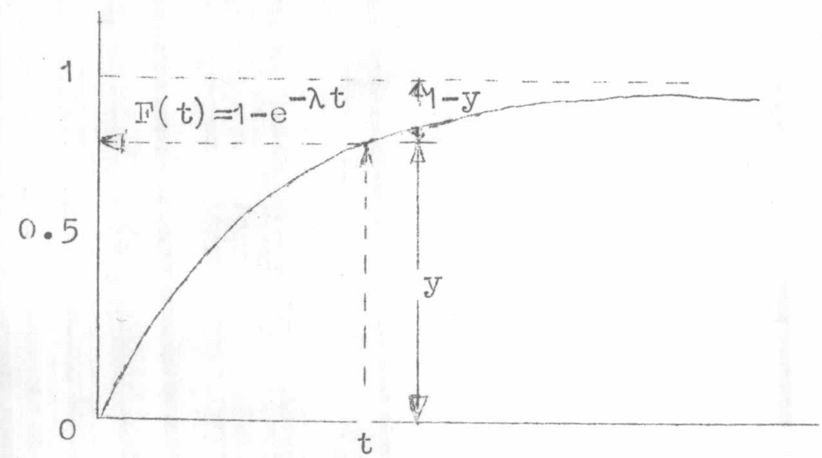
ความน่าจะเป็นที่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบ 1 เครื่อง ในช่วงระยะเวลา $t + \Delta t$

$$p(1, t+\Delta t) = p(0,t) \cdot \lambda \cdot \Delta t$$
$$= \lambda \cdot e^{-\lambda t} \cdot \Delta t$$



รูปที่ 3.3 การแผกระจายความน่าจะเป็นที่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบช่วงระยะเวลา $t + \Delta t$

จากรูปที่ 3.3 แสดงถึงความน่าจะเป็นของช่วงระยะเวลาการเข้ามาของเครื่องบินระหว่างเครื่องต่อเครื่องที่ต่อเนื่องกัน มีการแผกระจายแบบเนกาตีฟ เอกซ์โพเนนเชียล (Negative Exponential) ความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability distribution function) ของการที่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบ 1 เครื่องในช่วงระยะเวลา $t + \Delta t$ คือความน่าจะเป็นสะสมของช่วงระยะเวลาที่ไม่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบช่วงระยะเวลา t ซึ่งเป็นระยะเวลาหลังจากเครื่องบินลำสุดท้ายที่เข้ามาในระบบ และจะมีเครื่องบินเข้ามาในระบบเครื่องต่อไป เมื่อเวลา $t + \Delta t$



รูปที่ 3.4 ความน่าจะเป็นสะสมที่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบช่วงระยะเวลา t

สมการ (3.3) แสดงฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็นเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential probability distribution function) ความน่าจะเป็นสะสมของการแผกระจายจะเป็น

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad ; \text{ ค่า } F(t) \text{ นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง } 0 \text{ กับ } 1 \qquad 3.3$$

ถ้า y เป็นค่าตัวเลขเชิงสุ่ม (Random Number) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง (0,1) ค่า y ก็สามารถเอามาใช้หาค่าตัวแปรเชิงสุ่ม (t) ของการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลได้ดังนี้

$$y = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$1-y = e^{-\lambda t}$$

โดยการหา $\log_e$ ของสมการข้างบนจะได้

$$-\lambda t = \log_e (1-y)$$

ค่า y และ (1-y) นี้สามารถใช้แทนกันได้ เนื่องจากการแผ่กระจายของตัวเลขเชิงสุ่มจะอยู่ในรูปการแผ่กระจายแบบสม่ำเสมอ **(Uniformly distribution)** ดังนั้นทุกค่าของตัวเลขระหว่างช่อง (0,1) จะมีโอกาสเกิดขึ้นมาได้เท่ากัน **(Equally likely)** ดังนั้นตัวแปรเชิงสุ่ม (t) สามารถหาได้จากตัวเลขเชิงสุ่ม (y) ดังนี้

$$t = \frac{-\log_e y}{\lambda}$$

$$= -t_a \cdot \log_e y \qquad \text{-----(3.4)}$$

โดยที่ค่า $t_a = (\frac{1}{\lambda})$ คือค่ามัชฌิมเวลาการเข้ามาระหว่างเครื่องต่อเครื่องที่ต่อเนื่องกันของเครื่องบิน

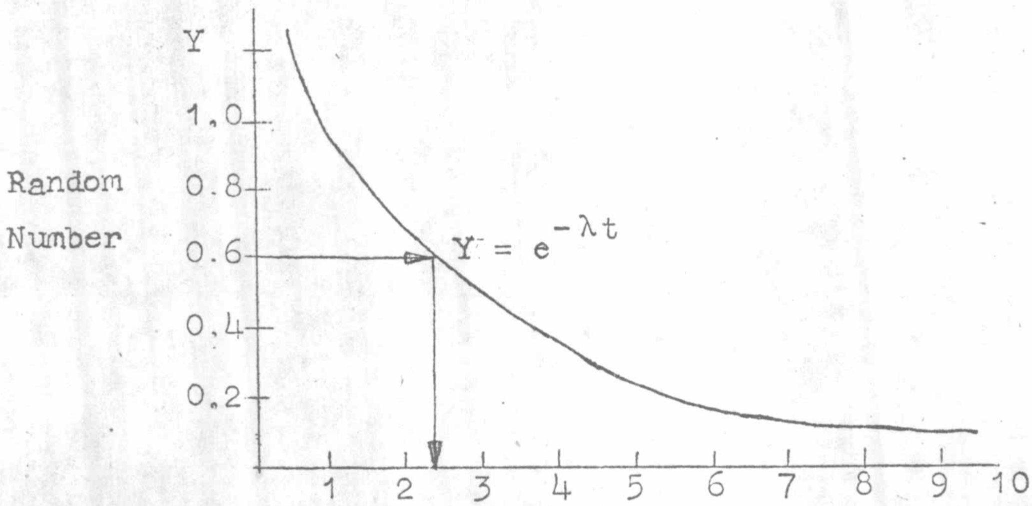
$$t_a = \int_0^\infty t \,.\, p(0,t) \; dt$$

$$= \int_0^\infty t.\,\lambda e^{-\lambda t} \; dt; \text{ (Integration by part)}$$

$$t_a = \frac{1}{\lambda}$$

---

[4] Ibid, P.109.



รูปที่ 3.5 การสุ่มระยะเวลาการเข้ามาของเครื่องบินระหว่างเครื่องต่อเครื่อง

การสุ่มช่วงระยะเวลาที่เครื่องบินเข้ามาในระบบซ่อมบำรุงระหว่างเครื่องต่อเครื่องที่ต่อเนื่องกัน จากฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็นของอัตราเครื่องบินที่เข้ารับบริการแบบปัวซอง ในกรณีนี้เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า การแผกระจายความน่าจะเป็นของช่วงระยะเวลาการเข้ามาระหว่างเครื่องต่อเครื่อง จะเป็นแบบเอ็กโพเนนเชียล[5] การสุ่มระยะเวลาที่เครื่องบินเข้ารับการซ่อมบำรุง สามารถกระทำได้จากค่าตัวเลขเชิงสุ่ม (Random number) โดยใช้สมการที่ (3-4).

3.3 การสุ่มระยะเวลาการให้บริการซ่อมบำรุงที่มีความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal service time)

การสุ่มระยะเวลาการให้บริการซ่อมบำรุงที่มีการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบปกติจะมีฟังก์ชั่นการแผกระจายความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right]^2}$$

---

[5] Thomas L. Saaty, "Elements of Queueing Theory", New York : Mc.Graw Hill, 1961, p.37.

กำหนดสัญญลักษณ์ดังต่อไปนี้

t = ตัวแปรเชิงสุ่มระยะเวลาการให้บริการที่มีการแผ่กระจายแบบปกติ

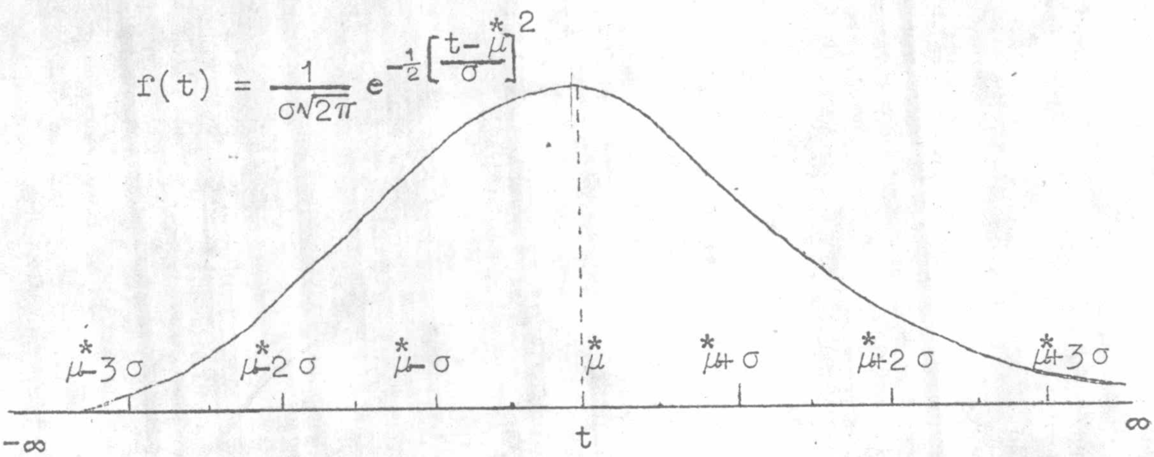
$f(t)$ = ฟังก์ชั่นแสดงการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบปกติ

μ^* = ค่ามัชฌิมเวลาการให้บริการ

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาการให้บริการ

R_1 = เลขเชิงสุ่มค่าที่ 1

R_2 = เลขเชิงสุ่มค่าที่ 2

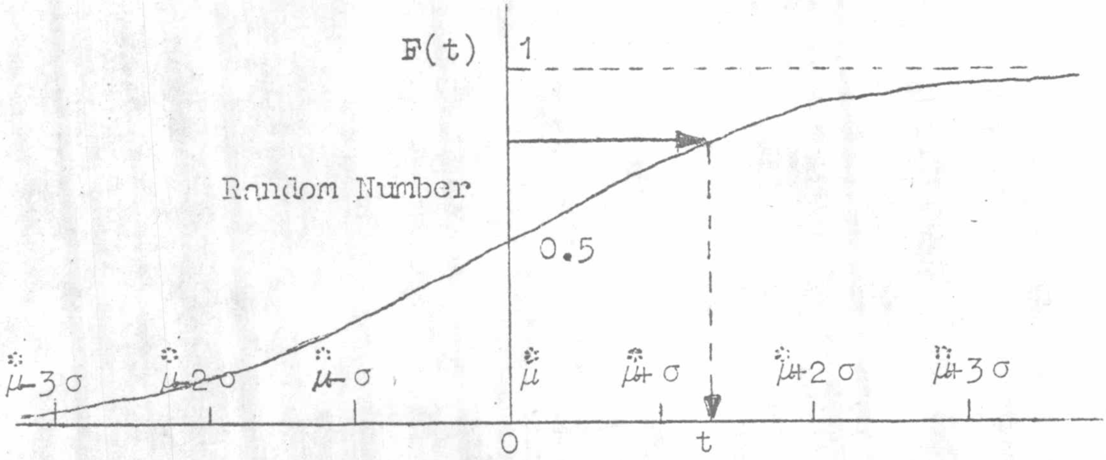


รูปที่ 3.6 ฟังก์ชั่นแสดงการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบปกติ

การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สุ่มค่าตัวแปรเชิงสุ่ม (t) จากฟังก์ชั่นการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบปกติด้วยตัวเลขเชิงสุ่ม ที่มีการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ สุ่มแทนความน่าจะเป็นสะสมจากฟังก์ชั่นการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบปกติมาตรฐานได้ดังต่อไปนี้

จากที่กำหนดให้ $\mu^* = 0 ; \sigma = 1$

$$t = (-2 \log R_1)^{1/2} \times \cos(2\pi R_2)$$



รูปที่ 3.7 ฟังก์ชั่นแสดงความน่าจะเป็นสะสมแบบปกติมาตรฐาน

การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สุ่มระยะเวลาการให้บริการในระบบการให้บริการ ที่มีการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบปกติ และมีค่าพิสัยระยะเวลาการให้บริการ $\mu \pm 2\sigma$ ที่มีระดับความเชื่อถือได้ 95 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงได้ดังนี้ จากการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา FORTRAN IV

t[6] = -2.00 LOGF(RANDOMF(X))**0.5*COSF(6.283*
RANDOM F(X)*2*σ+ μ

และการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา BASIC ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ WANG 2200 ค่าตัวแปรเชิงสุ่ม t เขียนได้ดังนี้

t = -2.00*LOG(RND(I))↑0.5*COS(6.283*RND(I))*2*σ+μ

การทดสอบคุณสมบัติระบบเพื่อวิเคราะห์ผลงานวิจัย จากการสุ่มตัวแปรของฟังก์ชั่นที่มีการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบปกติด้วยโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์

---

[6] Claud Mc Millan and Richard F. Gonzalez, <u>System Analysis</u> (Illinois: Richard D. Irwin, 1965), p.158.

สะดวก และรวดเร็วกว่าการสร้างตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแผกระจายความน่าจะเป็นแบบปกติโดยวิธีอื่น ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

3.4 การสร้างแบบจำลองระบบแถวคอยหน่วยบริการซ่อมบำรุง

3.4.1 วัตถุประสงค์ของการจำลองแบบระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง

การสร้างแบบจำลองระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง เพื่อทำการวิจัยปัญหาความหนาแน่นของจำนวนเครื่องบินที่เข้ามารับบริการในระบบ องค์ประกอบระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงในแง่ของทฤษฎีแถวคอยจะประกอบด้วย

ค่ามัชฌิมอัตราการเข้ารับบริการของเครื่องบิน (**Mean Arrival Rate**)

λ = ค่ามัชฌิมจำนวนเครื่องบินที่เข้ารับบริการต่อหน่วยเวลา

ค่ามัชฌิมอัตราการให้บริการ (**Mean Service Rate**)

μ = ค่ามัชฌิมจำนวนเครื่องบินต่อหน่วยเวลา ที่ได้รับบริการในระบบบริการจนเสร็จเรียบร้อยและออกจากระบบไป

$1/\mu$ = ค่ามัชฌิมระยะเวลาการให้บริการต่อเครื่อง ในระบบงานให้บริการ

ความน่าจะเป็นที่มีจำนวนเครื่องบินในระบบบริการ (**Probability of Aircrafts in System**)

i = 0, 1, 2 ..... แสดงสภาวะจำนวนเครื่องบินที่กำลังอยู่ในระบบบริการ

T = ช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่พิจารณาสภาวะของระบบบริการ

$t_{i+1} - t_i$ = เวลาที่เครื่องบินเข้ามาหรือออกไปจากระบบบริการเครื่องที่ i + 1 - เวลาที่เครื่องบินเข้ามา หรือออกไปจากระบบบริการเครื่องที่ i

S_i = การสะสมช่วงระยะเวลาที่มีเครื่องบินในระบบบริการ i เครื่อง

$$= \sum_{t=0}^{T} t_{i+1} - t_i \; ; \quad i = 0,1,2 \ldots\ldots \infty$$

$\sum_{i=0}^{\infty} S_i$ = การสะสมช่วงระยะเวลาที่มีเครื่องบินในระบบบริการ เริ่มพิจารณาตั้งแต่ช่วงระยะเวลาที่ไม่มีเครื่องบินในระบบบริการ (i = 0) จนกระทั่งช่วงระยะเวลาที่มีเครื่องบินในระบบบริการ i เครื่อง

= T

P_i = ความน่าจะเป็นที่มีเครื่องบิน i เครื่องในระบบบริการ

$$= \frac{\text{(การสะสมช่วงระยะเวลาที่มีเครื่องบินในระบบบริการ i เครื่อง)}}{\text{(ช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่พิจารณาสภาวะของระบบบริการ T)}}$$

$$= \frac{S_i}{T}$$

$$\sum_{i=0}^{\infty} P_i = 1$$

ค่ามัชฌิมจำนวนเครื่องบินที่อยู่ในระบบบริการ (Average Number of Aircrafts in System)

$\sum_{i=0}^{\infty} i \times P_i$ = จำนวนเครื่องบินที่คาดว่าจะอยู่ในระบบบริการ ในอัตราเฉลี่ยตลอดเวลา

จากการพิจารณาสภาวะของระบบช่วงระยะเวลา T จากการแผกระจายความน่าจะเป็น ที่มีเครื่องบินเข้ามาในระบบบริการ

ค่ามัชฌิมระยะเวลาที่เครื่องบินอยู่ในระบบการให้บริการ (Average Time in System per Aircraft)

$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{(P_i \times T)}{n}$ = ระยะเวลาที่เครื่องบินอยู่ในระบบบริการ ซึ่งเป็นผลรวมของระยะเวลาที่อยู่ในแถวคอย และระยะเวลาการให้บริการเข้าด้วยกัน

n = จำนวนเครื่องบินที่เข้ามาในระบบบริการทั้งหมด ในช่วงระยะเวลา T ที่พิจารณาสภาวะของระบบ

การวิเคราะห์ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้รับ นำมาทดสอบกับแบบจำลองระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงเครื่องบินแบบ ฮ.-6 ที่สร้างขึ้นเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพิจารณาองค์ประกอบระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงจากทฤษฎีแถวคอยประยุกต์ เพื่อนำไปวิจัยประเมินค่าโครงการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economy) เลือกแบบแผนการจัดระบบงานซ่อมบำรุง ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับงบประมาณค่าใช้จ่าย และใช้เป็นแบบแผนการจัดระบบงานซ่อมบำรุงต่อไป

3.4.2 การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ระบบการซ่อมบำรุงเครื่องบินแบบ ฮ.-6

แบบจำลองสร้างขึ้นเพื่อทำการวิจัย เลือกแบบแผนการจัดระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงประเภทการซ่อมใหญ่ และการซ่อมย่อยให้มีแบบแผนการจัดลำดับการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบการปฏิบัติงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

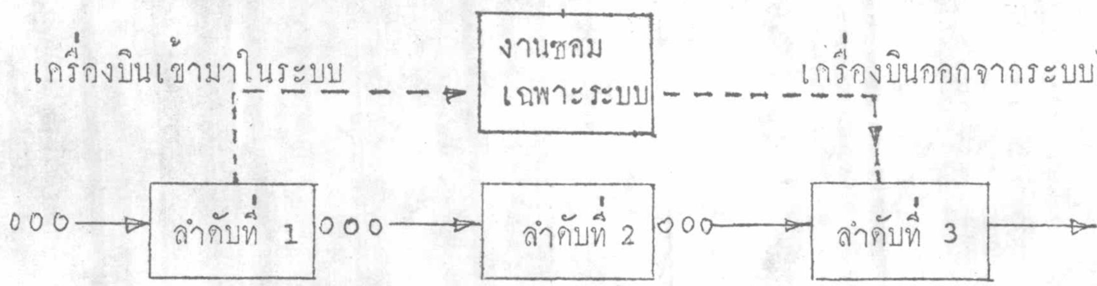
การจัดระบบงานซ่อมบำรุงประเภทการซ่อมใหญ่ และการซ่อมย่อย แบ่งแยกลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ลำดับขั้น ระหว่างลำดับขั้นกำหนดให้มีแถวคอยรอรับบริการเกิดขึ้นได้ เมื่อลำดับขั้นตอนการให้บริการลำดับต่อไปไม่สามารถให้การบริการได้ทันที การจัดเครื่องบินที่เข้ารับบริการแบ่งออกเป็นประเภทงานการซ่อมใหญ่และการซ่อมย่อยนั้นขึ้นอยู่กับความสำคัญของประเภทงานที่ซ่อม จะมีวิธีกำหนดแยกประเภทชิ้นงานที่มีความจำเป็นต้องการใช้เทคนิค อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน และใช้ช่างเทคนิคที่มีความชำนาญสูงสำหรับงานการซ่อมใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับงานการซ่อมย่อย ทำให้มีความจำเป็นต้องแยกประเภทการให้บริการออกจากกัน เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน

การจัดระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงแบ่งออกเป็น 3 ลำดับขั้น ดังนี้

ลำดับที่ 1 การตรวจรับรายการที่จำเป็นต้องการซ่อมบำรุง และออกใบสั่งงานเสร็จเรียบร้อย ก็จะเริ่มงานซ่อมตั้งแต่การถอดแยกชิ้นส่วน อุปกรณ์หลัก เช่น ระบบโรเตอร์ (Rotor) ระบบถ่ายทอดกำลัง ระบบเครื่องยนต์ และระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบต่าง ๆ ที่ถูกถอดแยกออกไป จะส่งไปซ่อมแผนก

ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะเป็นระบบไป และนำโครงสร้างลำตัวเครื่องบินส่งซ่อมในลำดับที่ 2 ต่อไป

ลำดับที่ 2 งานการซ่อมลำดับที่ 2 เป็นงานตรวจสอบซ่อมโครงสร้างลำตัวที่ชำรุดบกพร่องและปรับปรุงโครงสร้างลำตัวให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อซ่อมเสร็จเรียบร้อยก็จะล้างลอกสีเก่าออก เพื่อตกแต่งสีโครงสร้างลำตัวให้เรียบร้อย และก็จะส่งต่อไปลำดับที่ 3



รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ลำดับขั้นในการซ่อมบำรุง

ลำดับที่ 3 เป็นงานประกอบอุปกรณ์หลักเข้ากับลำตัว ทดสอบการทำงานของระบบทั้งหมด เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องด้วยการทดลองบินตรวจสภาพความเรียบร้อยให้เป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง และส่งเครื่องบินกลับให้หน่วยงานที่ใช้ต่อไป

การสร้างแบบจำลองระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงแบ่งออกเป็น 3 ลำดับขั้น สร้างขึ้นเป็นระบบการให้บริการทางทฤษฎีแถวคอย จากการเลียนแบบระบบการปฏิบัติงานจริง สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในผนวก ก. แสดงถึงการสุ่มระยะเวลาที่เครื่องบินเข้ามาในระบบบริการ ลำดับความสำคัญการเข้ารับบริการก่อนหลังตามลำดับที่เข้ามา ระยะเวลาที่เครื่องบินรับบริการในระบบงานซ่อมบำรุง จนกระทั่งเครื่องบินออกจากระบบไป เมื่อได้รับบริการเสร็จเรียบร้อย การจำลองแบบแสดงให้เห็นสภาวะของระบบแถวคอยการเข้ารับบริการงานซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้น ทำสถิติรวบรวมข้อมูลของระบบที่ได้รับจาก

การจำลองแบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์ผลการสร้างแบบจำลองระบบที่เสนอแนะต่อไป ซึ่งเราไม่สามารถจะทำการวิเคราะห์ผลได้ด้วยระบบการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงจริง เนื่องจากข้อจำกัดของค่าใช้จ่ายระยะเวลา และความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นจึงทำให้การจำลองแบบเพื่อการพิจารณาวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบแบบแผนงานซ่อมบำรุงที่มีความเหมาะสมมากกว่า