บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 การแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson distribution)

นิยาม[3] จำนวนครั้งของการเกิดผลที่ต้องการ (success) x ในการทดลองแบบปัวซอง (Poisson experiment) เรียกว่าค่าแปรสุ่มแบบปัวซอง

การแจกแจงของความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบปัวซอง เรียกว่าการแจกแจงแบบปัวซอง เขียนแทนด้วย $p(x;\mu)$ เมื่อ μ คือค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่เกิดผลที่ต้องการในช่วงเวลาที่กำหนดและฟังค์ชั่นของความน่าจะเป็นแบบปัวซองมีรูปดังนี้

$$p(x;\mu) = \frac{e^{-\mu}\mu^{x}}{x!} \qquad x = 0,1,2,\ldots$$

ซึ่ง $e = 2.71828$

การแจกแจงแบบปัวซอง เป็นการแจกแจงที่มีค่าความน่าจะเป็นน้อยและจำนวนครั้งของการเกิดผลมีค่ามาก ๆ

2.2 การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential distribution)

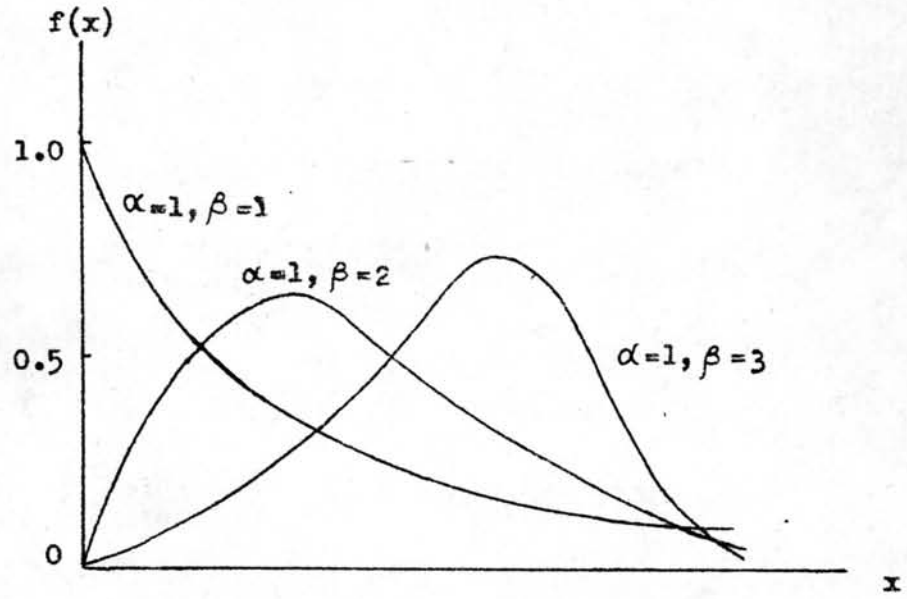
นิยาม[3] ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง (continuous random variable) x ที่มีการแจกแจงแบบแกมมา และมี α , β เป็นพารามิเตอร์ จะมีสมการดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \qquad x>0,\ \alpha>0,\ \beta>0 \quad \text{——(1)}$$

$$= 0 \qquad \text{elsewhere}$$

เมื่อ $\Gamma(\alpha)$ คือ แกมมาฟังค์ชั่น ที่มีสมการเป็น

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x}\, dx \qquad \alpha > 0$$



<u>รูปที่ 1</u> โค้งแสดงการแจกแจงแบบแกมมาที่ α ค่าต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่อเราแทนค่า $\alpha = 1$ ลงในสมการที่(1) จะได้รูปแบบพิเศษของการแจกแจงแบบแกมมา เรียกว่าการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ดังสมการดังต่อไปนี้

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-x/\beta} \qquad x > 0,\ \beta > 0$$

$$= 0 \qquad \text{elsewhere}$$

2.3 <u>การแจกแจงแบบโค้งปกติ</u> (Normal distribution)

การแจกแจงแบบโค้งปกติ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Gaussian distribution เป็นการแจกแจงของความน่าจะเป็นชนิดต่อเนื่องที่สำคัญแบบหนึ่ง

สมการทางคณิตศาสตร์ของการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรแบบปกติชนิดต่อเนื่อง (continuous normal variable) นั้น ขึ้นกับค่าพารามิเตอร์ 2 ค่า คือ μ ค่าเฉลี่ย (mean) และ σ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ซึ่งเขียนแทนสมการได้เป็น $n(x;\mu,\sigma)$

นิยาม[3] ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และค่าความแปรปรวน σ^2 คือ

$$n(x;\mu,\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2} \qquad -\infty < x < \infty$$

เมื่อ $\pi = 3.14159$

$e = 2.71828$

พื้นที่ใต้โค้งปกติ (Area under the normal curve)

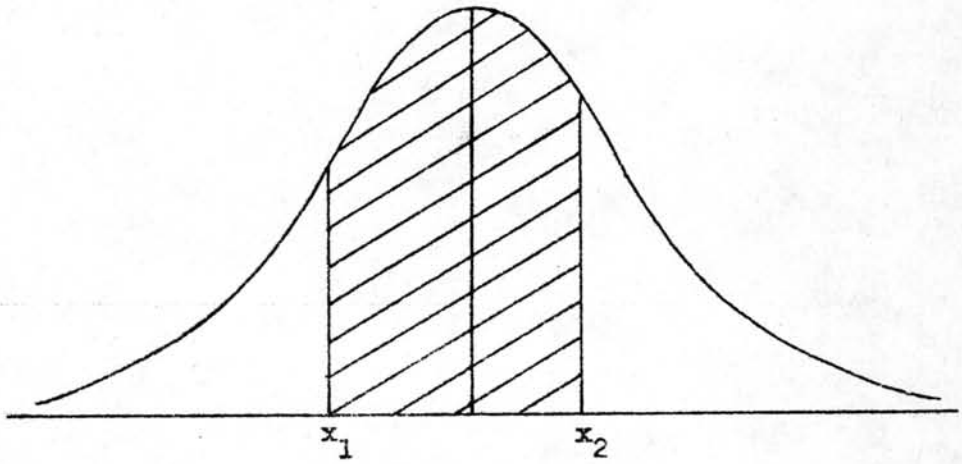
พื้นที่ใต้โค้งที่อยู่ระหว่างจุด 2 จุดบนแกนนอน (ค่า ordinate) x_1 และ x_2 คือค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม x

ซึ่งค่าความน่าจะเป็นนี้ คำนวณได้จาก

$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} n(x;\mu,\sigma)\, dx$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2}\, dx$$

ซึ่งค่านี้ก็คือ พื้นที่แรเงาใต้โค้ง ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงพื้นที่ใต้โค้งปกติ

โดยทั่วไปในการคำนวณหาค่าพื้นที่ใต้โค้งปกติของชุดข้อมูลที่เก็บมาได้ (observed data) จะยุ่งยากและเสียเวลา ดังนั้นเพื่อให้สะดวกและง่ายขึ้น จึงได้มีการสร้างตารางของพื้นที่ใต้โค้งปกติโดยการแปลงค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสุ่มปกติ x ที่สังเกตได้ทุก ๆ ค่า ให้อยู่ในรูปของตัวแปรสุ่มตัวใหม่ z ที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าความแปรปรวน 1 ดังสมการต่อไปนี้

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \qquad \text{——— (2)}$$

ดังนั้น ค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม x ในรูปของ z คือ

$$P(x_1 < x < x_2) = P(z_1 < z < z_2)$$

โดย z มีการแจกแจงของโค้งปกติเป็น $n(z;0,1)$

นิยาม[3] การแจกแจงของตัวแปรสุ่มปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าความแปรปรวน 1 เรียกว่า การแจกแจงของโค้งปกติแบบมาตรฐาน (standard normal distribution)

2.4 <u>การทดสอบแบบไคสแควร์</u> (Chi-square goodness of fit test)

เป็นการทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บได้จากประชากรในระยะที่เราสังเกตนั้น มีการแจกแจงตามทฤษฎีที่ควรจะเป็นหรือไม่[4] โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าความถี่ของข้อมูลที่ได้ (observed frequency) กับค่าความถี่ที่ควรจะเป็น (expected frequency) จากการแจกแจงตามทฤษฎี โดยคำนวณจาก

$$\chi^2_{test} = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \qquad \text{——— (3)}$$

เมื่อ O_i เป็นค่าความถี่ที่สังเกตได้จากชั้นที่

E_i เป็นค่าความถี่ที่ได้ตามทฤษฎี

k เป็นค่าสูงสุดของจำนวนชั้นของการแจกแจงความถี่

ถ้าความถี่จากการสังเกตมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ตามทฤษฎีแล้ว χ^2_{test} ที่คำนวณได้จะมีค่าน้อย ถ้าความถี่จากการสังเกตมีค่าต่างจากความถี่ตามทฤษฎีมาก ค่า χ^2_{test} ที่คำนวณได้ก็จะมีค่ามากจนอาจทำให้เราต้องปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้

การที่จะทราบว่าปฏิเสธหรือยอมรับข้อสมมติฐานนั้น ก็โดยการเปรียบเทียบค่า χ^2_{test} จากการคำนวณ กับค่า χ^2 จากตารางตามระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนด (ตารางผนวก ก.)

<u>วิธีทดสอบ χ^2 มีดังนี้</u>

1. ตั้งสมมติฐานของข้อมูล โดยพิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลจากโค้งที่ fit ได้

2. คำนวณหาค่าความถี่ของข้อมูลตามทฤษฎี (E_i)

3. คำนวณค่า χ^2_{test} ตามสมการ (3)

4. เลือกค่าวิกฤต (critical value) ของการแจกแจงแบบ $\chi^2_{\alpha,\nu}$

โดย α คือระดับความมีนัยสำคัญ (level of significance)

ν คือขั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

k = จำนวนทั้งหมดของการแจกแจงชั้นความถี่ของข้อมูล

n = จำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5. เปรียบเทียบค่า χ^2_{test} กับ $\chi^2_{\alpha,\nu}$

ถ้า $\chi^2_{test} < \chi^2_{\alpha,\nu}$

นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งขึ้นตามระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้

2.5 แถวคอย (Waiting line or queueing)

เราทุกคนส่วนมากล้วนแต่เคยเข้าแถวรอคอย เพื่อรอทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งมาแล้วทั้งสิ้น เช่น การเข้าแถวรอซื้อตั๋วชมภาพยนต์ การเข้าแถวรอจ่ายเงินที่โต๊ะจ่ายเงินในร้านธรรพสินค้า แม้แต่แถวคอยของรถตามสี่แยกต่าง ๆ หรือเมื่อมีการจราจรติดขัด เป็นต้น

แถวคอยเกิดจากการที่มีผู้มาขอรับบริการ (service demand) มากกว่าความสามารถในการให้บริการของสถานีบริการ ซึ่งอาจเกิดจากจำนวนผู้ให้บริการไม่เพียงพอ หรือเนื้อที่ของสถานบริการจำกัด (space limit) อันเนื่องจากข้อจำกัดในการลงทุน เป็นต้น

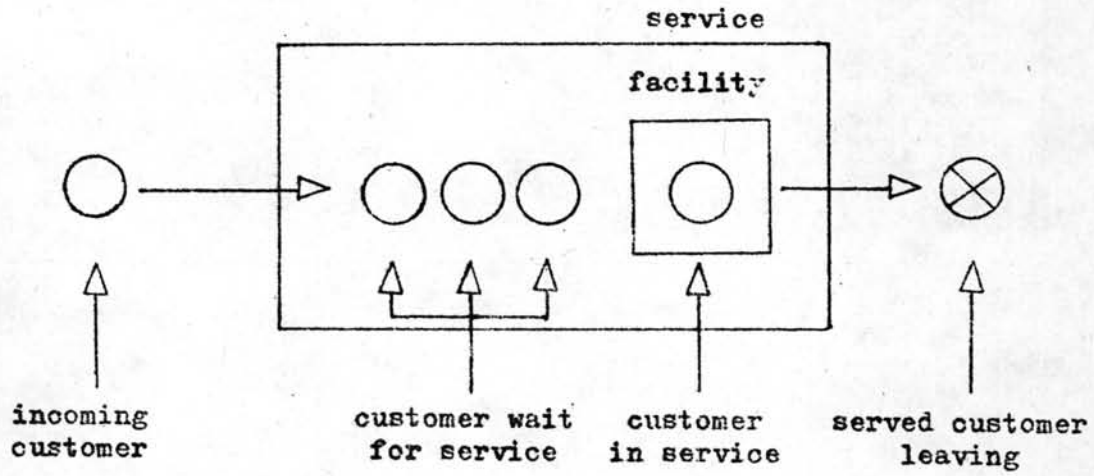
2.5.1 ระบบแถวคอย (Queueing system)

ระบบแถวคอยประกอบด้วยการมีผู้เข้ารับบริการหรือลูกค้า (arrivals or customers) กรณีที่สถานีบริการไม่ว่างก็เข้าแถวคอย (waiting line) เมื่อถึงโอกาสก็เข้ารับบริการ เสร็จแล้วก็ออกไปจากระบบ ดังยังรูปที่ 3

2.5 2 องค์ประกอบของระบบแถวคอย

ก) การเข้ามารับบริการ (arrival pattern) นิยมวัดจากอัตราเฉลี่ยของจำนวนลูกค้าที่เข้ามาต่อหนึ่งหน่วยเวลา (mean arrival rate) หรือวัดจากเวลาเฉลี่ยของการเข้ามาห่างกันระหว่างลูกค้าสองคน (mean interarrival time)

ข) การให้บริการ (service pattern) วัดได้จาก อัตราเฉลี่ยของจำนวนลูกค้าที่รับบริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา (mean service rate) หรือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการบริการต่อคน (mean service time)



รูปที่ 3 แสดงระบบแถวคอย (queueing system)

ค) กฎเกณฑ์การให้บริการ (queue discipline)

1) มาก่อนได้รับบริการก่อน (first-come first-serve : FCFS) ลูกค้าจะได้รับบริการตามลำดับการเข้ามา เช่นการเข้าแถวซื้อตั๋วชมภาพยนต์ เป็นต้น

2) มาที่หลังได้รับบริการก่อน (last-come first-serve : LCFS) เป็นการให้บริการย้อนลำดับการเข้ามา เช่น การเบิกเอาพัสดุในคลังมาใช้ จะเอาพัสดุที่เก็บที่หลังมาใช้ก่อน เนื่องจากสะดวกในการนำออก

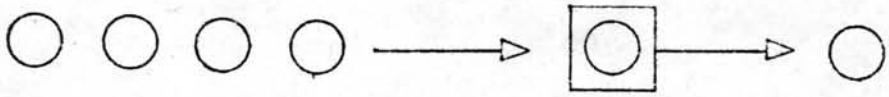
3) การให้บริการแบบสุ่ม (selection in random order : SIRO) เช่น การจับสลากรางวัล เป็นต้น

4) การให้บริการตามความสำคัญ (priority) เป็นการให้บริการตามความสำคัญของลูกค้า เช่น ให้บริการแก่เด็ก หรือคนชราก่อน เป็นต้น

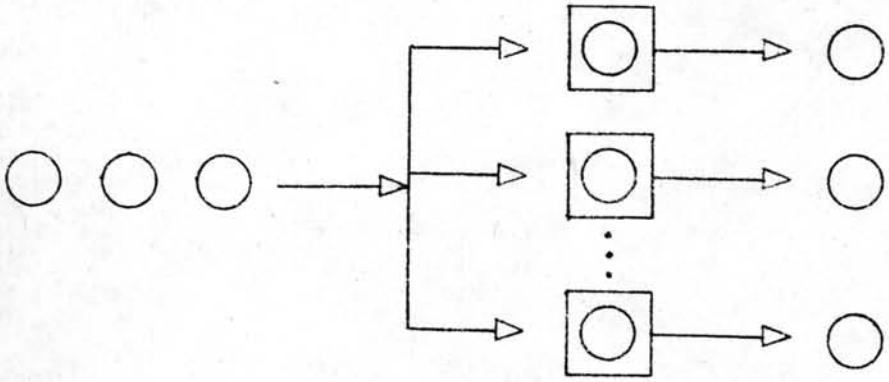
ง) ความจุของสถานีบริการ (system capacity) ในสถานีบริการบางแห่งอาจมีเนื้อที่ให้ลูกค้ารอคอยจำกัด (waiting area) ทำให้เกิดแถวคอยแบบจำกัด (finite queue) ขึ้น ในกรณีที่ไม่จำกัดจำนวนในแถวคอย เรียกว่า infinite queue

จ) ลักษณะการให้บริการ

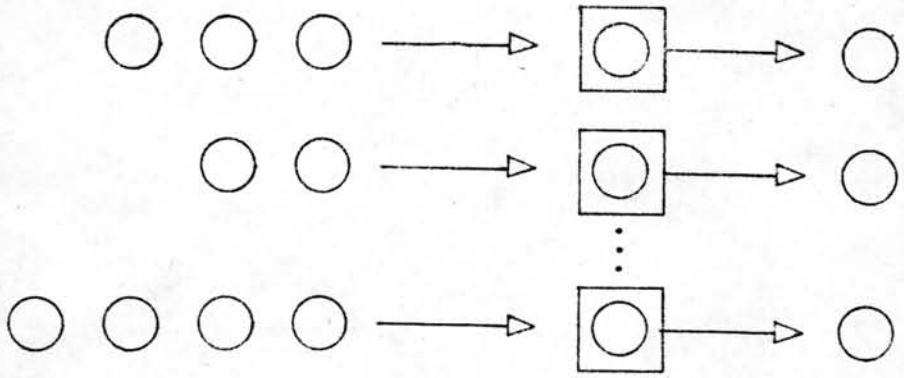
1) One line-single channel



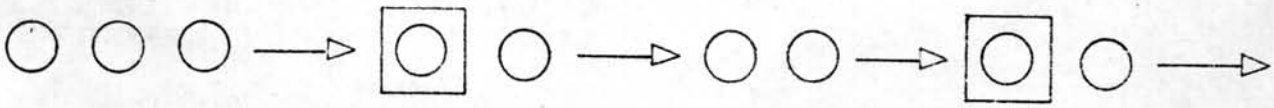
2) One line-multiple channels



3) Parallel lines-multiple channels



4) One line-sequential station



ในสภาวะเริ่มต้น ทั้งระบบยังอยู่ในสภาพไม่แน่นอน (non-steady state) ทั้งนี้อาจเนื่องจากความไม่พร้อมของหน่วยบริการ หรือความไม่แน่นอนในการเข้ามารับบริการก็ได้ ต่อเมื่อระบบได้ดำเนินไประยะเวลาหนึ่ง ก็เริ่มอยู่ตัวแล้ว

2.5.3 <u>การแจกแจงของอัตราการเข้ารับบริการ</u> (Arrival-rate distribution)

จาก Pure-birth process สมมุติให้อัตราการเข้ารับบริการเป็น λ หน่วย ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และให้มีหน่วยเข้ารับบริการ เข้ามาเรื่อย ๆ โดยไม่ออกจากระบบเลย จะได้ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของการเข้ารับบริการในระบบเป็นแบบปัวซอง ดังนี้

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \qquad n \geq 0$$

โดยมี λt เป็นพารามิเตอร์

2.5.4 <u>การแจกแจงของระยะเวลาห่างของหน่วยที่เข้ามา</u> (Interarrival-time distribution)

สมมุติให้อัตราการเข้ารับบริการเป็น λ หน่วย ต่อหนึ่งหน่วยเวลา จะได้ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของระยะเวลาที่หน่วยสองหน่วย เข้ามาในระบบห่างกันเป็น

$$P(t) = \lambda e^{-\lambda t} \qquad t \geq 0$$

นั่นคือ มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ที่มีพารามิเตอร์เป็น λ

2.5.5 <u>การแจกแจงของเวลาที่ให้บริการ</u> (Service-time distribution)

สมมุติให้อัตราการให้บริการเป็น μ หน่วย ต่อหนึ่งหน่วยเวลา จะได้ ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของเวลาที่ให้บริการเป็น

$$P(t) = \mu e^{-\mu t} \qquad t \geq 0$$

นั่นคือ มีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ที่มีพารามิเตอร์เป็น μ

สำหรับระบบแถวคอยที่มีหลายสถานีบริการ ซึ่งมีการแจกแจงของอัตราการเข้ารับบริการเป็นแบบปัวซอง และการแจกแจงของเวลาที่ให้บริการเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล เขียนแทนด้วย M/M/c/∞/FIFO

โดยที่ M คือลักษณะการเข้ามาในระบบแบบปัวซอง หรือการแจกแจงของการให้บริการแบบเอกซ์โพเนนเชียล

c คือจำนวนสถานีบริการ

∞ หมายถึงไม่จำกัดจำนวนหน่วยเข้ารับบริการ

FIFO เป็นการให้บริการแบบเข้ามาก่อนได้รับก่อน

(5) สมมุติให้อัตราเฉลี่ยของการเข้ารับบริการเป็น λ หน่วย ต่อหนึ่งหน่วยเวลา อัตราเฉลี่ยในการให้บริการเป็น μ ต่อหนึ่งสถานีบริการ และอัตราเฉลี่ยในการบริการของทั้งระบบเป็น $c\mu$ จะได้ว่า

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & 0 \leq n \leq c \\ c\mu & n \geqslant c \end{cases}$$

และ $\lambda_n = \lambda$

จาก birth-death process จะได้

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \left(\frac{c\mu}{c\mu - \lambda} \right) \right]^{-1} \qquad \text{_____ (4)}$$

$$P_n = \begin{cases} \dfrac{\lambda_n}{n!\ \mu^n} P_0 & 0 \leq n \leq c \\ \dfrac{\lambda_n}{c^{n-c}\ c!\ \mu^n} P_0 & n \geqslant c \end{cases}$$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \lambda\mu}{(c-1)!\ (c\mu - \lambda)^2} P_0 \qquad \text{_____ (5)}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \qquad \text{_____ (6)}$$

$$W = \frac{1}{\mu} + W_q$$

$$L = \lambda W$$

007558

2.5.6 สัญญลักษณ์ที่ใช้ (notation)(6)

ลักษณะระบบแถวคอยแทนด้วย A/B/X/Y/Z

โดยที่ A การแจกแจงของการเข้ารับบริการ

B การแจกแจงของการให้บริการ

X จำนวนสถานีบริการ

Y จำนวนสูงสุดของหน่วยรับบริการที่จะมีได้ในระบบ

Z กฎเกณฑ์การให้บริการ

P_o ความน่าจะเป็นของการไม่มีหน่วยเข้ารับบริการในระบบเลย

P_n ความน่าจะเป็นของการมีหน่วยเข้ารับบริการ n หน่วย ในระบบ

W เวลารอคอยที่คาดหมายต่อหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วย ในระบบ

W_q เวลารอคอยที่คาดหมายต่อหน่วยเข้ารับบริการ 1 หน่วย ในแถวคอย

L จำนวนหน่วยเข้ารับบริการที่คาดหมายในระบบ

L_q จำนวนหน่วยเข้ารับบริการที่คาดหมายในแถวคอย

2.6 GPSS (General Purpose Simulating System)

เป็นภาษาที่ใช้ในการจำลองแบบของระบบงานที่มีเหตุการณ์ชนิดไม่ต่อเนื่อง (discrete event) การเรียก GPSS ว่าเป็นภาษาหนึ่ง ก็เพราะได้มีการนิยามคำศัพท์และไวยากรณ์ของการใช้ GPSS ไว้ นอกจากนี้ program ของ GPSS ยังทำหน้าที่แปลความหมายของแบบจำลอง (model) ที่แสดงไว้ในรูปของภาษา ซึ่ง program นี้เรียกว่า GPSS processor

การพัฒนาภาษา GPSS ได้เริ่มขึ้นราวปี ค.ศ. 1956 - 1965 โดยบริษัท IBM ได้ผลิต GPSS, GPSS II และ GPSS III เรียกว่า GPSS/360 เนื่องจากใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM system/360 จนกระทั่งปลายปี ค.ศ. 1970 ได้ผลิต GPSS V ขึ้นจนกระทั่งถึงปัจจุบัน นอกจากบริษัท IBM แล้ว ยังได้มีบริษัทอื่นสร้างขึ้นใช้เช่นกัน เช่น ในระหว่างปี ค.ศ. 1969 - 1970 Ken Weaver ได้เสนอ GPSS/UCC ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ UNIVAC 1108 และในช่วงปี ค.ศ. 1971 - 1972

Norden Division of United Aircraft Corporation ได้พัฒนา NGPSS/6000 ใช้กับ CDC/6000 ให้กับกองทัพเรือสหรัฐ เป็นต้น

แบบจำลอง GPSS จะแสดงอยู่ในรูปของ block diagram ซึ่งในแต่ละ block นี้ จะแทนด้วยบัตรเจาะรูหนึ่งใบ (punch card) block diagram นี้ จะรวบรวม block รูปต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติหรือมีความหมายเฉพาะตัวออกไป เชื่อมติดต่อกันด้วยลูกศร โดยมีตรรก (logic) เป็นตัวควบคุมการทำงานของ block ต่าง ๆ

องค์ประกอบของแบบจำลอง GPSS[7]

1. ส่วนทำการ (entities)

1.1 ส่วนทำการพลศาสตร์ (dynamic entities) ส่วนของลูกศรจะแสดงเป็นเส้นทางเดินของหน่วยเคลื่อนที่ (units of traffic move) ที่เรียกว่า transaction หมายถึงหน่วยที่จะเข้ามาทำกิจกรรมในระบบ ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งบุคคลหรือวัตถุ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่าง transaction แบบต่าง ๆ

ชนิดของระบบ	transaction
ร้านตัดผม	ลูกค้า
ถนน	ยานพาหนะ
ร้านซ่อมเครื่องยนต์	อะไหล่เครื่องยนต์
คลังสินค้า	พัสดุภัณฑ์
โรงพยาบาล	คนไข้
ฯลฯ	ฯลฯ

1.2 ส่วนทำการที่เป็นหน่วยให้บริการ (service entities)

ส่วนทำการที่เป็นการให้บริการแก่ transaction นี้ เรียกว่า facilities หรือ servers คือผู้ให้บริการนั่นเอง ซึ่งใน GPSS มีคุณสมบัติดังนี้

1.2.1 แต่ละหน่วยบริการ (facilities) สามารถให้บริการได้ครั้งละ 1 transaction เท่านั้น

1.2.2 เมื่อมี transaction เข้ารับบริการ เวลาที่ผ่านไปขณะที่การบริการดำเนินอยู่ (elapsed time) นี้ เรียกว่า เวลาของการให้บริการ (service time)

2. Block

จะเป็นส่วนแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ เช่น GENERATE block ทำหน้าที่ผลิตตัวอย่างแบบสุ่ม (random sample) จากการแจกแจงของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ในที่นี้คือ ลูกค้า หรือ arrivals ที่จะเข้ามาทำกิจกรรมในระบบเป็นต้น

3. Simulation clock

ในการจำลองแบบ ส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ เวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ เมื่อเริ่มต้นการจำลองแบบ ทั้งระบบจะอยู่ในสภาพเริ่มต้น (initial value) คือทั้งระบบจะว่างเปล่า ไม่มี transaction อยู่เลย facilities ก็จะว่าง (idle) และ simulation clock จะเป็น 0 จากนั้น GENERATE block จะเริ่มผลิตเวลาห่างกันของการเข้ามาของ transaction (interarrival time)

Simulation clock เป็นเสมือนตัวแทนแสดงการเดินทางของ transaction ไปตาม block ต่าง ๆ ตามเวลาที่กำหนดไว้ (generated time) ดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงลำดับเหตุการณ์ในร้านตัดผมที่มีเก้าอี้ตัวเดียว

ลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์	ลักษณะของเหตุการณ์ที่เกิด	เวลาจริงของการเกิดเหตุการณ์	เวลาจากการจำลองแบบเหตุการณ์(นาที)
1	เปิดร้าน	8.00 น.	0
2	ลูกค้าคนที่ 1 เข้ามารับบริการทันที	8.22 น.	22
3	ลูกค้าคนที่ 2 มาถึง	8.29 น.	29
4	ลูกค้าคนที่ 3 มาถึง	8.33 น.	33
5	ลูกค้าคนที่ 1 ตัดผมเสร็จ	8.47 น.	47
6	ลูกค้าคนที่ 2 เข้ารับบริการ	8.47 น.	47
7	ลูกค้าคนที่ 4 มาถึง	9.07 น.	67
	ฯลฯ	ฯลฯ	

ลักษณะสำคัญของ GPSS clock[7]

1. GPSS clock จะเป็นเลขจำนวนเต็มบวก (positive integer) เท่านั้น

2. หน่วยของเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบจะกำหนดโดยผู้วิเคราะห์ เช่น ชั่วโมง นาที หรือ วินาที เป็นต้น โดยหน่วยเวลาที่เลือกใช้จะเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ในระบบจริง หรือตามความเหมาะสม

3. เนื่องจาก GPSS เป็นเครื่องมือจำลองเหตุการณ์ ดังนั้นหลังจากที่แบบจำลองได้ปรับ (update) เวลาของเหตุการณ์แรกที่จะเกิด ไปเรียบร้อยแล้ว clock ก็จะเปลี่ยน (advance) เป็นเวลาของเหตุการณ์ต่อไปทันที ตามที่ได้ผลิต (generate) ไว้

4. การสร้างเลขสุ่มของ GPSS

ในการจำลองแบบระบบแถวคอยใด ๆ จะต้องมีการกำหนดเหตุการณ์ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (at point of time) หรือช่วงเวลาหนึ่ง (interval of time) อันได้แก่ เวลาการเข้ามาห่างกันของลูกค้า 2 คน (interarrival time) หรือเวลาที่ใช้ในการให้บริการ (service time) เป็นต้น ซึ่งการกำหนดเหตุการณ์ล่วงหน้าเหล่านั้น ได้จากการสุ่มตัวอย่าง (ramdom sampling) จากการแจกแจงของกลุ่มข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ดังนั้นเลขสุ่มจึงมีบทบาทสำคัญในการสุ่มตัวอย่าง เพื่อที่จะให้ได้เหตุการณ์ที่ใกล้เคียงสภาพเป็นจริงที่สุดโดยปราศจากความลำเอียง

หลักการสร้างเลขสุ่ม โดย GPSS

เป็นวิธีการสร้างเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (uniform random number) ของเลขทศนิยม 6 หลัก ตั้งแต่ 0.000000 ถึง 0.999999[7]

เริ่มจากเลขตั้งต้น 2 ค่า ค่าหนึ่งเรียกว่า seed ซึ่งค่านี้ จะเป็นค่าคงที่ที่จะใช้ตลอดไปไม่เปลี่ยนแปลง อีกค่าหนึ่งเรียกว่า ตัวคูณ (multiplier)ซึ่งจะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ดังตัวอย่างในตารางที่ 5

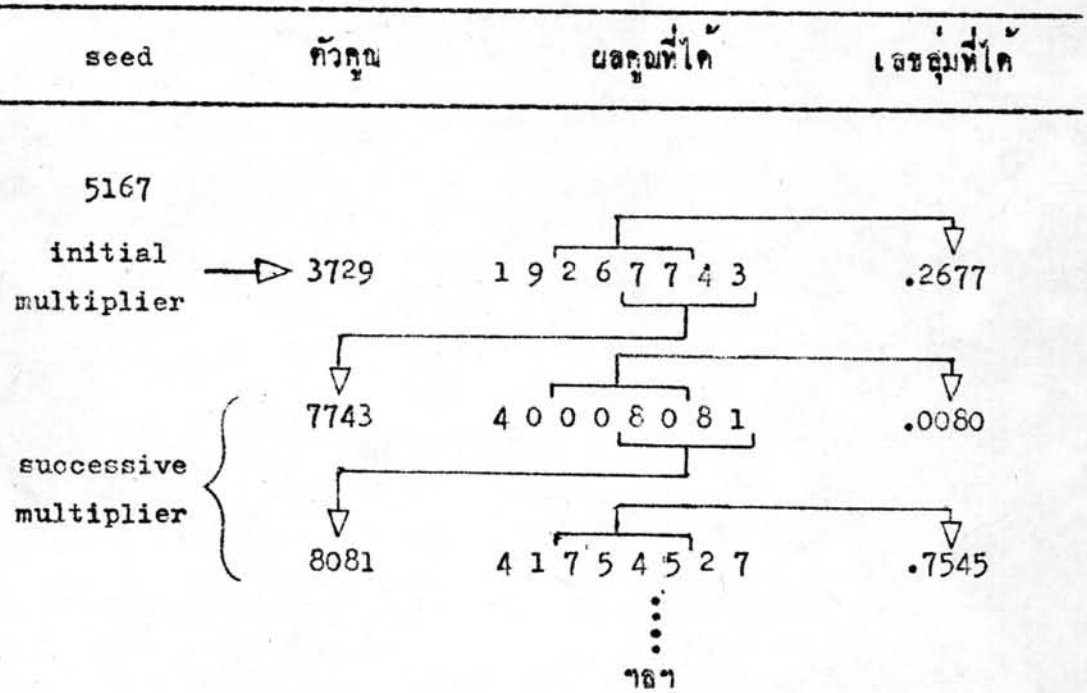
ทั้งนี้ ใน GPSS source ของเลขสุ่มที่สม่ำเสมอมีทั้งหมด 8 ชุด เรียกชื่อเป็นลำดับดังนี้ RN1, RN2, RN3, RN4, RN5, RN6, RN7 และ RN8 ซึ่งเราจะเลือกใช้ชุดใดชุดหนึ่งได้[7]

2.7 การจำลองแบบ (simulation)

คือวิธีการวิเคราะห์ระบบ โดยการสร้างตัวแทนหรือแบบจำลอง (model) เลียนแบบระบบงานจริง เพื่อการศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบจริงจากแบบจำลอง แล้วนำผลที่ได้ไปทำนายพฤติกรรมของระบบในอนาคต หรือปรับปรุงระบบงานในปัจจุบันให้ดียิ่งขึ้น [8]

แบบจำลองในที่นี้ อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ คือ

ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างหลักการสร้างเลขสุ่ม โดยตัวอย่างที่แสดง ใช้สร้างเลขสุ่มที่มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง



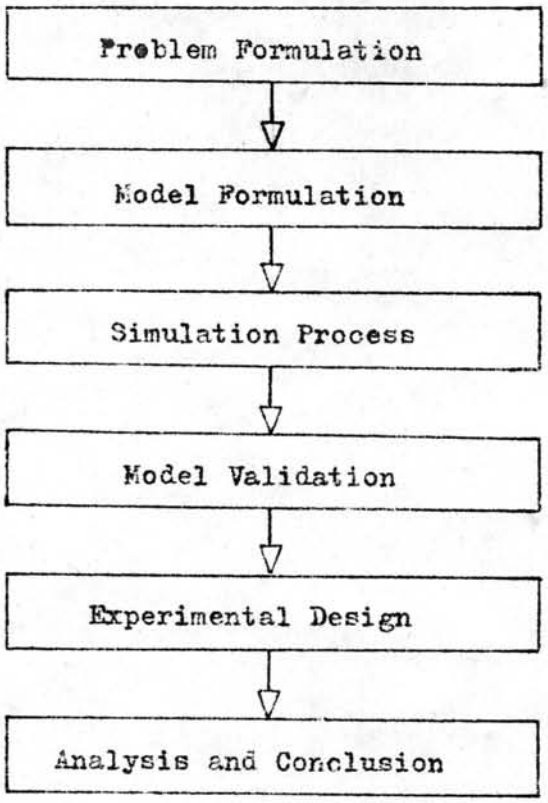
1. <u>แบบจำลองทางกายภาพ</u> (physical model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเลียนแบบลักษณะของจริง เช่น แบบจำลองเครื่องบิน เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองชนิดนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

2. <u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์</u> (mathematical model) เป็นการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ตามหลักฐี เพื่ออธิบายลักษณะหรือพฤติกรรมของระบบ ซึ่งแบบนี้เสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก แล้วนำไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์

<u>ขั้นตอนในการจำลองแบบ</u>

1. <u>การจัดรูปการจำลองแบบ</u> (problem formulation)

เป็นการพิจารณาการกำหนดถึงองค์ประกอบต่าง ๆ อันได้แก่ตัวแปรค่าพารามิเตอร์ และการเลือกวิธีการสร้างเลขสุ่มที่เหมาะสม อันเป็นการนำค่าทางสถิติทั้งหลาย

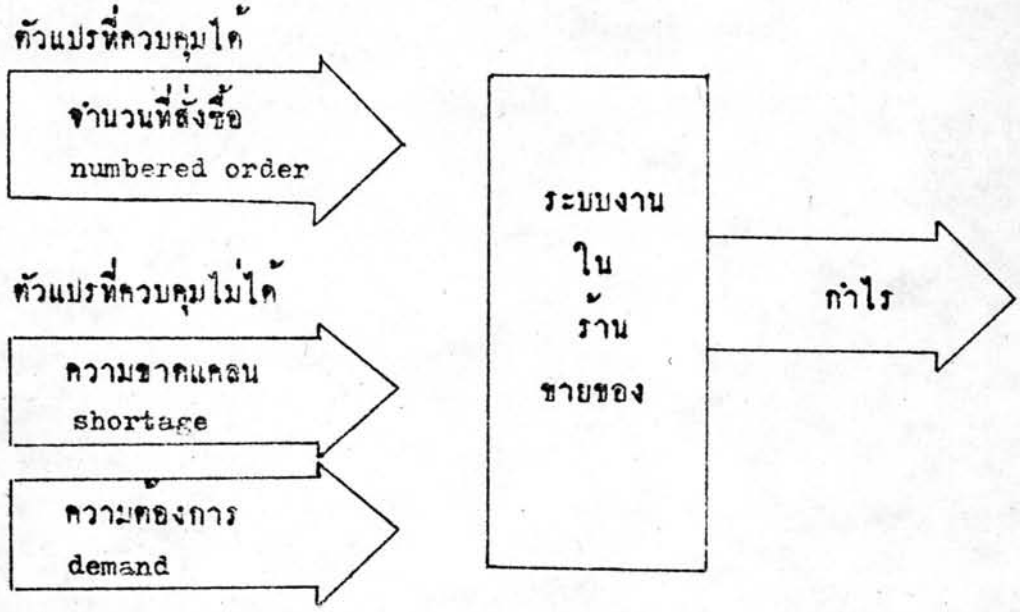


รูปที่ 4 ผังงานแสดงขั้นตอนในการจำลองแบบ

ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาประมวลใช้ รวมทั้งวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลการจำลองแบบด้วย

2. การสร้างแบบจำลอง (model formulation)

เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ซึ่งตัวแปรนี้ก็ยังแบ่งเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 5 ความสัมพันธ์นี้แสดงได้ในรูปของผังงาน (system flowchart) แล้วนำสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำการจำลองแบบ



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

3. <u>การทดสอบความใช้ได้ของแบบจำลอง</u> (model validation)

เพื่อให้แน่ใจได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้น สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของระบบจริงได้หรือไม่เพียงใด โดยเปรียบเทียบความถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลทางสถิติที่เก็บรวบรวมได้ หรือจากสูตรทางคณิตศาสตร์ตามทฤษฎี

4. <u>ทดลองออกแบบระบบใหม่</u> (experimental design)

เมื่อแน่ใจว่าแบบจำลองนั้น สามารถแสดงพฤติกรรมได้ใกล้เคียง หรือเหมือนกับระบบจริงแล้ว จึงทำการออกแบบระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม

5. <u>การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบและสรุปผล</u> (analysis and conclusion)

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ ศึกษาถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ดูข้อดีข้อเสีย เพื่อหาข้อสรุปและเสนอแนะต่อไป