บทที่ 2
ทฤษฎีทางสถิติและระบบงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีระบบแถวคอย

การรอคอยเป็นเหตุการณ์ที่พบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น การรอคอยในการรับบริการในโรงพยาบาล ไปรษณีย์ ซุปเปอร์มาเกต การรอสัญญาณไฟจราจรตามแยกต่าง ๆ หรือการรอซ่อมเครื่องจักรในโรงซ่อม เป็นต้น ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นๆได้เนื่องจากอัตราการเข้ามารับบริการของลูกค้ามีค่ามากกว่าอัตราการให้บริการของเจ้าหน้าที่ จึงทำให้เกิดการรอคอยขึ้น และเมื่อมีการรอคอยเกิดขึ้น ย่อมก่อให้เกิดการสูญเสีย เช่น เสียเวลา เสียค่าใช้จ่าย หรือเสียโอกาส อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้น

จากปัญหาการรอคอยข้างต้น ทำให้เกิดการคิดค้นทฤษฎีการรอคอยขึ้น โดยการสร้างรูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ นำมาวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2.1.1 โครงสร้าง และสัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบแถวคอย

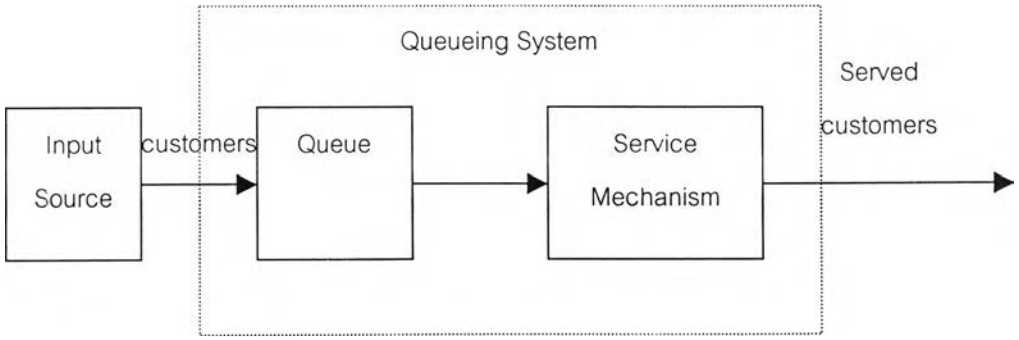
ระบบการรอคอยประกอบด้วยปัจจัยดังนี้

ลูกค้าที่มารับบริการ

แถวคอย (Queue)

หน่วยให้บริการ หรืออุปกรณ์ให้บริการ ซึ่งอาจมี 1 ช่องทาง หรือมากกว่า 1 ช่องทางก็ได้

เมื่อนำปัจจัยทั้ง 3 มารวมกัน สามารถเขียนเป็นโครงสร้างของระบบแถวคอยได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 : โครงสร้างพื้นฐานของระบบแถวคอย

2.1.2 ลักษณะที่สำคัญของรูปแบบแถวคอย

2.1.2.1 การแจกแจงการเข้ามา (Arrival Distribution)

เนื่องจากการเข้ามารับบริการของลูกค้าเป็นไปแบบไม่แน่นอน บางช่วงเวลาลูกค้าอาจเข้ามารับบริการติด ๆ กัน และบางช่วงเวลาอาจไม่มีลูกค้าเข้ามารับบริการเลย ผู้ให้บริการจึงไม่สามารถกำหนดหน่วยให้บริการตรงตามเวลา ที่ลูกค้าเข้ามาใช้บริการตามช่วงเวลานั้นได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นจึงใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นของจำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการ โดยส่วนใหญ่ลูกค้าจะเข้ามารับบริการจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซง (Poisson) แบบเออร์แลงก์ (Erlang) และแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) เป็นต้น

2.1.2.2 การแจกแจงการให้บริการ (Service Distribution)

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ จะเริ่มตั้งแต่เริ่มรับบริการจนกระทั่งให้บริการเสร็จเรียบร้อย จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องทำ และความชำนาญของผู้ให้บริการ นอกจากนี้ เวลาที่ใช้ในการให้บริการจะไม่เท่ากันในลูกค้าแต่ละราย ซึ่งการแจกแจงของเวลาที่ใช้ในการให้บริการอาจมีการแจกแจงเป็นแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) แบบเออร์แลงก์ (Erlang) หรือเอกซโปเนเชียล (Exponential) เป็นต้น

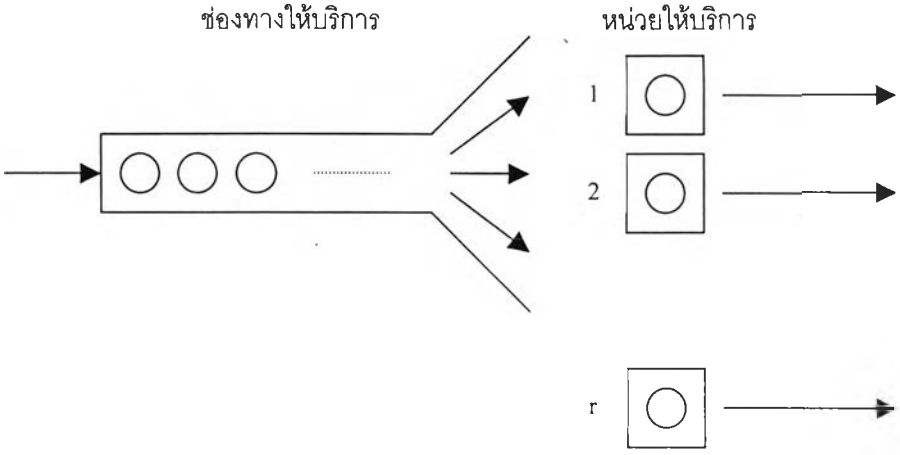
2.1.2.3 จำนวนช่องทางการให้บริการ (Service Chanels)

จำนวนช่องทางการให้บริการอาจมีจำนวน 1 ช่องทาง หรือหลายช่องทางก็ได้ และอาจเป็นแบบอนุกรม หรือขนาน หรือทั้งสองอย่างผสมกันก็ได้ ดังนี้

2.1.2.3.1 ช่องทางการให้บริการมีช่องทางเดียว

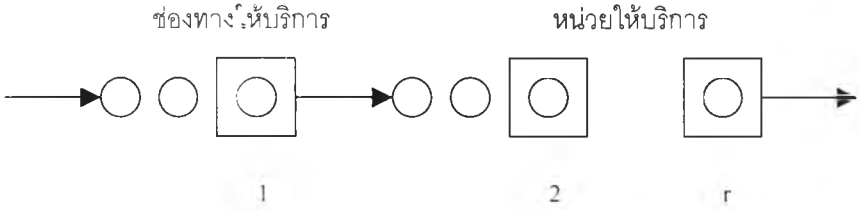
รูปที่ 2.2 : ช่องทางการให้บริการมีช่องทางเดียว

2.1.2.3.2 ช่องทางการให้บริการมี r ช่องทางแบบขนาน



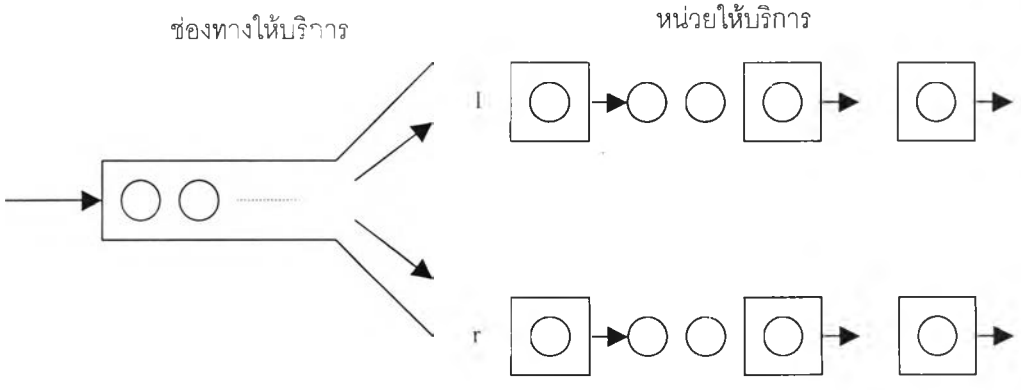
รูปที่ 2.3 : ช่องทางการให้บริการมี r ช่องทางแบบขนาน

2.1.2.3.3 ช่องทางการให้บริการมี r ช่องทางแบบอนุกรม



รูปที่ 2.4 : ช่องทางการให้บริการมี r ช่องทางแบบอนุกรม

2.1.2.3.4 ช่องทางการให้บริการมีหลายช่องทางแบบขนานและอนุกรม



รูปที่ 2.5 : ช่องทางการให้บริการมีหลายช่องทางแบบขนานและอนุกรม

2.1.2.4 ระเบียบของแถวคอย (Queue Discipline)

ระเบียบของแถวคอย หมายถึงลำดับของลูกค้าในแถวคอยที่จะเข้ารับบริการ ซึ่งอาจเป็นแบบต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1.2.4.1 การให้บริการตามลำดับก่อนหลัง (First In First Out ; FIFO) เป็นการให้บริการแก่ลูกค้าที่มาก่อน นั่นคือให้บริการเรียงตามลำดับเวลาที่เข้ารับบริการ ใครมาก่อนจะได้รับบริการก่อน

2.1.2.4.2 การให้บริการลูกค้าคนสุดท้ายก่อน (First In Last Out ; FILO)

2.1.2.4.3 การให้บริการที่ไม่เป็นไปตามลำดับก่อนหลัง (A Priorty Discipline Queueing) เป็นการให้บริการแก่ลูกค้าตามลำดับความสำคัญ หรือตามความเร่งด่วนของงาน

2.1.2.4.4 การให้บริการอย่างสุ่ม (Service in Random Order) เป็นการให้บริการแก่ลูกค้าแบบที่ไม่เป็นแบบแผน เช่นการขึ้นรถเมล์

2.1.2.5 ลักษณะของหน่วยให้บริการ

ลักษณะของหน่วยให้บริการ จะพิจารณาถึงความสามารถในการรับบริการลูกค้า ซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 ลักษณะดังนี้

2.1.2.5.1 แถวคอยที่มีความสามารถในการรับลูกค้าจำกัด เช่น จำนวนที่นั่งในร้านอาหาร จำนวนเตียงผู้ป่วยในโรงพยาบาล เป็นต้น

2.1.2.5.2 แถวคอยที่มีความสามารถในการรับลูกค้าไม่จำกัด เช่น การจ่ายเงินค่าทางด่วน , จดหมายที่รอการส่งของบุรุษไปรษณีย์ เป็นต้น

2.1.2.6 จำนวนลูกค้าที่มารับบริการ

จำนวนลูกค้าที่มารับบริการ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

2.1.2.6.1 จำนวนลูกค้าที่เข้ามารับบริการมีจำนวนจำกัด เช่นแผนกซ่อมเครื่องจักรของโรงงานหนึ่งซึ่งมีเครื่องจักรจำนวน 5 เครื่อง ดังนั้นจำนวนลูกค้าซึ่งหมายถึงเครื่องจักรที่เข้ารับการซ่อม ย่อมมีได้ไม่เกิน 5 เครื่อง

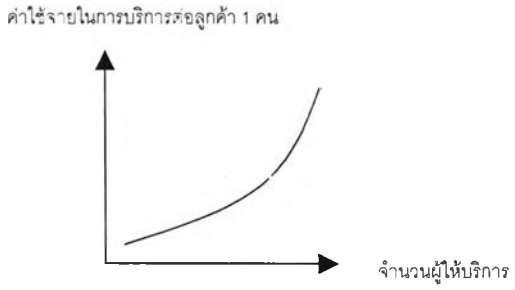
2.1.2.6.2 จำนวนลูกค้าที่เข้ารับบริการมีจำนวนไม่จำกัด เช่น ลูกค้าที่เข้ามารับประทานอาหาร หรือเข้ามาซื้อของที่ห้างสรรพสินค้า ซึ่งสามารถเข้ามาได้ทุกคนจำนวนไม่จำกัด

2.1.3 ค่าใช้จ่ายของระบบแถวคอย

ในระบบแถวคอยจะแบ่งค่าใช้จ่ายออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.1.3.1 ค่าใช้จ่ายในด้านการให้บริการ (Service Cose : SC)

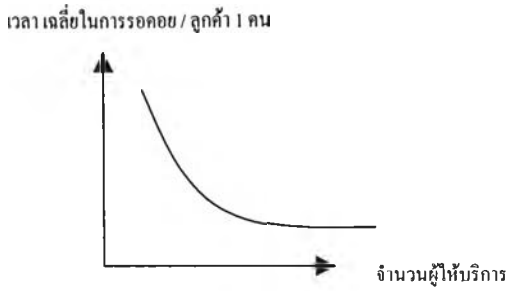
เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการ ตั้งแต่ค่าจ้างพนักงานให้บริการ เครื่องมือ อุปกรณ์ ค่าสถานที่ ค่าดูแลรักษาเครื่องมือ / อุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งจะพบว่าค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ให้บริการ นั่นคือ ถ้าผู้ให้บริการมีจำนวนมากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายส่วนนี้มาก



รูปที่ 2.6 : กราฟแสดง ค่าใช้จ่ายด้านการให้บริการ

2.1.3.2 ค่าใช้จ่าย / ค่าเสียหายที่เกิดจากการรอคอย (Waiting Cost : WC)

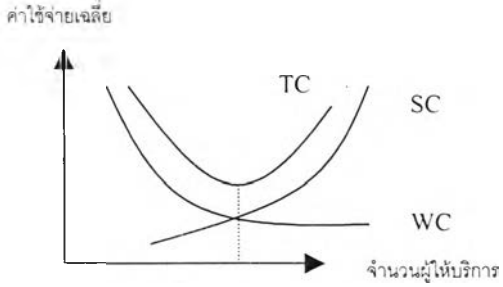
เป็นค่าใช้จ่าย / ค่าเสียหายที่ลูกค้าต้องรอคอยเพื่อรอรับบริการ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะขึ้นกับองค์ประกอบของลูกค้า เช่น อาชีพ และความอดทนในการรอคอย ค่าเสียโอกาส เป็นต้น เช่น แม่บ้านที่มาคอยรับบริการ ฝาก / ถอน เงินที่ธนาคาร อาจมีค่าใช้จ่ายด้านนี้ต่ำกว่า นักธุรกิจซึ่งเสียเวลาในการรอคอยในส่วนนี้เท่ากัน เป็นต้น ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยจะมากขึ้น ถ้าจำนวนผู้ให้บริการมีจำนวนน้อย



รูปที่ 2.7 : กราฟแสดง ค่าใช้จ่าย / ค่าเสียหายจากการรอคอย

เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ส่วนที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นจะพบว่า ถ้าเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการ ค่าใช้จ่ายด้านการบริการจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยจะลดลง ในทางกลับกัน ถ้าลดจำนวนผู้ให้บริการลง ค่าใช้จ่ายด้านการบริการก็จะลดลงด้วย แต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการรอคอยจะสูงขึ้น ดังนั้นเป้าหมายของปัญหาคือ ควรมีผู้ให้บริการจำนวนเท่าใด จึงจะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมมีค่าต่ำสุด

โดยที่ $TC = SC + WC$



รูปที่ 2.8 : กราฟแสดงค่าใช้จ่ายด้านการบริการและค่าใช้จ่าย / ค่าเสียหายที่เกิด

2.1.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบแถวคอย

เพื่อให้การศึกษาทางด้านทฤษฎีแถวคอยมีความเข้าใจตรงกันและง่ายขึ้น จึงได้มีการกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษาทฤษฎีแถวคอยดังนี้

N	=	จำนวนลูกค้าในระบบ
$P_n(t)$	=	ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้าในระบบ n หน่วย ในระบบที่เวลา t ใด ๆ ในสถานะถ่ายทอด (โดยสมมติว่าระบบเริ่มต้นที่เวลา t=0)
P_0	=	ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้าในระบบ 0 หน่วย ในระบบสถานะอยู่ตัว
P_n	=	ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้าในระบบ n หน่วย ในระบบสถานะอยู่ตัว
λ_n	=	อัตราการเข้ามาเมื่อระบบมีลูกค้าอยู่ n หน่วย
λ	=	อัตราการเข้ามาโดยเฉลี่ย (จำนวนลูกค้าที่เข้ามาต่อ 1 หน่วยเวลา)
μ_n	=	อัตราการบริการ เมื่อระบบมีลูกค้าอยู่ n หน่วย
μ	=	อัตราการบริการโดยเฉลี่ย (จำนวนลูกค้าที่ได้รับบริการต่อ 1 หน่วยเวลา)
C	=	จำนวนช่องทางการให้บริการ
W_S	=	ค่าคาดหมายเวลารอคอยของลูกค้า 1 หน่วย ในระบบ
W_q	=	ค่าคาดหมายเวลารอคอยของลูกค้า 1 หน่วย ในแถวคอย
L_S	=	ค่าคาดหมายจำนวนลูกค้าในระบบ
L_q	=	ค่าคาดหมายจำนวนลูกค้าในแถวคอย
ρ	=	ช่วงเวลาที่หน่วยให้บริการไม่ว่างต่อ 1 หน่วยเวลา

และสัญลักษณ์ที่ใช้เรียกระบบแถวคอยต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า Kendall's notation แทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้คือ (x/y/z) : (u/v/w) โดยที่

x = ลักษณะการเข้ามาในระบบ

y = ลักษณะการให้บริการ

z = จำนวนผู้ให้บริการในระบบ

u = ระเบียบของแถวคอย

v = ความสามารถในการรับลูกค้าในระบบ

w = จำนวนลูกค้าที่มารับบริการ

2.1.5 รูปแบบของแถวคอย

รูปแบบของแถวคอยแบ่งได้เป็นลักษณะใหญ่ ๆ 2 รูปแบบ คือ รูปแบบแถวคอยแบบปัวส์ซง และรูปแบบแถวคอยที่ไม่เป็นแบบปัวส์ซง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.5.1 รูปแบบแถวคอยแบบปัวส์ซง (Poisson Queueing Model)

รูปแบบแถวคอยแบบปัวส์ซง คือ รูปแบบแถวคอยที่มีการแจกแจงการเข้าสู่ระบบเป็นแบบปัวส์ซง และการแจกแจงเวลาการให้บริการเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล สามารถแบ่งเป็นรูปแบบย่อย ๆ ได้ดังนี้

2.1.5.1.1 รูปแบบแถวคอยที่มี 1 ช่องทางบริการ และความยาวแถวคอยไม่จำกัด (Infinite Queue Models : Single – Server)

เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$\lambda_n = \lambda \quad , n = 0,1,2,\ldots$$

$$\mu_n = \mu \quad , n = 1,2,3,\ldots$$

ค่าคาดหมายในระบบเป็นดังนี้

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ $P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ $P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = L_s - \rho = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu-\lambda}$

2.1.5.1.2 **รูปแบบแถวคอยที่มี 1 ช่องทางบริการ และความยาวแถวคอยจำกัด** (Finite Queue Models : Single – Server)

<u>เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ</u>

$$\lambda_n = \lambda \quad , n = 0,1,2,\ldots,M\text{-}1$$

$$= 0 \quad , n \geq M$$

$$\mu_n = \mu \quad , n = 1,2,3,\ldots,M$$

<u>ค่าคาดหมายในระบบเป็นดังนี้</u>

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{M}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} = \frac{1-\rho}{1-\rho^{M+1}}$$

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 = \rho^n \frac{1-\rho}{1-\rho^{M+1}} \quad , n=0,1,2,\ldots,M$$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = \sum_{n=1}^{M}(n-1)P_n$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = \sum_{n=0}^{M} nP_n$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\lambda}$

บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5.1.3 **รูปแบบแถวคอยที่มี 1 ช่องทางบริการ และจำนวนลูกค้าในระบบมีจำกัด** (A Limited Source Model : Single – Server)

<u>เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ</u>

$$\lambda_n = (M-n)\lambda \quad , n = 0,1,2,\ldots,M$$

$$= 0 \quad , n > M$$

$$\mu_n = \mu \quad , n = 1,2,3,\ldots$$

<u>ค่าคาดหมายในระบบเป็นดังนี้</u>

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{M}\left[\frac{M!}{(M-n)!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n\right]}$$

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_n = \frac{M!}{(M-n)!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad , n=1,2,\ldots,M$$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = \sum_{n=1}^{M}(n-1)P_n$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = \sum_{n=0}^{M} nP_n$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\lambda}$

2.1.5.1.4 **รูปแบบแถวคอยที่มีหลายช่องทางบริการ และความยาวแถวคอยไม่จำกัด** (Infinite Queue Models : Multiple – Server)

เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$\lambda_n = \lambda \quad , n = 0,1,2,\ldots$$

$$\mu_n = n\mu \quad , n = 1,2,3,\ldots,C$$

$$= C\mu \quad , n > C$$

ค่าคาดหมายในระบบเป็นดังนี้

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{C-1}\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^C}{C!}\frac{1}{1-\left(\frac{\lambda}{C\mu}\right)}\right]}$$

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}P_0 \quad , 0 \le n < C$$

$$= \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{C!C^{n-C}}P_0 \quad , n > C$$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = P_0\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^C}{C!}\rho\frac{1}{(1-\rho)^2}$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$

2.1.5.1.5 **รูปแบบแถวคอยที่มีหลายช่องทางบริการ และความยาวแถวคอยจำกัด** (Finite Queue Models : Multiple – Server)

<u>เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ</u>

$$\lambda_n = \lambda \quad , n = 0,1,2,\ldots,M-1$$
$$= 0 \quad , n \geq M$$

$$\mu_n = n\mu \quad , 0 \leq n < C$$
$$= C\mu \quad , C \leq n \leq M$$
$$= 0 \quad , n > M$$

<u>ค่าคาดหมายในระบบเป็นดังนี้</u>

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{C-1}\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^C\left[1-\rho^{M-C+1}\right]}{C!(1-\rho)}\right]}$$

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}P_0 \quad , 0 \leq n < C$$
$$= \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{C!C^{n-C}}P_0 \quad , C \leq n \leq M$$
$$= 0 \quad , n > M$$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = \sum_{n=C+1}^{M}(n-C)P_n$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = \sum_{n=0}^{M} nP_n = L_q + (C - \overline{C})$

โดยที่ $\overline{C} = \sum_{n=0}^{C}(C-n)P_n$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\overline{\lambda}}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\overline{\lambda}}$

โดยที่ $\overline{\lambda} = \sum_{n=0}^{M-1}\lambda_n P_n$

2.1.5.1.6 **รูปแบบแถวคอยที่มีหลายช่องทางบริการ และจำนวนลูกค้าในระบบมีจำกัด** (A Limited Source Model : Multiple – Server)

เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$\lambda_n = (M-n)\lambda \quad , n = 0,1,2,\ldots,M-1$$
$$= 0 \quad , n \geq M$$

$$\mu_n = n\mu \quad , 0 \leq n < C$$
$$= C\mu \quad , C \leq n \leq M$$
$$= 0 \quad , n > M$$

ค่าคาดหมายในระบบเป็นดังนี้

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{C} \frac{M!}{(M-n)!n!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \sum_{n=C+1}^{M} \frac{M!}{(M-n)!C!C^{n-C}}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n\right]}$$

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ

$$P_n = \frac{M!}{(M-n)!n!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad , 0 \leq n < C$$

$$= \frac{M!}{(M-n)!C!C^{n-C}}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad , C \leq n \leq M$$
$$= 0 \quad , n \geq M$$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = \sum_{n=C+1}^{M}(n-C)P_n$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = \sum_{n=0}^{M} nP_n = L_q + (C - \overline{C})$

โดยที่ $\overline{C} = \sum_{n=0}^{C}(C-n)P_n$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\overline{\lambda}}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\overline{\lambda}}$

โดยที่ $\overline{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty}\lambda_n P_n$

2.1.5.2 **รูปแบบแถวคอยที่ไม่เป็นแบบปัวส์ซง** (Non - Poisson Queueing Model)

รูปแบบแถวคอยที่ไม่เป็นแบบปัวส์ซง คือ รูปแบบแถวคอยที่มีการแจกแจงการเข้าสู่ระบบและการแจกแจงเวลาการให้บริการเป็นเป็นแบบใดก็ได้

สำหรับรูปแบบแถวคอยที่มีการแจกแจงการเข้าสู่ระบบแบบปัวส์ซง แต่การแจกแจงเวลาการให้บริการไม่เป็นแบบเอกซโปเนนเชียล ที่สำคัญมีดังนี้

2.1.5.2.1 **รูปแบบแถวคอยที่มีการแจกแจงเวลาการให้บริการเป็นแบบเออร์แลงก์** (Erlang Service Model)

พิจารณารูปแบบแถวคอยที่มี 1 ช่องทางการให้บริการ และการเข้าสู่ระบบเป็นแบบปัวส์ซง การให้บริการเป็นแบบเออร์แลงก์ โดยมีหน่วยให้บริการทั้งหมด k ขั้นตอน เมื่อระบบอยู่ในสถานะอยู่ตัวจะได้

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ n อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ $P_n = \sum_{j=1}^{k} P_{nj}$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = \frac{k+1}{2k}\left[\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}\right]$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = \frac{k+1}{2k}\left[\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}\right] + \frac{\lambda}{\mu}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{k+1}{2k}\left[\frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}\right]$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\lambda} = W_q + \frac{1}{\mu}$

2.1.5.2.2 **รูปแบบแถวคอยที่มีการแจกแจงเวลาการให้บริการเป็นแบบใด ๆ**

พิจารณารูปแบบแถวคอยที่มี 1 ช่องทางการให้บริการ และการเข้าสู่ระบบเป็น แบบปัวส์ซง การให้บริการเป็นแบบใด ๆ โดยใช้สูตรของ Pollaczek - Khintchine (สูตร P-K) ซึ่งจะมีข้อสมมติ 3 ข้อ ดังนี้

การแจกแจงการเข้ามาเป็นแบบปัวส์ซงมีอัตราเฉลี่ย λ

การแจกแจงเวลาการให้บริการเป็นแบบใด ๆ มีค่าเฉลี่ย E(t) และค่าความแปรปรวน Var(t)

สถานะอยู่ตัวจะเกิดขึ้นเมื่อ $\rho = \lambda E(t) < 1$

<u>ได้ค่าต่าง ๆ ของการวิเคราะห์ระบบแถวคอยดังนี้ คือ</u>

ความน่าจะเป็นเมื่อมีลูกค้าในระบบ 0 อยู่ในสถานะอยู่ตัว คือ $P_0 = 1 - \lambda E(t)$

จำนวนลูกค้าในระบบ คือ $L_s = E(n) = \lambda E(t) + \lambda^2 \left[\frac{[E(t)]^2 + Var(t)}{2(1 - \lambda E(t))} \right]$

จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $L_q = L_s - \lambda E(t)$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$

เวลารอคอยโดยเฉลี่ยในระบบ คือ $W_s = \frac{L_s}{\lambda}$

2.2 ทฤษฎีการจำลองแบบ

ในการจำลองแบบจะต้องมีการกำหนดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เหตุการณ์เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นมาโดยอาศัยค่าของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบต่าง ๆ และเนื่องจากตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบอื่น ๆ ต้องสร้างมาจากตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ ตัวแปรสุ่มนี้จึงมีความสำคัญมากในการจำลองแบบ จะต้องเลือกวิธีการสร้างเลขสุ่มให้มีความถูกต้อง และมีคุณสมบัติที่ดีทางสถิติ คือเลขสุ่มมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ และเป็นอิสระกันในเชิงสถิติ

2.2.1 คุณสมบัติของเลขสุ่ม

วิธีการสร้างเลขสุ่มที่ดีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1.1 สามารถสร้างเลขสุ่มที่ซ้ำชุดเดิมได้

2.2.1.2 เลขสุ่มที่สร้างออกมาจะต้องมีรอบ (period) ยาว

2.2.1.3 สามารถสร้างเลขสุ่มด้วยอัตราความเร็วสูง

2.2.1.4 ใช้หน่วยความจำในคอมพิวเตอร์น้อย

2.2.2 วิธีการผลิตเลขสุ่ม

วิธีการผลิตเลขสุ่มสามารถสร้างได้หลายวิธีดังนี้

2.2.2.1 การผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรม เช่น วิธีตัวกลางกำลังสอง (Mid square Method) , วิธี Midproduct Technique , วิธี Constant multiplier Technique

2.2.2.2 การผลิตเลขสุ่มโดยใช้เศษของผลหาร เช่น วิธีการใช้เศษเหลือของผลคูณ (Multiplicative congruential Method) ,วิธีการใช้เศษเหลือจากการบวก (Additive congruential Method) , วิธีการใช้เศษเหลือจากผลบวกระหว่างผลคูณและค่าคงที่ (Mixed congruential Method)

2.2.3 วิธีการทดสอบความเป็นสุ่ม

หลังจากที่ได้ทำการผลิตเลขสุ่มแล้ว จะต้องมีการทดสอบความเป็นสุ่มซึ่งมีหลายวิธีในการทดสอบดังนี้

2.2.3.1 **ทดสอบความถี่** (Frequency Test)

เป็นการทดสอบว่าเลขที่สร้างมาได้มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (U(0,1)) หรือไม่ โดยใช้การทดสอบไคกำลังสอง (Chi-Square Test)

2.2.3.2 **ทดสอบอนุกรม** (Serial Test)

เป็นการทดสอบเพื่อดูการกระจายสม่ำเสมอของข้อมูล โดยมีข้อสมมติว่า ข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระกัน สมมติเลขสุ่มที่สร้างมีอยู่ n ตัว ทำการแบ่งช่วง (0,1) ออกเป็น k ช่วงย่อยที่เท่า ๆ กัน พิจารณาเลขแต่ละคู่ที่อยู่ติดกันในลักษณะคู่อันดับ ให้ $f_{i,j}$ เป็นคู่อันดับในชุดข้อมูลที่ตัวแรกตกในช่วงที่ i และตัวหลังตกในช่วงที่ j ; i,j = 1,2,...,k ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$\chi^2 = \frac{2k^2}{n}\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{k}(f_{i,j} - (\frac{n}{2k^2}))^2$$

ถ้า $P(\chi^2_{k^2-1} > \chi^2) < \alpha$ เมื่อ $\chi^2_{k^2-1}$ เป็นตัวแปรที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ k^2-1 จะสรุปว่าเลขสุ่มมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ ที่ระดับนัยสำคัญ α

2.2.3.3 ทดสอบโปกเกอร์ (Poker Test)

การทดสอบแบบโปกเกอร์ พัฒนาขึ้นมาจากการหาค่าความน่าจะเป็นของการได้มาซึ่ง คู่, ตอง, ฟูลเฮาส์ ฯลฯ ของแต้มโปกเกอร์ เมื่อนำมาทดสอบความเป็นอิสระของตัวเลขในระยะแรก จึงมักใช้กับตัวเลขตั้งแต่ห้าตำแหน่งขึ้นไป แต่ปัจจุบันใช้กับตัวเลขสองตำแหน่งขึ้นไป การทดสอบเปรียบเทียบอาศัยวิธีทดสอบแบบไคกำลังสอง โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าความถี่ของตัวเลขที่ต่างกัน และเหมือนกันกับความถี่คาดหมายเมื่อตัวเลขเป็นอิสระกัน

2.2.3.4 Run Test

2.2.3.4.1 Runs up and Runs down

การทดสอบโดยวิธีนี้จะพิจารณาข้อมูลแต่ละตัว และข้อมูลที่ตามมาว่ามีมากกว่า หรือน้อยกว่ากัน ถ้า มากกว่า จะให้เครื่องหมาย "+ " ถ้าน้อยกว่า จะให้เครื่องหมาย "- "

ถ้าให้ N : แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ต้องการทดสอบ

จำนวน runs มากที่สุดที่เป็นไปได้ คือ N-1

จำนวน runs น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ คือ 1

ให้ a : แทนจำนวน runs ทั้งหมดที่ทดสอบ

ดังนั้น $\mu_a = \frac{2n-1}{3}$

$\sigma^2 = \frac{16N-29}{90}$

และถ้า N > 20 จากทฤษฎีเข้าสู่ส่วนกลาง จะประมาณการแจกแจงของ a โดยจะมีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเป็น μ_a และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น σ_a^2 โดยที่ $Z = \frac{a-\mu_a}{\sigma_a}$

2.2.3.4.2 Runs above and below the mean

การทดสอบนี้ต้องพิจารณาข้อมูลแต่ละตัวว่ามีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ถ้ามีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย ให้เครื่องหมาย "+ " และถ้าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ให้เครื่องหมาย "- "

ให้ n_1,n_2 แทนจำนวนเครื่องหมาย "+ " และ "- "

โดยที่ $N = n_1 + n_2$

b แทนจำนวน runs ทั้งหมด

$$\mu_b = \frac{2n_1n_2}{N} + 0.5$$

$$\sigma_b^2 = \frac{(2n_1n_2(2n_1n_2 - N))}{N^2(N-1)}$$

ถ้า n_1 หรือ n_2 มากกว่าหรือเท่ากับ 20 จะประมาณ b ให้มีการแจกแจงปกติ โดยที่ $Z = \frac{b - \mu_b}{\sigma_b}$

2.2.3.5 Test of Correlation

ตัวเลขที่มีอัตตสหสัมพันธ์กัน คือ ตัวเลขที่ไม่เป็นอิสระกัน นั่นคือ ตัวเลขกลุ่มนั้นไม่เป็นแบบสุ่ม เพราะสามารถที่จะหาค่าตัวเลขในกลุ่มได้จากค่าของตัวเลขอื่นในกลุ่มนั้น โดยมีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$Z = \frac{\hat{\rho}_{im}}{\sigma_{\hat{\rho}_{im}}}$$

โดยที่ $\hat{\rho}_{im}$ คือ อัตตสหสัมพันธ์ของตัวเลขที่ i กับตัวเลขที่ถัดไปอีก m ตัว

$$\hat{\rho}_{im} = \frac{1}{M+1}\left(\sum_{k=0}^{m} R_{i+km}R_{i+(k-1)m}\right) - 0.25$$

$$\sigma_{\hat{\rho}_{im}} = \frac{\sqrt{13M+7}}{12(M+1)}$$

M = เลขจำนวนเต็มที่มากที่สุดซึ่งทำให้ $i + (M+1)m \le N$

N = จำนวนตัวเลขทั้งหมด

R_i = ค่าของตัวเลขตัวที่ i

เปรียบเทียบค่า Z ที่คำนวณได้กับ $(-K_{\alpha/2}, K_{\alpha/2})$ จากตารางนอร์มอลมาตรฐาน ถ้า Z มีค่าอยู่ในช่วงดังกล่าว จะยอมรับความเป็นอิสระของตัวเลข ด้วยระดับนัยสำคัญ α

2.2.4 วิธีการสร้างค่าตัวแปรตามการแจกแจงที่กำหนด

2.2.4.1 Inverse Transform Method

ให้ X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม $F_x(X)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันไม่ลด และสามารถหาฟังก์ชันผกผันของ $F_x(X)$ ได้คือ $F^{-1}_x(u)$ สำหรับ u ในช่วง [0,1] วิธี Inverse Transform จะสร้างค่าตัวแปร X ที่มีการแจกแจง $F_x(\ )$ ได้ดังนี้

- สร้างเลขสุ่ม U จาก U(0,1)
- กำหนดให้ $X = F^{-1}_x(u)$

2.2.4.2 Composition Method

สมมติฟังก์ชันการแจกแจง $F_x(X)$ สามารถเขียนในรูปการรวมแบบ Convex ของฟังก์ชันการแจกแจงอื่น คือ $F_1, F_2, \ldots$ นั่นคือ

$$F_x(X) = \sum_{j=1}^{\infty} p_j F_x(X) \quad , \; p_j \geq 0 \text{ และ } \sum_{j=1}^{\infty} p_j = 1$$

จะสร้างค่าตัวแปร X ที่มีการแจกแจง $F_x(\ )$ ได้ดังนี้

- สร้างค่าตัวแปรสุ่ม J = j จากการแจกแจงที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น $P(J=j) = p_j$, j=1,2,...
- กำหนดให้ J=j และสร้าง X ที่มีฟังก์ชันการแจกแจง F_j

วิธีนี้เหมาะสำหรับกรณีที่การแจกแจงของ F_j ทำได้ง่าย

2.2.4.3 Convolution Method

ให้ X เป็นตัวแปรสุ่มที่สามารถเขียนในรูปผลบวกของตัวแปรสุ่ม $Y_1, Y_2, \ldots, Y_m$ ที่มีการแจกแจงแบบ G เหมือนกันและเป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ $X = Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_m$

การแจกแจงของ X เรียกว่า m-fold convolution ของการแจกแจงของ Y_j จะสร้างค่าตัวแปร X ได้ดังนี้

- สร้าง $Y_1, Y_2, \ldots, Y_m$ อย่างเป็นอิสระกันจากฟังก์ชันการแจกแจง G
- กำหนดให้ $X = Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_m$

วิธีนี้ดีกรณีที่สามารถสร้างค่าตัวแปร Y ได้ง่าย แต่จะมีประสิทธิภาพต่ำถ้า m มีค่ามาก

2.2.4.4 Acceptance – Rejection Method

ให้ t(x) เป็นฟังก์ชันที่ครอบคลุมฟังก์ชัน f(x) ในลักษณะ t(x) ≥ f(x) สำหรับทุกค่า x และ $c = \int_{-\infty}^{\infty} t(x)dx \geq \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$ โดยที่ c < ∞

ดังนั้น r(x) = $\frac{t(x)}{e}$ จะมีคุณสมบัติเป็น Density function การสร้างค่าตัวแปร X ที่มี density f(x) ทำได้ดังนี้

- สร้าง Y จาก density function r( )
- สร้าง U ที่มีการแจกแจงแบบ U(0,1) อย่างเป็นอิสระกับ Y
- ถ้า U ≤ $\frac{f(y)}{t(y)}$ กำหนดให้ X = Y X จะเป็นค่าตัวแปรที่ต้องการ นอกเหนือจากนี้กลับไปที่ขั้นตอนที่ 1

2.2.5 ขั้นตอนในการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคมอนติคาร์โล เป็นเทคนิคในการสร้างข้อมูลโดยใช้ตัวเลขสุ่ม และความน่าจะเป็นสะสม ตัวเลขสุ่มที่ใช้อาจมีการแจกแจงความน่าจะเป็นสม่ำเสมอ หรือการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลในอดีตที่ทราบและหาค่าได้ นำมาสร้างข้อมูลที่ต้องการได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1	สร้างตารางความถี่ของข้อมูลจริงที่เก็บได้จากสถานการณ์จริง ให้อยู่ในรูปฟังก์ชันค่าความน่าจะเป็นสะสม
ขั้นตอนที่ 2	เลือกตัวเลขสุ่ม และสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้สร้างเลขสุ่มโดยวิธีการใช้เศษหารของผลคูณ (Multiplicative Congruential method)
ขั้นตอนที่ 3	ใช้ตัวเลขสุ่มที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แทนค่าความน่าจะเป็นสะสม
ขั้นตอนที่ 4	อ่านค่าของข้อมูลจากกราฟ หรือตาราง ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับตัวเลขที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ค่าที่ได้นี้จะเป็นค่าของข้อมูลที่ต้องการ
ขั้นตอนที่ 5	ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งได้ข้อมูลครบตามที่ต้องการ
ขั้นตอนที่ 6	นำข้อมูลที่ได้ตามต้องการไปใช้เป็นตัวแทนเพื่อแก้ปัญหาตามต้องการ

2.2.6 แผนผังแสดงเหตุการณ์ในการจำลองระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทางให้บริการ

กำหนดให้ t คือ เวลาในปัจจุบัน

τ_a คือ ระยะเวลาห่างของการเข้ามาในระบบ หน่วยเป็นนาที

t_a คือ เวลาการเข้ามาในระบบครั้งถัดไป โดยที่ $t_a = t + \tau_a$

τ_s คือ ระยะเวลาของการให้บริการ หน่วยเป็นนาที

t_s คือ เวลาการให้บริการครั้งถัดไป โดยที่ $t_s = t + \tau_s$

t_δ คือ เวลาสุดท้ายที่ทำการจำลองเหตุการณ์

t_e คือ เวลาที่จะเกิดเหตุการณ์ครั้งถัดไป โดยที่ $t_e = \min(t_a, t_s, t_\delta)$

W_s คือเวลารอคอยโดยเฉลี่ยสะสมตั้งแต่เริ่มการจำลองจนถึงเวลาปัจจุบันในระบบ หน่วยเป็นนาที

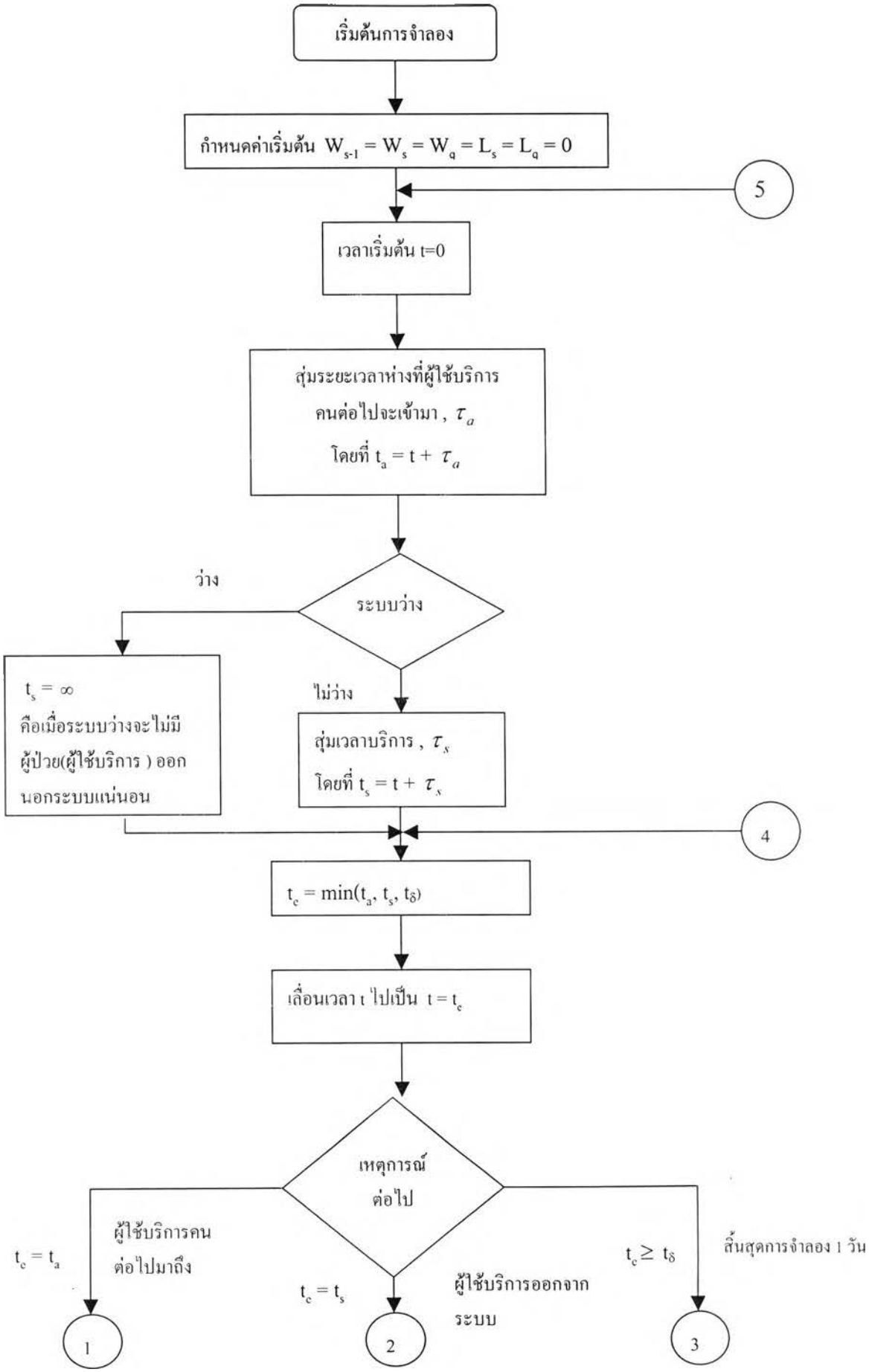
W_{s-1} คือเวลารอคอยโดยเฉลี่ยสะสมตั้งแต่เริ่มการจำลองจนถึงเวลาก่อนปัจจุบัน 1 รอบในระบบ หน่วยเป็นนาที

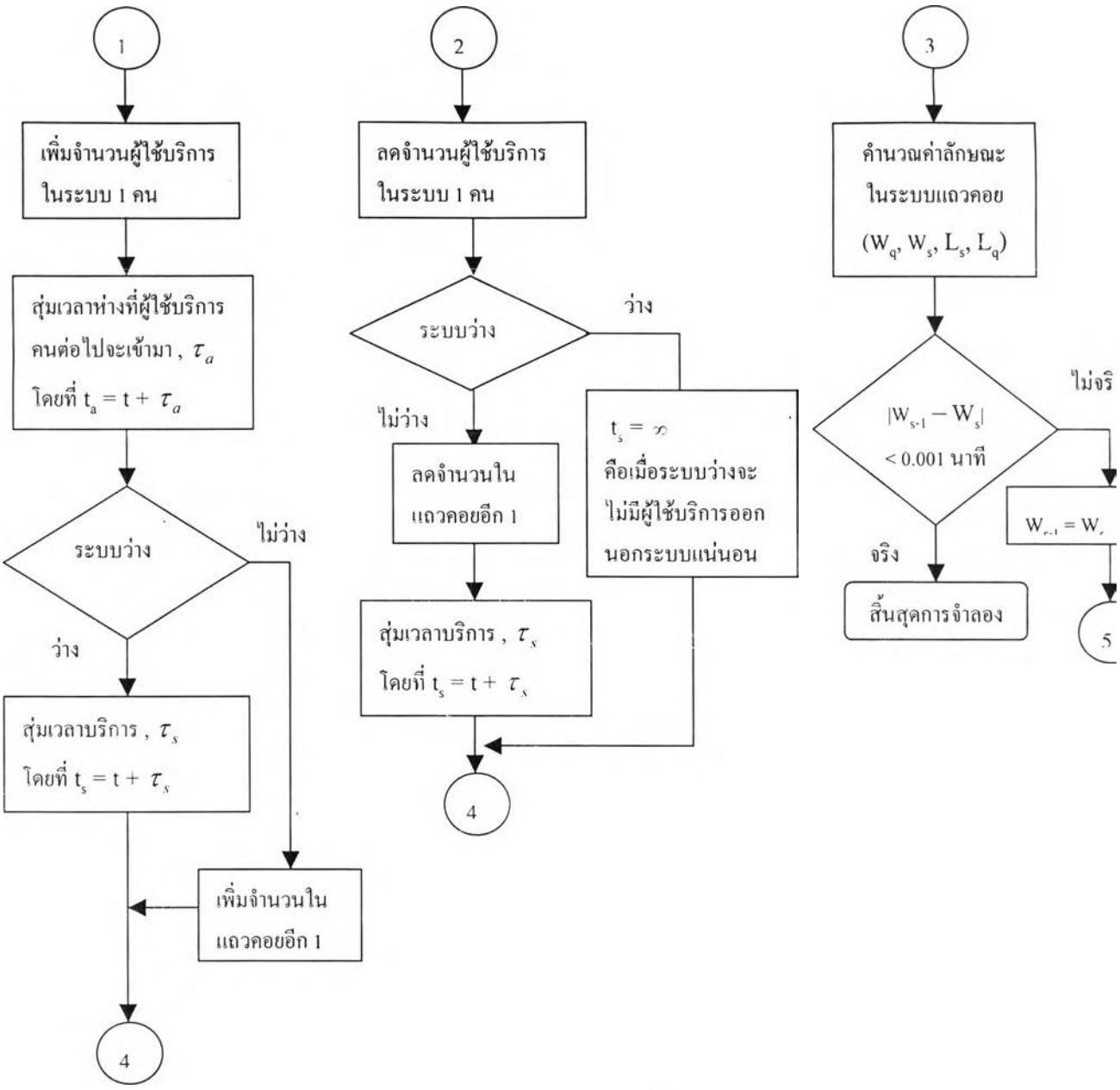
W_q คือเวลารอคอยโดยเฉลี่ยสะสมตั้งแต่เริ่มการจำลองจนถึงเวลาปัจจุบันในแถวคอย หน่วยเป็นนาที

L_s คือจำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยสะสมตั้งแต่เริ่มการจำลองจนถึงเวลาปัจจุบันในระบบ

L_q คือจำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยสะสมตั้งแต่เริ่มการจำลองจนถึงเวลาปัจจุบันในแถวคอย

รูปที่ 2.9 : แผนผังแสดงการจำลองเหตุการณ์ระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทางให้บริการ




1
เพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการ
ในระบบ 1 คน
สุ่มเวลาห่างที่ผู้ใช้บริการ
คนต่อไปจะเข้ามา , τ_a
โดยที่ $t_a = t + \tau_a$
ระบบว่าง
ไม่ว่าง
ว่าง
สุ่มเวลาบริการ , τ_s
โดยที่ $t_s = t + \tau_s$
เพิ่มจำนวนใน
แถวคอยอีก 1
4
2
ลดจำนวนผู้ใช้บริการ
ในระบบ 1 คน
ระบบว่าง
ว่าง
ไม่ว่าง
$t_s = \infty$
คือเมื่อระบบว่างจะ
ไม่มีผู้ใช้บริการออก
นอกระบบแน่นอน
ลดจำนวนใน
แถวคอยอีก 1
สุ่มเวลาบริการ , τ_s
โดยที่ $t_s = t + \tau_s$
4
3
คำนวณค่าลักษณะ
ในระบบแถวคอย
(W_q, W_s, L_s, L_q)
$|W_{s-1} - W_s|$
< 0.001 นาที
จริง
สิ้นสุดการจำลอง
ไม่จริ
5

2.3 ระบบการทำงานโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระบบการทำงานของโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราชที่จะนำเสนอ แบ่งเป็น 2 แผนกคือ

2.3.1 แผนกผู้ป่วยนอก

ระบบการทำงานแผนกผู้ป่วยนอก มีขั้นตอนในการใช้บริการของผู้ป่วยดังนี้

1. ขั้นตอนเกี่ยวกับการให้บริการงานเวชระเบียน
2. ขั้นตอนเกี่ยวกับการให้บริการงานตรวจรักษา

ขั้นตอนการตรวจรักษาบางกรณีอาจมีการทำงานในขั้นตอน เอกซเรย์ หรือ ชันสูตรโรคด้วย แต่สำหรับในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาเฉพาะกรณีที่ไม่มีการทำงานในขั้นตอนดังกล่าวมาเกี่ยวข้องเท่านั้น

3. ขั้นตอนเกี่ยวกับการให้บริการหลังการตรวจรักษาสำหรับบุคคลที่มีสิทธิพิเศษ

เป็นขั้นตอนการรับบริการสำหรับบุคคลที่มีสิทธิพิเศษ ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยได้ดังนี้

- ขั้นตอนเกี่ยวกับการทำใบเบิก
- ขั้นตอนเกี่ยวกับงานสังคมสงเคราะห์
- ขั้นตอนเกี่ยวกับงานประกันสังคม
- ขั้นตอนเกี่ยวกับงานประกันสุขภาพ
- ขั้นตอนเกี่ยวกับหน่วยจัดเก็บรายได้

สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะกรณีที่เป็นผู้ป่วยที่ต้องดำเนินตามขั้นตอนปกติ โดยไม่มีสิทธิพิเศษใด ๆ ทั้งสิ้นเท่านั้น

4. ขั้นตอนเกี่ยวกับการให้บริการงานเภสัชกรรม

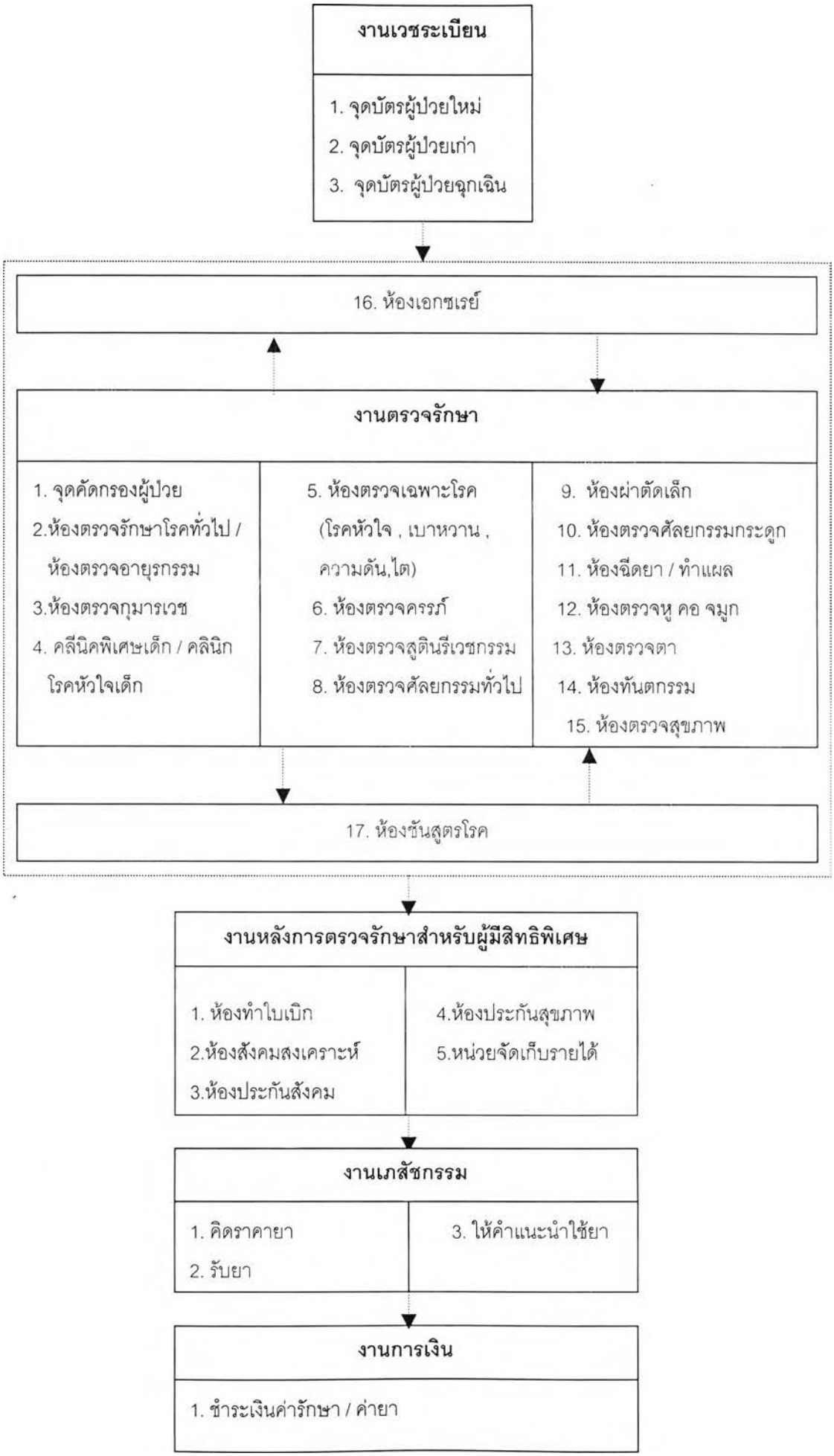
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการคิดราคาค่าตรวจรักษาและค่ายา และอีกส่วนเป็นขั้นตอนของการรับยา แต่จากการที่ได้ไปสำรวจข้อมูลก่อนที่มีการเก็บข้อมูลจริงพบว่าขั้นตอนของการเข้ามารับยา ผู้ป่วยจะไม่ต้องเสียเวลาในการรอเลย ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ทำการวิเคราะห์ตรงหน่วยให้บริการจุดนี้

5. ขั้นตอนเกี่ยวกับการให้บริการงานการเงิน

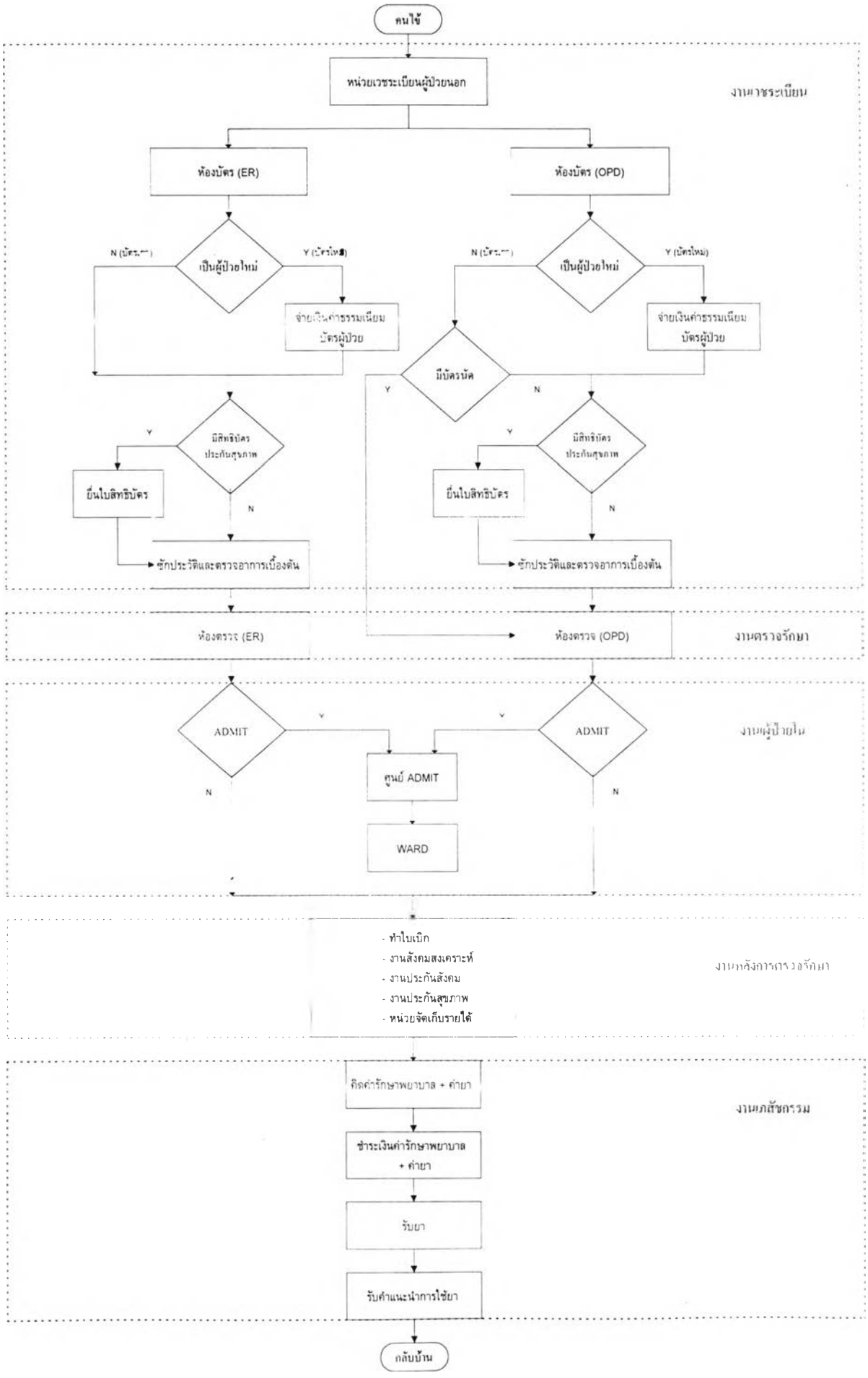
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการชำระเงินค่ารักษาพยาบาลและค่ายา

ขั้นตอนดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้

รูปที่ 2.10 : แผนภาพแสดงระบบการทำงาน แผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช



รูปที่ 2.11 : แผนผังการเข้ารับบริการของโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช

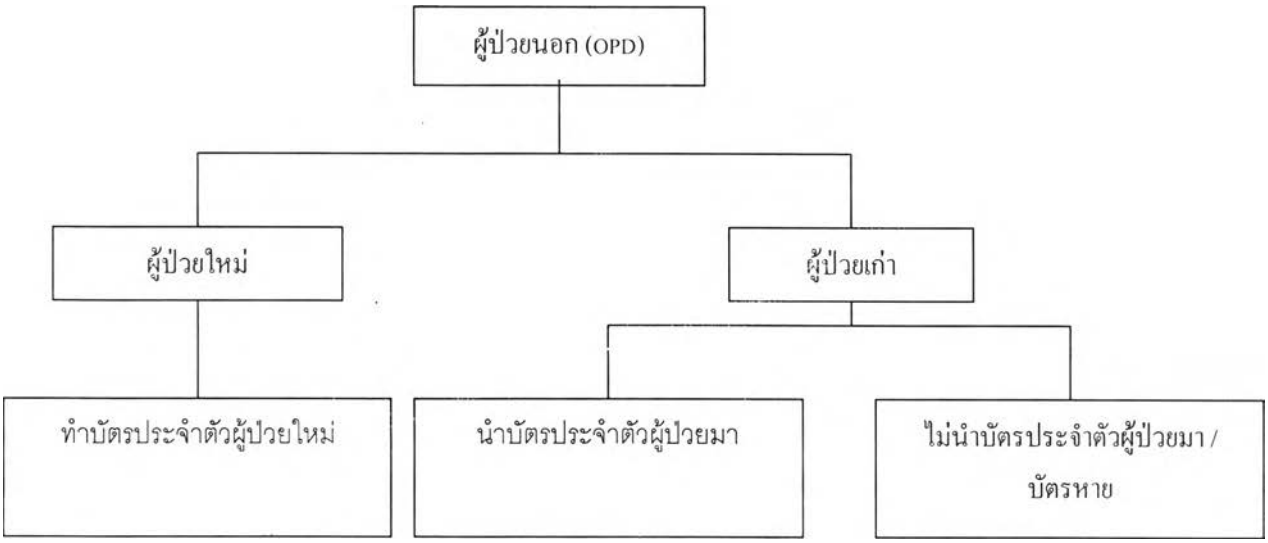


สำหรับรายละเอียดการทำงานในแต่ละแผนกมีดังนี้

2.3.1.1 ระบบการทำงานแผนกเวชระเบียน

การทำงานแผนกเวชระเบียนมีขั้นตอนและการให้บริการดังนี้

รูปที่ 2.12 : แผนผังการจำแนกผู้ป่วยตามลักษณะการให้บริการของงานเวชระเบียน



กระทรวงสาธารณสุข ได้กำหนดนโยบายด้านเวลาในการให้บริการ งานเวชระเบียน แผนกผู้ป่วยนอก คือ ผู้ป่วยจะใช้เวลาไม่เกิน 30 นาที ตั้งแต่ผู้ป่วยยื่นบัตรจนกระทั่งไปนั่งรอที่หน้าห้องตรวจ และสำหรับงานเวชระเบียนมีเวลาในการปฏิบัติงานตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง 15.00 น. ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. ผู้ป่วยใหม่

<u>ขั้นตอนการทำงานกรณีทำบัตรประจำตัวผู้ป่วยนอกใหม่</u>

- ผู้ป่วยกรอกใบลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่
- ชำระเงินค่าธรรมเนียมบัตรประจำตัวผู้ป่วยที่หน่วยให้บริการหมายเลย 24
- ยื่นใบลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่ และใบสิทธิบัตร (ถ้ามี) ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 26
- รอเจ้าหน้าที่เรียกตามลำดับแถวคอย เพื่อตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ในใบลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่ให้ครบถ้วน พร้อมซักถามอาการผู้ป่วยเบื้องต้นเพื่อจัด ผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจ ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 26

2. ผู้ป่วยเก่า

<u>ขั้นตอนการทำงานกรณีผู้ป่วยนำบัตรประจำตัวผู้ป่วยนอกมา</u>

- ยื่นบัตรประจำตัวผู้ป่วย และหลักฐานต่าง ๆ พร้อมใบสิทธิบัตร (ถ้ามี) ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 27
- รอเจ้าหน้าที่เรียกตามลำดับแถวคอย เพื่อซักประวัติเพิ่มเติม และอาการเบื้องต้นและจัดผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจ ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 27

<u>ขั้นตอนการทำงานกรณีผู้ป่วยไม่นำบัตรประจำตัวผู้ป่วยนอกมา หรือบัตรหาย</u>

- ผู้ป่วยกรอกใบลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่
- ชำระเงินค่าธรรมเนียมบัตรประจำตัวผู้ป่วย ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 24
- ยื่นใบลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่เพื่อเจ้าหน้าที่ค้นหาข้อมูลเก่า และยื่นใบสิทธิบัตร (ถ้ามี) ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 27
- รอเจ้าหน้าที่เรียกตามลำดับแถวคอย เพื่อตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ในใบลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่ให้ครบถ้วน พร้อมซักถามอาการผู้ป่วยเบื้องต้น และจัดผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจที่หน่วยให้บริการหมายเลข 27

<u>หมายเหตุ</u> <u>กรณีผู้ป่วยเก่าที่นำบัตรมาดำเนินการดังนี้</u>

- ถ้าค้นประวัติผู้ป่วยเก่าไม่พบ เจ้าหน้าที่เขียนใบตรวจสอบผู้ป่วยนอก และให้ผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจ
- กรณีผู้ป่วยขาดการติดต่อกับทางโรงพยาบาลนานเกิน 5 ปี ให้ผู้ป่วยลงทะเบียนเป็นผู้ป่วยนอกใหม่ และทำตามขั้นตอนของผู้ป่วยนอกใหม่
- กรณีผู้ป่วยมีบัตรนัด และมาตรงวันนัด เจ้าหน้าที่ห้องตรวจนำบัตรนัดมาส่ง ผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจโดยไม่ต้องยื่นบัตรใด ๆ
- กรณีผู้ป่วยมีบัตรนัด แต่มาไม่ตรงวันนัด ให้ผู้ป่วยยื่นบัตรประจำตัวผู้ป่วยที่หน่วยให้บริการหมายเลข 27 และทำตามขั้นตอนกรณีเป็นผู้ป่วยเก่าที่นำบัตรมา ที่กล่าวไว้ข้างต้น

<u>กรณีผู้ป่วยเก่าที่ไม่นำบัตรมา / บัตรหาย</u>

- กรณีเจ้าหน้าที่ค้นหาข้อมูลเก่าผู้ป่วยไม่เจอ เจ้าหน้าที่ซักประวัติผู้ป่วยเพิ่มเติม โดยที่
- ผู้ป่วยขาดการติดต่อนานเกิน 5 ปี ให้ผู้ป่วยลงทะเบียนเป็นผู้ป่วยนอกใหม่ และทำตามขั้นตอนของผู้ป่วยนอกใหม่
- ผู้ป่วยขาดการติดต่อนานไม่เกิน 5 ปี เจ้าหน้าที่เขียนใบตรวจสอบผู้ป่วยนอก และให้ผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจ

2.3.1.2 ระบบการทำงานแผนกงานตรวจรักษา

เมื่อผู้ป่วยผ่านขั้นตอนงานเวชระเบียนเรียบร้อยแล้ว หลังจากเจ้าหน้าที่ซักประวัติและอาการเบื้องต้น ให้ผู้ป่วยนั่งรอหน้าห้องตรวจตามอาการ โดยแยกห้องตรวจได้ดังนี้

1. จุดคัดกรองผู้ป่วย

มีหน้าที่ในการซักประวัติผู้ป่วย และตรวจร่างกายเบื้องต้น เช่น การแพ้ยา หรือมีโรคประจำตัว เป็นต้น รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 10

<u>ขั้นตอนการปฏิบัติที่จุดคัดกรองมีดังนี้</u>

- ยื่นบัตร ที่หน้าห้องบัตร (เวชระเบียน)
- นั่งรอหน้าห้องหมายเลข 10
- ชั่งน้ำหนัก
- วัดความดันโลหิต
- ซักประวัติ
- ยื่นใบสิทธิบัตรต่าง ๆ (ถ้ามี)
- ตรวจโรคตามแผนกต่าง ๆ

2. ห้องตรวจอายุรกรรม

รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 1 , 2 , 3 , 4

<u>ขั้นตอนการรับบริการห้องตรวจอายุรกรรมมีดังนี้</u>

- ผู้ป่วยทุกคนได้รับการซักประวัติ วัดความดันโลหิต ชั่งน้ำหนัก ก่อนเข้าตรวจ
- นั่งรอเรียกเข้าตรวจ หน้าห้องตรวจหมายเลย 1 , 2 , 3 , 4
- รับคำแนะนำหน้าห้องตรวจ
- นำใบสั่งยาไปรับยาที่ห้องยา คือหน่วยให้บริการหมายเลข 21
- ต้องการใบรับรองแพทย์ กรุณาแจ้งแพทย์ผู้ตรวจ
- ผู้ป่วยที่ต้องนอนพักรักษาตัวที่โรงพยาบาล ติดต่อหน้าห้องตรวจ

<u>ขั้นตอนการรับบริการผู้ป่วยนัด ห้องตรวจอายุรกรรมมีดังนี้</u>

- ยื่นบัตรนัดหน้าห้องตรวจหมายเลข 4
- ซักประวัติ วัดความดันโลหิต ชังน้ำหนัก ทุกราย
- ยื่นใบสิทธิบัตร เช่น บัตรผู้สูงอายุ , บัตรประกันสุขภาพ
- รอตรวจหน้าห้องตรวจหมายเลข 1 , 2 , 3 , 4
- พบแพทย์
- นำใบสั่งยาไปรับยาที่ห้องยา คือหน่วยให้บริการหมายเลข 21

<u>สำหรับผู้ป่วยที่ต้องเข้าพักรักษาในโรงพยาบาลให้ปฏิบัติดังนี้</u>

- รับใบสั่งยาจากเจ้าหน้าที่ห้องตรวจ แล้วไปรับยาที่ห้องบริการหมายเลข 3 ตึกอุบัติเหตุ
- ติดต่อห้องหน่วยจัดเก็บรายได้ ที่ห้องบริการหมายเลข 49
- รับยาแล้วกลับมาที่หน้าห้องตรวจเดิม เพื่อรอเจ้าหน้าที่นำส่งที่หอผู้ป่วย

3. ห้องตรวจกุมารเวช รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 5 , 6
4. คลินิกพิเศษเด็ก / คลินิกโรคหัวใจเด็ก รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 7
5. ห้องตรวจเฉพาะโรค (สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ เบาหวาน ความดัน ไต) รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 8 , 9
6. ห้องตรวจครรภ์ รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 11
7. ห้องตรวจสูตินรีเวชกรรม รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 12
8. ห้องตรวจศัลยกรรมทั่วไป รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 13 , 14 , 15 , 16
9. ห้องผ่าตัดเล็ก รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 17
10. ห้องตรวจศัลยกรรมกระดูก รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 18
11. ห้องฉีดยา / ทำแผล รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 19
12. ห้องทันตกรรม รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 31
13. ห้องตรวจหู คอ จมูก รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 32
14. ห้องตรวจตา รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 33
15. ห้องตรวจสุขภาพ รับบริการที่ห้องบริการหมายเลข 35
16. ห้องเอกซเรย์ รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 50 ซึ่งประกอบด้วย 4 ห้องคือ
    - ห้องที่ 1 , 2 , 3 เป็นห้องสำหรับเอกซเรย์ทั่วไป
    - ห้องที่ 4 เป็นห้องสำหรับเอกซเรย์สมอง

<u>ขั้นตอนการรับบริการเอกซเรย์ดังนี้</u>

- ยื่นบัตรผู้ป่วยพร้อมใบเอกซเรย์
- รอหน้าห้องเอกซเรย์ ตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่
- เข้ารับการเอกซเรย์

- หลังจาก เอกซเรย์ เสร็จ ปฏิบัติดังนี้
    - ผู้ป่วยใน รอเจ้าหน้าที่ส่งกลับตึก
    - ผู้ป่วยนอก รอรับฟิล์มและไปพบแพทย์ที่ห้องตรวจเดิม
    - ผู้ป่วยพิเศษ ห้องหมายเลข 3 , 4 , 5 ต้องรอแปลผลฟิล์มจากรังสีแพทย์ก่อน
- กรณีรอนานเกิน 30 นาที โปรดสอบถามเจ้าหน้าที่

17. ห้องชันสูตรโรค รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 34

หมายเหตุ

- สำหรับผู้ป่วยบางรายที่จำเป็นต้องมีการเอกซเรย์ หรือ ชันสูตรโรคตามแพทย์สั่ง จะต้องไปดำเนินการเกี่ยวกับการเอกซเรย์ หรือ ชันสูตรโรคที่ห้องดังกล่าวก่อน จากนั้นจะเข้ามารอที่หน้าห้องตรวจเพื่อพบแพทย์อีกครั้งหนึ่ง
- กรณีของผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจรักษาเรียบร้อยแล้ว และมีคำสั่งแพทย์ให้นอนพักรักษาตัวที่โรงพยาบาล จะถือว่าผู้ป่วยเหล่านั้นเป็นผู้ป่วยใน ซึ่งจะกล่าวถึงในขั้นตอนของแผนกผู้ป่วยในต่อไป

2.3.1.3 ระบบการทำงานหลังงานตรวจรักษาสำหรับผู้มีสิทธิพิเศษ

หลังจากผู้ป่วยได้รับการตรวจรักษาจากแพทย์เรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการต่อไปนี้สำหรับ ผู้ที่มีสิทธิพิเศษตามข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. จุดทำใบเบิก รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 25
2. ห้องสังคมสงเคราะห์ รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 28
3. ห้องประกันสังคม รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 29 , 37
4. ห้องประกันสุขภาพ รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 36
5. หน่วยจัดเก็บรายได้ รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 49

2.3.1.4 **ระบบการทำงานแผนกงานเภสัชกรรม**

ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจรักษา และดำเนินการขั้นหลังการตรวจรักษา (สำหรับผู้มีสิทธิพิเศษ) เรียบร้อยแล้ว ให้ปฏิบัติดังนี้

- คิดเงินค่ารักษาพยาบาลและค่ายา รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 21 แล้วไปชำระเงินที่งานการเงิน
- รับยา รับบริการที่หน่วยให้บริการหมายเลข 22
- รับคำแนะนำการใช้ยาจากเจ้าหน้าที่ห้องยา ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 23

2.3.1.5 **ระบบการทำงานแผนกการเงิน**

เมื่อผู้ป่วยยื่นใบคิดค่ารักษาพยาบาลแล้ว สำหรับกรณีผู้ป่วยที่ไม่มีสิทธิพิเศษใด ๆ ให้ปฏิบัติดังนี้

- ชำระเงินค่ารักษาพยาบาลและค่ายา ที่หน่วยให้บริการหมายเลข 24

2.3.2 **แผนกผู้ป่วยใน**

ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจรักษาเรียบร้อยแล้ว และมีคำสั่งแพทย์ให้นอนพักรักษาตัวที่โรงพยาบาล จะถือว่าผู้ป่วยเหล่านั้นเป็นผู้ป่วยใน สำหรับโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช มีตึกสำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยในโรงพยาบาลดังนี้

2.3.2.1 ตึกนรีเวช เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นเกิดจากแท้ง ตกเลือด หรือเป็นโรคที่เกี่ยวกับผู้หญิง เป็นต้น

2.3.2.2 ตึกหลังคลอด เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยหลังจากการคลอดบุตร

2.3.2.3 ตึกเด็กอ่อน1 เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของเด็กอ่อนที่มีปัญหาหลังการคลอด ซึ่งคลอดในโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช เป็นเด็กแรกเกิดจนถึง 1 ขวบ

2.3.2.4 ตึกเด็กอ่อน2 เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของเด็กอ่อนที่มีปัญหาหลังการคลอด ซึ่งเป็นเด็กอ่อนที่เข้ามารับการรักษาตัวจากภายนอก ไม่ได้คลอดที่โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช เป็นเด็กแรกเกิด จนถึง 1 ขวบ

2.3.2.5 ตึกกุมารเวชกรรม1 เป็นตึกหลังที่ 1 ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของเด็กที่ป่วยอายุมากกว่า 1 ขวบ

2.3.2.6 ตึกกุมารเวชกรรม2 เป็นตึกหลังที่ 2 ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของเด็กที่ป่วยอายุมากกว่า 1 ขวบ

2.3.2.7 ตึก ตา หู คอ จมูก ชาย เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับ หู ตา คอ จมูก ของผู้ป่วยชาย

2.3.2.8 ตึก ตา หู คอ จมูก หญิง เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับ หู ตา คอ จมูก ของผู้ป่วยหญิง

2.3.2.9 ตึกศัลยกรรมชาย1 เป็นตึกหลังที่ 1 ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยหลังจากการผ่าตัด

2.3.2.10 ตึกศัลยกรรมชาย2 เป็นตึกหลังที่ 2 ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยหลังจากการผ่าตัด

2.3.2.11 ตึกศัลยกรรมหญิง เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยหลังจากการผ่าตัดของผู้ป่วยหญิง

2.3.2.12 ตึกอายุรกรรมชาย เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรคทั่วไป

2.3.2.13 ตึกอายุรกรรมหญิง เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรคทั่วไป

2.3.2.14 ตึกศัลยกรรมกระดูกชาย เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูก ของผู้ป่วยชาย

2.3.2.15 ตึกศัลยกรรมกระดูกหญิง เป็นตึกที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูก ของผู้ป่วยหญิง

2.3.2.16 ตึกพิเศษเด็ก เป็นตึกพิเศษ ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วยที่เป็นเด็ก

2.3.2.17 ตึกทุ่งคาฮาเบอร์ เป็นตึกพิเศษ ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วย

2.3.2.18 ตึกพิเศษ2 เป็นตึกหลังที่ 2 ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วย

2.3.2.19 ตึกพิเศษ4 เป็นตึกหลังที่ 4 ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วย

2.3.2.20 ตึกพิเศษ5 เป็นตึกหลังที่ 5 ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วย

2.3.2.21 ห้องไอซียู1 เป็นตึกผู้ป่วยอาการสาหัสหลังที่ 1 ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วย

2.3.2.22 ห้องไอซียู2 เป็นตึกผู้ป่วยอาการสาหัสหลังที่ 2 ซึ่งมีจำนวนเตียงจำกัด ที่ใช้สำหรับพักรักษาตัวของผู้ป่วย

2.3.2.23 ห้องคลอด เป็นห้องคลอดสำหรับผู้ป่วย

2.3.2.24 ห้องผ่าตัด เป็นห้องที่ใช้ในการผ่าตัด