



### การวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูล

ในการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของการลงทะเบียนวิชาเรียนของนิสิตบัณฑิตวิทยาลัยนี้ มีพารามิเตอร์อยู่ 2 ตัว คือ อัตราการเข้ามารับบริการโดยเฉลี่ย (Average Arrival Rate) แทนด้วย " $\lambda$ " และอัตราบริการโดยเฉลี่ย (Average Service Rate) แทนด้วย " $\mu$ " โดยจะนำค่าที่เก็บรวบรวมได้มาหารูปแบบการแจกแจงความถี่ของพารามิเตอร์ทั้งสองและตรวจสอบความทฤษฎีทางสถิติ ซึ่งจะแสดงให้เห็นในหัวข้อ 3.2, 3.3 ต่อไป สำหรับในหัวข้อ 3.1 นั้น เป็นส่วนที่แสดงเกี่ยวกับเส้นทางการเดินลงทะเบียนในหัวข้อนี้ทำให้ทราบลักษณะของงานการลงทะเบียนที่ขึ้นซึ่งจะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์หัวข้อต่างๆดังต่อไปนี้

#### 3.1 การวิเคราะห์เส้นทางการเดินลงทะเบียน

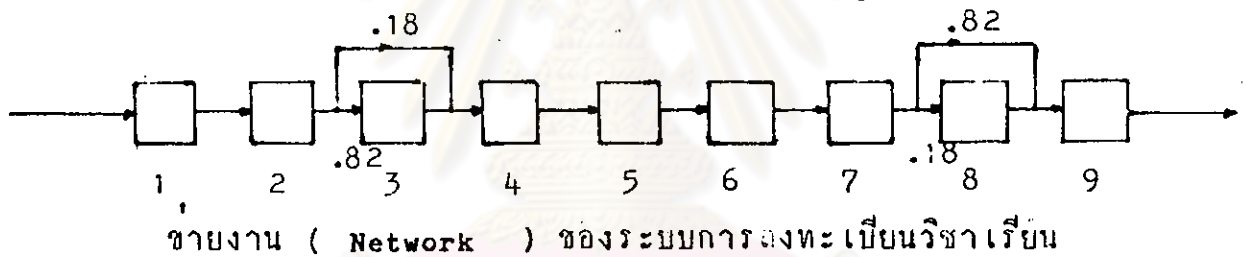
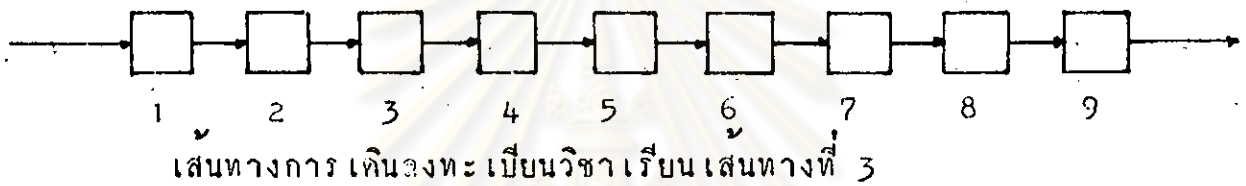
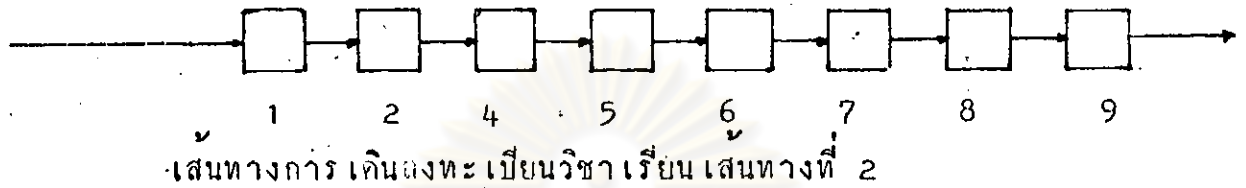
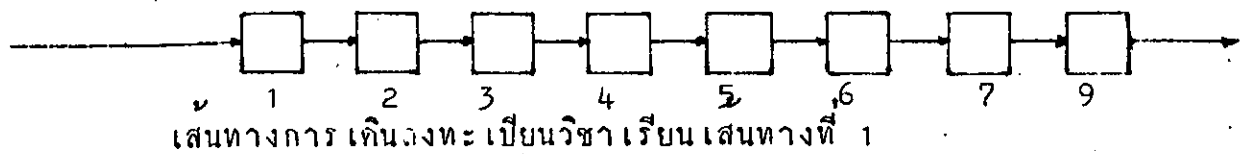
จากหัวข้อที่ 1.2 ในบทที่ 1 ที่ผ่านมามีอธิบายถึงขั้นตอนการลงทะเบียนวิชาเรียนของนิสิตและโครงสร้างเส้นทางการเดินลงทะเบียนใน 3 เส้นทาง โดยที่ เส้นทางที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 เส้นทางที่ 2 ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 เส้นทางที่ 3 ประกอบด้วยเส้นทางที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ทั้ง 3 เส้นทางนี้ได้นำมาวิเคราะห์เส้นทางเดินลงทะเบียนทั้งแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการหาความน่าจะเป็นและเปอร์เซ็นต์ของนิสิตที่ใช้บริการของเส้นทางเดินลงทะเลเป็นวิชาเรียน

เส้นทางเดินลงทะเลเป็นวิชาเรียน	ความถี่	ความน่าจะเป็น	เปอร์เซ็นต์(%)
1	2470	0.8151	81.51
2	549	0.1811	18.11
3	11	0.0036	0.36
รวม	3030	1.000	100

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าเส้นทางเดินลงทะเลเป็นเส้นทางที่ 1 มีจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 81.51% ซึ่งมากกว่าเส้นทางอื่นเนื่องจากว่าเส้นทางที่ 1 นี้เป็นเส้นทางที่ลงทะเลเป็นวิชาเรียนปกติ คือ ไม่ต่ำกว่า 6 หน่วยกิตและไม่สูงกว่า 15 หน่วยกิต นิสิตที่มาทำการลงทะเลเป็นความสายงานนี้จะเป็นนิสิตปี 1 , ปี 2 และนิสิตเก่าที่ยังเรียนวิชาเรียนไม่ครบ( นิสิต 2 กลุ่มหลังบางคนทำวิทยานิพนธ์ควบคู่ไปกับการเรียนควบ ) ส่วนสายที่ 3 นั้นมีจำนวนนิสิตน้อยที่สุดเท่ากับ 0.36 % นิสิตในเส้นทางที่ 3 นี้เป็นนิสิต 2 พวก พวกแรกเป็นนิสิตที่เรียนอย่างเกี่ยวแต่ต้องการเรียนมากกว่า 15 หน่วยกิต และพวกที่สอง เป็นนิสิตที่เรียนควบคู่กับทำวิทยานิพนธ์จึงต้องลงทะเลเป็นมากกว่า 15 หน่วยกิต นิสิตสองพวกนี้ตามความเป็นจริงแล้วมีจำนวนน้อยมากบางภาคการศึกษาจะไม่มีเลย ( สำหรับความน่าจะเป็นในแต่ละภาคการศึกษาค่าจะแปร เปลี่ยนไปตามความถี่ที่แปร เปลี่ยนไป )

เส้นทางเดินลงทะเลเป็นทั้ง 3 เส้นทางนี้นำมาเขียนรวมกันเข้าเป็นรูปแบบงานจะใดเป็นลักษณะรายงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะเส้นทาง การเดินลงทะเล เป็นวิชาเรียน และ  
ข่ายงานของการลงทะเล เป็นวิชาเรียน

### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการไปสังเกต ( Observed )  
ระบบการลงทะเล เป็นโดยบันทึกข้อมูล 2 ลักษณะคือ

1. จำนวนนิสิตที่เข้ามาลงทะเล เป็นต่อ 1 นาที ข้อมูลที่ได้มานี้จะนำไป  
หาค่า อัตราการเข้ามารับบริการโดยเฉลี่ย ( Average Arrival Rate )

2 เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( Service Time ) เวลาที่ใช้ในการให้บริการนี้จะเก็บรวบรวมเวลาที่ให้บริการของแต่ละชั้นคอน ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 9 ชั้นคอน ข้อมูลที่ได้นี้จะนำไปทดสอบคุณลักษณะการแจกแจงและดูเวลาที่ใช้ในการให้บริการโดยเฉลี่ย

ข้อมูลทั้ง 2 อย่างนี้กระทำการเก็บรวบรวมในวันที่ 3, 4, 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 ซึ่งเป็นภาคปลายของปีการศึกษา เวลาที่ใช้ในการลงทะเบียนแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ

- ภาคเช้า เวลา 8.30 - 11.30 น.
- ภาคบ่าย เวลา 13.30 - 15.30 น.

### 3.2.1 ข้อมูลการเข้ามาลงทะเบียนวิชาเรียน

ข้อมูลนี้ได้มาจากการบันทึกจำนวนนิสิตที่เข้ามาทำการลงทะเบียนก่อนที่การเขามารับบริการจะมีลักษณะแบบมาก่อนรับบริการก่อน การเขามารับบริการจะเริ่มเข้าสู่ระบบการลงทะเบียนในชั้นคอนที่ 1 ซึ่งจะแสดงให้เห็นในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนนิสิตที่เขามารับบริการลงทะเบียนต่อ 1 นาทีในชั้นคอนที่ 1 ( สถานีบริการที่ 1 ) การเก็บรวบรวมนั้นได้แบ่งออกเป็น ภาคเช้า ซึ่งเก็บในวันที่ 4, 5 ส่วนภาคบ่ายเก็บในวันที่ 3

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงจำนวนนิสิตที่เขามารับบริการลงทะเบียนก่อนที่ในชั้นคอน 1

จำนวนนิสิตที่เข้ามาต่อ 1 นาที	ความถี่
0	29
1	43

## ตารางที่ 3.2 ต่อ

จำนวนนิสิตที่เข้ามาต่อ 1 นาที	ความถี่
2	79
3	86
4	62
5	42
6	26
7	11
8	1
9	0
10	2
รวม	381

## 3.2.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการ

เวลาที่ใช้ในการให้บริการพิจารณาจากเวลาที่นิสิตแต่ละคนรับบริการจากเจ้าหน้าที่ลงทะเบียน การเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ซึ่งการเก็บค่าการเก็บ 2 ช่วง คือ ตอนเช้าเวลา 8.30 - 11.30 น. ของวันที่ 4, 5 พ.ย และตอนบ่ายเวลา 13.30 - 15.30 น. ของวันที่ 3 พ.ย. จึงจะแสดงให้เห็นในตารางความถี่ต่างๆดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงความถี่ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 1

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
0 - 10	380 /
10 - 20	312 /
20 - 30	69
30 - 40	31
40 - 50	11
50 - 60	9
60 - 70	0
70 - 80	6
80 - 90	3
มากกว่า 90	1
รวม	822

ตารางที่ 3.3 แสดงความถี่ในแต่ละอัตราภาคชั้นของช่วงเวลาในการให้บริการที่สถานีบริการที่ 1 ซึ่งเกี่ยวกับการตรวจสอบเอกสารการลงทะเบียน มีความเรียบร้อยตามที่ระบุในการลงทะเบียนหรือยัง จากตารางจะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบเอกสารที่จะเสร็จสิ้นส่วนมากอยู่ในช่วง 0 - 10 วินาที และในชั้นตอนที่ 1 นี้มีเจ้าหน้าที่ที่ให้บริการอยู่เป็นจำนวน 3 คน

ตารางที่ 3.4 แสดงความถี่ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 2

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
0 - 10	122
10 - 20	349
20 - 30	122
30 - 40	36
40 - 50	15
50 - 60	5
60 - 70	4
70 - 80	2
มากกว่า 80	2
รวม	657

ตารางที่ 3.4 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 2 ของการลงทะเบียนวิชาเรียน ในชั้นตอนนี้มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 2 คนและชั้นตอนนี้ เจ้าหน้าที่จะทำการมอบบัตรรายชื่อแก่นิสิตที่มาทำการลงทะเบียน ความถี่ที่ใช้ในชั้นตอนที่ 2 มีค่าสูงอยู่ในช่วง 10 - 20 วินาที

ตารางที่ 3.5 แสดงความถี่ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 3

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
0 - 15	61
15 - 30	137
30 - 45	106
45 - 60	33
60 - 75	16
75 - 90	10
มากกว่า 90	13
รวม	376

ตารางที่ 3.5 แสดงความถี่ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 3 ของการลงทะเบียนวิชาเรียนนี้จะทำการรับสมัครรายวิชาในชั้นตอน นี้มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 3 คน ในชั้นตอนนี้จะมีนิสิตบางคนที่จะมาสมัครรับบริการเข้าสู่ชั้นตอนที่ 4 เลย นิสิตพวกนี้จะเป็นพวกที่ทำวิทยานิพนธ์อย่างเดียว ส่วนนิสิตที่เข้าสู่ชั้นตอนที่ 3 เป็นนิสิตที่เรียนในภาคทฤษฎีอย่างเดียว และเป็นนิสิตที่ทำวิทยานิพนธ์ควบเรียนภาคทฤษฎีควบ ในชั้นตอนที่ 3 นี้มีความน่าจะเป็นที่นิสิตจะเข้าไปรับบริการมีค่าเท่ากับ .82 หรือ 82%



ตารางที่ 3.6 แสดงความถี่ของเวลาการใช้บริการในชั้นตอนที่ 4

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
ต่ำกว่า 20	210
20 - 30	109
30 - 40	69
40 - 50	27
50 - 60	9
60 - 70	8
มากกว่า 70	6
รวม	438

ตารางที่ 3.6 แสดงความถี่ของเวลาการใช้บริการในชั้นตอนที่ 4  
 ชั้นตอนนี้จะให้บริการ เกี่ยวกับการรับสมัครทั้งหมดคือบัตรรายวิชาเรียนกับบัตรชื่อนิสิต  
 ในชั้นตอนนี้มีเจ้าหน้าที่ 3 คน และชั้นตอนที่ 4 นี้จะมีนิสิตบางคนที่ย้ายชั้นตอนที่ 3  
 มา เลขซึ่งผลที่เกิดขึ้นนั้นก็คือทำให้ชั้นตอนนี้มีความคับคั่งของนิสิตอีกทีหนึ่ง ความน่า-  
 จะเป็นที่นิสิตจะย้ายชั้นตอนที่ 3 ไปยังชั้นตอนที่ 4 เลขมีค่าเท่ากับ .18 (18%)

ตารางที่ 3.7 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 5

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
5 - 20	327
20 - 35	228
35 - 50	30
50 - 65	40
รวม	589

ตารางที่ 3.7 แสดงความถี่ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 5 ชั้นตอนนี้มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 2 คน เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการในชั้นตอนนี้จะให้บริการเกี่ยวกับการตรวจสอบและคำนวณเงินค่านวดยกิต โดยตรวจสอบว่านิสิตคำนวณมานั้นถูกต้องแล้วก็นำไปสู่ชั้นตอนที่ 6 ซึ่งเป็นชั้นตอนที่นิสิตจะต้องชำระเงินค่านวดยกิตและค่าธรรมเนียมการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.8 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 6

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
10 - 20	134
20 - 30	171
30 - 40	69
40 - 50	15
50 - 60	7
60 - 70	1
70 - 80	1
รวม	398

ตารางที่ 3.8 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 6 ในชั้นตอนที่ 6 นี้จะให้บริการ เกี่ยวกับการรับเงินค่าธรรมเนียมการศึกษาและเงินค่าหน่วยกิต เจ้าหน้าที่ที่ให้บริการค่านี้นี้เป็น เจ้าหน้าที่ทางธนาคารมีจำนวน 2 คน

ตารางที่ 3.9 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 7 ในชั้นตอนนี้จะให้บริการค่านการ เขียนใบเสร็จรับเงินและชั้นตอนนี้มีจำนวนเจ้าหน้าที่ เป็นจำนวน 3 คน

ตารางที่ 3.9 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 7

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ (วินาที )	ความถี่
20 - 30	77
30 - 40	204
40 - 50	75
50 - 60	14
รวม	370

ตารางที่ 3.10 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 8

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
10 - 20	99
20 - 30	64
30 - 40	18
40 - 50	14
50 - 60	4
60 - 70	1
รวม	200

ตารางที่ 3.10 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 8 ชั้นตอนนี้จะเป็นการให้บริการ เกี่ยวกับการรับหนังสือคำร้องลงทะเลเป็นสูง-ต่ำกว่า กำหนด นิสิตที่เข้าสู่ชั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นนิสิตที่ท่าภาคนิพนธ์นิสิตพวกนี้จะมีขึ้น คำร้องขอลงทะเลเป็นต่ำกว่า 6 หน่วยกิต ส่วนนิสิตที่ยื่นคำร้องขอลงทะเลเป็นสูง กว่ากำหนดนั้นน้อยมาก ในชั้นตอนที่ 8 นี้มีความน่าจะเป็นที่จะเข้ารับบริการมีค่า เท่ากับ .18 (18%) ส่วนนอกนั้นก็ข้ามไปสู่ชั้นตอนที่ 9 เลย

ตารางที่ 3.11 แสดงความถี่ของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 9

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่
5 - 10	1
10 - 15	23
15 - 20	63
20 - 25	102
25 - 30	144
30 - 35	75
35 - 40	28
40 - 45	6
มากกว่า 45	8
รวม	450

ตารางที่ 3.11 แสดงความถี่ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 9 ชั้นตอนนี้เป็นการบริการเกี่ยวกับการลงทะเบียนบางส่วน ชั้นตอนที่ 9 นี้มีจำนวนเจ้าหน้าที่ 3 คน ชั้นตอนที่ 9 นี้เป็นชั้นตอนสุดท้ายของการลงทะเบียนวิชาเรียนนิสิตทุกคนต้องผ่านชั้นตอนนี้จึงจะถือว่าสิ้นสุดการรับบริการหรือลงทะเบียนวิชาเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

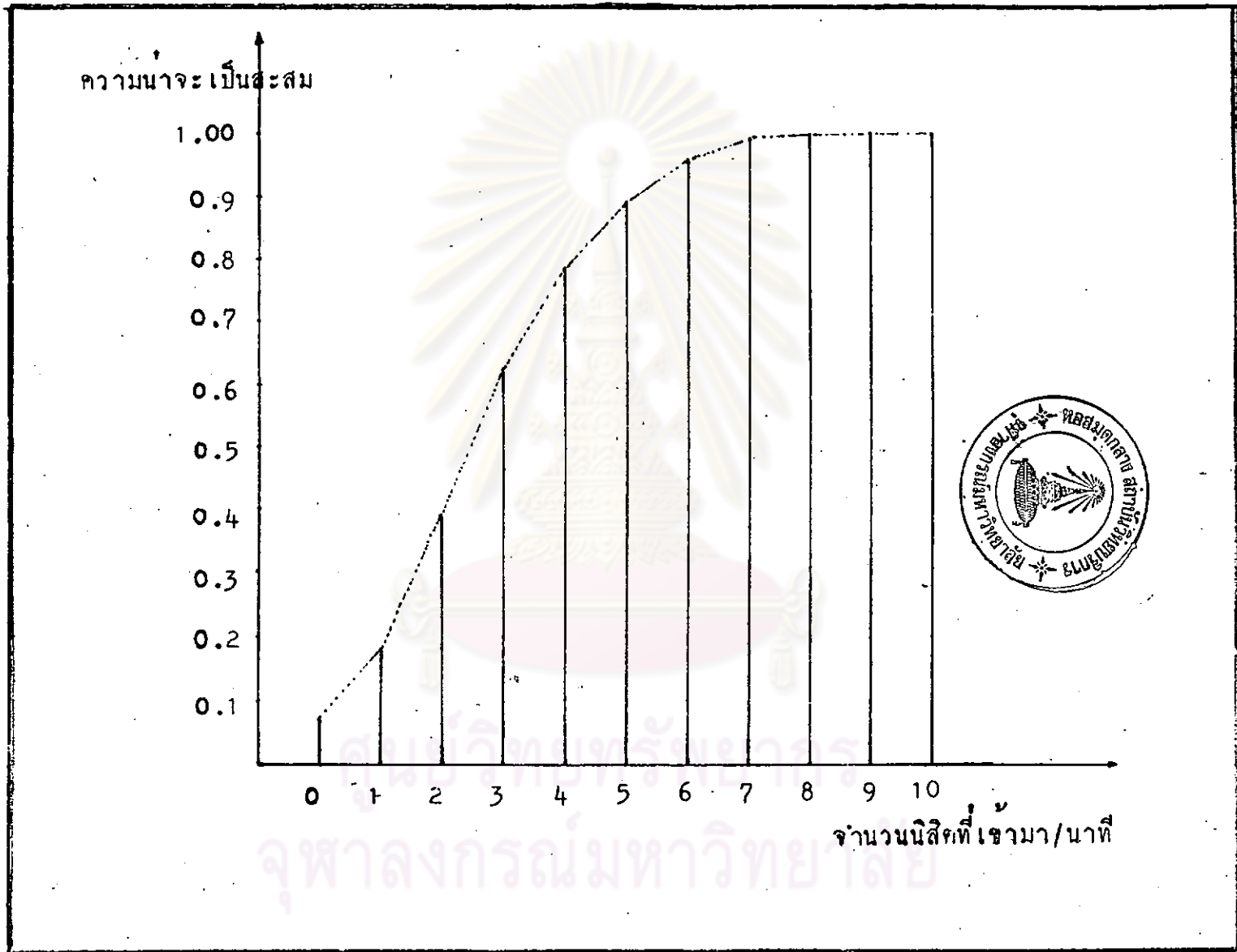
### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบข้อมูล

#### 3.3.1 ข้อมูลอัตราการเข้ามาใช้บริการในชั้นตอนที่ 1

นำเอาข้อมูลจากตารางที่ 3.2 มาเขียนกราฟ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีลักษณะของกราฟในรูปแบบการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution) ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่า นิสิตที่เข้ามาทำการลงทะเบียนวิชาเรียน ณ บัณฑิตวิทยาลัย มีการแจกแจงแบบปัวซอง

ตารางที่ 3.12 แสดงการหาความน่าจะเป็นสะสมของการเข้ามาลงทะเบียนวิชา

จำนวนนิสิตที่เข้ามา/นาที	ความถี่	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม
0	29	$29/381 = .076$	0.076
1	43	$43/381 = .113$	0.139
2	79	$79/381 = .207$	0.396
3	86	$86/381 = .226$	0.622
4	62	$62/381 = .163$	0.785
5	42	$42/381 = .110$	0.895
6	26	$26/381 = .063$	0.963
7	11	$11/381 = .028$	0.995



รูปภาพที่ 3.2 แสดงการแจกแจงของการ เขามาลงทะเบียนของนิสิต/นาที

ตาราง 3.12 ต่อ

จำนวนนิสิตที่เข้ามา/นาที	ความถี่	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม
8	1	$1/381 = .0026$	0.995
9	0	-	0.995
10	2	$2/381 = .0053$	1.000
รวม	381		

จากนั้นนำค่าความน่าจะเป็นสะสมกับจำนวนนิสิตที่เข้ามาลงทะเบียน/นาที จะได้อกราฟกึ่งแสดงในรูปภาพที่ 3.2 ซึ่งมีลักษณะรูปภาพคล้ายกับการแจกแจงปัวซอง ตารางที่ 3.13 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนนิสิตที่เข้ามาลงทะเบียนก่อนนาที

จำนวนนิสิตที่เข้ามา/นาที ( $x_i$ )	ความถี่ ( $f_i$ )	ความถี่สะสม	$x_i \cdot f_i$
0	29	29	0
1	43	72	43
2	79	151	158
3	86	237	258
4	62	299	248
5	42	341	210



ตารางที่ 3.13 ต่อ

จำนวนนิสิตที่เข้ามา/นาที ( $x_i$ )	ความถี่ ( $f_i$ )	ความถี่สะสม	$x_i \cdot f_i$
6	26	367	156
7	11	378	77
8	1	379	8
9	-	379	-
10	2	381	20
รวม	381	381	1178

ผลที่ได้จากตารางที่ 3.13 นี้ นำเอาค่าผลรวมของค่า  $x_i \cdot f_i$  มาเพื่อหา  
ค่าเฉลี่ยกึ่งสูตรข้างล่าง

$$\bar{x} = \sum x_i \cdot f_i / f_i = 1178/381 = 3.0918 \sim 3/\text{นาที}$$

ค่า  $\bar{x}$  นี้คือค่า  $\lambda$  โดยประมาณหรืออัตราการเข้ามารับบริการโดย-  
เฉลี่ย ( Average Arrival Rate ) ซึ่งใช้ในการหาความน่าจะเป็นตาม  
หัวข้อ 2.3-1 ในบทที่ 2 จากนั้นนำค่าความน่าจะเป็นไปคำนวณหาความถี่-  
คาดหวัง ( Expected frequency ) โดยใช้สูตร

$$E_i = P(x) \cdot N$$

สูตรนี้ทำให้ได้ค่า  $E_i$  ซึ่งนำไปใช้ในการทดสอบภาวะสภาวะปกติที่  
ตามหัวข้อ 2.4 ในบทที่ 2 ดังที่กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 3.14 แสดงการหาความถี่ค่าคาดหวัง

จำนวนนิสิตที่เข้ามา/นาที	ความถี่ที่สังเกตได้ ( $O_1$ )	ความน่าจะเป็น	ความถี่ค่าคาดหวัง ( $E_1$ )
0	28 <sup>20</sup>	0.0454	17.305
1	43	0.1391	52.869
2	79	0.2151	81.946
3	86	0.2216	84.454
4	62	0.1713	65.278
5	42	0.1059	40.366
6	26	0.0456	20.800
7	11	0.0241	9.187
8	1	0.0093	3.550
9	0	0.0032	1.219
10	2	0.000989	0.377

การตรวจสอบภาวะสารูปสนธิ  
โดยใช้  $\chi^2$  จะโดยผลลัพธ์ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.15 จะพบว่า การเข้ามารับ-  
บริการคือลงทะเบียนวิชาเรียนของนิสิตบัณฑิตวิทยาลัยมีการแจกแจง เป็นแบบนิวทอน  
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3.15 แสดงการทดสอบไคสแควร์ของการเข้ามารับบริการ

$O_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2/E_i$
29	17.3050	136.77	7.9
43	52.8697	97.41	1.8425
79	81.9464	8.68	0.1059
86	84.4540	2.39	0.0282
62	65.2787	10.749	0.1646
42	40.3657	2.6709	0.0662
26	20.8004	27.0358	1.2997
11	9.1872	3.286	0.3576
1	3.5506	4.612	0.8959
0	1.2197		
2	0.3771		
รวม		$\chi^2_{test} = 12.6608$	

ในการตรวจสอบนี้ไคสแควร์ทั้งหมดคือ

$$\chi^2_{test} = \sum (O_i - E_i)^2 / E_i = 12.6608$$

องศาอิสระ (Degree of freedom) = 9-1-1 = 7

$$\chi^2 (0.05, 7) = 14.07$$

$$\chi^2_{test} < \chi^2_{(0.05, 7)}$$

การตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าวยอมรับสมมติฐานที่ว่า อัตราการเข้ามา-

รับบริการของนิสิตมีการแจกแจง เป็นแบบนิวของที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนคนที่เข้ามาลงทะเบียนเป็นวิชาเรียนโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $\lambda = 3.0918$  คน/นาที่

### 3.3.2 การวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลเวลาการให้บริการ

ข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการให้บริการนี้มีจำนวนตามขั้นตอนของการให้บริการซึ่งแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

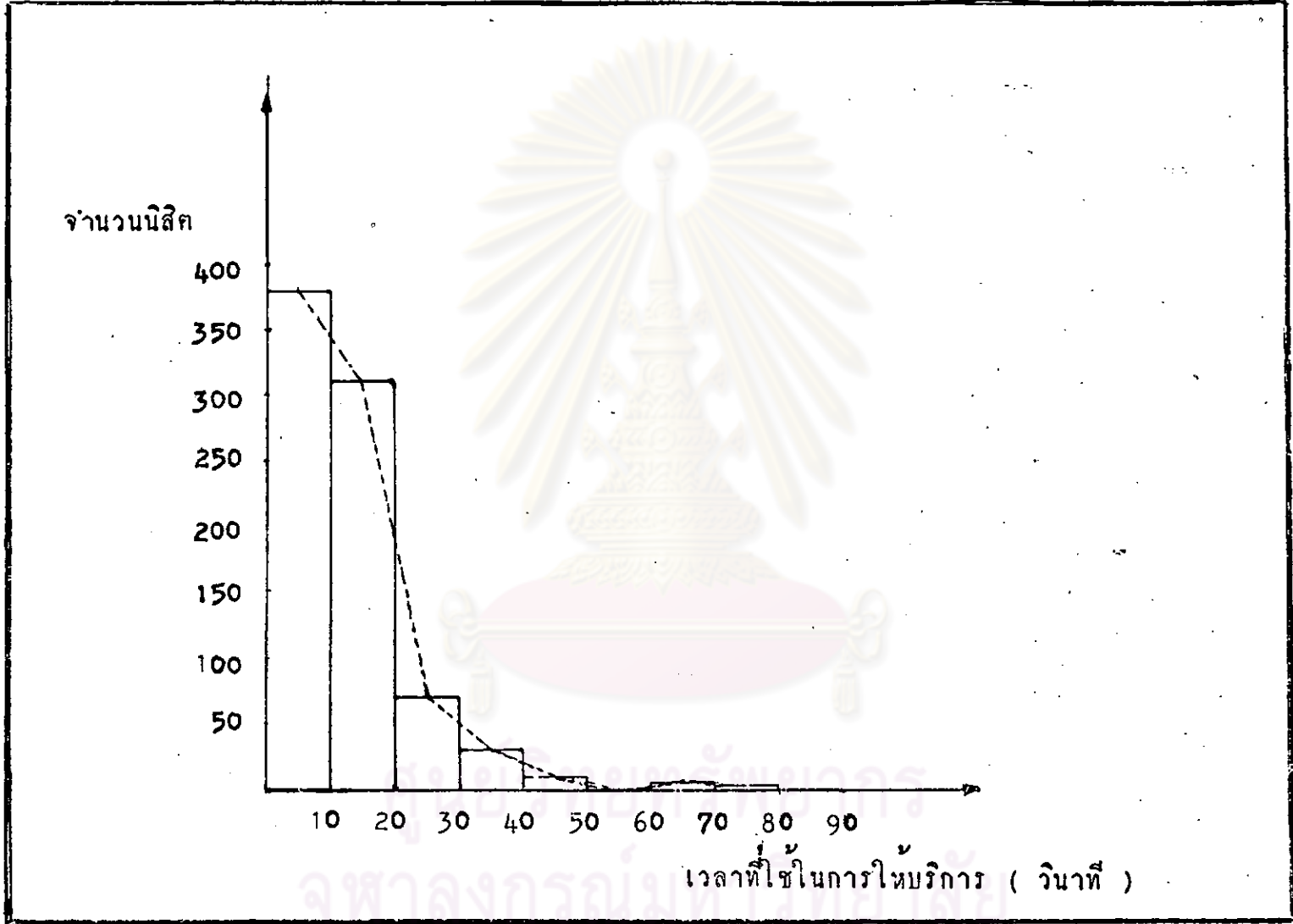
#### 1. การวิเคราะห์และตรวจสอบเวลาการให้บริการในขั้นตอนที่ 1

นำเอาข้อมูลจากตารางที่ 3.3 มาเขียนกราฟแท่ง ( Histogram ) และรูปหลายเหลี่ยมแห่งความถี่ ( Polygon frequency ) ทั้งแสดงในรูปที่ 3.5

รูปลักษณะที่ได้จากกราฟมีรูปแบบคล้ายๆกับการแจกแจงแบบเอกซโปเนนเชียล โดยที่ความถี่ในช่วงแรกของการแจกแจงจะมีค่ามากกว่านั้นค่าความถี่ในช่วงถัดไปค่อยลดลงมาตามลำดับ ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่า " เวลาที่ใช้ในการให้บริการในขั้นตอนที่ 1 มีการแจกแจงแบบเอกซโปเนนเชียล "

ตารางที่ 3.16 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของเวลาการให้บริการในขั้นตอนที่ 1

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่ ( $f_i$ )	จุดกึ่งกลางชั้น ( $x_i$ )	$f_i \cdot x_i$
0 - 10	380	5	1900
10 - 20	312	15	4680
20 - 30	69	25	1725



รูปภาพที่ 3.3 รูปฮิสโตแกรมและรูปหลายเหลี่ยมแนบแนวความถี่ของข้อมูล เวลาการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 3.16 ต่อ

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่ ( $f_1$ )	จุดกึ่งกลางชั้น ( $x_1$ )	$f_1 \cdot x_1$
30 - 40	31	35	1085
40 - 50	11	45	495
50 - 60	9	55	495
60 - 70	0	65	0
70 - 80	6	75	450
80 - 90	3	85	255
มากกว่า 90	1	95	95
รวม	822		11180

จากตารางที่ 3.16 จะได้อาเฉลี่ยของเวลาการให้บริการโดยใช้สูตร

$$\bar{x} = \sum f_1 \cdot x_1 / f_1 = 13.60 \quad i = 1, 2, \dots$$

ค่า  $\bar{x}$  นี้คือค่าเฉลี่ย ( Expected Value =  $E(x)$  )

ค่า  $\bar{x}$  นี้ เท่ากับค่า  $1/m$  โดยประมาณ ค่า  $m$  จะถูกนำเอาไปแทนค่าในความน่าจะเป็นสะสม จะมีค่าเท่ากับ

$$F(x) = 1 - e^{-mx} \quad \text{ซึ่งมีอยู่ในหัวข้อ 2.3.2 ในบทที่ 2}$$

จากนั้นนำเอาค่าความน่าจะเป็นสะสมไปใช้ในการหาความน่าจะเป็นในช่วงเวลาที่ต้องการต่อไป

ตารางที่ 3.17 แสดงการหาความน่าจะเป็นและความถี่ค่าทหรั้งในชั้นตอนที่ 1

เวลาที่ใช้ในการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่ที่สังเกตมา ( $O_i$ )	ความน่าจะเป็น	ความถี่ค่าทหรั้ง ( $E_i$ )
0 - 10	380	0.5206	427.9414
10 - 20	312	0.2496	205.1509
20 - 30	69	0.1196	98.3472
30 - 40	31	0.0574	47.1466
40 - 50	11	0.02749	22.6015
50 - 60	9	0.01318	10.8349
60 - 70	0	0.00632	5.1942
70 - 80	6	0.00303	2.4900
80 - 90	3	0.00145	1.1936
มากกว่า 90	1	0.000696	0.57224
รวม	822		

จากตารางที่ 3.17 ในการหาความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบ - เอกซ์โปเนนเชียล ความน่าจะเป็นได้จากการหาความน่าจะเป็นสะสมที่เวลาของการให้บริการต่างๆเช่น ในช่วง 0 - 10 วินาที จะหาความน่าจะเป็นได้

$$P ( 0 < x < 10 ) = F ( 10 ) - F ( 0 )$$

$$= ( 1 - e^{-10\lambda} ) - ( 1 - e^{-0\lambda} ) = 1 - e^{-10(0.0735)}$$

$$= 0.5206$$

$$0.6843 \quad 0.6839 \quad \frac{3756}{865} = 4.3410$$

244.9659 63

$$0.2058 \quad 0.2067 \quad 1-5 \quad 0.4782$$

และในท่านองเดียวกันค่าความน่าจะเป็นในช่วงอื่นๆก็ใช้วิธีเดียวกันนี้เองมาหาความน่าจะเป็น จากนั้นก็นำเอาค่าความน่าจะเป็นที่ได้นี้ไปหาความถี่คาดหวังโดยใช้สูตร

$$E_i = N \cdot P(x)$$

ตัวอย่างการหาความถี่คาดหวังในช่วง 0 - 10 จะได้เท่ากับ 0.5206 คูณกับ 822 เท่ากับ 427.9415 และในช่วงอื่นก็หาโดยใช้วิธีเดียวกัน

เมื่อได้ความถี่คาดหวังทุกช่วงของเวลาการให้บริการเรียบร้อยแล้วก็นำเอามาใช้ในการตรวจสอบภาวะสารูปสมมติ ทั้งจะแสดงในตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 แสดงการทดสอบไคสแควร์ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 1

$O_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
380	427.941	2298.3394	5.370
312	205.150	11416.746	55.650
69	98.347	861.2464	8.757
31	47.1466	260.7126	5.529
11	22.602	134.606	5.955
9	10.835	3.367	0.3107
0	5.194	0.3025	0.03201
6	2.490		
3	1.194		
1	0.572		
822			81.605



การตรวจสอบภาวะสารูปสนธิ ( goodness of fit test ) โดย  
ใช้ไคสแควร์จะได้นลัพท์ดังแสดงในตารางที่ 3.18 โดยได้  $\chi^2_{test} = 81.605$   
ค่าไคสแควร์ที่ได้จากการทดสอบนำเอามาเปรียบเทียบกับค่าไคสแควร์ที่ได้จากการ  
เปิดตาราง โดยมีองศาแห่งความเป็นอิสระ ( d.f. ) เท่ากับ  $7-1-1 = 5$

$$\chi^2(0.005, 5) = 16.75$$

$$\chi^2_{test} > \chi^2(0.005, 5)$$

การตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าวนี้แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า  
การแจกแจงของเวลาที่ใช้ในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเอกซโปเนนเชียล  
ในทำนองเดียวกันนี้ผู้วิจัยได้เอาข้อมูลนี้ไปตรวจสอบในรูปแบบการแจกแจง  
แบบแกมมาและแบบปกติ ผลการทดสอบก็ปฏิเสธสมมติฐานเช่นกัน ดังนั้น เมื่อการ  
แจกแจงของเวลาการให้บริการไม่เป็นแบบเอกซโปเนนเชียลจึงไม่สามารถทำการ  
วิเคราะห์ระบบแถวคอยโดยใช้ทฤษฎีแถวคอยง่ายๆได้จึงนำเอาเทคนิคการจำลอง-  
แบบมาช่วยในการวิเคราะห์หาค่าคองดังกล่าว

## 2. การวิเคราะห์และตรวจสอบเวลาการให้บริการในขั้นตอนที่ 2

ในการตรวจสอบข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการที่ขั้นตอนที่ 2 โดยใช้  
วิธีการเช่นเดียวกันกับขั้นตอนที่ 1 จะได้อค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการ  
เท่ากับ 17.785 วินาที ในการตรวจสอบเพื่อหารูปแบบการแจกแจงจะพบว่า  
ไม่มีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบเอกซโปเนนเชียล , แบบแกมมา หรือแบบปกติ  
เลย ( รายละเอียดของการทดสอบจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข )

### 3. การวิเคราะห์และตรวจสอบเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 3

ในการตรวจสอบข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 3 จะได้ว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการเท่ากับ 33.03 วินาที และรูปแบบการแจกแจงของเวลาที่ใช้ในการให้บริการได้ใช้วิธีการทดสอบเช่นกันกับชั้นตอนที่ 1 จะพบว่า ไม่มีรูปแบบการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล , แบบแกมมา หรือแบบปกติเลย ( ในการทดสอบแบบเอกซโพเนนเชียลได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข )

### 4. การวิเคราะห์และตรวจสอบเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 4

ในการตรวจสอบข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 4 จะได้ว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.545 วินาที ส่วนรูปแบบการแจกแจงของเวลาที่ใช้ในการให้บริการนั้นได้ใช้วิธีการ เช่นเดียวกับหัวข้อที่ผ่านมาจะพบว่า ไม่มีรูปแบบการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล , แบบแกมมา หรือแบบปกติ เลย

### 5. การวิเคราะห์และตรวจสอบเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 5

ในการตรวจสอบข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 5 จะได้ว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการเท่ากับ 23.65 วินาที และในการตรวจสอบรูปแบบการแจกแจงด้วยวิธีการทดสอบด้วยวิธีการเหมือนชั้นตอนที่ 1 ที่ผ่านมามาจะได้ว่ารูปแบบการแจกแจงไม่มีรูปแบบการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล, แบบแกมมา หรือแบบปกติเลย



## 6. การวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 6

การตรวจสอบที่ใช้วิธีการเหมือนชั้นตอนอื่น ๆ ที่ผ่านมา จะได้อาเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการเท่ากับ 24.847 วินาที ส่วนรูปแบบของการแจกแจงโดยใช้วิธีการเหมือนชั้นตอนอื่น ๆ ที่ผ่านมา จะได้ว่าไม่มีรูปแบบการแจกแจงทั้ง 3 รูปแบบดังกล่าว

## 7. การวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 7

ในการตรวจสอบข้อมูลเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 7 นี้จะนำเอาข้อมูลจากตารางที่ 3.9 มาเขียนกราฟเช่นเดียวกับชั้นตอนที่ 1 ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 3.4

จากลักษณะของกราฟจะเห็นได้ว่ามีรูปลักษณะคล้ายกับการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นในการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลในชั้นตอนที่ 7 นี้จะตั้งสมมติฐานว่า " การแจกแจงของเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอนที่ 7 แจกแจงแบบปกติ " ก่อนที่จะทำการตรวจสอบจะต้องหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเสียก่อน ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 แสดงการหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 7

เวลาการให้บริการ (วินาที)	ความถี่ ( $f_i$ )	จุดกึ่งกลางชั้น ( $x_i$ )	$f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot x_i^2$
20 - 30	77	25	1925	48125

ตารางที่ 3.19 ต่อ

เวลาการให้บริการ ( วินาที )	ความถี่ ( $f_i$ )	จุดกึ่งกลางชั้น ( $x_i$ )	$f_i \cdot x_i$	$f_i \cdot x_i^2$
30 - 40	204	35	7140	24900
40 - 50	75	45	3375	151875
50 - 60	14	55	770	42350
รวม	370		13210	492250

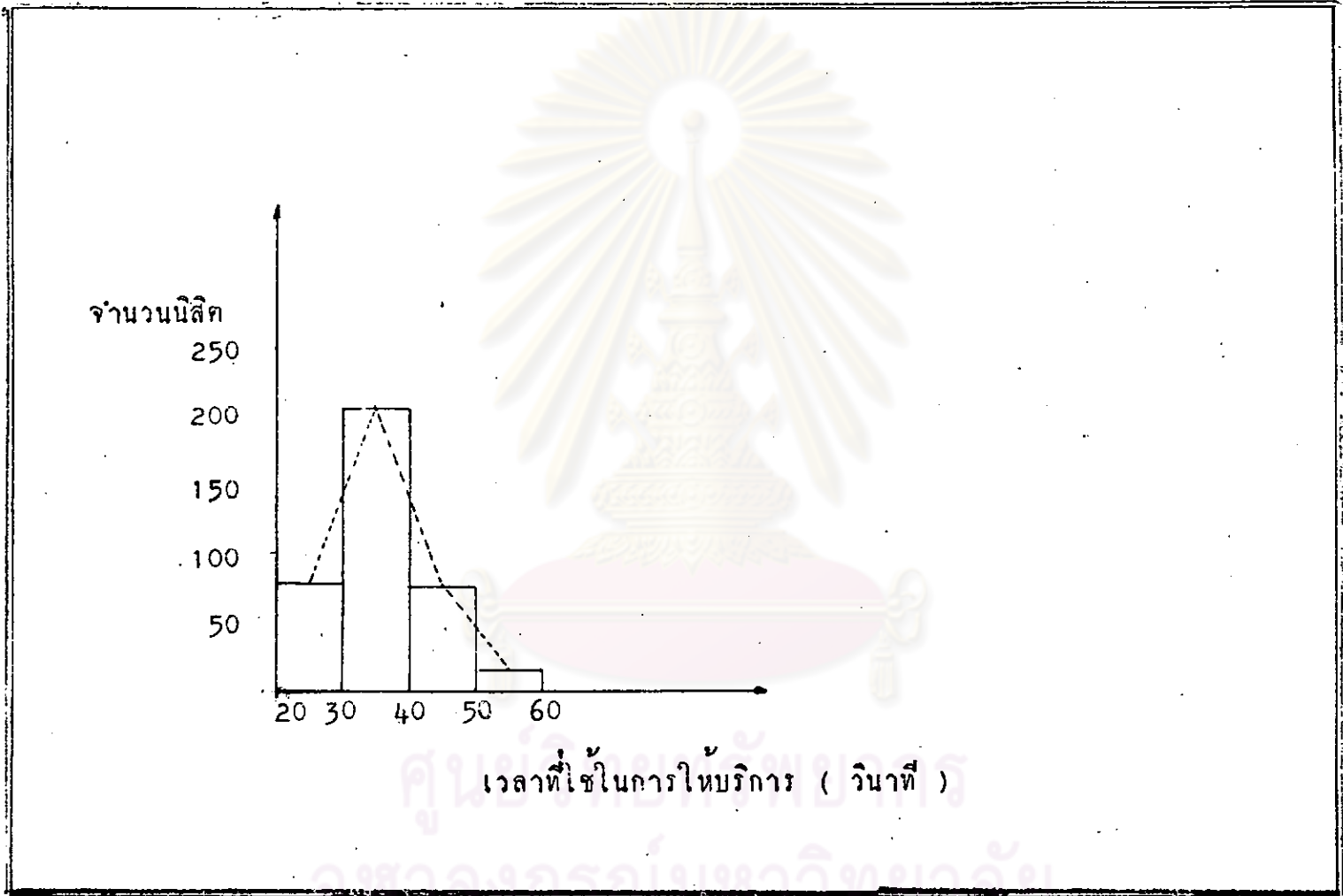
จากตารางที่ 3.19 จะได้  $\bar{x} = \sum f \cdot x / \sum f = 35.7027$   
 $\sigma^2 = [N \cdot \sum f \cdot x^2 - (\sum f \cdot x)^2] / N(N-1)$   
 $= 55.8733$   
 $\sigma = 7.4748$

แปลงค่าเวลาแต่ละช่วงเป็น Z - Score โดยใช้สมการข้างล่างนี้

$$Z = (x - 35.7027) / 7.475$$

เมื่อได้ค่า Z - Score มา ก็จะนำไปหาค่าความน่าจะเป็นตามแบบของการแจกแจงปกติและจะได้จำนวนคนที่คาดหวัง ดังแสดงในตารางที่ 3.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 รูปฮิสโตแกรมและหลายเหลี่ยมแห่งความถี่ของข้อมูลเวลาการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 7

ตารางที่ 3.20 แสดงการหาความน่าจะเป็นและความถี่คาดหวังของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 7

เวลาการใช้บริการ ( วินาที )	ความถี่ ( $f_i$ )	ความน่าจะเป็น	ความถี่คาดหวัง ( $ef_i$ )
20 - 30	77	.2057	76.109
30 - 40	204	.4921	182.077
40 - 50	75	.2562	94.794
50 - 60	14	.0275	10.175
รวม	370	1.000	

จากนั้นก็ทำการตรวจสอบภาวะสารูปสันติที่  
ซึ่งจะทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า " การแจกแจงของเวลาการให้บริการใน  
ชั้นตอนที่ 7 มีการแจกแจงแบบปกติ " ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 3.21

ตารางที่ 3.21 แสดงการทดสอบไคสแควร์ของเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 7

$O_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
77	76.109	.79388	.0104308
204	182.077	480.6179	2.639641

ตารางที่ 3.21 ต่อ

$O_i$	$E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
75	94.794	391.80243	4.1331986
14	10.175	14.630625	1.437399

จากตารางที่ 3.21 จะได้  $\chi^2_{test} = 8.22$  นำไปเปรียบเทียบกับ  $\chi^2_{table}$  ; มีองศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ  $4-1-1 = 2$

$$\chi^2(2, .01) = 9.21$$

$$\chi^2_{test} < \chi^2(2, .01)$$

ผลการทดสอบข้อมูลแสดงว่ายอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า เวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 7 มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.7027 วินาที และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.4748


#### 8. การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล เวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 8

ในการตรวจสอบข้อมูลเวลาการให้บริการในชั้นตอนที่ 8 ได้ดำเนินการตรวจสอบเหมือนกับชั้นตอนต่างๆที่ผ่านมาจะพบว่าไม่มีรูปแบบการแจกแจงทั้ง 3 รูปแบบคือการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล, แบบแกมมา และแบบปกติ ส่วนค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการเท่ากับ 23.15 วินาที

9. การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการให้บริการในชั้นตอน

ที่ 9

ในชั้นตอนที่ 9 นี้ได้ดำเนินการตรวจสอบเช่นกันกับชั้นตอนอื่นจะได้ว่า เวลาที่ใช้ในการให้บริการที่ชั้นตอนที่ 9 มีรูปแบบการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.5% มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการให้บริการเท่ากับ 26.166 วินาทีและความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.1337



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย