บทที่ 4

การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบัน

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง ในกระบวนการพ่นสีของอุตสาหกรรมรถยนต์ จะอาศัยวิธีการจำลองแบบปัญหา (Simulation) ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยการศึกษาระบบงานการซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่เพื่อทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากการศึกษาจะพบว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่องมีอยู่ 2 ปัจจัยคือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง และ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง จากปัจจัยดังกล่าวสามารถนำมากำหนดพารามิเตอร์ (Parameters) ที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาได้ด้วยกัน 2 ส่วน คือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง (λ) และ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง (T_S) จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองค่าด้วยเทคนิคทางสถิติดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาข้อมูลของการซ่อมแซมสีบกพร่อง

การศึกษาข้อมูลของการซ่อมแซมสีบกพร่องนี้ เพื่อหาแนวทางในการกำหนดรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยการศึกษาลักษณะความแตกต่างของข้อมูลแต่ละแบบว่ามีลักษณะอย่างไร จากการศึกษาสามารถแบ่งลักษณะข้อมูลออกเป็น 4 แบบ คือ ข้อมูลรถเก๋งสีธรรมดา ข้อมูลรถเก๋งสีบรอนซ์ ข้อมูลรถกระบะสีธรรมดา และ ข้อมูลรถกระบะสีบรอนซ์

4.1.1 การศึกษาข้อมูลของการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง

การศึกษาข้อมูลของการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง จะพบว่าตัวกำหนดข้อมูลในการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง คือ จำนวนจุดบกพร่องต่อคัน โดยที่ข้อบกพร่องของสีต่าง ๆที่ทำการซ่อมแซมสีในพื้นที่ คือ เม็ดสี (Seeds) สีหลุม (Cratering) สีไหล (Running) สีเดือด (Boiling) และ สีบาง (Thin Paint)

การศึกษาข้อมูลของจำนวนจุดบกพร่อง ของรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องทั้ง 4 แบบโดยการเก็บข้อมูลในช่วง เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2538 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.1.2 การศึกษาข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง

การศึกษาข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง จะต้องสอดคล้องกับข้อมูลของการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง ดังนั้นในการศึกษาลักษณะความแตกต่างของข้อมูลแบบต่าง ๆ โดยการศึกษาข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องแต่ละแบบซึ่งจะเป็นข้อมูลชุดเดียวกันที่ช่วง เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2538 แต่จะทำการสุ่มข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของแต่ละแบบ โดยแบบละ 100 ข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.1.3 การศึกษาข้อมูลของแบบจำลองปัญหา

การศึกษาข้อมูลของแบบจำลองปัญหา จะแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือการศึกษาอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง และ การศึกษาเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง โดยการศึกษาข้อมูลในตารางที่ 1.1 พบว่าจำนวนรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องในเดือนกันยายน พ.ศ. 2538 มีจำนวนรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องมีปริมาณมากที่สุด คือ 809 คัน จากเหตุผลนี้ทำให้เลือกใช้ข้อมูลเดือนกันยายน พ.ศ. 2538 เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดในการจำลองแบบปัญหา และเลือกใช้ข้อมูลในช่วงสัปดาห์ที่ 2 - 3 ของเดือนกันยายน พ.ศ. 2538 คือเริ่มตั้งแต่วันที่ 9 ถึง 20 เดือนกันยายน พ.ศ. 2538 ด้วยเหตุผลที่ว่ากลุ่มทำงานในช่วงเวลาดังกล่าวจะเป็นกลุ่มเดียวกันตลอดช่วงเวลา และเป็นกลุ่มทำงานที่มีประสบการณ์ในการซ่อมแซมสีบกพร่องดีมาก

การศึกษาอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง จะทำศึกษาโดยการจำแนกข้อมูลจากรายงานการซ่อมแซมสีบกพร่อง ประจำวันตั้งแต่วันที่ 9 ถึง 20 กันยายน พ.ศ. 2538 (ตัวอย่างรายงานแสดงในภาคผนวกที่ 1) ออกเป็นแต่ละชั่วโมงๆ ตั้งแต่เวลา 8:00 - 17:00 น. และ 20:00 - 05:00 น. ดังแสดงในตารางที่ 4.3

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 พบว่าช่วงเวลา 8:00 - 17:00 น. จะมีความหนาแน่นของรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่องมาก และ ปัญหาแถวคอยเกิดขึ้นสูงกว่าช่วงเวลา 20:00 - 05:00 น. ดังนั้นจึงควรใช้ข้อมูลในช่วงเวลา 8:00 - 17:00 น. เป็นตัวแทนของข้อมูลในการจำลองแบบปัญหา

หน่วย : จุดบกพร่อง ต่อ คัน

2538 / ข้อบกพร่อง		เม็ดสี	สีหลุม	สีไหล	สีเดือด	สีบาง	อื่น ๆ
ก.ค.	รถเก๋ง ธรรมดา	7.14	0.65	0.71	0.28	0.27	0.47
	รถเก๋ง บรอนซ์	8.90	0.48	0.23	0.13	0.30	0.14
	รถกระบะ ธรรมดา	7.19	0.48	0.26	0.20	0.33	0.18
	รถกระบะ บรอนซ์	9.08	0.72	0.24	0.29	0.26	0.37
ส.ค.	รถเก๋ง ธรรมดา	7.23	0.54	0.60	0.30	0.28	0.26
	รถเก๋ง บรอนซ์	8.63	0.65	0.44	0.34	0.23	0.17
	รถกระบะ ธรรมดา	9.28	0.64	0.48	0.35	0.31	0.17
	รถกระบะ บรอนซ์	8.79	0.84	0.46	0.44	0.37	0.25
ก.ย.	รถเก๋ง ธรรมดา	7.63	0.61	0.49	0.31	0.22	0.20
	รถเก๋ง บรอนซ์	8.78	0.66	0.38	0.42	0.36	0.24
	รถกระบะ ธรรมดา	8.62	0.70	0.47	0.44	0.42	0.30
	รถกระบะ บรอนซ์	8.68	0.64	0.31	0.48	0.47	0.26
ต.ค.	รถเก๋ง ธรรมดา	8.63	0.57	0.46	0.26	0.17	0.29
	รถเก๋ง บรอนซ์	8.38	0.64	0.55	0.50	0.44	0.36
	รถกระบะ ธรรมดา	8.19	0.79	0.75	0.48	0.51	0.18
	รถกระบะ บรอนซ์	8.95	0.76	0.45	0.35	0.28	0.29
พ.ย.	รถเก๋ง ธรรมดา	8.12	0.44	0.29	0.27	0.17	0.16
	รถเก๋ง บรอนซ์	8.43	0.52	0.30	0.35	0.20	0.30
	รถกระบะ ธรรมดา	10.26	0.71	0.37	0.38	0.23	0.41
	รถกระบะ บรอนซ์	8.61	0.80	0.39	0.42	0.34	0.36
ธ.ค.	รถเก๋ง ธรรมดา	7.55	0.35	0.21	0.28	0.21	0.20
	รถเก๋ง บรอนซ์	8.48	0.50	0.93	0.25	0.21	0.14
	รถกระบะ ธรรมดา	8.38	0.49	0.92	0.04	0.27	0.18
	รถกระบะ บรอนซ์	8.53	0.62	0.47	0.46	0.31	0.23

ที่มา : รายงานจุดบกพร่องสีของหน่วยซ่อมแซมสีบกพ่อง (2538)

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนจุดบกพร่องเฉลี่ยต่อคันของรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง

ช่วงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	ประเภทรถยนต์ : รถเก๋ง		ประเภทรถยนต์ : รถกระบะ	
	สีธรรมดา (คัน)	สีบรอนซ์ (คัน)	สีธรรมดา (คัน)	สีบรอนซ์ (คัน)
15 - 20	1	1	-	2
20 - 25	2	3	8	4
25 - 30	6	10	10	7
30 - 35	14	9	13	11
35 - 40	18	17	16	18
40 - 45	20	21	21	23
45 - 50	17	15	15	14
50 - 55	12	11	6	10
55 - 60	8	6	7	7
60 - 65	2	5	4	3
65 - 70	-	2	-	1
ผลรวม	100	100	100	100

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง (ก.ค. - ธ.ค. 2538)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลา / วันที่	9	10	11	12	13		16	17	18	19	20	รวม	เฉลี่ย
08 ~ 09	5	1	7	1	4		3	7	2	5	6	41	4.10
09 ~ 10	4	6	5	3	2		3	4	5	4	3	39	3.90
10 ~ 11	3	9	2	3	2		2	3	4	2	4	34	3.40
11 ~ 12	2	4	3	2	6		7	5	1	3	2	35	3.50
13 ~ 14	3	3	10	5	4		3	2	8	4	3	45	4.50
14 ~ 15	5	6	4	8	2		8	3	1	3	2	42	4.20
15 ~ 16	6	3	2	2	7		4	2	6	4	3	39	3.90
16 ~ 17	4	2	3	6	3		3	5	4	2	5	37	3.70
20 ~ 21	3	8	3	2	3		5	1	2	3	2	32	3.20
21 ~ 22	4	1	2	3	3		2	7	4	3	2	31	3.10
22 ~ 23	3	4	2	6	1		3	1	2	4	3	29	2.90
23 ~ 24	3	2	7	1	2		1	2	4	2	1	25	2.50
01 ~ 02	2	5	1	4	3		3	2	1	3	2	26	2.60
02 ~ 03	2	3	6	2	4		2	3	1	2	3	28	2.80
03 ~ 04	1	3	2	3	1		2	2	4	3	4	25	2.50
04 ~ 05	3	4	3	2	4		5	3	2	1	3	30	3.00

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนรถที่เข้าซ่อมแซมสึบกพร่องในช่วงเวลาต่าง ๆ (9 - 20 ก.ย. 2538)

ส่วนการศึกษาเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง จะต้องสอดคล้องกับการศึกษาอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง ดังนั้นจะต้องใช้ข้อมูลชุดเดียวกันในการศึกษา คือ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 9 ถึง 20 กันยายน 2538 ในช่วงเวลา 8:00 - 17:00 น. เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดในการจำลองแบบปัญหาเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของการซ่อมแซมสีบกพร่อง

การวิเคราะห์ข้อมูล คือการทดสอบความถูกต้องของตัวแปร หรือพารามิเตอร์ที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ ว่ามีความถูกต้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ การวิเคราะห์ข้อมูลจะอาศัยหลักการของเทคนิคทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์

4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาว่า ลักษณะความแตกต่างของข้อมูลแต่ละแบบนั้นเป็นอย่างไร การวิเคราะห์จะใช้เทคนิคการสร้างแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เข้ามาช่วยในการแยกแยะปัญหาข้อบกพร่องสี โดยการนำข้อมูลจากตารางที่ 4.1 มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะข้อมูลทั้ง 4 แบบ ดังนี้คือ

1. ข้อมูลรถเก๋ง สีธรรมดา ดังแสดงในตารางที่ 4.5
2. ข้อมูลรถเก๋ง สีบรอนซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.6
3. ข้อมูลรถกระบะ สีธรรมดา ดังแสดงในตารางที่ 4.7
4. ข้อมูลรถกระบะ สีบรอนซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้แต่ละแบบไปสร้างแผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาว่า ลักษณะความแตกต่างของข้อมูลแต่ละแบบนั้นเป็นอย่างไรเช่นกัน เพื่อให้สอดคล้องและเป็นการยืนยันกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านมานั้น ว่ามี

ช่วงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	จำนวนรถที่รับการซ่อมแซมสี (คัน)
15 - 20	8
20 - 25	17
25 - 30	23
30 - 35	28
35 - 40	47
40 - 45	59
45 - 50	56
50 - 55	39
55 - 60	14
60 - 65	16
65 - 70	5
ผลรวม	312

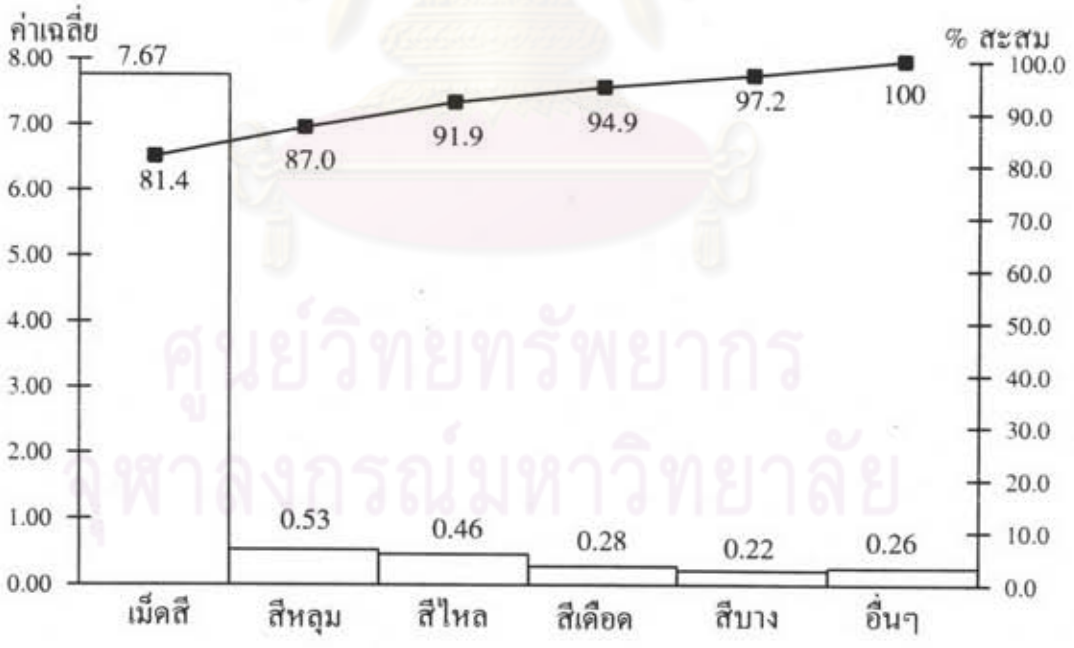
ตารางที่ 4.4 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วย : จุดบกพร่อง ต่อ คัน

ข้อบกพร่อง	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ค่าเฉลี่ย	ค่าสะสม	%
1. เม็ดสี	7.14	7.23	7.63	8.36	8.12	7.55	7.67	7.67	81.4
2. สีหลุม	0.65	0.54	0.61	0.57	0.44	0.35	0.53	8.20	87.0
3. สีไหล	0.71	0.60	0.49	0.46	0.29	0.21	0.46	8.66	91.9
4. สีเดือด	0.28	0.30	0.31	0.26	0.27	0.28	0.28	8.94	94.9
5. สีบาง	0.27	0.28	0.22	0.17	0.17	0.21	0.22	9.16	97.2
6. อื่น ๆ	0.47	0.26	0.20	0.29	0.16	0.20	0.26	9.42	100.0
ผลรวม	9.52	9.21	9.46	10.11	9.45	8.80	9.42	-	-

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนจุดบกพร่องเฉลี่ยต่อคันของรถเก๋ง สีธรรมดา



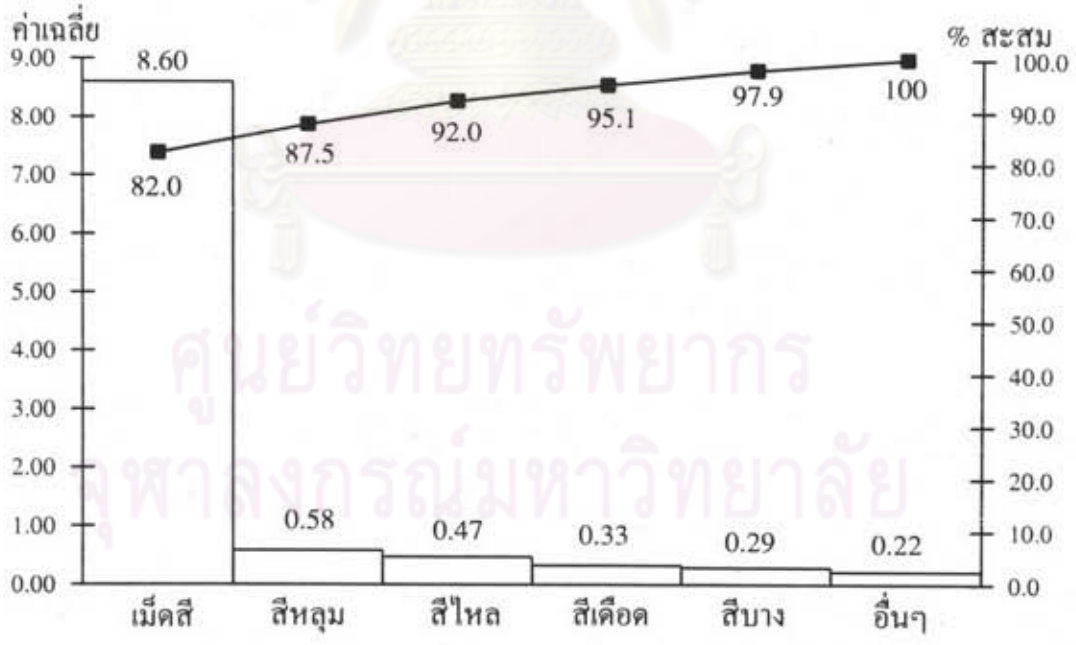
รูปที่ 4.1 แสดงแผนภูมิพาเรโตของรถเก๋ง สีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วย : จุดบกพร่อง ต่อ คัน

ข้อบกพร่อง	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ค่าเฉลี่ย	ค่าสะสม	%
1. เม็ดสี	8.90	8.63	8.78	8.38	8.43	8.48	8.60	8.60	82.0
2. สีหลุม	0.48	0.65	0.66	0.64	0.52	0.50	0.58	9.18	87.5
3. สีไหล	0.23	0.44	0.38	0.55	0.30	0.93	0.47	9.65	92.0
4. สีเดือด	0.13	0.34	0.42	0.50	0.35	0.25	0.33	9.98	95.1
5. สีบาง	0.30	0.23	0.36	0.44	0.20	0.21	0.29	10.27	97.9
6. อื่น ๆ	0.14	0.17	0.24	0.36	0.30	0.14	0.22	10.49	100.0
ผลรวม	10.18	10.46	10.84	10.87	10.10	10.51	10.49	-	-

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนจุดบกพร่องเฉลี่ยต่อคันของรถเก๋ง สีบรอนซ์



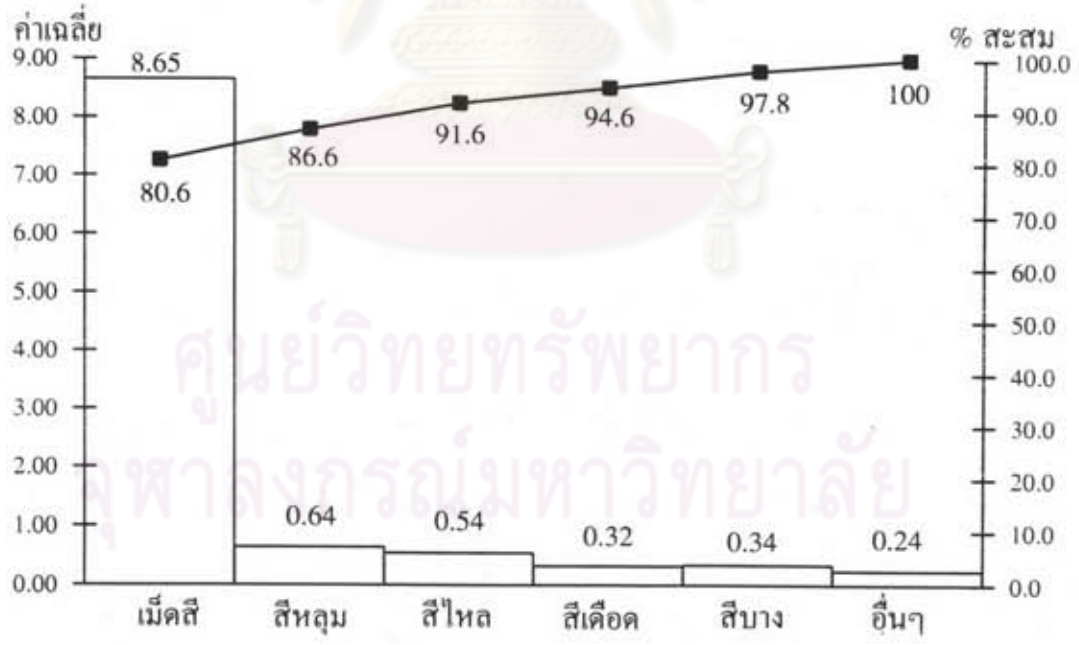
รูปที่ 4.2 แสดงแผนภูมิพาเรโตของรถเก๋ง สีบรอนซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วย : จุดบกพร่อง ต่อ คัน

ข้อบกพร่อง	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ค่าเฉลี่ย	ค่าสะสม	%
1. เม็ดสี	7.19	9.28	8.62	8.19	10.26	8.38	8.65	8.65	80.6
2. สีหลุม	0.48	0.64	0.7	0.79	0.71	0.49	0.64	9.29	86.6
3. สีไหล	0.26	0.48	0.47	0.75	0.37	0.92	0.54	9.83	91.6
4. สีเดือด	0.2	0.35	0.44	0.48	0.38	0.04	0.32	10.15	94.6
5. สีบาง	0.33	0.31	0.42	0.51	0.23	0.27	0.34	10.49	97.8
6. อื่น ๆ	0.18	0.17	0.30	0.18	0.41	0.18	0.24	10.73	100.0
ผลรวม	8.64	11.23	10.95	10.90	12.36	10.28	10.73	-	-

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนจุดบกพร่องเฉลี่ยต่อคันของรถกระบะ สีธรรมดา



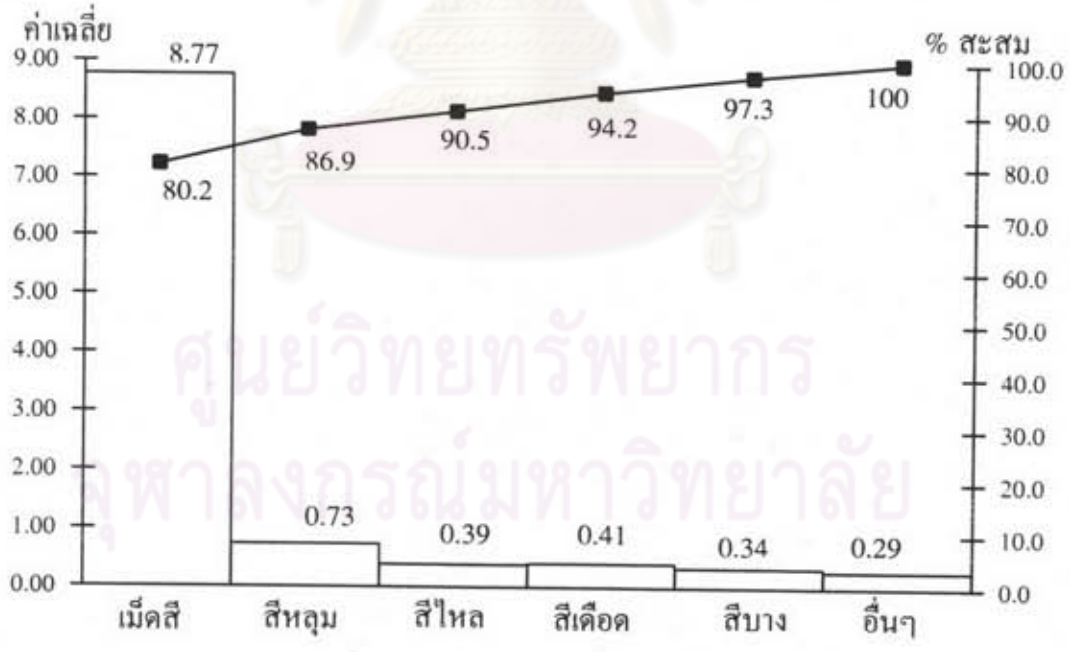
รูปที่ 4.3 แสดงแผนภูมิพาเรโตของรถกระบะ สีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วย : จุดบกพร่อง ต่อ คัน

ข้อบกพร่อง	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ค่าเฉลี่ย	ค่าสะสม	%
1. เม็ดสี	9.08	8.79	8.68	8.95	8.61	8.53	8.77	8.77	80.2
2. สีหลุม	0.72	0.84	0.64	0.76	0.80	0.62	0.73	9.50	86.9
3. สีไหล	0.24	0.46	0.31	0.45	0.39	0.47	0.39	9.89	90.5
4. สีเดือด	0.29	0.44	0.48	0.35	0.42	0.46	0.41	10.30	94.2
5. สีบาง	0.26	0.37	0.47	0.28	0.34	0.31	0.34	10.64	97.3
6. อื่น ๆ	0.37	0.25	0.26	0.29	0.36	0.23	0.29	10.93	100.0
ผลรวม	10.96	11.15	10.84	11.08	10.92	10.62	10.93	-	-

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนจุดบกพร่องเฉลี่ยต่อคันของรถกระบะ สีบรอนซ์



รูปที่ 4.4 แสดงแผนภูมิพาเรโตของรถกระบะ สีบรอนซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความถูกต้องตามหลักการที่ตั้งไว้ การวิเคราะห์นี้จะใช้วิธีการทดสอบสมมติฐาน จากหัวข้อ 2.2.4 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร โดยที่การทดสอบนี้มีข้อกำหนดที่สำคัญอยู่ 2 ข้อกำหนดคือ ข้อมูลที่นำมาทดสอบจะต้องเป็นข้อมูลที่สุ่มตัวอย่างมาโดยอิสระ และ ข้อมูลต้องมีลักษณะการกระจายแบบปกติ

นำข้อมูลจากตารางที่ 4.2 มาแยกออกตามลักษณะแต่ละแบบ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4.9 4.12 4.15 และ 4.18 ตามลำดับ จะได้ผลดังนี้ คือ

(1) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถเก๋ง สีธรรมดา (μ_1)มีค่าเท่ากับ 42.30 นาที และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ_1) เท่ากับ 9.45 นาที

(2) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถเก๋ง สีบรอนซ์ (μ_2)มีค่าเท่ากับ 42.65 นาที และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ_2) เท่ากับ 10.77 นาที

(3) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถกระบะ สีธรรมดา (μ_3) มีค่าเท่ากับ 40.50 นาที และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ_3) เท่ากับ 10.49 นาที

(4) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถกระบะ สีบรอนซ์ (μ_4) มีค่าเท่ากับ 41.75 นาที และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ_4) เท่ากับ 10.38 นาที

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟความถี่ฮิสโตแกรมและกราฟความถี่โพลิกอน เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายของข้อมูลว่ามีการกระจายแบบปกติหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 4.6 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

ต่อจากนั้นนำข้อมูลของแต่ละแบบไปทดสอบสมมติฐานว่า ข้อมูลของแต่ละแบบมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ จะทดสอบวิธีการแบบไคสแควร์ โดยการตั้งสมมติฐาน ดังนี้

H_0 คือ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง มีการกระจายแบบปกติ

H_1 คือ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง ไม่ใช่การกระจายแบบปกติ

โดยที่เงื่อนไขของการยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ ค่า χ^2 ทดสอบจะต้องมีค่าน้อยกว่า $\chi^2_{\alpha,\nu}$ ที่เปิดจากตาราง

จากผลการทดสอบแบบไคสแควร์ จะได้ผลดังต่อไปนี้

(1) การทดสอบแบบไคสแควร์ของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถเก๋ง สีธรรมดา ค่าทดสอบเท่ากับ 2.4528 ส่วนค่าจากตาราง $\chi^2_{0.05,7}$ เท่ากับ 14.067 ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11 จากการที่ค่าทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง แสดงว่าการทดสอบนี้ยอมรับ H_O นั่นคือข้อมูลของรถเก๋ง สีธรรมดา มีลักษณะการกระจายแบบปกติ

(2) การทดสอบแบบไคสแควร์ของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถเก๋ง สีบรอนซ์ ค่าทดสอบเท่ากับ 4.0123 ส่วนค่าจากตาราง $\chi^2_{0.05,8}$ เท่ากับ 15.507 ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14 จากการที่ค่าทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง แสดงว่าการทดสอบนี้ยอมรับ H_O นั่นคือข้อมูลของรถเก๋ง สีบรอนซ์ มีลักษณะการกระจายแบบปกติ

(3) การทดสอบแบบไคสแควร์ของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถกระบะ สีธรรมดา ค่าทดสอบเท่ากับ 7.3601 ส่วนค่าจากตาราง $\chi^2_{0.05,6}$ เท่ากับ 12.592 ดังแสดงในตารางที่ 4.16 และ 4.17 จากการที่ค่าทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง แสดงว่าการทดสอบนี้ยอมรับ H_O นั่นคือข้อมูลของรถกระบะ สีธรรมดา มีลักษณะการกระจายแบบปกติ

(4) การทดสอบแบบไคสแควร์ของข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถกระบะ สีบรอนซ์ ค่าทดสอบเท่ากับ 2.2340 ส่วนค่าจากตาราง $\chi^2_{0.05,8}$ เท่ากับ 15.507 ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และ 4.20 จากการที่ค่าทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าจากตาราง แสดงว่าการทดสอบนี้ยอมรับ H_O นั่นคือข้อมูลของรถกระบะ สีบรอนซ์ มีลักษณะการกระจายแบบปกติ

จากการทดสอบสรุปได้ว่า ลักษณะข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องทั้ง 4 แบบมีลักษณะข้อมูลที่มีการกระจายแบบปกติทั้งหมด

ขั้นตอนต่อมาก็คือ การทดสอบความแตกต่างของลักษณะข้อมูลเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องด้วยสมมติฐานที่เกี่ยวกับผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร ($\mu_A : \mu_B$) โดยการตั้งสมมติฐานดังนี้ คือ

H_O คือ $\mu_A = \mu_B$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองเท่ากัน

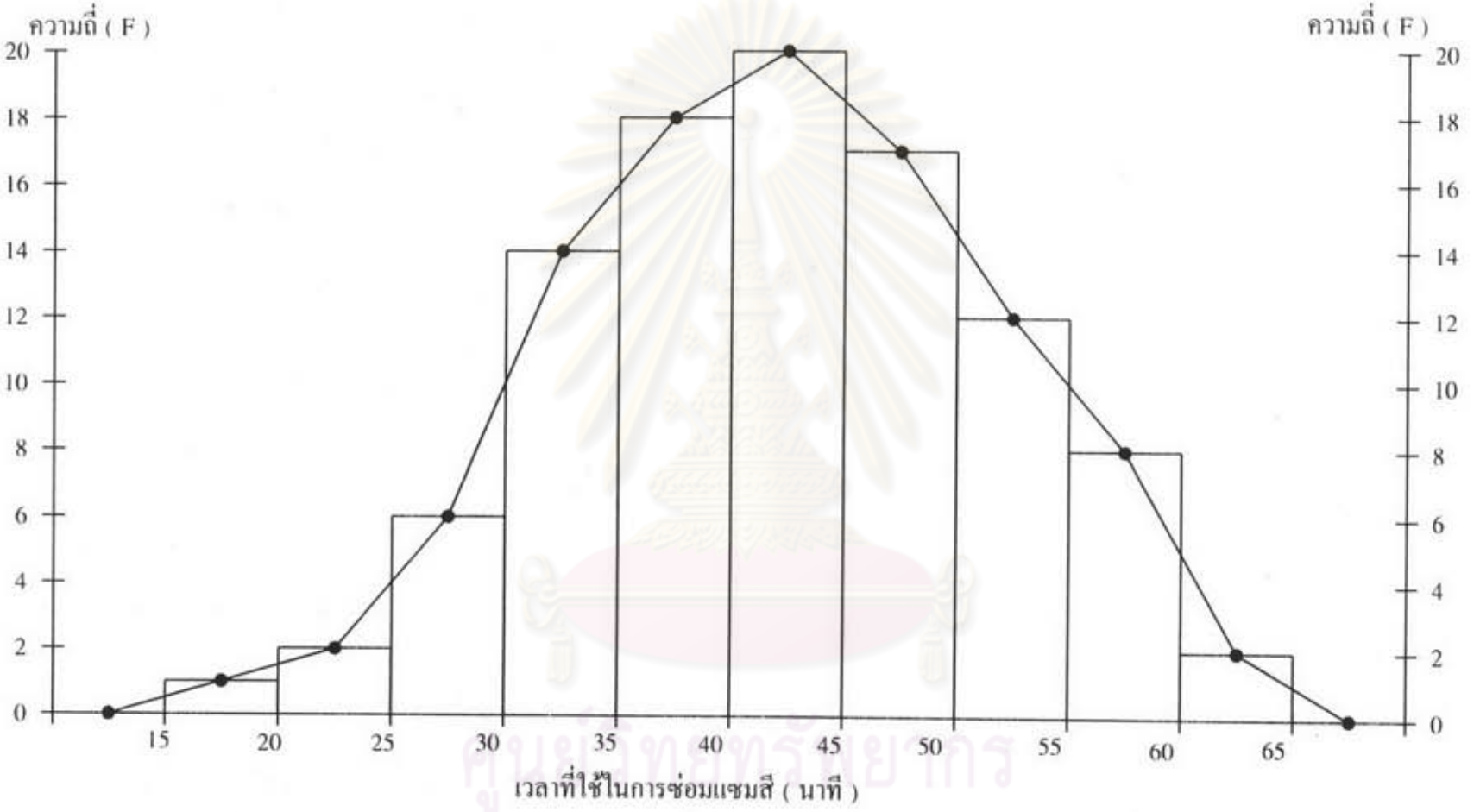
H_1 คือ $\mu_A \neq \mu_B$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่เท่ากัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	ความถี่ (คัน) F_i	จุดกึ่งกลาง T_i	FT	FT^2
15 - 20	1	17.5	17.50	306.25
20 - 25	2	22.5	45.00	1012.50
25 - 30	6	27.5	165.00	4537.50
30 - 35	14	32.5	455.00	14787.50
35 - 40	18	37.5	675.00	25312.50
40 - 45	20	42.5	850.00	36125.00
45 - 50	17	47.5	807.50	38356.25
50 - 55	12	52.5	630.00	33075.00
55 - 60	8	57.5	460.00	26450.00
60 - 65	2	62.5	125.00	7812.50
ผลรวม	100	-	4230.00	187775.00
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีของรถเก๋ง สีธรรมดา			42.30	
ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			9.45	

ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถเก๋ง สีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงความถี่ฮิสโตแกรมและโพลิกอนของเวลาซ่อมแซมสี รถเก๋งสีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	จำนวนรถตามจริง O_i	ความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล P(X)	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i
15 - 20	1	0.0072	0.72
20 - 25	2	0.0244	2.44
25 - 30	6	0.0930	9.30
30 - 35	14	0.1235	12.35
35 - 40	18	0.1840	18.40
40 - 45	20	0.2086	20.86
45 - 50	17	0.1799	17.99
50 - 55	12	0.1180	11.80
55 - 60	8	0.0590	5.90
60 - 65	2	0.0223	2.23
ผลรวม	100		

ตารางที่ 4.10 แสดงจำนวนรถเก๋ง สีธรรมดาที่ซ่อมแซมสีตามจริง และตามทฤษฎี

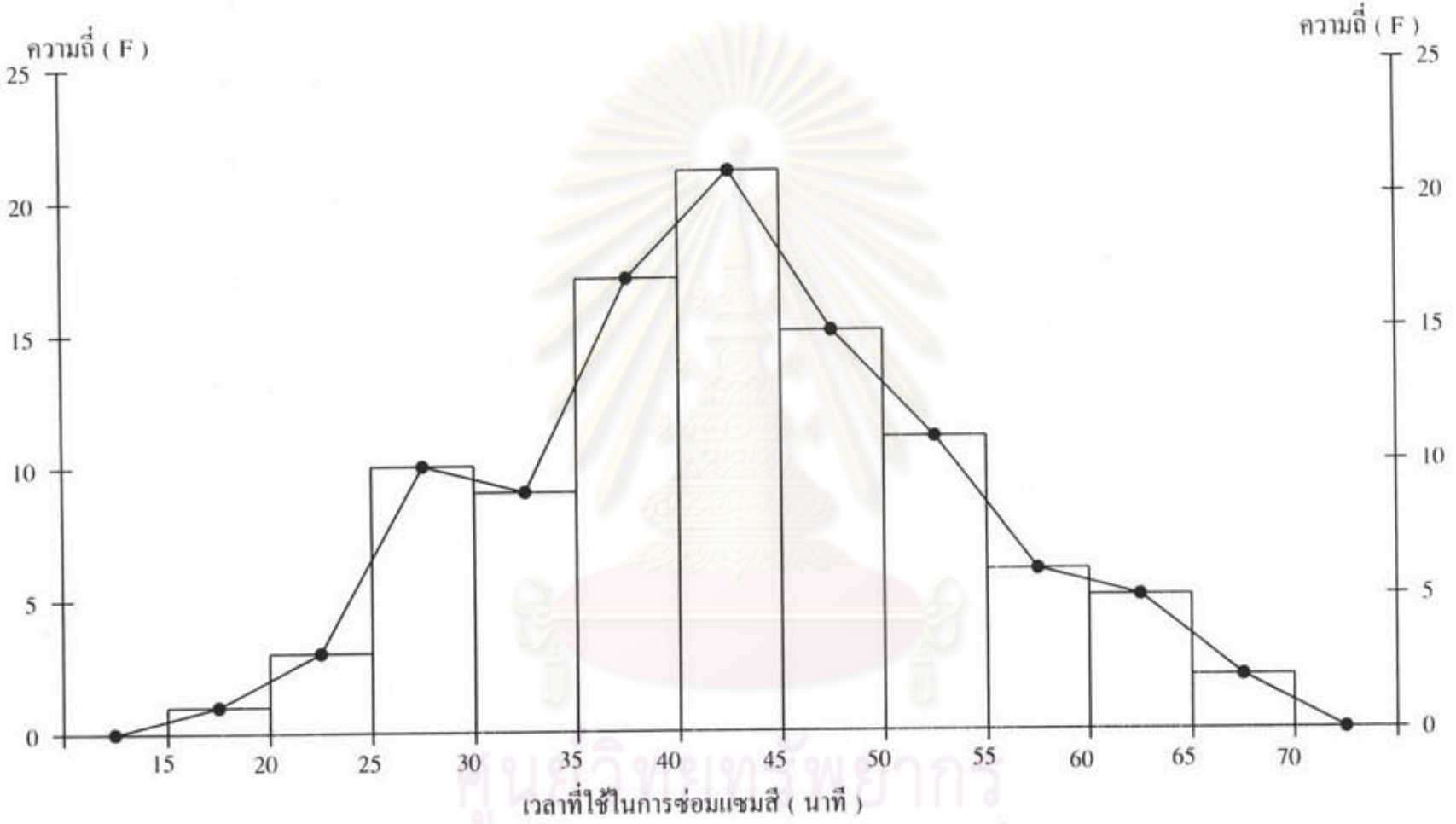
จำนวนรถตามจริง O_i	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	0.72	0.0784	0.1089
2	2.44	0.1936	0.0793
6	9.30	10.8900	1.1710
14	12.35	2.7225	0.2204
18	18.40	0.1600	0.0087
20	20.86	0.7396	0.0355
17	17.99	0.9801	0.0545
12	11.80	0.0400	0.0034
8	5.90	4.4100	0.7475
2	2.23	0.0529	0.0237
ค่าทดสอบแบบไคสแควร์เท่ากับ			2.4528

ตารางที่ 4.11 แสดงการทดสอบแบบไคสแควร์ของรถเก๋ง สีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	ความถี่ (คัน) F_i	จุดกึ่งกลาง T_i	FT	FT^2
15 - 20	1	17.5	17.50	306.25
20 - 25	3	22.5	67.50	1518.75
25 - 30	10	27.5	275.00	7562.50
30 - 35	9	32.5	292.50	9506.25
35 - 40	17	37.5	637.50	23906.25
40 - 45	21	42.5	892.50	37931.25
45 - 50	15	47.5	712.50	33843.75
50 - 55	11	52.5	577.50	30318.75
55 - 60	6	57.5	345.00	19837.50
60 - 65	5	62.5	312.50	19531.25
65 - 70	2	67.5	135.00	9112.50
ผลรวม	100	-	4265.00	193375.00
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีของรถเก๋ง สีบรอนซ์			42.65	
ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			10.77	

ตารางที่ 4.12 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถเก๋ง สีบรอนซ์



รูปที่ 4.6 แสดงความถี่ฮิสโตแกรมและโพลิกอนของเวลาซ่อมแซมสี รถเก๋งสีบรอนซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	จำนวนรถตามจริง O_i	ความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล P(X)	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i
15 - 20	1	0.0126	1.26
20 - 25	3	0.0329	3.29
25 - 30	10	0.0694	6.94
30 - 35	9	0.1189	11.89
35 - 40	17	0.164	16.40
40 - 45	21	0.1834	18.34
45 - 50	15	0.1660	16.60
50 - 55	11	0.122	12.20
55 - 60	6	0.0721	7.21
60 - 65	5	0.0346	3.46
65 - 70	2	0.0135	1.35
ผลรวม	100		

ตารางที่ 4.13 แสดงจำนวนรถเก๋ง สีบรอนซ์ที่ซ่อมแซมสีตามจริง และตามทฤษฎี

จำนวนรถตามจริง O_i	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	1.26	0.0676	0.0537
3	3.29	0.0841	0.0256
10	6.94	9.3636	1.3492
9	11.89	8.3521	0.7024
17	16.40	0.3600	0.0220
21	18.34	7.0756	0.3858
15	16.60	2.5600	0.1542
11	12.20	1.4400	0.1180
6	7.21	1.4641	0.2031
5	3.46	2.3716	0.6854
2	1.35	0.4225	0.3130
ค่าทดสอบแบบไคสแควร์เท่ากับ			4.0123

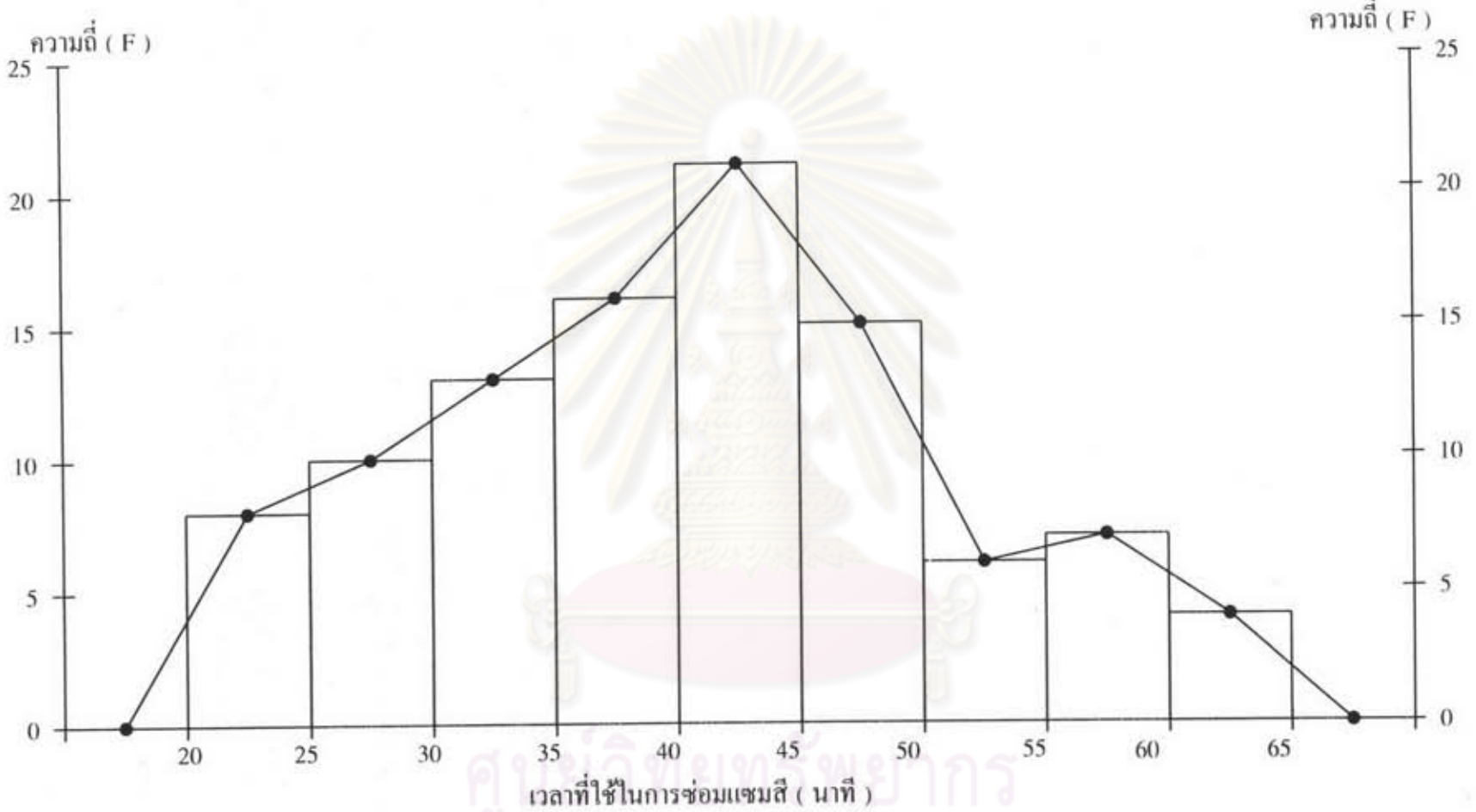
ตารางที่ 4.14 แสดงการทดสอบแบบไคสแควร์ของรถเก๋ง สีบรอนซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	ความถี่ (คัน) F_i	จุดกึ่งกลาง T_i	FT	FT^2
20 - 25	8	22.5	180.00	4050.00
25 - 30	10	27.5	275.00	7562.50
30 - 35	13	32.5	422.50	13731.25
35 - 40	16	37.5	600.00	22500.00
40 - 45	21	42.5	892.50	37931.25
45 - 50	15	47.5	712.50	33843.75
50 - 55	6	52.5	315.00	16537.50
55 - 60	7	57.5	402.50	23143.75
60 - 65	4	62.5	250.00	15625.00
ผลรวม	100	-	4050.00	174925.00
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีของรถกระบะ สีธรรมดา			40.50	
ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			10.49	

ตารางที่ 4.15 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถกระบะ สีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 แสดงความถี่ฮิสโตแกรมและโพลิกอนของเวลาซ่อมแซมสี รถกระบะสีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	จำนวนรถตามจริง O_i	ความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล P(X)	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i
20 - 25	8	0.0443	4.43
25 - 30	10	0.0887	8.87
30 - 35	13	0.1417	14.17
35 - 40	16	0.1808	18.08
40 - 45	21	0.1855	18.55
45 - 50	15	0.1511	15.11
50 - 55	6	0.0990	9.90
55 - 60	7	0.0520	5.20
60 - 65	4	0.0218	2.18
ผลรวม	100		

ตารางที่ 4.16 แสดงจำนวนรถกระบะ สีธรรมดาที่ซ่อมแซมสีตามจริง และตามทฤษฎี

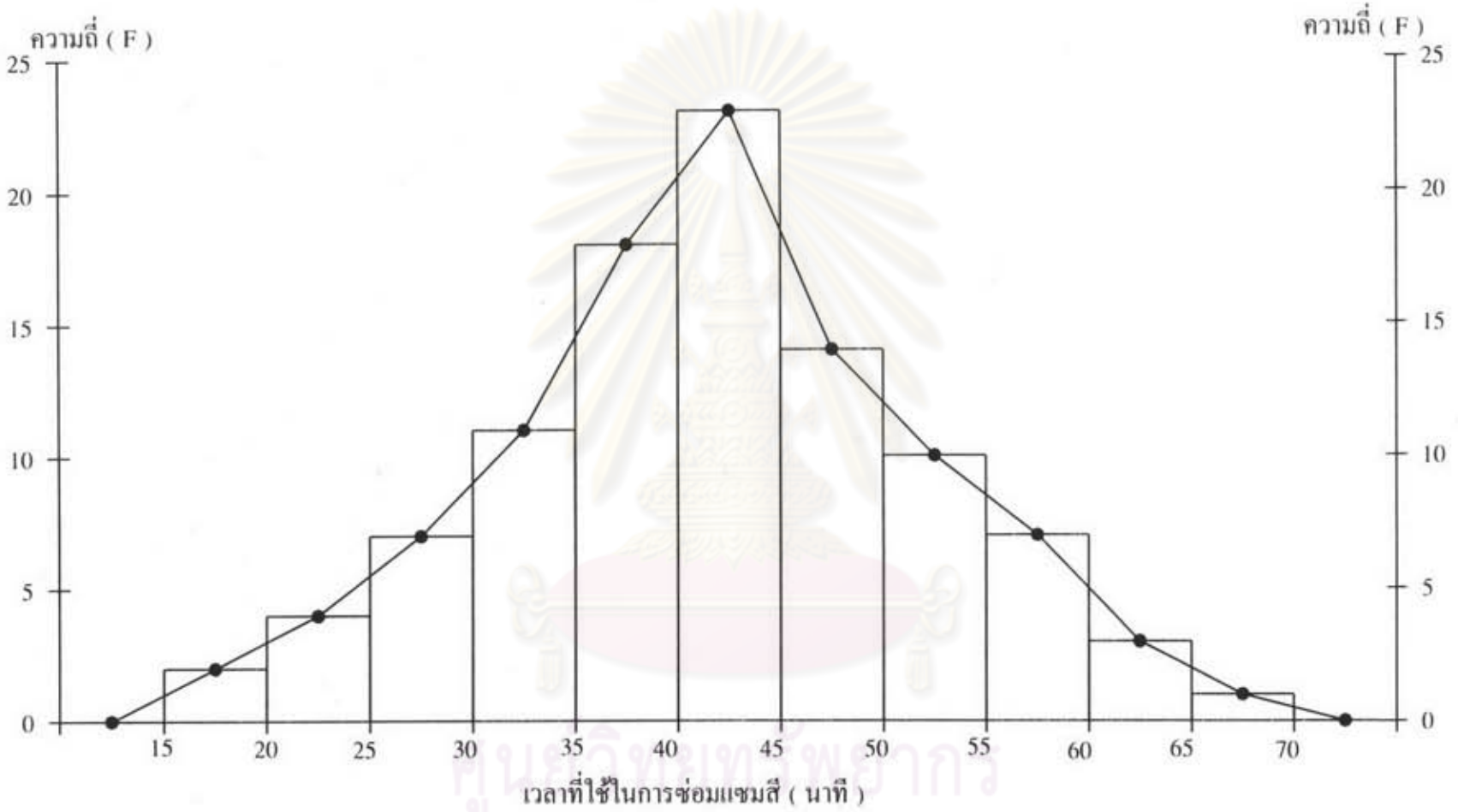
จำนวนรถตามจริง O_i	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
8	4.43	12.7449	2.8770
10	8.87	1.2769	0.1440
13	14.17	1.3689	0.0966
16	18.08	4.3264	0.2393
21	18.55	6.0025	0.32358
15	15.11	0.0121	0.0008
6	9.90	15.2100	1.5364
7	5.20	3.2400	0.6231
4	2.18	3.3124	1.5194
ค่าทดสอบแบบไคสแควร์เท่ากับ			7.3601

ตารางที่ 4.17 แสดงการทดสอบแบบไคสแควร์ของรถกระบะ สีธรรมดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	ความถี่ (คัน) F_i	จุดกึ่งกลาง T_i	FT	FT^2
15 - 20	2	17.5	35.00	612.50
20 - 25	4	22.5	90.00	2025.00
25 - 30	7	27.5	192.50	5293.75
30 - 35	11	32.5	357.50	11618.75
35 - 40	18	37.5	675.00	25312.50
40 - 45	23	42.5	977.50	41543.75
45 - 50	14	47.5	665.00	31587.50
50 - 55	10	52.5	525.00	27562.50
55 - 60	7	57.5	402.50	23143.75
60 - 65	3	62.5	187.50	11718.75
65 - 70	1	67.5	67.50	4556.25
ผลรวม	100	-	4175.00	184975.00
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีของรถกระบะ สีบรอนซ์			41.75	
ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			10.38	

ตารางที่ 4.18 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถกระบะ สีบรอนซ์



รูปที่ 4.8 แสดงความถี่ฮิสโตแกรมและโพลิกอนของเวลาซ่อมแซมสี รถกระบะสีบรอนซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	จำนวนรถตามจริง O_i	ความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล P(X)	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i
15 - 20	2	0.0132	1.32
20 - 25	4	0.0352	3.52
25 - 30	7	0.0757	7.57
30 - 35	11	0.1288	12.88
35 - 40	18	0.1751	17.51
40 - 45	23	0.1899	18.99
45 - 50	14	0.1639	16.39
50 - 55	10	0.1123	11.23
55 - 60	7	0.0616	6.16
60 - 65	3	0.0269	2.69
65 - 70	1	0.0092	0.92
ผลรวม	100		

ตารางที่ 4.19 แสดงจำนวนรถกระบะ สีบรอนซ์ที่ซ่อมแซมสีตามจริง และตามทฤษฎี

จำนวนรถตามจริง O_i	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
2	1.32	0.4624	0.3503
4	3.52	0.2304	0.0655
7	7.57	0.3249	0.0429
11	12.88	3.5344	0.2744
18	17.51	0.2401	0.0137
23	18.99	16.0801	0.8468
14	16.39	5.7121	0.3485
10	11.23	1.5129	0.1347
7	6.16	0.7056	0.1145
3	2.69	0.0961	0.0357
1	0.92	0.0064	0.0070
ค่าทดสอบแบบไคสแควร์เท่ากับ			2.2340

ตารางที่ 4.20 แสดงการทดสอบแบบไคสแควร์ของรถกระบะ สีบรอนซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Z = \frac{\mu_A - \mu_B}{(\sigma^2_A/n_A + \sigma^2_B/n_B)^{1/2}}$$

โดยที่เงื่อนไขของการยอมรับสมมติฐาน H_O ก็คือ ค่า $|Z|$ ทดสอบจะต้องมีค่าน้อยกว่า ค่า $Z_{1-\alpha/2}$

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ค่า คือ μ_1 , μ_2 , μ_3 และ μ_4 จะได้ว่าสมมติฐานการทดสอบมีอยู่ 6 สมมติฐาน โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95 % ($\alpha = 0.05$)

(1) สมมติฐาน H_O คือ $\mu_1 = \mu_2$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน
ค่า $|Z|$ ทดสอบเท่ากับ 0.2443 ส่วนค่า $Z_{0.95}$ เท่ากับ 1.645 สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ แสดงว่ายอมรับ H_O นั่นคือค่า $\mu_1 = \mu_2$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน

(2) สมมติฐาน H_O คือ $\mu_1 = \mu_3$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน
ค่า $|Z|$ ทดสอบเท่ากับ 1.2749 ส่วนค่า $Z_{0.95}$ เท่ากับ 1.645 สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ แสดงว่ายอมรับ H_O นั่นคือค่า $\mu_1 = \mu_3$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน

(3) สมมติฐาน H_O คือ $\mu_1 = \mu_4$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน
ค่า $|Z|$ ทดสอบเท่ากับ 0.3918 ส่วนค่า $Z_{0.95}$ เท่ากับ 1.645 สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ แสดงว่ายอมรับ H_O นั่นคือค่า $\mu_1 = \mu_4$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน

(4) สมมติฐาน H_O คือ $\mu_2 = \mu_3$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน
ค่า $|Z|$ ทดสอบเท่ากับ 1.4301 ส่วนค่า $Z_{0.95}$ เท่ากับ 1.645 สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ แสดงว่ายอมรับ H_O นั่นคือค่า $\mu_2 = \mu_3$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน

(5) สมมติฐาน H_O คือ $\mu_2 = \mu_4$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน
ค่า $|Z|$ ทดสอบเท่ากับ 0.6017 ส่วนค่า $Z_{0.95}$ เท่ากับ 1.645 สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ แสดงว่ายอมรับ H_O นั่นคือค่า $\mu_2 = \mu_4$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(6) สมมติฐาน H_0 คือ $\mu_3 = \mu_4$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน ค่า $|Z|$ ทดสอบเท่ากับ 0.8471 ส่วนค่า $Z_{0.95}$ เท่ากับ 1.645 สรุปผลการทดสอบ เนื่องจาก $|Z| < Z_{1-\alpha/2}$ แสดงว่ายอมรับ H_0 นั่นคือค่า $\mu_3 = \mu_4$: ค่าเฉลี่ยทั้งสองไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าค่า $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องในแต่ละแบบ ไม่มีความแตกต่างระหว่างข้อมูลประเภทรถยนต์ หรือ ประเภทสี

4.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองปัญหา จะแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง และ การวิเคราะห์ข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง ซึ่งจากการศึกษาระบบงานของแบบจำลองปัญหาจะพบว่าระบบงานมีรูปแบบเป็นระบบแถวคอย ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้หลักการของระบบแถวคอยเข้ามาประยุกต์

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลของอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง

ระบบแถวคอย โดยทั่ว ๆไปมักจะพบว่าอัตราการเข้ารับบริการในหน่วยบริการต่าง ๆ จะมีการกระจายแบบปัวซองเป็นส่วนมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์นี้จึงมีแนวโน้มในการตั้งสมมติฐานว่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ มีลักษณะการกระจายแบบปัวซองหรือไม่

จากสมมติฐานดังกล่าวจำเป็นต้องทดสอบสมมติฐานว่าจริงหรือไม่ โดยการนำข้อมูลจากตารางที่ 4.3 เฉพาะช่วงเวลา 8:00 - 17:00 น. ตั้งแต่วันที่ 9 ถึง 20 กันยายน 2538 มาหาระยะเวลาระหว่างรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง (Interarrival Time) เพื่อหาเวลาที่สั้นที่สุดและนานที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.21 จากนั้นนำมาเพื่อพิจารณารูปแบบความน่าจะเป็นของรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง และนำเอาค่าความน่าจะเป็นสะสมมาสร้างกราฟ จะได้เส้นโค้งของการกระจายความน่าจะเป็น ซึ่งจะได้นำไปใช้ในการสนับสนุนการตั้งสมมติฐานของอัตราการเข้าซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

จากรูปที่ 4.9 จะพบว่าเส้นโค้งของความน่าจะเป็นสะสมของรถที่เข้า

ซ่อมแซมสีบกพร่อง มีลักษณะการกระจายแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) นั่นคือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถในพื้นที่ควรจะมีการกระจายแบบปัวซอง (Poisson Distribution) ดังนั้นจึงตั้งสมมติฐานว่ารถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ ในช่วงเวลา 8:00 - 17:00 น. มีลักษณะการกระจายแบบปัวซอง

จากตารางที่ 4.22 สามารถหาค่าอัตราการซ่อมแซมสีบกพร่องของรถต่อชั่วโมง (λ) ได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{\sum F_i X_i}{N} = 312 / 80 = 3.90 \text{ คันต่อชั่วโมง}$$

นำค่า λ นี้ไปใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นตามลักษณะการกระจายแบบปัวซอง ในหัวข้อ 2.2.4 จากนั้นนำไปคำนวณหาจำนวนรถที่ซ่อมแซมสีบกพร่องตามทฤษฎีได้ด้วยสูตร

$$E_i = P(X) . N$$

จากการหาค่า $P(X)$ และค่า E_i ดังแสดงในตารางที่ 4.23

การทดสอบสมมติฐานที่ว่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง มีการกระจายแบบปัวซองหรือไม่ โดยทดสอบด้วยวิธีการแบบไคสแควร์ (Chi - Square Test : χ^2) โดยการตั้งสมมติฐานดังนี้คือ

H_0 คือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องมีการกระจายแบบปัวซอง

H_1 คือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องไม่ใช่การกระจายแบบปัวซอง

โดยที่เงื่อนไขของการยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ ค่า χ^2 ทดสอบจะต้องมีค่าน้อยกว่า $\chi^2_{\alpha,\nu}$ ที่เปิดจากตาราง

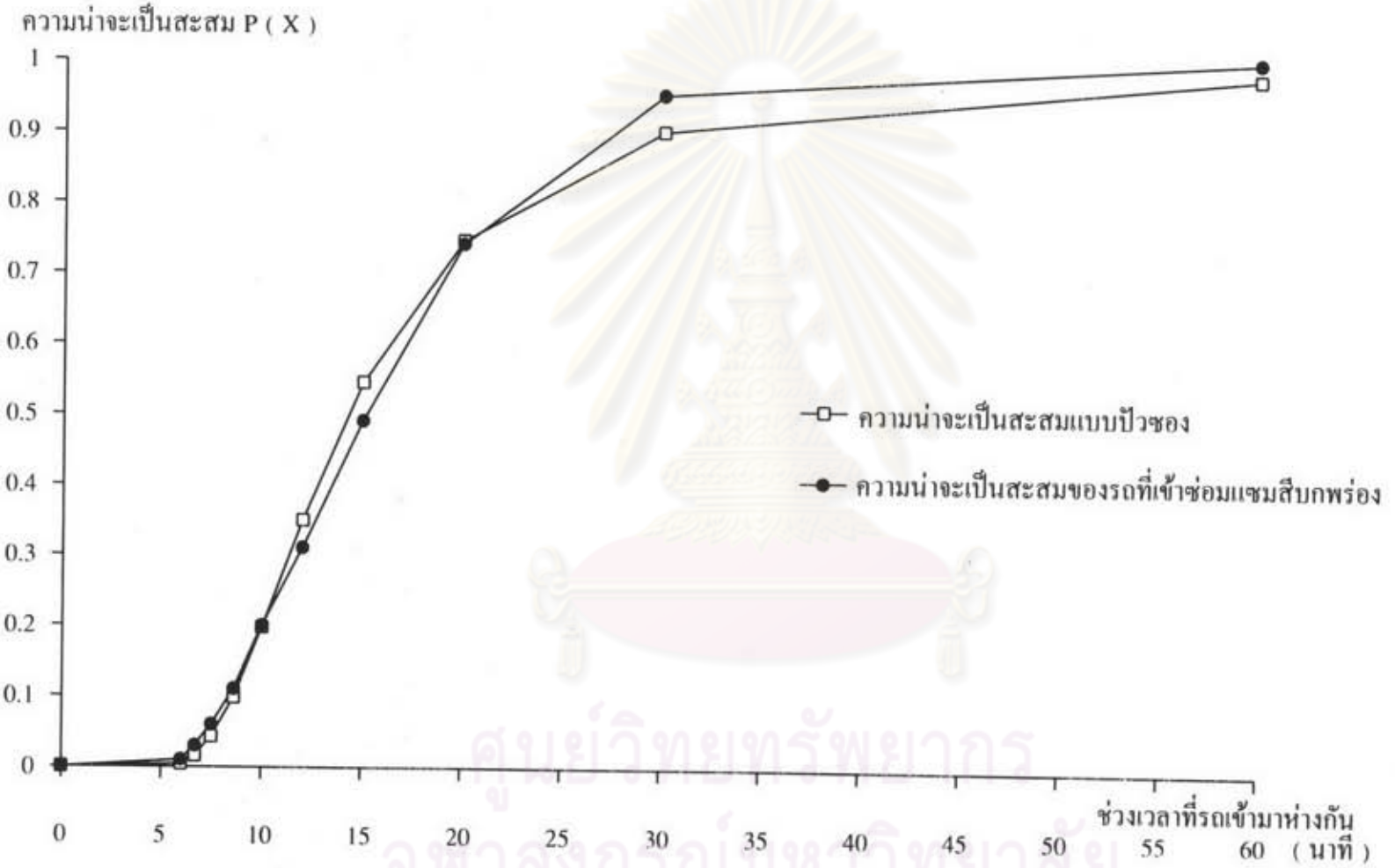
จำนวนรถที่ซ่อมแซมสี ในแต่ละช่วง 1 ชม.	Interarrival Time (นาที)	ความถี่ (คัน)	ความถี่ สะสม	ความน่าจะเป็น สะสม
10	60 / 10 = 6.0	1	1	0.01
9	60 / 9 = 6.7	1	2	0.03
8	60 / 8 = 7.5	3	5	0.06
7	60 / 7 = 8.6	4	9	0.11
6	60 / 6 = 10.0	7	16	0.20
5	60 / 5 = 12.0	9	25	0.31
4	60 / 4 = 15.0	14	39	0.49
3	60 / 3 = 20.0	20	59	0.74
2	60 / 4 = 30.0	17	76	0.95
1	60 / 1 = 60.0	4	80	1.00

ตารางที่ 4.21 แสดงการหาความน่าจะเป็นสะสมของ Interarrival Time

จำนวนรถที่ซ่อมแซมสี ในแต่ละช่วง 1 ชม. (X)	ความถี่ของแต่ละ ช่วงเวลา (F)	ความถี่สะสม ของแต่ละช่วงเวลา	$F_i X_i$
1	4	4	4
2	17	21	34
3	20	41	60
4	14	55	56
5	9	64	45
6	7	71	42
7	4	75	28
8	3	78	24
9	1	79	9
10	1	80	10
	ผลรวม	N = 80	312

ตารางที่ 4.22 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของจำนวนรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่องในเวลา 1ชม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการกระจายของข้อมูลรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนรถที่ซ่อมแซมสี ในแต่ละช่วง 1 ชม. (X)	จำนวนรถตามจริง O_i	ความน่าจะเป็นแบบ ปัวซอง P(X)	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i
1	4	0.0789	6.31
2	17	0.1539	12.31
3	20	0.2001	16.01
4	14	0.1951	15.61
5	9	0.1522	12.18
6	7	0.0989	7.91
7	4	0.0551	4.41
8	3	0.0269	2.15
9	1 [5]	0.0116	0.93 [3.44]
10	1	0.0045	0.36

ตารางที่ 4.23 แสดงจำนวนรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่องตามจริง และตามทฤษฎี

จำนวนรถตามจริง O_i	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
4	6.31	5.3361	0.8457
17	12.31	21.9961	1.7868
20	16.01	15.9201	0.9944
14	15.61	2.5921	0.1661
9	12.18	10.1124	0.8302
7	7.91	0.8281	0.1047
4	4.41	0.1681	0.0381
5	3.44	2.4336	0.7074
ค่าทดสอบแบบไคสแควร์เท่ากับ			5.4734

ตารางที่ 4.24 แสดงการทดสอบแบบไคสแควร์ของรถที่เข้าซ่อมแซมสีบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังแสดงในตารางที่ 4.24 จะได้ว่าค่า χ^2 ทดสอบเท่ากับ 5.4734 จากนั้นนำค่านี้ไปเปรียบเทียบค่า χ^2 จากการเปิดตารางโดยกำหนดค่าความเชื่อมั่น(α)ข้อมูลที่ยอมรับได้ 95 % และค่าดีกรีความอิสระ (Degree of Freedom : ν) เท่ากับ 6 นั่นคือ $\chi^2_{0.05.6}$ เท่ากับ 12.5920

ผลการทดสอบก็คือ การยอมรับสมมติฐาน H_o ด้วยเหตุผลที่ว่าค่า χ^2 ทดสอบจะต้องมีค่าน้อยกว่า $\chi^2_{\alpha\nu}$ ที่เปิดจากตาราง นั่นคือค่า 5.4734 น้อยกว่าค่า 12.5920

สรุปผลการทดสอบ คือ ยอมรับสมมติฐานที่ว่าอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสึบกพร่องในพื้นที่ซ่อมแซมสึบกพร่อง มีลักษณะการกระจายแบบปัวซองด้วยอัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสึบกพร่องเท่ากับ 3.90 คันต่อชั่วโมง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่อง

ระบบแถวคอย โดยทั่ว ๆไปมักจะพบว่าเวลาที่ใช้บริการในหน่วยบริการต่าง ๆจะมีลักษณะการกระจายแบบต่าง ๆ เช่น แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล แบบปกติ แบบเออร์แลง และแบบคงที่ ตามหลักทางสถิติการตั้งสมมติฐานว่าลักษณะการกระจายความถี่ว่าเป็นชนิดใดนั้น สามารถกระทำโดยการนำค่าเวลาที่ใช้ในการบริการและจำนวนความถี่ มาสร้างกราฟความถี่ ฮิสโตแกรมและความถี่โพลิกอน เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานของลักษณะการกระจายความถี่นั้น

การวิเคราะห์ข้อมูลกระทำโดยการนำข้อมูลจากตารางที่ 4.4 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสึบกพร่อง (T_s หรือ μ) จากสูตรดังนี้

$$\mu = \frac{\Sigma FT}{\Sigma F}$$

$$= 13185 / 312 = 42.26 \text{ นาที / คัน}$$

ส่วนการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (σ) จากสูตรดังนี้

$$\sigma^2 = \frac{N(\Sigma FT^2) - (\Sigma FT)^2}{N(N-1)} \quad \text{โดยที่ } N = 312$$

$$\sigma^2 = 12138975 / 97032 = 125.1028$$

$$\sigma = 11.18 \text{ นาที / คัน}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.25 จากข้อมูลของตารางที่ 4.25 นำความถี่มาสร้างกราฟความถี่ฮิสโตแกรมและความถี่โพลิกอน เพื่อการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.10

จากรูปที่ 4.10 พบว่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องมีแนวโน้มของลักษณะการกระจายความถี่เป็นแบบปกติ จึงตั้งสมมติฐานว่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องมีลักษณะการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

นำค่า μ และค่า σ นี้ไปใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นตามการกระจายแบบปกติในหัวข้อ 2.2.4 จากนั้นนำไปคำนวณหาจำนวนรถที่ใช้เวลาในการซ่อมแซมสีบกพร่องตามทฤษฎีได้ด้วยสูตร

$$E_i = P(X) . N$$

จากการหาค่า P (X) และค่า E_i ดังแสดงในตารางที่ 4.26

การทดสอบสมมติฐานที่ว่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง มีการกระจายแบบปกติหรือไม่ โดยการทดสอบด้วยวิธีการแบบไคสแควร์ (Chi - Square Test : χ^2) โดยการตั้งสมมติฐานดังนี้คือ

H_0 คือ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องมีการกระจายแบบปกติ

H_1 คือ เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องไม่ใช่การกระจายแบบปกติ

โดยที่เงื่อนไขของการยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ ค่า χ^2 ทดสอบจะต้องมีค่าน้อยกว่า $\chi^2_{\alpha,\nu}$ ที่เปิดจากตาราง

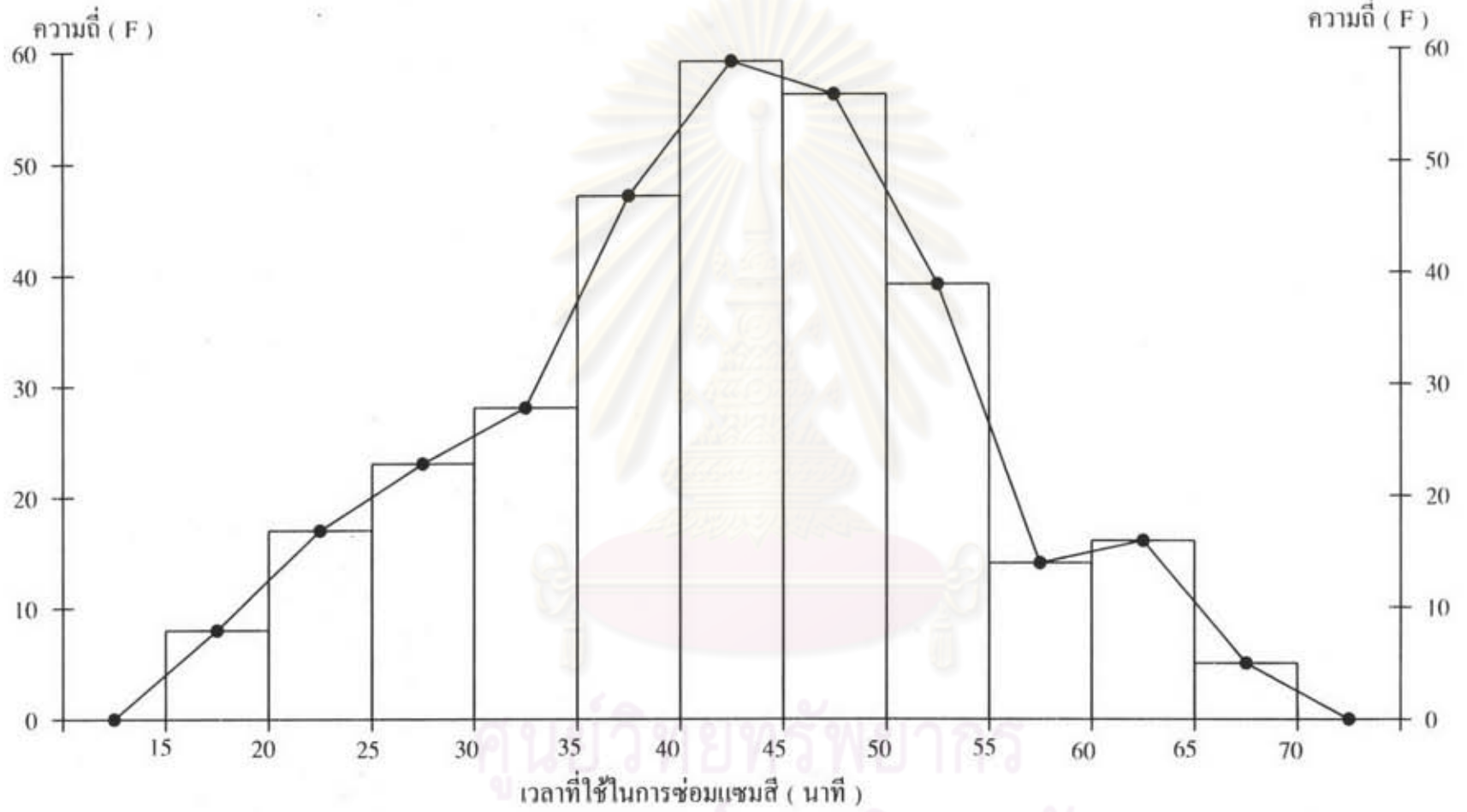
ดังแสดงในตารางที่ 4.27 จะได้ว่าค่า χ^2 ทดสอบเท่ากับ 13.4702 จากนั้นนำค่านี้ไปเปรียบเทียบค่า χ^2 จากการเปิดตารางโดยกำหนดค่าความเชื่อมั่น(α)ข้อมูลที่ยอมรับได้ 95 % และค่าดีกรีความอิสระ (Degree of Freedom : ν) เท่ากับ 8 นั่นคือ $\chi^2_{0.05,8}$ เท่ากับ 15.507

ผลการทดสอบก็คือ การยอมรับสมมติฐาน H_0 ด้วยเหตุผลที่ว่าค่า χ^2 ทดสอบจะต้องมีค่าน้อยกว่า $\chi^2_{\alpha,\nu}$ ที่เปิดจากตาราง นั่นคือค่า 13.4702 น้อยกว่าค่า 15.507

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

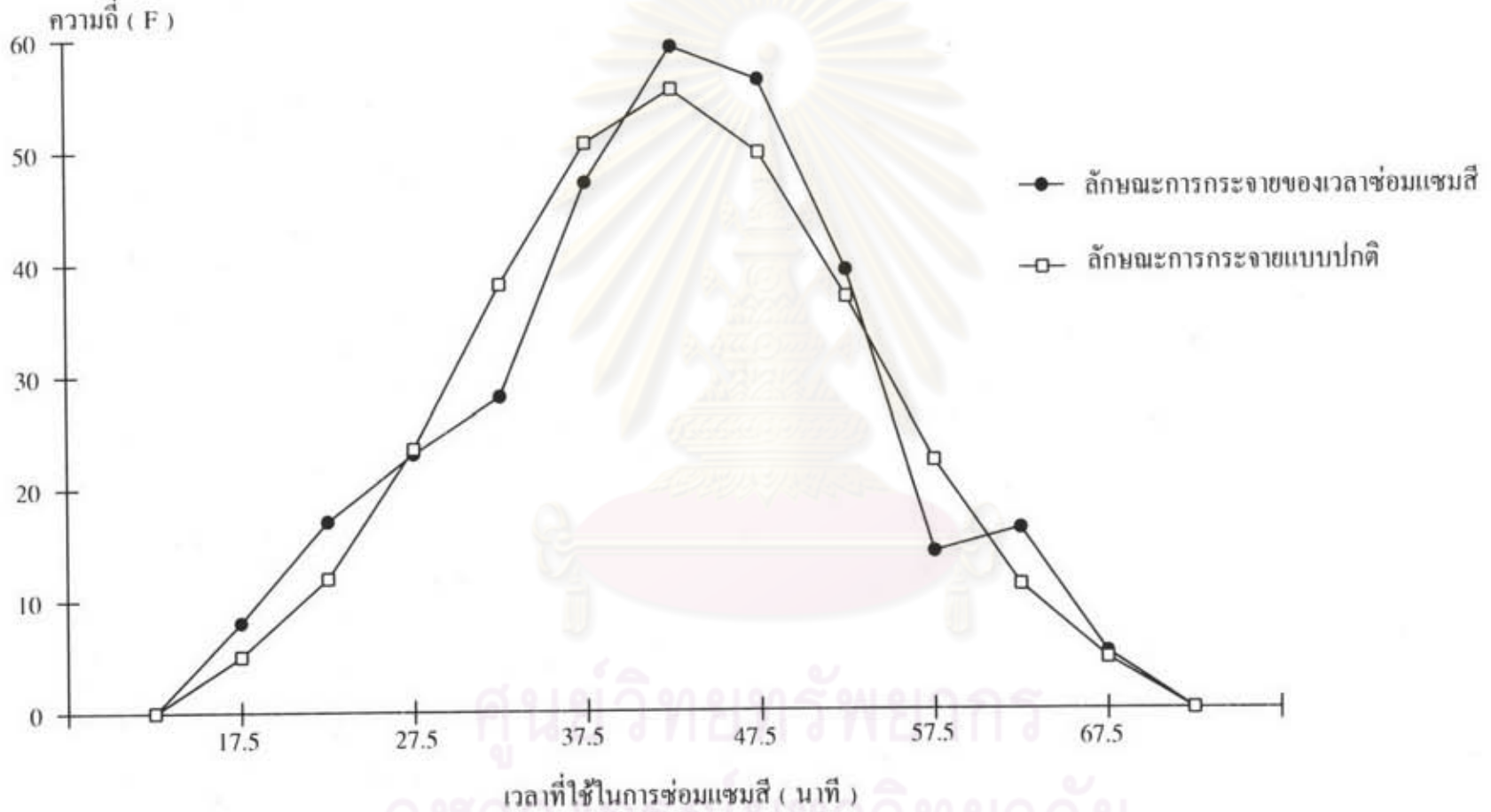
เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	ความถี่ (คัน) F_i	จุดกึ่งกลาง T_i	FT	FT^2
15 - 20	8	17.5	140.00	2450.00
20 - 25	17	22.5	382.50	8606.25
25 - 30	23	27.5	632.50	17393.75
30 - 35	28	32.5	910.00	29575.00
35 - 40	47	37.5	1762.50	66093.75
40 - 45	59	42.5	2507.50	106568.75
45 - 50	56	47.5	2660.00	126350.00
50 - 55	39	52.5	2047.50	107493.75
55 - 60	14	57.5	805.00	46287.50
60 - 65	16	62.5	1000.00	62500.00
65 - 70	5	67.5	337.50	22781.25
ผลรวม	312	-	13185.00	596100.00
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง			42.26	
ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			11.18	

ตารางที่ 4.25 แสดงเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องของแบบจำลอง



รูปที่ 4.10 แสดงความถี่ฮิสโตแกรมและโพลิกอนของเวลาซ่อมแซมสีบกพร่องของแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการกระจายของข้อมูลเวลาซ่อมแซมสีบกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสี (นาที)	จำนวนรถตามจริง O_i	ความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล P(X)	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i
15 - 20	8	0.0159	4.96
20 - 25	17	0.0381	11.89
25 - 30	23	0.0751	23.43
30 - 35	28	0.1217	37.97
35 - 40	47	0.1618	50.48
40 - 45	59	0.1769	55.19
45 - 50	56	0.1587	49.51
50 - 55	39	0.1174	36.63
55 - 60	14	0.0708	22.09
60 - 65	16	0.0353	11.01
65 - 70	5	0.0144	4.49
ผลรวม	312		

ตารางที่ 4.26 แสดงจำนวนรถที่ซ่อมแซมสีตามจริง และตามทฤษฎี ของแบบจำลอง

จำนวนรถตามจริง O_i	จำนวนรถตามทฤษฎี E_i	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
8	4.96	9.2367	1.8619
17	11.89	26.1407	2.1991
23	23.43	0.1859	0.0079
28	37.97	99.4089	2.6181
47	50.48	12.1215	0.2401
59	55.19	14.4948	0.2626
56	49.51	42.0630	0.8495
39	36.63	5.6226	0.1535
14	22.09	65.4416	2.9626
16	11.01	24.8642	2.2576
5	4.49	0.2573	0.0573
ค่าทดสอบแบบไคสแควร์เท่ากับ			13.4702

ตารางที่ 4.27 แสดงการทดสอบแบบไคสแควร์ของเวลาการซ่อมแซมสีของแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการทดสอบ คือ ยอมรับสมมติฐานที่ว่าเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ซ่อมแซมสีบกพร่อง มีลักษณะการกระจายแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องเท่ากับ 42.26 นาทีต่อคัน และมีค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 11.18 นาทีต่อคัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.3 สรุปผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในปัจจุบัน

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของการซ่อมแซมสีบกพร่องในพื้นที่ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ลักษณะข้อมูลของการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างประเภทรถยนต์ หรือ ประเภทสี เนื่องจากแผนภูมิพาเรโตมีลักษณะแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมากทั้ง 4 แบบ นั่นแสดงว่าข้อมูลของการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่องจะไม่ขึ้นกับประเภทรถยนต์ หรือ ประเภทสี ดังนั้นรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีให้ถือว่าเป็นหน่วยเดียวกัน ไม่มีการแบ่งแยกความแตกต่างระหว่างรถที่เข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง

2. ลักษณะข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างประเภทรถยนต์ หรือ ประเภทสี เช่นกัน เนื่องจากค่าเฉลี่ยที่หาได้ทั้ง 4 ค่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกัน นั่นแสดงว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่องสามารถใช้ค่าเฉลี่ยร่วมกันได้ ไม่ว่าจะเป็นประเภทรถยนต์ หรือ ประเภทสี ใด ๆก็ตาม

3. ข้อมูลของแบบจำลองปัญหา คือ อัตราการเข้ารับการซ่อมแซมสีบกพร่อง จะมีลักษณะการกระจายแบบปัวซองด้วยอัตราเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 คันต่อชั่วโมง ส่วนข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมสีบกพร่อง จะมีลักษณะการกระจายแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.26 นาทีต่อคัน และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 11.18 นาทีต่อคัน