เอกสารอ้างอิง

1. ชงไชย สมนิมิตร. "การวิเคราะห์สาเหตุและวิธีการจัดลำดับการปรับปรุงแก้ไขอุบัติเหตุทางจราจร." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.

2. Sabey, B.E., and Staughton, G.C. "Interacting roles of road, environment, vehicle and road-user in accidents". Paper presented to 5th International Conference of the International Association for Accident and Traffic Medicine and the 3rd International Conference on Drug Abuse of the International Council on Alcohol and Addiction, London, 1-5 September, 1975.

3. Jacobs, G.D., Sayer, I.A. and Downing, A.J. "A Priliminary Study of Road-User Behavior in Developing Countries". Transport and Road Research Laboratory, TRRL Report SR 646, Crowthorne, 1981.

4. Snyder, Monroe B., and Knoblauch, Richard L. "Pedestrian Safety: The Identification of Precipitating Factors and Possible Countermeasures". Silver Spring, Maryland:Operations Research, Inc. 1971(January).

5. Jacobs, G.D., and Wilson, D.G. "A study of Pedestrian Risk in Crossing Busy Roads in Four Towns". Road Research Laboratory, RRL Report LR 106, Crowthorne, 1967.

6. Jacobs, G.D., and Sayer, I.A. "A study of Road Accidents in Selected Urban Areas in Developing Countries". Transport and Road Research Laboratory, TRRL Report LR 775, Crowthorne, 1977.

7. Lin, Pin-Sun. "Pedestrian-Vehicle Interaction at a Marked Mid-Block Crosswalk in Bangkok." Master's thesis, AIT. Thesis no. 237, 1969.

8. Jacobs, G.D., Older, S.J. and Wilson, D.G. "A Comparison of X-way and Other Pedestrian Crossings". Road Research Laboratory, RRL Report LR 145, Crowthorne, 1968.

9. Wilson, D.G., and Grayson, G.B. "Age-related Differences in the Road Crossing Behaviour of Adult Pedestrians". Transport and Road Research, TRRL report LR 933, 1980.

10. Moore, R.L. "Psychological Factors of Importance in Traffic Engineering". Paper presented to International Study Week in Traffic Engineering, Stresa, Italy, London, 1-6 October, 1956.

11. Weiner, E.L. "The Elderly Pedestrian:Response to an Enforcement Compain." Traffic Safety Research Review 1968(Vol.12, No.4)

12. Sleight, Robert B. "The Pedestrian." In Human Factors in Highway Traffic Safety Research, Edited by Forbes, T.W. New York, Wiley-Interscience, 1972.

13. Jacobs, G.D. "The Effect of Vehicle Lighting on Pedestrian Movement in Well-Lighted Streets". Road Research Laboratory, RRL Report LR 214, Crowthorne, 1968.

14. Robinson, C.C. "Pedestrian Interval Acceptance." Master's thesis, Bureau of Highway Traffic, Yale University, 1951.

15. Crockett, William R. "The Effect of Street Width on Pedestrian Interval Acceptance." Master's thesis, Bureau of Highway Traffic, Yale University, 1956.

16. King, G.F. "Pedestrian Delay and Pedestrain Signal Warrants". Transportation Research Board 629 1977:7-13.

17. Tanner, T.C. "The Delay to Pedestrians Crossing a Road." Biometrika 1951(Vol. 38):382-392.

18. Box, Paul C., and Oppenlander, Joseph C. Manual of Traffic Engineering Studies. 4th ed. Arlington,Virginia: Institute of Transportation Engineerings, 1976.

19. Oglesby, Clarkson H. Highway Engineering. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1975.

20. Homburger, Wolfgang S., and Kell, James H. Fundamentals of Traffic Engineering. 9th ed. California:University of California, 1977.

21. Chieu, Ding Tsai. "Some Characteristics of Traffic Entering A Signalized Intersection with and without A Red-Amber Period." Master's thesis, AIT. Thesis no. 236, 1969.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดการกระจายของข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 การกระจายของความเร็วของยวดยานที่เข้าสู่ทางแยก

ความเร็ว (กม./ชม.)	จุดกลาง, x (กม./ชม.)	ความถี่ f_i (%)	ความถี่สะสม (%)	$f_i.x$	$f_i.x^2$
20-24.9	22.45	10(3.41)	10(3.41)	224.50	5,040.03
25-29.9	27.45	59(20.14)	69(23.55)	1,619.55	44,456.65
30-34.9	32.45	82(27.99)	151(51.15)	2,660.90	86,346.21
35-39.9	37.45	55(18.77)	206(70.31)	2,059.75	77,137.64
40-44.9	42.45	42(14.34)	248(84.64)	1,782.90	75,684.11
45-49.9	47.45	26(8.87)	274(93.52)	1,233.70	58,539.07
50-54.9	52.45	10(3.41)	284(96.93)	524.50	27,510.03
55-59.9	57.45	5(1.71)	289(98.64)	287.25	16,502.51
60-64.9	62.45	3(1.02)	292(99.66)	187.35	11,700.01
65-69.9	67.45	1(0.34)	293(100.0)	67.45	4,549.50
n = 293			Σ	= 10,647.85	=407,465.76

$$\bar{x} = \frac{\Sigma(f_i.x)}{n}$$

$$= \frac{10,647.85}{293} = 36.3 \text{ km./hr.}$$

$$S^2 = \frac{\Sigma\left(f_i.x^2\right) - \frac{1}{n}(\Sigma f_i.x)^2}{n - 1}$$

$$= \frac{407,465.75 - \frac{1}{293}(10,647.85)^2}{293 - 1}$$

$$= 70.26$$

$$S = 8.38 \text{ km./hr.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การกระจายของ Starting time ของคนเดินเท้า

Starting time (sec.)	Mid value, x (sec.)	Frequency, f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
-8.0 - -6.1	-7.05	1(0.61)	0.61	-7.05	49.70
-6.0 - -4.1	-5.05	2(1.23)	1.84	-10.10	51.01
-4.0 - -2.1	-3.05	20(12.27)	14.11	-61.00	186.05
-2.0 - -0.1	-1.05	37(22.70)	36.81	-38.85	40.79
0.0 - 1.9	0.95	81(49.69)	86.50	76.95	73.10
2.0 - 3.9	2.95	14(8.59)	95.09	41.30	121.84
4.0 - 5.9	4.95	5(3.07)	98.16	24.75	122.51
6.0 - 7.9	6.95	2(1.23)	99.39	13.90	96.61
8.0 - 9.9	8.95	1(0.61)	100.00	8.95	80.10
Σ		=163		=48.85	=821.71

$$\bar{x} = \frac{\Sigma f.x}{n}$$

$$= \frac{48.85}{163} = 0.30 \text{ sec.}$$

$$S^2 = \frac{\Sigma f.x^2 - \frac{1}{n}(\Sigma f.x)^2}{n - 1}$$

$$= \frac{821.71 - (48.85)^2/163}{163 - 1}$$

$$= 4.98$$

$$S = 2.2 \text{ sec.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 การกระจายของ Reserve time ของคนเดินเท้า

Reserve time (sec.)	Mid value, x (sec.)	Frequency, f (%)	Cumulative (%)
0.0- 1.9	0.95	64(32.49)	32.49
2.0- 3.9	2.95	66(33.50)	65.99
4.0- 5.9	4.95	29(14.72)	80.71
6.0- 7.9	6.95	16(8.12)	88.83
8.0- 9.9	8.95	12(6.09)	94.92
10.0-11.9	10.95	6(3.05)	97.97
12.0-13.9	12.95	3(1.52)	99.49
14.0-15.9	14.95	1(0.51)	100.00
n =197			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 การกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟเขียว(สำหรับเลนนอกซึ่งมีระยะทางเท่ากับ 3.4 เมตร)

Crossing time (sec.)	Mid value x (sec.)	Frequency f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
0.5 - 0.8	0.65	4(3.45)	3.45	2.60	1.69
0.9 - 1.2	1.05	12(10.34)	13.79	12.60	13.23
1.3 - 1.6	1.45	23(19.83)	33.62	33.35	48.36
1.7 - 2.0	1.85	36(31.04)	64.66	66.60	123.21
2.1 - 2.4	2.25	25(21.55)	86.21	56.25	126.56
2.5 - 2.8	2.65	10(8.62)	94.83	26.50	70.23
2.9 - 3.2	3.05	6(5.17)	100.00	18.30	55.82
Σ		=116		=216.20	=439.10

$$\bar{x} = \frac{216.2}{116} = 1.864 \text{ sec.}$$

$$S^2 = \frac{439.1 - \frac{1}{116}(216.2)^2}{116 - 1} = 0.314$$

$$S = 0.56$$

$$\text{mean walking rate} = \frac{3.4}{1.864}$$

$$= 1.824 \text{ m./sec.}$$

$$= 5.984 \text{ ft./sec.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 การกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟเขียว(สำหรับเลนกลางซึ่งมีระยะทางเท่ากับ 3.1 เมตร)

Crossing time (sec.)	Mid value x (sec.)	Frequency f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
0.6 - 0.9	0.75	2(1.72)	1.72	1.50	1.13
1.0 - 1.3	1.15	12(10.35)	12.07	13.80	15.87
1.4 - 1.7	1.55	28(24.14)	36.21	43.40	67.27
1.8 - 2.1	1.95	32(27.58)	63.79	62.40	121.68
2.2 - 2.5	2.35	24(20.69)	84.48	56.40	132.54
2.6 - 2.9	2.75	12(10.35)	94.83	33.00	90.75
3.0 - 3.3	3.15	6(5.17)	100.00	18.90	59.54
Σ		=116		=229.40	=488.78

$$\bar{x} = \frac{229.40}{116} = 1.978 \text{ sec.}$$

$$S^2 = \frac{488.78 - \frac{1}{116}(229.4)^2}{116 - 1} = 0.305$$

$$S = 0.553$$

$$\text{mean walking rate} = \frac{3.1}{1.978}$$

$$= 1.568 \text{ m./sec.}$$

$$= 5.142 \text{ ft./sec.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 การกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าในช่วงยวดยานได้รับสัญญาณไฟเขียว(สำหรับเลนในซึ่งมีระยะทางเท่ากับ 3.6 เมตร)

Crossing time (sec.)	Mid value x (sec.)	Frequency f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
0.5 - 0.9	0.7	3(2.59)	2.59	2.1	1.47
1.0 - 1.4	1.2	13(11.20)	13.79	15.6	18.72
1.5 - 1.9	1.7	25(21.55)	35.34	42.5	72.25
2.0 - 2.4	2.2	37(31.90)	67.24	81.4	179.08
2.5 - 2.9	2.7	23(19.83)	87.07	62.1	167.67
3.0 - 3.4	3.2	11(9.48)	96.55	35.2	112.64
3.5 - 3.9	3.7	3(2.59)	99.14	11.1	41.07
4.0 - 4.4	4.2	1(0.86)	100.00	4.2	17.64
Σ	n	=116		=254.2	=610.54

$$\bar{x} = \frac{254.2}{116} = 2.191 \text{ sec.}$$

$$S^2 = \frac{610.54 - \frac{1}{116}(254.2)^2}{116 - 1} = 0.465$$

$$S = 0.682$$

$$\text{mean walking rate} = \frac{3.6}{2.191}$$

$$= 1.643 \text{ m./sec.}$$

$$= 5.39 \text{ ft./sec.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟแดง(สำหรับทั้งสามเลนซึ่งระยะทางเท่ากับ 10.1 เมตร)

Crossing time (sec.)	Mid value x (sec.)	Frequency f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
2.6 - 3.3	2.95	3(2.13)	2.13	8.85	26.11
3.4 - 4.1	3.75	7(4.96)	7.09	26.25	98.44
4.2 - 4.9	4.55	21(14.89)	21.98	95.55	434.75
5.0 - 5.7	5.35	27(19.15)	41.13	144.45	772.81
5.8 - 6.5	6.15	36(25.53)	66.66	221.40	1,361.61
6.6 - 7.3	6.95	28(19.86)	86.52	194.60	1,352.47
7.4 - 8.1	7.75	14(9.93)	96.45	108.50	840.88
8.2 - 8.9	8.55	5(3.55)	100.00	42.75	365.51
Σ	n	=141		=842.35	=5,252.58

$$\bar{x} = \frac{842.35}{141} = 5.974 \text{ sec.}$$

$$S^2 = \frac{5,252.58 - \frac{1}{141}(842.35)^2}{141 - 1} = 1.574$$

$$S = 1.254$$

mean walking rate $= \frac{10.10}{5.974}$

$= 1.69$ m./sec.

$= 5.55$ ft./sec.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 การกระจายของช่องว่างที่ยอมรับได้ของคนเดินเท้า

Gap size (sec.)	Mid value, x	Frequency, f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
0- 1.9	0.95	5(2.08)	2.08	4.75	4.51
2- 3.9	2.95	52(21.67)	23.75	153.40	452.53
4- 5.9	4.95	72(30.00)	53.75	356.40	1,764.18
6- 7.9	6.95	37(15.42)	69.17	257.15	1,787.19
8- 9.9	8.95	30(12.50)	81.67	268.50	2,403.08
10-11.9	10.95	15(6.25)	87.92	164.25	1,798.54
12-13.9	12.95	12(5.00)	92.92	155.40	2,012.43
14-15.9	14.95	7(2.92)	95.84	104.65	1,564.52
16-17.9	16.95	6(2.50)	98.34	101.70	1,723.82
18-19.9	18.95	4(1.66)	100.00	75.80	1,436.41
n=240				Σ =1,642.00	=14,947.21

$$\bar{x} = \frac{\Sigma f.x}{n} = \frac{1,642}{240}$$

$$= 6.84 \text{ sec.}$$

$$S^2 = \frac{\Sigma f.x^2 - \frac{1}{n}\Sigma(f.x)^2}{n-1}$$

$$= \frac{14,947.21 - \frac{1}{240}(1,642)^2}{239}$$

$$= 15.54$$

$$S = 3.94 \text{ sec.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 การกระจายของ Waiting time ของคนเดินเท้า

Waiting time (sec.)	Mid value, x (sec.)	frequency, f (%)	Cumulative (%)	f.x	$f.x^2$
0.0- 9.9	4.95	64 (38.1)	38.10	316.8	1,568.16
10.0-19.9	14.95	34 (20.24)	58.34	508.3	7,599.09
20.0-29.9	24.95	24 (14.29)	72.63	598.8	14,940.06
30.0-39.9	34.95	18 (10.71)	83.34	629.1	21,987.05
40.0-49.9	44.95	10 (5.95)	89.29	449.5	20,205.03
50.0-59.9	54.95	10 (5.95)	95.24	549.5	30,195.03
60.0-69.9	64.95	4 (2.38)	97.62	259.8	16,874.01
70.0-79.9	74.95	3 (1.79)	99.41	224.85	16,852.51
80.0-89.9	84.95	1 (0.59)	100.00	84.95	7,216.50
		n =168		Σ =3,621.60	=137,437.44

$$\bar{x} = \frac{3,621.6}{168}$$

$$= 21.56 \text{ sec.}$$

$$s^2 = \frac{137,437.44 - \frac{1}{168}(3,621.6)^2}{168 - 1}$$

$$= 355.49$$

$$S = 18.85 \text{ sec.}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดการทดสอบการกระจายของข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 การทดสอบการกระจายของความเร็วของยวดยาน

(การกระจายแบบ Log-normal distribution)

Speed (km./hr.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i - f_o)^2}{f_o}$
20-24.9	10	17	2.88
25-29.9	59	50	1.62
30-34.9	82	72	1.39
35-39.9	55	65	1.54
40-44.9	42	45	0.20
45-49.9	26	24	0.17
50-54.9	10	12	0.33
55-59.9	5	5	0.00
60-64.9	3	2	0.50
65-69.9	1	1	0.00
$\leq$	=293	=293	=8.63

$k = 10-2-1 = 7$

From table χ^2 ; $k=7, \alpha=5\ \%$

$\Rightarrow \chi^2 = 14.1 > 8.63$ o.k.

Note : $\zeta \simeq \frac{\sigma}{\mu}$ (for $\frac{\sigma}{\mu} < 0.3$)

$= \frac{8.38}{36.3} = 0.23$

$\lambda = \ln\mu - \frac{1}{2}\zeta^2$

$= \ln 36.3 - \frac{1}{2}(0.23)^2 = 3.566$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การทดสอบการกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าสำหรับเฉลน นอกในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟเขียว

(การกระจายแบบ Normal distribution)

Crossing time (sec.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i-f_o)^2}{f_o}$
0.5 - 0.8	4	3	0.33
0.9 - 1.2	12	11	0.09
1.3 - 1.6	23	24	0.04
1.7 - 2.0	36	32	0.50
2.1 - 2.4	25	27	0.15
2.5 - 2.8	10	14	1.14
2.9 - 3.2	6	5	0.20
Σ	=116	=116	=2.45

k = 7-2-1 = 4

From table χ^2 ; k=4, α =5 %

χ^2 = 9.49 > 2.45 o.k.

Note :

$\bar{x}$ = 1.864 sec.

S = 0.56 sec.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 การทดสอบการกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าสำหรับเลนกลางในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟเขียว

(การกระจายแบบ Normal distribution)

Crossing time (sec.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i-f_o)^2}{f_o}$
0.6 - 0.9	2	2	0.00
1.0 - 1.3	12	10	0.40
1.4 - 1.7	28	23	1.09
1.8 - 2.1	32	33	0.03
2.2 - 2.5	24	28	0.57
2.6 - 2.9	12	15	0.60
3.0 - 3.3	6	5	0.20
Σ	=116	=116	=2.89

$k = 7-2-1 = 4$

From table χ^2 ; $k=4, \alpha=5\ \%$

$\chi^2 = 9.49 > 2.89$ o.k.

Note :

$\bar{x} = 1.978$ sec.

$S = 0.553$ sec.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 การทดสอบการกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าสำหรับเลนใน ในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟเขียว

(การกระจายแบบ Normal distribution)

Crossing time (sec.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i-f_o)^2}{f_o}$
0.5 - 0.9	3	3	0.00
1.0 - 1.4	13	11	0.36
1.5 - 1.9	25	24	0.04
2.0 - 2.4	37	33	0.49
2.5 - 2.9	23	26	0.35
3.0 - 3.4	11	14	0.64
3.5 - 3.9	3	4	0.25
4.0 - 4.4	1	1	0.00
Σ	=116	=116	2.13

$k = 8-2-1 = 5$

From table χ^2 ; $k=5, \alpha = 5\ \%$

$\chi^2 = 11.1 > 2.13$ o.k.

Note :

$\bar{x} = 2.191$ sec.

$S = 0.682$ sec.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 การทดสอบการกระจายของ Crossing time ของคนเดินเท้าในช่วงที่ยวดยานได้รับสัญญาณไฟแดง(การกระจายแบบ Normal distribution)

Crossing time (sec.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i - f_o)^2}{f_o}$
2.6-3.3	3	2	0.50
3.4-4.1	7	8	0.13
4.2-4.9	21	18	0.50
5.0-5.7	27	31	0.52
5.8-6.5	36	36	0.00
6.6-7.3	28	27	0.04
7.4-8.1	14	14	0.00
8.2-8.9	5	5	0.00
Σ	=141	=141	=1.69

$k = 8-2-1 = 5$

From table χ^2 ; $k=5, \alpha=5\ \%$

$\Rightarrow \chi^2 = 11.1 > 1.69$ o.k.

Note :

$\bar{x} = 5.974$ sec.

$S = 1.254$ sec.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 การทดสอบการกระจายของ Gap acceptance ของคนเดินเท้า

(การกระจายแบบ Log-normal distribution)

Gap size (sec.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i - f_o)^2}{f_o}$
0- 1.9	5	4	0.25
2- 3.9	52	48	0.33
4- 5.9	72	67	0.37
5- 7.9	37	51	3.84
8- 9.9	30	31	0.03
10-11.9	15	18	0.50
12-13.9	12	10	0.40
14-15.9	7	6	0.17
16-17.9	6	3	3.00
18-19.9	4	2	2.00
Σ	=240	=240	=10.89

$k = 10-2-1 = 7$

From table χ^2 ; $k=7, \alpha=5\ \%$

$\Rightarrow \chi^2 = 14.1 > 10.89$ o.k.

Note : $\varsigma^2 = \ln\left(1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2}\right)$ (for $\frac{\sigma}{\mu} > 0.3$)

$= \ln\left\{1 + \frac{15.54}{(6.84)^2}\right\} = 0.286$

$\varsigma = 0.536$

$\lambda = \ln\mu - \frac{1}{2}\varsigma^2$

$= \ln 6.84 - \frac{1}{2}(0.286) = 1.78$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การทดสอบการกระจายของ Waiting time ของคนเดินเท้า

(การกระจายแบบ Exponential distribution)

Waiting time (sec.)	Observed frequency f_i	Theoretical frequency f_o	$\frac{(f_i - f_o)^2}{f_o}$
0- 9.9	64	62	0.07
10-19.9	34	40	0.90
20-29.9	24	25	0.04
30-39.9	18	16	0.25
40-49.9	10	10	0.00
50-59.9	10	6	2.67
60-69.9	4	4	0.00
70-79.9	3	3	0.00
80-89.9	1	2	0.50
Σ	= 168	= 168	= 4.43

$k = 9-1-1 = 7$

From table χ^2 ; $k=7, \alpha=5\ \%$

$\chi^2 = 14.1 > 4.43$ o.k.

Note :

$\lambda = E(X) = 21.56$ Sec.

$P(T_1 \leq t) = 1 - e^{-t/\lambda}$

$= 1 - e^{-t/21.56}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดการคำนวณหาค่าการกระจายตามทฤษฎี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาการกระจายแบบ Normal distribution ตามทฤษฎี(ค่า f_o) ของCrossing time ของคนเดินเท้าในช่วงยวดยานได้รับสัญญาณไฟแดง

จากค่าProbability ของการกระจายแบบ Normal distribution

$$P(a < X \leq b) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_a^b \exp.\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] dx$$

ให้ $s = \frac{x-\mu}{\sigma}$ และ $dx = \sigma ds$

ดังนั้น

$$P(a < X \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(a-\mu)/\sigma}^{(b-\mu)/\sigma} e^{-(\frac{1}{2})s^2} ds$$

$$= \phi\left(\frac{b-\mu}{\sigma}\right) - \phi\left(\frac{a-\mu}{\sigma}\right)$$

จากตารางที่ 5 ภาคผนวก ข.

ค่า $\mu = 5.974$

$\sigma = 1.254$

$N = 141$

$$P(2.6 < X \leq 3.3) = \phi\left(\frac{3.3-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{2.6-5.974}{1.254}\right)$$

$$= \phi(-2.13) - \phi(-2.69)$$

$$= \phi(2.69) - \phi(2.13)$$

$$= 0.996427 - 0.983414$$

$$= 0.013$$

$0.013 \times 141 = 1.8 \cong 2$

$$P(3.3 < X \leq 4.1) = \phi\left(\frac{4.1-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{3.3-5.974}{1.254}\right)$$

$$= \phi(-1.49) - \phi(-2.13)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= \phi(2.13) - \phi(1.49)$

$= 0.983414 - 0.931888$

$= 0.052$

$0.052 \times 141 = 7.3 \simeq 8$

$P(4.1 < X \leq 4.9) = \phi\left(\frac{4.9-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{4.1-5.974}{1.254}\right)$

$= \phi(-0.86) - \phi(-1.49)$

$= \phi(1.49) - \phi(0.86)$

$= 0.931888 - 0.805105$

$= 0.127$

$0.127 \times 141 = 17.9 \simeq 18$

$P(4.9 < X \leq 5.7) = \phi\left(\frac{5.7-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{4.9-5.974}{1.254}\right)$

$= \phi(-0.22) - \phi(-0.86)$

$= \phi(0.86) - \phi(0.22)$

$= 0.805105 - 0.587064$

$= 0.218$

$0.218 \times 141 = 30.7 \simeq 31$

$P(5.7 < X \leq 6.5) = \phi\left(\frac{6.5-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{5.7-5.974}{1.254}\right)$

$= \phi(0.42) - \phi(-0.22)$

$= 0.662757 - (1-0.587064)$

$= 0.25$

$0.25 \times 141 = 35.2 \simeq 36$

$P(6.5 < X \leq 7.3) = \phi\left(\frac{7.3-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{6.5-5.974}{1.254}\right)$

$= \phi(1.06) - \phi(0.42)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= 0.855428 - 0.662757$

$= 0.153$

$0.153 \times 141 = 27.2 \cong 27$

$P(7.3 < X \leq 8.1) = \phi\left(\frac{8.1-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{7.3-5.974}{1.254}\right)$

$= \phi(1.70) - \phi(1.06)$

$= 0.955435 - 0.855428$

$= 0.1$

$0.1 \times 141 = 14.1 \cong 14$

$P(8.1 < X \leq 8.9) = \phi\left(\frac{8.9-5.974}{1.254}\right) - \phi\left(\frac{8.1-5.974}{1.254}\right)$

$= \phi(2.33) - \phi(1.70)$

$= 0.990097 - 0.955435$

$= 0.035$

$0.035 \times 141 = 4.9 \cong 5$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาการกระจายแบบ Log-normal ตามทฤษฎี(ค่า f_o) ของ Gap acceptance ของคนเดินเท้า

จากค่า Probability ของการกระจายแบบ Log-normal distribution

$$P(a < X \leq b) = \int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\zeta x} \exp. \left[\frac{-1}{2}\left(\frac{\ln x - \lambda}{\zeta}\right)^2\right] dx$$

ให้ $s = \frac{\ln x - \lambda}{\zeta}$

ดังนั้น $dx = x\zeta\, ds$ และ

$$P(a < X \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(\ln a - \lambda)/\zeta}^{(\ln b - \lambda)/\zeta} e^{-(\frac{1}{2})s^2} ds$$

$$= \phi\left(\frac{\ln b - \lambda}{\zeta}\right) - \phi\left(\frac{\ln a - \lambda}{\zeta}\right)$$

จากตารางที่ 6 ภาคผนวก ข.

ค่า $\zeta = 0.536$

$\lambda = 1.78$

$N = 240$

$$P(0 < X \leq 1.9) = \phi\left(\frac{\ln 1.9 - 1.78}{0.536}\right)$$

$$= \phi(-2.12)$$

$$= 1 - \phi(2.12)$$

$$= 1 - 0.982997$$

$$= 0.017$$

$0.017 \times 240 = 4.1 \simeq 4$

$$P(1.9 < X \leq 3.9) = \phi\left(\frac{\ln 3.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 1.9 - 1.78}{0.536}\right)$$

$$= \phi(-0.78) - \phi(-2.12)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= \phi(2.12) - \phi(0.78)$

$= 0.982997 - 0.782305$

$= 0.201$

$0.201 \times 240 = 48.2 \cong 48$

$P(3.9 < X \leq 5.9) = \phi\left(\frac{\ln 5.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 3.9 - 1.78}{0.536}\right)$

$= \phi(-0.01) - \phi(-0.78)$

$= \phi(0.78) - \phi(0.01)$

$= 0.782305 - 0.503989$

$= 0.278$

$0.278 \times 240 = 66.8 \cong 67$

$P(5.9 < X \leq 7.9) = \phi\left(\frac{\ln 7.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 5.9 - 1.78}{0.536}\right)$

$= \phi(0.54) - \phi(-0.01)$

$= 0.705401 - (1 - 0.503989)$

$= 0.209$

$0.209 \times 240 = 50.3 \cong 51$

$P(7.9 < X \leq 9.9) = \phi\left(\frac{\ln 9.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 7.9 - 1.78}{0.536}\right)$

$= \phi(0.96) - \phi(0.54)$

$= 0.831473 - 0.705401$

$= 0.126$

$0.126 \times 240 = 30.3 \cong 31$

$P(9.9 < X \leq 11.9) = \phi\left(\frac{\ln 11.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 9.9 - 1.78}{0.536}\right)$

$= \phi(1.30) - \phi(0.96)$

$= 0.903199 - 0.831473$

$= 0.072 = 17.2 \cong 18$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$P(11.9 < X \leq 13.9) = \phi\left(\frac{\ln 13.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 11.9 - 1.78}{0.536}\right)$$

$$= \phi(1.59) - \phi(1.30)$$

$$= 0.944083 - 0.903199$$

$$= 0.041$$

$$0.041 \times 240 = 9.8 \simeq 10$$

$$P(13.9 < X \leq 15.9) = \phi\left(\frac{\ln 15.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 13.9 - 1.78}{0.536}\right)$$

$$= \phi(1.84) - \phi(1.59)$$

$$= 0.967116 - 0.944083$$

$$= 0.023$$

$$0.023 \times 240 = 5.5 \simeq 6$$

$$P(15.9 < X \leq 17.9) = \phi\left(\frac{\ln 17.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 15.9 - 1.78}{0.536}\right)$$

$$= \phi(2.06) - \phi(1.84)$$

$$= 0.980301 - 0.967116$$

$$= 0.013$$

$$0.013 \times 240 = 3.2 \simeq 3$$

$$P(17.9 < X \leq 19.9) = \phi\left(\frac{\ln 19.9 - 1.78}{0.536}\right) - \phi\left(\frac{\ln 17.9 - 1.78}{0.536}\right)$$

$$= \phi(2.26) - \phi(2.06)$$

$$= 0.988089 - 0.980301$$

$$= 0.008$$

$$0.008 \times 240 = 1.9 \simeq 2$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาการกระจายแบบ Exponential distribution ตามทฤษฎี(ค่า f_o)ของ Waiting time ของคนเดินเท้า

จาก Cumulative Distribution Function (CDF)

ของการกระจายแบบ Exponential distribution

$$F_T(t) = P(T \leq t) = 1 - e^{-t/\lambda}$$

จากตารางที่ 7 ภาคผนวก ข.

ค่า $\lambda = 21.56$

$N = 168$

$\therefore P(T \leq 9.9) = 1 - e^{-9.9/21.56}$

$= 0.368$

$0.368 \times 168 = 61.8 \cong 62$

$P(T \leq 19.9) = 1 - e^{-19.9/21.56}$

$= 0.603$

$\therefore P(10 \leq T \leq 19.9) = 0.603 - 0.368$

$= 0.235$

$0.235 \times 168 = 39.5 \cong 40$

$P(T \leq 29.9) = 1 - e^{-29.9/21.56}$

$= 0.750$

$\therefore P(20 \leq T \leq 29.9) = 0.750 - 0.603$

$= 0.147$

$0.147 \times 168 = 24.7 \cong 25$

$P(T \leq 39.9) = 1 - e^{-39.9/21.56}$

$= 0.843$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\therefore$ $P(30 \leq T \leq 39.9) = 0.843 - 0.750$

$= 0.093$

$0.093 \times 168 = 15.6 \simeq 16$

$P(T \leq 49.9) = 1 - e^{-49.9/21.56}$

$= 0.901$

$\therefore$ $P(30 \leq T \leq 49.9) = 0.901 - 0.843$

$= 0.058$

$0.058 \times 168 = 9.7 \simeq 10$

$P(T \leq 59.9) = 1 - e^{-59.9/21.56}$

$= 0.938$

$\therefore$ $P(50 \leq T \leq 59.9) = 0.938 - 0.901$

$= 0.037$

$0.037 \times 168 = 6.2 \simeq 6$

$P(T \leq 69.9) = 1 - e^{-69.9/21.56}$

$= 0.961$

$\therefore$ $P(60 \leq T \leq 69.9) = 0.961 - 0.938$

$= 0.023$

$0.023 \times 168 = 3.9 \simeq 4$

$P(T \leq 79.9) = 1 - e^{-79.9/21.56}$

$= 0.975$

$\therefore$ $P(70 \leq T \leq 79.9) = 0.975 - 0.961$

$= 0.014$

$0.014 \times 168 = 2.4 \simeq 3$

$P(T \leq 89.9) = 1 - e^{-89.9/21.56}$

$= 0.985$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\therefore$ $P(80 \leq T \leq 89.9) = 0.985 - 0.975$

$= 0.01$

$0.01 \times 168 = 1.7 \simeq 2$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข เกิดเมื่อวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2500 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่นเมื่อปี พ.ศ. 2521 เคยปฏิบัติราชการในตำแหน่งนายช่างโยธา กองช่าง สำนักงานเทศบาลเมืองหนองคายระหว่างปี พ.ศ. 2521 ถึง พ.ศ. 2523

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย