บทที่ 5

การคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟด้วยวิธีปริมาณการจราจรผ่านทางแยกสูงสุด

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของยวดยานที่ออกจากทางแยก (DEPARTURE FLOW RATE) กับเวลา

หลังจากทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์บริเวณทางแยก แล้วแก้ไขเหตุการณ์ที่เกิดนั้นก็จะทำให้ปริมาณการจราจรที่เคลื่อนตัวออกจากทางแยก (DEPARTURE FLOW) สูงขึ้น การไหลปริมาณจราจรที่ถูกปรับปรุงแล้วนี้ จะนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของยวดยานที่ออกจากทางแยก (DEPARTURE FLOW RATE) แล้วนำไปสร้างความสัมพันธ์กับเวลา

อัตราการไหลของยวดยานที่ออกจากทางแยก คือการไหลปริมาณการจราจรต่อหนึ่งหน่วยเวลา

กำหนดให้ DFR = อัตราการไหลของยวดยานออกจากทางแยก (DEPARTURE FLOW RATE)

DF = การไหลปริมาณการจราจร

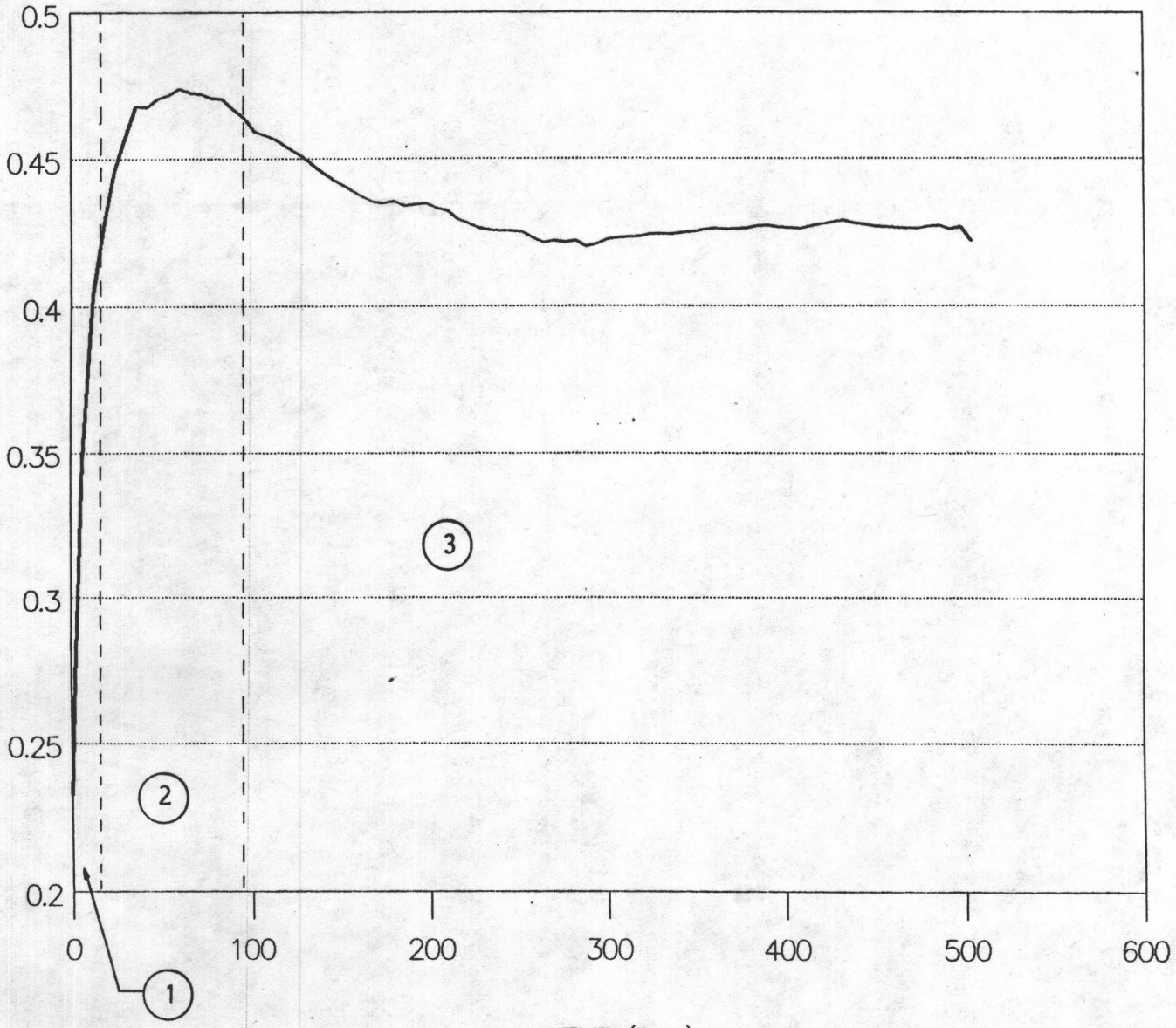
T = ช่วงเวลา

ดังนั้น DFR = DF/T

ในการคำนวณนี้มีหน่วยเป็น PCU/วินาที เมื่อนำอัตราการไหลของยวดยานออกจากทางแยกมาสร้างความสัมพันธ์กับเวลา จะได้รูปกราฟที่มีลักษณะดังรูปที่ 5.1 และเพื่อพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาที่สนใจระหว่าง 30 วินาที ถึง 180 วินาที ก็จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์นี้ของทางแยกที่ทำการศึกษาได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ.

จากกราฟรูปที่ 5.1 เห็นได้ว่าในช่วงที่ 1 ประมาณ 12-18 วินาทีแรก อัตราการไหลของยวดยานจะค่อยๆเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ยวดยานเริ่มเคลื่อนตัวออกจากทางแยกและในช่วงนี้มีเวลาสูญเสียเนื่องจากการออกตัวของยวดยาน(STARTING LOST TIME) จนกระทั่งยวดยานมีความเร็วสูงขึ้นทำให้อัตราการไหลผ่านได้สูงสุด ดังในช่วงที่ 2 หลังจากนั้นยวดยานมีการกระจัด

I17566999



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของยวดยาน
ที่ออกจากทางแยกกับเวลา

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระจาย (DISPERSE) มากขึ้น ทำให้ระยะห่างระหว่างยวดยาน (GAP) สูงขึ้น อัตราการไหลก็จะลดลงอยู่ในช่วงที่ 3 ซึ่งถ้าหากช่วงสัญญาณไฟเขียวนานจนยวดยานที่จอดรอสัญญาณไฟ วิ่งผ่านทางแยกไปได้หมดแล้ว อัตราการไหลก็จะเท่ากับอัตราการไหลของยวดยานที่วิ่งเข้าสู่ทางแยก

5.2 การคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟด้วยวิธีปริมาณการจราจรผ่านทางแยกสูงสุด (MAXIMIZE THROUGHPUT)

การคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟด้วยวิธีของ WEBSTER นั้น จะอาศัยหลักการที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความล่าช้า (AVERAGE DELAY) ของทุกๆด้าน มีค่าเท่ากัน โดยอาจจะพยายามจัดให้น้อยได้ถึงระดับหนึ่ง ส่วนสภาพการจราจรต้องอยู่ในภาวะที่การไหลต่ำกว่าจุดอิ่มตัว (UNDERSATURATED CONDITION) รอบเวลาอาจคำนวณได้จากสูตร

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

โดย C_o = รอบเวลาสัญญาณไฟ

L = ช่วงเวลาที่ต้องสูญเสียไป (LOST TIME)

Y = อัตราส่วนความต้องการใช้งานในหนึ่งรอบเวลาสัญญาณไฟ มีค่าน้อยกว่า 0.85

$$= \sum_{i=1}^{n} q_i/s_i$$

สำหรับสภาพการจราจรในกรุงเทพมหานคร วิธีของ WEBSTER ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เนื่องจาก

1. ตามสมมุติฐานของ WEBSTER อัตราการไหลของการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกจะต้องมีการกระจายแบบ POISSON แต่อัตราการไหลของการจราจรในกรุงเทพฯมีอัตราการไหลสม่ำเสมอ เนื่องจากมีปริมาณยวดยานบริเวณทางแยกสูงหรืออาจจะเป็นช่วงๆ ทำให้ยวดยานที่จอดรอสัญญาณไฟเคลื่อนตัวเข้าสู่ทางแยกอย่างสม่ำเสมอ

2. อัตราส่วนความต้องการใช้งานในแต่ละจังหวะสัญญาณไฟ (y_i) คำนวณมาจากค่าการไหลอิ่มตัว จากการศึกษาพบว่าค่าการไหลอิ่มตัวสำหรับในกรุงเทพฯเกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มสัญญาณไฟเขียวเป็นช่วงสั้นๆช่วงหนึ่งเท่านั้น จึงเหมาะสมสำหรับรอบเวลาที่สั้น แต่ถ้าปริมาณการจราจรสูงและจำเป็นต้องมี

จังหวะเวลาสัญญาณไฟยาวนั้น จะทำให้อัตราส่วนความต้องการใช้งานไม่ถูกต้อง เนื่องจากปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกไปได้ ไม่ได้มีอัตราการไหลที่ค่าการไหลอิ่มตัวตลอดช่วงจังหวะสัญญาณไฟนั้น

3. สภาพการจราจรในกรุงเทพฯ เป็นสภาพการไหลเกือบอิ่มตัวหรือเกินจุดอิ่มตัว (NEARLYSATURATED OR OVERSATURATED CONDITION) ทำให้อัตราส่วนความต้องการใช้งานในหนึ่งรอบเวลาสัญญาณไฟ (Y) สูงกว่า 1.00 หรือใกล้ 1.00 สำหรับทางแยกที่ทำการศึกษาพบว่าอัตราส่วนนี้มีค่าสูงกว่า 1.00 ดังแสดงในตารางที่ 5.1 จึงไม่เหมาะสมกับการใช้รอบเวลาโดยวิธีการคำนวณแบบ WEBSTER

4. หลักการของวิธี WEBSTER จะให้ค่าเฉลี่ยของความล่าช้าของทางแยกเท่ากันทุกด้าน ซึ่งไม่เหมาะสมกับปริมาณการจราจรที่หนาแน่นที่ควรพิจารณาความล่าช้าของทั้งระบบ (TOTAL DELAY) ให้มีค่าน้อยที่สุด

หลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์หารอบเวลาในสภาพการไหลเกือบอิ่มตัวหรือเกินจุดอิ่มตัว คือให้ปริมาณยวดยานสามารถวิ่งผ่านทางแยกได้มากที่สุด ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าความล่าช้าของทั้งระบบ (TOTAL DELAY) มีค่าน้อยที่สุด โดยสร้างความสัมพันธ์ของการไหลของยวดยานที่เกิดขึ้นจริงกับเวลา

จากกราฟรูปที่ 5.1 พบว่าในช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่อัตราการไหลสูงสุด ลักษณะเส้นกราฟเป็นแบบโค้งคว่ำ ซึ่งสามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์แทนเส้นกราฟนี้ได้ โดยให้มีรูปแบบสมการเป็นแบบ PARABOLA

$$DFR = XG^2 + YG + Z$$

เมื่อ DFR = อัตราการไหลของยวดยานที่ออกจากทางแยก (DEPARTURE FLOW RATE)

G = ช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว (GREEN TIME)

X, Y, Z = ค่าคงที่

กราฟและสมการอัตราการไหลของแต่ละทางแยกได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ.

ถ้าให้ Q = ปริมาณยวดยานที่ผ่านทางแยก (DEPARTURE FLOW) มีหน่วยเป็น PCU/ หนึ่งหน่วยเวลา

G = ช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว

C = รอบเวลาสัญญาณไฟ

ตารางที่ 5.1 อัตราส่วนความต้องการใช้งานในหนึ่งรอบเวลาสัญญาณไฟ

INTERSECTION		PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3	PHASE 4	Y
CODE	NAME	y1	y2	y3	y4	= SUM (y)
051	SILOM	310/1.5/1650 = 0.13	620/1.5/1650 = 0.25	2300/3/1780 = 0.43	1870/3/1780 = 0.35	1.16
020	PLOENCHIT	6320/4/1720 = 0.92	830/3/1720 = 0.16			1.08
001	URUPONG	3700/4/1750 = 0.53	1560/1.5/1560 = 0.67			1.20
017	SAMSANE/RATVITEE	2020/2/1850 = 0.55	1218/2/1850 = 0.32			0.88
108	TADETAI/INTRAPITAK	49/2020 = 0.02	1632/2/1570 = 0.52	972/2/2020 = 0.24		0.78
002	YOD-SAE	3383/2/1870 = 0.90	1738/2/1870 = 0.46			1.36
255-257	VICTORY MONUMENT	3949/4/1780 = 0.55	3843/4/1780 = 0.53	6178/5/1780 = 0.69		1.77

g = % ช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว (SPLIT), $G = C * g$

ดังนั้น $Q = (G/C) * DFR$

$= (G/C) * (XG^2 + YG + Z)$

$= (Cg/C) * (XC^2g^2 + YCg + Z)$

$= XC^2g^3 + YCg^2 + Zg$ .....(5.2)

ถ้ามีหลายทิศทาง โดยคิดปริมาณยวดยานที่ผ่านทางแยกต่อช่องทางสมการจะเป็น

$$\sum_{i=1}^{k} Q_i = \sum_{i=1}^{k} (1/n_i)\ (X_i g_i^3 C^2 + Y_i g_i^2 C + Z_i g_i)$$

ต้องการ MAXIMIZE ΣQ ในหนึ่งหน่วยเวลา คือ $\frac{d\Sigma Q}{dC} = 0$

$$C = -\frac{\sum_{i=1}^{k} Y_i g_i^2/n_i}{\sum_{i=1}^{k} X_i g_i^3/n_i}$$

$$= -\frac{\frac{Y_1 g_1^2}{n_1} + \frac{Y_2 g_2^2}{n_2} + \ldots + \frac{Y_k g_k^2}{n_k}}{\frac{X_1 g_1^3}{n_1} + \frac{X_2 g_2^3}{n_2} + \ldots + \frac{X_k g_k^3}{n_k}} \quad \ldots\ldots\ldots(5.3)$$

จากสมการ (5.2) ถ้าคำนวณทีละทิศทาง

$$\frac{dQ}{dC} = 2Xg^3 + Yg^2 = 0$$

$$C_i = \frac{-Y_i}{2X_i g_i}$$

ให้ $A_i = \frac{2X_i g_i^3}{n_i}$

$$\therefore \sum_{i=1}^{k} \left[\frac{C_i A_i}{A_i}\right] = \sum_{i=1}^{k} \left[\frac{-Y_i}{2X_i g_i} \frac{2X_i g_i^3}{n_i}\right] \Big/ \left[\frac{2X_i g_i^3}{n_i}\right]$$

$$= \sum_{i=1}^{k} \left[\frac{-Y_i g_i^2/n_i}{2X_i g_i^3/n_i}\right] = -\frac{\sum_{i=1}^{k} Y_i g_i^2/n_i}{\sum_{i=1}^{k} X_i g_i^3/n_i} = C$$

5.3 การคำนวณค่าเปอร์เซนต์สัญญาณไฟเขียว (SPLIT)

การพิจารณาค่า g ในการศึกษานี้ พิจารณาจากสภาพการจราจรของแต่ละทางแยก โดยให้ความสำคัญกับด้านที่ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรตรงทางแยกนั้น เช่น ด้านที่มีปริมาณยวดยานที่ต้องการผ่านทางแยก (DEMAND VOLUME) และเกิดความยาวของยวดยานที่จอดรอสัญญาไฟ ยาวมาก หรือด้านที่

ต้องจำกัดความยาวของยวดยานที่จอดรอสัญญาณไฟเนื่องจากมีทางแยกอื่นอยู่ใกล้เคียงกัน ถ้าหากความยาวของยวดยานก่อตัวขึ้นจนกระทั่งถึงทางแยกข้างเคียงก็จะก่อให้เกิดปัญหากับทางแยกข้างเคียงได้

จากการพิจารณาสภาพการจราจรดังกล่าว ทำให้การพิจารณาค่า g แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 ให้ความสำคัญทุกด้านเท่ากัน

กรณีที่ 2 ให้ความสำคัญด้านใดด้านหนึ่ง

ถ้าให้ Q = ปริมาณยวดยานที่ผ่านทางแยก (DEPARTURE FLOW)

D = ปริมาณยวดยานที่ต้องการผ่านทางแยก (DEMAND VOLUME)

DFR = อัตราการไหลของยวดยานที่ออกจากทางแยก (DEPARTURE FLOW RATE)

g = % สัญญาณไฟเขียว (SPLIT)

L = เวลาที่สูญเสีย (LOST TIME)

K′ = ค่าคงที่

C = รอบเวลาสัญญาณไฟ

<u>กรณีที่ 1</u>

$$Q = DFR * g \quad \text{.....(5.5)}$$

$$Q = K'D \quad \text{.....(5.6)}$$

จากสมการ (5.5) และ (5.6) ได้ว่า $g = KD/DFR$

ถ้าทุกด้านมีความสำคัญเท่ากันหมด ดังนั้นในกรณีที่เป็นสี่แยก

$$\frac{Q_1}{D_1} = \frac{Q_2}{D_2} = \frac{Q_3}{D_3} = \frac{Q_4}{D_4}$$

$$\frac{K'D_1}{DFR_1} + \frac{K'D_2}{DFR_2} + \frac{K'D_3}{DFR_3} + \frac{K'D_4}{DFR_4} = 1 - \frac{L}{C}$$

$$K'\left(\frac{D_1}{DFR_1} + \frac{D_2}{DFR_2} + \frac{D_3}{DFR_3} + \frac{D_4}{DFR_4}\right) = 1 - \frac{L}{C} \quad \text{.....(5.7)}$$

จากสมการ (5.7) สามารถหาค่า K ได้

$$g_1 = \frac{K'D_1}{DFR_1},\ g_2 = \frac{K'D_2}{DFR_2},\ g_3 = \frac{K'D_3}{DFR_3},\ g_4 = \frac{K'D_4}{DFR_4}$$

<u>กรณีที่ 2</u> ให้ความสำคัญด้านใดด้านหนึ่ง

$$\frac{Q_1}{D_1} = \frac{Q_2}{D_2} = \frac{Q_3}{D_3}$$

$$g_1 = \frac{K'D_1}{DFR_1},\quad g_2 = \frac{K'D_2}{DFR_2},\quad g_3 = \frac{K'D_3}{DFR_3},\quad g_4 = \frac{D_4}{DFR_4}$$

หรือ $$K'\left(\frac{D_1}{DFR_1} + \frac{D_2}{DFR_2} + \frac{D_3}{DFR_3}\right) + \frac{D_4}{DFR_4} = 1 - \frac{L}{C}$$

5.4 ขั้นตอนการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟมีดังนี้

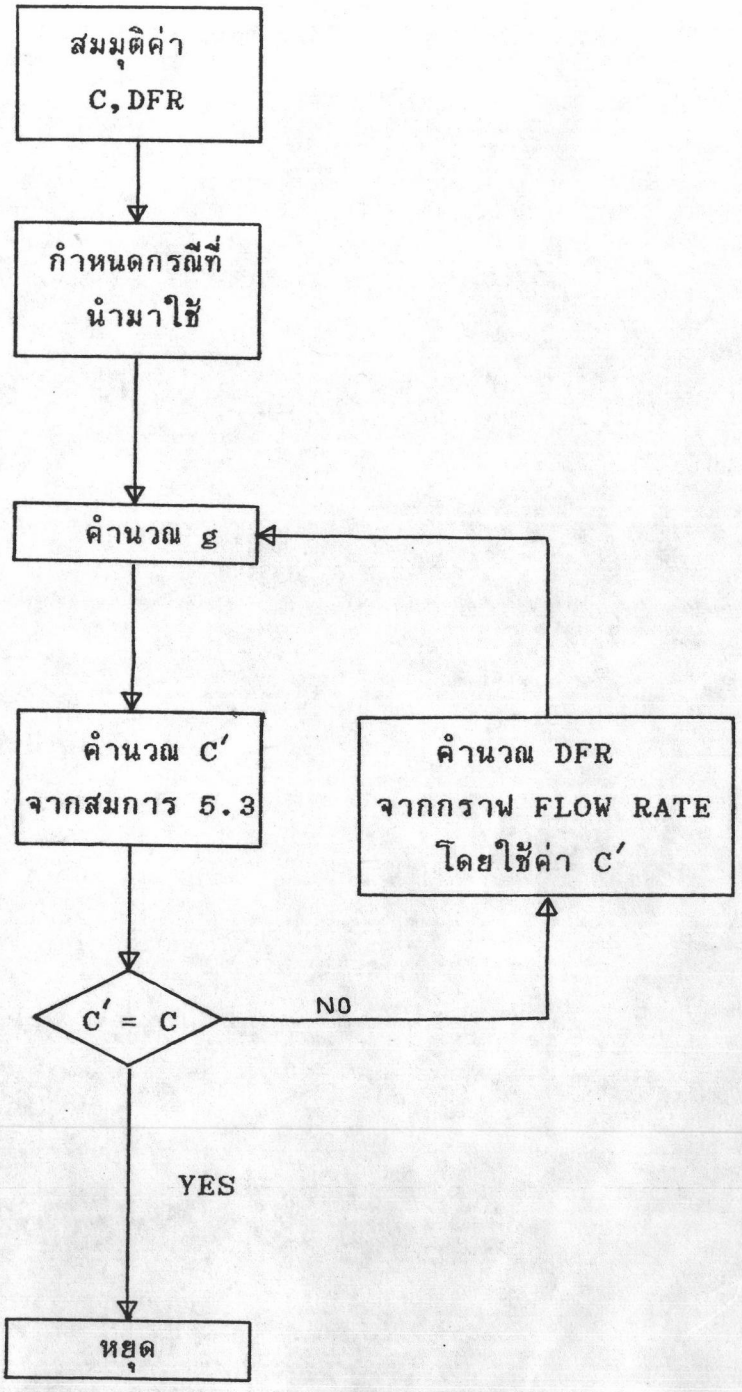
1. สมมุติค่า C และ DFR
2. กำหนดกรณีที่จะใช้ แล้วคำนวณค่า g
3. คำนวณค่า C จากสมการ (5.3)
4. เปรียบเทียบค่า C จากข้อ 1 และ 3 ถ้าเท่ากันหยุดทำได้ ถ้าไม่เท่ากัน ให้นำค่า C ที่คำนวณได้ใหม่ไปหาค่า DFR จากกราฟในภาคผนวก ฉ. แล้วย้อนกลับไปทำในข้อ 2

ขั้นตอนการทำงานดังกล่าวนำมาเขียน FLOW CHART ได้ดังรูปที่ 5.2

5.5 วิธีการคำนวณและผลการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟ

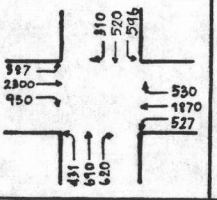
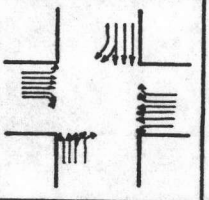
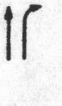
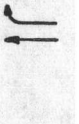
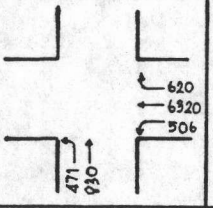
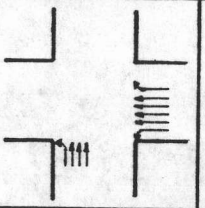
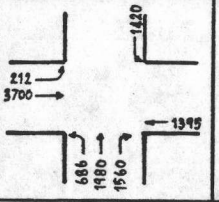
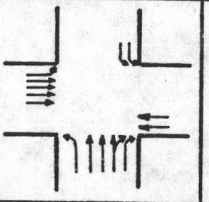
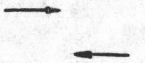
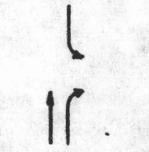
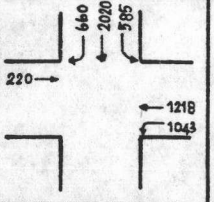
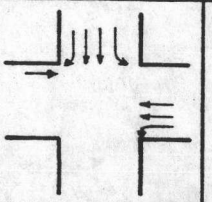
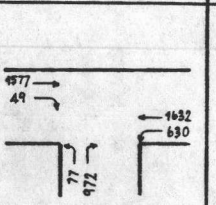
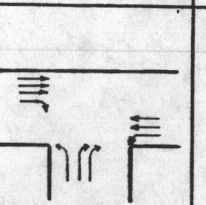
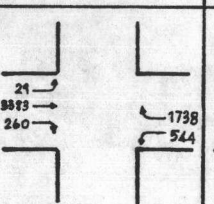
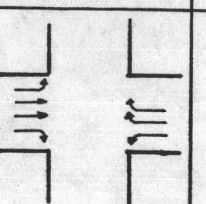
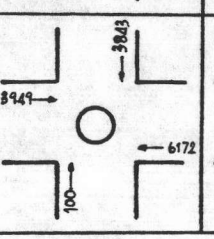
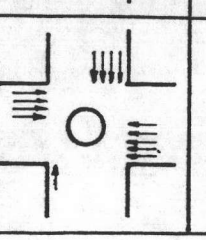
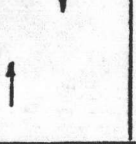
ในการศึกษาครั้งนี้ จะคำนวณรอบเวลาในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนในตอนเช้า จากทางแยกภายในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 7 ทางแยก ได้แก่ ทางแยกสีลม เพลินจิต อุรุพงษ์ สามเสน/ราชวิถี เทอดไท ยศเส และอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ข้อมูลปริมาณการจราจรแต่ละทางแยกได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 7:00 - 8:00 น. เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532 ตารางที่ 5.2 แสดงถึงข้อมูลปริมาณการจราจร จำนวนช่องทางและจังหวะสัญญาณไฟที่ใช้ในการคำนวณ

วิธีการคำนวณได้ทำการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิก เพื่อความรวดเร็วเนื่องจากมีขั้นตอนที่ต้องทำซ้ำๆกัน โปรแกรมการคำนวณนี้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ช. ผลจากโปรแกรมได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 ซึ่งได้รอบเวลาสัญญาณไฟเท่ากับ 138 วินาที ช่วงเวลาจังหวะสัญญาณไฟของแต่ละทางแยกได้แสดงไว้ในตาราง 5.4



รูปที่ 5.2 แสดง FLOW CHART การคำนวณค่ารอบเวลาสัญญาณไฟ

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร จำนวนช่องทางและจังหวะสัญญาณไฟที่ใช้คำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟที่พัฒนาขึ้น

NODE NO.	VOLUME (pcu/ชม.)	NO. OF LANE	PHASE SEQUENCE			
			1	2	3	4
051						
020						
001						
017						
108						
002						
255-257						

```
ASSUME CYCLE TIME = 150 SEC.
ASSUME SS = 1500 PCU./HR./LANE
ASSUME SR = 1200 PCU./HR./LANE

 ******* SILOM INTERSECTION ***
G1 =    0.089
G2 =    0.142
G3 =    0.274
G4 =    0.319
SS = 1558.77
SR = 1329.66
 ******* PLOENCHIT INTERSECTION
G1 =    0.768
G2 =    0.145
SS =  1680.9
SR = 1021.65
 ******* URUPONG INTERSECTION *
G1 =    0.482
G2 =    0.437
SS(EAST) =    1358.06
SS(NORTH) =   1469.69
SR(NORTH) =   1383.99
 ******* SAMSANE INTERSECTION *
G1 =    0.634
G2 =    0.273
SS = 1636.99
SR =  987.46
 ******* TADETAI INTERSECTION *
G1 =    0.036
G2 =    0.472
G3 =    0.357
SS = 1286.99
SR = 1006.62
 ******* YOD-SAE INTERSECTION *
G1 =    0.521
G2 =    0.362
SS = 1624.05
 ******* VICTORY MONUMENT *****
G1 =    0.271
G2 =    0.263
G3 =    0.339
SS =  1582.7

COMPUTED CYCLE TIME = 137.753
```

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณรอบเวลาสัญญาณไฟจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น