

พฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่บริเวณทางแยกซึ่งมีสัญญาณจราจรควบคุม

Chieu Ding Tsai⁽²¹⁾ ได้ทำการศึกษาดังพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่บริเวณทางแยกซึ่งมีสัญญาณจราจรควบคุมในกรุงเทพฯ ในปีพ.ศ. 2512 ซึ่งในเวลานั้นจังหวะสัญญาณไฟจราจรมาตรฐานที่บริเวณทางแยกในกรุงเทพฯ เป็นดังนี้คือ แดง เหลือง-แดง เขียว เหลือง และ แดง ตามลำดับ ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมของผู้ขับขี่ระหว่างเมื่อมีและไม่มีช่วงสัญญาณไฟ "แดง-เหลือง"

5.1 สถานที่ทำการศึกษา

ทางแยกที่ถูกเลือกคือทางแยกหลานหลวง ซึ่งเป็นทางแยกที่มีลักษณะดังนี้คือ

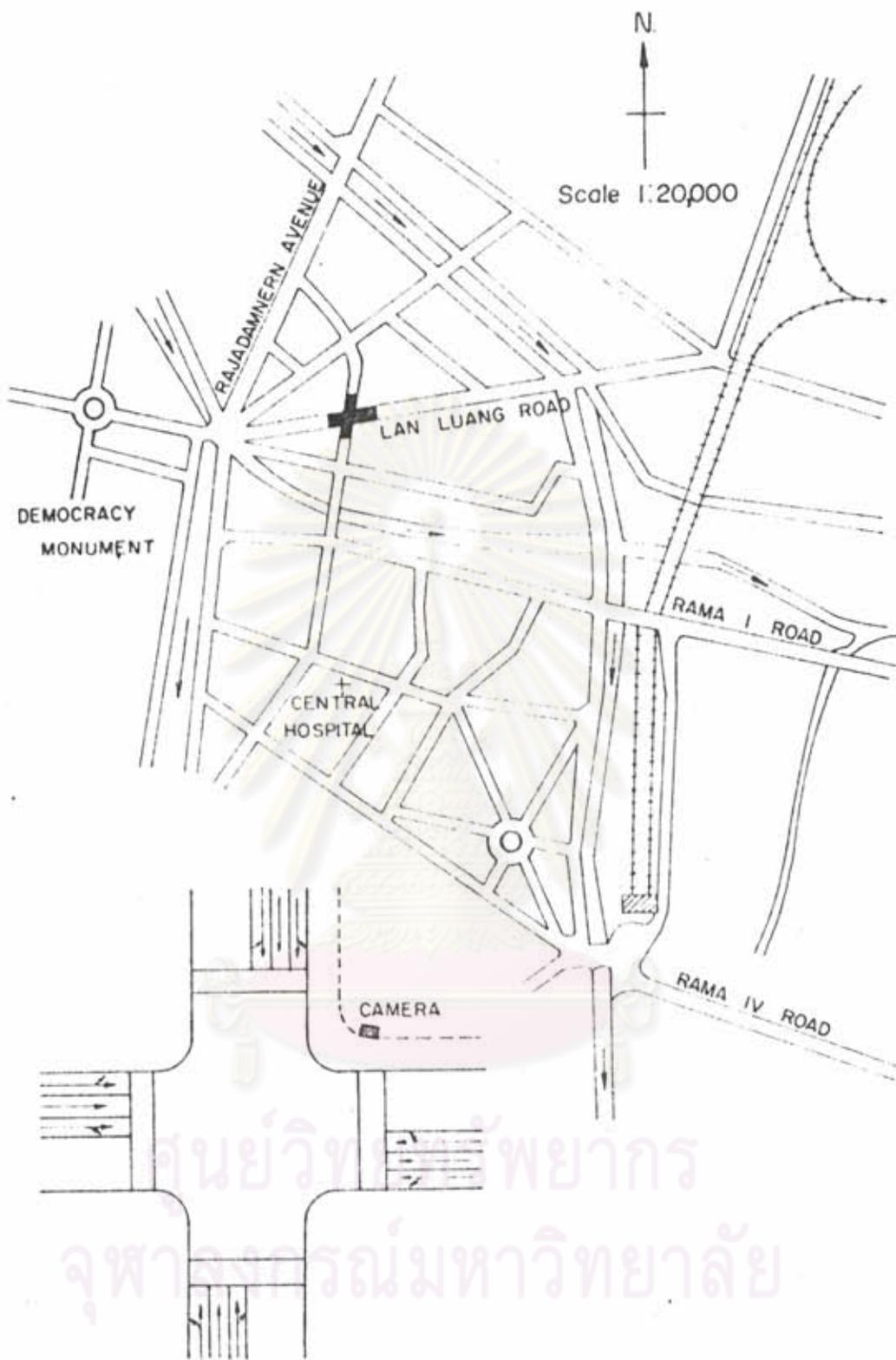
1. เป็นสี่แยกที่ตัดกันเป็นมุมฉาก
2. มีการไหลของการจราจรในสองทิศทาง (two-way traffic) ทั้งสี่ด้านของทางแยก (approaches)
3. สัญญาณไฟจราจรเป็นแบบ two-phase pre-time signals
4. มีระเค็มของผิวทางที่ราบเรียบ
5. อยู่ห่างจากจุดที่ตัดกับทางรถไฟมากพอสมควร
6. มีทางม้าลายในแต่ละด้านของทางแยก (approaches) และความกว้างของทางม้าลายประมาณ 3 เมตร

รูปที่ 5.1 แสดงบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้กำหนดให้เส้นขอบทางม้าลายทางด้านนอกของทางแยกเป็นเส้นสำหรับให้รถหยุดรอสัญญาณไฟเขียว และเส้นขอบทางม้าลายทางด้านในของทางแยกเป็นแนวอ้างอิงซึ่งถ้าหากว่าเมื่อใดที่รถด่านเส้นดังกล่าวให้ล้อวารถนั้นเข้าสู่ทางแยกแล้ว

5.2 อุปกรณ์และวิธีการเก็บข้อมูล

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลประกอบด้วย



รูปที่ 5.1 แสดงบริเวณทางแยกที่ทำการศึกษ

1. กล้องถ่ายภาพยนตร์ขนาด 16 มม. ความเร็วฟิล์มเท่ากับ 12 ภาพต่อวินาที
2. นาฬิกาจับเวลาเพื่อใช้ควบคุมเวลาในการถ่ายภาพ
3. Microfilm reader เพื่อใช้อ่านข้อมูลจากฟิล์ม
4. หลอดไฟเพื่อใช้บอกเวลาที่ช่วงจังหวะสัญญาณไฟเหลืองเริ่มต้น

กล้องถ่ายภาพยนตร์ถูกติดตั้งอยู่กับผนังของตึกสามชั้นซึ่งอยู่ที่หัวมุมทางแยกด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ข้อมูลถูกเก็บโดยแยกออกเป็น 2 กรณี คือ เมื่อมีช่วงเวลาสัญญาณไฟ "แดง-เหลือง" เท่ากับ 0 วินาที และ 3 วินาที ในวันปกติก่อนเช้า 07:30 ถึง 09:30 และตอนบ่าย 16:30 ถึง 18:00 น.

ข้อมูลที่ไ้จากการอ่านฟิล์มได้แก่

1. Departure headway ของขบวนที่จอร์จรถสัญญาณไฟเขียว
2. Entry time ของขบวนคันแรกที่จอร์จรถสัญญาณไฟเขียว
3. Entry time ของขบวนคันสุดท้ายที่สามารถผ่านทางแยกได้ในแต่ละรอบสัญญาณไฟ

ในการวิเคราะห์ Headway และ Entry time ของขบวนคันแรกที่จอร์จรถสัญญาณไฟเขียวนั้น ใช้เฉพาะข้อมูลของรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) เท่านั้น
หมายเหตุ :

Departure headway หมายถึงช่วงเวลาที่ห่างกันระหว่างขบวนที่แล่นตามกันมาเข้าสู่ทางแยก

Entry time หมายถึงช่วงเวลาดังแต่เริ่มสัญญาณไฟเหลืองจนกระทั่งรถยนต์เส้นขอบทางม้าลายทางคันในของทางแยก

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์

5.3.1 Entry time ของขบวนเมื่อมีและไม่มีช่วงจังหวะสัญญาณไฟแดง-เหลือง

ในกรณีที่ทดสอบความแตกต่างว่ามีนัยสำคัญหรือไม่ (significant difference) ของค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ใช้ Student's t-test โดยใช้ระดับของนัยสำคัญ (level of significance), $\alpha = 0.05$

สำหรับในกรณีที่ทดสอบความแตกต่างว่ามีนัยสำคัญหรือไม่ของค่าความแปรปรวน (Variance) ใช้ F-test โดยใช้ระดับของนัยสำคัญ, $\alpha = 0.05$

ผลการทดสอบนัยสำคัญ (significance test) สำหรับ Entry time ของรถคันแรกเมื่อมีและไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบนัยสำคัญสำหรับ Entry time ของรถคันแรกเมื่อมีและไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

Approach	Mean, X, sec		Significant difference	Variance		Significant difference
	with R/A	without R/A		with R/A	without R/A	
EB	4.1	6.0	Yes	1.37	0.52	Yes
WB	4.1	6.4	Yes	1.23	1.33	No
NB	4.8	7.1	Yes	1.09	0.96	No

หมายเหตุ :
 EB = รถแล่นไปทางด้านทิศตะวันออก
 WB = รถแล่นไปทางด้านทิศตะวันตก
 NB = รถแล่นไปทางด้านทิศเหนือ
 R/A = ช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

ผลการทดสอบนัยสำคัญ (significance test) สำหรับ Entry time ของขบวนคันสุดท้าย ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบนัยสำคัญสำหรับ Entry time ของยวดยานคันสุดท้ายเมื่อมีและไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

Approach	Mean, X, sec		Significant difference	Variance		Significant difference
	with R/A	without R/A		with R/A	without R/A	
WB	2.6	2.9	No	1.15	1.93	No
NB	1.7	1.5	No	0.70	0.70	No

5.3.2 ความจุของทางแยกในกรณีที่มีและไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

(Intersection Capacity With and Without Red-Amber)

ความจุของทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรควบคุมสามารถหาได้จากสมการ

$$V = \frac{3,600}{H} - \frac{3,600n(L-H)}{CH} \dots\dots\dots(5.1)$$

เมื่อ

- V = ความจุของทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรควบคุม (คัน/ชั่วโมง)
- H = ค่าเฉลี่ยของ headway (วินาที)
- n = จำนวนของ phase ในแต่ละรอบเวลาสัญญาณไฟ
- C = ผลรวมของช่วงเวลาไฟเขียวและช่วงเวลาไฟเหลืองในแต่ละรอบเวลาสัญญาณไฟ (วินาที)
- L = $L_1 + L_2$, ช่วงเวลาไฟเขียวที่สูญเสียไป (วินาที)
- L_1 = เวลาที่ใช้ไปสำหรับยวดยานที่จอกจรสัญญาณไฟเขียวในการเคลื่อนที่เข้าสู่ทางแยก (วินาที)
- L_2 = เวลาที่ใช้ไปในการแล่นผ่านทางแยกของยวดยานคันสุดท้าย (วินาที)

ค่าของ "H" และ " L_1 " ซึ่งแยกตามลักษณะการเคลื่อนที่ต่าง ๆ (ตรง เลี้ยวขวาและเลี้ยวซ้าย) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 โดยค่า $H = 2.0$ วินาทีและค่า $L_1 = 4.1$ วินาทีสำหรับในกรณีที่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง ส่วนในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลืองค่า $H = 2.0$ วินาทีและ $L_1 = 6.9$ วินาที สำหรับค่า L_2 มีค่าประมาณ 2.5 วินาทีในกรณีที่ทางแยกกว้าง 50 ฟุต (15.24 เมตร) ความเร็วของยานยนต์โดยเฉลี่ยประมาณ 20 ไมล์/ชั่วโมง (32 กิโลเมตร/ชั่วโมง) และความยาวของยานยนต์ประมาณ 20 ฟุต (6.1 เมตร)

ค่าความจุของทางแยกในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลืองมีค่าคงประมาณ 8.2 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.3 ค่า Headway และ Starting Delay ของรถทางตรงและรถเลี้ยว
เมื่อมีและไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

ลักษณะของการเคลื่อนที่	เมื่อมีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง		เมื่อไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง	
	ค่า H , วินาที	ค่า L_1 , วินาที	ค่า H , วินาที	ค่า L_1 , วินาที
รถตรงไป	2.0	4.1	2.0	6.9
เลี้ยวซ้าย	2.0	5.9	2.0	9.5
เลี้ยวขวา	2.0	4.2	2.0	8.0

5.3.3 คุณสมบัติของ Potential Conflict เมื่อมีและไม่มีช่วงเวลา
สัญญาณไฟแดง-เหลือง

จากการทดสอบด้วย Chi-square test พบว่าการกระจายของ Entry time ของรถคันแรกเป็นแบบ Pearson Type III distribution และการกระจายของ Entry time ของรถคันสุดท้ายเป็นแบบ Pearson Type I distribution การกระจายของ Entry time ของรถคันแรกและคันสุดท้ายได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.5

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบความจุของทางแยกเมื่อมีและไม่มีช่วงเวลาสัญญาณไฟแดง-เหลือง

	เมื่อมีช่วงเวลาสัญญาณไฟแดง-เหลือง	เมื่อไม่มีช่วงเวลาสัญญาณไฟแดง-เหลือง	ความจุที่ลดลง (%)
ค่า Headway, วินาที	2.0	2.0	8.2
เวลาที่สูญเสียไป $L = L_1 + L_2$, วินาที	6.6	9.4	
ความยาวรอบเวลา, วินาที	78.0	78.0	
จำนวน Phase, n	2	2	
ความจุ, คัน/ชั่วโมง	1,590	1,460	

ค่า Probability ของ potential vehicular conflict ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ผู้ขับขี่ขยับยานเข้าสู่ทางแยกก่อนได้รับสัญญาณไฟเขียว และค่า Probability ของ potential vehicular conflict ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ผู้ขับขี่ขยับยานเข้าสู่ทางแยกหลังจากที่สัญญาณไฟเหลืองสิ้นสุดไปแล้ว ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 5.5

ค่า Probability ของ potential vehicular conflict ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการที่เหตุการณ์ทั้งสองอย่างข้างต้นเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันนั้นหาได้จากสมการ

$$P(E_1 E_2) = P(E_1)P(E_2) \dots\dots\dots(5.2)$$

เมื่อ

E_1 = เหตุการณ์ของ Entry time สำหรับยวดยานคันแรกที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาระหว่าง t_1 และ t_2 วินาที

E_2 = เหตุการณ์ของ Entry time สำหรับยวดยานคันสุดท้ายที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาระหว่าง t_1 และ t_2 วินาที

ค่า Probability ของ potential vehicular conflict ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเหตุการณ์ทั้งสองอย่างข้างต้นเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.6

5.4 สรุป

5.4.1 พฤติกรรมในการขับขี่เข้าสู่ทางแยก

ค่าเฉลี่ยของ Entry time ของยวดยานคันแรกหลังจากได้รับสัญญาณไฟเหลืองมีค่าประมาณ 4.3 วินาทีในกรณีที่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง และมีค่าประมาณ 6.5 วินาทีในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติพบว่าความแตกต่างของค่าทั้งสองมีนัยสำคัญ

ส่วนค่าเฉลี่ยของ Entry time ของรถคันสุดท้ายหลังจากได้รับสัญญาณไฟเหลืองมีค่าประมาณ 2.15 วินาทีในกรณีที่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง และมีค่าประมาณ 2.2 วินาทีในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติพบว่าความแตกต่างของค่าทั้งสองไม่มีนัยสำคัญ

5.4.2 ความจุของทางแยกที่มีสัญญาณจราจรควบคุม

ในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง ค่าความจุของทางแยกที่ทำการศึกษาลดลงประมาณ 8.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลจากการที่ค่า Starting delay มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2.8 วินาทีเมื่อเทียบกับกรณีที่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

5.4.3 คุณลักษณะของ Potential vehicular conflict

Potential vehicular conflict เกิดขึ้นจาก

1. การที่รถคันแรกที่จอดรออยู่เข้าสู่ทางแยกก่อนได้รับสัญญาณไฟเขียว
2. การที่รถยังคงเข้าสู่ทางแยกเมื่อสัญญาณไฟเหลืองสิ้นสุดแล้ว
3. ทั้งสองกรณีข้างต้นเกิดขึ้นร่วมกัน

ค่า Probability ของ vehicular conflict ในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลืองมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

โดยสรุปจากการศึกษานี้พบว่า ในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลืองจะช่วยลดค่า Starting delay ซึ่งทำให้ช่วยเพิ่มความจุของทางแยกและในขณะเดียวกันก็จะทำให้ค่า Probability ของ potential vehicular conflict มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนในกรณีที่ไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลืองจะให้อัตราการจราจรที่ทางแยกตรงกันข้าม

เพราะฉะนั้นในการออกแบบระบบสัญญาณจราจรที่ทางแยกควรกำหนดช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลืองให้พอเหมาะที่ทำให้มีค่า Starting delay และค่า Potential vehicular conflict น้อยที่สุด

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ค่า Potential conflict ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่รถคันแรกเข้าสู่
ทางแยกก่อนได้รับสัญญาณไฟเขียว และเนื่องจากการที่รถคันสุดท้ายเข้าสู่
ทางแยกหลังจากสัญญาณไฟเหลืองได้สิ้นสุดลงแล้ว

Potential conflict due to the early starts of first waiting vehicles			
Approach	With red-amber	Without red-amber	Remarks
NB	0.014	0.0	lower volume approach
EB	0.139	0.0	higher volume approach
Potential conflict due to the vehicle continuing to enter after amber phase ended.			
WB	0.443	0.430	higher volume approach
NB	0.055	0.010	lower volume approach

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

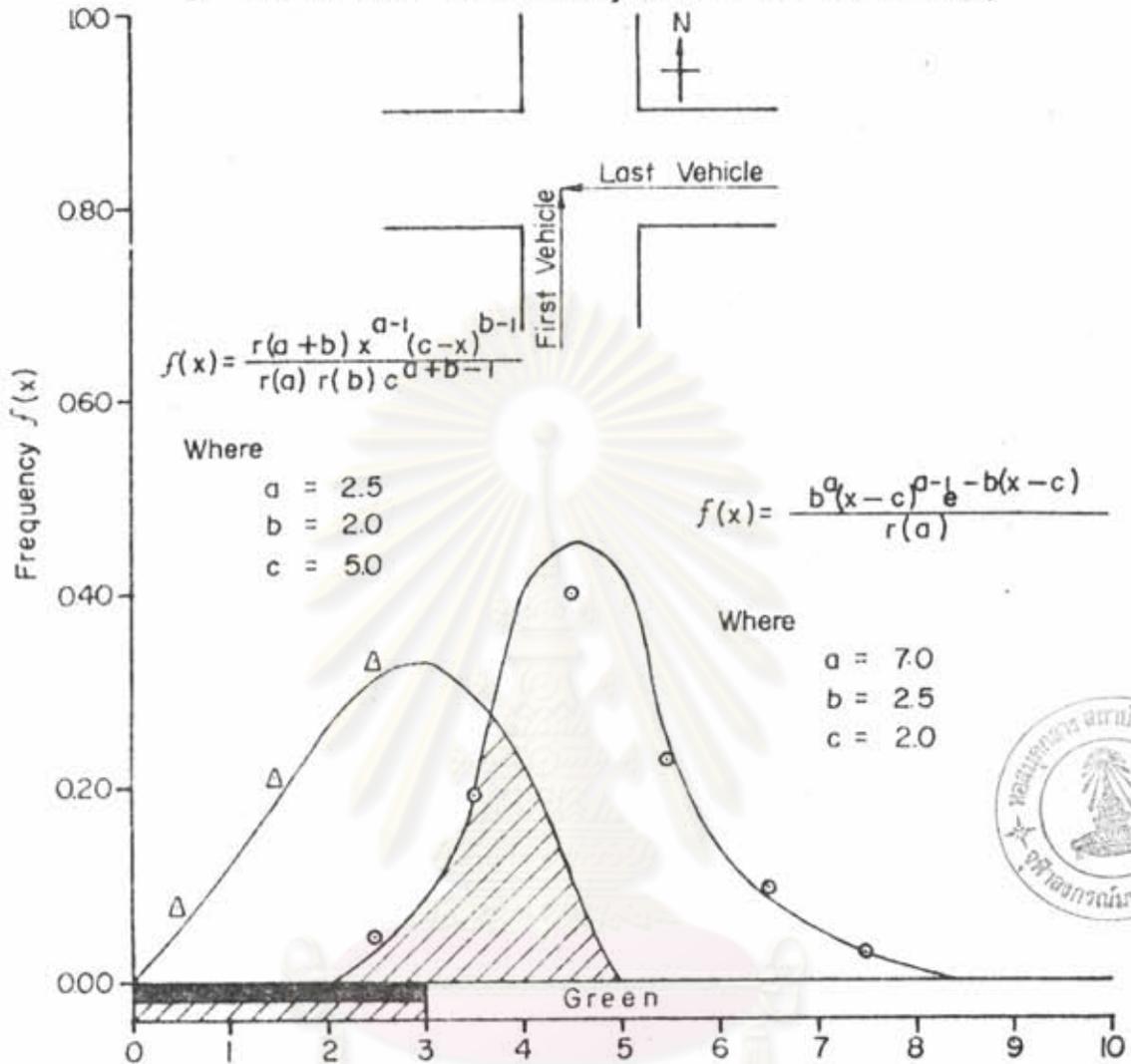
ตารางที่ 5.6 ค่า Potential conflict ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากวดยานคันแรกและคัน
สุดท้ายเข้าไปอยู่ภายในบริเวณทางแยกในช่วงเวลาเดียวกัน

Approach	With red-amber	Without red-amber	Remarks
WB	$P(E_1) = P(2 < x < 5) = 0.752$	$P(E_1) = P(4 < x < 7) = 0.214$	higher volume approach
NB	$P(E_2) = P(2 < x < 5) = 0.622$	$P(E_2) = P(4 < x < 7) = 0.543$	lower volume approach
$P(E_1 E_2)$	$P(E_1) P(E_2) = 0.468$	$P(E_1) P(E_2) = 0.116$	
NB	$P(E_1) = P(2 < x < 3.5) = 0.20$	$P(E_1) = 0.0$	lower volume approach
EB	$P(E_2) = P(2 < x < 3.5) = 0.291$	$P(E_2) = 0.0$	higher volume approach
$P(E_1 E_2)$	$P(E_1) P(E_2) = 0.058$	$P(E_1) P(E_2) = 0.0$	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Δ Plot of data for the entry time of the last vehicle

○ Plot of data for the entry time of the first vehicle

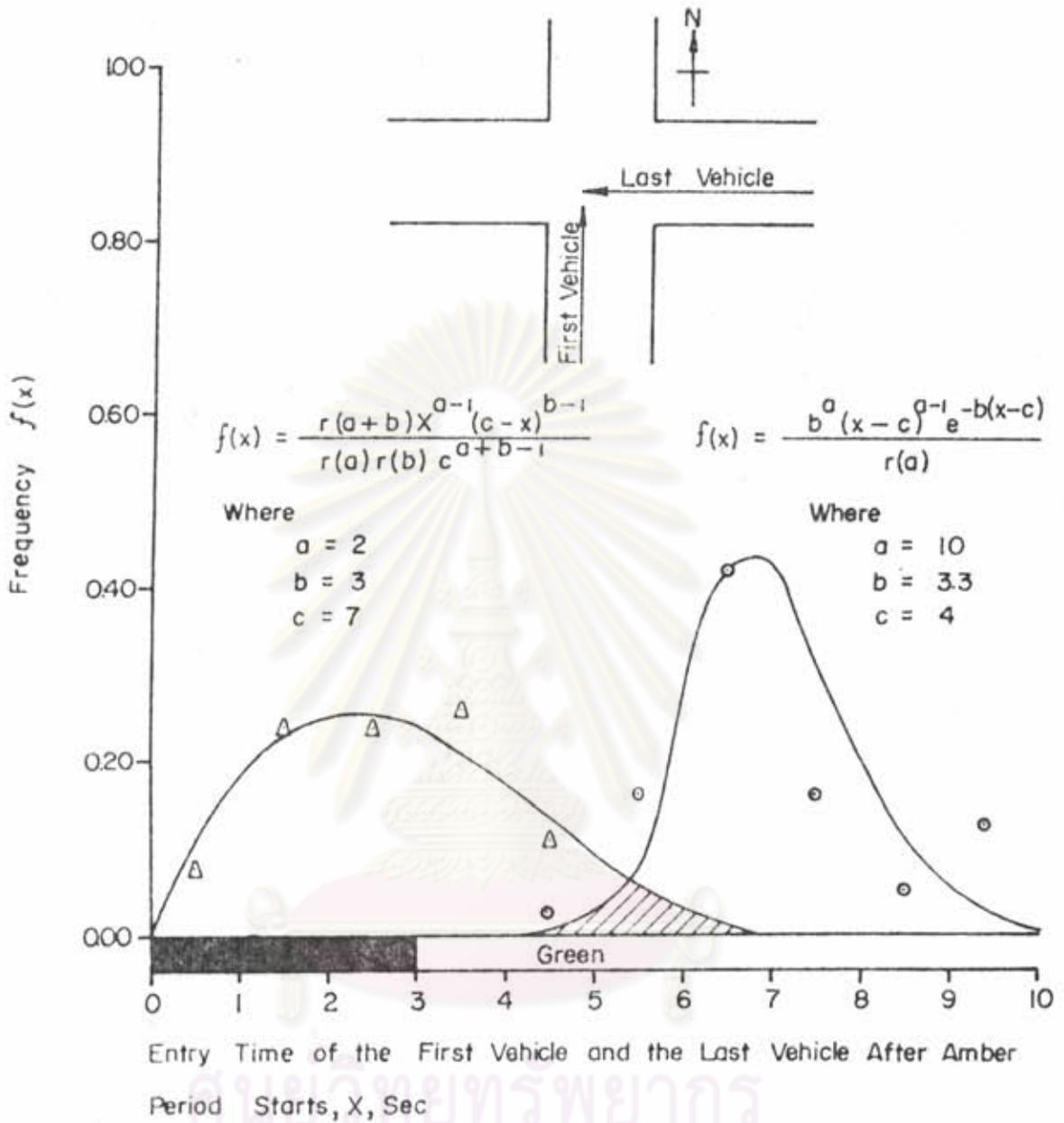


Entry Time of the First Vehicle and the Last Vehicle After Amber Period Starts, x , Sec.

— Potential Conflict Due to the First Vehicle for the North-Bound Approach and the Last Vehicle for the West-Bound Approach at the Signal with Red- Amber Period

รูปที่ 5.2 แสดง Potential Conflict ที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถคันแรกซึ่งวิ่งไปทางทิศเหนือ และ รถคันสุดท้ายซึ่งวิ่งไปทางทิศตะวันตกเมื่อมีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

- Δ Plot of data for the entry time of the last vehicle.
- Plot of data for the entry time of the first vehicle.

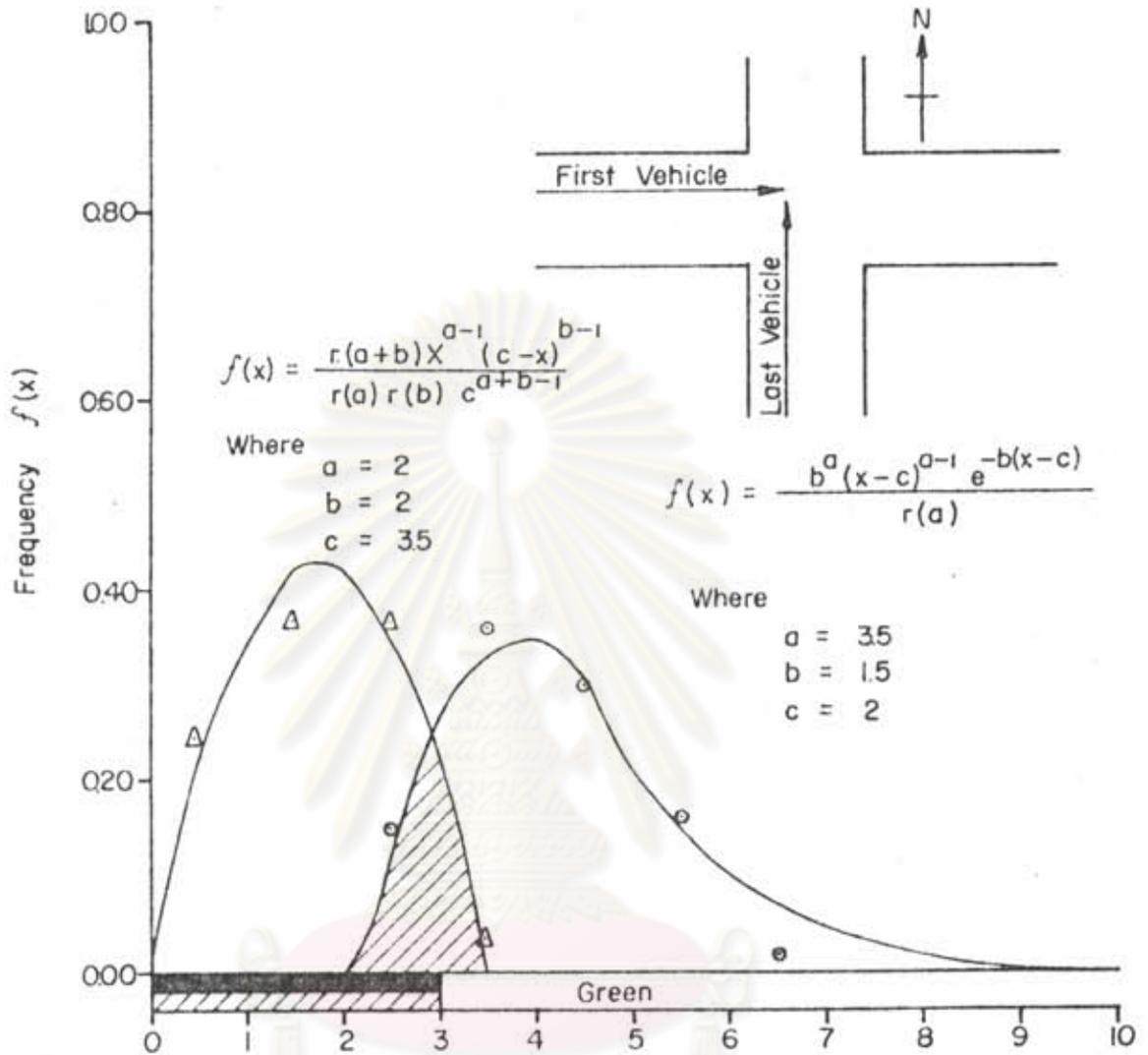


— Potential Conflict Due to the First Vehicle for the North-Bound Approach and the Last Vehicle for the West-Bound Approach at the Signal without Red- Amber Period

รูปที่ 5.3 แสดง Potential Conflict ที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถคันแรกซึ่งวิ่งไปทางทิศเหนือ และรถคันสุดท้ายซึ่งวิ่งไปทางทิศตะวันตกเมื่อไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

△ Plote of data for the entry time of the Last vehicle

○ Plote of data for the entry time of the first vehicle



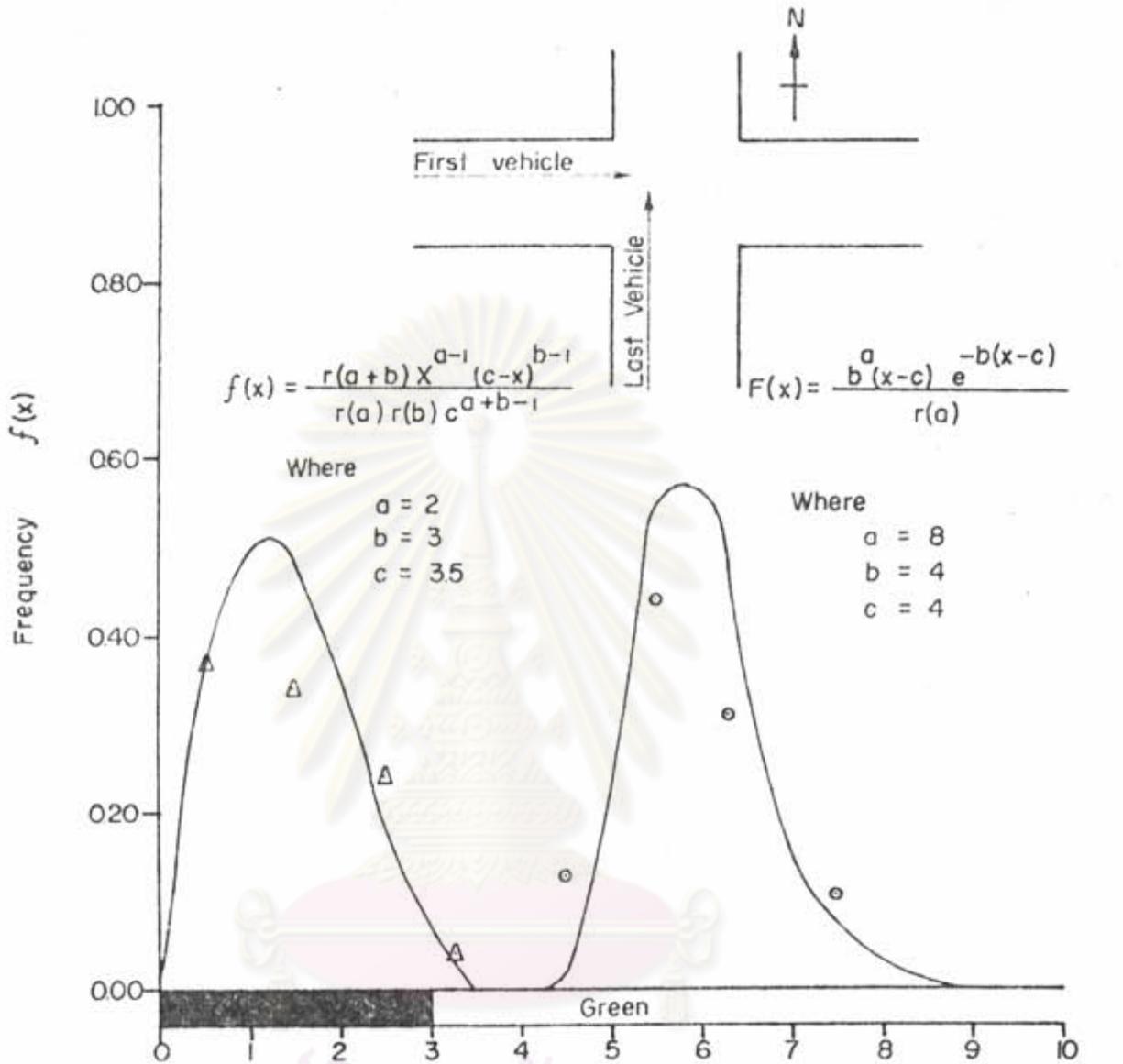
Entry time of First Vehicle and the Last Vehicle After Amber Period Starts, X, Sec

— Potential Conflict Due to the First Vehicle for the East-Bound Approach and the Last Vehicle for the North-Bound Approach at the Signal with Red- Amber Period

รูปที่ 5.4 แสดง Potential Conflict ที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถคันแรกซึ่งวิ่งไปทางทิศตะวันออกและรถคันสุดท้ายซึ่งวิ่งไปทางทิศเหนือเมื่อมีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง

△ Plote of data for the entry time of the last vehicle

○ Plote of data for the entry time of the first vehicle



Entry Time of the First Vehicle and the Last Vehicle After Amber Period Starts, X, Sec.

— Pototential Conflict Due to the First Vehicle for the East-Bound Approach and the Last Vehicle of the North - Bound Approach at the Signal without Red-Amber Period

รูปที่ 5.5 แสดง Potential Conflict ที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถคันแรกซึ่งวิ่งไปทางทิศตะวันออกและรถคันสุดท้ายซึ่งวิ่งไปทางทิศเหนือเมื่อไม่มีช่วงสัญญาณไฟแดง-เหลือง