Central Library
Prince of Songkla University

บทที่ 3

การออกแบบและวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรของวงเวียนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSIDRA

3.1 หลักการพื้นฐานของแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับหาค่าความจุและสภาพการจราจร

3.1.1 หลักการเบื้องต้น

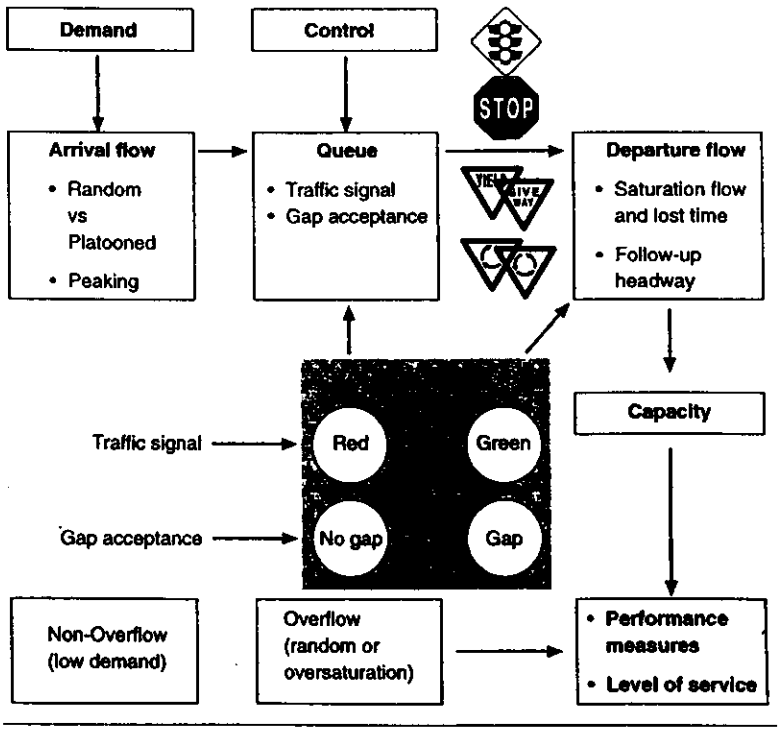
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายค่าปริมาณความจุและสภาพการจราจรของทางแยก ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ทางแยกรูปแบบต่าง ๆ ได้ (ทางแยกที่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและไม่ได้ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของวงเวียนสามารถพิจารณาได้จาก ความล่าช้า ความยาวคิว ระดับการให้บริการ อัตราการหยุดและระดับการจราจรอิ่มตัว

Akcelik (1998) ได้เสนอหลักการพื้นฐานสำหรับวิเคราะห์การจราจรบริเวณทางแยก ดังแสดงในภาพประกอบ 3.1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร กำหนดทางเอก – ทางโท กำหนดให้ชะลอความเร็วเพื่อให้ทางและวงเวียน จากลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถแบ่งการควบคุมกระแสการจราจรได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1.1.1 ทางแยกที่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร (Signalised Intersections) ซึ่งจะใช้สัญญาณไฟแดงเพื่อให้รถหยุด และสัญญาณไฟเขียวเพื่อให้รถเคลื่อนที่

3.1.1.2 ทางแยกที่ไม่ควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร (Unsignalised Intersections) ซึ่งใช้ขนาดของช่องว่างที่เหมาะสม เป็นเงื่อนไขของการเคลื่อนที่

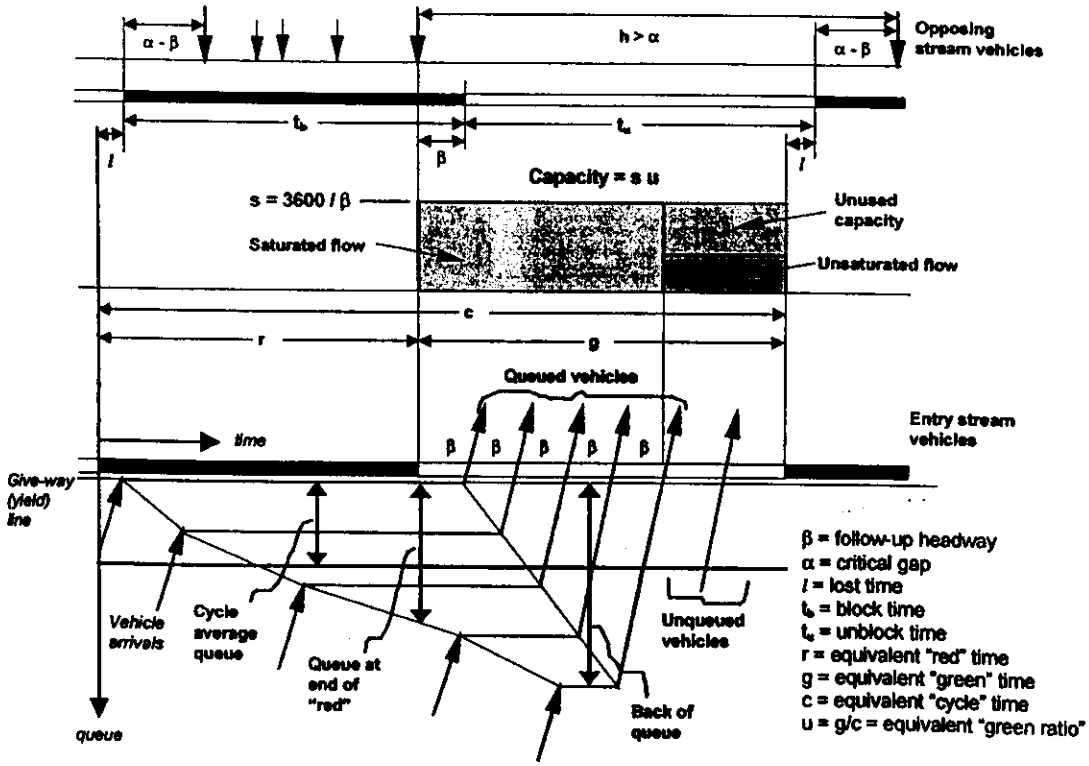
จะเห็นว่าเทคนิคพื้นฐานของทางแยกทั้ง 2 นั้นคล้ายคลึงกัน คือช่วงเวลาของสัญญาณไฟแดงเทียบเท่ากับช่วงเวลาที่ต้องรอช่องว่างที่เหมาะสม และช่วงเวลาของสัญญาณไฟเขียวเทียบเท่ากับช่วงเวลาที่มีช่องว่างที่เหมาะสมที่รถจะเคลื่อนที่เข้าสู่ทางแยกได้โดยปลอดภัย



ภาพประกอบ 3.1 หลักการเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์สภาพการจราจร

ที่มา : Akcelik,R.. et al. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 2.1. : p.7.

ความจุและสภาพการจราจร (ความล่าช้า ความยาวคิว ฯลฯ) มีความสัมพันธ์กัน และสามารถแสดงให้เห็นในรูปของระดับความอิ่มตัว (Degree of Saturated) ซึ่งเท่ากับอัตราส่วนระหว่างปริมาณจราจรที่ต้องการเคลื่อนที่ผ่านทางแยกเทียบกับความจุที่ทางแยกนั้นจะสามารถรองรับได้ จากค่าของระดับความอิ่มตัวจะแสดงให้เห็นถึงสภาพการเคลื่อนที่ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีปริมาณจราจรอิ่มตัว (Overflow) และ กรณีปริมาณจราจรไม่อิ่มตัว (Non – Overflow) ถ้าระดับความอิ่มตัวมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบไม่อิ่มตัว การจราจรไม่ติดขัด หรือติดขัดไม่มาก ความยาวคิวจะน้อยมากหรือแทบจะเป็นศูนย์ และความล่าช้าน้อย จากความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นดังภาพประกอบ 3.2

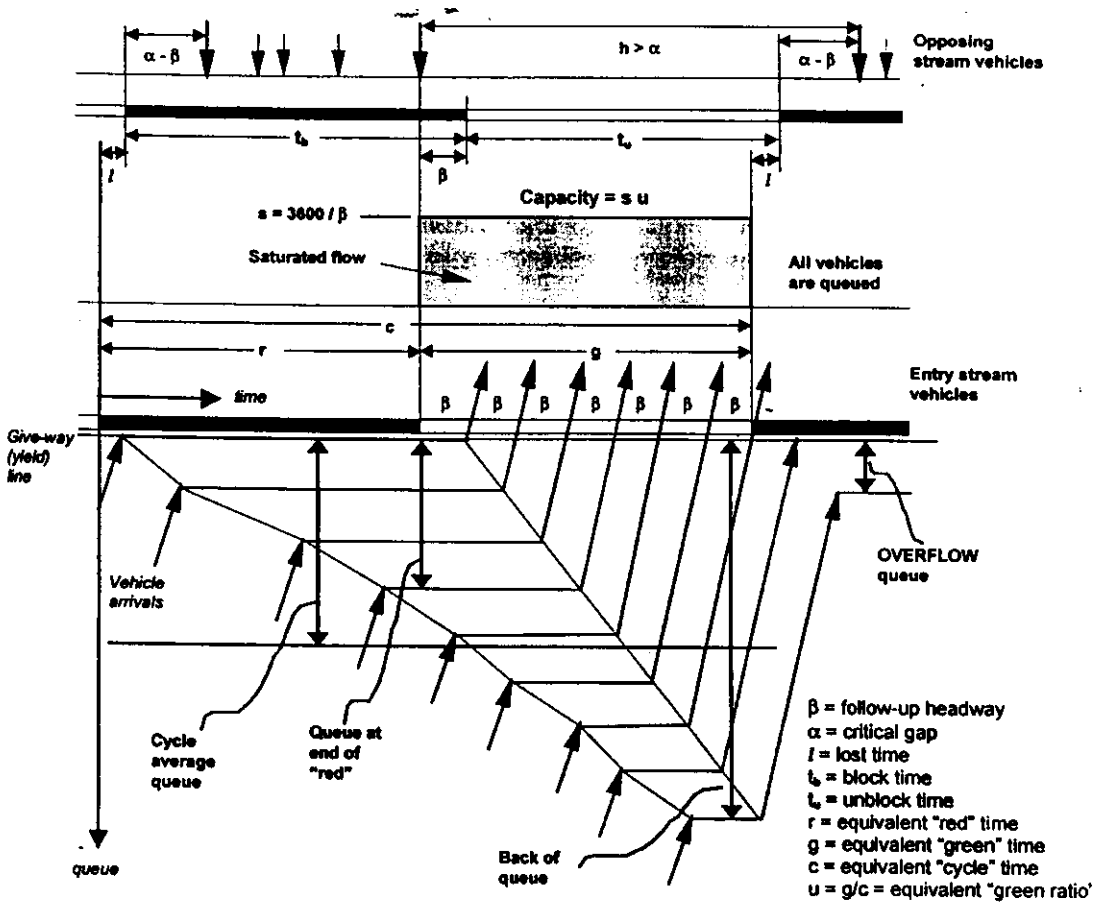


ภาพประกอบ 3.2 ความสัมพันธ์เบื้องต้นในกระบวนการพิจารณาช่องว่างที่ยอมรับได้

(กรณี Non-Overflow)

ที่มา : Akcelik,R.. et al. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 2.2. : p. 8.

ถ้าระดับความอิ่มตัวมีค่าเท่ากับ 1 หรือมากกว่า แสดงว่าสภาพการเคลื่อนที่เป็นแบบที่อิ่มตัว การจราจรจะติดขัดมาก ความยาวคิวจะมาก และความล่าช้าก็จะมาก หากเทียบกับทางแยกที่ใช้สัญญาณไฟจราจรก็คือ รถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้แม้ว่าจะเป็นสัญญาณไฟเขียว เพราะติดรถคันหน้า ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เช่นกัน จากความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นดังภาพประกอบ 3.3



ภาพประกอบ 3.3 ความสัมพันธ์เบื้องต้นในกระบวนการพิจารณาช่องว่างที่ยอมรับได้ (กรณี Overflow)

ที่มา : Akcelik,R.. et al. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 2.3. : p.9.

โดยทั่วไปการพิจารณาความล่าช้า ความยาวคิว และอัตราการหยุดสำหรับทางแยก แบ่งออกได้ 2 กรณี คือ กรณีที่รถหยุดเนื่องจากสัญญาณไฟแดง หรือรอช่องว่างที่เหมาะสม และกรณีที่รถหยุดรอคิวเนื่องจากติดขัดรถคันหน้า แต่สำหรับวงเวียนจะมีอีก 1 กรณี คือ สภาพการจราจรเนื่องจากลักษณะทางเรขาคณิต (Geometric Design) ซึ่งสัมพันธ์กับการใช้ความเร็วอย่างเหมาะสมเพื่อเข้าสู่วงเวียน เคลื่อนที่ในวงเวียนและออกจากวงเวียน และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วปกติที่กำหนด

3.2 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์วงเวียน

ข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์วงเวียนแบ่งออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1) ข้อมูลสำหรับทางแยกทั่วไป เช่น ลักษณะทางเรขาคณิต ปริมาณจราจร จำนวนช่องจราจร ความกว้างช่องจราจร ความล่าช้า สภาพการเลี้ยว และตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงเวียนโดยเฉพาะ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของเกาะกลางวงเวียน ความกว้างของช่องจราจรในวงเวียน จำนวนช่องจราจรในวงเวียน การขยายช่องจราจรเมื่อเข้าสู่วงเวียน รัศมีที่เข้าสู่วงเวียน มุมที่เข้าสู่วงเวียน และลักษณะการเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม

3.2.1 ข้อมูลสำหรับทางแยกทั่วไป

3.2.1.1 ข้อมูลปริมาณจราจรและลักษณะทางเรขาคณิต

ข้อมูลปริมาณจราจรและลักษณะทางเรขาคณิต (รัศมีโค้ง ความเร็ว และระยะทาง) จะถูกระบุในรูปแบบจุดเริ่มต้น – จุดสิ้นสุด ข้อมูลนี้จะมีความสำคัญสำหรับการพิจารณาลักษณะการจราจรในวงเวียนและนอกวงเวียน ความเร็วที่จะเข้าสู่วงเวียนและระยะทางสำหรับวงเวียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่วงเวียนมีมากกว่า 4 แขน การพิจารณาการจราจรในวงเวียน จะต้องคำนึงถึงค่าความจุ คือ ถ้าปริมาณจราจรมากกว่าความจุ ปริมาณจราจรที่เข้าสู่กระแสจราจรในวงเวียนจะถูกจำกัด

3.2.1.2 ข้อมูลการจราจรบนทางหลัก ทางรองและการเลี้ยวตัดกระแสการจราจร

สำหรับการเคลื่อนที่เข้าสู่กระแสจราจรในวงเวียนจะต้องชะลอความเร็วให้รถในวงเวียนไปก่อนแล้วรอจังหวะที่ปลอดภัย จึงเคลื่อนที่ตัดเข้าไปในกระแสการจราจรในวงเวียน สำหรับการเคลื่อนที่ใน Slip Lane ก็เป็นลักษณะของการเคลื่อนที่เข้าสู่ช่องทางพิเศษก่อนเข้าสู่กระแสการจราจร จำนวนยานพาหนะต่ำสุดต่อช่องจราจรต่อนาทีจะถูกนำไปแสดงเป็นความจุต่ำสุด

3.2.1.3 จำนวนที่ช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนในแต่ละทิศทางและขนาดความกว้างช่องจราจร

ตัวแปรทั้งสองนี้ถูกใช้ในสูตรสำหรับการประมาณค่าความจุ จำนวนช่องจราจรที่เข้าสู่วงเวียนจะนับรวมถึง Short Lane และ Shared Slip Lane ความกว้างช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนเฉลี่ยหาได้จากความกว้างของช่องจราจรทั้งหมดหารด้วยจำนวนช่องจราจรทั้งหมดที่เข้าสู่วงเวียน

$$w_L = \frac{\sum w_i}{n_e}$$

เมื่อ w_L = ความกว้างช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนเฉลี่ย (เมตร)

w_i = ความกว้างช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนแต่ละช่อง (เมตร)

n_e = จำนวนช่องจราจรที่เข้าสู่วงเวียน (ช่อง)

โดยปกติแล้วความกว้างช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนเฉลี่ยจะกว้างกว่าความกว้างของช่องจราจรเฉลี่ยก่อนเข้าสู่วงเวียนในทิศทางนั้น ๆ

3.2.1.4 ตัวแปรอื่น ๆ

ก. สำหรับการเคลื่อนที่ของรถรับส่งผู้โดยสารและการจอดรถ และความลาดชันก่อนเข้าสู่วงเวียนไม่มีอิทธิพลต่อความจุของวงเวียน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่ได้นำค่าดังกล่าวมาพิจารณา

ข. ค่าของตัวแปร Basic Saturation Flow จะไม่มีผลต่อการหาค่าระยะห่างของยานพาหนะสำหรับช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนและ Slip Lanes แต่จะถูกใช้ในการคำนวณหาค่าความจุของการจราจร Continuous (Uninterrupted) Movements

ค. ตัวอย่างของค่าตัวแปรเบื้องต้น เช่น Practical Degree of Saturation = 0.85 สำหรับวงเวียน แต่ถ้าเป็นทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรจะเท่ากับ 0.90 ความกว้างของช่องจราจรในวงเวียนเท่ากับ 4.00 ม. สำหรับวงเวียน และสำหรับทางแยกอื่นๆเท่ากับ 3.30 ม.

3.2.2 ข้อมูลเฉพาะสำหรับวงเวียน

ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในโปรแกรม aaSIDRA สำหรับคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงเวียนได้ถูกกำหนดให้มีค่าตั้งต้นและช่วงที่เปลี่ยนแปลงได้ ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ค่าของตัวแปรลักษณะทางเรขาคณิตของวงเวียน

	ค่าระหว่างช่วง	ค่าตั้งต้น
เส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางวงเวียน (D_c)	4-250 เมตร	20 เมตร
ความกว้างช่องจราจรในวงเวียน(w_c)	5-20 เมตร	10 เมตร
จำนวนช่องจราจรในวงเวียน (n_c)	1-6	2
อัตราการเคลื่อนที่เป็นกลุ่มเข้าสู่วงเวียน	-50 to +50 %	0

ที่มา : Akcelik,R.. et al. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Table 4.1. : p.51.

3.2.2.1 เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก (Inscribed Diameter) เส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางวงเวียน (Central Island Diameter) และความกว้างของถนนในวงเวียน (Circulating Road Width)

เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกหาได้จากผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางวงเวียน รวมกับความกว้างของถนนในวงเวียน ทั้ง 2 ข้าง

$$D_i = D_c + 2W_c$$

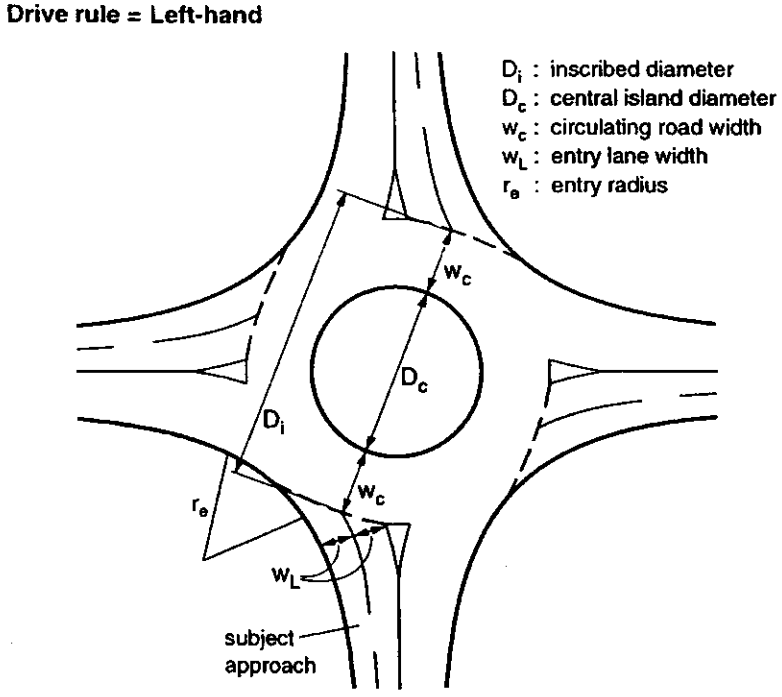
เมื่อ D_i = เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก (เมตร)

D_c = เส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางวงเวียน (เมตร)

W_c = ความกว้างของถนนในวงเวียน (เมตร)

ตัวแปรเหล่านี้จะถูกใช้ในสมการเพื่อหาค่าช่วงเวลาห่างระหว่างจุดในกระแสการจราจร (Follow – up Headway) และช่วงเวลาห่างระหว่างรถต่ำสุดที่รถจากภายนอกจะแทรกเข้าไปในกระแสการจราจร (Critical Gap)

สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางจะถูกนำไปใช้คำนวณหาความเร็วเพื่อเข้าสู่วงเวียนและระยะทาง และมีผลต่อการประมาณความล่าช้างทางเรขาคณิต (Geometric Delay)



ภาพประกอบ 3.4 ความหมายของตัวแปรของลักษณะทางเรขาคณิตของวงเวียน

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 4.1. : p.52.

จำนวนช่องจราจรในวงเวียน (Number of Circulating Lanes) จะสัมพันธ์กับความกว้างของถนนในวงเวียน ดังตาราง 3.2

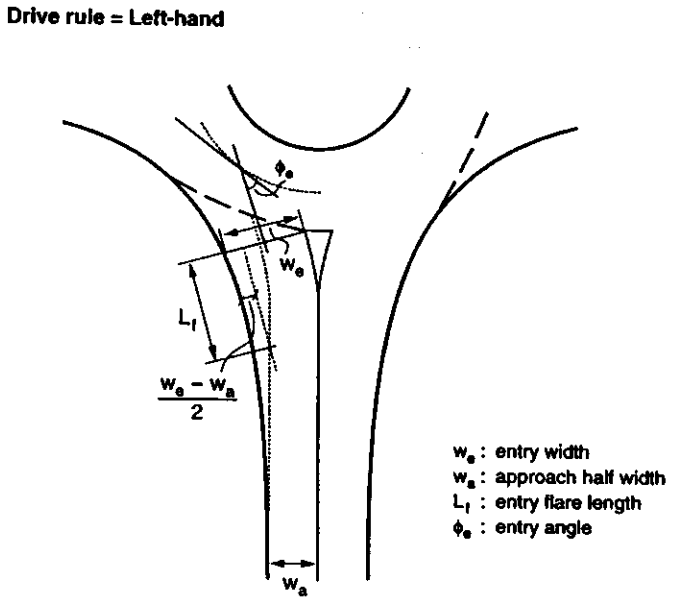
ตาราง 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของช่องจราจรในวงเวียนกับจำนวนช่องจราจรในวงเวียน

ความกว้างช่องจราจรในวงเวียน w_c (เมตร)	จำนวนช่องจราจรในวงเวียน n_e (ช่อง)
$4 \leq w_c < 10$	1
$10 \leq w_c < 15$	2
$15 \leq w_c \leq 20$	3

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Table 4.2. : p.54.

จำนวนช่องจราจรในวงเวียนที่ผู้ใช้ระบุจะต้องถูกเปรียบเทียบกับค่าของจำนวนช่องจราจรประสิทธิผลในวงเวียน (Effective Circulating Lanes) คือ ถ้าจำนวนช่องจราจรในวงเวียนที่ผู้ใช้ระบุน้อยกว่าจำนวนช่องจราจรประสิทธิผลในวงเวียนให้ใช้ตามที่ผู้ใช้ระบุ แต่ถ้าเท่ากันหรือมากกว่าค่าของจำนวนช่องจราจรประสิทธิผลในวงเวียนจะถูกเลือกไปใช้

3.2.2.3 การขยายความกว้างช่องจราจรเข้าสู่วงเวียน(Approach Flaring) รัศมีเข้าสู่วงเวียน (Entry Radius) มุมเข้าสู่วงเวียน (Entry Angle)



ภาพประกอบ 3.5 ความหมายของตัวแปรของลักษณะทางเรขาคณิตของวงเวียนสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Transport Research Laboratory, U.K.

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 4.2. : p.53.

จากภาพประกอบ 3.5 แสดงให้เห็นถึงความหมายของตัวแปรดังกล่าว Troutbeck (1989) รายงานว่า มุมเข้าสู่วงเวียน และรัศมีเข้าสู่วงเวียน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความจุ ยกเว้นความกว้างที่เข้าสู่วงเวียน

3.2.2.4 การเคลื่อนที่เป็นกลุ่มพิเศษ (Extra Bunching)

ค่าของตัวแปรการเคลื่อนที่เป็นกลุ่มพิเศษ ใช้ปรับแก้อัตราส่วนของปริมาณจราจรที่ไม่เป็นกลุ่ม เมื่อกลุ่มการจราจรบริเวณวงเวียนห่างจากกลุ่มจราจรบริเวณสัญญาณไฟจราจรที่อยู่ใกล้โดยเทียบจากระยะห่างจากเส้นชะลอความเร็วของวงเวียน แนวทางการกำหนดค่าเบื้องต้นเป็นดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 ค่าแนะนำเบื้องต้นของการเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม สำหรับถนนที่เข้าสู่วงเวียน

ระยะห่างของกลุ่มการเคลื่อนที่จากทางแยกถึงวงเวียน	ความหนาแน่น	ค่าการเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม (%)
Up to 200 m.	หนาแน่นมาก	+20
200-500 m.	หนาแน่น	+10
500-1000 m.	ปานกลาง	0
1000-2000 m.	หนาแน่นน้อย	-10
Above 2000 m.	หนาแน่นน้อยมาก	-20

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Table 4.4. : p.55.

3.3 ความจุและตัวแปรสำคัญสำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์

ตัวแปรสำคัญแบ่งออกได้ 2 กลุ่มคือ

(1) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจราจรที่เข้าสู่วงเวียน

- ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจร (Follow – up Headway, β)
- ช่วงเวลาห่างวิกฤต (Critical Gap, α)

(2) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจราจรในวงเวียน

- ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกลุ่มการจราจรเดียวกัน (Intra–Bunch Headway, Δ_c)
- อัตราส่วนการจราจรเป็นกลุ่มกับไม่เป็นกลุ่ม (Proportion of Free (Unbunched) Vehicles , φ_c)
- อัตราการจราจรในวงเวียน (Circulating Flow Rate , q_c)
- อัตราการจราจรออกจากวงเวียน (Exiting Flow Rate , q_x)

3.3.1 ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจร (Follow – up Headway, β) และช่วงเวลาห่างวิกฤต (Critical Gap, α)

เบื้องต้น NAASRA (1986) แนะนำให้ใช้เป็นค่าคงที่ คือ $\alpha = 4.0$ วินาที และ $\beta = 2.0$ วินาที หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาเพื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ aaSIDRA เพื่อให้สามารถใช้ได้กับวงเวียนที่มีช่องจราจรเข้าสู่วงเวียนหลายช่อง ช่องจราจรที่มีการจราจรสูงเรียกว่า "Dominant" และช่องจราจรที่มีปริมาณจราจรรองลงมาเรียกว่า "Subdominant" ซึ่งจะมีการเลือกใช้ค่าตัวแปรที่แตกต่างกัน

เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกที่ใช้ในสูตรสำหรับคำนวณหาช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรจะถูกจำกัดให้ไม่เกิน 80 เมตร เพื่อป้องกันการคำนวณได้ค่าที่ต่ำเกินไป ค่าสูงสุด คือ 4.0 วินาที (ใช้กับ Dominant Lane) และช่วงเวลาห่างวิกฤติสูงสุด คือ 10.0 วินาที (ใช้ได้กับทุกช่องจราจร) และเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกไม่น้อยกว่า 20 เมตร เพื่อป้องกันค่าช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรและช่วงเวลาห่างวิกฤติที่มากเกินไป

ตาราง 3.4 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรและช่วงเวลาห่างวิกฤติ สำหรับวงเวียน

	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจร (วินาที)	1.2	4.0
ช่วงเวลาห่างวิกฤติ (วินาที)	2.2	8.0

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Table 5.1. : p.58.

3.3.1.1 ช่วงระยะเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องจราจรหลัก

Troutbeck (1992) แนะนำว่าผู้ออกแบบควรจะลดค่าช่วงระยะเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องทางหลักลง 20 % ถ้าปริมาณจราจรที่เข้าสู่วงเวียนมีค่าสูงและปริมาณจราจรในวงเวียนมีค่าต่ำ หากถ้าต้องการหลีกเลี่ยงการประมาณค่าความจุที่ต่ำเกินไป ค่าช่วงระยะเวลาระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องจราจรหลัก ควรจะถูกลดลง เพื่อให้เป็นไปตามอัตราส่วนการเคลื่อนที่ในวงเวียน

การปรับแก้ค่าช่วงระยะเวลาระหว่างรถ ในกระแสการจราจรบนช่องจราจรหลักเป็นดังสมการ

$$\beta_d = \beta'_d - \frac{q_e/q_c}{(q_e/q_c)_{\max}}\left[\beta'_d - \beta_{om} - \frac{q_c}{q_{cm}}(\beta_{Lm} - \beta_{om})\right] \qquad \text{เมื่อ } q_c \le q_{cm}$$

$$= \beta'_d \qquad \text{เมื่อ } q_c > q_{cm}$$

$$\beta'_d = \beta'_o - 3.94 \times 10^{-4} q_c \qquad (\beta_{min} \le \beta' d \le \beta_{max})$$

$$\beta'_o = 3.37 - 0.0208\ Di + 0.889 \times 10^{-4}\ Di^2 - 0.395\ n_e + 0.388\ n_c \quad (20 \le Di \le 80)$$

โดยที่ $\beta_{Lm} \ge \beta_{om}$ และ $q_e/q_c \le (q_e/q_o)_{max}$

เมื่อ

β_d = ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องจราจรหลักที่ได้ปรับแก้แล้ว

β'_d = ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องจราจรหลัก

β_{om} = ช่วงเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องจราจรหลักต่ำสุดที่ได้ปรับแก้แล้ว สำหรับปริมาณจราจรที่เคลื่อนที่ในวงเวียนเท่ากับศูนย์ปกติ $\beta_{om} \geq \beta_{min}$

(β_{om} = 1.8 วินาที , $3600/\beta_{om}$ = 2000 คัน / ชั่วโมง)

β_{Lm} = ค่าช่วงระยะเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจร เมื่อปริมาณจราจรในวงเวียนเท่ากับค่าที่ถูกจำกัด เพื่อการปรับแก้ ($q_c = q_{cm}$)

q_e/q_c = อัตราส่วนของปริมาณจราจรเข้าสู่วงเวียนต่อปริมาณจราจรในวงเวียน

$(q_e/q_c)_{max}$ = อัตราส่วนของปริมาณจราจรเข้าสู่วงเวียนต่อปริมาณจราจรในวงเวียนสูงสุด (= 3.00)

q_c = อัตราการจราจรในวงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

q_{cm} = อัตราการจราจรในวงเวียนสูงสุด เมื่อ $\beta d = \beta' d$ ปกติ q_{cm} = 900 คัน/ชั่วโมง

ถ้าค่า $\beta_{Lm} < \beta_{om}$ ให้ $= \beta_{Lm} = \beta_{om}$

$(q_e/q_c) > (q_e/q_c)_{max}$ ให้ $(q_e/q_c) = (q_e/q_c)_{max}$

เมื่อ :

Di = เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก (เมตร)

n_e = จำนวนช่องจราจรเข้าสู่วงเวียน

n_c = จำนวนช่องจราจรในวงเวียน

q_c = ปริมาณจราจรในวงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

β_{min} = ค่า Follow – up Headway ต่ำสุด

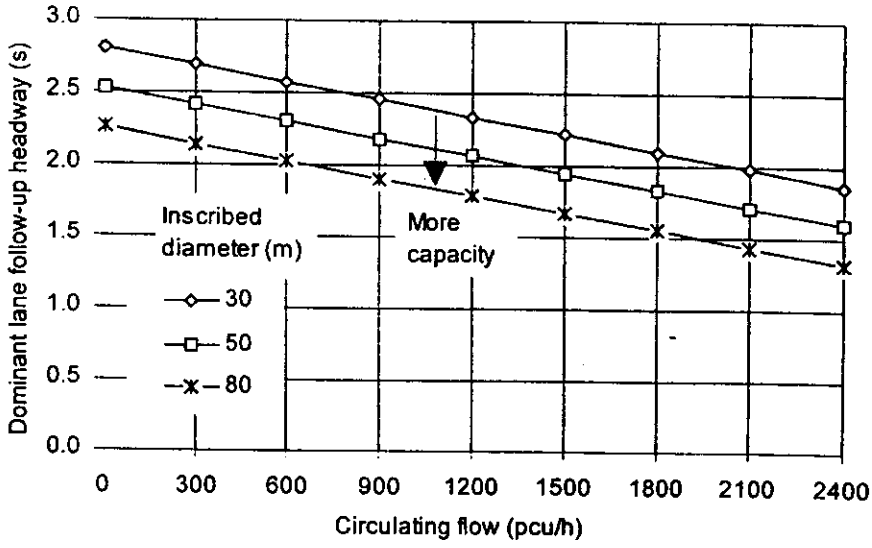
β_{max} = ค่า Follow – up Headway สูงสุด

ถ้าค่า $\beta' d < \beta_{min}$, ให้ $\beta' d = \beta_{min}$

$\beta' d > \beta_{max}$, ให้ $\beta' d = \beta_{max}$

Di < 20 เมตร , ให้ Di = 20 เมตร

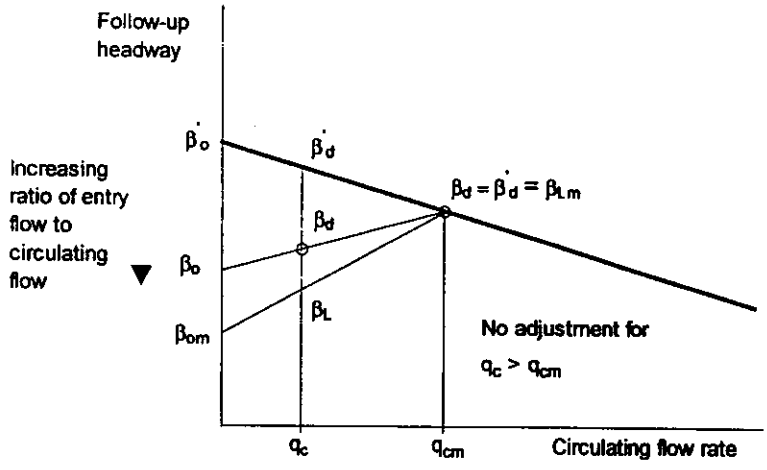
Di > 80 เมตร , ให้ Di = 20 เมตร



ภาพประกอบ 3.6 ค่า Follow-up Headway ที่ยังไม่ได้ปรับแก้ในช่องจราจรหลักซึ่งคำนวณได้จาก

วงเวียนขนาด 2 ช่องจราจร ($n_e = n_c = 2$) และเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก (D_I) เท่ากับ 30 , 50 และ 80 เมตร

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 5.3. : p.62.



ภาพประกอบ 3.7 ค่า Follow-up Headway ที่ปรับแก้แล้วในช่องจราจรหลักซึ่งได้จากอัตราส่วนของปริมารจราจรเข้าสู่วงเวียนกับปริมารจราจรในวงเวียน

ที่มา : Akcelik,R.. et al.. 1998. Roundabouts: Capacity and Performance Analysis. Research Report ARR 321. Revised and reprinted ARRB Transport Research Ltd.. Victoria. Australia. Figure 5.4. : p.62.

<u>ตัวอย่าง</u> วงเวียนขนาด 1 ช่องจราจร ($n_e = n_c = 1$) เส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก $Di = 30$ เมตร ความกว้างช่องจราจร W_L = 4.0 m. , $\beta'o$ = 2.819 ปริมาณจราจรเข้าสู่วงเวียน q_e = 500 คัน/ชั่วโมง

q_e / q_c = 500/100 = 5.00 ($> q_{max}$ = 3.00)

$\beta'd$ = 2.819 – 0.000394 x 100 = 2.780 วินาที

β_{Lm} = 2.819 – 0.000394 x 900 = 2.464 วินาที ($>\beta_{om}$ = 1.8 วินาที)

q_c / q_{cm} = 100/900 = 0.111

$(q_e / q_c) / (q_e / q_c)_{max}$ = 1.0

βd = 2.780 – 1.0 [2.780 – 1.8 – 0.111 x (2.464 – 1.8)]

= 1.874 วินาที

ค่า Follow – up Headway ที่ปรับแก้จะลดลง 0.91 วินาที (33%) จาก $\beta'd$

ถ้า q_e = 150 คัน/ชั่วโมง ; q_e / q_c = 15

$(q_e / q_c)_{max}$ = 1.5/3.0 = 0.5

βd = 2.780 – 0.5 [2.780 – 1.8 – 0.111 x (2.464 – 1.8)]

= 2.327 วินาที

ค่า Follow – up Headway ที่ปรับแก้จะลดลง 0.45 วินาที (16%) จาก $\beta'd$

3.3.1.2 ช่วงระยะเวลาระหว่างรถในกระแสการจราจรบนช่องจราจรรอง

$\beta s = 2.149 + (0.5135\, \beta d - 0.8735) \quad \Gamma_{ds}$

โดยที่ $\beta_d \leq \beta s \leq \beta_{max}$

เมื่อ :

β_d = ค่าช่วงระยะเวลา ระหว่างรถในกระแสการจราจรในช่องจราจรหลัก

β_{max} = ค่าช่วงระยะเวลา ระหว่างรถในกระแสการจราจรสูงสุด (ดูจากตาราง 3.4)

Γ_{ds} = อัตราส่วนระหว่างปริมาณจราจรในช่องจราจรหลักเทียบกับปริมาณจราจรในช่องจราจร

= g_d / g_s (ค่า Γ_{ds} อยู่ระหว่าง 1.15 ถึง 1.45 , ค่า Γ_{ds} เฉลี่ย = 1.20)

โดยที่ ถ้า $\beta s < \beta d$, ให้ $\beta s = \beta d$

$\beta s > \beta_{max}$, ให้ $\beta s = \beta_{max}$

ตัวอย่าง g_d = 480 คัน/ชั่วโมง g_s = 400 คัน/ชั่วโมง Γ_{ds} = 1.20

g_d = 2.33 วินาที βs = 2.54 วินาที $g_d = g_s$ = 440 คัน/ชั่วโมง

(Γ_{ds} = 1.0) และ βd = 2.33 วินาที βs 2.47 วินาที

βd = 3.0 วินาที $\beta s = \beta d$ = 3.0 วินาที

$$\beta s = 2.149 + (0.5135 \times 3.0 - 0.8735)$$

$$= 2.816 < \beta d$$

3.3.1.3 ช่องว่างวิกฤติ (Critical Gap)

ช่องว่างวิกฤตสำหรับช่องจราจรหลัก และช่องจราจรรอง ($\alpha c = \alpha_{cd}$ หรือ α_{cs}, วินาที) สามารถคำนวณได้จาก

$$\alpha c = (3.6135 - 3.137 \times 10^{-4} q_c - 0.339 w_L - 0.2775 n_c)\ \beta \ ;\ q_c \leq 1200$$

$$= (3.2371 - 0.339 w_L - 0.2775 n_c)\ \beta \qquad \beta \ ;\ q_c < 1200$$

โดยที่ $3.0 \geq \alpha c / \beta \geq 1.1$ และ $\alpha_{min} \leq \alpha c \leq \alpha_{max}$

เมื่อ :

w_L = ความกว้างช่องจราจรเฉลี่ย (เมตร)

n_c = จำนวนช่องจราจรในวงเวียน

q_c = อัตราการจราจรในวงเวียน (คัน / ชั่วโมง)

β = ค่าช่วงระยะเวลาห่างระหว่างรถในกระแสการจราจร (α_{cd} หรือ α_{cs}, วินาที)

α_{min} = ช่องว่างวิกฤตต่ำสุด (วินาที)

α_{max} = ช่องว่างวิกฤตสูงสุด (วินาที)

ถ้า $\alpha c > 3\beta$ ให้ $\alpha c = 3\beta$

$\alpha c < 1.1\beta$ ให้ $\alpha c = 1.1\beta$

$\alpha c < \alpha_{min}$ ให้ $\alpha c = \alpha_{min}$

$\alpha c > \alpha_{max}$ ให้ $\alpha c = \alpha_{max}$

3.3.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระแสการจราจรในวงเวียน

ตัวแปรสำคัญที่ใช้พิจารณาคุณลักษณะของกระแสการจราจรในวงเวียน คือ ช่วงเวลาห่างในกลุ่มการจราจรในวงเวียน (Intra – bunch Headway, Δc) อัตราส่วนของการจราจรที่ไม่เป็นกลุ่ม (Proportion of Unbunched, φc) อัตราการจราจรในวงเวียน (q_c) และ อัตราการจราจรออกจากวงเวียน (q_x)

3.3.2.1 ช่วงเวลาห่างเฉลี่ยในกลุ่มการจราจรในวงเวียน (Average intra–bunch Headway for the Circulating Stream)

เนื่องจากกระแสการจราจรในวงเวียนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ หนึ่งช่องจราจรในวงเวียนและหลายช่องจราจรในวงเวียน ดังนั้น ค่า Intra – bunch Headway สามารถเลือกใช้ได้ตามสภาพดังนี้

Δc = 2.0 วินาที สำหรับ 1 ช่องจราจรในวงเวียน

= 1.2 วินาที สำหรับ 2 ช่องจราจรในวงเวียน

= 1.0 วินาที สำหรับ มากกว่า 2 ช่องจราจรในวงเวียน

ค่าคงที่เบื้องต้นสำหรับกรณีที่สมมุติให้ปริมาณจราจรในแต่ละช่องจราจรเท่ากัน ซึ่งจะต้องทำการปรับแก้ต่อไป AUSTROADS (1993) แนะนำให้ใช้ Δc = 1.0 วินาที สำหรับ Multi – lane แต่ถ้าเป็น aaSIDRA ผู้ใช้จะต้องระบุจำนวนช่องจราจรก่อนเข้าสู่วงเวียน ถ้าเท่ากันหรือมากกว่าที่โปรแกรมประเมินไว้ก็จะใช้ตามที่ประเมินไว้ แต่ถ้าน้อยกว่าที่ประเมินไว้ก็จะเลือกใช้ค่าตามที่ผู้ใช้ระบุ

กรณีที่กระแสจราจรมีจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดแตกต่างกัน จำนวนช่องจราจรของแต่ละขาที่เข้าสู่วงเวียนแตกต่างกัน ให้พิจารณา Flow – weighted Average ของ Δc

$$\Delta_c = \frac{\sum q_{ci} \Delta_{ci}}{q_c}$$

เมื่อ :

Δci = Intra-bunch Headway ที่กระแสจราจร i ใด ๆ ที่เข้าสู่วงเวียน

q_{ci} = ปริมาณจราจร (คัน / ชั่วโมง) ที่กระแสจราจร i ใด ๆ

q_c = ปริมาณจราจรรวมในวงเวียน , $q_c = \sum q_{ci}$

โดยทั่วไปค่า Δc อยู่ในช่วง 1.0 วินาที ถึง 2.0 วินาที

ก่อนที่จะทำการคำนวณหา Flow-weighted Average ของ Δc จะต้องทำการปรับแก้ค่า Δci ในแต่ละกลุ่มการจราจรในแต่ละช่องจราจร

(i) กรณี 2 ช่องจราจร

$\Delta'_2 = \Delta_1 - (\Delta_1 - \Delta_2)\, \rho_2^{0.4}$

Δ'_2 = Intra-bunch Headway ที่ปรับแก้โดยพิจารณาจากกระแสจราจรช่องจราจรที่ 1 และ 2 ด้วยกัน

Δ_1 = Intra-bunch Headway สำหรับกระแสจราจร 1 ช่องจราจร (= 2 วินาที)

Δ_2 = Intra-bunch Headway สำหรับกระแสจราจร 2 ช่องจราจร (= 1.2 วินาที)

ρ_2 = อัตราส่วนของปริมาณจราจรสูงสุดอันดับที่ 2 เทียบกับอันดับที่ 1 $(= q_2/q_1)$

ถ้า $\varphi_2 = 1.0$; $q_2 = q_1$ และ $\Delta'_2 = \Delta_2$

(ii) กรณี 3 ช่องจราจรหรือมากกว่า

$\Delta'_3 = \Delta'_2 - (\Delta'_2 - \Delta_3)\ \rho_3^{0.7}$

Δ'_3 = Intra-bunch Headway ที่ปรับแก้จากกระแสจราจรทั้ง 3 ช่องจราจรหรือมากกว่า

Δ'_2 = Intra-bunch Headway ที่ปรับแก้โดยพิจารณาจากปริมาณจราจรสูงสุด 2 ช่องจราจร

Δ_3 = Intra-bunch Headway สำหรับกระแสจราจร 3 ช่องจราจรหรือมากกว่า (= 1.0 วินาที)

ρ_3 = อัตราส่วนของปริมาณจราจรสูงสุดอันดับที่ 3 เทียบกับสูงที่สุด $(= q_3/q_1)$

3.3.2.2 อัตราส่วนเปรียบเทียบของยานพาหนะที่ไม่เป็นกลุ่มในกระแสการจราจรในวงเวียน

อัตราส่วนเปรียบเทียบของยานพาหนะที่ไม่เป็นกลุ่มในกระแสการจราจรในวงเวียน สามารถคำนวณได้จากสมการ Exponential

$$\varphi_c = e^{-2.5\Delta c q^3} - \delta\varphi_c \qquad ; 0.01 \le \varphi_c \le 1.0$$

เมื่อ ;

φ_c = อัตราส่วนเปรียบเทียบของยานพาหนะที่ไม่เป็นกลุ่มในกระแสการจราจรในวงเวียน

Δ_c = Intra-bunch Headway

$\delta\varphi_c$ = Extra Bunching

3.3.2.3 ตัวแปรสำหรับปรับแก้ค่าการเคลื่อนที่เป็นกลุ่ม (Extra Bunching)

ตัวแปรนี้จะถูกใช้เพื่อปรับแก้ค่าอัตราส่วนของยานพาหนะที่ไม่ได้เคลื่อนที่ในกลุ่ม ค่า Extra Bunching เกิดขึ้นเนื่องจากกลุ่มการเคลื่อนที่ที่มาถึงรถคันสุดท้ายที่รอคิวเข้าสู่วงเวียน แต่สำหรับ AUSTROADS (1993) จะพิจารณาถึงเส้นหยุดก่อนเข้าสู่วงเวียน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\delta\varphi_c = \left[\sum \frac{Bi}{100}(1 - Pq_i)q_{ci} \right] / q_c$$

เมื่อ

$\delta\varphi_c$ = ค่า Extra Bunching ประสิทธิผลเฉลี่ยสำหรับกระแสการจราจรในวงเวียน

Bi = ค่า Extra Bunching ของกระแสการจราจรลำดับที่ i ที่จะเข้าสู่วงเวียน

P_{qi} = อัตราส่วนของคิวที่กระแสการจราจร i

q_{ci} = ปริมาณจราจรในช่องจราจรที่เข้าสู่วงเวียน

q_c = ปริมาณจราจรรวมในวงเวียน ($q_c = \Sigma q_{ci}$)

สำหรับอัตราส่วนของยานพาหนะที่ไม่เป็นกลุ่มเข้าสู่วงเวียน หาได้จาก

$$\varphi_e = e^{-0.9 q_a} - \delta\varphi_e \qquad ; 0.01 \le \varphi_e \le 1.0$$

$$\delta\varphi_e = \frac{Bi}{100}$$

φ_e = อัตราส่วนของยานพาหนะที่ไม่เป็นกลุ่มที่เข้าสู่วงเวียนซึ่งคำนึงถึงอิทธิพลของ Extra Bunching ($\delta\varphi_e$)

Bi = เปอร์เซ็นต์ Extra Bunching ที่เข้าสู่วงเวียน

3.3.2.4 อัตราการจราจรในวงเวียน

อัตราการจราจรในวงเวียน เป็นตัวแปรที่สำคัญมากในการประมาณค่าความจุ การหาค่าอัตราการจราจรในวงเวียนคำนวณได้จากผลรวมของกระแสการจราจรที่ผ่านแขนทางแยกที่พิจารณา เช่น พิจารณาแขนทางด้านใต้ อัตราการจราจรในวงเวียนทางด้านใต้เท่ากับผลรวมของปริมาณจราจรด้านตะวันออกไปด้านตะวันตก ด้านตะวันออกไปด้านเหนือและด้านเหนือไปด้านตะวันตก (รวมกับ U-turn จากด้านตะวันออก เหนือและตะวันตก)

องค์ประกอบอื่นที่มีผลกระทบต่ออัตราการจราจรในวงเวียนคือ

(i) ผลกระทบเนื่องจากการจราจรที่เข้าสู่วงเวียนอิ่มตัว

(ii) ผลกระทบเนื่องจากการจราจรออกจากวงเวียนในด้านที่พิจารณา

3.3.2.4.1 ผลกระทบเนื่องจากการจราจรอิ่มตัว

สำหรับช่องจราจรที่เข้าสู่วงเวียนซึ่งมีสภาพการจราจรอิ่มตัว คือ ปริมาณจราจรมากกว่าค่าความจุนั้น ค่าความจุจะถูกนำไปใช้พิจารณาการจราจรในวงเวียนสำหรับทุกแขนของวงเวียน

การปรับแก้ค่าการจราจร "Origin – destination" คือ

$$q'_j = \frac{q_j}{x_i} \qquad \text{ถ้า } x_i > 1.0$$

$$= q_j \qquad x_i \le 1.0$$

เมื่อ ;

q_j = ปริมาณจราจร (คัน/ชั่วโมง) ที่มีจุดเริ่มต้นจุดสิ้นสุดที่ j ในช่องจราจรที่ I

q'_j = ปริมาณจราจรที่ปรับแก้ (คัน/ชม)

x_i = ระดับการจราจรอิ่มตัว ของช่องจราจรที่ i

สำหรับช่องที่ I ที่อิ่มตัว ($x_i > 1.0$) ค่าปริมาณจราจรรวมในช่องจราจรปรับแก้ (q'_i) เท่ากับความจุในช่องจราจร (Q_{ei})

$$q'_i = \Sigma q'_j = \Sigma \frac{q_j}{x_i} = \frac{\Sigma q_j}{x_i} = \frac{q_i}{x_i} = Q_{ei}$$

ปริมาณจราจรรวมตามเป้าหมายการเดินทางสำหรับแต่ละแขนของวงเวียนจะต้องถูกคำนวณเพื่อปรับแก้ค่าแล้วจึงนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณจราจรในวงเวียน

3.3.2.5 ปริมาณจราจรออกจากวงเวียน (Exit Flow)

AUSTROADS (1993) ระบุว่าปริมาณจราจรที่ออกจากวงเวียนจะไม่ถูกรวมในปริมาณจราจรในวงเวียน เมื่อผู้ขับขี่เข้าสู่วงเวียน ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณจราจรออกจากวงเวียน แต่ก็มีบางกรณีที่มีการพิจารณา ดังนั้นจึงระบุให้เป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณจราจรออกจากวงเวียน โดยปกติให้ค่าตั้งต้นเท่ากับศูนย์

3.3.3 การพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่และคิว

การพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่และคิวเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญสำหรับการประมาณค่าความจุ ซึ่งจะนำมาปรับลดความจุโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มีปริมาณจราจรสูงแต่ไม่สมดุลย์ การลดลงของค่าความจุจะมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกระแสการจราจรรวมในวงเวียนและคิวเพิ่มขึ้นในช่องจราจรหลักที่เข้าสู่วงเวียนและยังต้องพิจารณาถึงการเคลื่อนที่ออกจากวงเวียนผ่านช่อง Slip Lane แบบจำลองสำหรับประมาณค่าความจุที่เข้าสู่วงเวียน (Q_e) จะใช้ตัวแปร (f_{od}) เพื่อลดค่าความจุจาก Gap-acceptance (Q_g)ดังนั้น ความจุของช่องจราจรที่เข้าสู่วงเวียนหาได้จาก

$$Q_e = max\ (f_{od}\ Q_g,\ Q_m)$$

$$f_{od} = 1 - f_{qc}\ (p_{qd}\ p_{od})$$

สำหรับช่องจราจรในวงเวียน 1 ช่อง ;

f_{qc} = $0.04 + 0.00015\, q_c$ เมื่อ $q_c < 600$

= $0.0007\, q_c - 0.29$ เมื่อ $600 \leq q_c \leq 1200$

= 0.55 เมื่อ $q_c > 1200$

สำหรับช่องจราจรในวงเวียนมากกว่า 1 ช่อง ;

f_{gc} = $0.04 + 0.00015\, q_c$ เมื่อ $q_c < 600$

= $0.00035\, q_c - 0.08$ เมื่อ $600 \leq q_c \leq 1800$

= 0.55 เมื่อ $q_c > 1800$

เมื่อ ;

Q_e = ค่าความจุที่ช่องจราจรเข้าสู่วงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

Q_g = ค่าความจุที่ได้จากการคำนวณช่องว่างที่ยอมรับได้ (คัน/ชั่วโมง)

Q_m = ค่าความจุต่ำสุด (คัน/ชั่วโมง)

f_{cd} = อัตราส่วนปรับแก้ค่าความจุที่ได้จากการคำนวณช่องว่างที่ยอมรับได้โดยคำนึงถึงทิศทางการเคลื่อนที่และคิว

f_{qc} = ค่าปรับแก้

p_{cd} = อัตราส่วนของปริมาณจราจรในวงเวียนที่เคลื่อนที่มาจากช่องจราจรหลัก ($p_{cd} = q_{cd} / q_c$)

p_{qd} = อัตราส่วนของคิวบนช่องจราจรหลักที่เข้าสู่วงเวียน

q_c = อัตราการจราจรในวงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

q_{cd} = ส่วนของปริมาณจราจรในวงเวียนที่มาจากช่องจราจรหลัก

3.3.4 องค์ประกอบอื่น ๆ

3.3.4.1 ช่องจราจรร่วม (Shared Lanes)

ช่องจราจรที่มีการเคลื่อนที่แตกต่างกัน เช่นไปตรงและเลี้ยวขวา หรือไปตรงและเลี้ยวซ้าย เป็นต้น ค่าช่องว่างวิกฤติและช่วงเวลาห่างระหว่างรถจะแตกต่างกัน ดังนั้นการคำนวณหาค่าความจุจะต้องคำนวณแยกตามลักษณะการเคลื่อนที่แล้วจึงนำมาพิจารณาในลักษณะกระแสการจราจรรวม

$$Q_e = \frac{q_a}{x} = \frac{q_a}{\Sigma x_j} = \frac{\Sigma q_{aj}}{\Sigma \left(q_{aj} / Q_{ej} \right)}$$

เมื่อ ;

Q_e = ค่าความจุของช่องจราจรร่วม (คัน/ชั่วโมง)

q_a = อัตราการจราจรสำหรับช่องจราจรร่วม (คัน/ชั่วโมง) $q_a = \Sigma q_{aj}$

q_{aj} = อัตราการจราจรของลักษณะการเคลื่อนที่ j

Q_{oj} = ค่าความจุของลักษณะการเคลื่อนที่ j

x_j = ระดับการจราจรอิ่มตัวของการเคลื่อนที่ j ถ้าช่องจราจรนั้นมีแต่การเคลื่อนที่แบบ j เท่านั้น ค่าความจุต่ำสุดของแต่ละการเคลื่อนที่ในช่องจราจรต้องถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยต่ำสุด

$$Q_m = \frac{\Sigma q_{aj}}{\Sigma (q_{aj} / Q_{mj})}$$

สำหรับความล่าช้าเฉลี่ยหาได้จากความล่าช้าต่ำสุดของแต่ละการเคลื่อนที่ แล้วจึงนำมาพิจารณากับหน่วยน้ำหนัก

$$d_m = \frac{\Sigma (q_{aj} d_{mj})}{q_a}$$

เมื่อ ;

d_m = ค่าความล่าช้าต่ำสุดเฉลี่ยสำหรับช่องจราจรร่วม (วินาที)

d_{mj} = ค่าความล่าช้าต่ำสุดของการเคลื่อนที่ j ในช่องจราจรร่วม

q_a = อัตราการจราจรในช่องจราจรร่วม (คัน/ชั่วโมง) , $q_a = \Sigma q_{aj}$

q_{aj} = อัตราการจราจรของการเคลื่อนที่ j ในช่องจราจรร่วม

3.3.4.2 ช่องจราจรเพิ่มสำหรับรถเลี้ยวซ้าย (Short Lane)

ความจุของช่องจราจรเพิ่มสำหรับรถเลี้ยวซ้าย หาได้จากพื้นที่ที่รถสามารถเข้าคิวรอการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ

- ความยาวของช่องจราจรเพิ่มสำหรับรถเลี้ยวซ้าย
- ช่องว่างที่ยอมรับได้
- ปริมาณจราจรที่ต้องการเคลื่อนที่ใน Short Lane

เมื่อปริมาณรถมากกว่า Short Lane จะรองรับได้ ค่าระดับความอิ่มตัวจะมากกว่าหนึ่ง และ ปริมาณรถส่วนเกินจะอยู่ในช่องจราจรติดกัน

3.3.4.3 ผลกระทบจากรถบรรทุก

ผลกระทบจากรถบรรทุก มีผลต่อการจราจรจึงต้องทำการแปลงค่าเป็นรถหนึ่งหน่วย AUSTROADS (1993) แนะนำให้ใช้หน่วย pcr/h แทน veh/h เมื่อปริมาณรถบรรทุก

มากกว่า 5% และค่าเทียบเท่าของรถบรรทุกเท่ากับ 2 สำหรับรถบรรทุก และเท่ากับ 3 สำหรับรถที่ใหญ่กว่า แต่ถ้าเท่ากับหรือน้อยกว่า 5% ให้ใช้ได้เลย

ค่าปรับแก้รถบรรทุก (f_{HV}) หาได้จากสมการ

$$f_{HV} = \frac{1.0}{1.0(e_{HV} - 1.0)(p_{HV} - 0.05)} \quad ; p_{HV} > 0.05$$

$$= 1.00 \quad ; p_{HV} \leq 0.05$$

เมื่อ

e_{HV} = ค่าเทียบเท่ายานพาหนะของรถบรรทุก (คัน/ชั่วโมง)

p_{HV} = อัตราส่วนของรถบรรทุก

3.3.4.3.1 ค่าปรับแก้การจราจรในวงเวียน

$$q_{ea} = q_c / f_{HVc}$$

เมื่อ

q_{ea} = ค่าปรับแก้การจราจรในวงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

q_c = อัตราการจราจรในวงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

f_{HVc} = ค่าปรับแก้รถบรรทุก

เมื่อค่า f_{HVc} มากกว่า $1/p_{HV}$ มากกว่า 0.05 ปริมาณจราจรในวงเวียนจะมีค่าเพิ่มขึ้น

3.3.4.3.2 ค่าปรับแก้ความจุช่องจราจรเข้าสู่วงเวียน

$$Q_{ea} = f_{HVc}\, Q_e$$

เมื่อ

Q_{ea} = ค่าปรับแก้ความจุช่องจราจรเข้าสู่วงเวียน (คัน/ชั่วโมง)

Q_e = ค่าความจุของกระแสการจราจรเข้าสู่วงเวียน

f_{HVc} = ค่าปรับแก้รถบรรทุก

3.3.4.4 การใช้ช่องจราจร

AUSTROADS (1993) ประมาณค่าความจุและสภาพการจราจรในวงเวียน จากการกำหนดช่องจราจรหลักและช่องจราจรรอง ความจุของช่องจราจรรองจะน้อยกว่าความจุของช่องจราจรหลัก

3.3.4.4.1 การประมาณการจราจรในช่องจราจร

การประมาณการจราจรในช่องจราจรโดยพิจารณากลุ่มช่องจราจร อัตราส่วนการใช้ช่องจราจรหาได้จาก

$$\rho_j = x_j / x_{cr}$$

เมื่อ

ρ_j = อัตราส่วนการใช้ช่องจราจร

x_j = ระดับการจราจรอิ่มตัวของช่องจราจร

x_{cr} = ระดับการจราจรอิ่มตัวของช่องจราจรวิกฤต (ระดับการจราจรอิ่มตัวสูงสุดสำหรับช่องจราจรใดๆ ในกลุ่ม)