คู่มือวิเคราะห์ระดับการให้บริการทางหลวง กรณีบนช่วงถนน

Mid-Block Highways Level of Service Analysis

สุรชัย อัมภวาสุวรรณ

กรมทางหลวง สำนักแผนงาน

กรกฎาคม 2565

คำนำ

คู่มือวิเคราะห์ระดับการให้บริการทางหลวง กรณีบนช่วงถนน (Mid-Block Highways Level of Service Analysis) ได้จัดขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกแก่วิศวกรในการวิเคราะห์สภาพจราจร เพื่อการวางแผนพัฒนาทางหลวง โดยใช้มาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ Level of Service ตามคู่มือ Highways Capacity Manual (HCM) ของ Transportation Research Board (TRB) โดยได้จัดทำกราฟช่วยในการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ โดยมีข้อกำหนดคือขนาดความกว้างช่องจราจร 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร กรณีทางหลวง 2 ช่องจราจร และไหล่ทางด้านในกว้าง 1.00 เมตร ไหล่ทางด้านนอกกว้าง 2.50 เมตร พร้อมเกาะกลางแบบแยกคันทาง กรณีทางหลวงตั้งแต่ 4 ช่องจราจรขึ้นไป โดยไม่มีอิทธิพลจากทางเชื่อม (Access point) ด้านข้าง นอกจากนี้ความเร็วที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กรณีทางหลวง 2 ช่องจราจร และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับทางหลวงตั้งแต่ 4 ช่องจราจรขึ้น สำหรับทางหลวงขนาด 2 ช่องจราจรได้มีการพิจารณาเขตห้ามแซง (Non-Passing zone) ที่ร้อยละ 40 ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์และวางแผนพัฒนาทางหลวงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับสภาพการจราจรและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

สุรชัย อัมภวาสุวรรณ
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
หัวหน้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
กลุ่มงานวางแผน สำนักแผนงาน กรมทางหลวง

การวิเคราะห์การให้บริการ ทางหลวง 2 ช่องจราจร

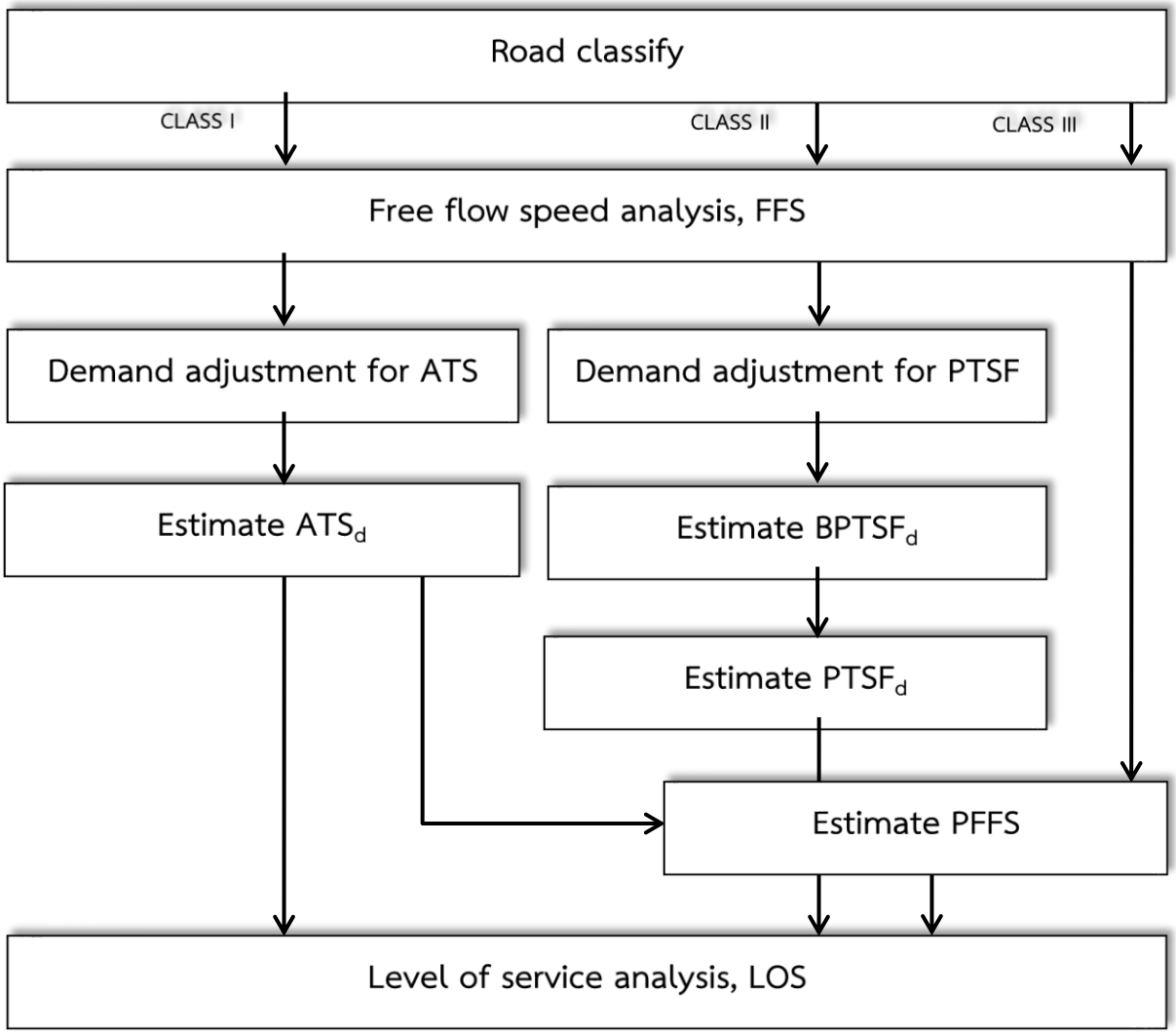
2 lane Highway Level of Service Analysis

การวิเคราะห์การให้บริการ ทางหลวง 2 ช่องจราจร

(Level of Service Analysis by 2 lane Highway Capacity Manual 2010)

มีส่วนประกอบในการวิเคราะห์ดังนี้

1) การจำแนกประเภทลักษณะถนน Road classification
2) การหาความเร็วอิสระ Free flow speed, FFS
3) การวิเคราะห์ปริมาณจราจร Demand adjustment for ATS or PTSF
4) การวิเคราะห์ประมาณ สัดส่วนการขับขี่ตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) Base percent time-spent-following, BPTSF
5) การวิเคราะห์ประมาณความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร (Mobility) อิสระ Average travel speed, ATS_d
6) การวิเคราะห์สัดส่วนการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร Percent of travel flow, PTSF
7) การวิเคราะห์ สัดส่วนที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วอิสระได้โดยปราศจากผลกระทบจากการจราจร Percent of free flow speed} PFFS
8) การวิเคราะห์ ค่าระดับการให้บริการ Level of Service (LOS)



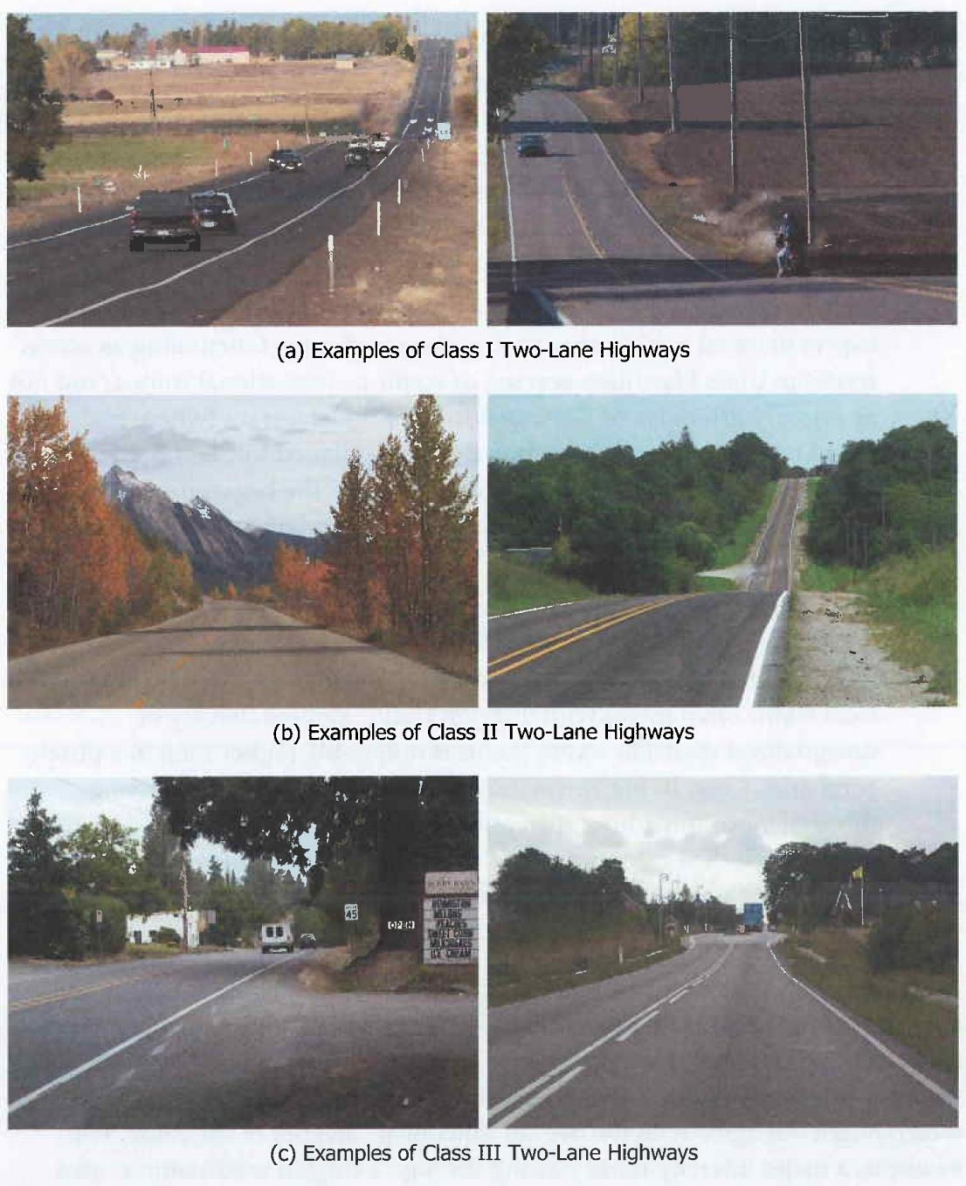
ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ ทางหลวง 2 ช่องจราจร

Level of Service of Two way Highways ของ Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010)

การจำแนกประเภทถนน 2 ช่องจราจร

แบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. Class I เป็นถนนสายหลัก (Arterial road) ที่มีการเดินทางเชื่อมต่อระหว่างเมือง (Interstate) ที่พื้นที่ด้านข้างของเขตทางยังไม่มีการพัฒนา (None development) หรือมีชุมชน ซึ่งผู้ขับขี่ (Driver) ส่วนใหญ่ต้องการใช้ความเร็วสูง (High speed) ในการเดินทาง โดยไม่มีเขตควบคุมความเร็ว (None Speed limit zone)
2. Class II เป็นถนนสายรอง (Collector) ที่มีการเดินทางในพื้นที่ชนบท (Rural) ที่พื้นที่ด้านข้างของเขตทางยังไม่มีการพัฒนา (None development) หรือมีชุมชน ซึ่งผู้ขับขี่ (Driver) ส่วนใหญ่ต้องการใช้ความเร็วสูง (High speed) ในการเดินทาง โดยไม่มีเขตควบคุมความเร็ว (None Speed limit zone)
3. Class III เป็นถนนในพื้นที่ชุมชน (Urban) ที่พื้นที่ด้านข้างของเขตทางมีการพัฒนา (development) ซึ่งผู้ขับขี่ (Driver) ส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้ความเร็วสูง (Low speed) ในการเดินทางได้ โดยมีเขตควบคุมความเร็ว (Speed limit zone)



ภาพที่ 2 ลักษณะประเภทของทางหลวง 2 ช่องจราจร Two way highways characteristic

ความเร็วอิสระ (Free Flow Speed)

ความเร็วอิสระ คือความเร็วที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วโดยไม่มีผลกระทบจากสิ่งกีดขวางหรือปัจจัยอื่นใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งกรณี ถนน 2 ช่องจราจร แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. กรณีที่ปริมาณจราจรหนาแน่น (ปริมาณจราจรมากกว่า 200 คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง)

$$FFS = S_{FM} + 0.0076\left(\frac{v}{f_{HV,ATS}}\right) \quad (1)$$

FFS = ความเร็วอิสระในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) free flow speed of basic freeway segment (Mi/hr)

S_{FM} = ความเร็วเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 100 ตัวอย่าง mean speed of sample (v > 200 Veh/hr) (Mi/hr)

v = ปริมาณจราจรในทิศทางและช่วงเวลาที่พิจารณา flow rate (Veh/hr)

$F_{HV, ATS}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for ATS

2. กรณีที่ปริมาณจราจรไม่หนาแน่น (ปริมาณจราจรน้อยกว่า 200 คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง)
ซึ่งความเร็วจราจรในกระแสค่อนข้างสูง 45 ไมล์/ชั่วโมง (72 กิโลเมตร/ชั่วโมง) หรือสูงสุดประมาณ 70 ไมล์/ชั่วโมง (113 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad (2)$$

FFS = ความเร็วอิสระในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) free flow speed of basic freeway segment (Mi/hr)

BFFS = ความเร็วที่กำหนด สำหรับถนนหลายช่องจราจรในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) base Free flow speed of multilane highway segment (Mi/hr) โดยทั่วไปใช้ความเร็วออกแบบที่กำหนด ถนนในเขตเมือง 60 – 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกเมือง 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง/ทางด่วน 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

f_{LS} = ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจรและไหล่ทาง adjustment for lane and shoulder width

f_A = ค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม adjustment for access- point density

หมายเหตุ 1 mile = 1.609344 km. (1 ไมล์ = 1,760 หลา, 1 หลา = 3 ฟุต, 1 ฟุต = 12 นิ้ว, 1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร)

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่ความเร็วอิสระ
(Adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for ATS)

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร (Adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream) เป็นค่าการแปรผลกระทบจากรถบรรทุก เป็นรถยนต์ส่วนบุคคล(Passenger car) เนื่องจากความแตกต่างด้านตัวแปรของยานพาหนะให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Uniform) ในกรณีถนนทั่วไป ดังแสดงในสมการ (3) ดังนี้

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T\left(E_T - 1\right) + P_R\left(E_R - 1\right)} \quad (3)$$

$F_{HV, ATS}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for ATS

P_T = สัดส่วนรถบรรทุกหนัก(เปอร์เซ็นต์) proportion of heavy vehicle in traffic stream

E_T = ค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream

P_R = สัดส่วนรถบ้าน (เปอร์เซ็นต์) proportion of Recreational vehicle(RVs) in traffic stream

E_R = ค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream

สำหรับค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1. กรณีถนนช่วงปกติ (Extended section of General level or rolling terrain) เป็นช่วงถนนปกติทั่วไปที่มีความลาดชัน (Gradation) น้อยกว่าร้อยละ 3 โดยมีค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก และ ค่า E_R รถบ้าน กรณีถนนปกติ และ ทางลงเขา (Downgrade)

ประเภทยานพาหนะ (Vehicle Type)	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,Vvph (Vehicle/hr)	ลักษณะภูมิประเทศ (Terrain)	
		ทางราบ และทางลงเขาทั่วไป (Level Terrain and Specific Downgrade)	ทางเนิน (Rolling Terrain)
รถบรรทุกหนัก TRUCK, E_T	≤100	1.9	2.7
	200	1.5	2.3
	300	1.4	2.1
	400	1.3	2.0
	500	1.2	1.8
	600	1.1	1.7
	700	1.1	1.6
	800	1.1	1.4
	≥900	1.0	1.3
รถบ้าน RV, E_r	All flows	1.0	1.1

2. กรณีทางลงเขา (Specific Downgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 และมีความยาวความลาดชัน (Length of grade) มากกว่า 0.60 ไมล์ (965 เมตร) มีค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream ดังแสดงในตารางที่ 1

3. กรณีทางขึ้นเขา (Specific Upgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 โดยมีค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก กรณีทางขึ้นเขา (Upgrade)

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,V_{vph} (Vehicle/hr)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
3%≤g<3.5%	0.25 (0.40 km)	2.6	2.4	2.3	2.2	1.8	1.8	1.7	1.3	1.1
	0.50 (0.80 km)	3.7	3.4	3.3	3.2	2.7	2.6	2.6	2.3	2.0
	0.75 (1.20 km)	4.6	4.4	4.3	4.2	3.7	3.6	3.4	2.4	1.9
	1.00 (1.61 km)	5.2	5.0	4.9	4.9	4.4	4.2	4.1	3.0	1.6
	1.50 (12.41 km)	6.2	6.0	5.9	5.8	5.3	5.0	4.8	3.6	2.9
	2.00 (3.22 km)	7.3	6.9	6.7	6.5	5.7	5.5	5.3	4.1	3.5
	3.00 (4.83 km)	8.4	8.0	7.7	7.5	6.5	6.2	6.0	4.6	3.9
	> 4.00 (> 6.44 km)	9.4	8.8	8.6	8.3	7.2	6.9	6.6	4.8	3.7
3.5%<g<4.5%	0.25 (0.40 km)	3.8	3.4	3.2	3.0	2.3	2.2	2.2	1.7	1.5
	0.50 (0.80 km)	5.5	5.3	5.1	5.0	4.4	4.2	4.0	2.8	2.2
	0.75 (1.20 km)	6.5	6.4	6.5	6.5	6.3	5.9	5.6	3.6	2.6
	1.00 (1.61 km)	7.9	7.6	7.4	7.3	6.7	6.6	6.4	5.3	4.7
	1.50 (12.41 km)	9.6	9.2	9.0	8.9	8.1	7.9	7.7	6.5	5.9
	2.00 (3.22 km)	10.3	10.1	10.0	9.9	9.4	9.1	8.9	7.4	6.7
	3.00 (4.83 km)	11.4	11.3	11.2	11.2	10.7	10.3	10.0	8.0	7.0
	> 4.00 (> 6.44 km)	12.4	12.2	12.2	12.1	11.5	11.2	10.8	8.6	7.5
4.5%<g<5.5%	0.25 (0.40 km)	4.4	4.0	3.7	3.5	2.7	2.7	2.7	2.6	2.5
	0.50 (0.80 km)	6.0	6.0	6.0	6.0	5.9	5.7	5.6	4.6	4.2
	0.75 (1.20 km)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	1.00 (1.61 km)	9.2	9.2	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	8.9	8.8
	1.50 (12.41 km)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.5	10.4	10.4	10.2	10.1
	2.00 (3.22 km)	11.8	11.8	11.8	11.8	11.6	11.6	11.5	11.1	10.9
	3.00 (4.83 km)	13.7	13.7	13.6	13.6	13.3	13.1	13.0	11.9	11.3
	> 4.00 (> 6.44 km)	15.3	15.3	15.2	15.2	14.6	14.2	13.8	11.3	10.0
5.5%<g<6.5%	0.25 (0.40 km)	4.8	4.6	4.5	4.4	4.0	3.9	3.8	3.2	2.9
	0.50 (0.80 km)	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
	0.75 (1.20 km)	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
	1.00 (1.61 km)	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.1
	1.50 (12.41 km)	11.9	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.8	11.7	11.6
	2.00 (3.22 km)	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.7	12.7	12.6	12.5
	3.00 (4.83 km)	14.4	14.4	14.4	14.4	14.3	14.3	14.3	14.2	14.1
	> 4.00 (> 6.44 km)	15.4	15.4	15.3	15.3	15.2	15.1	15.1	14.9	14.8
g>6.5%	0.25 (0.40 km)	5.1	5.1	5.0	5.0	4.8	4.7	4.7	4.5	4.4
	0.50 (0.80 km)	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
	0.75 (1.20 km)	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
	1.00 (1.61 km)	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4	10.3	10.2
	1.50 (12.41 km)	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.8	11.7
	2.00 (3.22 km)	12.9	12.9	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.7	12.6
	3.00 (4.83 km)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.4	14.4	14.4	14.3	14.2
	> 4.00 (> 6.44 km)	15.4	15.4	15.4	15.4	15.3	15.3	15.3	15.2	15.1

หมายเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิ1ยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

ตารางที่ 3 ค่า E_R รถบ้าน กรณีทางขึ้นเขา (Upgrade)

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,V_{vph} (Vehicle/hr)								
		≦100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
3%≦g<3.5%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.25 < L < 0.75 (0.40 km – 1.20 km)	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.75 < L < 1.25 (1.20 km – 2.01 km)	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1.25 < L < 2.00 (2.01 km – 3.22 km)	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	L > 2.00 (>3.22 km)	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.5%<g<4.5%	0.00 < L < 0.75 (0.00 km – 1.20 km)	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.75 < L < 3.50 (1.20 km – 5.63 km)	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	L > 3.50 (>5.63 km)	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.5%<g<5.5%	0.00 < L < 2.50 (0.00 km – 4.02 km)	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	L > 2.50 (>4.02 km)	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5.5%<g<6.5%	0.00 < L < 0.75 (0.00 km – 1.20 km)	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.75 < L < 2.50 (1.20 km – 4.02 km)	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	2.50 < L < 3.50 (4.02 km – 5.63 km)	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
	L > 3.50 (>5.63 km)	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
g>6.5%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.25 < L < 0.30 (0.40 km – 0.48 km)	1.6	1.5	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	L > 0.50 (>0.80 km)	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4

หมายเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

สำหรับในกรณีทางลงเขา และหรือเป็นช่วง ที่มีรถบรรทุกหนักใช้ความเร็วต่ำ (Specific Downgrade where truck travel at Crawl speed) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 และ หรือมีความยาวความลาดชัน (Length of grade) มากกว่า 0.60 ไมล์ (965 เมตร) หรือเป็นช่วงที่มีรถบรรทุกหนักมาก ส่งผลกระทบให้การเคลื่อนตัวจราจรชะลอตัวอย่างมาก โดยค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร (Adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream) จะพิจารณาความแตกต่างระหว่างความเร็วของรถบรรทุก กับ ความเร็วจราจรในกระแส ดังแสดงในสมการ (4) ดังนี้

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_{TC} * P_T \left(E_{TC} - 1\right) + \left(1 - P_{TC}\right) * P_T \left(E_T - 1\right) + P_R \left(E_R - 1\right)} \quad (4)$$

$F_{HV, ATS}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for ATS

P_T = สัดส่วนรถบรรทุกหนัก(เปอร์เซ็นต์) proportion of heavy vehicle in traffic stream

E_T = ค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream

P_R = สัดส่วนรถบ้าน (เปอร์เซ็นต์) proportion of Recreational vehicle(RVs) in traffic stream

E_R = ค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream

P_{TC} = สัดส่วนรถบรรทุกหนักที่ใช้ความเร็วต่ำ (เปอร์เซ็นต์) proportion of heavy operating at crawl speed

E_{TC} = ค่าปรับแก้รถบรรทุกหนักที่ใช้ความเร็วต่ำเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy operating at crawl speed

สำหรับค่าปรับแก้รถบรรทุกหนักที่ใช้ความเร็วต่ำเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy operating at crawl speed ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า E_{TC} รถบรรทุกหนัก กรณีมีรถบรรทุกหนักใช้ความเร็วต่ำในกระแสจราจร

ความเร็วที่แตกต่างระหว่างกระแสจราจร กับรถบรรทุก Difference Between FFS and Truck Crawl speed (mi/h)	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,V_{vph} (Vehicle/hr)								
	≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
≤15 (24 kph)	4.7	4.1	3.6	3.1	2.6	2.1	1.6	1.0	1.0
20 (32 kph)	9.9	8.7	7.8	6.7	5.8	4.9	4.0	2.7	1.0
25 (40 kph)	15.1	13.5	12.0	10.4	9.0	7.7	6.4	5.1	3.8
30 (48 kph)	22.0	19.8	17.5	15.6	13.1	11.6	9.2	6.1	4.1
35 (56 kph)	29.0	26.0	23.1	20.1	17.3	14.6	11.9	9.2	6.5
≥ 40 (64 kph)	35.9	32.3	28.6	24.9	21.4	18.1	14.7	11.3	7.9

ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจรและไหล่ทาง adjustment for lane and shoulder width

ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจรและไหล่ทาง adjustment for lane and shoulder width เป็นค่าที่พิจารณาความสัมพันธ์กับระยะปลอดภัยด้านข้าง Lateral clearance ภายในช่องจราจร โดยปกติ กรณีช่องจราจรกว้างมากกว่า 12 ฟุต (3.60 เมตร) และมีไหล่ทางมากกว่า 6 ฟุต (1.80 เมตร) ความเร็วของยานพาหนะจะไม่ได้รับผลกระทบจากขนาดของช่องจราจร สำหรับในประเทศไทย มีขนาดช่องจราจร ตั้งแต่ 3.00 เมตร – 3.60 เมตร (Motorway standard) และมีไหล่ทางกว้างตั้งแต่ 0.00 เมตร – 3.00 เมตร(Motorway standard) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเร็วอิสระที่แตกต่างกันในแต่ละเส้นทาง โดยมีค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจรและไหล่ทาง ดังแสดงใน ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจรและไหล่ทาง adjustment for lane and shoulder width

Lane width (ft)	Shoulder width (ft)			
	≥0<2	≥2<4	≥4<6	>6
≥9<10	6.4	4.8	3.5	2.2
≥10<11	5.3	3.7	2.4	1.1
≥11<12	4.7	3.0	1.7	0.4
≥12	4.2	2.6	1.3	0.0

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

ค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม (Adjustment for access-point density factor)

ผลกระทบจากจุดทางเชื่อมเข้า – ออก โดยเฉพาะช่องจราจรที่ติดกับจุดเชื่อมซึ่งจำเป็นต้องชะลอหรือหยุด ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเร็วจราจรบนถนนโดยตรง หากมีจุดเชื่อมเข้า – ออก ถนนจำนวนมาก โดยเฉพาะในเขตชุมชน ที่ความเร็วจะถูกกำกับให้ช้าลง โดยค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม adjustment for access- point density ดังแสดงใน ตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม adjustment for access- point density

ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม (จุดทางเชื่อม/ไมล์) **Access-Point density(access point/mi)**	**ความเร็วที่ลดลง(ไมล์ต่อชั่วโมง)** **Reduction in FFS, f_A (mi/hr)**
0 point/mi (0 point/km)	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)
10 point/mi (6.2 point/km)	2.50 mi/hr (4.02 km/hr)
20 point/mi (12.4 point/km)	5.00 mi/hr (8.05 km/hr)
30 point/mi (18.6 point/km)	7.50 mi/hr (12.07 km/hr)
40 point/mi (24.8 point/km)	10.00 mi/hr (16.09 km/hr)

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

การวิเคราะห์ปริมาณจราจรความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร Demand Adjustment for ATS

การวิเคราะห์ปริมาณจราจรความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร Demand Adjustment for ATS travel at Crawl speed โดยพิจารณาปัจจัย ปริมาณจราจร ที่แปรผันจากปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในสมการ (5) ดังนี้

$$V_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,ATS} * f_{HV,ATS}} \quad (5)$$

$V_{i, ATS}$ = ปริมาณการไหลจราจรที่ความเร็วอิสระ (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for ATS

V_i = ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) demand volume for direction

PHF = Peak hour factor

$f_{g, ATS}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS

$f_{HV, ATS}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for ATS

ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ

Adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS

ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS เป็นค่าปรับแก้สำหรับภูมิประเทศที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1. กรณีถนนช่วงปกติ (Extended section of General level or rolling terrain) เป็นช่วงถนนปกติทั่วไปที่มีความลาดชัน (Gradation) น้อยกว่าร้อยละ 3 และมีระยะความยาวทางลาดชัน มากกว่า 2 ไมล์ (3.22 กิโลเมตร) โดยมีค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS ดังแสดงในตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 ค่า $f_{g, ATS}$ กรณีถนนปกติ และ ทางลงเขา (Downgrade)

ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,Vvph (Vehicle/hr)	ลักษณะภูมิประเทศ (Terrain)	
	ทางราบ และทางลงเขาทั่วไป (Level Terrain and Specific Downgrade)	ทางเนิน (Rolling Terrain)
≤100	1.00	0.67
200	1.00	0.75
300	1.00	0.83
400	1.00	0.90
500	1.00	0.95
600	1.00	0.97
700	1.00	0.98
800	1.00	0.99
≥900	1.00	1.00

2. กรณีทางลงเขา (Specific Downgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 และมีความยาวความลาดชัน (Length of grade) มากกว่า 0.60 ไมล์ (965 เมตร) มีค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS ดังแสดงในตารางที่ 7

3. กรณีทางขึ้นเขา (Specific Upgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 และมีความยาวความลาดชัน (Length of grade) มากกว่า 0.60 ไมล์ (965 เมตร) โดยมีค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS ดังแสดงในตารางที่ 8 ดังนี้

ตารางที่ 8 ค่า $f_{g,\ ATS}$ กรณีทางขึ้นเขา (Upgrade)

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,V_{vph} (Vehicle/hr)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥ 900
3%≤g<3.5%	0.25 (0.40 km)	0.78	0.84	0.87	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.50 (0.80 km)	0.75	0.83	0.86	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.75 (1.20 km)	0.73	0.81	0.85	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.00 (1.61 km)	0.73	0.79	0.83	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.50 (12.41 km)	0.73	0.79	0.83	0.87	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
	2.00 (3.22 km)	0.73	0.79	0.82	0.86	0.98	0.98	0.99	1.00	1.00
	3.00 (4.83 km)	0.73	0.78	0.82	0.85	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98
	> 4.00 (> 6.44 km)	0.73	0.78	0.81	0.85	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96
3.5%<g<4.5%	0.25 (0.40 km)	0.75	0.83	0.86	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.50 (0.80 km)	0.72	0.80	0.84	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.75 (1.20 km)	0.67	0.77	0.81	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	1.00 (1.61 km)	0.65	0.73	0.77	0.81	0.94	0.95	0.97	1.00	1.00
	1.50 (12.41 km)	0.63	0.72	0.76	0.80	0.93	0.95	0.96	1.00	1.00
	2.00 (3.22 km)	0.62	0.70	0.74	0.79	0.93	0.94	0.96	1.00	1.00
	3.00 (4.83 km)	0.61	0.69	0.74	0.78	0.92	0.93	0.94	0.98	1.00
	> 4.00 (> 6.44 km)	0.61	0.69	0.73	0.78	0.91	0.91	0.92	0.96	1.00
4.5%<g<5.5%	0.25 (0.40 km)	0.71	0.79	0.83	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.50 (0.80 km)	0.60	0.70	0.74	0.79	0.94	0.95	0.97	1.00	1.00
	0.75 (1.20 km)	0.55	0.65	0.70	0.75	0.91	0.93	0.95	1.00	1.00
	1.00 (1.61 km)	0.54	0.64	0.69	0.74	0.91	0.93	0.95	1.00	1.00
	1.50 (12.41 km)	0.52	0.62	0.67	0.72	0.88	0.90	0.93	1.00	1.00
	2.00 (3.22 km)	0.51	0.61	0.66	0.71	0.87	0.89	0.92	0.99	1.00
	3.00 (4.83 km)	0.51	0.61	0.65	0.70	0.86	0.88	0.91	0.98	0.99
	> 4.00 (> 6.44 km)	0.51	0.60	0.65	0.69	0.84	0.86	0.88	0.95	0.97
5.5%<g<6.5%	0.25 (0.40 km)	0.57	0.68	0.72	0.77	0.93	0.94	0.96	1.00	1.00
	0.50 (0.80 km)	0.52	0.62	0.66	0.71	0.87	0.90	0.92	1.00	1.00
	0.75 (1.20 km)	0.49	0.57	0.62	0.68	0.85	0.88	0.90	1.00	1.00
	1.00 (1.61 km)	0.46	0.56	0.60	0.65	0.82	0.85	0.88	1.00	1.00
	1.50 (12.41 km)	0.44	0.54	0.59	0.64	0.81	0.84	0.87	0.98	1.00
	2.00 (3.22 km)	0.43	0.53	0.58	0.63	0.81	0.83	0.86	0.97	0.99
	3.00 (4.83 km)	0.41	0.51	0.56	0.61	0.79	0.82	0.85	0.97	0.99
	> 4.00 (> 6.44 km)	0.40	0.50	0.55	0.61	0.79	0.82	0.85	0.97	0.99
g>6.5%	0.25 (0.40 km)	0.54	0.64	0.68	0.73	0.88	0.90	0.92	1.00	1.00
	0.50 (0.80 km)	0.43	0.53	0.57	0.62	0.79	0.82	0.85	0.98	1.00
	0.75 (1.20 km)	0.39	0.49	0.54	0.59	0.77	0.80	0.83	0.96	1.00
	1.00 (1.61 km)	0.37	0.45	0.50	0.54	0.74	0.77	0.81	0.96	1.00
	1.50 (12.41 km)	0.35	0.45	0.49	0.54	0.71	0.75	0.79	0.96	1.00
	2.00 (3.22 km)	0.34	0.44	0.48	0.53	0.71	0.74	0.78	0.94	0.99
	3.00 (4.83 km)	0.34	0.44	0.48	0.53	0.70	0.73	0.77	0.93	0.98
	> 4.00 (> 6.44 km)	0.33	0.43	0.47	0.52	0.70	0.73	0.77	0.91	0.95

หมายเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิ1ยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

การประมาณการณ์ ความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร Average travel speed (ATS_d)

การประมาณการณ์ ความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร Average travel speed (ATS) เพื่อวิเคราะห์เคลื่อนตัวจราจร (Mobility) อิสระ โดยมพิจารณาปัจจัยปริมาณจราจรทั้งสองทิศทาง รวมทั้งพิจารณาพื้นที่เขตห้ามแซง (Passing zone) ประกอบด้วย ดังแสดงในสมการ (6) ดังนี้

$$ATS_d = FFS - 0.00776(V_{d,ATS} + V_{o,ATS}) - f_{np,ATS} \quad (6)$$

ATS_d = ความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร (ไมล์ต่อชั่วโมง) Average travel speed (ATS)

FFS = ความเร็วอิสระในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) free flow speed of basic freeway segment (Mi/hr)

$V_{d,ATS}$ = ปริมาณการไหลจราจรที่ความเร็วอิสระในทิศทางพิจารณา (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for ATS determination in the analysis direction

$V_{o,ATS}$ = ปริมาณการไหลจราจรที่ความเร็วอิสระในทิศทางตรงข้าม (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for ATS determination in the opposing direction

$F_{np,ATS}$ = ค่าปรับแก้สัดส่วนพื้นที่ห้ามแซง adjustment for ATS determination for the percentage of no-passing zone in the analysis direction

ค่าปรับแก้สัดส่วนพื้นที่ห้ามแซง

Adjustment for ATS determination for the percentage of no-passing zone in the analysis direction

ค่าปรับแก้สัดส่วนพื้นที่ห้ามแซง จากข้อจำกัดด้านความปลอดภัยจากระยะมองเห็น (Sight distance) ที่ไม่ปลอดภัยในการแซง หรือ พื้นที่เขตปลอดภัย (Safety zone) ช่วงบริเวณที่มีชุมชน ที่ต้องการความปลอดภัย โดยพิจารณาสัดส่วนเขตห้ามแซง (No-passing zone) ของช่วงทางหลวงที่พิจารณา กับ ปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้ามที่พิจารณา (Opposing demand flow rate) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการแซง โดยมีค่าปรับแก้ ดังแสดงในตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 ค่า $F_{np,ATS}$ พื้นที่ห้ามแซง No-passing zone

ความเร็วอิสระ Free flow speed mph (kph)	ปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้ามที่พิจารณา Opposing demand flow rate V_o (pc/hr)	สัดส่วนเขตห้ามแซง Percent of No – passing zone				
		≤20	40	60	80	100
65 (105)	≤100	1.1	2.2	2.8	3.0	5.1
	200	2.2	3.3	3.9	4.0	4.2
	400	1.6	2.3	2.7	2.8	2.9
	600	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0
	800	0.7	1.0	1.2	1.4	1.5
	1,000	0.6	0.8	1.1	1.1	1.2
	1,200	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
	1,400	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9
	≥ 1,600	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
60 (96)	≤100	0.7	1.7	2.5	2.8	2.9
	200	1.9	2.9	3.7	4.0	4.2
	400	1.4	2.0	2.5	2.7	3.9
	600	1.1	1.3	1.6	1.9	2.0
	800	0.6	0.9	1.1	1.3	1.4
	1,000	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2
	1,200	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1
	1,400	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
	≥ 1,600	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
55 (88)	≤100	0.5	1.2	2.2	2.6	2.7
	200	1.5	2.4	3.5	3.9	4.1
	400	1.3	1.9	2.4	2.7	2.8
	600	0.9	1.1	1.6	1.8	1.9
	800	0.5	0.7	1.1	1.2	1.4
	1,000	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1
	1,200	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0
	1,400	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9
	≥ 1,600	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
50 (80)	≤100	0.2	0.7	1.9	2.4	2.5
	200	1.2	2.0	3.3	3.9	4.0
	400	1.1	1.6	2.2	2.6	2.7
	600	0.6	0.9	1.4	1.7	1.9
	800	0.4	0.6	0.9	1.2	1.3
	1,000	0.4	0.4	0.7	0.9	1.1
	1,200	0.4	0.4	0.7	0.8	1.0
	1,400	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8
	≥ 1,600	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
45 (72)	≤100	0.1	0.4	1.7	2.2	2.4
	200	0.9	1.6	3.1	3.8	4.0
	400	0.9	0.5	2.0	2.5	2.7
	600	0.4	0.3	1.3	1.7	1.8
	800	0.3	0.3	0.8	1.1	1.2
	1,000	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1
	1,200	0.3	0.3	0.6	0.7	1.0
	1,400	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7
	≥ 1,600	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิ1ยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

การวิเคราะห์ปริมาณจราจรการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร

Demand Adjustment for PTSF

การวิเคราะห์ปริมาณจราจร การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร ปริมาณจราจร Demand Adjustment for PTSF travel at Crawl speed โดยพิจารณาปัจจัย ปริมาณจราจร ที่แปรผันจากปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในสมการ (7) ดังนี้

$$V_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,PTSF} * P_{HV,PTSF}} \quad (7)$$

$V_{i,\ PTSF}$ = ปริมาณการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for PTSF

V_i = ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) demand volume for direction

PHF = Peak hour factor

$f_{g,\ PTSF}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for PTSF

$f_{HV,\ PTSF}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for PTSF

ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร

Adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for PTSF

ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for PTSFเป็นค่าปรับแก้สำหรับภูมิประเทศที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. กรณีถนนช่วงปกติและทางลงเขา (Extended section of General level or rolling terrain and specific downgrade) เป็นช่วงถนนปกติทั่วไปที่มีความลาดชัน (Gradation) น้อยกว่าร้อยละ 3 และมีระยะความยาวทางลาดชัน มากกว่า 1/4 ไมล์ (402 เมตร) หรือเป็นทางลงเขา โดยมีค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS ดังแสดงในตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 ค่า $f_{g, PTSF}$ กรณีถนนปกติ

ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,Vvph (Vehicle/hr)	ลักษณะภูมิประเทศ (Terrain)	
	ทางราบ และทางลงเขา (Level Terrain and Specific Downgrade)	ทางเนิน (Rolling Terrain)
≤100	1.00	0.73
200	1.00	0.80
300	1.00	0.85
400	1.00	0.90
500	1.00	0.96
600	1.00	0.97
700	1.00	0.99
800	1.00	1.00
≥900	1.00	1.00

2. กรณีทางขึ้นเขา (Specific Upgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 และมีความยาวความลาดชัน (Length of grade) มากกว่า 1/4 ไมล์ (402 เมตร) โดยมีค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วอิสระ adjustment factor of gradation (Terrain) in traffic stream for ATS ดังแสดงในตารางที่ 11 ดังนี้

ตารางที่ 11 ค่า $f_{g, PTSF}$ กรณีทางขึ้นเขา (Upgrade)

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,V_{vph} (Vehicle/hr)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
3%≤g<3.5%	0.25 (0.40 km)	1.00	0.99	0.97	0.96	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	0.50 (0.80 km)	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	0.75 (1.20 km)	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	1.00 (1.61 km)	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	1.50 (12.41 km)	1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
	2.00 (3.22 km)	1.00	0.99	0.99	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	3.00 (4.83 km)	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96
	> 4.00 (> 6.44 km)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97
3.5%<g<4.5%	0.25 (0.40 km)	1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92
	0.50 (0.80 km)	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95
	0.75 (1.20 km)	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96
	1.00 (1.61 km)	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	1.50 (12.41 km)	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	2.00 (3.22 km)	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	3.00 (4.83 km)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	> 4.00 (> 6.44 km)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.5%<g<5.5%	0.25 (0.40 km)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97
	> 0.50 (>0.80 km)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
g>5.5%	All	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

หมายเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิ1ยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร Adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for PTSF

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร (Adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream) เป็นค่าการแปรผลกระทบจากรถบรรทุก เป็นรถยนต์ส่วนบุคคล(Passenger car) เนื่องจากความแตกต่างด้านตัวแปรของยานพาหนะให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Uniform) ในกรณีถนนทั่วไป ดังแสดงในสมการ (8) ดังนี้

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1+P_T\left(E_T-1\right)+P_R\left(E_R-1\right)} \quad (8)$$

$F_{HV, PTSF}$ = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจรที่การเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for PTSF

P_T = สัดส่วนรถบรรทุกหนัก(เปอร์เซ็นต์) proportion of heavy vehicle in traffic stream

E_T = ค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream

P_R = สัดส่วนรถบ้าน (เปอร์เซ็นต์) proportion of Recreational vehicle(RVs) in traffic stream

E_R = ค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream

สำหรับค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

1. กรณีถนนช่วงปกติ (Extended section of General level or rolling terrain) เป็นช่วงถนนปกติทั่วไปที่มีความลาดชัน (Gradation) น้อยกว่าร้อยละ 3 โดยมีค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream ดังแสดงในตารางที่ 12 ดังนี้

ตารางที่ 12 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก และ ค่า E_R รถบ้าน กรณีถนนปกติ และ ทางลงเขา (Downgrade)

ประเภทยานพาหนะ (Vehicle Type)	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,Vvph (Vehicle/hr)	ลักษณะภูมิประเทศ (Terrain)	
		ทางราบ และทางลงเขา (Level Terrain and Specific Downgrade)	ทางเนิน (Rolling Terrain)
รถบรรทุกหนัก TRUCK, E_T	≤100	1.1	1.9
	200	1.1	1.8
	300	1.1	1.7
	400	1.1	1.6
	500	1.0	1.4
	600	1.0	1.2
	700	1.0	1.0
	800	1.0	1.0
	≥900	1.0	1.0
รถบ้าน RV, E_r	All flows	1.0	1.0

2. กรณีทางลงเขา (Specific Downgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 และมีความยาวความลาดชัน (Length of grade) มากกว่า 0.60 ไมล์ (965 เมตร) มีค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream ดังแสดงในตารางที่ 12

3. กรณีทางขึ้นเขา (Specific Upgrade) เป็นช่วงถนนที่มีความลาดชัน (Gradation) มากกว่าร้อยละ 3 โดยมีค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of heavy Vehicle in traffic stream และค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream ดังแสดงในตารางที่ 13 ดังนี้

ตารางที่ 13 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก และค่า E_r รถบ้าน กรณีทางขึ้นเขา (Upgrade)

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	ปริมาณจราจรในทิศทางที่พิจารณา (คัน/ชั่วโมง) Directional demand flow rate ,V_{vph} (Vehicle/hr)								
		≤100	200	300	400	500	600	700	800	≥900
Equivalent truck, E_T										
3%≤g<3.5%	≤2.00 (3.22 km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	3.00 (4.83 km)	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	> 4.00 (> 6.44 km)	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.5%<g<4.5%	≤1.00 (1.61 km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1.50 (12.41 km)	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	2.00 (3.22 km)	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	3.00 (4.83 km)	1.8	1.4	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 4.00 (> 6.44 km)	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
4.5%<g<5.5%	≤1.00 (1.61 km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1.50 (12.41 km)	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	2.00 (3.22 km)	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3
	3.00 (4.83 km)	2.4	2.2	2.2	2.1	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7
	> 4.00 (> 6.44 km)	3.5	3.1	2.9	2.7	2.1	2.0	2.0	1.8	1.8
5.5%<g<6.5%	≤0.75 (1.20 km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	1.00 (1.61 km)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.50 (12.41 km)	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	2.00 (3.22 km)	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8
	3.00 (4.83 km)	3.4	3.2	3.0	2.9	2.4	2.3	2.3	1.9	1.9
	> 4.00 (> 6.44 km)	4.5	4.1	3.9	3.7	2.9	2.7	2.6	2.0	2.0
g>6.5%	≤0.50 (0.80 km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	0.75 (1.20 km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
	1.00 (1.61 km)	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4
	1.50 (12.41 km)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	2.00 (3.22 km)	2.9	2.8	2.7	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3
	3.00 (4.83 km)	4.2	3.9	3.7	3.6	3.0	2.8	2.7	2.2	2.2
	> 4.00 (> 6.44 km)	5.0	4.6	4.4	4.2	3.3	3.1	2.9	2.5	2.5
Equivalent Recreational Vehicle, E_r										
All	All	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

หมายเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

การวิเคราะห์สัดส่วนการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร

Percent of travel flow, $PTSF_d$

การวิเคราะห์สัดส่วนการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร ปริมาณจราจร Demand Adjustment for ATS travel at Crawl speed โดยพิจารณาปัจจัย ปริมาณจราจร ที่แปรผันจากปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในสมการ (9) ดังนี้

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF}\left(\frac{V_{d,PTSF}}{V_{d,PTSF} + V_{o,PTSF}}\right) \quad (9)$$

$PTSF_d$ = สัดส่วนการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร (ร้อยละ) Percent of travel flow, $PTSF_d$

$BPTSF_d$ = สัดส่วนการขับขี่ตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในทิศทางที่พิจารณา (ร้อยละ) Base percent time-spent-following in analysis direction

$V_{d,PTSF}$ = ปริมาณการการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร ในทิศทางพิจารณา (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for PTSF determination in the analysis direction

$V_{o,PTSF}$ = ปริมาณการการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร ในทิศทางตรงข้าม (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for PTSF determination in the opposing direction

$f_{np,PTSF}$ = ค่าปรับแก้สัดส่วนพื้นที่ห้ามแซง adjustment for PTSF determination for the percentage of no-passing zone in the analysis direction

สัดส่วนการขับขี่ตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon)

Base percent time-spent-following, BPTSF

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร (Adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream) เป็นค่าการแปรผลกระทบจากรถบรรทุก เป็นรถยนต์ส่วนบุคคล(Passenger car) เนื่องจากความแตกต่างด้านตัวแปรของยานพาหนะให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Uniform) ในกรณีถนนทั่วไป ดังแสดงในสมการ (10) ดังนี้

$$BPTSF_d = 100\left[1 - \exp\left(aV_d^b\right)\right] \quad (10)$$

$BPTSF_d$ = สัดส่วนการขับขี่ตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในทิศทางที่พิจารณา (ร้อยละ) Base percent time-spent-following in analysis direction

(Platoon) ในกระแสจราจร adjustment factor of heavy vehicles in traffic stream for PTSF

V_d = ปริมาณการการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร ในทิศทางพิจารณา (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง) demand flow rate for PTSF determination in the analysis Direction

a = ค่าคงที่ a แสดงในตารางที่ 2-14 coefficient a see table 14

b = ค่าคงที่ b แสดงในตารางที่ 2-14 coefficient b see table 14

ตารางที่ 14 ค่า coefficient

ปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้าม (คัน/ชั่วโมง) Opposing demand flow rate , V_o (Vehicle/hr)	ค่าคงที่ a coefficient a	ค่าคงที่ b coefficient b
≤200	- 0.0014	0.973
400	- 0.0022	0.923
600	- 0.0033	0.870
800	- 0.0045	0.833
1,000	- 0.0049	0.829
1,200	- 0.0054	0.825
1,400	- 0.0058	0.821
≥ 1,600	- 0.0062	0.817

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 3 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.001 is recommended

ค่าปรับแก้สัดส่วนพื้นที่ห้ามแซง

Adjustment for PTSF determination for the percentage of no-passing zone in the analysis direction

ค่าปรับแก้สัดส่วนพื้นที่ห้ามแซง จากข้อจำกัดด้านความปลอดภัยจากระยะมองเห็น (Sight distance) ที่ไม่ปลอดภัยในการแซง หรือ พื้นที่เขตปลอดภัย (Safety zone) ช่วงบริเวณที่มีชุมชน ที่ต้องการความปลอดภัย โดยพิจารณาสัดส่วนเขตห้ามแซง (No-passing zone) ของช่วงทางหลวงที่พิจารณา กับ ปริมาณจราจรในทิศทางตรงข้ามที่พิจารณา (Opposing demand flow rate) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการแซง โดยมีค่าปรับแก้ ดังแสดงในตารางที่ 15 ดังนี้

ตารางที่ 15 ค่า $F_{np,PTSF}$ พื้นที่ห้ามแซง No-passing zone

สัดส่วนจราจรในทิศทางพิจารณา Directional Split	ปริมาณจราจรทั้งสองทิศทาง Total demand flow rate $V=V_d+V_o$ (pc/hr)	สัดส่วนเขตห้ามแซง Percent of No – passing zone					
		0	20	40	60	80	100
50 / 50	≤200	9.0	29.2	43.4	49.4	51.0	52.6
	400	16.2	41.0	54.2	61.6	63.8	65.8
	600	15.8	38.2	47.8	53.2	55.2	56.8
	800	15.8	33.8	40.4	44.0	44.8	46.6
	1,400	12.8	20.0	23.8	26.2	27.4	28.6
	2,000	10.0	13.6	15.8	17.4	18.2	18.8
	2,600	5.5	7.7	8.7	9.5	10.1	10.3
	3,200	3.3	4.7	5.1	5.5	5.7	6.1
60 / 40	≤200	11.0	30.6	41.0	51.2	52.3	53.5
	400	14.6	36.1	44.8	53.4	55.0	56.3
	600	14.8	36.9	44.0	51.1	52.8	54.6
	800	13.6	28.2	33.4	38.6	39.9	41.3
	1,400	11.8	18.9	22.1	25.4	26.4	27.3
	2,000	9.1	13.5	15.6	16.0	16.8	17.3
	2,600	5.9	7.7	8.6	9.6	10.0	10.2
70 / 30	≤200	9.9	28.1	38.0	47.8	48.5	49.0
	400	10.6	30.3	38.6	46.7	47.7	48.8
	600	10.9	30.9	37.5	43.9	45.4	47.0
	800	10.3	23.6	28.4	33.3	34.5	35.5
	1,400	8.0	14.6	17.7	20.8	21.6	22.3
	2,000	7.3	9.7	11.7	13.3	14.0	14.5
80 / 20	≤200	8.9	27.1	37.1	47.0	47.4	47.9
	400	6.6	26.1	34.5	42.7	43.5	44.1
	600	4.0	24.5	31.3	38.1	39.1	40.0
	800	3.8	18.5	23.5	28.4	29.1	29.9
	1,400	3.5	10.3	13.3	16.3	16.9	32.2
	2,000	3.5	7.0	8.5	10.1	10.4	10.7
90 / 10	≤200	4.6	24.1	33.6	43.1	43.4	43.6
	400	0.0	20.2	28.3	36.3	36.7	37.0
	600	-3.1	16.8	23.5	30.1	30.6	31.1
	800	-2.8	10.5	15.2	19.9	20.3	20.8
	1,400	-1.2	5.5	8.3	11.0	11.5	11.9

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิ1ยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

การวิเคราะห์สัดส่วนที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วอิสระได้โดยปราศจากผลกระทบจากการจราจร Percent of free flow speed, PFFS

การวิเคราะห์สัดส่วนที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วอิสระได้โดยปราศจากผลกระทบจากการจราจรPercent of free flow speed โดยพิจารณาปัจจัยปริมาณจราจร ที่แปรผันจากปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในสมการ (11) ดังนี้

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS} \quad (11)$$

PFFS = สัดส่วนที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วอิสระได้โดยปราศจากผลกระทบจากการจราจร (ร้อยละ) Percent of free flow speed

ATS_d = ความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร (ไมล์ต่อชั่วโมง) Average travel speed (ATS)

FFS = ความเร็วอิสระในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) free flow speed of basic freeway segment (Mi/hr)

ระดับการให้บริการทางหลวง 2 ช่องจราจร Level of Service of Two-way highways

ระดับการให้บริการทางหลวงประเภท 2 ช่องจราจร (Two-way highways) สามารถแบ่งออกตามคุณลักษณะของประเภทถนน ได้ 3 ประเภท คือ

1. Class I เป็นถนนสายหลัก (Arterial road) ที่มีการเดินทางเชื่อมต่อระหว่างเมือง (Interstate) ที่พื้นที่ด้านข้างของเขตทางยังไม่มีการพัฒนา (None development) หรือมีชุมชน ซึ่งผู้ขับขี่ (Driver) ส่วนใหญ่ต้องการใช้ความเร็วสูง (High speed) ในการเดินทาง โดยไม่มีเขตควบคุมความเร็ว (None Speed limit zone)

2. Class II เป็นถนนสายรอง (Collector) ที่มีการเดินทางในพื้นที่ชนบท (Rural) ที่พื้นที่ด้านข้างของเขตทางยังไม่มีการพัฒนา (None development) หรือมีชุมชน ซึ่งผู้ขับขี่ (Driver) ส่วนใหญ่ต้องการใช้ความเร็วสูง (High speed) ในการเดินทาง โดยไม่มีเขตควบคุมความเร็ว (None Speed limit zone)

3. Class III เป็นถนนในพื้นที่ชุมชน (Urban) ที่พื้นที่ด้านข้างของเขตทางมีการพัฒนา (development) ซึ่งผู้ขับขี่ (Driver) ส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้ความเร็วสูง (Low speed) ในการเดินทางได้ โดยมีเขตควบคุมความเร็ว (Speed limit zone)

โดยมีดัชนีในการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ (Level of service, LOS) ประกอบด้วย

1. ATS = Average travel speed ความเร็วเฉลี่ยการเคลื่อนตัวจราจร (Mobility) อิสระ

2. PTSF = Percent of travel flow สัดส่วนการเคลื่อนตัวจราจรตามกันเป็นกลุ่ม (Platoon) ในกระแสจราจร

3. PFFS = Percent of free flow speed สัดส่วนที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วอิสระได้โดยปราศจากผลกระทบจากการจราจร

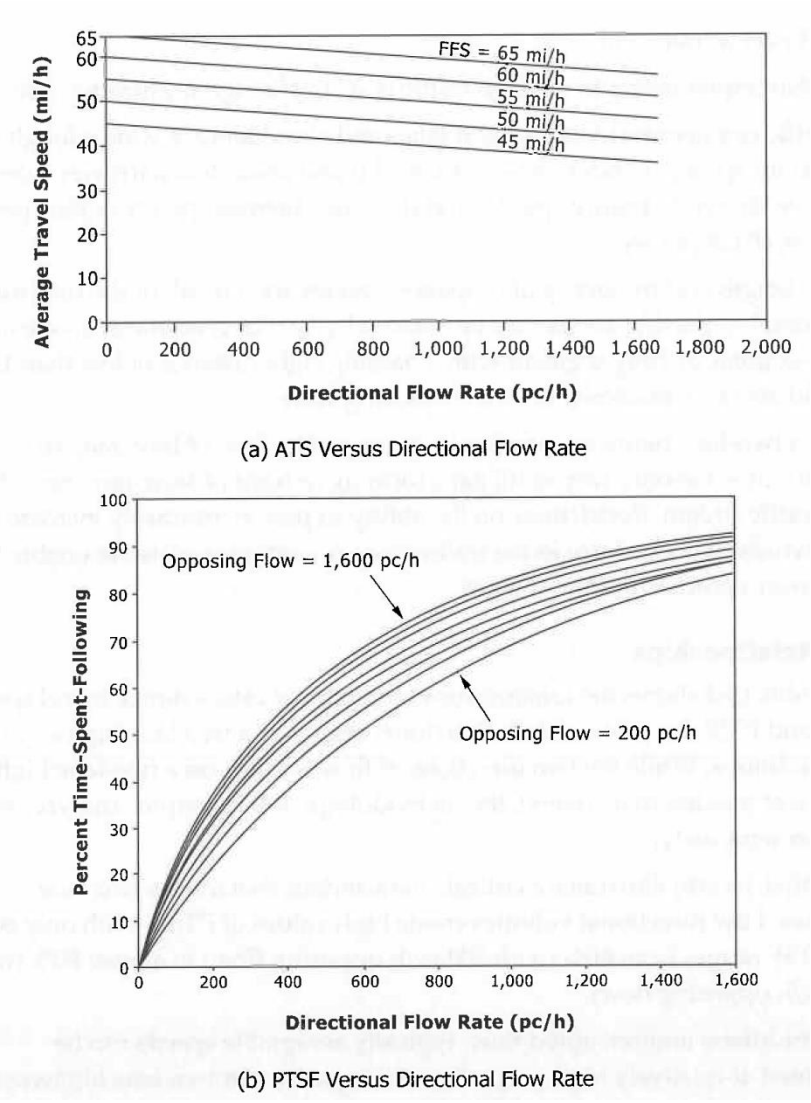
ตารางที่ 16 ระดับการให้บริการของทางหลวง 2 ช่องจราจร

LOS	Class I Highways		Class II Highways	Class III Highways
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PFFS (%)
A	>55 (>89 kph)	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55 (80-88 kph)	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50 (72-80 kph)	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>40-45 (64-72 kph)	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	≤40 (64 kph ≤)	>80	>85	≤66.7
F	V>3200 pc/hr/ln (2direk) or V>1700 pc/hr/ln			

Remark : class 1 arterial road inter state

class 2 collector rural road

class 3 urban road



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของดัชนีชี้วัดในการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางหลวง 2 ช่องจราจร กับปริมาณจราจร

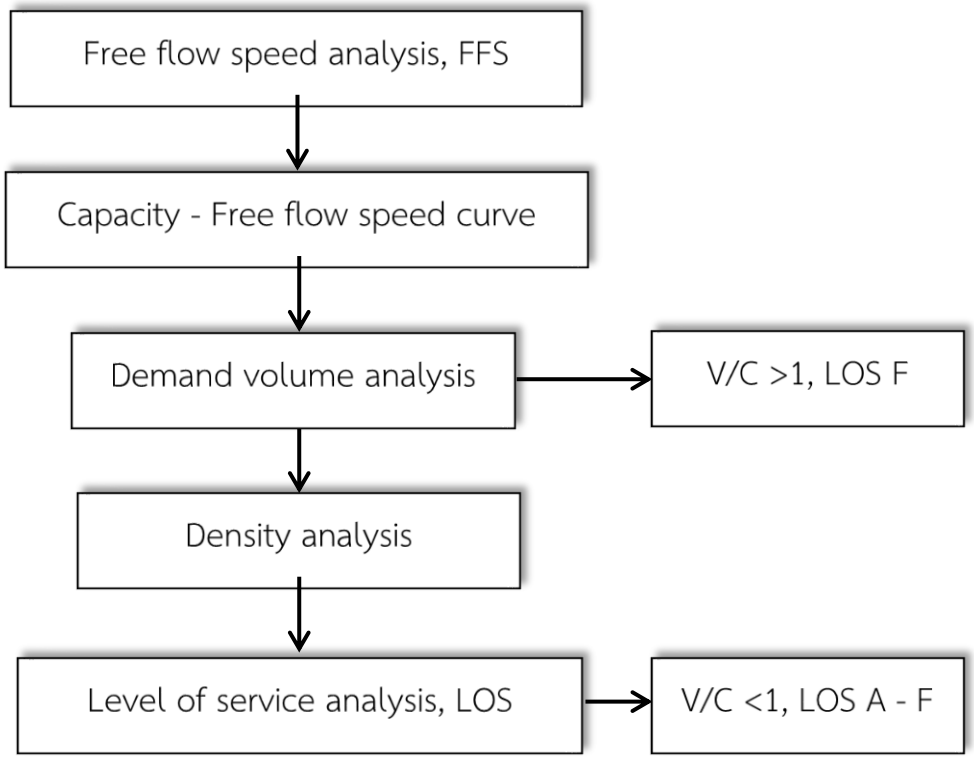
Index of level of service analysis of Two way highways

การวิเคราะห์การให้บริการ ทางหลวงหลายช่องจราจร
Multilane Highway Level of Service Analysis

การวิเคราะห์การให้บริการ ทางหลวงหลายช่องจราจร
(Level of Service Analysis by Multilane Highway Capacity Manual 2010)

มีส่วนประกอบในการวิเคราะห์ดังนี้

1) การหาความเร็วอิสระ Free flow speed (การคำนวณ / เก็บข้อมูลภาคในสนาม)
2) เลือกความเร็วอิสระในการวิเคราะห์ FFS Curve (วิเคราะห์หาความจุของถนน)
3) การหาปริมาณจราจร Demand Volume และกระแสการไหลของจราจร Flow rate (วิเคราะห์หาปริมาณจราจรบนถนน)
4) การหาความหนาแน่นของจราจร Density (วิเคราะห์ความหนาแน่นบนถนน)
5) การวิเคราะห์ ค่าระดับการให้บริการ Level of Service (LOS)



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ ทางหลวง หลายช่องจราจร
Level of Service of Multilane Highways ของ Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010)

ความเร็วอิสระ (Free Flow Speed)

ความเร็วอิสระ คือความเร็วที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วโดยไม่มีผลกระทบจากสิ่งกีดขวางหรือปัจจัยอื่นใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งอาจเก็บค่าได้จากการสำรวจความเร็วบนช่วงถนน หรือสามารถวิเคราะห์หาได้จากปัจจัยต่างๆ ตามสมการที่ (12) ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_A \quad (12)$$

FFS = ความเร็วอิสระในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) free flow speed of basic freeway segment (Mi/hr)

BFFS = ความเร็วที่กำหนด สำหรับถนนหลายช่องจราจรในช่วงถนน (ไมล์ต่อชั่วโมง) base Free flow speed of multilane highway segment (Mi/hr) โดยทั่วไปใช้ความเร็วออกแบบที่กำหนด ถนนในเขตเมือง 60 – 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกเมือง 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง/ทางด่วน 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

f_{LW} = ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร adjustment for lane width

f_{LC} = ค่าปรับแก้ระยะปลอดภัยด้านข้าง(ไหล่ทาง) adjustment for total lateral clearance (TLC)

f_M = ค่าปรับแก้ชนิดของเกาะกลาง adjustment for median type

f_A = ค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม adjustment for access- point density

หมายเหตุ 1 mile = 1.609344 km. (1 ไมล์ = 1,760 หลา, 1 หลา = 3 ฟุต, 1 ฟุต = 12 นิ้ว, 1 นิ้ว = 25.4 มิลลิเมตร)

ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (Adjustment for lane width factor)

ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร adjustment for lane width เป็นค่าที่พิจารณา ความสัมพันธ์กับระยะปลอดภัยด้านข้าง Lateral clearance ภายในช่องจราจร โดยปกติ กรณีช่องจราจรกว้างมากกว่า 12 ฟุต (3.60 เมตร) ความเร็วของยานพาหนะจะไม่ได้รับผลกระทบจากขนาดของช่องจราจร สำหรับในประเทศไทย มีขนาดช่องจราจร ตั้งแต่ 3.00 เมตร – 3.60 เมตร (Motorway standard) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเร็วอิสระที่แตกต่างกันในแต่ละเส้นทาง โดยมีค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร ดังแสดงใน ตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร adjustment for lane width

ความกว้างช่องจราจร(ฟุต) **Lane width (ft)**	**ความเร็วที่ลดลง(ไมล์ต่อชั่วโมง)** **Reduction in FFS, f_{LW} (mi/hr)**
W > 12 ft (3.65 m.)	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)
11 ft (3.35 m.) < W < 12 ft (3.65 m.)	1.90 mi/hr (3.06 km/hr)
10 ft (3.05 m.) < W < 11 ft (3.35 m.)	6.60 mi/hr (10.62 km/hr)

ค่าปรับแก้ระยะปลอดภัยด้านข้าง (ไหล่ทาง) (Adjustment for total lateral clearance (TLC) factor)

ค่าปรับแก้ระยะปลอดภัยด้านข้าง (ไหล่ทาง) adjustment for total lateral clearance (TLC) เป็นความสัมพันธ์กับระยะปลอดภัยด้านข้าง ในถนนที่มีจำนวนหลายช่องจราจร ทั้งไหล่ทางด้านซ้ายและขวาทาง ส่งผลกระทบต่อระยะปลอดภัยด้านข้าง Lateral clearance ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเร็วอิสระที่แตกต่างกันในแต่ละเส้นทาง ตามสมการที่ (13) โดยมีค่าปรับแก้ระยะปลอดภัยด้านข้าง(ไหล่ทาง) ดังแสดงใน ตารางที่ 18

$$TLC = LC_R + LC_L \tag{13}$$

TLC = ระยะปลอดภัยด้านข้างรวมทั้งหมด สูงสุดไม่เกิน 12 ฟุต (3.65 เมตร) total lateral clearance maximum value 12 ft

LC_R = ระยะปลอดภัยด้านข้างฝั่งขวา สูงสุดไม่เกิน 6 ฟุต (1.82 เมตร) right - side lateral clearance maximum value 6 ft

LC_L = ระยะปลอดภัยด้านข้างฝั่งซ้าย สูงสุดไม่เกิน 6 ฟุต (1.82 เมตร) left - side lateral clearance maximum value 6 ft

หมายเหตุ ระยะปลอดภัยด้านข้างฝั่งขวาและซ้าย เทียบเท่าความกว้างไหล่ทางด้านขวาและซ้ายทาง

ตารางที่ 18 ค่าปรับแก้ระยะปลอดภัยด้านข้าง(ไหล่ทาง) adjustment for total lateral clearance (TLC)

ถนนชนิด 4 ช่องจราจร 4-Lane highways		**ถนนชนิด 6 ช่องจราจรขึ้นไป 6-Lane highways**	
ระยะปลอดภัยด้านข้างรวม total lateral clearance(TLC)	**ความเร็วที่ลดลง(ไมล์ต่อชั่วโมง) Reduction in FFS, f_{LC} (mi/hr)**	**ระยะปลอดภัยด้านข้างรวม total lateral clearance(TLC)**	**ความเร็วที่ลดลง(ไมล์ต่อชั่วโมง) Reduction in FFS, f_{LC} (mi/hr)**
12 ft (3.65 m.)	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)	12 ft (3.65 m.)	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)
10 ft (3.05 m.)	0.40 mi/hr (0.64 km/hr)	10 ft (3.05 m.)	0.40 mi/hr (0.64 km/hr)
8 ft (2.44 m.)	0.90 mi/hr (1.45 km/hr)	8 ft (2.44 m.)	0.90 mi/hr (1.45 km/hr)
6 ft (1.82 m.)	1.30 mi/hr (2.09 km/hr)	6 ft (1.82 m.)	1.30 mi/hr (2.09 km/hr)
4 ft (1.22 m.)	1.80 mi/hr (2.90 km/hr)	4 ft (1.22 m.)	1.70 mi/hr (2.73 km/hr)
2 ft (0.61 m.)	3.60 mi/hr (5.80 km/hr)	2 ft (0.61 m.)	2.80 mi/hr (4.50 km/hr)
0 ft (0.00 m.)	5.40 mi/hr (8.70 km/hr)	0 ft (0.00 m.)	3.90 mi/hr (6.27 km/hr)

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

ค่าปรับแก้ชนิดของเกาะกลาง (Adjustment for median type factor)

ค่าปรับแก้ชนิดของเกาะกลาง adjustment for median type เป็นค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของเกาะกลาง (Median) ต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระยะปลอดภัยด้านข้าง Lateral clearance โดยเฉพาะช่องจราจรด้านในที่ติดกับเกาะกลาง โดยผลกระทบต่อความเร็วอิสระของยานพาหนะบนช่วงถนน ดังแสดงใน ตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าปรับแก้ชนิดของเกาะกลาง adjustment for median type

ชนิดของเกาะกลาง Median Type	**ความเร็วที่ลดลง(ไมล์ต่อชั่วโมง) Reduction in FFS, f_M (mi/hr)**
เกาะกลางไม่มีการแยกคันทาง Undivided	1.60 mi/hr (2.57 km/hr)
Two-way left turn lane(TWLTL)	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)
เกาะกลางแยกคันทาง Divided	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)

ค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม (Adjustment for access-point density factor)

ผลกระทบจากจุดทางเชื่อมเข้า – ออก โดยเฉพาะช่องจราจรที่ติดกับจุดเชื่อมซึ่งจำเป็นต้องชะลอหรือหยุด ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเร็วจราจรบนถนนโดยตรง หากมีจุดเชื่อมเข้า – ออก ถนนจำนวนมาก โดยเฉพาะในเขตชุมชน ที่ความเร็วจะถูกกำกับให้ช้าลง โดยค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม adjustment for access- point density ดังแสดงใน ตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าปรับแก้ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม adjustment for access- point density

ความหนาแน่นจุดทางเชื่อม (จุดทางเชื่อม/ไมล์) Access-Point density(access point/mi)	**ความเร็วที่ลดลง(ไมล์ต่อชั่วโมง) Reduction in FFS, f_A (mi/hr)**
0 point/mi (0 point/km)	0.00 mi/hr (0.00 km/hr)
10 point/mi (6.2 point/km)	2.50 mi/hr (4.02 km/hr)
20 point/mi (12.4 point/km)	5.00 mi/hr (8.05 km/hr)
30 point/mi (18.6 point/km)	7.50 mi/hr (12.07 km/hr)
40 point/mi (24.8 point/km)	10.00 mi/hr (16.09 km/hr)

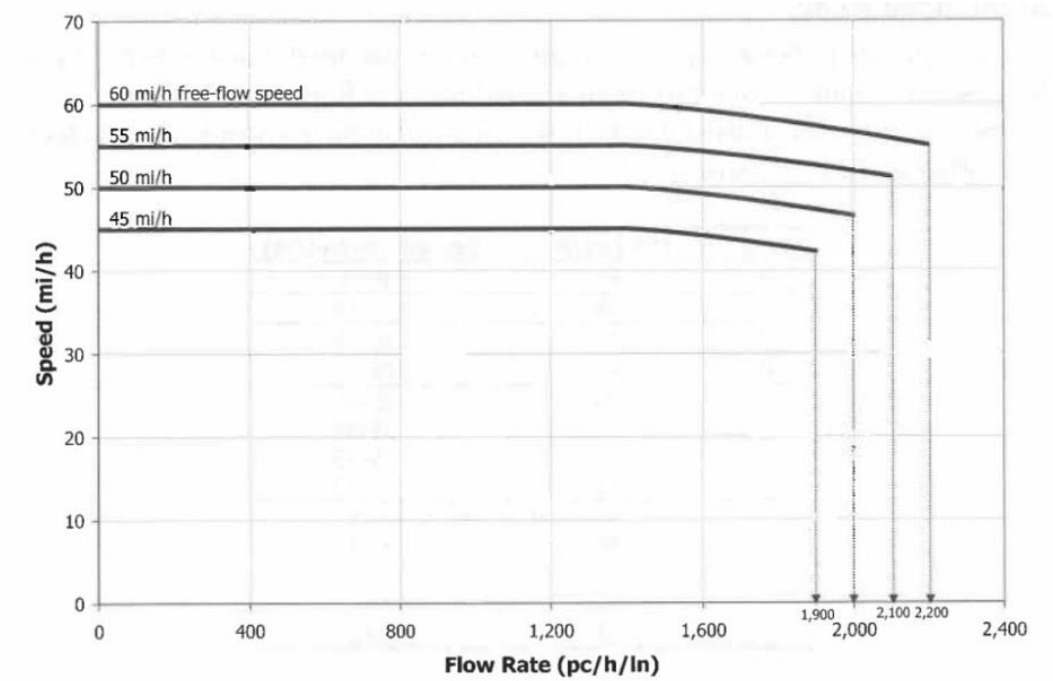
หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

การวิเคราะห์ความเร็วอิสระกับอัตราการไหล (Free Flow Speed Curve)

ความเร็วอิสระมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลในรูปแบบโพราโบล่า (Polabola) โดยอัตราการไหล (Flow rate) อาจเกิดจากทั้งปริมาณจราจรน้อยทำให้สามารถใช้ความเร็วได้สูงกับ ปริมาณจราจรมากจนทำให้ความเร็วต่ำ สำหรับ Highway Caoacity Manual 2010 ได้ทำการวิเคราะห์ช่วงความเร็วที่ ก่อให้เกิดอัตราการไหล ในสภาพก่อนเกิดการติดขัด (Jam) ซึ่งที่อัตราการไหลน้อยกว่า 1,400 คัน/ไมล์/ช่องจราจร จะเป็นช่วงที่ความเร็วกับอัตราการไหลคงที่กับความเร็ว ก่อนที่ความเร็วอิสระจะมีการลดลงในช่วงอัตราการไหลมากกว่า 1,400 คัน/ไมล์/ช่องจราจร ขึ้นไปจนถึงความจุของอัตราการไหล ดังแสดงใน ตารางที่ 21 และ ภาพที่ 5 – 6

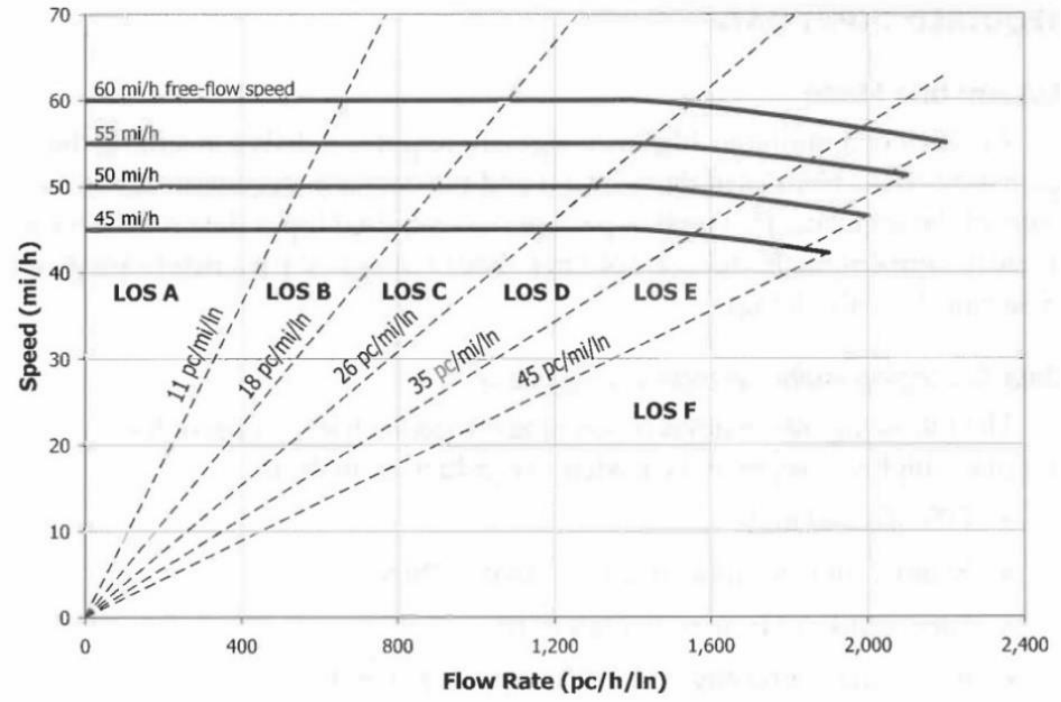
ตารางที่ 21 ความเร็วในการวิเคราะห์ Free Flow Speed

ความเร็วอิสระในช่วงถนน free flow speed of basic freeway segment	ช่วงความเร็วอิสระในช่วงถนน free flow speed of basic freeway segment	
	กรณี v_p < 1,400 pc/mi/ln	กรณี v_p > 1,400 pc/mi/ln
60 mi/hr (96 km/hr)	60 mi/hr (96 km/hr)	$60 - (5.00 \times (v_p - 1400 / 800)^{1.31})$
55 mi/hr (88 km/hr)	55 mi/hr (88 km/hr)	$55 - (3.78 \times (v_p - 1400 / 700)^{1.31})$
50 mi/hr (80 km/hr)	50 mi/hr (80 km/hr)	$50 - (3.49 \times (v_p - 1400 / 600)^{1.31})$
45 mi/hr (72 km/hr)	45 mi/hr (72 km/hr)	$45 - (2.78 \times (v_p - 1400 / 500)^{1.31})$



Note: Maximum densities for LOS E occur at a *v/c* ratio of 1.00. These are 40, 41, 43, and 45 pc/mi/ln for FFSs of 60, 55, 50, and 45 mi/h, respectively.

ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ความเร็วกับอัตราการไหล Speed Flow rate curve



ภาพที่ 6 แสดงแสดงความสัมพันธ์ความเร็ว/อัตราการไหลกับระดับการให้บริการ Level of Service curve

อัตราการไหลการจราจร (Flow rate)

อัตราการไหลการจราจร Flow rate คือปริมาณจราจรที่ผ่านช่วงถนน โดยพิจารณาสัดส่วนรถบรรทุกที่ใช้เส้นทาง และสภาพเส้นทาง รวมทั้งความคุ้นเคยเส้นทางซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลการจราจร สำหรับใน Highway Capacity Manual 2010 ได้มีการกำหนดไว้ ตามสมการที่ (14) ดังนี้

$$v_P = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_p} \tag{14}$$

v_p = อัตราการไหลการจราจร (คันรถยนต์ส่วนบุคคล/ชั่วโมง/ช่องจราจร) demand flow rate under equivalent base condition (Pc/hr/lane)

V = ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง(คัน/ชั่วโมง) demand volume under prevailing condition (Veh/hr)

PHF = Peak hour factor

N = จำนวนช่องจราจรต่อทิศทางจราจรที่พิจารณา Number of lanes(one direction)

f_{hv} = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream

f_p = ค่าปรับแก้เนื่องจากความคุ้นเคยในเส้นทาง adjustment factor for atypical driver population

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร

(Adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream factor)

ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกหนักในกระแสจราจร adjustment factor for presence of heavy vehicles in traffic stream เป็นค่าการแปรผลกระทบจากรถบรรทุก เป็นรถยนต์ส่วนบุคคล(Passenger car) เนื่องจากความแตกต่างด้านตัวแปรของยานพาหนะให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Uniform) ดังแสดงในสมการ (15) ดังนี้

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T\left(E_T - 1\right) + P_R\left(E_R - 1\right)} \tag{15}$$

f_{HV} = ค่าปรับแก้เนื่องจากปริมาณรถบรรทุกในกระแสจราจร heavy vehicles adjustment factor

P_T = สัดส่วนรถบรรทุกหนัก(เปอร์เซ็นต์) proportion of heavy vehicle (truck and bus) in traffic stream

E_T = ค่าปรับแก้รถบรรทุกเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent (PCE) of heavy vehicle(truck and bus) in traffic stream

P_R = สัดส่วนรถบ้าน (เปอร์เซ็นต์) proportion of Recreational vehicle(RVs) in traffic stream

E_R = ค่าปรับแก้รถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent (PCE) of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream

ค่าปรับแก้รถบรรทุกและรถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล passenger car equivalent (PCE) of heavy vehicle (truck and bus) and Recreational vehicle (RVs) in traffic stream แบ่งออกตามลักษณะภูมิประเทศต่างๆ ในสภาพโดยทั่วไปที่มีความลาดไม่เกิน 2 - 3 % ในระยะทางไม่เกิน 0.50 ไมล์ (0.80 กิโลเมตร) หรือความลาดชันมากกว่า 3 % และที่มีความยาวทางลาดไม่เกิน 0.25 ไมล์ (0.40 กิโลเมตร) ซึ่งจะใช้ค่า ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก กรณีทั่วไป General case

ประเภทยานพาหนะ Type of vehicle	ค่าปรับแก้ตามลักษณะพื้นที่ PCE by Type of Terrain		
	ทางราบ Level	ทางเนิน Rolling	ทางภูเขา Mountainous
รถบรรทุกหนัก/รถโดยสาร heavy vehicle(truck and bus) , E_T	1.5	2.5	4.5
รถบ้าน Recreational vehicle (RVs), E_R	1.2	2.0	4.0

- **กรณีทางขึ้นเขา (Upgrade)**

ความลาดชัน 2 % - 3 % ที่มีความยาวทางลาด ตั้งแต่ 0.50 ไมล์ (0.80 กิโลเมตร) ขึ้นไป หรือความลาดชันมากกว่า 3 % ที่มีความยาวทางลาดตั้งแต่ 0.25 ไมล์ (0.40 กิโลเมตร) ขึ้นไป จะต้องพิจารณาพิเศษโดยมีค่าปรับแก้รถบรรทุกและรถบ้านเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล จะแปรผันตาม ความลาดชันและความยาวทางลาดชัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเร็วในกระแสจราจรโดยตรง ดังแสดงใน ตารางที่ 23 กรณี รถบรรทุกหนัก/ รถโดยสาร และ ตารางที่ 2.24 สำหรับกรณี รถบ้าน ซึ่งในประเทศไทยจะพบได้ไม่บ่อยนัก

ตารางที่ 23 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก กรณีทางขึ้นเขา

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	สัดส่วนรถบรรทุกหนัก(เปอร์เซ็นต์) Proportion of heavy vehicle (truck and bus) in traffic stream								
		2 %	4 %	5 %	6 %	8 %	10 %	15 %	20 %	25 %
g<2%	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
2%<g<3%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.25 < L < 0.50 (0.40 km – 0.80 km)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.50 < L < 0.75 (0.80 km – 1.20 km)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.75 < L < 1.00 (1.20 km – 1.61 km)	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	1.00 < L < 1.50 (1.61 km – 2.41 km)	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	L > 1.50 (> 2.41 km)	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3%<g<4%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.25 < L < 0.50 (0.40 km – 0.80 km)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	0.50 < L < 0.75 (0.80 km – 1.20 km)	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	0.75 < L < 1.00 (1.20 km – 1.61 km)	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	1.00 < L < 1.50 (1.61 km – 2.41 km)	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	L > 1.50 (> 2.41 km)	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
4%<g<5%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.25 < L < 0.50 (0.40 km – 0.80 km)	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	0.50 < L < 0.75 (0.80 km – 1.20 km)	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	0.75 < L < 1.00 (1.20 km – 1.61 km)	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	L > 1.00 (> 1.61 km)	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
5%<g<6%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.25 < L < 0.30 (0.40 km – 0.48 km)	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	0.30 < L < 0.50 (0.48 km – 1.80 km)	4.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	0.50 < L < 0.75 (0.80 km – 1.20 km)	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	0.75 < L < 1.00 (1.20 km – 1.61 km)	5.5	5.0	4.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	L > 1.00 (> 1.61 km)	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
g>6%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	0.25 < L < 0.30 (0.40 km – 0.48 km)	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	0.30 < L < 0.50 (0.48 km – 1.80 km)	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	0.50 < L < 0.75 (0.80 km – 1.20 km)	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	0.75 < L < 1.00 (1.20 km – 1.61 km)	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	L > 1.00 (> 1.61 km)	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

ตารางที่ 24 ค่า E_R รถบ้าน กรณีทางขึ้นเขา

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Upgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	สัดส่วนรถบ้าน(เปอร์เซ็นต์) Proportion of Recreational vehicle (RVs) in traffic stream								
		2 %	4 %	5 %	6 %	8 %	10 %	15 %	20 %	25 %
g<2%	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
2%<g<3%	0.00 < L < 0.50 (0.00 km – 0.80 km)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	L > 0.50 (>0.80 km)	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
3%<g<4%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	0.25 < L < 0.50 (0.40 km – 0.80 km)	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	L > 0.50 (>0.80 km)	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
4%<g<5%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.25 < L < 0.50 (0.40 km – 0.80 km)	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	L > 0.50 (>0.80 km)	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
g>5%	0.00 < L < 0.25 (0.00 km – 0.40 km)	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
	0.25 < L < 0.30 (0.40 km – 0.48 km)	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	L > 0.50 (>0.80 km)	6.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0

หมาเหตุ ให้ปรับค่าที่ได้เทียบกับตารางทศนิยม 1 ตำแหน่ง Interpolation to the nearest 0.1 is recommended

- **กรณีทางลงเขา (Down grade case)**

พิจารณาเนื่องจากทางลาดลงที่ต่อเนื่องยาวมาก จำเป็นต้องพิจารณาเป็นกรณีทางลงเขาเป็นพิเศษ โดยเฉพาะทางลาดลงที่มีความลาดชันตั้งแต่ 4 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป หรือมีความยาวความลาดชันตั้งแต่ 4000 ฟุต (1,219.2 เมตร) ขึ้นไป ดังแสดงในตาราง 25

ตารางที่ 25 ค่า E_T รถบรรทุกหนัก กรณีทางลงเขา

ค่าความลาดชัน (g%) Percent Downgrade (g%)	ความยาวความลาดชัน Length of Grade	สัดส่วนรถบรรทุกหนัก(เปอร์เซ็นต์) proportion of heavy vehicle(truck and bus) in traffic stream			
		5 %	10 %	15 %	20 %
g< 4%	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4%<g<5%	≤ 4 mi (6,437 m.)	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 4 mi (6,437 m.)	2.0	2.0	2.0	1.5
5%<g<6%	≤ 4 mi (6,437 m.)	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 4 mi (6,437 m.)	5.5	4.0	4.0	3.0
g>6%	≤ 4 mi (6,437 m.)	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 4 mi (6,437 m.)	7.5	6.0	5.5	4.5

สำหรับกรณีรถบ้าน Recreational vehicle (RVs) ค่า E_R = 1.2 ในทุกๆ กรณี

ค่าปรับแก้เนื่องจากความคุ้นเคยในเส้นทาง (Adjustment factor for atypical driver population factor)

เป็นค่าปรับแก้จากพฤติกรรมการรับรู้และตอบสนองของผู้ขับขี่กับสภาพเส้นทาง โดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 0.85 – 1.00 โดยหากมีความคุ้นเคยกับเส้นทางอย่างมากจะมีค่าเท่ากับ 1.00 และถ้าไม่มีความคุ้นเคยกับเส้นทางจะมีค่าเท่ากับ 0.85 ในการศึกษานี้ได้ทำการแยกกลุ่มตัวอย่าง ออกเป็น 2 กลุ่มคือ Thought traffic กับ Local traffic ซึ่งจะมีความคุ้นเคยเส้นทางที่แตกต่างกัน จึงทำการประมาณค่าเฉลี่ยตามสมการที่ (16) ดังนี้

$$f_P = 0.85T + 1.00L \tag{16}$$

f_P = ค่าปรับแก้เนื่องจากความคุ้นเคยในเส้นทาง adjustment factor for atypical driver population

T = สัดส่วนของการเดินทางผ่านพื้นที่ Percent Through traffic

L = สัดส่วนของการเดินทางภายในพื้นที่ Percent Local traffic

ระดับการให้บริการ Level of service (LOS)

การวิเคราะห์ระดับการให้บริการ Level of Service (LOS) ใน Highway Capacity Manual 2010 พิจารณาจากปัจจัยความจุของถนน (Capacity) ความหนาแน่นจราจร(Density) และความเร็วอิสระ(Free flow speed) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในด้านจราจร ตามสมการที่ (17) ดังนี้

$$D_S = \frac{v_P}{FFS} \tag{17}$$

D_S = ความหนาแน่นจราจร Traffic Density

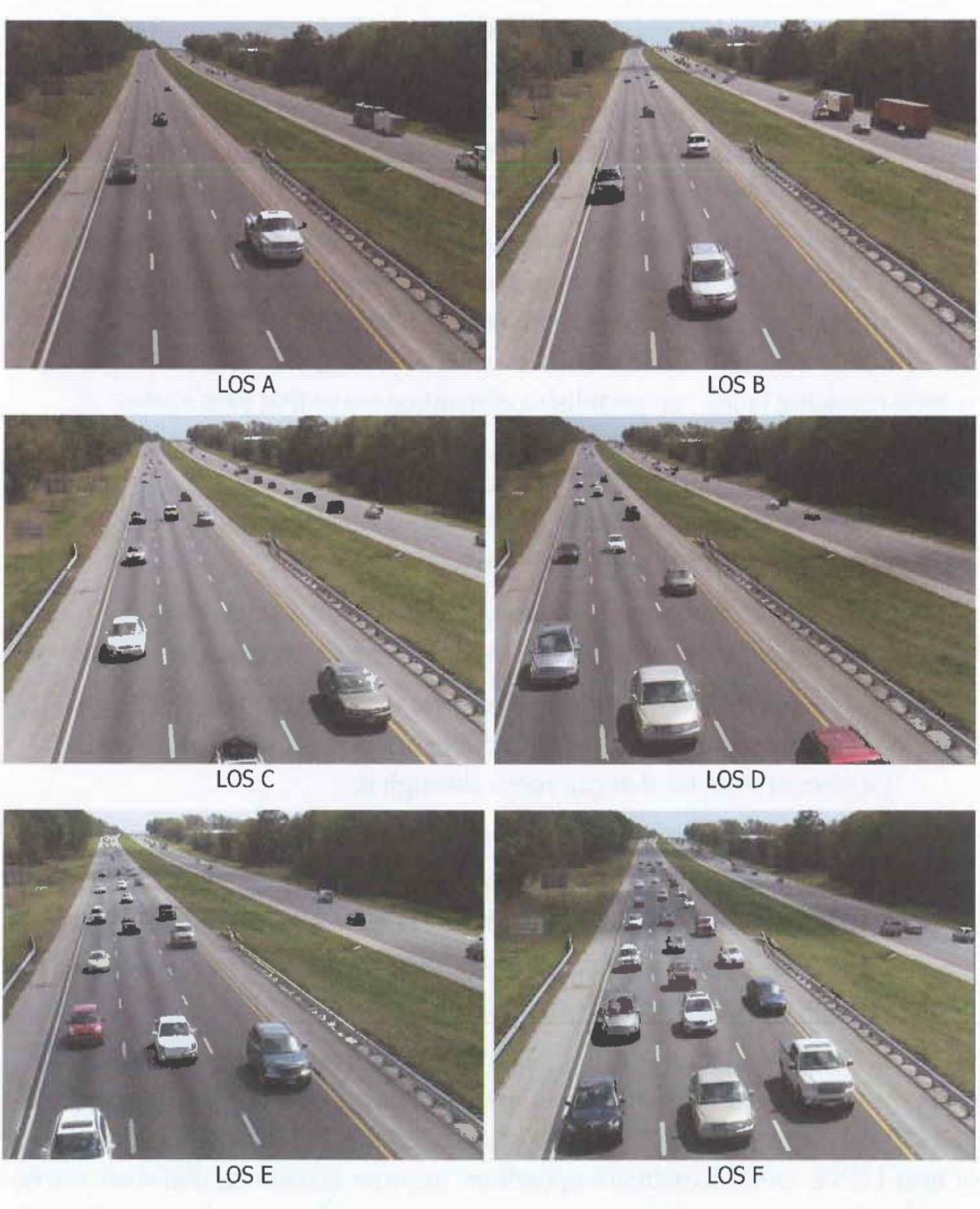
v_p = อัตราการไหลการจราจร Flow rate

FFS = ความเร็วอิสระ Free flow speed

สำหรับระดับการให้บริการ แบ่งออกได้ 6 ระดับ คือ

1) LOS A คือสภาพจราจรที่มีการไหลอิสระ ไม่มีผลกระทบจากรถยนต์คันด้านหน้า ที่ส่งผลกระทบต่อความเร็ว
2) LOS B คือสภาพจราจรที่การไหลอิสระ อาจมีผลกระทบจากรถยนต์คันด้านหน้า ที่ส่งผลกระทบต่อความเร็วบ้างเล็กน้อย
3) LOS C คือสภาพจราจรที่การไหลอิสระ ได้รับผลกระทบจากรถยนต์คันด้านหน้า ที่ส่งผลกระทบต่อความเร็ว ส่งผลให้อัตราการไหลชะลอตัว
4) LOS D คือสภาพจราจรที่การไหลอิสระ ได้ผลกระทบจากรถยนต์คันด้านหน้า ที่ส่งผลกระทบต่อความเร็ว ไม่สามารถความเพิ่มความเร็วได้ ส่งผลให้อัตราการไหลชะลอตัว
5) LOS E คือสภาพจราจรที่การไหลอิสระมีลักษณะ เริ่มจะติดขัด มีอัตราการไหลการจราจรที่ชะลอตัว จากผลกระทบจากความเร็วของรถยนต์คันหน้าอย่างมาก
6) LOS F คือสภาพจราจรที่การไหลอิสระมีลักษณะติดขัด(JAM) การอัตราการไหลการจราจรต่ำหรือไม่มีอัตราการไหลจราจร หรือเกินความจุ(Capacity) ที่ถนนจะรองรับได้

ดังแสงดในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะการแบ่งระดับการให้บริการ ทางหลวงหลายช่องจราจร

Level of Service of Multilane Highways ของ Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010)

สำหรับการวิเคราะห์ระดับให้บริการโดยวิธี ของ Highway Capacity Manual 2010,HCM2010 กรณีถนนที่มีจำนวนหลายช่องจราจร (Multi-lane) จะพิจารณาจาก ความหนาแน่นของจราจร (Traffic density) กับความเร็วอิสระของกระแสจราจร (Free flow speed) รวมทั้งความจุของถนน(Capacity) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 26

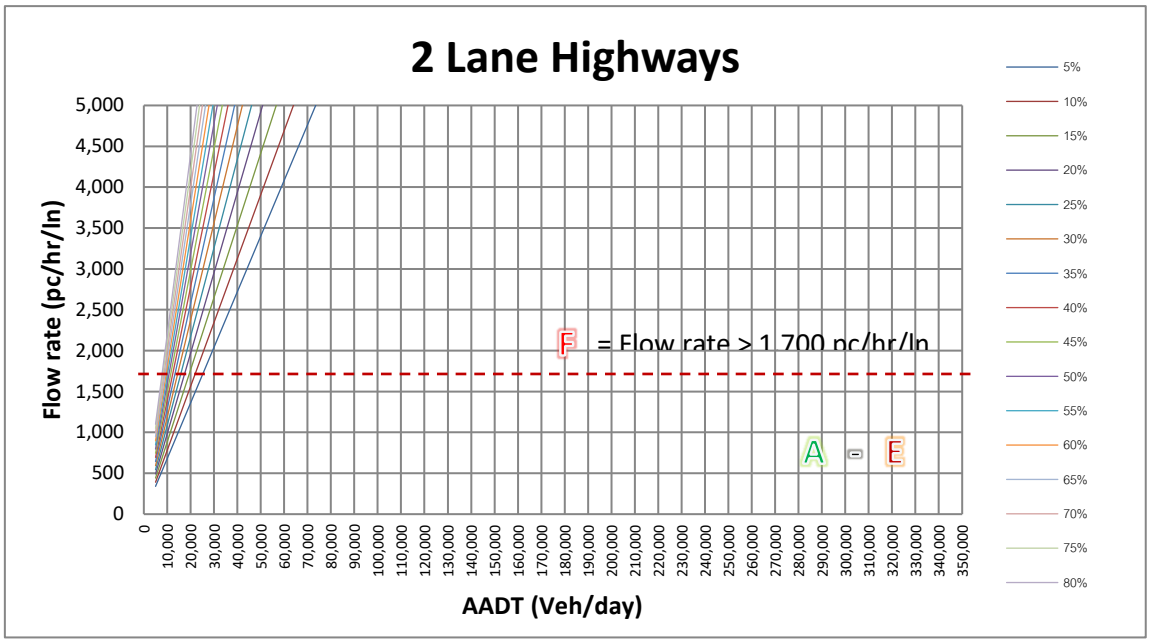
ตารางที่ 26 ระดับให้บริการ Level of service

ระดับให้บริการ Level of service (LOS)	ความเร็วอิสระ(ไมล์/ชั่วโมง) Free flow speed, FFS (mi/hr)	ความหนาแน่น (คันรถยนต์/ไมล์/ช่องจราจร) Density (pc/mi/ln)
A	ทุกช่วง	$D_S > 11$ (7 pc/km/ln > D_S)
B	ทุกช่วง	$11 < D_S < 18$ (7 pc/km/ln < D_S < 11 pc/km/ln)
C	ทุกช่วง	$18 < D_S < 26$ (11 pc/km/ln < D_S < 16 pc/km/ln)
D	ทุกช่วง	$26 < D_S < 35$ (16 pc/km/ln < D_S < 22 pc/km/ln)
E	60 mi/hr (96 km/hr)	$35 < D_S < 40$ (22 pc/km/ln < D_S < 25 pc/km/ln)
	55 mi/hr (88 km/hr)	$35 < D_S < 41$ (22 pc/km/ln < D_S < 26 pc/km/ln)
	50 mi/hr (80 km/hr)	$35 < D_S < 43$ (22 pc/km/ln < D_S < 27 pc/km/ln)
	45 mi/hr (72 km/hr)	$35 < D_S < 45$ (22 pc/km/ln < D_S < 28 pc/km/ln)
F	ปริมาณจราจรเกินความจุที่จะรองรับได้ Demand Exceeds Capacity	
	60 mi/hr (96 km/hr)	$D_S > 40$ (D_S > 25 pc/km/ln)
	55 mi/hr (88 km/hr)	$D_S > 40$ (D_S > 26 pc/km/ln)
	50 mi/hr (80 km/hr)	$D_S > 40$ (D_S > 27 pc/km/ln)
	45 mi/hr (72 km/hr)	$D_S > 40$ (D_S > 28 pc/km/ln)

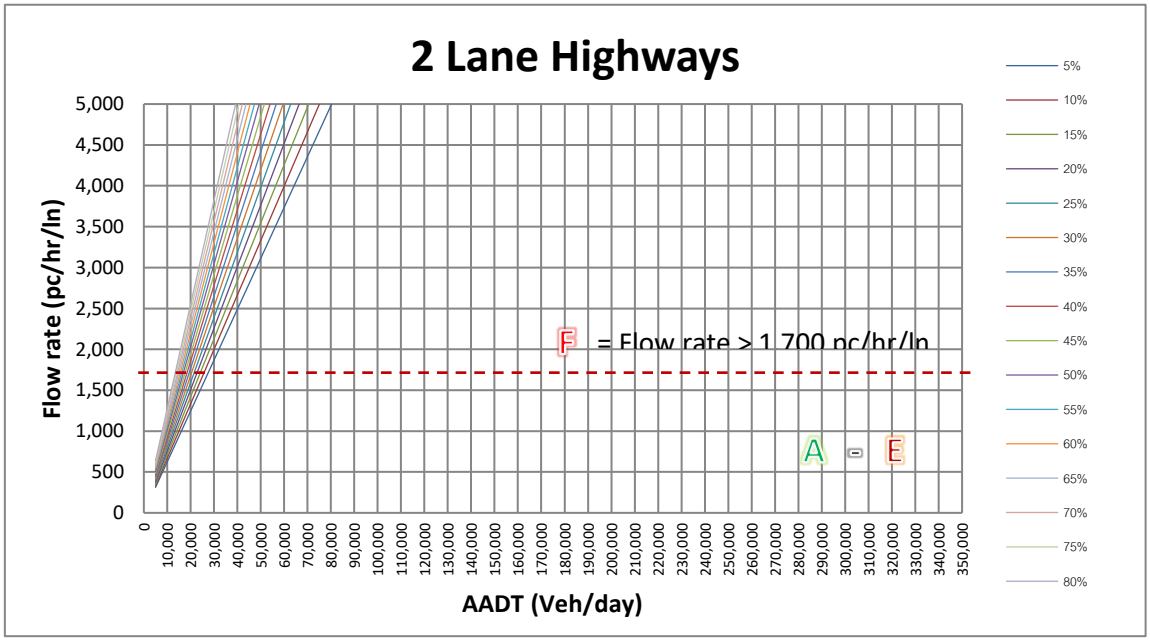
ซึ่งการวิเคราะห์ระดับให้บริการ (Level of Service) ที่ใช้ในการศึกษานี้ เพื่อเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านจราจร (Traffic Impact) ที่เกิดจากกิจกรรม ที่ส่งผลต่อปริมาณจราจร (Traffic demand) บนถนนสายหลัก รวมทั้งวิเคราะห์ผลจากมาตรการแก้ไขปัญหาจราจร บริเวณพื้นที่กิจกรรม

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าระดับการให้บริการกับปริมาณจราจร

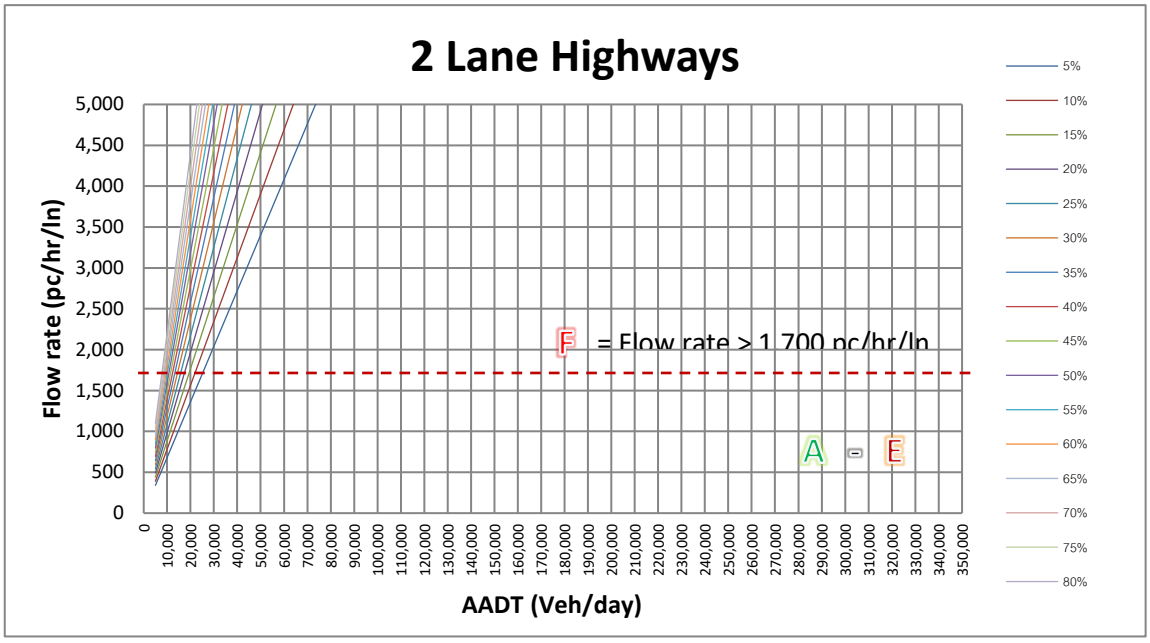
Level of Service & Traffic volume relationship chart



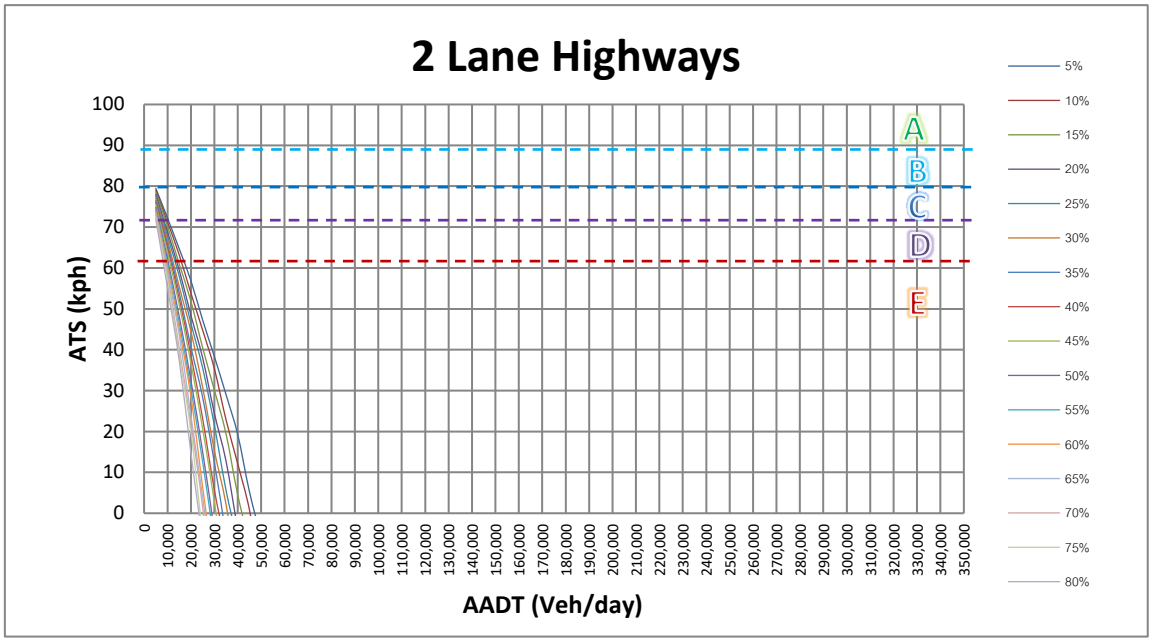
รูปที่ 8.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



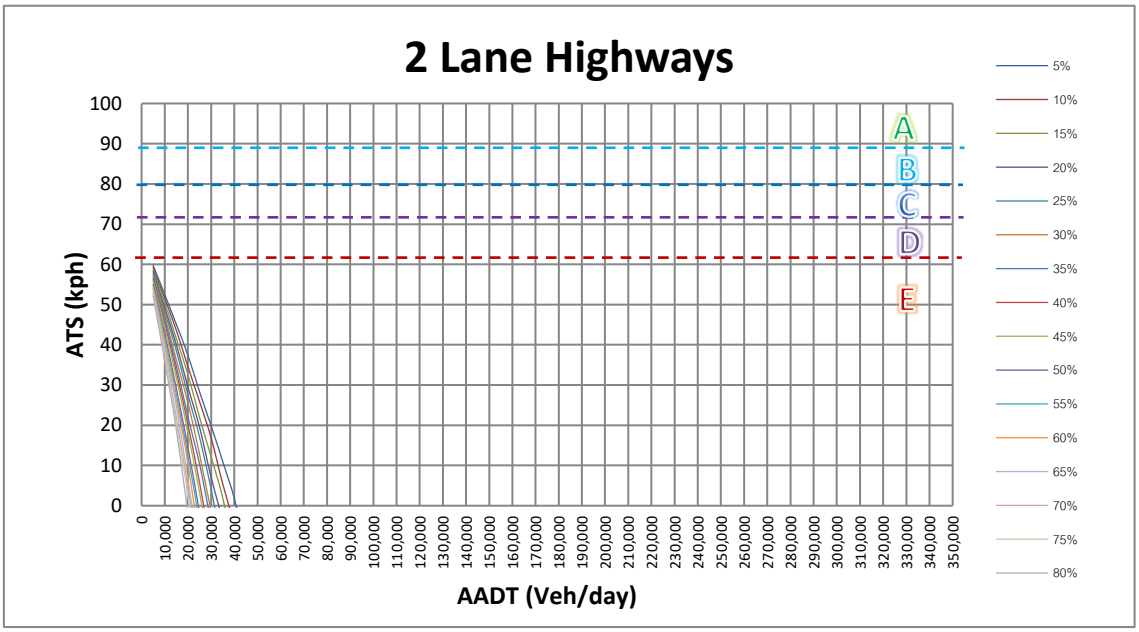
รูปที่ 8.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



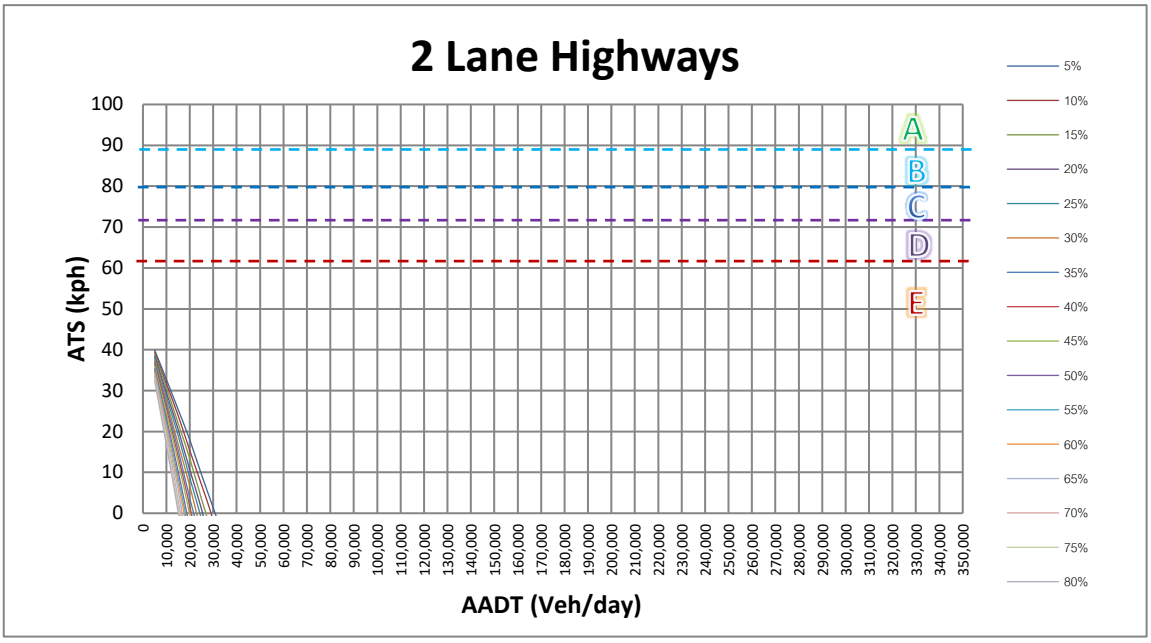
รูปที่ 8.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



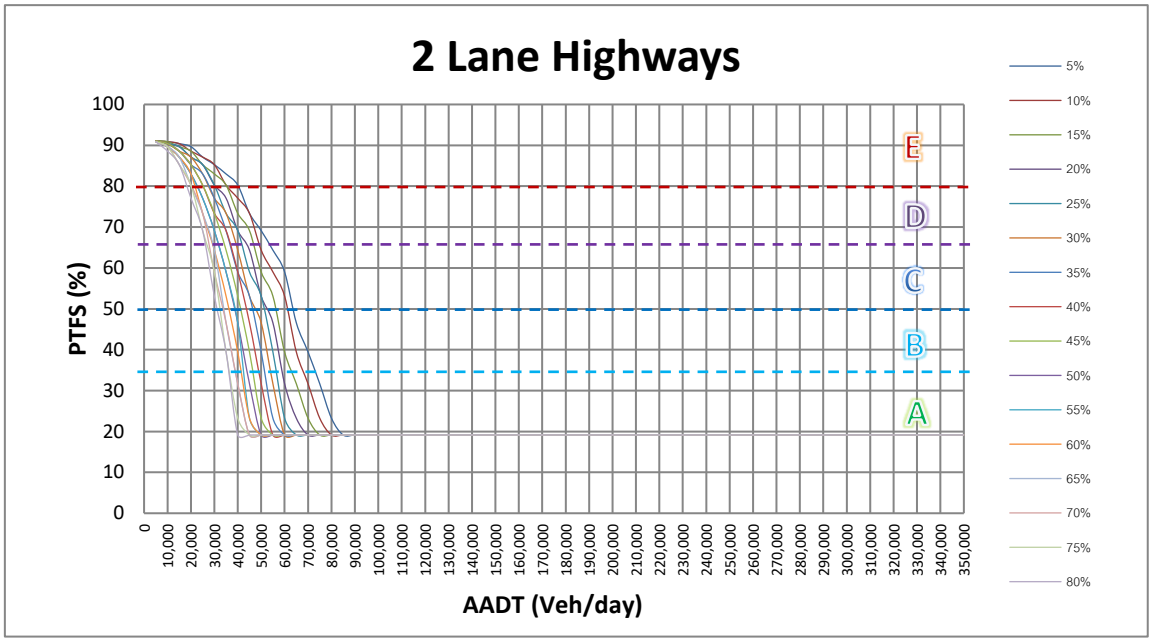
รูปที่ 8.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



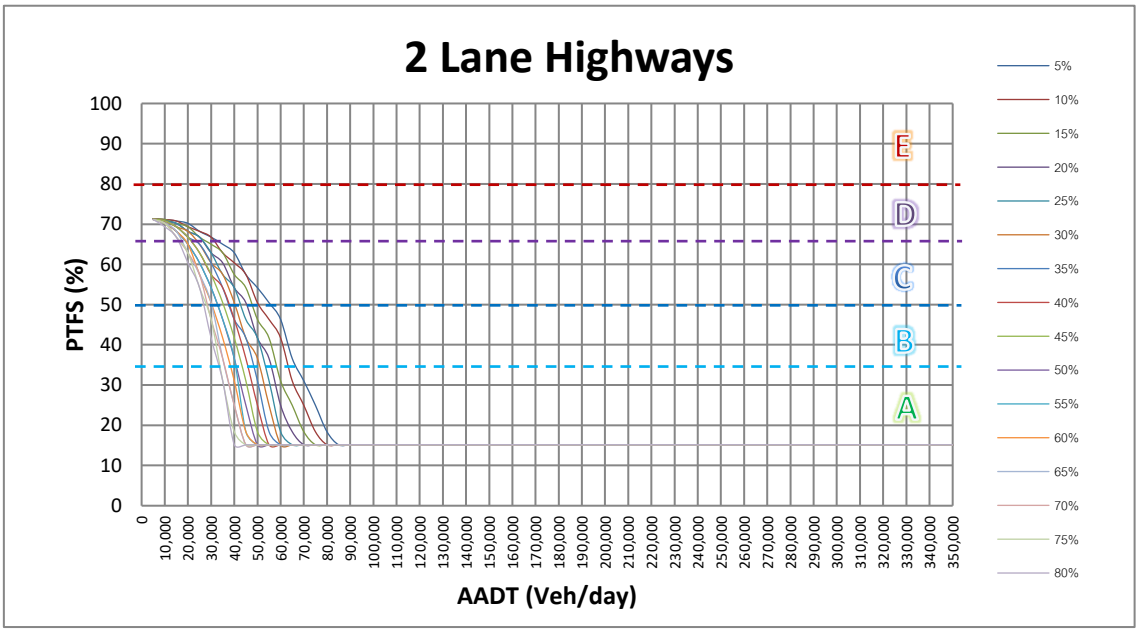
รูปที่ 8.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



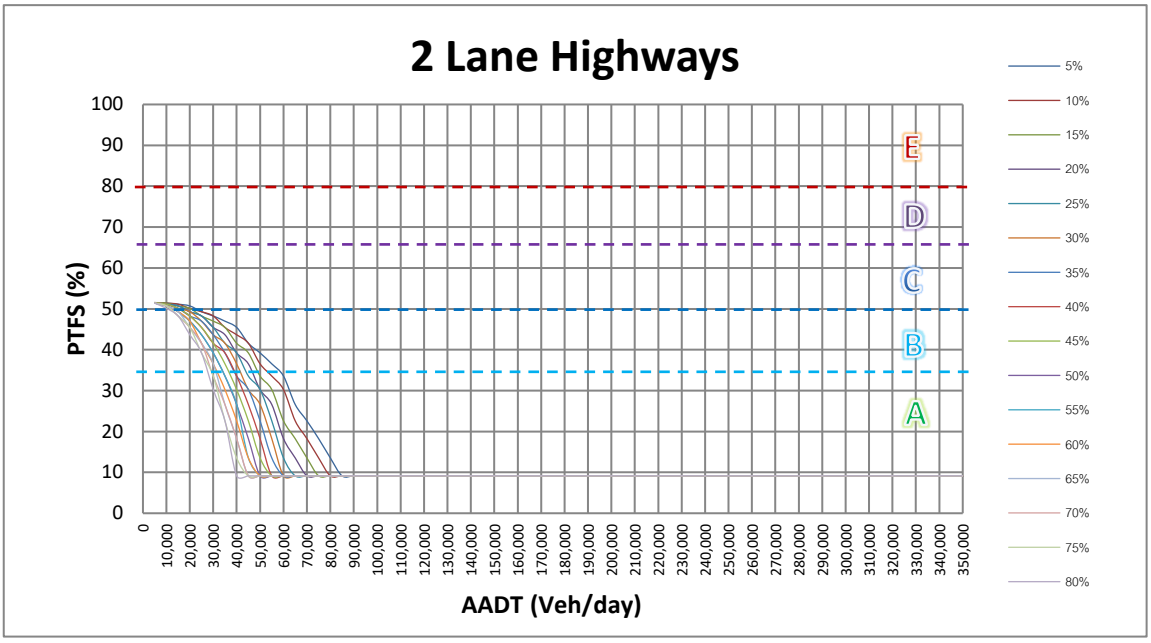
รูปที่ 8.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



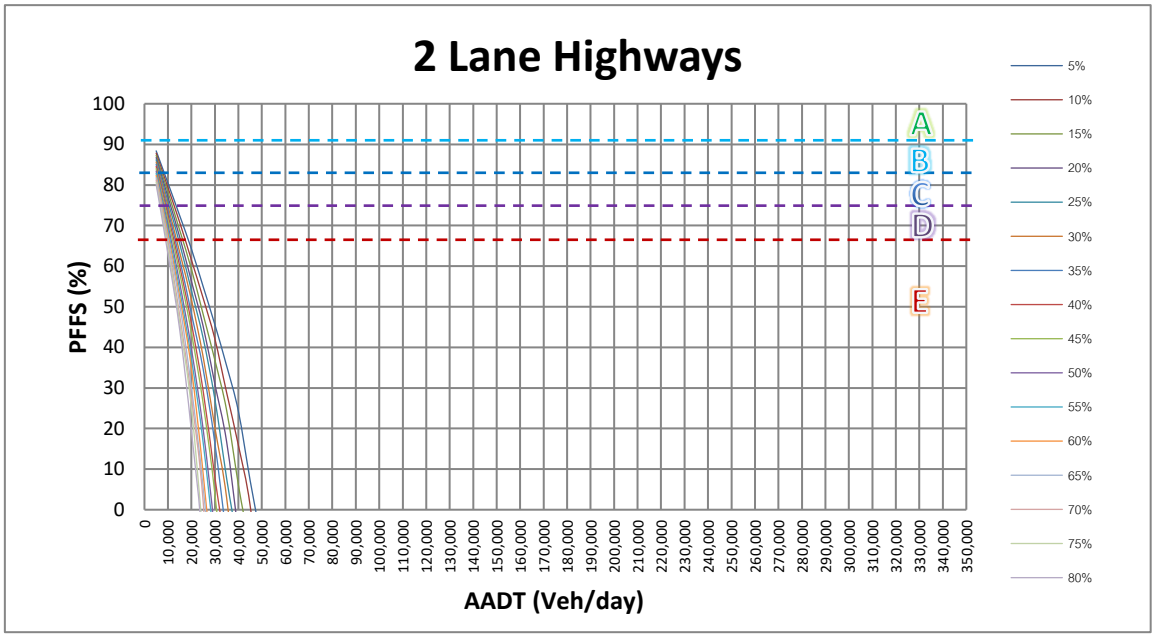
รูปที่ 8.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



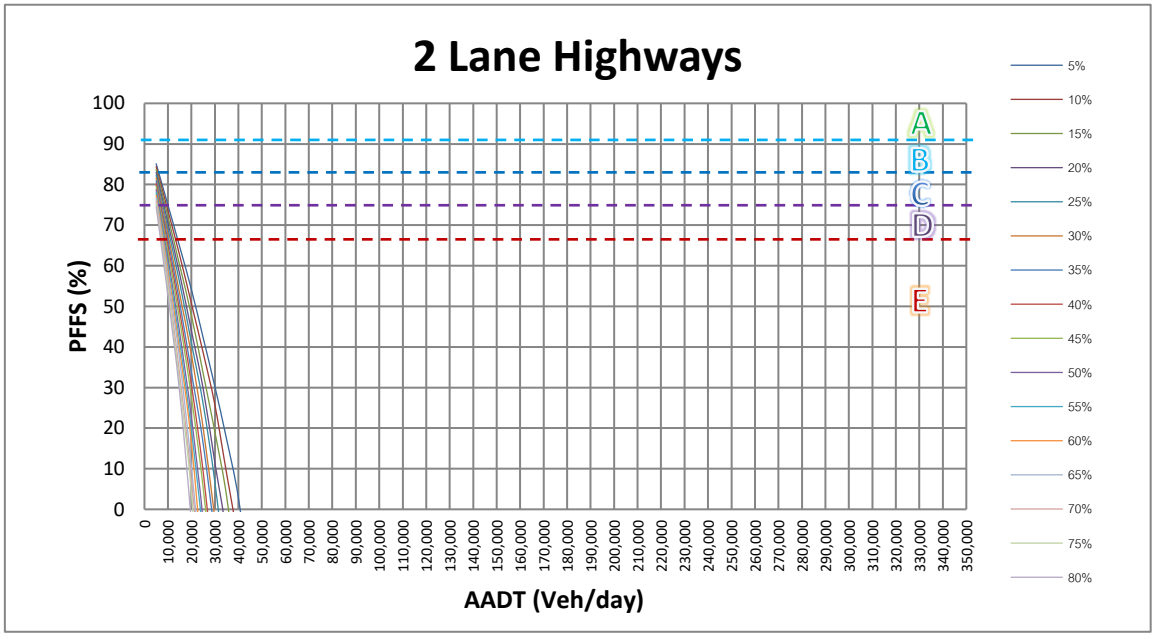
รูปที่ 8.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



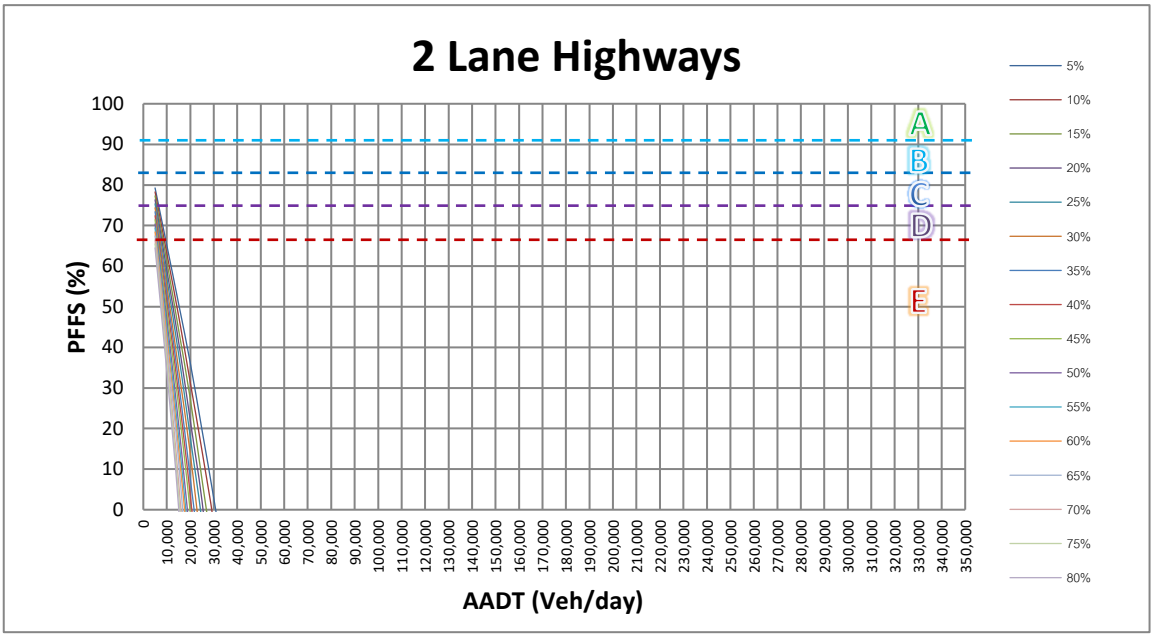
รูปที่ 8.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



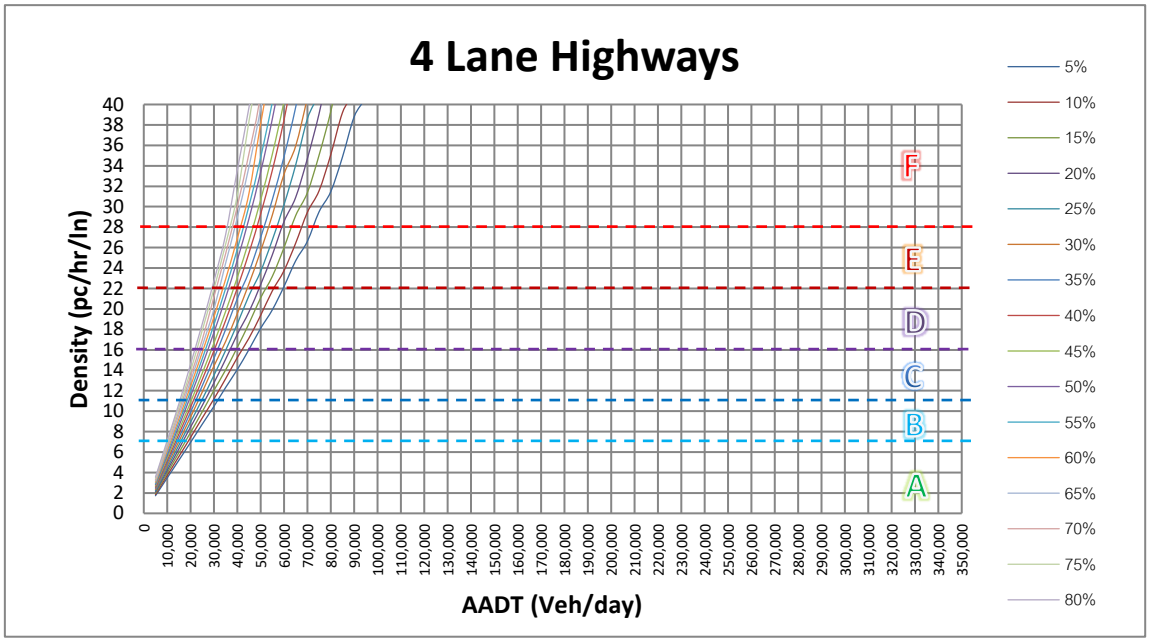
รูปที่ 8.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



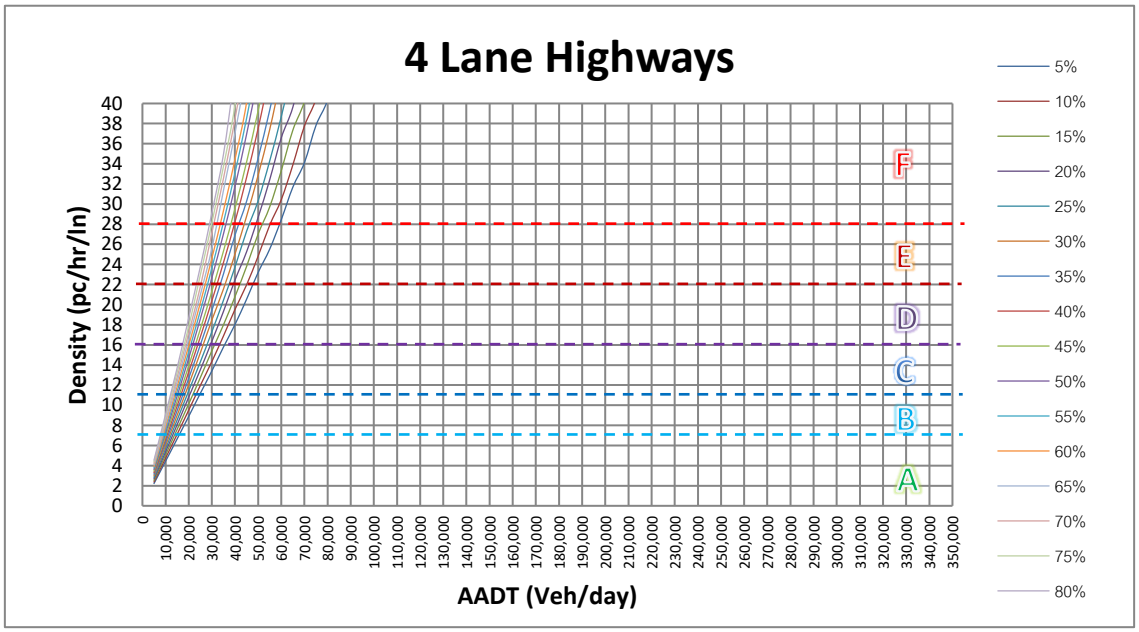
รูปที่ 8.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



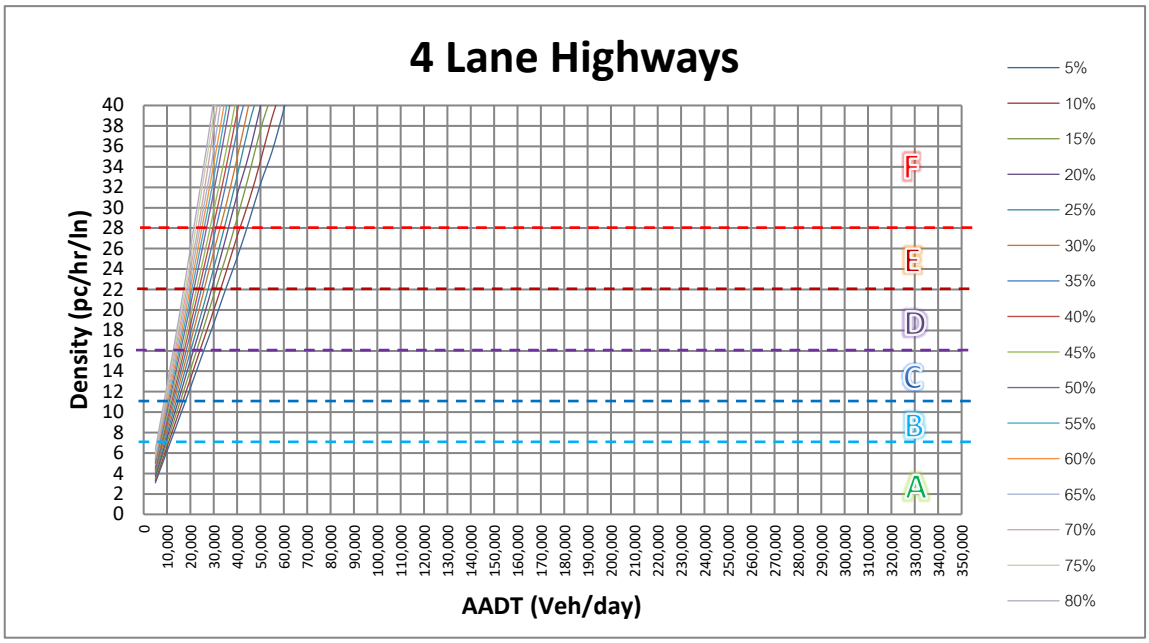
รูปที่ 8.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 2 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



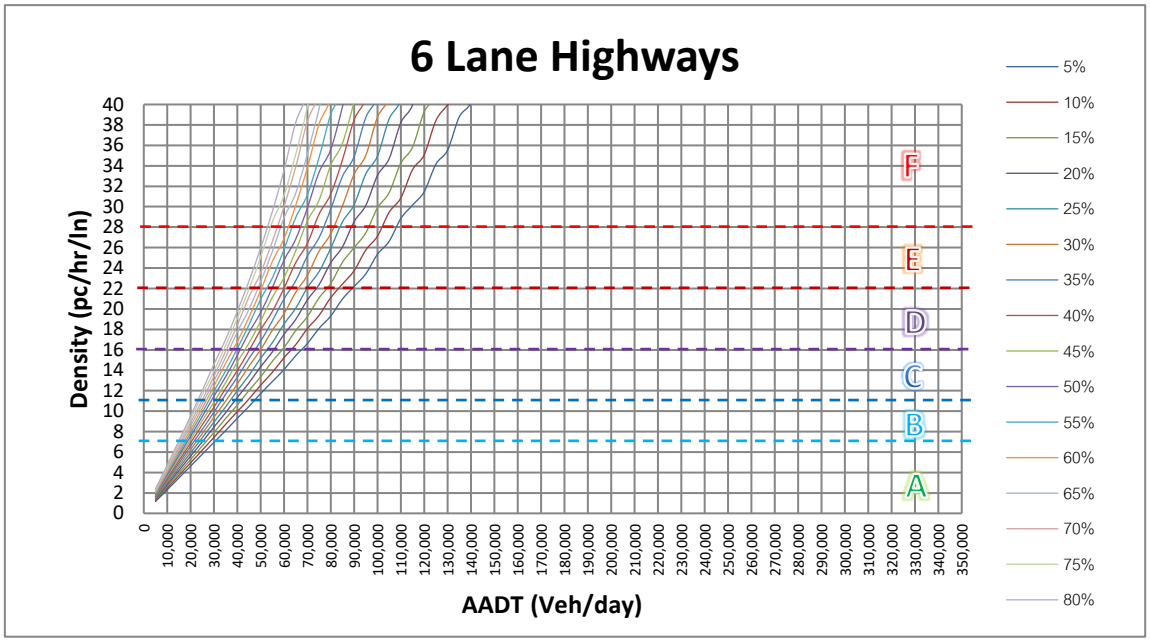
รูปที่ 8.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 4 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



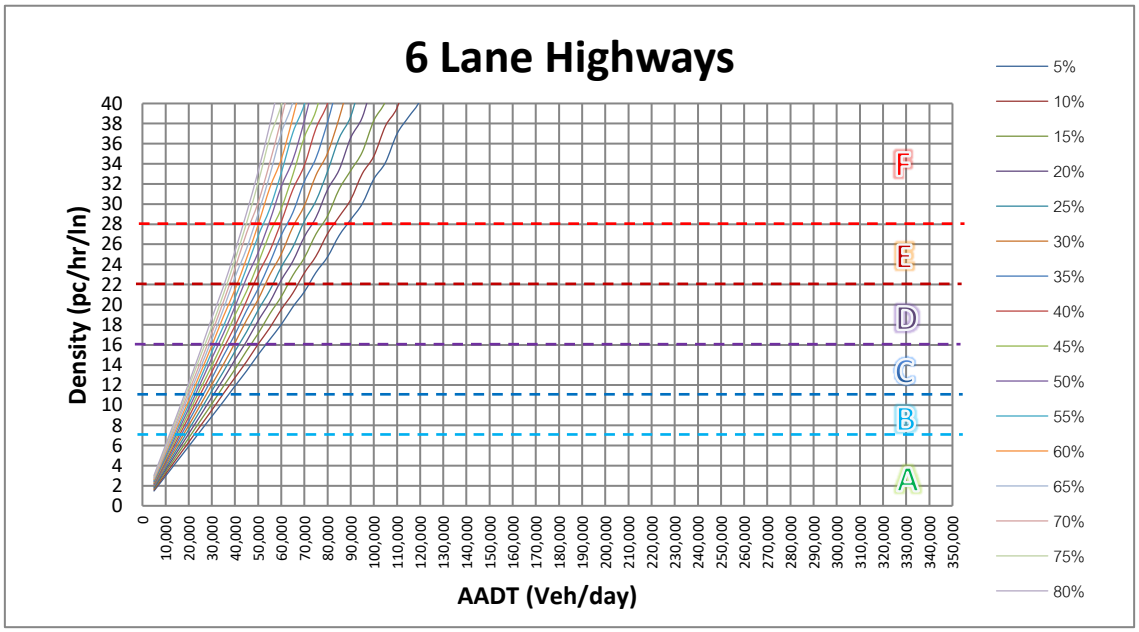
รูปที่ 8.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 4 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



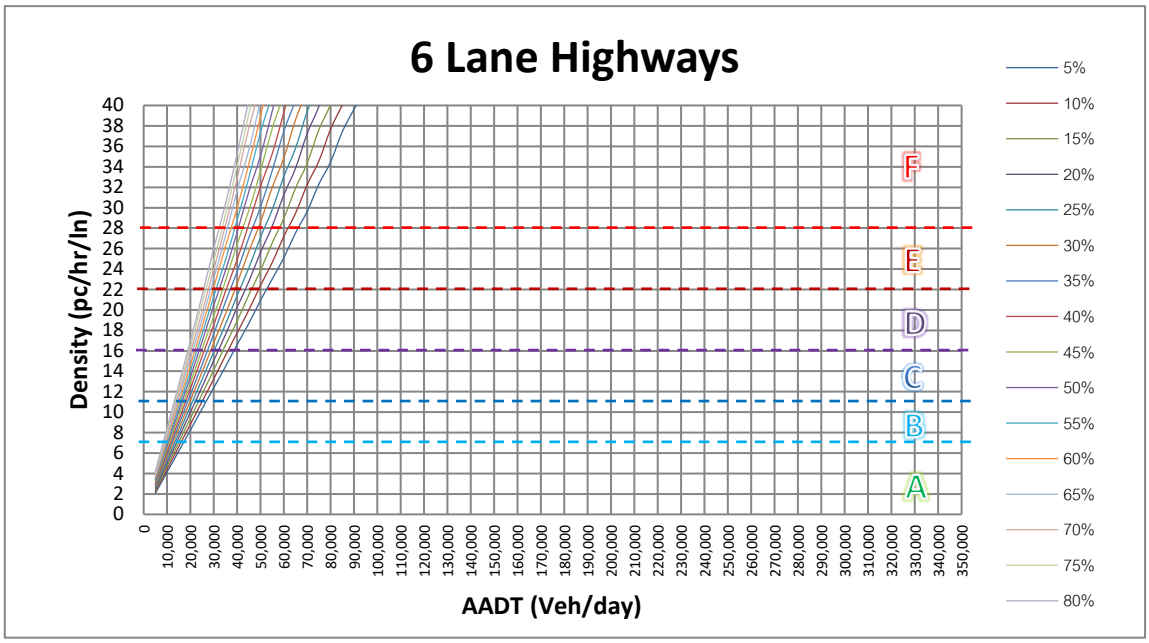
รูปที่ 8.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 4 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



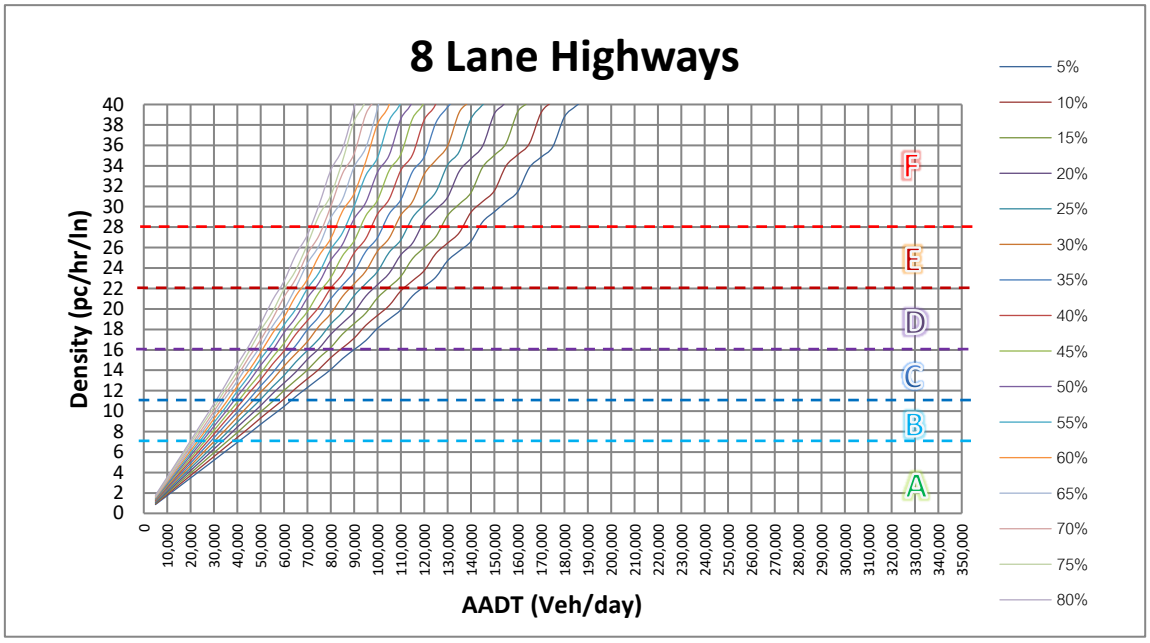
รูปที่ 8.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 6 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



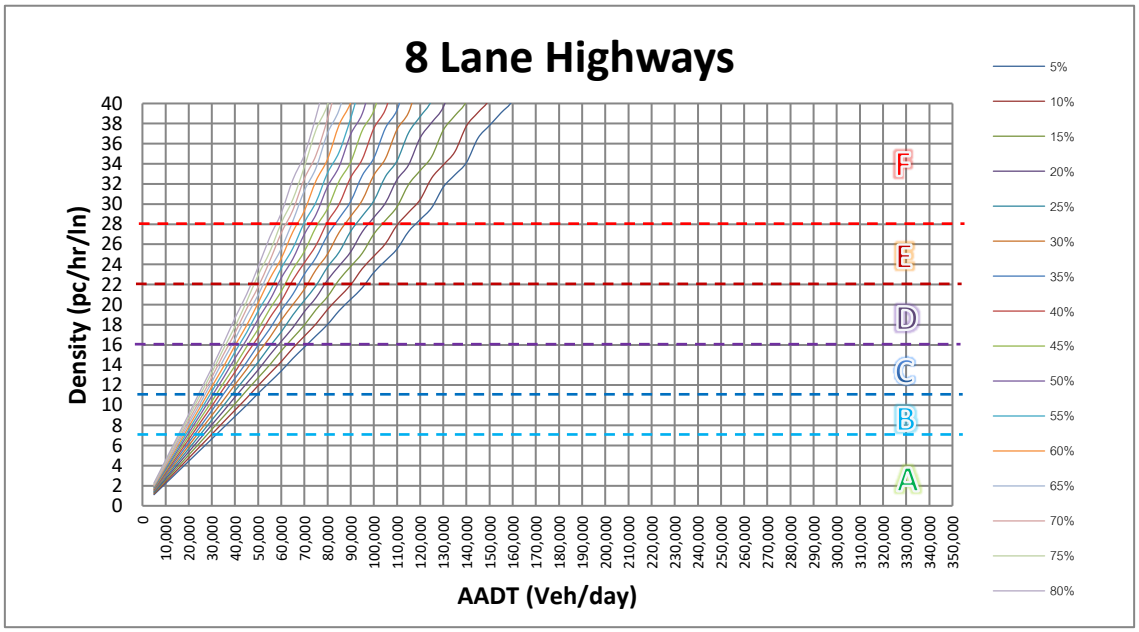
รูปที่ 8.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 6 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



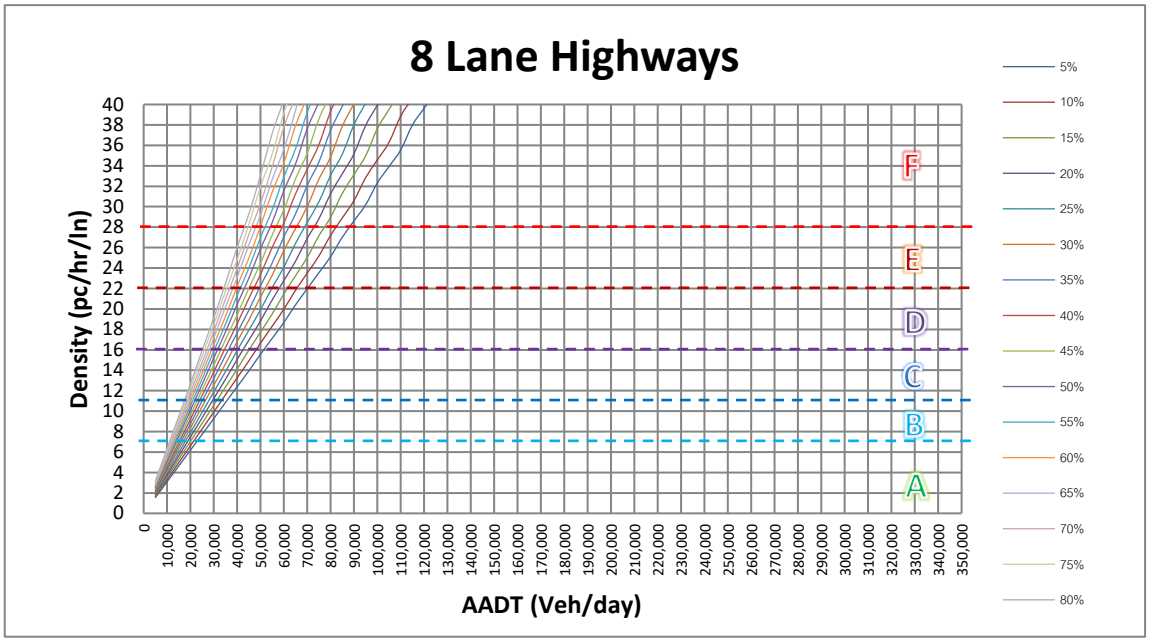
รูปที่ 8.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 6 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



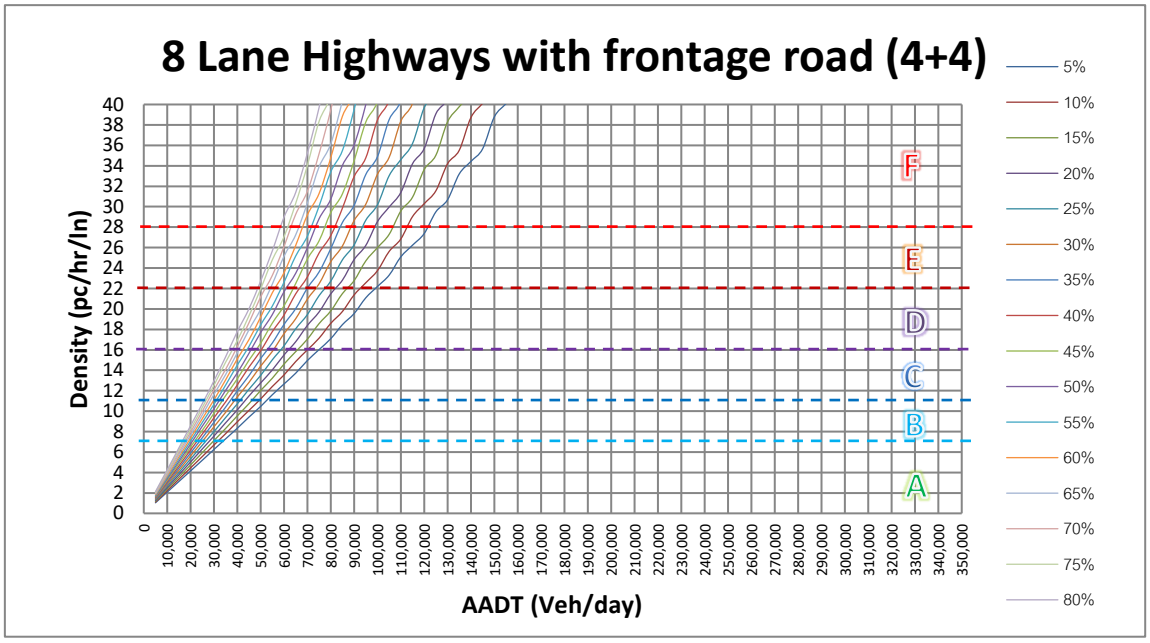
รูปที่ 8.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 8 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



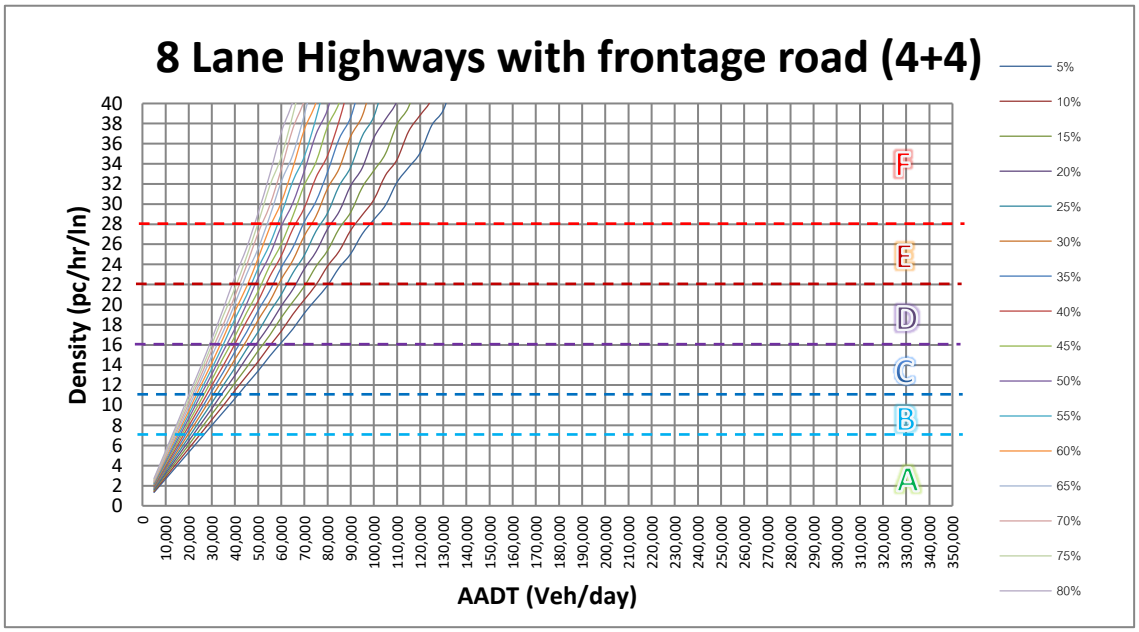
รูปที่ 8.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 8 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



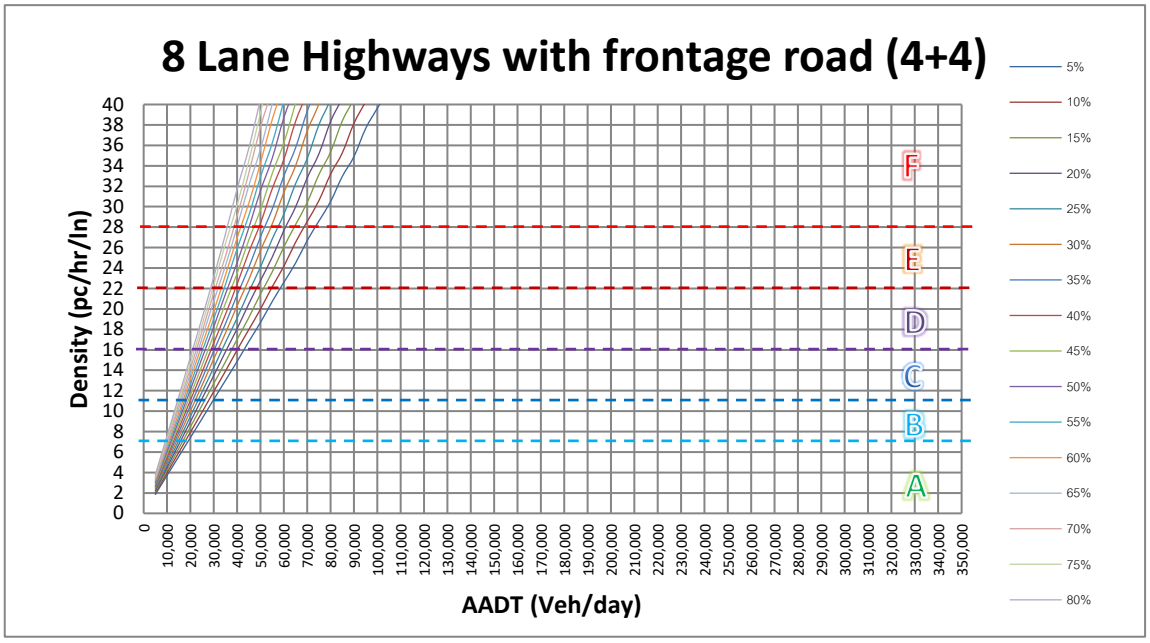
รูปที่ 8.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 8 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



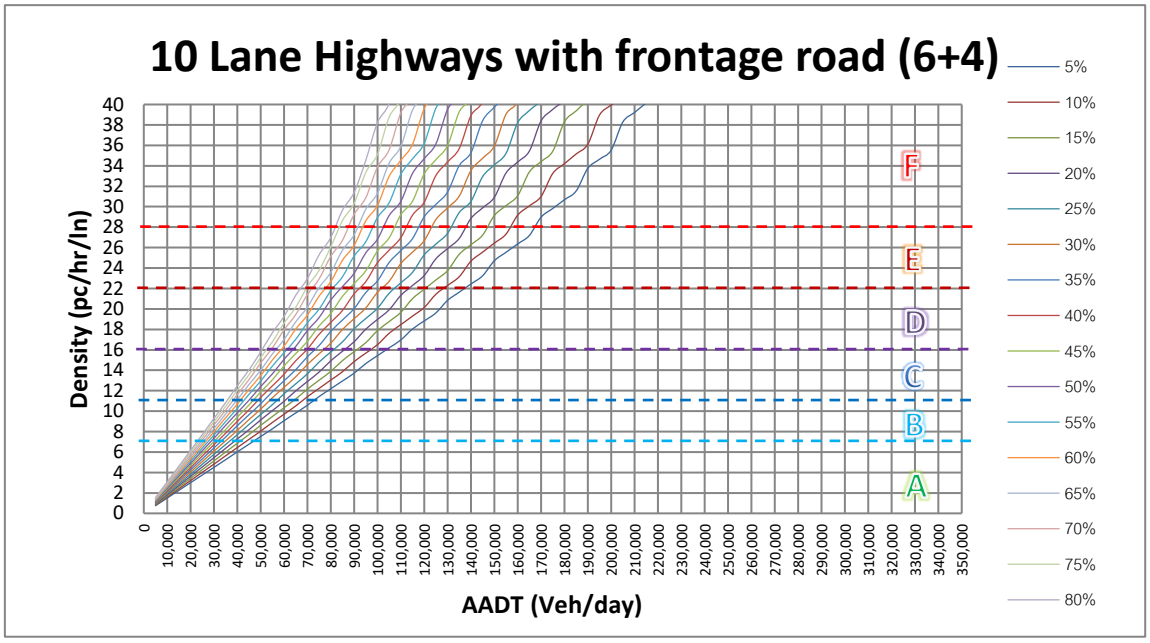
รูปที่ 8.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 8 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



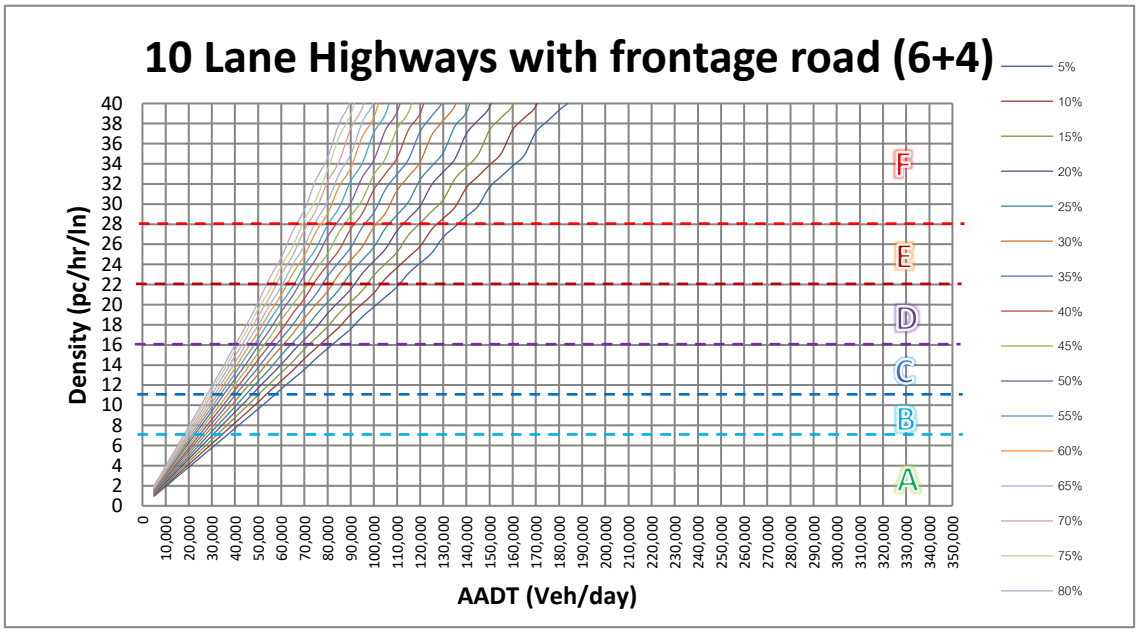
รูปที่ 8.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 8 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



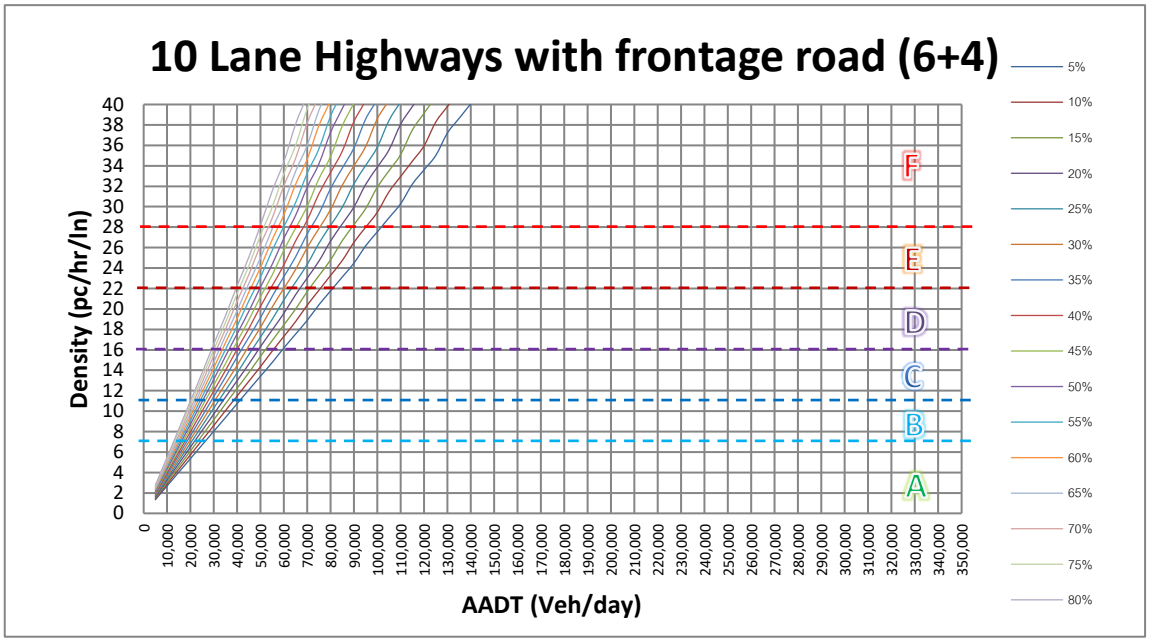
รูปที่ 8.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 8 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



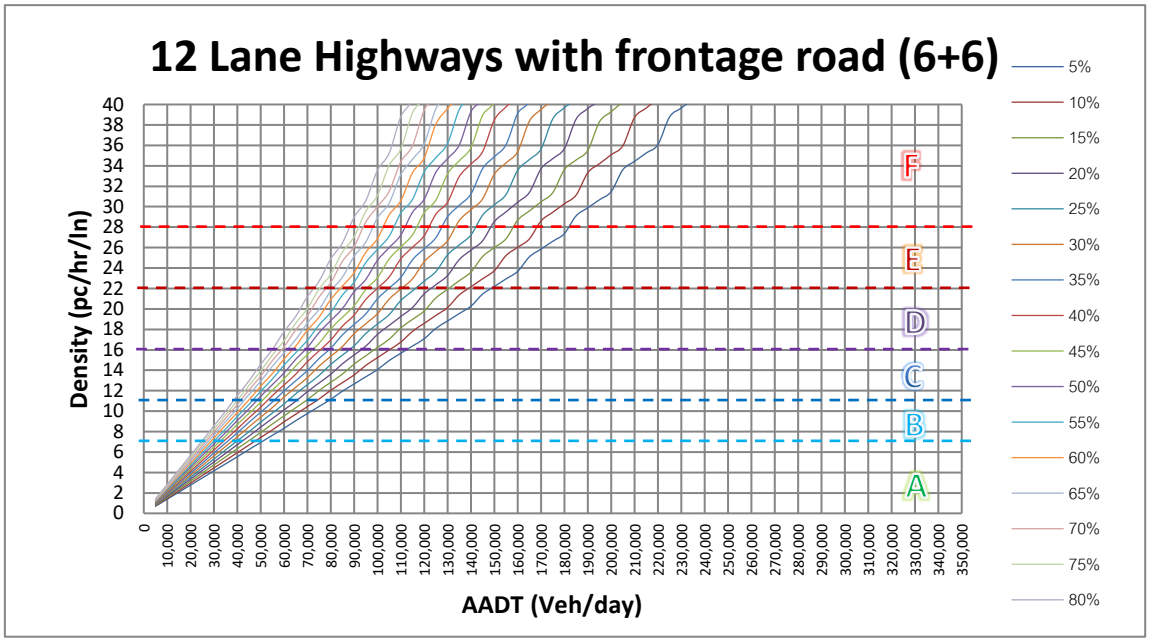
รูปที่ 8.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 10 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



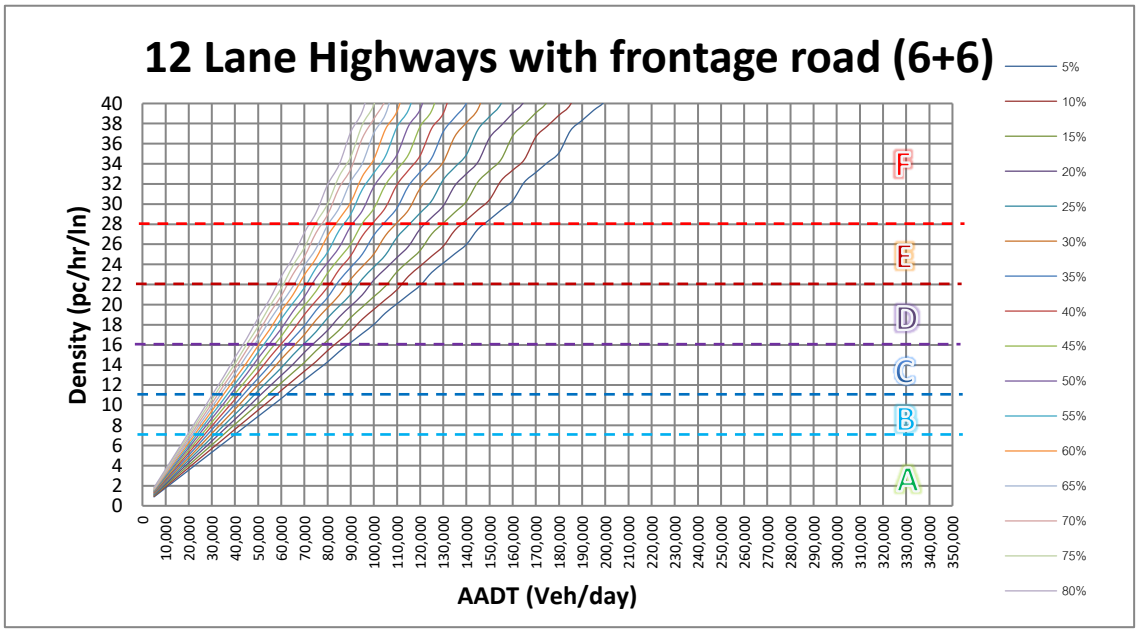
รูปที่ 8.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 10 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



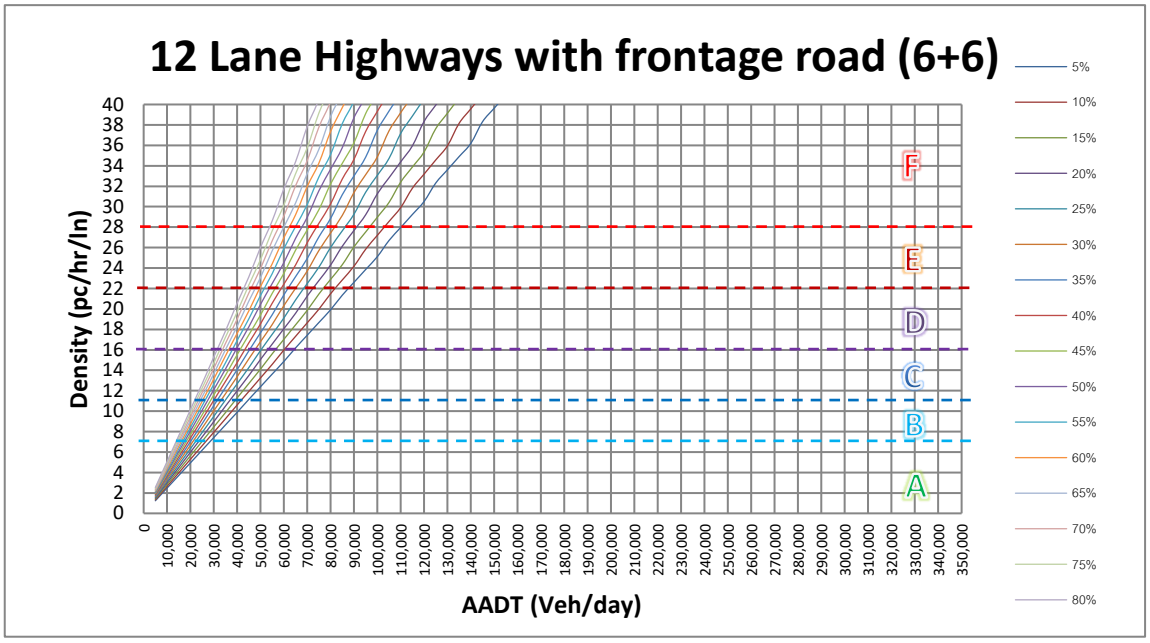
รูปที่ 8.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 10 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



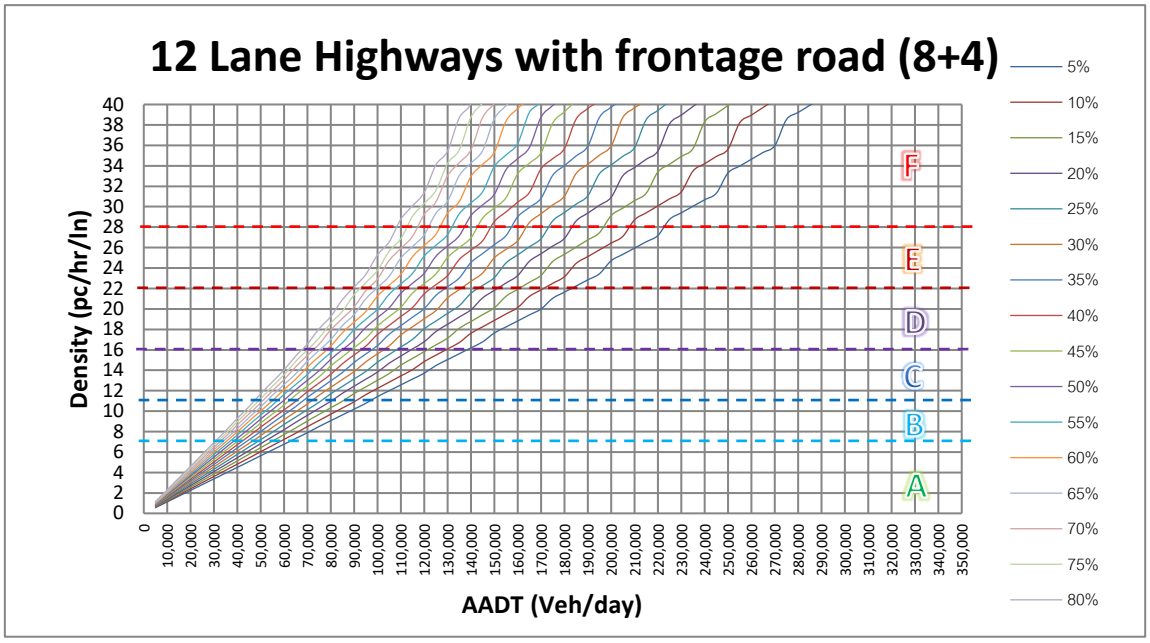
รูปที่ 8.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 12 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



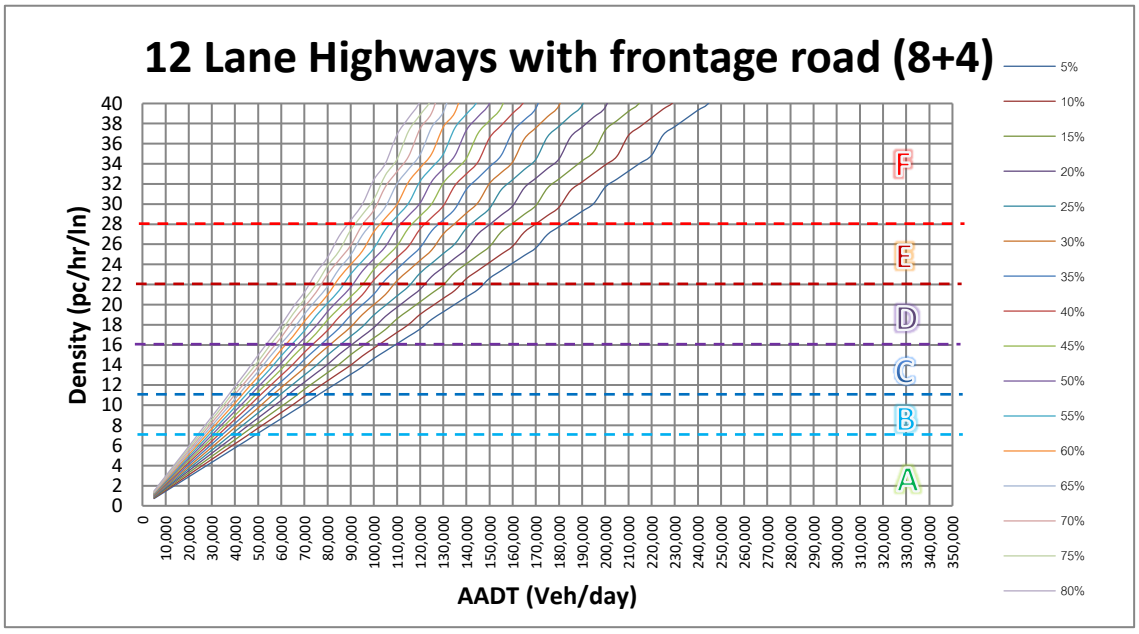
รูปที่ 8.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 12 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



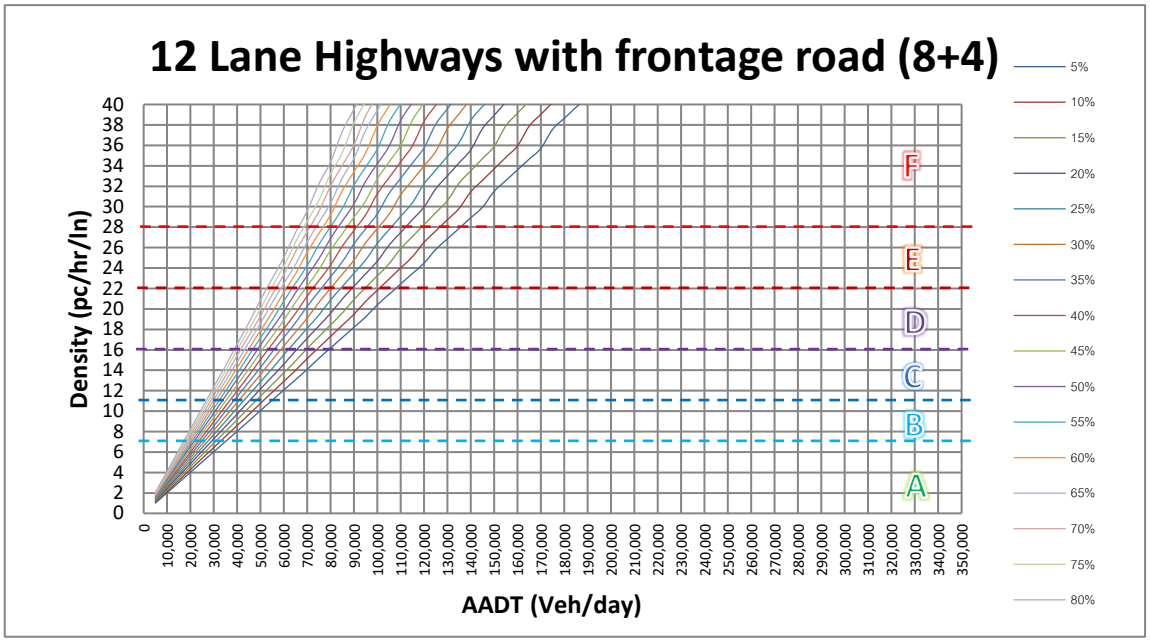
รูปที่ 8.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 12 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



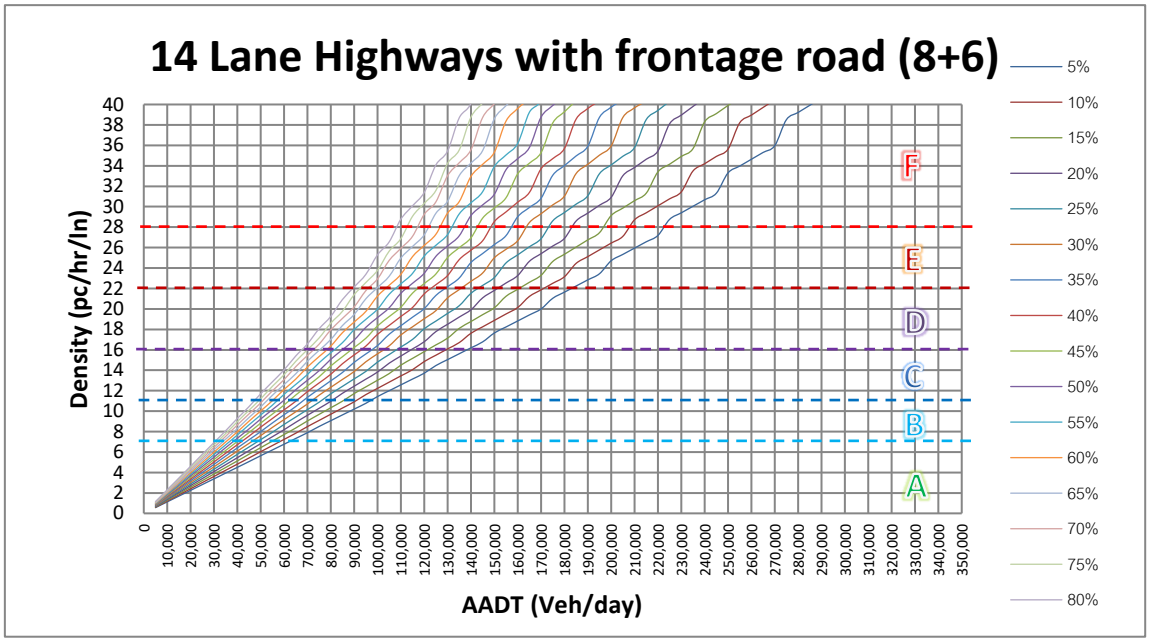
รูปที่ 8.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 12 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



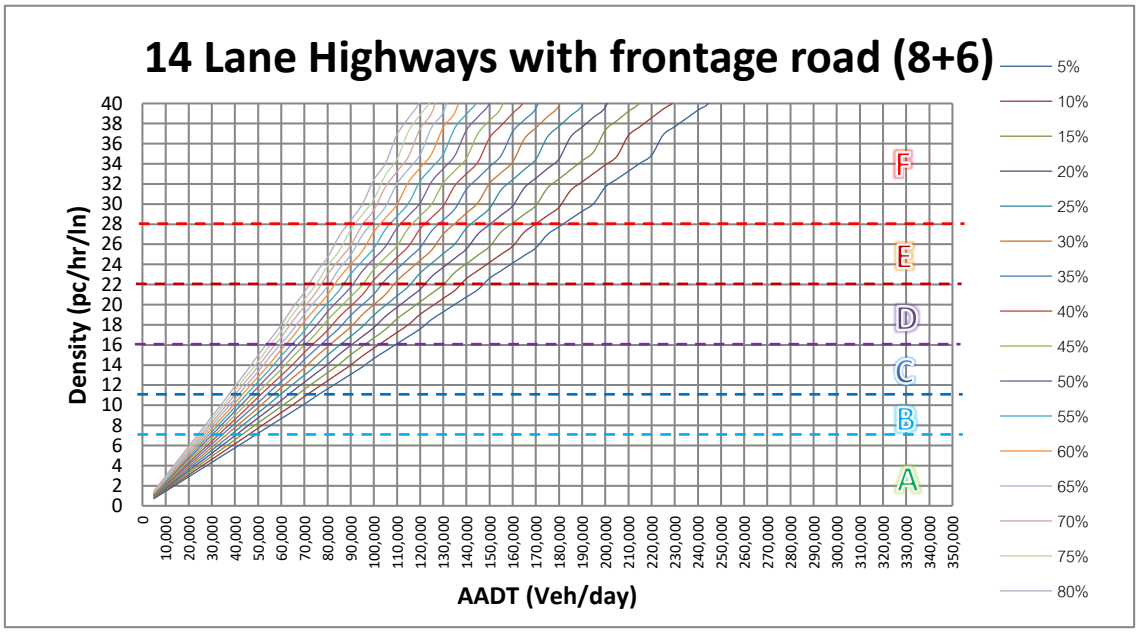
รูปที่ 8.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 12 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



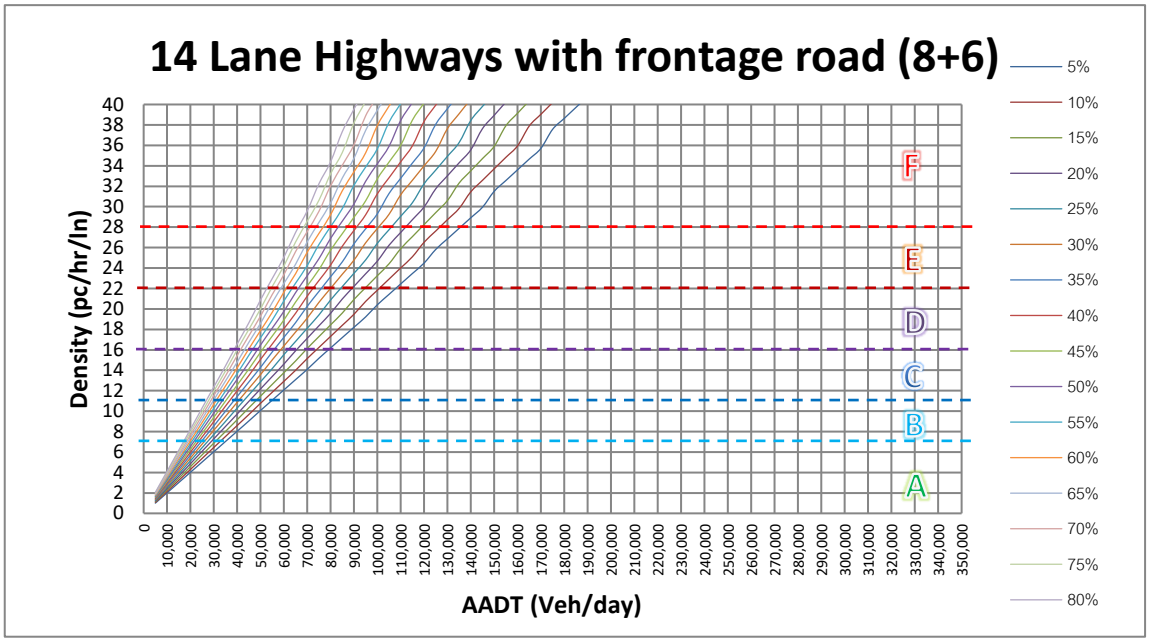
รูปที่ 8.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 12 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



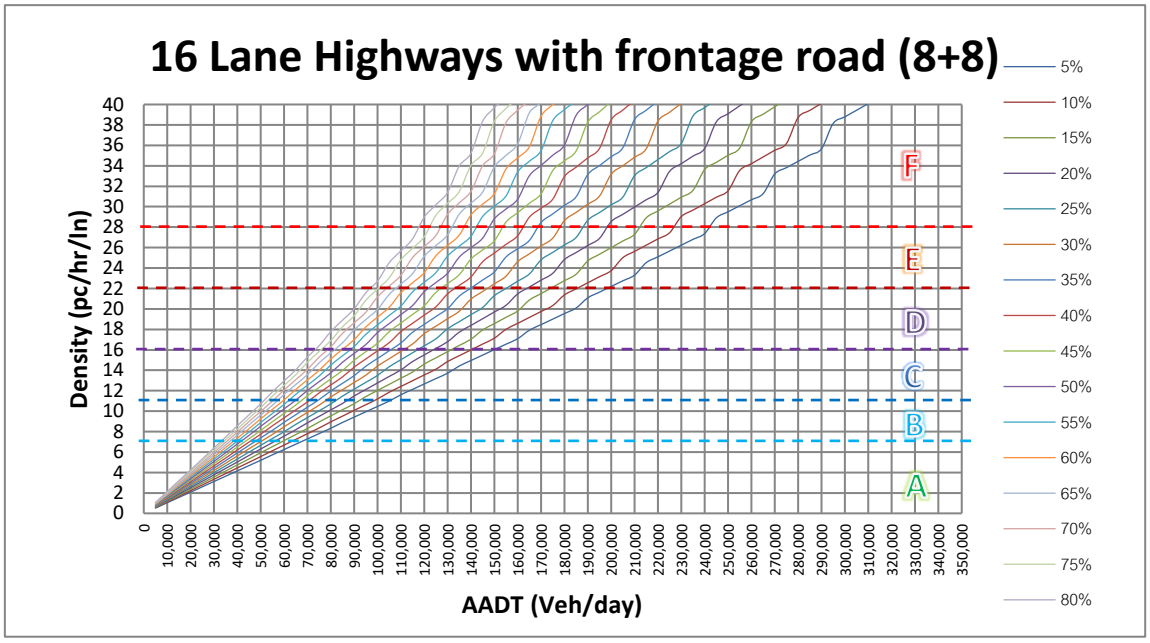
รูปที่ 8.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 14 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



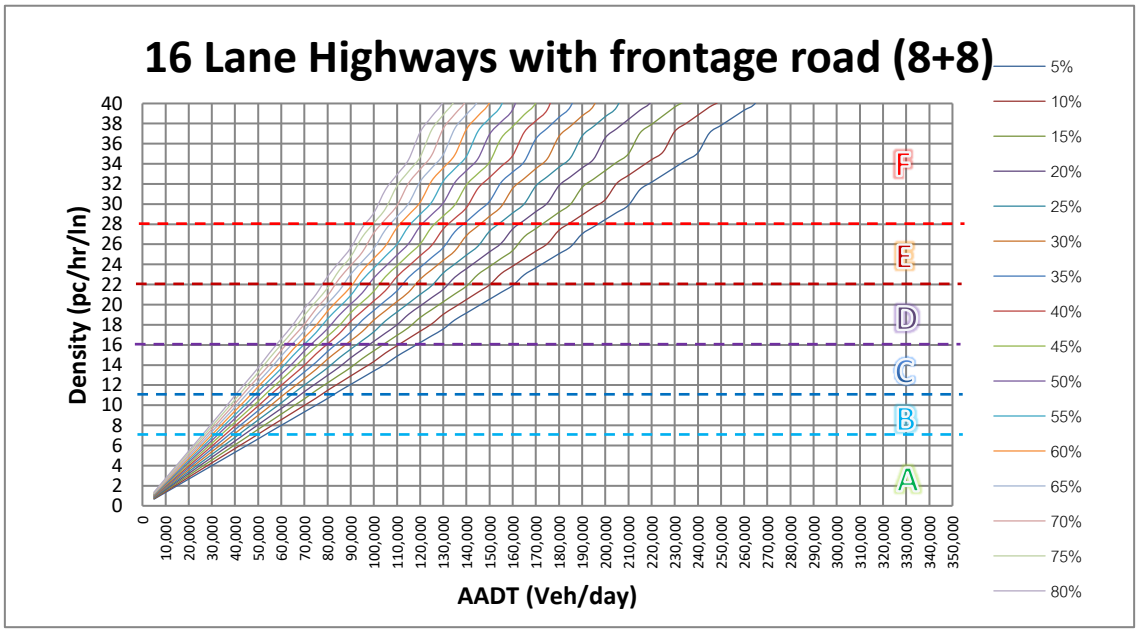
รูปที่ 8.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 14 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



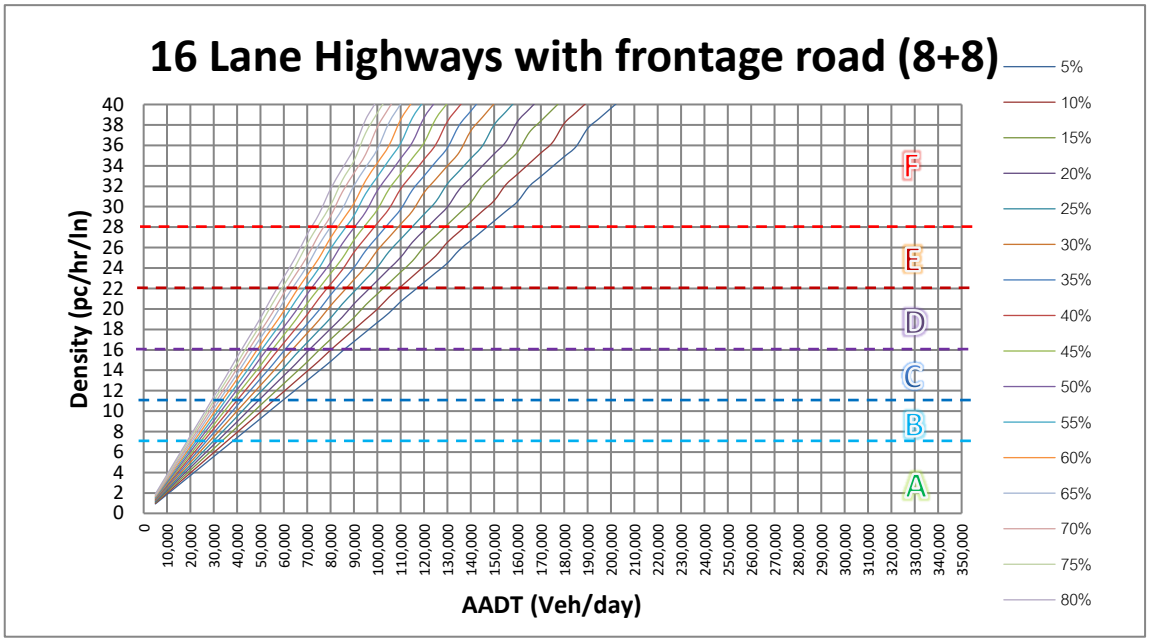
รูปที่ 8.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 14 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)



รูปที่ 8.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 16 ช่องจราจร ทางราบ (g = 0 – 2%)



รูปที่ 8.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 16 ช่องจราจร ทางเนิน (g = 2 – 4%)



รูปที่ 8.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้บริการถนน กับปริมาณจราจรแยกตามสัดส่วนรถบรรทุกหนัก ของถนน 16 ช่องจราจร ทางภูเขา (g = 4 – 6%)

ประวัติผู้แต่ง

Name - Surname : Surachai Ampawasuvan

Date of Birth : 17 August 1977

Position : Civil engineer / Senior professional level

Office : Bureau of planning / Department of Highways

Location : 2/486 Si-Ayutthaya road, Thung Phaya Thai sub-district, Ratcha-Thewi district, Bangkok, 10400

Telephone : 02-354-6557-9 (27215)

Mobile : 081-578-7933

E-mail : Jaen_sur@hotmail.com

Education:

2000 : Bachelor of Science in technical education in civil engineer / King Mongkut's Institute of technology North Bangkok

2011 : Master of Engineer in civil engineer (Transport engineer) / King Mongkut's University of technology North Bangkok

2016 : Doctor of Philosophy o in civil engineer (Transport engineer) / King Mongkut's University of technology North Bangkok

Professional License:

Senior Professional Engineer in Civil engineer Number 2014 / Thailand Council of Engineer

Expect:

Highways Planning / Feasibility study / Traffic analysis / Pavement design / Traffic impact assessment (TIA) / Road safety / Structure analysis and behavior

Conference event:

- 4th Rachamonkot university of technology Conference (RMUTCON 2011) / 13-14 December 2011 / Chonburi, Thailand
- Perception and Reaction of Car Driver for Work Zone on Highway/ 8th National Transport Conference (NTC 08) / 15-16 March 2012 / Chonburi, Thailand

- Peak hour factor of Multi-lane Highways: A case study in Chonburi province Thailand / World Congress on Engineering and Applications (WCEA 2016) / 16-17 December 2016 / Bangkok, Thailand (Best paper of conference)
- Distribution of Traffic Volume at Fuel Station during Peak Hour Period on Arterial Road / 19th International Conference on Traffic and Transportation Engineering (ICTTE 2017)/ 13-14 November 2017 / Venice, Italy
- Fuel station capacity on major arterial road in Thailand: A case study in Chonburi province, Thailand / 6th International Conference on Civil Engineering (ICCEN 2017) / 20-22 November 2017 / Queensland, Australia
- Fuel Station Trips Generation on Arterial Road in Thailand: A Case Study on Chonburi Province / 8th International Congress on Engineering and Information (ICEAI 2018) / 1-3 May 2018 / Sapporo, Japan

Paper publication:

- Peak hour factor of Multi-lane Highways: A case study in Chonburi province Thailand / International Journal of Engineering Sciences (ISSN 0976 – 6693)
- Distribution of Traffic Volume at Fuel Station during Peak Hour Period on Arterial Road / World Academy of Science, Engineering and Technology(WASET) / International Journal of Transport and Vehicle Engineering Vol.4 No.11,2017
- Fuel station capacity on major arterial road in Thailand: A case study in Chonburi province, Thailand / International Journal of Engineering and Technology (IJET, ISSN 1793-8236) / Volume 10, Number 4, August 2018
- Fuel Station Trips Generation on Arterial Road in Thailand: A Case Study on Chonburi Province / International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 7 Issue 12, 2018

Experience Lecturer

- 2018 : Highways development for Eastern Economic Corridor ;
  Training senior transport manager ; Ministry of Transport

- 2019 : Highway planning development and Traffic engineering ;
  Training senior engineer ; Department of Highways
- 2020 : Highways Strategy and Planning development ; senior management ;
  Department of Highways
- 2020 : Highway Planning development ; Training for new civil servants in
  engineering ; Department of Highways

เอกสารอ้าง

- Transportation Research Board of National Academies (TRB), Highways Capacity Manual 2010 Guild book (HCM-2010), Washington, D.C., 2010
- Harwood D.W., A.D.May, Jr.,I.B.Anderson and A.R.Archilla. Capacity and Quality of Service of Two-lane Highways. Final report, NCHRP Project 3-55(3). Midwest Research Institute , Kansas city, Mo., 1999
- Harwood D.W., I.B.Potts, K.M.Bauer, J.A.Bonneson, and L.Elefteriadou. Two-lane Road Analysis Methodology in the Highway Capacity Manual. Final report, NCHRP Project 20-7(160). Midwest Research Institute , Kansas city, Mo., 2003
- Washburn,S.S., D.S.McLeod, and K.G.Courage. Adapation of Highway Capacity Manual 2000 for Planning-Level Analysis of Two-Land and Multilane Highways in Florida. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No.1802, Transportation Research Board of National Academies (TRB), Washington, D.C., 2002
- Harwood,D.W., and C.J.Hoban. Low Cost Methods for Improving Traffic Conditions on Two-Lane Road – Informational Guide. Report FHWA-IF-87/2. U.S. Department of Transport (DOT), Washington, D.C., Jan.1987
- A Policy on Geometric Design of Streets and Highways. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C., 2004
- Highway Performance Monitoring System Field Manual, Chapter 4. Federal Highway Administration (FHWA), Washington, D.C., 2005
- Courage, K.G., S.Washburn, L.Elefteriadou, and D.Nam. Guidance for the Use of Alternative Traffic Analysis Tools in Highway Capacity Analyses. National Cooperative Highway Research Program Project 3-85 Final Report. University of Florida, Gainesville, 2010
- Reilly,W., D.Harwood, J.Schoen, and M.Holling. Capacity and LOS Procedures for Rural and Urban Multilane Highways. NCHRP Project 3-33, Final report. JHK&Associates, Tucson, Ariz., May 1990.
- Robertson, H.D.(ed). Manual of Traffic Engineering Studies. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., 2000
- Zegeer, J.D., M.A.Vandehey, M.Blogg, K.Nguyen, and M.Ereti. NCHRP Report 599: Default Values for Highway Capacity and Level of Service Analyses. Transportation Research Board of National Academies (TRB), Washington, D.C., 2008