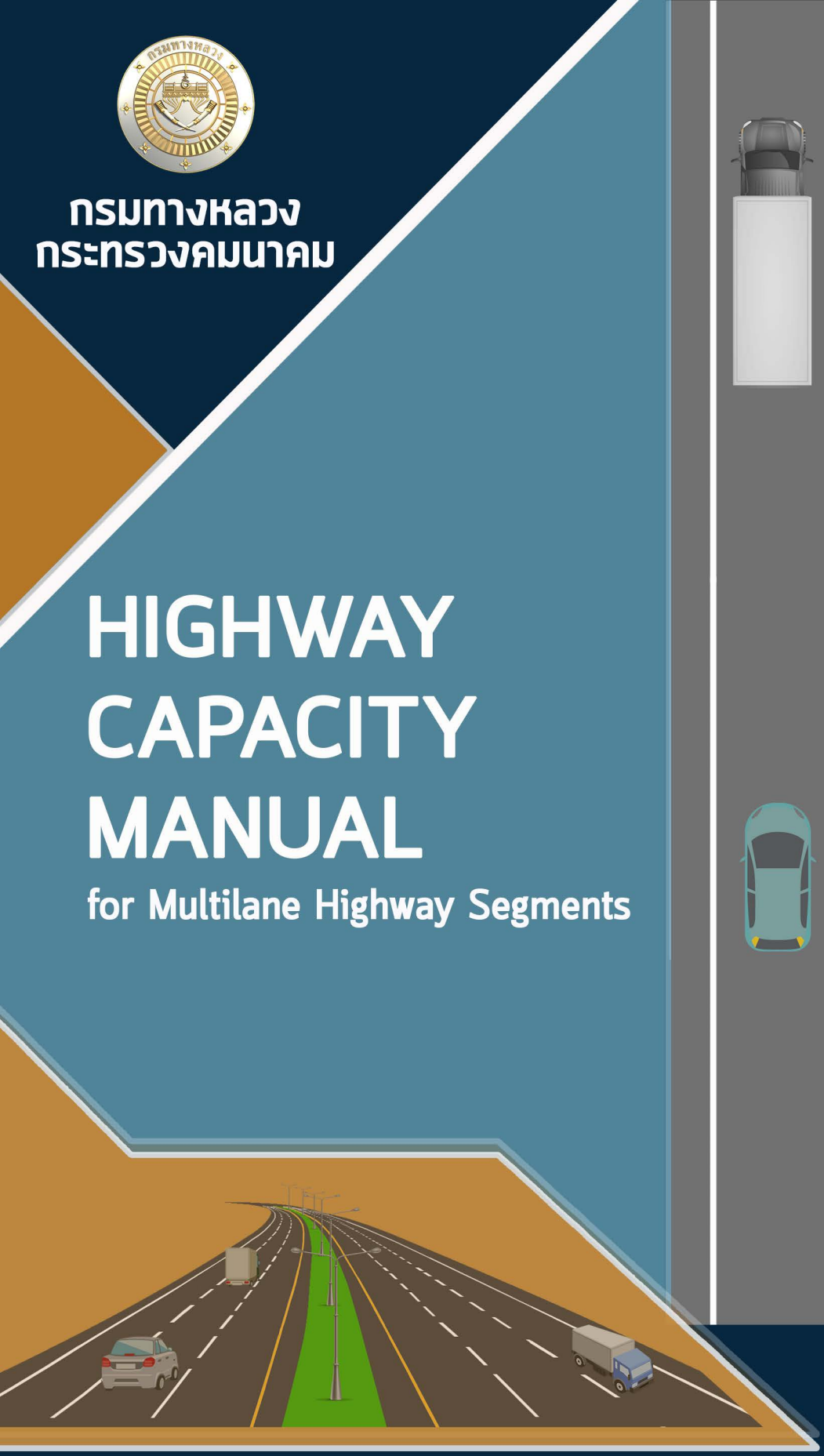
กรมทางหลวง
กระทรวงคมนาคม

HIGHWAY CAPACITY MANUAL

for Multilane Highway Segments



คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร

Department of Highways 2023

คู่มือความจุทางหลวง
สำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร

Highway Capacity Manual
for Multilane Highway Segments

คำนำ

กรมทางหลวง เป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบด้านการวางแผน ออกแบบ ก่อสร้าง บำรุงรักษา และกำกับดูแลโครงข่ายทางหลวงแผ่นดินระยะทางรวมทั้งสิ้นมากกว่า 52,000 กิโลเมตรทั่วประเทศไทย ซึ่งครอบคลุมลำดับชั้นทางหลวงต่าง ๆ ได้แก่ ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน สายรองประธาน สายหลัก สายรอง และครอบคลุมบริบทสภาพแวดล้อมข้างทางที่แตกต่างกัน ได้แก่ พื้นที่ชนบท พื้นที่เมืองในชนบท พื้นที่ชานเมือง พื้นที่เมือง และพื้นที่ศูนย์กลางเมือง

การวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวง เป็นกระบวนการวิเคราะห์ที่สำคัญต่อการวางแผน การออกแบบ และการพัฒนาปรับปรุงทางหลวง โดยทั่วไปแล้ว การวัดประเมินประสิทธิภาพของทางหลวง แบ่งการวิเคราะห์ตามประเภทของสิ่งอำนวยความสะดวกทางหลวงได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ช่วงถนนทางหลวงที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร (Uninterrupted-flow facilities) และ ช่วงถนนทางหลวงที่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร (Interrupted-flow facilities) และได้มีการอ้างอิงการวิเคราะห์จากคู่มือความจุทางหลวง (Highway Capacity Manual: HCM) ของต่างประเทศ ซึ่งพัฒนาจากพฤติกรรมของผู้ใช้รถใช้ถนนในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยพฤติกรรมของผู้ใช้รถใช้ถนนมีความแตกต่างจากต่างประเทศ และแตกต่างจากอดีต เนื่องจากการควบคุมการเข้าออกข้างทางและการใช้พื้นที่ที่เปลี่ยนไป พฤติกรรมการขับขี่ในกระแสจราจรแบบผสม และสภาพการจราจรที่ผันแปรตลอดเวลา ทำให้การประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพการให้บริการแบบเดิม ไม่สะท้อนต่อสภาพการใช้งานจริงและพื้นที่สองข้างทางบนทางหลวงของประเทศไทย

คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจรนี้ นำเสนอแนวทางวิธีการประเมินความสามารถในการให้บริการและความจุทางหลวงของทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway Segments) ที่เหมาะสมสำหรับกรมทางหลวง พร้อมทั้งนำเสนอตัวอย่างกรณีศึกษาการประเมินความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจร เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยให้วิศวกรทางหลวงและผู้ปฏิบัติงานด้านการจราจรและขนส่งที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการวางแผน การออกแบบ และการจัดการจราจรได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้นในอนาคตต่อไปได้

สารบัญ

หน้า

คำนำ ..... ก
สารบัญ ..... ข
สารบัญตาราง ..... ง
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำคู่มือความจุทางหลวง สำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร 1
1.1. ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของคู่มือความจุทางหลวง 2
1.2. ประเภทของทางหลวงในกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร 3
1.3. ขอบเขตของคู่มือความจุทางหลวงหลายช่องจราจร 7
1.3.1. ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา 7
1.3.2. ขอบเขตของการวิเคราะห์ 9

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎี 11
2.1. การกำหนดนิยามของทางหลวงหลายช่องจราจร 12
2.1.1. นิยามของทางหลวงหลายช่องจราจร 12
2.1.2. สภาพพื้นฐานของทางหลวงหลายช่องจราจร 14
2.2. หลักการพื้นฐานการจราจร 15
2.2.1. ตัวแปรที่เกี่ยวกับการไหล 15
2.2.2. ตัวแปรที่เกี่ยวกับความเร็วการจราจร 18
2.2.3. ตัวแปรที่เกี่ยวกับความหนาแน่นของการจราจร 19
2.2.4. ระยะห่างระหว่างยานพาหนะ (Headway and Spacing) 19
2.2.5. คุณลักษณะการไหลของกระแสจราจร (Flow Characteristics) 20
2.2.6. ความเร็วการไหลอิสระ และปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วการไหลอิสระ 23
2.3. ความจุทางหลวงและระดับการให้บริการ 27
2.3.1. ความจุทางหลวง (Capacity) 27
2.3.2. ระดับการให้บริการ (Level of Service) 29

บทที่ 3 แนวทางการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน 33
3.1. การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง 34

สารบัญ

หน้า

3.1.1. ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้าสำหรับวิธีประเมินทุกช่องจราจร 35
3.1.2. ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง 36
3.1.3. ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) โดยประเมินทุกช่องจราจร. 40
3.1.4. ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) โดยวิธีประเมินทุกช่องจราจร..... 42
3.1.5. ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง 43
3.1.6. ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและระดับการให้บริการ..... 44
3.2. กรณีศึกษาทางหลวง 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตนอกเมือง) 47
3.3. กรณีศึกษาทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตชานเมือง)..... 52
3.4. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร แบบไม่มีเกาะกลาง..... 57
3.5. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน 62

บทที่ 4 แนวทางการประเมินความจุและระดับการให้บริการตามช่องจราจร 67
4.1. การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่องจราจร กรณีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร 68
4.1.1. ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับวิธีประเมินแยกช่องจราจร..... 69
4.1.2. ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร..... 70
4.1.3. ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate) ต่อช่องจราจร 75
4.1.4. ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) แยกช่องจราจร..... 78
4.1.5. ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) แยกช่องจราจร..... 79
4.1.6. ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ แยกช่องจราจร..... 81
4.2. กรณีศึกษาทางหลวง 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง (เขตนอกเมือง)..... 86
4.3. กรณีศึกษาทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง (เขตชานเมือง)..... 92
4.4. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจรแบบไม่มีเกาะกลาง..... 99
4.5. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน 105

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....112
5.1. บทสรุป..... 113
5.2. ข้อเสนอแนะ 114

เอกสารอ้างอิง 115

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.3-1 ระยะทางและจำนวนช่วงถนนในแต่ละประเภทของทางหลวง 7
ตารางที่ 2.2-1 ตัวอย่างประเภทยานพาหนะของกรมทางหลวงทั้ง 6 กลุ่มประเภท 16
ตารางที่ 2.3-1 ค่าความจุทางหลวงตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) จากข้อมูลสำรวจรวมทุกช่องจราจร ... 28
ตารางที่ 2.3-2 ค่าความจุทางหลวงตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) จากข้อมูลสำรวจแยกช่องจราจร..... 28
ตารางที่ 2.3-3 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงความหนาแน่นการจราจร..... 31
ตารางที่ 3.1-1 ข้อมูลที่จำเป็นในการประเมินความจุและระดับการให้บริการโดยวิธีประเมินทุกช่องจราจร ... 35
ตารางที่ 3.1-2 ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (BFFS) 37
ตารางที่ 3.1-3 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (f_{LW})..... 37
ตารางที่ 3.1-4 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (f_{LC}) 38
ตารางที่ 3.1-5 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (f_M)..... 38
ตารางที่ 3.1-6 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (f_{APD}) 39
ตารางที่ 3.1-7 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับพื้นที่ทางราบ ของทางหลวงหลายช่องจราจร..... 41
ตารางที่ 3.1-8 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับทางลาดชัน ของทางหลวง 4 ช่องจราจร..... 41
ตารางที่ 3.1-9 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับทางลาดชัน ของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร 41
ตารางที่ 3.1-10 ค่าความจุทางหลวงเฉลี่ยทุกช่องจราจรตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง..... 42
ตารางที่ 3.1-11 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงของความหนาแน่นการจราจร..... 44
ตารางที่ 3.1-12 ตัวชี้วัดด้านการจราจรที่ระดับการให้บริการต่าง ๆ ในแต่ละความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทาง 46
ตารางที่ 3.2-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง 48
ตารางที่ 3.2-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.1 กม.511+591 51
ตารางที่ 3.3-1 การรวบรวมข้อมูล ทล. 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง 53
ตารางที่ 3.3-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.3256 กม.3+200 56
ตารางที่ 3.4-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง)..... 58
ตารางที่ 3.4-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.4 กม.956+105 61
ตารางที่ 3.5-1 การรวบรวมข้อมูล ทล. 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน)..... 63

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.5-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.2 กม.54+050. 66
ตารางที่ 4.1-1 ข้อมูลที่จำเป็นในการประเมินความจุและระดับการให้บริการ โดยวิธีประเมินแยกช่องจราจร 69
ตารางที่ 4.1-2 ค่าพื้นฐาน (Default Value) ของสัดส่วนการจราจรในแต่ละช่องจราจร 70
ตารางที่ 4.1-3 ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน (BFFS) สำหรับวิธีประเมินแยกช่องจราจร 71
ตารางที่ 4.1-4 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (fLW) สำหรับวิธีประเมินแยกช่องจราจร 72
ตารางที่ 4.1-5 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านซ้ายจากความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย (fLC) 72
ตารางที่ 4.1-6 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านขวาเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (fM) 73
ตารางที่ 4.1-7 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (fAPD) 73
ตารางที่ 4.1-8 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระจากตำแหน่งช่องจราจร (fLP) 74
ตารางที่ 4.1-9 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) สำหรับพื้นที่ทางราบ ของทางหลวงหลายช่องจราจร 76
ตารางที่ 4.1-10 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) สำหรับทางลาดชัน ของทางหลวง 4 ช่องจราจร... 76
ตารางที่ 4.1-11 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) สำหรับทางลาดชัน ของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร 76
ตารางที่ 4.1-12 ค่าความจุทางหลวงตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) จากข้อมูลสำรวจ 78
ตารางที่ 4.1-13 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงความหนาแน่นการจราจร 81
ตารางที่ 4.1-14 ตัวชี้วัดด้านจราจรของความเร็วการไหลอิสระและระดับการให้บริการต่าง ๆ สำหรับทางหลวง 4 ช่องจราจร 83
ตารางที่ 4.1-15 ตัวชี้วัดด้านจราจรของความเร็วการไหลอิสระและระดับการให้บริการต่าง ๆ สำหรับทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร 84
ตารางที่ 4.2-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง 87
ตารางที่ 4.2-2 ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง 87
ตารางที่ 4.2-3 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวง ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก 91

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.3-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง 93
ตารางที่ 4.3-2 ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ ทล.3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ .. 93
ตารางที่ 4.3-3 สรุปการประเมินระดับการให้บริการและความจุทางหลวง ทล.3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ 98
ตารางที่ 4.4-1 การรวบรวมข้อมูล ทล. 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) 100
ตารางที่ 4.4-2 ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ ทล.4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ 100
ตารางที่ 4.4-3 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวง ทล.4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ 104
ตารางที่ 4.5-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน)..... 106
ตารางที่ 4.5-2 การรวบรวมข้อมูล ทล.2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน)..... 106
ตารางที่ 4.5-3 สรุปการประเมินระดับการให้บริการและความจุทางหลวง ทล.2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา..... 111

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.2-1 ประเภทของทางหลวงกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร (Uninterrupted flow) . 3
รูปที่ 1.2-2 ทางหลวง 2 ช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวง 4
รูปที่ 1.2-3 ทางหลวงหลายช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวง 5
รูปที่ 1.2-4 ทางหลวงพิเศษบนโครงข่ายทางหลวง 6
รูปที่ 1.2-5 ทางเชื่อมเข้าออกทางหลวงพิเศษบนโครงข่ายทางหลวง 6
รูปที่ 1.3-1 สัดส่วนของระยะทางในแต่ละประเภทของทางหลวง 7
รูปที่ 1.3-2 แผนที่โครงข่ายทางหลวงจำแนกตามประเภททางหลวง 8
รูปที่ 1.3-3 ระดับของการวิเคราะห์ 9
รูปที่ 2.1-1 คุณลักษณะของช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร. 13
รูปที่ 2.1-2 ทางหลวงหลายช่องจราจรที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร ในสภาพพื้นฐาน 14
รูปที่ 2.2-1 ประเภทและการวิเคราะห์ความเร็วการจราจร 18
รูปที่ 2.2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ความเร็ว และความหนาแน่นของการจราจร 20
รูปที่ 2.2-3 คุณลักษณะการไหลของกระแสจราจร (Flow Characteristic) 22
รูปที่ 2.2-4 ตัวอย่างสภาพการจราจรบนช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร 22
รูปที่ 2.2-5 ปัจจัยด้านลักษณะกายภาพถนนที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) 23
รูปที่ 2.2-6 ความหนานแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.) 25
รูปที่ 2.2-7 ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนนในแต่ละระดับ 26
รูปที่ 2.3-1 การจำแนกวิธีการประมาณค่าความจุของถนน 27
รูปที่ 2.3-2 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการต่างๆ 30
รูปที่ 2.3-3 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์ทุกช่องจราจร 31
รูปที่ 2.3-4 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวง 4 ช่องจราจร 32
รูปที่ 2.3-5 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร 32
รูปที่ 3.1-1 ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนนบนทางหลวงหลายช่องจราจร กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจร 34
รูปที่ 3.1-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ 43
รูปที่ 3.1-3 การหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) จากกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow 43
รูปที่ 3.1-4 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์ทุกช่องจราจร 45
รูปที่ 3.2-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาเข้า 47

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.2-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาออก..... 47
รูปที่ 3.3-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาเข้า..... 52
รูปที่ 3.3-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาออก..... 52
รูปที่ 3.4-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาเข้า..... 57
รูปที่ 3.4-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาออก..... 57
รูปที่ 3.5-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาเข้า (ทางลาดลง)..... 62
รูปที่ 3.5-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาออก (ทางลาดขึ้น) ... 62
รูปที่ 4.1-1 ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่องจราจรบนทางหลวงหลายช่องจราจร กรณีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร 68
รูปที่ 4.1-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ ของทางหลวง 4 ช่องจราจร 79
รูปที่ 4.1-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ ของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร 79
รูปที่ 4.1-4 การหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) จากกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow 80
รูปที่ 4.1-5 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวง 4 ช่องจราจร..... 82
รูปที่ 4.1-6 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร 82
รูปที่ 4.2-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาเข้า..... 86
รูปที่ 4.2-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาออก..... 86
รูปที่ 4.3-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาเข้า..... 92
รูปที่ 4.3-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาออก..... 92
รูปที่ 4.4-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาเข้า..... 99
รูปที่ 4.4-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาออก..... 99
รูปที่ 4.5-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาเข้า (ทางลาดลง).... 105
รูปที่ 4.5-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาออก (ทางลาดขึ้น) . 105

บทที่ 1
บทนำคู่มือความจุทางหลวง สำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร

1.1. ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของคู่มือความจุทางหลวง

คู่มือความจุทางหลวง (Highway Capacity Manual) เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้วิศวกรทางหลวงและผู้ปฏิบัติงานด้านการจราจรและขนส่งที่เกี่ยวข้อง มีแนวทางวิธีการในการประเมินความสามารถในการให้บริการของทางหลวงที่เหมาะสมถูกต้องสำหรับกรมทางหลวง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผน การจัดทำแผนงาน และการบริหารจัดการทางหลวง

คู่มือความจุทางหลวงเหมาะสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการวางแผนทางหลวง การศึกษาความเป็นไปได้โครงการ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์แบบจำลองคาดการณ์การเดินทาง และผู้เชี่ยวชาญด้านการติดตามประเมินประสิทธิภาพโครงการ ที่ต้องดำเนินการวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวง และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของทางหลวงในปัจจุบันหรือในอนาคต

การวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวง เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์เพื่อการวางแผนออกแบบทางหลวง การศึกษาความเป็นไปได้โครงการ การศึกษาผลกระทบด้านการจราจร การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินทางเลือกโครงการ การออกแบบทางหลวงเพื่อรองรับการเดินทางในระดับการให้บริการที่กำหนด การจัดการจราจรและเพิ่มประสิทธิภาพทางหลวง และการติดตามประเมินผลโครงการทางหลวง

โดยทั่วไปแล้ว การวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวงจะจำแนกตามประเภทของสิ่งอำนวยความสะดวกของทางหลวง (Highway facilities) ซึ่งประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ ช่วงทางหลวงที่ไม่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Uninterrupted-flow highway facilities) และช่วงทางหลวงที่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Interrupted-flow highway facilities)

คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร มุ่งเน้นการพัฒนาแนวทางการประเมินความสามารถในการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highways) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมต่อการเดินทางระดับภูมิภาคและระดับจังหวัด ช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway Segments) เป็นช่วงถนนรูปแบบหนึ่งในกลุ่มทางหลวงที่ไม่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Uninterrupted-flow facilities) บนโครงข่ายทางหลวง

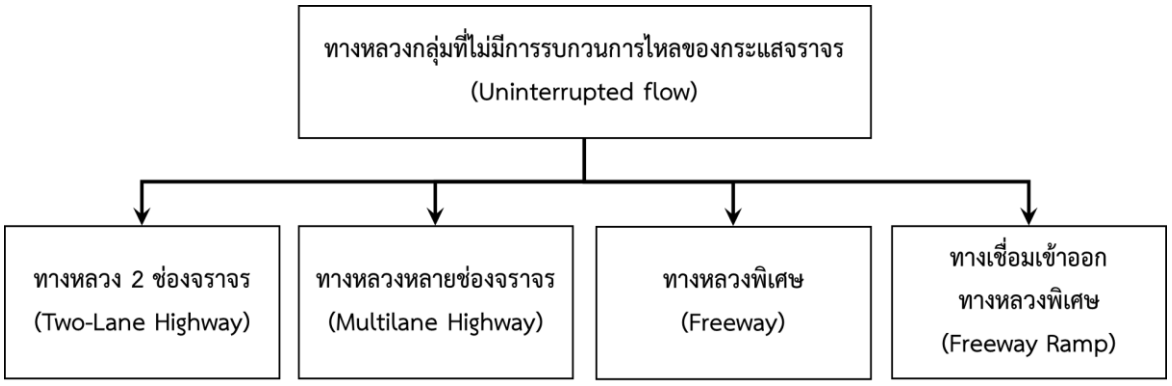
คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจรฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อเสนอแนะวิธีการที่สมเหตุสมผลในการประเมินประสิทธิภาพของทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway Segments) ตามบริบทถนนและสภาพแวดล้อมบนโครงข่ายทางหลวงในประเทศไทย และเพื่อให้มั่นใจว่าวิศวกรทางหลวงและผู้ปฏิบัติงานด้านการจราจรและขนส่ง สามารถเรียนรู้และเข้าใจถึงขั้นตอนการประเมินความจุทางหลวง (Highway Capacity) และระดับการให้บริการ (Level of Service) ของทางหลวงหลายช่องจราจรที่ถูกต้องและเป็นขั้นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากตัวอย่างกรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจรในรูปแบบต่าง ๆ ของกรมทางหลวง

1.2. ประเภทของทางหลวงในกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร

ช่วงถนนของทางหลวงบนโครงข่ายทางหลวง หากจำแนกตามลักษณะของกระแสจราจรบนช่วงถนนทางหลวง สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ประกอบด้วย

- ทางหลวงกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Uninterrupted flow) ได้แก่ ช่วงถนนของทางหลวงที่มีการไหลของการจราจรที่ต่อเนื่อง
- ทางหลวงกลุ่มที่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Interrupted flow) ได้แก่ ช่วงถนนของทางหลวงที่เกิดการกีดขวางการจราจรและแถวคอย ทำให้การไหลของการจราจรไม่ต่อเนื่อง ประกอบด้วย ช่วงถนนในเขตเมือง (Urban street) ทางแยกสัญญาณไฟ (Signalized intersection) ทางแยกไม่มีสัญญาณไฟ ทางแยกวงเวียน รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนเดินและคนขี่จักรยาน

ทางหลวงในกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Uninterrupted flow) เป็นช่วงถนนที่มีการควบคุมการเข้าออกอย่างเต็มรูปแบบหรือบางส่วน และไม่ได้รับผลกระทบจากกระแสจราจรจากบริเวณทางแยกสัญญาณไฟจราจรหรือได้รับผลการติดขัดของกระแสการจราจร ทางหลวงในกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนของกระแสจราจร (Uninterrupted flow) โดยทั่วไปจะอยู่ห่างจากใจกลางเมือง และมักตั้งอยู่ในเขตชนบทและชานเมือง เนื่องด้วยการไหลของการจราจรในพื้นที่ชนบทและชานเมืองมักไม่ถูกจำกัดโดยอุปกรณ์ควบคุมการจราจร สิ่งอำนวยความสะดวกของถนน (Facilities) ของทางหลวงกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนของกระแสจราจรสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภท ดัง**รูปที่ 1.2-1** โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.2-1 ประเภทของทางหลวงกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร (Uninterrupted flow)

- ทางหลวง 2 ช่องจราจร (Two-lane Highway Segments) เป็นช่วงถนนทางหลวงขนาด 2 ช่องจราจร ยานพาหนะสัญจร 1 ช่องจราจรต่อทิศทาง ทำให้ยวดยานเคลื่อนตัวตามกระแสจราจร ช่วงถนนของทางหลวง 2 ช่องจราจรสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของการแซงกัน 3 ประเภท ได้แก่
  - ช่วงถนนทางหลวง 2 ช่องจราจรที่จำกัดการแซง (Passing constrained)
  - ช่วงถนนทางหลวง 2 ช่องจราจรที่อนุญาตให้แซงได้ (Passing zone) หรือไม่จำกัดการแซง
  - ช่วงถนนทางหลวง 2 ช่องจราจรที่มีช่องจราจรสำหรับแซง (Passing lane)

ตัวอย่างรูปแบบทั่วไปของทางหลวง 2 ช่องจราจร แสดงได้ดัง**รูปที่ 1.2-2**

ทางหลวง 2 ช่องจราจรที่ไม่จำกัดการแซง

ทางหลวง 2 ช่องจราจรที่จำกัดการแซง

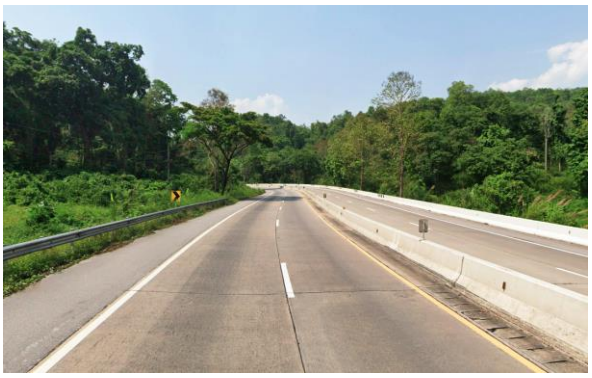
ทางหลวง 2 ช่องจราจรที่จำกัดการแซง 1 ทิศทาง

ทางหลวง 2 ช่องจราจรที่มีช่องจราจรสำหรับแซง

รูปที่ 1.2-2 ทางหลวง 2 ช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวง

- ทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway Segments) เป็นช่วงถนนทางหลวงที่มีช่องจราจร 4 ช่องจราจรขึ้นไป (รวม 2 ทิศทาง) มีเส้นหรือเกาะกลางแบ่งทิศทางจราจร โดยช่วงถนนจะอยู่บริเวณพื้นที่ชานเมืองมุ่งสู่ใจกลางเมือง หรือถนนในเขตชนบท หรือเป็นถนนในเขตชนบทที่เชื่อมระหว่างเมือง ซึ่งมีปริมาณจราจรรายวันที่สูง ตัวอย่างรูปแบบทั่วไปของทางหลวงหลายช่องจราจร แสดงได้ดัง**รูปที่ 1.2-3**

ทางหลวงหลายช่องจราจร แบบไม่มีเกาะกลาง



ทางหลวงหลายช่องจราจร แบบมีเกาะกลางกำแพงคอนกรีต

ทางหลวงหลายช่องจราจร แบบมีเกาะกลางแบบยก

ทางหลวงหลายช่องจราจร แบบมีเกาะกลางแบบขุดร่อง

ทางหลวงหลายช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง และทางขนาน

รูปที่ 1.2-3 ทางหลวงหลายช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวง

- ทางหลวงพิเศษ (Freeway Segments) เป็นช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีการควบคุมการเข้าออกอย่างเต็มรูปแบบ (Full control of access) มีเกาะกลางแบ่งทิศทางการจราจร มีช่องจราจร 2 ช่องจราจรขึ้นไปในแต่ละทิศทาง มีการกำหนดความเร็วจำกัดที่สูง และมีการกำหนดจุดทางเชื่อมเข้าออกหรือทางแยกต่างระดับ ตัวอย่างรูปแบบทั่วไปของทางหลวงพิเศษแสดงได้ดัง**รูปที่ 1.2-4**

รูปที่ 1.2-4 ทางหลวงพิเศษบนโครงข่ายทางหลวง

- ทางเชื่อมเข้าออกทางหลวงพิเศษ (Freeway Ramps) เป็นช่วงถนนทางหลวงที่เชื่อมต่อกับทางหลวงพิเศษ แบ่งออกได้ตามลักษณะของทางเข้าออกหรือจุดตัดบนทางหลัก ได้แก่
  - ช่วงทางหลวงพิเศษที่มีการรวมกระแสจราจร (Mering) จากทางเข้าทางเชื่อม (On-ramp)
  - ช่วงทางหลวงพิเศษที่มีการแยกกระแสจราจร (Diverging) จากทางออกทางเชื่อม (Off-ramp)
  - ช่วงทางหลวงพิเศษที่มีการตัดสลับ (Freeway weaving segments)

ตัวอย่างรูปแบบทั่วไปของทางเชื่อมเข้าออกทางหลวงพิเศษ แสดงได้ดัง**รูปที่ 1.2-5**

รูปที่ 1.2-5 ทางเชื่อมเข้าออกทางหลวงพิเศษบนโครงข่ายทางหลวง

1.3. ขอบเขตของคู่มือความจุทางหลวงหลายช่องจราจร

คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร มุ่งเน้นพิจารณาช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร ซึ่งเป็นทางหลวงสายประธาน สายรองประธาน สายหลัก หรือสายรอง ที่มีขนาด 4 ช่องจราจรขึ้นไป (รวม 2 ทิศทาง) มีหรือไม่มีเกาะกลางแบ่งทิศทางจราจร ช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรจะอยู่บริเวณพื้นที่ชานเมืองมุ่งเข้าออกจากพื้นที่เมือง หรือถนนในเขตชนบท หรือถนนในเขตชนบทที่เชื่อมระหว่างเมือง มีปริมาณจราจรรายวันที่สูง ช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรที่พิจารณาจะต้องไม่ได้รับผลกระทบการจราจรจากทางแยกหรือจากแถวคอยของยานพาหนะ หรืออยู่ห่างจากการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งจะต้องเป็นช่วงถนนมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกันตลอดระยะทางตามแนวถนน

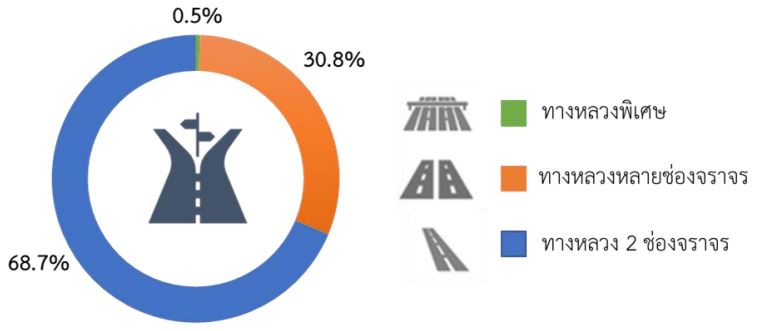
1.3.1. ขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลทางหลวงบนโครงข่ายทางหลวง จากสำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง สามารถสรุปโครงข่ายทางหลวงในปัจจุบันที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง มีทั้งหมด 1,525 สายทาง 2,962 ตอนควบคุม และระยะทางรวมทั้งสิ้น 52,687 กิโลเมตร โดยสามารถจำแนกทางหลวงตามรูปแบบของสิ่งอำนวยความสะดวกของทางหลวงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ทางหลวงพิเศษ ทางหลวงหลายช่องจราจร และทางหลวง 2 ช่องจราจร ดัง**ตารางที่ 1.3-1** และแสดงสัดส่วนประเภททางหลวงตามระยะทาง (กม.) ได้ดัง**รูปที่ 1.3-1** พร้อมทั้งโครงข่ายทางหลวงในแต่ละประเภทได้ดัง**รูปที่ 1.3-2**

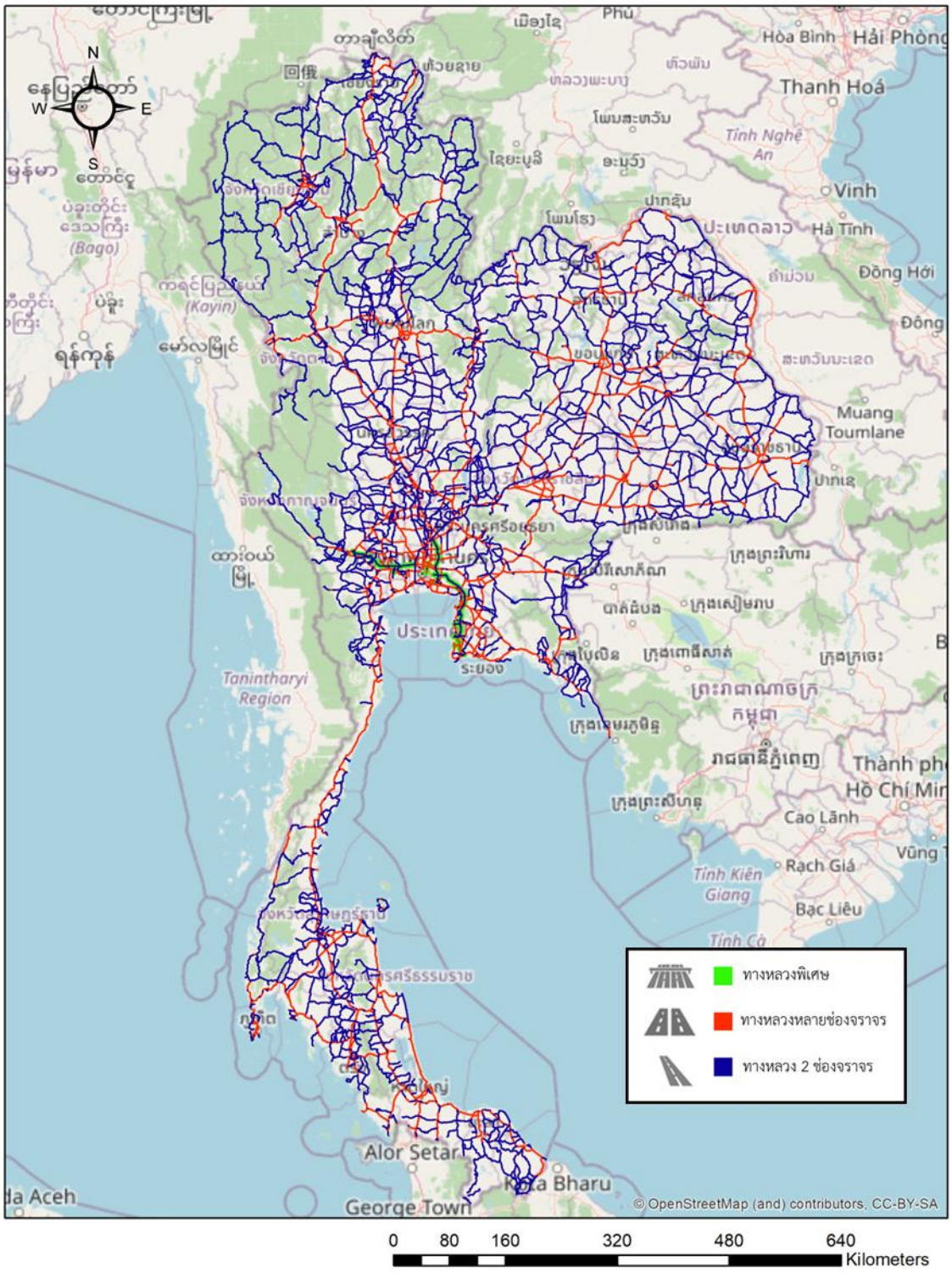
ตารางที่ 1.3-1 ระยะทางและจำนวนช่วงถนนในแต่ละประเภทของทางหลวง

ประเภททางหลวง	ระยะทาง (กม.)	จำนวนช่วงถนน
ทางหลวงพิเศษ	265	67
ทางหลวงหลายช่องจราจร	16,235	8,568
ทางหลวง 2 ช่องจราจร	36,187	9,367
รวม	**52,687**	**18,002**

ที่มา: สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง, 2562



รูปที่ 1.3-1 สัดส่วนของระยะทางในแต่ละประเภทของทางหลวง



รูปที่ 1.3-2 แผนที่โครงข่ายทางหลวงจำแนกตามประเภททางหลวง

1.3.2. ขอบเขตของการวิเคราะห์

โดยทั่วไป การวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวง สามารถดำเนินการได้ใน 3 รูปแบบ ตามระดับของการสำรวจวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย การวิเคราะห์จากระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ ดัง**รูปที่ 1.3-3** โดยมีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 1.3-3 ระดับของการวิเคราะห์
ที่มา: ดัดแปลงจาก NCHRP (2016)

- การวิเคราะห์ระดับสูง (High Level)
  - เป็นวิธีการประเมินประสิทธิภาพของทางหลวง ในการคัดกรองสายทางหลวง (Screening) จัดลำดับทางหลวง ระบุปัญหาด้านประสิทธิภาพและความจุ และประเมินทางเลือกการปรับปรุง
  - อาศัยข้อมูลที่มีความละเอียดไม่มาก และวิธีการวิเคราะห์ที่หบาบและรวดเร็ว
- การวิเคราะห์ระดับกลาง (Medium Level)
  - เป็นวิธีการประเมินประสิทธิภาพของทางหลวง ในการวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการและการเปรียบเทียบทางเลือก
  - อาศัยการใช้สมการแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการที่พัฒนาขึ้นมาจากข้อมูลในพื้นที่ศึกษาหลายแห่ง และรวบรวมแนะนำไว้ในคู่มือแนะนำต่าง ๆ เช่น คู่มือความจุทางหลวง (HCM) ประกอบกับการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่เพิ่มเติม
- การวิเคราะห์ระดับต่ำ (Low Level)
  - เป็นวิธีการประเมินประสิทธิภาพของทางหลวง ในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาเฉพาะพื้นที่
  - อาศัยการใช้แบบจำลองการจราจรระดับจุลภาค (Microsimulation) หรืออาศัยการวิเคราะห์โดยตรงจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ดังนั้นแล้ว คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจรฉบับนี้ได้พัฒนาและจัดทำขึ้น โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากพื้นที่ศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวง และพัฒนาแนวทางวิธีการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรสำหรับกรมทางหลวง ทั้งนี้ วิศวกรทางหลวงและผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องที่จะนำคู่มือความจุทางหลวงนี้ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวง จำเป็นต้องดำเนินการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าตามแนวทางการวิเคราะห์ฯ ที่เสนอแนะในคู่มือความจุทางหลวง

คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร ได้เสนอแนวทางการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรไว้ 2 วิธี โดยมีวัตถุประสงค์การนำไปใช้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน โดยวิธีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง เป็นการวิเคราะห์ความสามารถการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรในแต่ละทิศทางการจราจร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อช่วยตัดสินใจในงานวางแผน งานศึกษาความเป็นไปได้ งานประเมินทางเลือก และงานออกแบบทางหลวงหลายช่องจราจรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
2. การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่องจราจร โดยวิธีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร เป็นการวิเคราะห์ความสามารถการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรในแต่ละช่องจราจร ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์เพื่อช่วยตัดสินใจในงานการจัดการจราจรให้มีการใช้งานทางหลวงที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎี

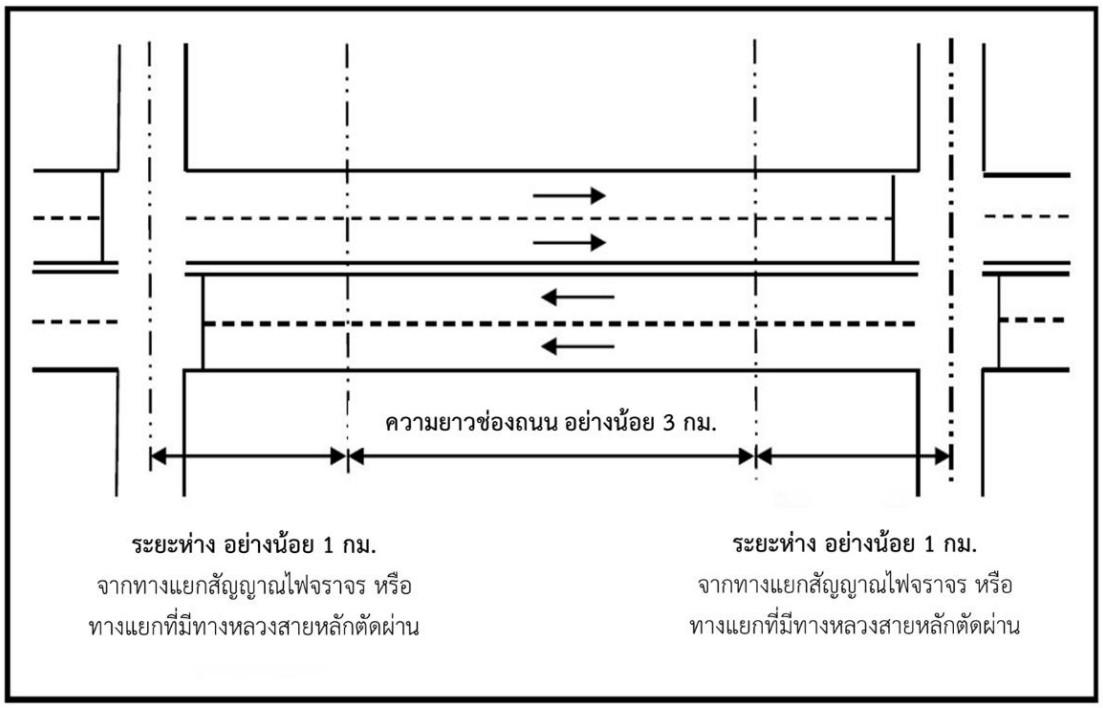
2.1. การกำหนดนิยามของทางหลวงหลายช่องจราจร

หัวข้อนี้จะกล่าวถึง นิยามของช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร และองค์ประกอบคุณลักษณะของสภาพพื้นฐานของทางหลวงหลายช่องจราจร

2.1.1. นิยามของทางหลวงหลายช่องจราจร

ช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway Segments) ที่อยู่ในกลุ่มทางหลวงที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร (Uninterrupted Flow) บนโครงข่ายทางหลวงในประเทศไทย หมายถึง “ช่วงถนนทางหลวง 4 ช่องจราจรหรือมากกว่า ที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจรจากทางแยกสัญญาณไฟ และไม่มีกระแสจราจรที่มีลักษณะเป็นกลุ่มยวดยานอันเกิดจากแถวคอย” โดยมีคุณลักษณะดังนี้ และสามารถแสดงตัวอย่างทั่วไปดัง**รูปที่ 2.1-1**

- มีลักษณะเป็นช่วงถนนทางหลวงที่เป็นทางตรงยาว อย่างน้อย 3 กิโลเมตร หรือหากมีทางโค้งต้องเป็นทางโค้งที่กว้าง (รัศมีโค้ง 800 เมตร) ที่ไม่มีผลกระทบต่อการใช้ความเร็วของยานพาหนะและความจุของทางหลวง
- เป็นช่วงถนนทางหลวงที่ห่างจากทางแยกสัญญาณไฟจราจรอย่างน้อย 1 กิโลเมตร ซึ่งไม่มีกระแสจราจรที่มีลักษณะเป็นกลุ่มยวดยานจากแถวคอยจากทางแยกใกล้เคียง
- เป็นช่วงถนนทางหลวงที่มีลักษณะกายภาพของถนนเหมือนกันตลอดช่วงถนน ในรูปแบบทางหลวงที่มีเกาะกลาง หรือไม่มีเกาะกลาง หรือมีทางขนานได้
- เป็นช่วงถนนทางหลวงที่มีลักษณะการจราจรและการใช้ความเร็วสม่ำเสมอตลอดช่วงถนน
- หากเป็นช่วงถนนทางหลวงที่มีจุดเปิดเกาะกลาง ควรมีระยะห่างระหว่างจุดเปิดเกาะกลางกลับรถมากกว่า 1 กิโลเมตร และมีช่องจราจรสำหรับรอกลับรถที่เพียงพอ ไม่ให้กระแสจราจรกลับรถส่งผลต่อการไหลจราจรบนช่วงถนนทางหลวง



รูปที่ 2.1-1 คุณลักษณะของช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร

ประเภททางหลวงหลายช่องจราจร ประกอบด้วยทางหลวงรูปแบบต่าง ๆ ตามลักษณะกายภาพ สภาพข้างทาง ความชันของถนน ซึ่งประกอบด้วยประเภทต่าง ๆ ดังนี้

- ทางหลวง 4 ช่องจราจรหรือทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร
- ทางหลวงหลายช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง หรือแบบไม่มีเกาะกลาง
- ทางหลวงหลายช่องจราจรแบบมีทางขนาน
- ทางหลวงหลายช่องจราจรในเขตชานเมืองหรือนอกเขตเมือง
- ทางหลวงหลายช่องจราจรบนทางเขา

2.1.2. สภาพพื้นฐานของทางหลวงหลายช่องจราจร

การกำหนดสภาพพื้นฐาน (Base conditions) เป็นการตั้งสมมติฐานของทางหลวงหลายช่องจราจรในกลุ่มที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร หรือมีการรบกวนการไหลของกระแสจราจรน้อยที่สุด โดยอ้างอิงจากลักษณะทางกายภาพของถนนที่ผู้ใช้ทางสามารถใช้ความเร็วได้อย่างต่อเนื่อง มีความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนนต่ำ มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานชั้นทางพิเศษหรือมาตรฐานชั้นทางที่ดีที่สุดของกรมทางหลวง จึงได้กำหนดให้ลักษณะกายภาพพถนนตามสภาพพื้นฐานเทียบเท่ากับมาตรฐานชั้นทางพิเศษ โดยมีข้อกำหนดลักษณะทางกายภาพของถนน และตัวอย่างทางหลวงหลายช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน ดัง**รูปที่ 2.1-2**

- ความกว้างช่องจราจรมากกว่าหรือเท่ากับ 3.50 เมตร
- ความกว้างไหล่ทางจราจร ไหล่จราจรซ้าย มากกว่าหรือเท่ากับ 2.50 เมตร และไหล่จราจรขวามากกว่าหรือเท่ากับ 1.00 เมตร
- มีเกาะกลางแบ่งทิศทางจราจร
- อยู่เขตนอกเมือง มีความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนนและจุดกลับรถต่ำ
- ระดับความชันเป็นทางราบ (Grade 0-2%)

รูปที่ 2.1-2 ทางหลวงหลายช่องจราจรที่ไม่มีการรบกวนการไหลของกระแสจราจร ในสภาพพื้นฐาน

สภาพพื้นฐาน (Base conditions) ที่ก่อให้เกิดความจุสูงสุด (full capacity) ของช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร เกิดขึ้นภายใต้ข้อสันนิษฐานของสภาพอากาศที่ดี ทัศนวิสัยที่ดี ไม่มีอุบัติการณ์หรืออุบัติเหตุ ไม่มีงานก่อสร้างทาง และไม่มีความเสียหายที่ร้ายแรงของผิวทางที่จะส่งผลต่อการใช้งาน ถ้าไม่อยู่ในสภาพเหล่านี้ ความเร็วและความจุของช่วงถนนจะต้องทำการปรับแก้

2.2. หลักการพื้นฐานการจราจร

คุณลักษณะของการจราจร อาศัยทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร (Traffic Flow Theory) ในการอธิบายและวิเคราะห์พฤติกรรมของการจราจรและความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านการจราจร ซึ่งทฤษฎีการไหลของกระแสจราจรเป็นทฤษฎีที่ศึกษาเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ขับขี่ (Drivers) ยานพาหนะ (Vehicles) และถนน (Roadway)

ลักษณะพื้นฐานของสภาพการจราจร ซึ่งใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของกลุ่มยานพาหนะบนทางหลวง ประกอบด้วย ตัวแปรที่สำคัญ 3 ตัวแปร ได้แก่

- การไหลของการจราจร (Flow)
- ความเร็วของการจราจร (Speed)
- ความหนาแน่นของการจราจร (Density)

2.2.1. ตัวแปรที่เกี่ยวกับการไหล

(1) ปริมาณจราจร (Volume)

ปริมาณจราจร (Volume) คือ จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่ผ่านจุดหรือช่วงของช่องจราจรหรือถนนที่กำหนด ณ เวลาหรือช่วงเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นคันต่อช่วงเวลา ปริมาณจราจรบนทางหลวงโดยทั่วไปแปรผันรายวัน รายสัปดาห์ และรายเดือน

(2) อัตราการไหล (Flow rate)

อัตราการไหล (Flow rate) คือ จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่ผ่านจุดหรือช่วงของถนนที่กำหนด ใน 1 ชั่วโมง โดยทั่วไป การประมาณค่าอัตราการไหลจะวัดในช่วงเวลาที่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ปกติจะนับในช่วง 15 นาที และแปลงค่าปริมาณจราจรเป็นคันต่อชั่วโมง

(3) ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)

ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (Peak Hour Factor: PHF) คือ การแปรปรวนของการไหลการจราจรใน 1 ชั่วโมง โดยทั่วไป ปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วนถูกใช้ในการคาดการณ์ความจุและตัวแปรปัจจัยอื่น ๆ ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด หาได้จากปริมาณจราจรรายชั่วโมงและอัตราการไหลสูงสุด ซึ่งวิเคราะห์ได้จากสมการ

$$PHF = \frac{Hourly\ volumn}{Peak\ flow\ rate}$$

(4) ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE)

ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent: PCE) คือ ค่าที่สะท้อนถึงอิทธิพลของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในการจราจร โดยประเมินเทียบกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เพื่อแปลงยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในกระแสจราจรซึ่งมีขนาดและพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกัน ให้เป็นหน่วยเดียวกันกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพียงประเภทเดียว ภายใต้ประเภททางหลวง สภาพการจราจร และการควบคุมที่กำหนด

ตารางที่ 2.2-1 ตัวอย่างประเภทยานพาหนะของกรมทางหลวงทั้ง 6 กลุ่มประเภท

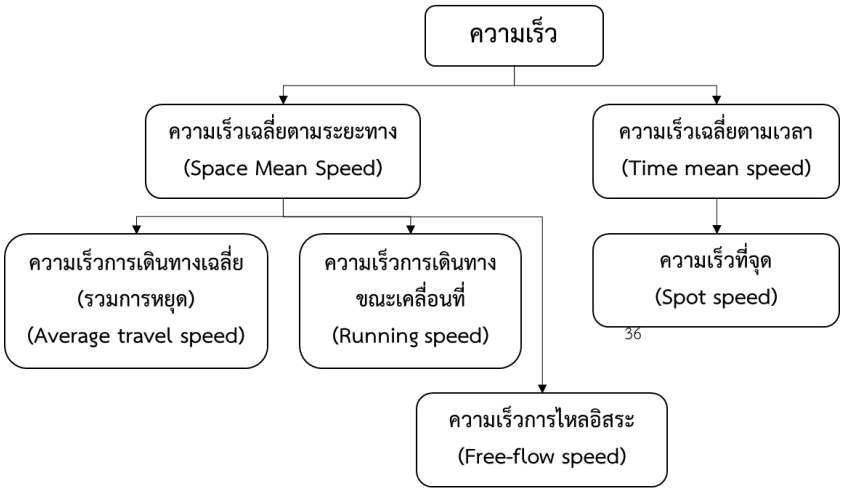
ประเภทยานพาหนะ	ภาพตัวอย่างยานพาหนะ
1. จักรยานยนต์ (MC, TC)	รถสามล้อเครื่อง รถสกูตเตอร์ รถจักรยานยนต์
2. รถยนต์ (PC, PC-L)	รถแท็กซี่ รถจิ๊ป รถนั่งแบบเก๋ง รถพยาบาล SUV รถตู้
3. รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	รถสองแถวเล็ก รถบรรทุกเล็ก รถปิ๊กอัพ รถขยะ

ประเภทยานพาหนะ	ภาพตัวอย่างยานพาหนะ
4. รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	รถบรรทุก 6 ล้อ รถดับเพลิง รถสิบล้อ รถบรรทุกน้ำมัน รถผสมปูน รถดับเพลิง
5. รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	รถเมล์เล็ก รถสองแถว รถโดยสารขนาดใหญ่ รถประจำทาง
6. รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	รถบรรทุกพ่วงเกิน 3 เพลา พ่วงกระบะ รถบรรทุกกึ่งพ่วงเกิน 3 เพลา

2.2.2. ตัวแปรที่เกี่ยวกับความเร็วการจราจร

ความเร็ว หมายถึง เป็นการดัชนีชี้วัดพื้นฐานของประสิทธิภาพการจราจรบนถนน ความเร็วหมายถึงอัตราการเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นระยะทางต่อหน่วยเวลา ยานพาหนะแต่ละคันในกระแสจราจรเคลื่อนตัวด้วยความเร็วที่ต่างกัน ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของความเร็วจึงมักถูกใช้อธิบายคุณลักษณะของกระแสจราจร

ความเร็วเฉลี่ย สามารถวัดจากความเร็วเฉลี่ยตามระยะทางและความเร็วเฉลี่ยตามเวลา ค่าพารามิเตอร์ความเร็วที่ถูกใช้ในการนิยามกระแสจราจรทีอย่างหลากหลาย ดัง**รูปที่ 2.2-1** ได้แก่



รูปที่ 2.2-1 ประเภทและการวิเคราะห์ความเร็วการจราจร

(1) ความเร็วเฉลี่ยตามเวลา (Time Mean Speed)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความเร็วที่สังเกตได้ ณ จุดที่กำหนดบนถนน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากผลรวมของความเร็วชั่วขณะของยานพาหนะหารด้วยจำนวนยานพาหนะที่ผ่านจุดสำรวจ

(2) ความเร็วเฉลี่ยตามระยะทาง (Space Mean Speed)

ความเร็วเฉลี่ยตามระยะทาง (Space Mean Speed) คือ ค่าเฉลี่ยของความเร็วที่วัดจากระยะเวลาเฉลี่ยในการเดินทางผ่านช่วงของถนนหรือตามระยะทางที่กำหนด ความเร็วเฉลี่ยตามระยะทางเป็นพื้นฐานของการประมาณความเร็วการเดินทางเฉลี่ย ความเร็วในการวิ่งรถเฉลี่ย และความเร็วการไหลอิสระ

2.2.3. ตัวแปรที่เกี่ยวกับความหนาแน่นของการจราจร

ความหนาแน่นการจราจร (Density) คือ จำนวนยานพาหนะที่ครอบครองพื้นผิวจราจรในช่วงความยาวของถนนหรือช่องจราจรที่กำหนด มีหน่วยเป็นคันต่อระยะทาง เช่น คันต่อกิโลเมตร เป็นต้น

ความหนาแน่นของการจราจรจะบ่งบอกถึงคุณภาพของการจราจรและสะท้อนถึงความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่ในกระแสจราจร ถ้าช่วงถนนมีความหนาแน่นสูง ถนนจะอยู่ในสภาพการจราจรติดขัด

อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นการจราจรสามารถวัดโดยตรงได้ยากในภาคสนาม แต่สามารถประเมินได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการจราจรและอัตราการไหล

2.2.4. ระยะห่างระหว่างยานพาหนะ (Headway and Spacing)

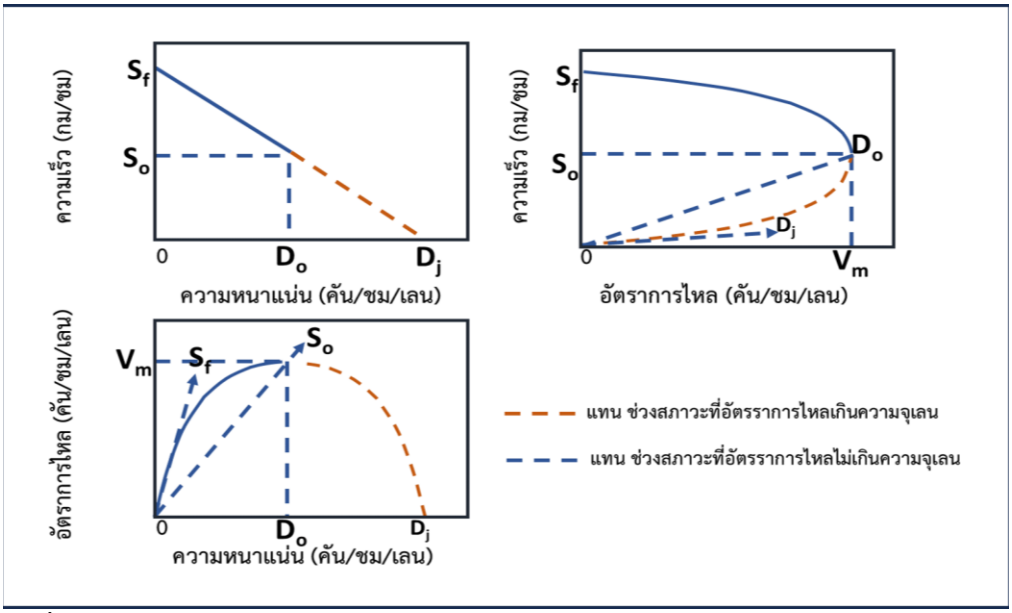
ระยะห่างระหว่างยานพาหนะ เป็นตัวแปรในระดับจุลภาคที่ใช้อธิบายลักษณะของกระแสจราจร โดยใช้อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะรายคันในกระแสจราจร ซึ่งสามารถจำแนกเป็น

Headway หรือ ช่วงห่างระหว่างยานพาหนะ คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดสังเกตบนช่องจราจรหรือช่วงถนน โดยวัดจากจุดอ้างอิงเดียวกันของยานพาหนะที่ขับตามกัน Headway ส่งผลต่ออัตราการไหลของกระแสจราจร ถ้าค่า Headway ต่ำ แล้วอัตราการไหลของกระแสจราจรจะสูง

Spacing หรือ ระยะห่างระหว่างยานพาหนะ คือ ระยะห่างระหว่างยานพาหนะที่วิ่งตามกันมาในกระแสจราจร ซึ่งวัดจากตำแหน่งเดียวกันของยานพาหนะที่ขับตามกัน ถ้าค่า Spacing ต่ำ แปลว่า ความหนาแน่นการจราจรจะสูง

2.2.5. คุณลักษณะการไหลของกระแสจราจร (Flow Characteristics)

คุณลักษณะการไหลของกระแสจราจร หมายถึง ลักษณะพื้นฐานของสภาพการจราจร ซึ่งใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของกลุ่มยานพาหนะบนทางหลวง โดยตัวแปรสำคัญที่ใช้การอธิบายคุณลักษณะการไหลของกระแสจราจร มีอยู่ด้วยกัน 3 ตัวแปรหลัก ได้แก่ อัตราการไหลการจราจร (Flow, V) ความเร็วการจราจร (Speed, S) และความหนาแน่นของการจราจร (Density, D) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันตามหลักของทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร แสดงดัง**รูปที่ 2.2-2** โดยความสัมพันธ์ของตัวแปรเสามารถอธิบายได้ดังสมการ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ความเร็ว และความหนาแน่นของการจราจร

$$D = \frac{V}{S}$$

โดยที่ V = อัตราการไหลเฉลี่ย (คัน/ชั่วโมง)

D = ความหนาแน่นเฉลี่ย (คัน/กิโลเมตร)

S = ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

D_j = ความหนาแน่นที่การจราจรติดขัด (Jam density)

S_f = ความเร็วการไหลอิสระ (Free-flow speed)

V_m = อัตราการไหลสูงสุด หรือความจุ (Capacity)

D_0 = ความหนาแน่นที่ทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุด

S_0 = ความเร็วที่ทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุด

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นการจราจร (Speed-Density) ความเร็วการจราจรแปรผกผันกับความหนาแน่นของการจราจร เมื่อมีจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรต่ำ ความหนาแน่นการจราจรต่ำ ผู้ขับขี่สามารถเลือกใช้ความเร็วได้อย่างอิสระในอัตราความเร็วที่สูง แต่เมื่อมีจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรเพิ่มมากขึ้น ความหนาแน่นการจราจรสูงขึ้น ผู้ขับขี่จะถูกจำกัดการใช้ความเร็วจากยานพาหนะอื่นในกระแสจราจรทำให้อัตราความเร็วต่ำลง จนกระทั่งจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรมีความหนาแน่นสูงสุด ยานพาหนะไม่สามารถเคลื่อนตัวได้
- ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความหนาแน่นการจราจร (Flow-Density) เมื่อจำนวนยานาพาหนะในกระแสจราจรต่ำ ความหนาแน่นการจราจรต่ำและอัตราการไหลการจราจรต่ำ และเมื่อจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นการจราจรสูงขึ้น การจราจรเคลื่อนตัวได้ช้า และเมื่อจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรเพิ่มสูงมาก เกิดสภาพการจราจรติดขัด การจราจรเคลื่อนตัวผ่านได้น้อย
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับอัตราการไหลการจราจร (Speed-Flow) เมื่อจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรต่ำ อัตราการไหลการจราจรต่ำ ทำให้ผู้ขับขี่สามารถใช้ความเร็วได้สูง เมื่อจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วในการเดินทางลดลง และเมื่อจำนวนยานพาหนะในกระแสจราจรเพิ่มสูงมาก เกิดสภาพการจราจรติดขัด การจราจรเคลื่อนตัวผ่านได้น้อย เกิดเป็นจุดคอขวด ทำให้ความเร็วในการเดินทางต่ำ

จุดคอขวดบนทางหลวงสามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น กระแสจราจรเกิดการรวมกัน แยกกัน และตัดสลับกัน จำนวนช่องจราจรลดลง กิจกรรมการก่อสร้างบำรุงทาง อุบัติเหตุหรืออุบัติการณ์ และคุณลักษณะทางเรขาคณิตทางหลวงที่ส่งผลต่อการชะลอความเร็ว เช่น ทางลาดขึ้นหรือโค้งราบที่แคบ

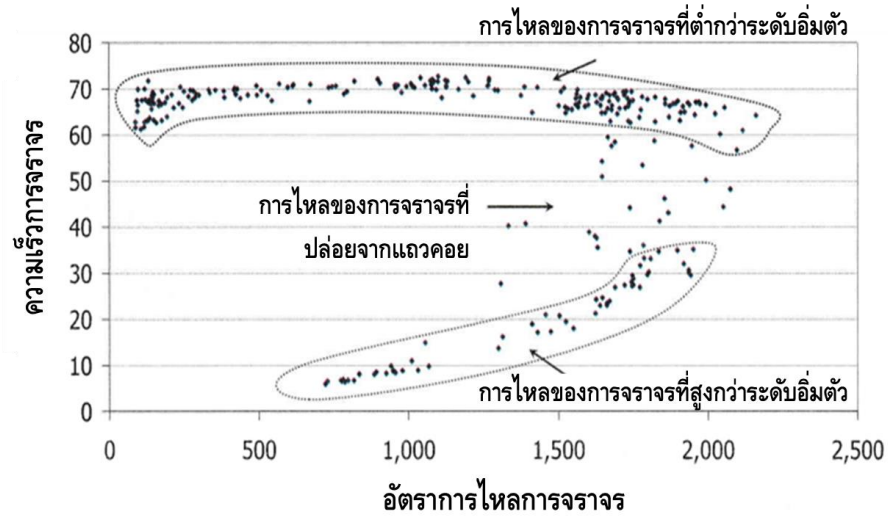
จากสมการและความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร (Speed-Flow) ข้างต้น สามารถแบ่งสภาพการจราจรออกเป็น 3 ลักษณะ ดัง**รูปที่ 2.2-3** และ**รูปที่ 2.2-4** โดยมีรายละเอียดดังนี้

1 การไหลของการจราจรที่ต่ำกว่าระดับอิ่มตัว (Undersaturated flow) แสดงถึงสภาวะที่กระแสจราจรไม่ได้รับผลกระทบจากคอขวดบริเวณต้นทางหรือปลายทาง

2 การไหลของการจราจรที่ปล่อยจากแถวคอย (Queue discharged flow) แสดงถึงสภาวะที่การไหลของการจราจรคับคั่งซึ่งเพิ่งผ่านจุดคอขวด และกำลังเร่งความเร็วกลับไปสู่ความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องการ หากไม่มีจุดคอขวดบริเวณช่วงปลายทางอื่น ๆ การปล่อยแถวคอยจะค่อนข้างคงที่จนกว่ายานพาหนะจะถูกปล่อยจนหมด

3 การไหลของการจราจรที่สูงกว่าระดับอิ่มตัว (Oversaturated flow) แสดงถึงสภาวะที่การจราจรได้รับผลกระทบ เกิดแถวคอยจากจุดคอขวดบริเวณช่วงปลายทาง สภาพการจราจรไม่ได้สะท้อน

ถึงสภาวะการจราจรที่เกิดขึ้นของช่วงถนนนั้น ๆ แต่เป็นผลลัพธ์ของปัญหาจุดคอขวดปลายทาง การไหลของการจราจรที่สูงกว่าระดับอิ่มตัวเป็นลักษณะการจราจรที่ติดขัด



รูปที่ 2.2-3 คุณลักษณะการไหลของกระแสจราจร (Flow Characteristic)

ที่มา: Highway Capacity Manual (2016)

Undersaturated flow Queue discharged flow Oversaturated flow

รูปที่ 2.2-4 ตัวอย่างสภาพการจราจรบนช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร

2.2.6. ความเร็วการไหลอิสระ และปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วการไหลอิสระ

ความเร็วการไหลอิสระ (Free-Flow Speed: FFS) คือ ความเร็วยานพาหนะที่ผู้ใช้ทางมีแนวโน้มจะขับขี่ด้วยความเร็วที่ต้องการ และไม่ถูกกีดขวางจากยานพาหนะอื่นหรือจำกัดด้วยอุปกรณ์ควบคุมการจราจร ความเร็วการไหลอิสระเป็นความเร็วเฉลี่ยที่ยวดยานเคลื่อนที่ หากการจราจรไม่ติดขัดหรือสภาวการณ์ผิดปกติ

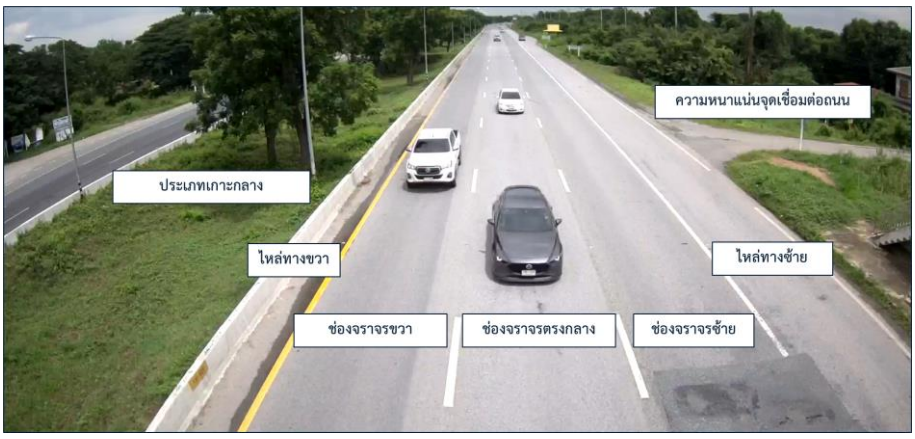
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) มีนิยามที่แตกต่างกันตามการนำไปใช้ ได้แก่

- ความเร็วการจราจรตามทฤษฎี เมื่อความหนาแน่นการจราจรเป็นศูนย์หรือไม่มียานพาหนะอื่นในกระแสจราจร
- ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนช่วงถนนในเขตเมือง ที่ไม่มีทางแยกสัญญาณไฟตัดผ่าน ภายใต้สภาพการจราจรที่มีปริมาณจราจรต่ำ
- ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลบนช่วงถนนทางหลวงพิเศษหรือทางหลวง ภายใต้สภาพการจราจรที่มีปริมาณจราจรต่ำ

ความเร็วการไหลอิสระ (Free-Flow Speed) สามารถประเมินได้ 3 วิธี

- ประเมินจากการวัดโดยตรงในภาคสนาม (Measured FFS) ซึ่งเป็นความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะภายใต้สภาพการจราจรที่มีปริมาณจราจรต่ำ (น้อยกว่า 500 คัน/ชั่วโมง/ช่อง) บนถนนที่ห่างจากทางร่วมทางแยกที่ส่งผลให้การจราจรหยุดหรือชะลอตัว
- ประเมินจากแบบจำลองการคาดการณ์ (Estimated FFS)
- ประเมินจากค่าขีดจำกัดความเร็วบวกด้วยค่าปรับแก้ (Posted speed)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเร็วการไหลอิสระ (FFS) โดยส่วนใหญ่เป็นปัจจัยด้านลักษณะกายภาพถนน ได้แก่ ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง รูปแบบเกาะกลาง ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน และตำแหน่งช่องจราจร ดังแสดงใน**รูปที่ 2.2-5** โดยมีรายละเอียดนิยามและข้อกำหนดของดังนี้



รูปที่ 2.2-5 ปัจจัยด้านลักษณะกายภาพถนนที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

(1) ความกว้างช่องจราจร (Lane Width)

ความกว้างช่องจราจร คือ ขนาดความกว้างของช่องเดินรถหรือช่องถนนที่กำหนดให้ยานพาหนะวิ่งภายในเขต เพื่อที่จะควบคุมและเป็นแนวทางให้กับผู้ขับขี่ และลดความขัดแย้ง อ้างอิงจากมาตรฐานชั้นทางพิเศษ ความกว้างช่องจราจรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมตร และกำหนดให้เป็นค่าสูงสุด (Upper) หรือค่าที่ไม่มีผลกระทบต่อการใช้ความเร็ว และกำหนดให้ค่าต่ำสุด (Lower) ของความกว้างช่องจราจร มีค่าเท่ากับ 3.0 เมตร ซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้ความเร็ว

(2) ความกว้างไหล่ทาง (Lateral Clearance)

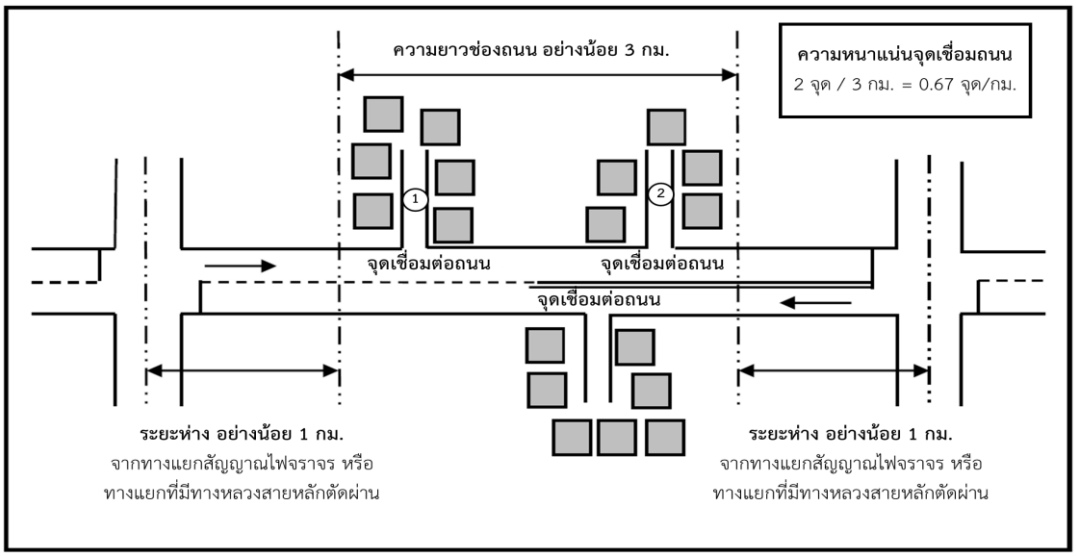
ความกว้างไหล่ทาง คือ ขนาดความกว้างของส่วนของถนนที่ติดอยู่กับช่องเดินรถ หรือพื้นที่จากเส้นทึบซ้ายสุดของทางที่เป็นแนวริมของทางเดินรถ เพื่อเป็นที่หยุดรถในกรณีฉุกเฉินและอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังมีตัวแปรความกว้างไหล่ทางด้านขวา ซึ่งเป็นระยะระหว่างเกาะกลางจนถึงช่องจราจรด้านขวา โดยกำหนดให้ความกว้างไหล่ทางด้านซ้ายตามสภาพพื้นฐานมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมตร ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าสูงสุด (Upper) ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความเร็ว และกำหนดให้ค่าต่ำสุด (Lower) ของความกว้างไหล่ทางมีค่าเท่ากับ 0 เมตร หรือไม่มีไหล่ทาง ซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้ความเร็วสูงสุด สำหรับกรณีไหล่ทางด้านขวาของทางหลวงที่ไม่มีเกาะกลางกำหนดให้มีค่าเทียบเท่ากับไม่มีไหล่ทาง

(3) รูปแบบเกาะกลาง (Median Type)

รูปแบบเกาะกลาง คือ รูปแบบการแบ่งทิศทางการจราจร ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ มีการแบ่งทิศทางจราจร (Divided) และไม่มีการแบ่งทิศทางจราจร (Undivided) โดยรวมไปถึงเกาะสี โดยกำหนดให้รูปแบบเกาะกลางตามสภาพพื้นฐาน คือ มีเกาะกลาง ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าสูงสุด (Upper) ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความเร็ว และกำหนดให้ค่าต่ำสุด (Lower) ให้เท่ากับทางหลวงที่ไม่มีเกาะกลาง

(4) ความหนาแน่นจุดเชื่อมต่อ (Access Point Density)

จุดเชื่อมต่อถนน คือ ทางร่วมทางแยกหรือทางเข้าออกที่มีผลกระทบต่อการไหลของกระแสจราจร ซึ่งไม่นับรวมจุดที่ผู้ขับขี่ไม่สังเกตเห็น มีกิจกรรมข้างทาง หรือปริมาณจราจรการเข้าออกต่ำ จุดเชื่อมต่อถนนที่ส่งผลต่อความเร็วการไหลอิสระ ได้แก่ ทางเชื่อมสายหลักและรอง หมู่บ้าน ตลาด โรงพยาบาล ปั๊มน้ำมัน ห้างสรรพสินค้า จุดกลับรถ และจุดเปิดทางคู่ขนาน ซึ่งความหนาแน่นจุดเชื่อมต่อหาได้จากการนับจุดเชื่อมต่อในแต่ละทิศทาง ดัง**รูปที่ 2.2-6** โดยกำหนดให้จำนวนจุดเชื่อมต่อถนนตามสภาพพื้นฐานเท่ากับไม่มีจุดเชื่อมต่อถนนและกำหนดให้เป็นค่าสูงสุด (Upper) ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความเร็ว และกำหนดให้ค่าต่ำสุด (Lower) ของจุดเชื่อมต่อถนนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 จุด/กิโลเมตร ซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้ความเร็ว โดยกำหนดช่วงความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนนเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 และมากกว่า 8 จุด/กม. แสดงตัวอย่างดัง**รูปที่ 2.2-7**



รูปที่ 2.2-6 ความหนานแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)

รูปที่ 2.2-7 ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนนในแต่ละระดับ

(5) ตำแหน่งช่องจราจร (Lane Position)

ตำแหน่งช่องจราจร คือ ตำแหน่งของถนนที่อ้างอิงจากเกาะกลาง โดยให้ช่องจราจรที่อยู่ติดกับเกาะกลางที่สุดเป็นช่องจราจรด้านใน ช่องจราจรตรงกลาง และช่องจราจรที่ติดข้างทางเป็นช่องจราจรด้านนอก โดยที่กำหนดให้ช่องจราจรด้านในหรือช่องขวาเป็นค่าสูงสุด (Upper) ที่ไม่ได้รับผลกระทบต่อความเร็ว ตามด้วยช่องตรงกลางที่มีความเร็วต่ำลง และกำหนดให้ค่าต่ำสุด (Lower) ที่ช่องจราจรด้านนอกหรือช่องซ้ายที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมข้างทาง หรือมีการใช้ความเร็วต่ำกว่าช่องด้านขวา

2.3. ความจุทางหลวงและระดับการให้บริการ

หัวข้อนี้จะกล่าวถึง นิยามของความจุทางหลวง (Highway Capacity) และนิยามของระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS)

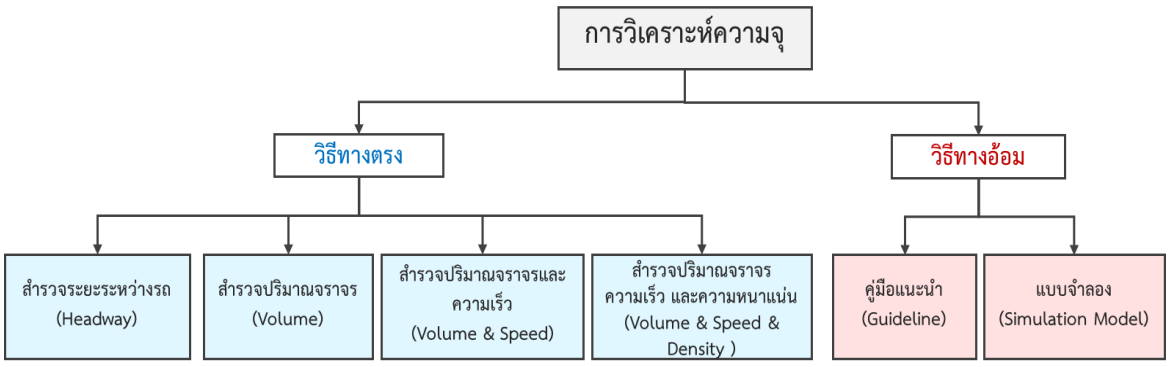
2.3.1. ความจุทางหลวง (Capacity)

ความจุ คือ อัตราการไหลสูงสุดรายชั่วโมงของยานพาหนะที่สามารถผ่านจุดบนช่องจราจรหรือถนนในช่วงเวลาหนึ่ง ภายใต้สภาพของถนน การจราจร สภาพแวดล้อม และการควบคุมการจราจร

โดยการวิเคราะห์ค่าความจุของทางหลวง สามารถแบ่งได้ 2 วิธี ดัง**รูปที่ 2.3-1** ได้แก่

(1) Direct Empirical คือวิธีการประมาณค่าความจุโดยตรงจากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลการจราจรของช่วงถนน โดยข้อมูลด้านจราจร เช่น ปริมาณยานพาหนะ ความเร็ว ความหนาแน่น และ Headway ที่เกี่ยวข้องทางทฤษฎีอัตราการไหลของกระแสจราจร

(2) Indirect Empirical คือ วิธีการประมาณค่าความจุทางอ้อม โดยอ้างอิงการใช้คู่มือแนะนำ เช่น HCM และแบบจำลอง (Simulation models) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ความจุของช่วงถนน



รูปที่ 2.3-1 การจำแนกวิธีการประมาณค่าความจุของถนน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Minderhoud et al 1997

จากการวิเคราะห์ค่าความจุของทางหลวงหลายช่องจราจรสำหรับกรมทางหลวง โดยวิธีการประมาณค่าความจุทางหลวงจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร (Speed-Flow) จากการสำรวจข้อมูลความเร็วและอัตราการไหลของทางหลวงหลายช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวง จำแนกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ (FFS) พบว่า กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลที่ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่าง ๆ สามารถประมาณค่าจุดวกกลับของกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow ได้ค่าความจุทางหลวงกรณีวิเคราะห์เฉลี่ยของทุกช่องจราจรดัง**ตารางที่ 2.3-1** และค่าความจุทางหลวงกรณีวิเคราะห์แยกช่องจราจรดัง**ตารางที่ 2.3-2**

ตารางที่ 2.3-1 ค่าความจุทางหลวงตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) จากข้อมูลสำรวจรวมทุกช่องจราจร

ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) (กม./ชม.)	ความจุทางหลวง (Capacity) (PCU/ชม./ช่องจราจร)
60	1,600
70	1,750
80	1,900
90	2,000

ตารางที่ 2.3-2 ค่าความจุทางหลวงตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) จากข้อมูลสำรวจแยกช่องจราจร

ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) (กม./ชม.)	ความจุทางหลวง (Capacity) (PCU/ชม./ช่องจราจร)	
	ทางหลวง 4 ช่องจราจร	ทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร
60	1,750*	1,750*
70	1,850*	1,900
80	1,950*	2,100
90	2,050	2,150
100	2,100	2,200

***หมายเหตุ:** ค่าความจุทางหลวงจากการประมาณค่า

2.3.2. ระดับการให้บริการ (Level of Service)

ระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) เป็นดัชนีชี้วัดเชิงคุณภาพของการไหลของยานพาหนะบนทางหลวง อธิบายถึงสภาพการจราจรและประสิทธิภาพการใช้งานของทางหลวง การให้บริการภายใต้กระแสจราจร ระดับการให้บริการ (LOS) สามารถวัดได้จากความเร็ว ระยะเวลาในการเดินทาง อิสระในการเคลื่อนที่ การกีดขวางการจราจร ความสะดวกสบายในการเดินทางและความปลอดภัย

ระดับการให้บริการ (LOS) แบ่งออกได้เป็น 6 ระดับ ดังแสดงดัง**รูปที่ 2.3-2** ได้แก่

- **ระดับการให้บริการ A (LOS A)** สภาพการจราจรแบบไหลอิสระ การขับขี่ของยานพาหนะไม่ถูกกระทบจากยานพาหนะคันอื่นในกระแสจราจร ผู้ขับขี่มีอิสระในการเลือกใช้ความเร็วตามต้องการ มีอิสระสูงในการขับขี่รถในกระแสจราจร
- **ระดับการให้บริการ B (LOS B)** สภาพการจราจรที่ความเร็วยังสูงเท่าหรือเกือบเท่าความเร็วการไหลอิสระ แต่ยานพาหนะคันอื่นในกระแสจราจรเริ่มมีผลต่อผู้ขับขี่ อิสระในการขับขี่ควบคุมรถจะน้อยลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ LOS A
- **ระดับการให้บริการ C (LOS C)** ความเร็วยังสูงเท่าหรือเกือบเท่าความเร็วการไหลอิสระ แต่ความมีอิสระในการสัญจรจะถูกจำกัดมากขึ้น (เช่น ผู้ขับขี่ต้องระมัดระวังในการเปลี่ยนช่องจราจร) ระดับความสะดวกสบายลดลงอย่างมาก ถ้ามีอุบัติการณ์ใดๆ จะก่อให้เกิดความล่าช้า (Delay)
- **ระดับการให้บริการ D (LOS D)** สภาพการณ์ที่ความเร็วยานพาหนะเริ่มลดลงเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น อิสระในการขับขี่ควบคุมรถถูกจำกัดมากขึ้น ความมีอิสระในการสัญจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อุบัติการณ์สามารถก่อให้เกิดแถวคอยที่ยาวเพราะความหนาแน่นของยานพาหนะสูง ทำให้ไม่มีที่ว่างที่จะรองรับการชะงักต่อกระแสจราจร
- **ระดับการให้บริการ E (LOS E)** สภาพการจราจรที่ความจุหรือใกล้ถึงความจุของช่องจราจร ถ้ามีเหตุการณ์อะไรมากีดขวางการจราจรเพียงเล็กน้อย (เช่น มีรถเข้ามาเชื่อม หรือรถคันหน้าเปลี่ยนช่องจราจร) สามารถก่อให้เกิดกระแสจราจรติดขัดอย่างรุนแรง เกิดความล่าช้าเพราะยานพาหนะคันอื่นต้องชะลอ อิสระในการขับขี่ควบคุมรถถูกจำกัดอย่างมาก
- **ระดับการให้บริการ F (LOS F)** สถานการณ์ที่เกิดสภาพการจราจรติดขัดมียานพาหนะแออัดมาก อัตราการมาถึงของรถมากกว่าอัตราการปล่อยรถ นั่นคือ ความยาวแถวคอยจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีอุบัติการณ์ขึ้นบนทางหรือบริเวณตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร เช่น บริเวณที่มีกระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) กระแสจราจรตัดกัน (Weaving) หรือ ตำแหน่งที่มีจำนวนช่องจราจรลดลง (Lane Drop)

ระดับการให้บริการ A

ระดับการให้บริการ B

ระดับการให้บริการ C

ระดับการให้บริการ D

ระดับการให้บริการ E

ระดับการให้บริการ F

รูปที่ 2.3-2 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการต่างๆ

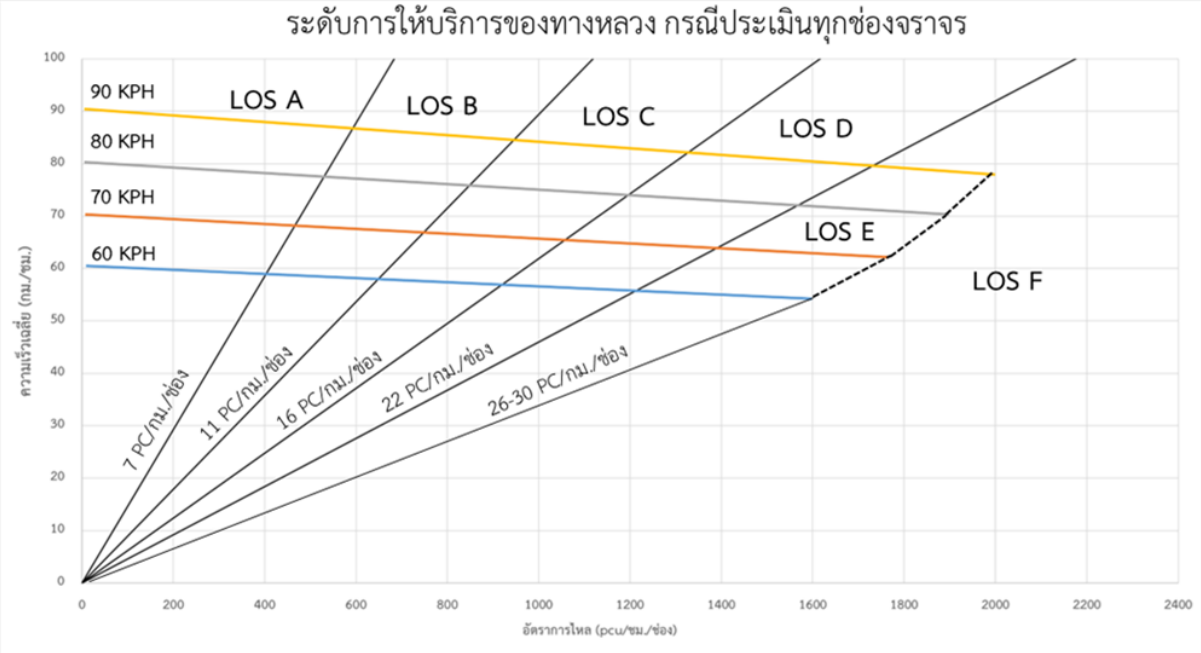
การประเมินระดับการให้บริการ (LOS) ของทางหลวงหลายช่องจราจร อาศัยความหนาแน่นการจราจร (Density) มาเป็นดัชนีชี้วัดระดับการให้บริการ โดยมีเกณฑ์การแบ่งระดับการให้บริการ (LOS) ของทางหลวง ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.3-3**

ตารางที่ 2.3-3 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงความหนาแน่นการจราจร

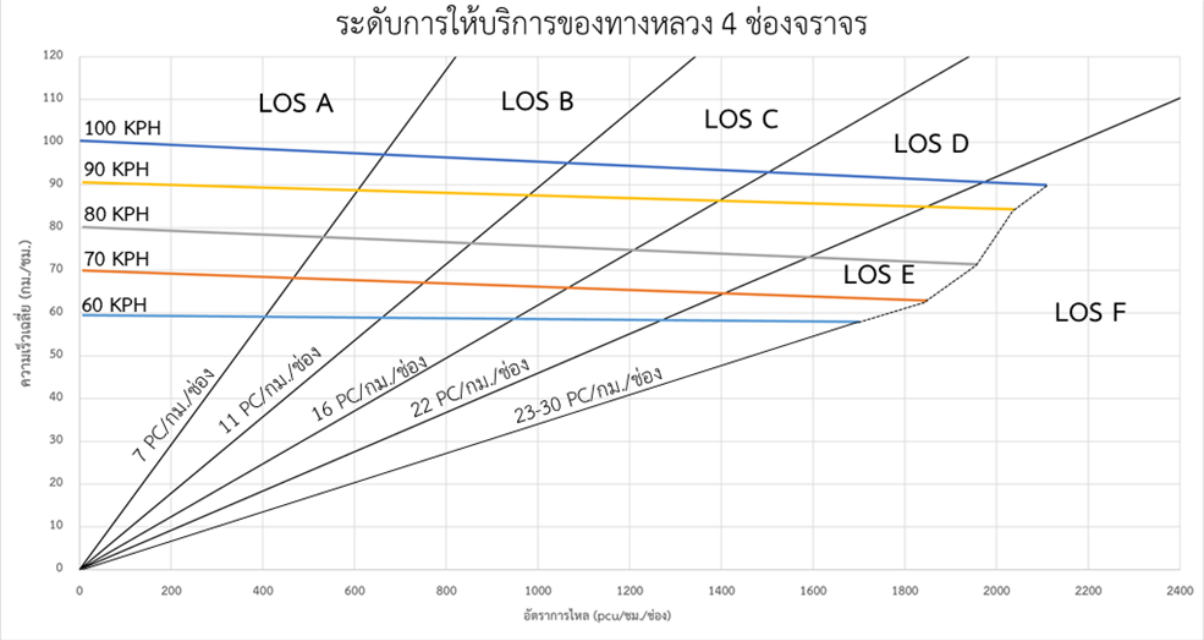
ระดับการให้บริการ (LOS)	ความหนาแน่นการจราจร (PCU/กม./ช่อง)
A	≤ 7
B	> 7 – 11
C	> 11 – 16
D	> 16 – 22
E	> 22 – 30*
F	> 30*

*เกณฑ์ความแน่นจราจรของ LOS F มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

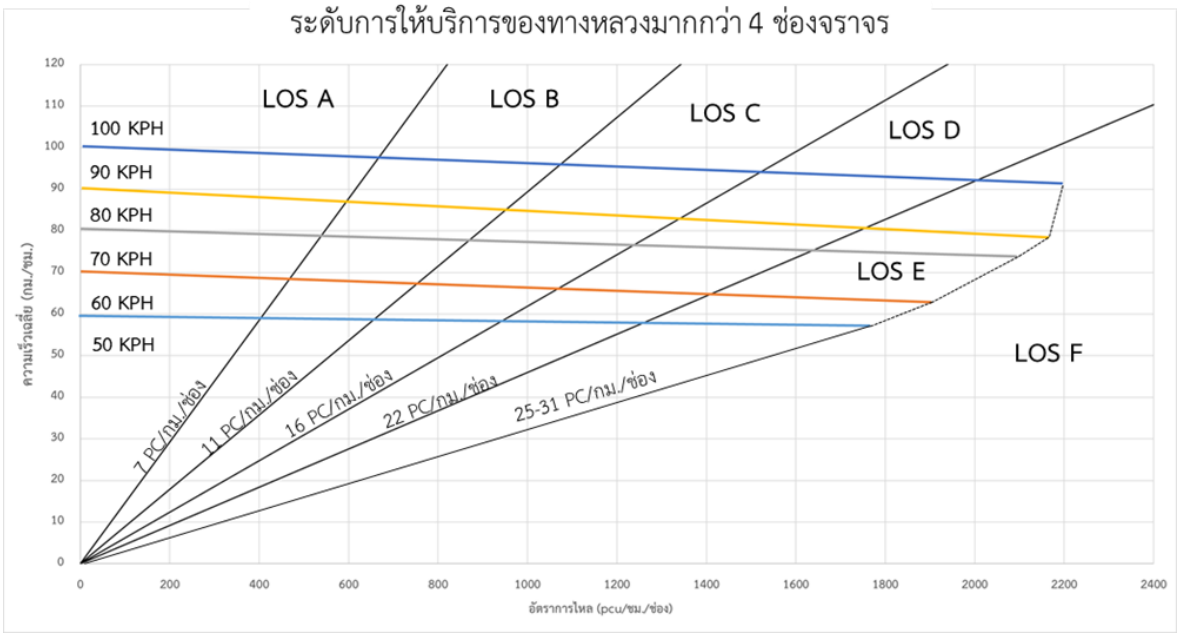
นอกจากนี้ สามารถแสดงช่วงของระดับการให้บริการ (LOS) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลจราจรได้ โดยแบ่งเป็นกรณีการวิเคราะห์เฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง ดังแสดงใน**รูปที่ 2.3-3** และกรณีวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวง 4 ช่องจราจร และทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร ดังแสดงใน**รูปที่ 2.2-4** และ **รูปที่ 2.3-5** ตามลำดับ



รูปที่ 2.3-3 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์ทุกช่องจราจร



รูปที่ 2.3-4 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวง 4 ช่องจราจร



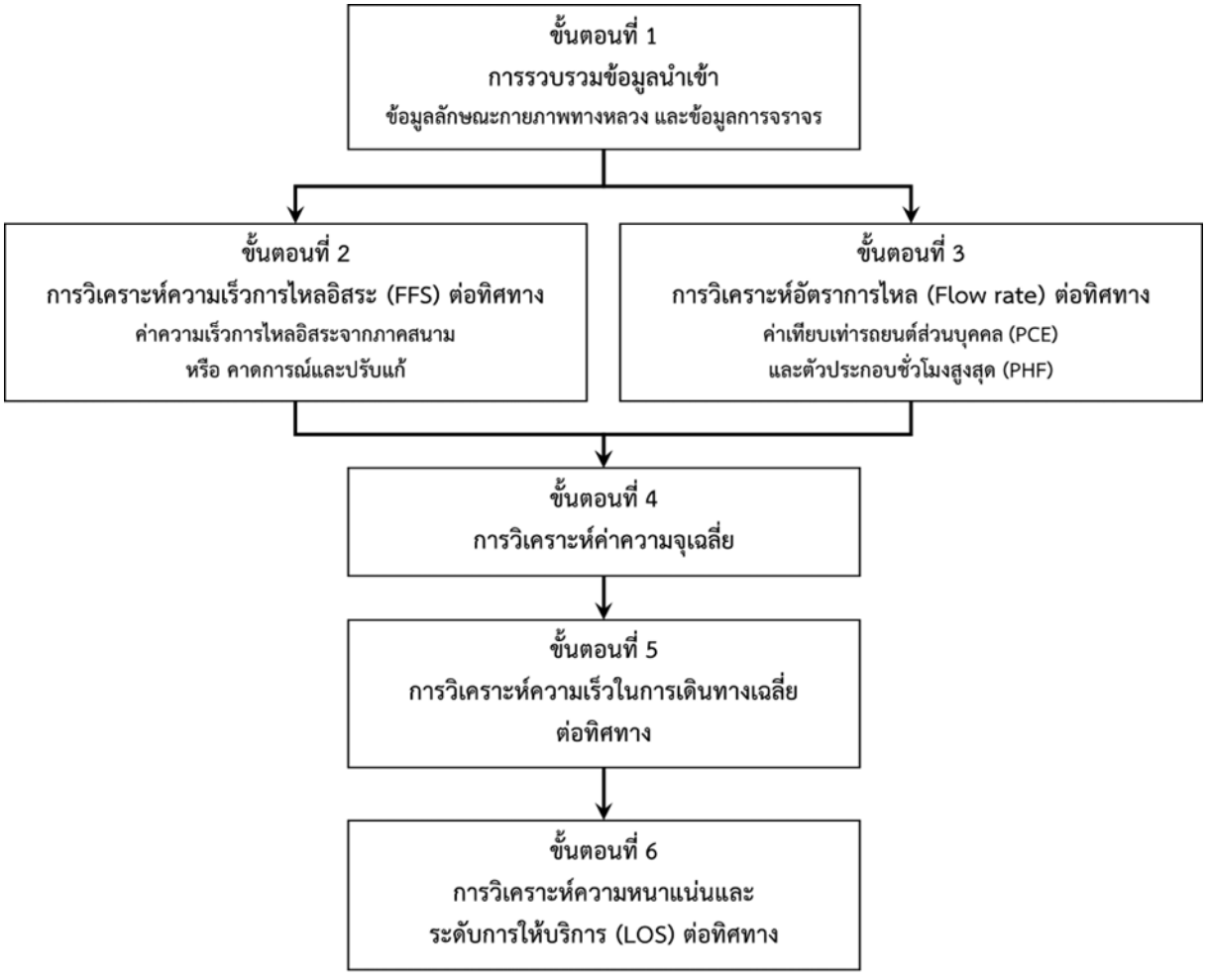
รูปที่ 2.3-5 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร

บทที่ 3
แนวทางการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน

3.1. การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน โดยวิธีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจรต่อทิศทาง เป็นการวิเคราะห์ความสามารถการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรในแต่ละทิศทางการจราจร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อช่วยตัดสินใจในงานวางแผน งานศึกษาความเป็นไปได้ งานประเมินทางเลือก และงานออกแบบทางหลวงหลายช่องจราจรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนนบนทางหลวงหลายช่องจราจร กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจร ใช้สำหรับการวิเคราะห์เพื่อการวางแผนออกแบบโครงข่ายทางหลวง ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังแสดงใน**รูปที่ 3.1-1**



รูปที่ 3.1-1 ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนนบนทางหลวงหลายช่องจราจร กรณีประเมินเฉลี่ยทุกช่องจราจร

3.1.1. ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้าสำหรับวิธีประเมินทุกช่องจราจร

การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการแบบรวมทุกช่องจราจร แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน และข้อมูลการจราจร โดยมีรายละเอียดของวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลและค่าพื้นฐาน (Default Value) ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1-1**

ตารางที่ 3.1-1 ข้อมูลที่จำเป็นในการประเมินความจุและระดับการให้บริการโดยวิธีประเมินทุกช่องจราจร

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	แหล่งข้อมูล	ค่าพื้นฐาน (Default)
ข้อมูลด้านกายภาพถนน		
ความกว้างช่องจราจร	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ฐานข้อมูล	3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ฐานข้อมูล	3.5 เมตร (ซ้าย 2.5 เมตร ขวา 1.0 เมตร)
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ฐานข้อมูล	-
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	พื้นที่ชานเมือง เท่ากับ 5 จุด/กม. พื้นที่นอกเมือง เท่ากับ 1 จุด/กม.
จำนวนช่องจราจร	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	อย่างน้อย 2 ช่องจราจร
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม แบบก่อสร้าง	-
ข้อมูลด้านการจราจร		
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	คาดการณ์จากแบบจำลอง
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (AADT)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ฐานข้อมูล	-
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	พื้นที่ชานเมือง เท่ากับ 0.95 พื้นที่นอกเมือง เท่ากับ 0.90
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	พื้นที่ชานเมือง เท่ากับ 0.52 – 0.62 พื้นที่นอกเมือง เท่ากับ 0.50 – 0.70
สัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงคับคั่ง	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	พื้นที่ชานเมือง เท่ากับ 0.06 – 0.12 พื้นที่นอกเมือง เท่ากับ 0.08 – 0.16

หมายเหตุ: พื้นที่เขตชานเมือง และเขตนอกเมือง อ้างอิงจาก โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการจำแนกลำดับชั้นของโครงข่ายทางหลวงแผ่นดินทั่วประเทศ (2562)

3.1.2. ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (Free Flow Speed: FFS) สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการสำรวจข้อมูลความเร็วจากภาคสนาม และวิธีการประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระจากแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

(1) การสำรวจข้อมูลความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางจากภาคสนาม (Measured FFS)

ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) คือ ค่าความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่สำรวจในช่วงเวลาที่มีปริมาณจราจรต่ำถึงปานกลาง (ไม่เกิน 500 คัน/ชม./ช่องจราจร) ซึ่งความเร็วของยานพาหนะที่วัดได้ควรจะใกล้เคียงกันในช่วงอัตราการไหลการจราจรที่สำรวจ

ค่าความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงควรเป็นค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (Field Measurement) โดยทำการสำรวจความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลทุกคันหรือสุ่มเลือกสำรวจอย่างเป็นระบบ (สำรวจทุก ๆ 10 คันในแต่ละช่องจราจร) และต้องทำการรวบรวมข้อมูลอย่างน้อย 100 คัน ซึ่งวิธีการสำรวจสามรถเลือกใช้วิธีการใดก็ได้ที่ได้รับการยอมรับและมีความน่าเชื่อถือตามมาตรฐานงานสำรวจข้อมูลจราจร อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ไม่สามารถทำการสำรวจข้อมูลความเร็วการไหลอิสระจากภาคสนามได้ แนะนำให้ใช้การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระ ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนถัดไป

(2) การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทาง (Estimated FFS)

การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร สามารถประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS) และปรับแก้ค่าความเร็วการไหลอิสระด้วยปัจจัยด้านลักษณะกายภาพถนนที่ส่งผลต่อการใช้ความเร็วการไหลอิสระ อันได้แก่ ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง ประเภทเกาะกลาง และความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน ซึ่งการประมาณค่าความเร็วดังกล่าวสามารถสรุปเป็นสมการดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{TLC} - f_M - f_{APD}$$

โดยที่

FFS = ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทาง (กม./ชม.)
$BFFS$ = ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (กม./ชม.)
f_{LW} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความกว้างช่องจราจร (กม./ชม.)
f_{TLC} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความกว้างไหล่ทาง (กม./ชม.)
f_M = ค่าปรับแก้เนื่องจากประเภทเกาะกลาง (กม./ชม.)
f_{APD} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (กม./ชม.)

ข้อมูลความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐานและค่าปรับแก้ต่าง ๆ ที่ใช้ในการประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระของทางหลวงหลายช่องจราจร มีรายละเอียดดังนี้

1. ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (BFFS)

   ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (Base Free-Flow Speed, BFFS) คือ ความเร็วการไหลอิสระเฉลี่ยของยานพาหนะทุกช่องจราจร ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากลักษณะกายภาพของถนน โดยสามารถอ้างอิงจากลักษณะกายภาพถนนที่สามารถใช้ความเร็วได้ต่อเนื่อง ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อทางหลวงต่ำ มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐานชั้นทางพิเศษหรือมาตรฐานชั้นทางที่ดีที่สุดของกรมทางหลวง ค่าความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐานของทางหลวงหลายช่องจราจรสำหรับกรมทางหลวง แสดงใน**ตารางที่ 3.1-2**

ตารางที่ 3.1-2 ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (BFFS)

ประเภททางหลวง	ค่าความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางในสภาพพื้นฐาน (กม./ชม.)
ทางหลวงหลายช่องจราจร	90.0

2. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (f_{LW})

   ความกว้างช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน อ้างอิงตามมาตรฐานชั้นทางพิเศษ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมตร แต่ในกรณีที่ความกว้างช่องจราจรมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าว จะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระลดลง ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากความกว้างช่องจราจร แสดงดัง**ตารางที่ 3.1-3**

ตารางที่ 3.1-3 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (f_{LW})

ความกว้างช่องจราจรเฉลี่ย (เมตร)	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)
≥ 3.50	0
3.25 – 3.49	6.2
3.00 – 3.24	12.4

หมายเหตุ: ความกว้างช่องจราจรมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างไหล่ทาง (f_{LC})

ความกว้างไหล่ทาง คือ ขนาดความกว้างของส่วนของถนนที่ติดอยู่กับช่องเดินรถโดยนับรวมทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา โดยในสภาพพื้นฐานความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้ายมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมตร และความกว้างไหล่ทางฝั่งขวามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 เมตร รวมสองฝั่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมตร โดยความกว้างไหล่ทางที่ลดลงจะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระลดลง ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากความกว้างไหล่ทาง แสดงดัง**ตารางที่ 3.1-4**

ตารางที่ 3.1-4 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (f_{LC})

ความกว้างไหล่ทางรวมสองฝั่ง (เมตร)	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)
≥3.50	0.0
3.00 – 3.49	0.9
2.50 – 2.99	1.8
2.00 – 2.49	2.7
1.50 – 1.99	3.6
1.00 – 1.49	4.4
0.50 – 0.99	5.3
0.00 – 0.49	6.2

หมายเหตุ: ความกว้างไหล่ทางรวมมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

4. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (f_M)

ทางหลวงหลายช่องจราจรสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีเกาะแบ่งทิศทางการจราจร (มีเกาะกลาง) และทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีเส้นแบ่งทิศทางการจราจร (ไม่มีเกาะกลาง) โดยการมีหรือไม่มีเกาะกลางจะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระแตกต่างกัน ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากประเภทเกาะกลาง แสดงดัง**ตารางที่ 3.1-5**

ตารางที่ 3.1-5 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (f_M)

ประเภทเกาะกลาง	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)
มีเกาะกลาง	0
ไม่มีเกาะกลาง	4.3

หมายเหตุ: ประเภทเกาะกลางมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านขวาเท่านั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, เกาะกลางแบบเกาะสีจัดเป็นประเภทไม่มีเกาะกลาง

5. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (f_{APD})

จุดเชื่อมต่อถนน (Access point) คือ ถนนสายรองหรือทางเชื่อมที่มีการสัญจรเข้าออกทางหลวงหลายช่องจราจรที่พิจารณา เช่น ตรอกซอย หมู่บ้าน ตลาด โรงพยาบาล ปั๊มน้ำมัน ห้างสรรพสินค้า จุดกลับรถ จุดเปิดทางคู่ขนาน เป็นต้น ซึ่งจุดเชื่อมต่อเหล่านั้นจะส่งผลกระทบต่อความเร็วการไหลอิสระ โดยทั่วไปพิจารณษจุดเชื่อมต่อที่มีปริมาณจราจรมากกว่า 20 คันต่อวัน เมื่อความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนนเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระลดลง ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อ แสดงได้ดัง**ตารางที่ 3.1-6**

ตารางที่ 3.1-6 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (f_{APD})

ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)
0.0 – 2.0	0.0
> 2.0 – 4.0	4.7
> 4.0 – 6.0	9.3
> 6.0 – 8.0	14.0
> 8.0	18.7

หมายเหตุ: ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทางที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.1.3. ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) โดยประเมินทุกช่องจราจร

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณจราจรในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit) ซึ่งวิเคราะห์ได้จากค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent) ของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ คูณกับจำนวนยานพาหนะประเภทนั้น ในหน่วย PCU/วัน ประกอบกับการพิจารณา ค่าสัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง และค่าสัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันในชั่วโมงคับคั่ง ส่วนด้วยค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF) และจำนวนช่องจราจร เพื่อให้ได้อัตราการไหลจราจรเฉลี่ยทุกช่องจราจรที่ปรับแก้แล้ว ดังแสดงในสมการ

$$v = \frac{V \times D \times K}{N \times PHF}$$

โดยที่

v = อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยทุกช่องจราจร (PCU/ชม./ช่องจราจร)
V = ปริมาณจราจรรายวันในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCU/วัน)
D = ค่าสัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง
K = ค่าสัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันในชั่วโมงคับคั่ง
PHF = ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด
N = จำนวนช่องจราจรในแต่ละทิศทาง

(1) ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE)

ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) คือ ค่าที่สะท้อนถึงอิทธิพลของยวดยานประเภทต่าง ๆ ในการจราจรโดยประเมินเทียบกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เพื่อแปลงยานพาหนะประเภทต่างๆ ในกระแสจราจรที่มีขนาดและพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกันให้เป็นหน่วยเดียวกันกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพียงประเภทเดียว ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V = \frac{\sum(V_i \times E_i)}{\sum V_i}$$

โดยที่

V = ปริมาณจราจรรายวันในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCU/วัน)
V_i = ปริมาณจราจรรายวันของยานพาหนะในแต่ละประเภท (คัน/วัน)
E_i = ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลของยานพาหนะในแต่ละประเภท

ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) จะมีค่าที่แตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศหรือความลาดชันของถนน ซึ่งทางหลวงโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นทางราบ (ความลาดชัน 0 – 2%) ซึ่งสามารถแสดงค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยที่ค่า PCE ของรถจักรยานยนต์เป็นค่าเฉพาะยานพาหนะที่วิ่งในช่องจราจรหลักเท่านั้น ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1-7** ในกรณีที่ทางหลวงมีความลาดชัน (ความลาดชัน > 2%) จะส่งผลให้ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลของยานพาหนะแต่ละประเภทเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่าแตกต่างกันตามประเภททางหลวง 4 ช่องจราจรดัง**ตารางที่ 3.1-8** และทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร ดัง**ตารางที่ 3.1-9**

ตารางที่ 3.1-7 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับพื้นที่ทางราบ ของทางหลวงหลายช่องจราจร

ลำดับ	กลุ่มยานพาหนะ	ประเภทยานพาหนะ	ค่า PCE
1	รถจักรยานยนต์ (MC, TC)	รถจักรยานยนต์ และสามล้อเครื่อง	0.99
2	รถยนต์ (PC, PC-L)	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1.00
3	รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	1.10
4	รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	1.42
5	รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	รถโดยสารขนาดกลาง รถโดยสารขนาดใหญ่	1.46
6	รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	รถบรรทุกพ่วง รถบรรทุกกึ่งพ่วง (> 3 เพลา)	1.67

หมายเหตุ: จากข้อมูลจราจรบนทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน 0 – 2% จำนวน 24 แห่ง

ตารางที่ 3.1-8 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับทางลาดชัน ของทางหลวง 4 ช่องจราจร

ประเภทยานพาหนะ	ความลาดชันของทางหลวง (%)											
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6
MC/TC	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
LT/LB	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11
MT/HT	1.53	1.50	1.47	1.45	1.43	1.42	1.42	1.43	1.44	1.46	1.49	1.52
MB/HB	1.45	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.47	1.47
FT/ST	1.73	1.72	1.70	1.69	1.68	1.67	1.67	1.68	1.68	1.69	1.71	1.73

ตารางที่ 3.1-9 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลสำหรับทางลาดชัน ของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร

ประเภทยานพาหนะ	ความลาดชันของทางหลวง (%)											
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6
MC/TC	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97
LT/LB	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11
MT/HT	1.56	1.52	1.49	1.46	1.44	1.43	1.42	1.43	1.45	1.47	1.50	1.54
MB/HB	1.45	1.45	1.45	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.47	1.47	1.47	1.47
FT/ST	1.82	1.77	1.73	1.70	1.68	1.67	1.68	1.69	1.72	1.76	1.80	1.86

(2) ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)

ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (Peak-Hour Factor: PHF) คือ ค่าที่แสดงความแตกต่างของการไหลของกระแสจราจรใน 1 ชั่วโมง เนื่องจากปริมาณจราจรที่ทำการสำรวจในช่วง 15 นาทีจะมีค่าไม่คงที่ตลอดชั่วโมง เพื่อหาปริมาณยานพาหนะสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วนจึงต้องมีการแปลงปริมาณจราจรให้สูงสุดตลอดชั่วโมง โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

โดยที่

PHF = ค่าตัวประกอบชั่วโมงสุงสุด (Peak Hour Factor)

V = ปริมาณยานพาหนะในชั่วโมงสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)

V_{15} = ปริมาณยานพาหนะสูงสุดใน 15 นาที (คันต่อ 15 นาที)

3.1.4. ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) โดยวิธีประเมินทุกช่องจราจร

ค่าความจุ (Capacity) ของทางหลวงหลายช่องจราจร วิเคราะห์ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล (Speed-flow curve) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ของกระแสจราจร โดยค่าความจุหาได้จากการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ซึ่งใช้ข้อมูลความจุทางหลวงที่ได้จากการสำรวจ โดยความจุทางหลวงเฉลี่ยทุกช่องจราจร สามารถดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1-10**

ตารางที่ 3.1-10 ค่าความจุทางหลวงเฉลี่ยทุกช่องจราจรตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

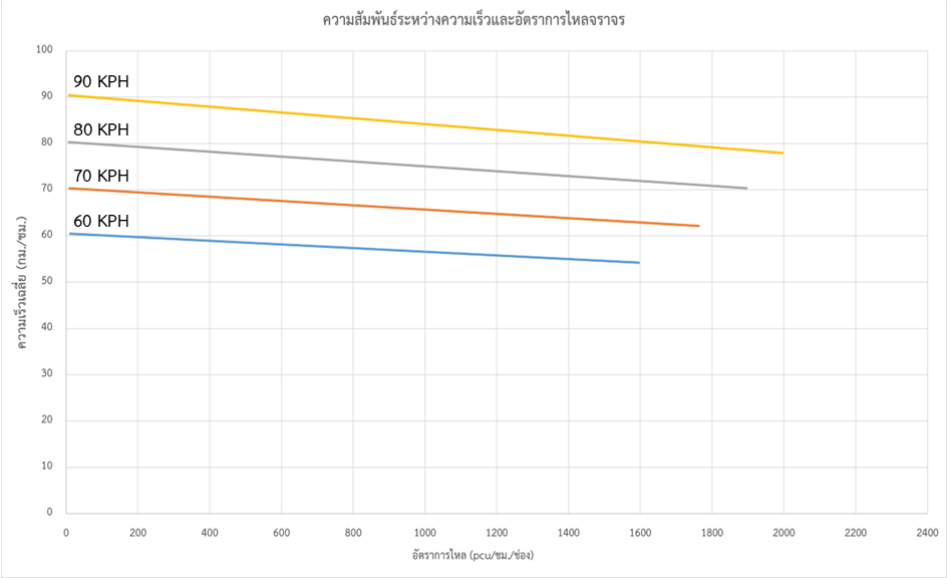
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) (กม./ชม.)	ความจุทางหลวง (Capacity) เฉลี่ยทุกช่องจราจร (PCU/ชม./ช่องจราจร)
60	1,600
70	1,750
80	1,900
90	2,000

เมื่อทราบค่าความจุทางหลวงแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาว่าการไหลของกระแสจราจรอยู่ในสภาวะอิ่มตัว (Oversaturated Flow) หรือสัดส่วนอัตราการไหลการจราจรต่อความจุ (V/C) มากกว่า 1.0 หรือไม่ ซึ่งหาก V/C มีค่ามากกว่า 1.0 จะสรุปได้ว่า มีระดับการให้บริการที่ LOS F แต่หากมีค่าน้อยกว่า 1.0 ให้พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ค่าความจุทางหลวงต่อทิศทาง สามารถคำนวณได้จากผลคูณของค่าความจุเฉลี่ยทุกช่องจราจรกับจำนวนช่องจราจร

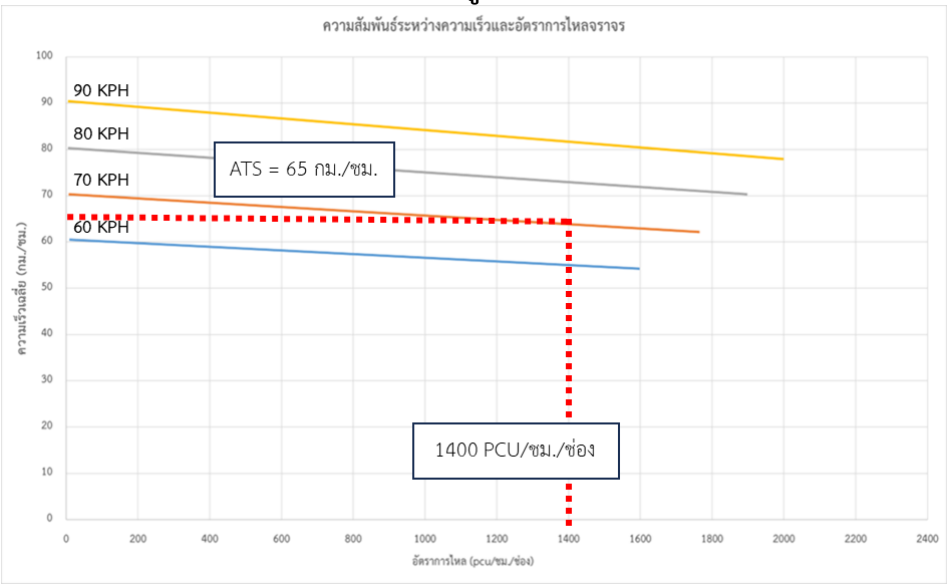
3.1.5. ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Speed: ATS) เป็นค่าความเร็ว ณ อัตราการไหลการจราจรหนึ่ง ๆ โดยวิเคราะห์ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร ตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง แสดงดัง**รูปที่ 3.1-2**



รูปที่ 3.1-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ

ตัวอย่างเช่น ถ้าอัตราการไหลการจราจรเฉลี่ยทุกช่องจราจรเท่ากับ 1,400 PCU/ชม./ช่องจราจร และกระแสจราจรมีความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทางเท่ากับ 70.0 กม./ชม. จะได้ว่า ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) เท่ากับ 65.0 กม./ชม. ดังแสดงใน**รูปที่ 3.1-3**



รูปที่ 3.1-3 การหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) จากกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow

3.1.6. ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและระดับการให้บริการ

ความหนาแน่นการจราจร (Density) สามารถคำนวนได้จากอัตราการไหลการจราจรหารด้วยความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ดังสมการ

$$D = \frac{v}{ATS}$$

โดยที่

D = ความหนาแน่นการจราจรเฉลี่ยทุกช่องจราจร (PCU/กม./ช่องจราจร)

v = อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยทุกช่องจราจร (PCU/ชม./ช่องจราจร)

ATS = ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยทุกช่องจราจร (กม./ชม.)

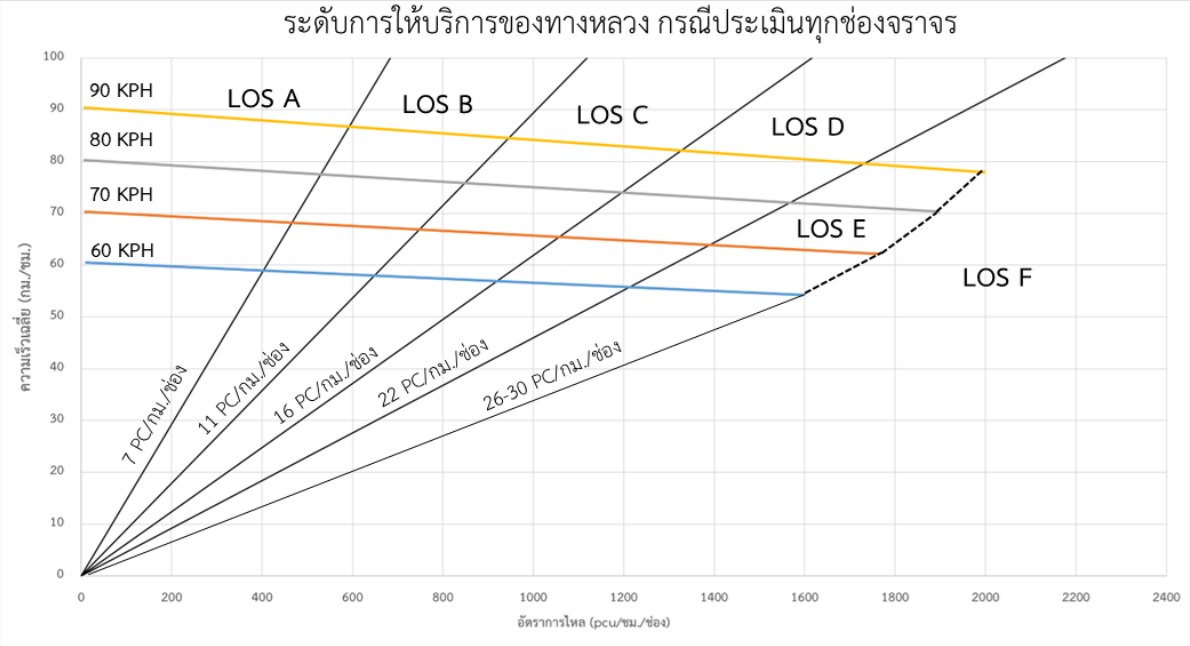
การประเมินระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) สำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร อาศัยเกณฑ์ตัวชี้วัดจากความหนาแน่นการจราจร ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.1-11**

ตารางที่ 3.1-11 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงของความหนาแน่นการจราจร

ระดับการให้บริการ (LOS)	ความหนาแน่นการจราจร (PCU/กม./ช่อง)
A	≤ 7
B	> 7 – 11
C	> 11 – 16
D	> 16 – 22
E	> 22 – 30*
F	> 30*

* เกณฑ์ความหนาแน่นการจราจรของ LOS F มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การประเมินระดับการให้บริการ สามารถใช้ความหนาแน่นการจราจรเป็นเกณฑ์แบ่งระดับการให้บริการ ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับการให้บริการบนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร (Speed-Flow Curve) แสดงดัง**รูปที่ 3.1-4**



รูปที่ 3.1-4 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์ทุกช่องจราจร

จากตัวชี้วัดความหนาแน่นการจราจรที่ระดับการให้บริการต่าง ๆ จะสามารถกำหนดเกณฑ์ตัวชี้วัดด้านการจราจรอื่น ๆ ได้แก่ ความหนาแน่นการจราจรสูงสุด ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ดัชนีการจราจรติดขัด (V/C) และอัตราการไหลจราจรสูงสุด ที่ระดับการให้บริการ LOS A – E ในแต่ละค่าความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ได้ดัง**ตารางที่ 3.1-12**

ตารางที่ 3.1-12 ตัวชี้วัดด้านการจราจรที่ระดับการให้บริการต่าง ๆ ในแต่ละความเร็วการไหลอิสระต่อทิศทาง

ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)	ตัวชี้วัดด้านจราจร	ระดับการให้บริการ (LOS)				
		A	B	C	D	E
90	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	26
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	86.0	83.7	80.8	79.0	75.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.28	0.44	0.65	0.77	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	565	888	1292	1535	2000
80	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	27
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	76.9	75.1	72.9	71.6	68.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.27	0.43	0.62	0.74	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	519	815	1185	1407	1900
70	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	28
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	68.0	66.9	65.4	64.6	62.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.25	0.39	0.57	0.68	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	438	688	1000	1188	1750
60	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	30
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	58.6	57.8	56.8	56.2	54.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.23	0.37	0.53	0.63	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	373	587	853	1013	1600

ตัวอย่างกรณีศึกษาการประเมินความสามารถในการให้บริการและความจุของทางหลวงหลายช่องจราจ จะนำเสนอตามประเภทของทางหลวงหลายช่องจราจรที่แตกต่างกัน

- ทางหลวง 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตนอกเมือง)
- ทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตชานเมือง)
- ทางหลวงหลายช่องจราจร ไม่มีเกาะกลาง
- ทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน

การประเมินและวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรของตัวอย่างกรณีศึกษา จะประยุกต์ใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการใช้งานดังแสดงในแต่ละตัวอย่างกรณีศึกษา โดยสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังนี้

3.2. กรณีศึกษาทางหลวง 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตนอกเมือง)

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน (ต่อทิศทาง) กรณีทางหลวง 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 ช่วงถนน กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง ดังแสดงใน**รูปที่ 3.2-1** และ**รูปที่ 3.2-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 3.2-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาเข้า

รูปที่ 3.2-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาออก

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับวิธีประเมินทุกช่องจราจร (ต่อทิศทาง)

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 3.2-1**

ตารางที่ 3.2-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง

ปัจจัยข้อมูล	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 1.3 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 2.0 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	4 ช่องจราจร (2 ช่องต่อทิศทาง)
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	1.29%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (AADT)	12,046 คัน/วัน PC: 6,493 คัน/วัน MC/TC: 648 คัน/วัน LT/LB: 1,345 คัน/วัน MT/HT: 1,859 คัน/วัน FT/ST: 1,701 คัน/วัน
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตนอกเมือง เท่ากับ 0.90
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	ขาเข้า/ขาออก เท่ากับ 0.53/0.47
สัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันในชั่วโมงคับคั่ง	0.12

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{TLC} - f_M - f_{APD}$$

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาเข้า = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0 = 90.0 กม./ชม.

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาออก = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0 = 90.0 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = \frac{V \times D \times K}{PHF \times N} \qquad \text{เมื่อ } V = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

ปริมาณจราจรรายวัน (V) = 6,493 + 648x0.99 + 0x1.46 + 1,345x1.10
+ 1,859x1.42 + 1,701x1.67
= 14,094 PCU/วัน

อัตราการไหล (v) ขาเข้า = (14,094x0.53x0.12)/(0.90x2) = 498 PCU/ชม./ช่อง

อัตราการไหล (v_i) ทิศทางขาออก = (14,094x0.47x0.12)/(0.90x2) = 442 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความจุทางหลวงเฉลี่ย ทิศทางขาเข้า พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. จะได้ c = 2,000 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวงเฉลี่ย ทิศทางขาออก พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. จะได้ c = 2,000 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวงต่อทิศทางขาเข้า = 2,000 x 2 = 4,000 PCU/ชม./ทิศทาง
ความจุทางหลวงต่อทิศทางออก = 2,000 x 2 = 4,000 PCU/ชม./ทิศทาง
ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (498x2)/4,000 = 0.25 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป
ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (442x2)/4,000 = 0.22 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาเข้า พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. และ v = 498 PCU/ชม. จะได้ ATS = 87.1 กม./ชม.
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาออก พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. และ v = 442 PCU/ชม. จะได้ ATS = 87.4 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

ความหนาแน่นจราจร ขาเข้า = 498/87.1 = 5.7 PCU/กม./ช่อง
ความหนาแน่นจราจร ขาออก = 442/87.4 = 5.1 PCU/กม./ช่อง
ระดับการให้บริการ ขาเข้า = LOS A (D ≤ 7 PCU/กม./ช่อง)
ระดับการให้บริการ ขาออก = LOS A (D ≤ 7 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.2-2**

ตารางที่ 3.2-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.1 กม.511+591

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน		
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า	ขาออก
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง, ม.	3.5	3.5
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	1.3	2.0
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม		
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)		
ความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	90	90
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง (f_{TLC})	0	0
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (fM)	0	0
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	0	0
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_{M} - f_{APD}	**90.0**	**90.0**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)		
จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง	2	2
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	1.29	-1.29
รถยนต์ (PC, PC-L) (คัน/วัน)	6,493	
รถจักรยานยนต์ (MC/TC) (คัน/วัน)	648	
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB) (คัน/วัน)	0	
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT) (คัน/วัน)	1,345	
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT) (คัน/วัน)	1,859	
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST) (คัน/วัน)	1,701	
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (PCU/วัน)	**14,094**	**14,094**
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	0.53	0.47
สัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงคับคั่ง	0.12	0.12
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.9	0.9
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**498**	**442**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ		
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**4,000**	**4,000**
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	87.1	87.4
ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง (PCU/กม.)	5.7	5.1
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง	**A**	**A**

3.3. กรณีศึกษาทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตชานเมือง)

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน (ต่อทิศทาง) กรณีทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 ช่วงถนน กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ดังแสดงใน**รูปที่ 3.3-1** และ**รูปที่ 3.3-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 3.3-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาเข้า

รูปที่ 3.3-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาออก

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับวิธีประเมินทุกช่องจราจร (ต่อทิศทาง)

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 ช่วงทางหลวง กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 3.3-1**

ตารางที่ 3.3-1 การรวบรวมข้อมูล ทล. 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (เมตร)	ขาเข้า : 1.0 เมตร ขาออก : 1.0 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 5.0 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 4.3 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	ขาเข้า 4 ช่องจราจร ขาออก 3 ช่องจราจร
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	0.1%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (AADT)	79,691 คัน/วัน PC: 34,974 คัน/วัน MC/TC: 21,380 คัน/วัน MB/HB: 1,692 คัน/วัน LT/LB: 13,296 คัน/วัน MT/HT: 3,873 คัน/วัน FT/ST: 4,476 คัน/วัน
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตชานเมือง เท่ากับ 0.95
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	ขาเข้า/ขาออก เท่ากับ 0.52/0.48
สัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันในชั่วโมงคับคั่ง	0.07

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม. 3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{TLC} - f_M - f_{APD}$$

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาเข้า = 90 – 0 – 4.4 – 0 – 0 – 9.3 = 76.3 กม./ชม.

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาออก = 90 – 0 – 4.4 – 0 – 0 – 9.3 = 76.3 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = \frac{V \times D \times K}{PHF \times N} \qquad \text{เมื่อ } V = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

ปริมาณจราจรรายวัน (V) = 34,974 + 21,380x0.99 + 1,692x1.46 + 13,296x1.10 + 3,873x1.42 + 4,476x1.67

= 86,211 PCU/วัน

อัตราการไหล (v) ขาเข้า = (86,211x0.52x0.07)/(0.95x4) = 826 PCU/ชม./ช่อง

อัตราการไหล (v_i) ทิศทางขาออก = (86,211x0.48x0.07)/(0.95x3) = 1,016 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความจุทางหลวงเฉลี่ย ทิศทางขาเข้า พิจารณา FFS = 76.3 กม./ชม. จะได้ c = 1,845 PCU/ชม./ช่อง

ความจุทางหลวงเฉลี่ย ทิศทางขาออก พิจารณา FFS = 76.3 กม./ชม. จะได้ c = 1,845 PCU/ชม./ช่อง

ความจุทางหลวงต่อทิศทางขาเข้า = 1,845 x 4 = 7,380 PCU/ชม./ทิศทาง

ความจุทางหลวงต่อทิศทางออก = 1,845 x 3 = 5,535 PCU/ชม./ทิศทาง

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (826x4)/7,380 = 0.45 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (1,016x3)/5,535 = 0.55 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาเข้า พิจารณา FFS = 76.3 กม./ชม. และ v = 826 PCU/ชม. จะได้ ATS = 71.9 กม./ชม.

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาออก พิจารณา FFS =76.3 กม./ชม. และ v = 1,016 PCU/ชม. จะได้ ATS = 71.2 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

ความหนาแน่นจราจร ขาเข้า = 826/71.9 = 11.5 PCU/กม./ช่อง

ความหนาแน่นจราจร ขาออก = 1,016/71.2 = 14.3 PCU/กม./ช่อง

ระดับการให้บริการ ขาเข้า = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)

ระดับการให้บริการ ขาออก = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.3-2**

ตารางที่ 3.3-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.3256 กม.3+200

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน		
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า	ขาออก
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง, ม.	1	1
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	4.3	5.0
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม		
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)		
ความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	90	90
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง (f_{TLC})	4.4	4.4
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_M)	0	0
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	9.3	9.3
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD}	**76.3**	**76.3**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)		
จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง	4	3
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	0.10	-0.10
รถยนต์ (PC, PC-L) (คัน/วัน)	34,974	
รถจักรยานยนต์ (MC/TC) (คัน/วัน)	21,380	
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB) (คัน/วัน)	1,692	
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT) (คัน/วัน)	13,296	
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT) (คัน/วัน)	3,873	
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST) (คัน/วัน)	4,476	
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (PCU/วัน)	**86,211**	**86,211**
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	0.52	0.48
สัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงคับคั่ง	0.07	0.07
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.95	0.95
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**826**	**1,016**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ		
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**7,380**	**5,535**
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	71.9	71.2
ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง (PCU/กม.)	11.5	14.3
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง	**C**	**C**

3.4. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร แบบไม่มีเกาะกลาง

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน (ต่อทิศทาง) กรณีทางหลวงหลายช่องจราจรแบบไม่มีเกาะกลาง ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 ช่วงถนน กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4-1** และ**รูปที่ 3.4-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 3.4-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาเข้า

รูปที่ 3.4-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาออก

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับวิธีประเมินทุกช่องจราจร (ต่อทิศทาง)

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม. 956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 3.4-1**

ตารางที่ 3.4-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง)

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (เมตร)	ขาเข้า : 2.5 เมตร ขาออก : 2.5 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	ไม่มีเกาะกลาง (เกาะสี)
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 0.7 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 0 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	4 ช่องจราจร (2 ช่องต่อทิศทาง)
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	1.87%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (AADT)	15,439 คัน/วัน PC: 8,107 คัน/วัน MC/TC: 2,363 คัน/วัน MB/HB: 223 คัน/วัน LT/LB: 3,328 คัน/วัน MT/HT: 865 คัน/วัน FT/ST: 553 คัน/วัน
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตนอกเมือง เท่ากับ 0.90
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	ขาเข้า/ขาออก เท่ากับ 0.55/0.45
สัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันในชั่วโมงคับคั่ง	0.15

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม. 956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{TLC} - f_M - f_{APD}$$

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาเข้า = 90 – 0 – 1.8 – 4.3 – 0 – 0 = 83.9 กม./ชม.

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาออก = 90 – 0 – 1.8 – 4.3 – 0 – 0 = 83.9 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม. 956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = \frac{V \times D \times K}{PHF \times N} \qquad \text{เมื่อ } V = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

ปริมาณจราจรรายวัน (V) = 8,107 + 2,363x0.99 + 223x1.46 + 3,328x1.10
+ 865x1.42 + 553x1.67
= 16,585 PCU/วัน

อัตราการไหล (v) ขาเข้า = (16,585x0.55x0.15)/(0.90x2) = 760 PCU/ชม./ช่อง

อัตราการไหล (v_i) ทิศทางขาออก = (16,585x0.45x0.15)/(0.90x2) = 622 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

ความจุทางหลวงเฉลี่ยทิศทางขาเข้า พิจารณา FFS = 83.9 กม./ชม. c = 1,939 PCU/ชม./ช่อง

ความจุทางหลวงเฉลี่ยทิศทางขาออก พิจารณา FFS = 83.9 กม./ชม. c = 1,939 PCU/ชม./ช่อง

ความจุทางหลวงต่อทิศทาง ขาเข้า = 1,939 x 2 = 3,878 PCU/ชม./ทิศทาง

ความจุทางหลวงต่อทิศทาง ขาออก = 1,939 x 2 = 3,878 PCU/ชม./ทิศทาง

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (760x2)/3,878 = 0.39 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (622x2)/3,878 = 0.32 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาเข้า พิจารณา FFS = 83.9 กม./ชม. และ v = 760 PCUชม. จะได้ ATS = 80.1 กม./ชม.

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาออก พิจารณา FFS = 83.9 กม./ชม. และ v = 622 PCUชม. จะได้ ATS = 80.8 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

ความหนาแน่นจราจร ขาเข้า = 760/80.1 = 9.5 PCU/กม./ช่อง

ความหนาแน่นจราจร ขาออก = 622/80.8 = 7.7 PCU/กม./ช่อง

ระดับการให้บริการ ขาเข้า = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

ระดับการให้บริการ ขาออก = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.4-2**

ตารางที่ 3.4-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.4 กม.956+105

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน		
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า	ขาออก
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง, ม.	2.5	2.5
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	ไม่มีเกาะกลาง	ไม่มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	0.7	0.0
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม		
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)		
ความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	90	90
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง (f_{TLC})	1.8	1.8
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_M)	4.3	4.3
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	0	0
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD}	**83.9**	**83.9**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)		
จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง	2	2
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	1.87	-1.87
รถยนต์ (PC, PC-L) (คัน/วัน)	8,107	
รถจักรยานยนต์ (MC/TC) (คัน/วัน)	2,363	
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB) (คัน/วัน)	223	
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT) (คัน/วัน)	3,328	
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT) (คัน/วัน)	865	
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST) (คัน/วัน)	553	
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (PCU/วัน)	**16,585**	**16,585**
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	0.55	0.45
สัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงคับคั่ง	0.15	0.15
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.9	0.9
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**760**	**622**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ		
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**3,878**	**3,878**
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	80.1	80.8
ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง (PCU/กม.)	9.5	7.7
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง	**B**	**B**

3.5. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนน (ต่อทิศทาง) กรณีทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีความลาดชัน ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ช่วงถนน กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา เขตนอกเมือง ดังแสดงใน**รูปที่ 3.5-1** และ**รูปที่ 3.5-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 3.5-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาเข้า (ทางลาดลง)

รูปที่ 3.5-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาออก (ทางลาดขึ้น)

การประเมินระดับการให้บริการทุกช่องจราจร (ต่อทิศทาง) ของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม. 54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) สามารถแสดงวิธีการทั้ง 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับวิธีประเมินทุกช่องจราจร (ต่อทิศทาง)

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม. 54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 3.5-1**

ตารางที่ 3.5-1 การรวบรวมข้อมูล ทล. 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน)

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางรวม 2 ฝั่ง (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 1.7 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 3.0 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	6 ช่องจราจร (3 ช่องต่อทิศทาง)
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	6.0%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (AADT)	รวม 53,079 คัน/วัน PC: 12,664 คัน/วัน MC/TC: 1,493 คัน/วัน MB/HB: 3,831 คัน/วัน LT/LB: 12,354 คัน/วัน MT/HT: 10,807 คัน/วัน FT/ST: 11,930 คัน/วัน
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตชานเมือง เท่ากับ 0.90
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	ขาเข้า/ขาออก เท่ากับ 0.40/0.60
สัดส่วนของปริมาณจราจรรายวันในชั่วโมงคับคั่ง	0.10

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม. 54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{TLC} - f_M - f_{APD}$$

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาเข้า = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0 = 90.0 กม./ชม.

ความเร็วการไหลอิสระ ทิศทางขาออก = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 4.7 = 85.3 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม. 54+050 จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นทางหลวงที่มีความลาดชัน 6% ทั้งขาเข้าเป็นทางลาดลง (ค่าลบ) และขาออก เป็นทางลาดขึ้น (ค่าบวก)

$$v = \frac{V \times D \times K}{PHF \times N} \qquad \text{เมื่อ } V = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

ปริมาณจราจรรายวัน (*V*) ขาเข้า = 12,664 + 1,493x1.01 + 3,831x1.45 + 12,354x1.09 + 10,807x1.56 + 11,930x1.82
= 71,764 PCU/วัน

ปริมาณจราจรรายวัน (*V*) ขาออก = 12,664 + 1,493x0.97 + 3.831x1.57 + 12,354x1.11 + 10,807x1.54 + 11,930x1.86
= 72,289 PCU/วัน

อัตราการไหล (*v*) ทิศทางขาเข้า = (71,764x0.40x0.10)/(0.95x3) = 1,063 PCU/ชม./ช่อง

อัตราการไหล (v_i) ทิศทางขาออก = (72,289x0.60x0.10)/(0.95x3) = 1,606 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความจุทางหลวงเฉลี่ย ทิศทางขาเข้า พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. จะได้ c = 2,000 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวงเฉลี่ย ทิศทางขาออก พิจารณา FFS = 85.3 กม./ชม. จะได้ c = 1,953 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวงต่อทิศทางขาเข้า = 2,000 x 3 = 6,000 PCU/ชม./ทิศทาง
ความจุทางหลวงต่อทิศทางออก = 1,953 x 3 = 5,859 PCU/ชม./ทิศทาง

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (1,063x3)/6,000 = 0.53 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป
ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (1,606x3)/5,859 = 0.82 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ต่อทิศทาง

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละทิศทางของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาเข้า พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. และ v = 1,063 PCU/ชม. จะได้ ATS = 84.0 กม./ชม.
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ขาออก พิจารณา FFS = 85.3 กม./ชม. และ v = 1,606 PCU/ชม. จะได้ ATS = 76.5 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ ในแต่ละทิศทาง ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

ความหนาแน่นการจราจร ขาเข้า = 1,063/84.0 = 12.7 PCU/กม./ช่อง
ความหนาแน่นการจราจร ขาออก = 1,606/76.5 = 21.0 PCU/กม./ช่อง
ระดับการให้บริการ ขาเข้า = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)
ระดับการให้บริการ ขาออก = LOS D (D = 16 – 22 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ดังแสดงใน**ตารางที่ 3.5-2**

ตารางที่ 3.5-2 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวงต่อทิศทาง ทล.2 กม.54+050

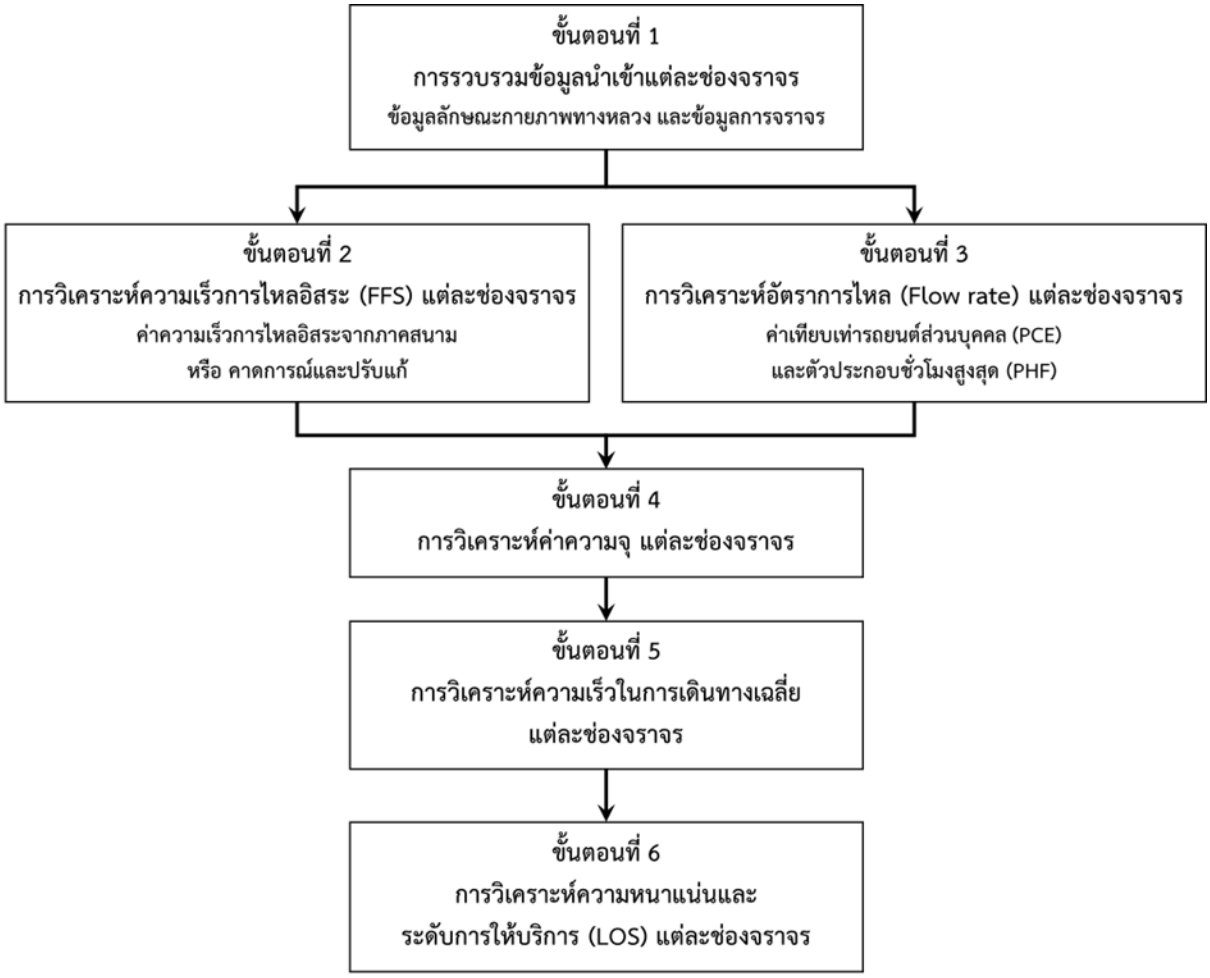
ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน		
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า	ขาออก
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง, ม.	3.5	3.5
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	1.7	3.0
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม		
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)		
ความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	90	90
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางรวมทั้ง 2 ฝั่ง (f_{TLC})	0	0
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_{M})	0	0
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	0	4.7
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_{M} - f_{APD}	**90.0**	**85.3**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)		
จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง	3	3
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	-6.00	6.00
รถยนต์ (PC, PC-L) (คัน/วัน)	12,664	
รถจักรยานยนต์ (MC/TC) (คัน/วัน)	1,493	
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB) (คัน/วัน)	3,831	
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT) (คัน/วัน)	12,354	
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT) (คัน/วัน)	10,807	
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST) (คัน/วัน)	11,930	
ปริมาณจราจรรายวันเฉลี่ยต่อปี (PCU/วัน)	**71,764**	**72,289**
สัดส่วนของการจราจรในแต่ละทิศทาง	0.40	0.60
สัดส่วนของปริมาณจราจรในชั่วโมงคับคั่ง	0.10	0.10
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.90	0.90
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**1,063**	**1,606**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ		
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**6,000**	**5,859**
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	84.0	76.5
ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง (PCU/กม.)	12.7	21.0
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง	**C**	**D**

บทที่ 4
แนวทางการประเมินความจุและระดับการให้บริการตามช่องจราจร

4.1. การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่องจราจร กรณีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร

การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่องจราจร โดยวิธีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร เป็นการวิเคราะห์ความสามารถการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรในแต่ละช่องจราจร ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์เพื่อช่วยตัดสินใจในงานการจัดการจราจรให้มีการใช้งานทางหลวงที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

การประเมินความจุและระดับการให้บริการแต่ละช่องจราจรของทางหลวงหลายช่องจราจร กรณีประเมินแยกช่องจราจร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานและการจัดการจราจร ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-1**



รูปที่ 4.1-1 ขั้นตอนการประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่องจราจรบนทางหลวงหลายช่องจราจร กรณีประเมินแยกแต่ละช่องจราจร

4.1.1. ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับวิธีประเมินแยกช่องจราจร

การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการแบบแยกช่องจราจร สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน และข้อมูลการจราจร โดยแสดงรายละเอียดวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล และค่าพื้นฐาน (Default Value) ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1-1** และ**ตารางที่ 4.1-2**

ตารางที่ 4.1-1 ข้อมูลที่จำเป็นในการประเมินความจุและระดับการให้บริการ โดยวิธีประเมินแยกช่องจราจร

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	วิธีการสำรวจข้อมูล	ค่าพื้นฐาน (Default)
ข้อมูลด้านกายภาพถนน		
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ ฐานข้อมูล	3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (เมตร)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ ฐานข้อมูล	2.5 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม/ ฐานข้อมูล	-
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ภาพถ่ายทางอากาศ	พื้นที่ชานเมือง เท่ากับ 5 จุด/กม. พื้นที่นอกเมือง เท่ากับ 1 จุด/กม.
จำนวนช่องจราจร	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	อย่างน้อย 2 ช่องจราจร
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	แบบการก่อสร้าง, การตัดสินใจของผู้วิเคราะห์	-
ข้อมูลด้านการจราจร		
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	คาดการณ์จากแบบจำลอง
ปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ (คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	-
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	พื้นที่ชานเมือง เท่ากับ 0.95 พื้นที่นอกเมือง เท่ากับ 0.90
สัดส่วนยานพาหนะในแต่ละช่องจราจร	สำรวจข้อมูลภาคสนาม	แสดงดัง**ตารางที่ 4.1-2**

หมายเหตุ: พื้นที่เขตชานเมือง และเขตนอกเมือง อ้างอิงจาก โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการจำแนกลำดับชั้นของโครงข่ายทางหลวงแผ่นดินทั่วประเทศ (2562)

ตารางที่ 4.1-2 ค่าพื้นฐาน (Default Value) ของสัดส่วนการจราจรในแต่ละช่องจราจร

สัดส่วนยานพาหนะในแต่ละช่องจราจร บนทางหลวงหลายช่องจราจร เขตชานเมือง								
ประเภททางหลวง	ชั่วโมงเร่งด่วน (Peak)				นอกชั่วโมงเร่งด่วน (Off-Peak)			
	ช่องซ้าย	ช่องกลาง		ช่องขวา	ช่องซ้าย	ช่องกลาง		ช่องขวา
4 ช่องจราจร	0.39	-		0.61	0.34	-		0.66
6 ช่องจราจร	0.24	0.40		0.36	0.19	0.41		0.40
8 ช่องจราจร	0.23	0.24	0.30	0.23	0.23	0.20	0.30	0.27
สัดส่วนยานพาหนะในแต่ละช่องจราจร บนทางหลวงหลายช่องจราจร เขตนอกเมือง								
ประเภททางหลวง	ชั่วโมงเร่งด่วน (Peak)				นอกชั่วโมงเร่งด่วน (Off-Peak)			
	ช่องซ้าย	ช่องกลาง		ช่องขวา	ช่องซ้าย	ช่องกลาง		ช่องขวา
4 ช่องจราจร	0.48	-		0.52	0.48	-		0.52
6 ช่องจราจร	0.26	0.36		0.38	0.25	0.38		0.38
8 ช่องจราจร	0.19	0.23	0.29	0.29	0.19	0.21	0.32	0.28

หมายเหตุ: จากข้อมูลจราจรบนทางหลวงหลายช่องจราจรจำนวน 446 แห่ง

4.1.2. ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (Free Flow Speed: FFS) สามารถดำเนินการได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการสำรวจข้อมูลความเร็วภาคสนาม และวิธีการประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระจากแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

(1) การสำรวจข้อมูลความเร็วการไหลอิสระแต่ละช่องจราจรจากภาคสนาม (Measured FFS)

ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) คือ ค่าความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ที่ทำการสำรวจในขณะที่มีการไหลของกระแสจราจรในระดับต่ำถึงปานกลาง (ไม่เกิน 500 คัน/ชม./ช่องจราจร) ซึ่งค่าความเร็วของยานพาหนะที่วัดได้ควรจะใกล้เคียงกันในช่วงอัตราการไหลการจราจรที่สำรวจในช่องจราจรหนึ่ง ๆ

ค่าความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงควรเป็นค่าที่ได้มาจากการสำรวจภาคสนาม โดยทำการสำรวจความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลทุกคัน หรือทำการสุ่มเลือกสำรวจอย่างเป็นระบบ (สำรวจทุก ๆ 10 คันในแต่ละช่องจราจร) ซึ่งต้องทำการรวบรวมข้อมูลอย่างน้อย 100 คัน โดยวิธีการสำรวจสามารถเลือกใช้วิธีการใดก็ได้ ที่ได้รับการยอมรับและมีความน่าเชื่อถือตามมาตรฐานงานสำรวจข้อมูลจราจร ในกรณีที่ไม่สามารถทำการสำรวจได้ แนะนำให้ใช้การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระ ซึ่งจะกล่างถึงในส่วนถัดไป

(2) การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระแต่ละช่องจราจร (Estimated FFS)

การประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระแต่ละช่องจราจรของทางหลวงหลายช่องจราจร สามารถประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน (Base FFS: BFFS) และปรับแก้ค่าความเร็วการไหลอิสระด้วยปัจจัยด้านลักษณะกายภาพถนนที่ส่งผลต่อการใช้ความเร็วการไหลอิสระ อันได้แก่ ความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทาง ประเภทเกาะกลาง ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน และตำแหน่งช่องจราจร ซึ่งการประมาณค่าความเร็วดังกล่าวสามารถสรุปเป็นสมการดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}$$

โดยที่ FFS = ความเร็วการไหลอิสระในแต่ละช่องจราจร (กม./ชม.)

$BFFS$ = ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน (กม./ชม.)

f_{LW} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความกว้างช่องจราจร (กม./ชม.)

f_{LC} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความกว้างไหล่ทาง (กม./ชม.) ปรับแก้ช่องจราจรด้านซ้าย

f_M = ค่าปรับแก้เนื่องจากประเภทเกาะกลาง (กม./ชม.) ปรับแก้ช่องจราจรด้านขวา

f_{APD} = ค่าปรับแก้เนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (กม./ชม.)

f_{LP} = ค่าปรับแก้เนื่องจากตำแหน่งช่องจราจร (กม./ชม.)

ข้อมูลความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐานและค่าปรับแก้ต่าง ๆ ที่ใช้ในการประมาณค่าความเร็วการไหลอิสระในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงหลายช่องจราจร มีรายละเอียดดังนี้

1. ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน (BFFS)

ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน (Base Free-Flow Speed, BFFS) คือ ความเร็วการไหลอิสระที่ไม่ได้รับผลกระทบจากลักษณะกายภาพของถนน โดยสามารถอ้างอิงจากลักษณะกายภาพถนนที่สามารถใช้ความเร็วได้ต่อเนื่อง ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อทางหลวงต่ำ มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐานชั้นทางพิเศษหรือมาตรฐานชั้นทางที่ดีที่สุดของกรมทางหลวง ค่าความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐานมีค่าแตกต่างกันในแต่ละประเภททางหลวง ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1-3**

ตารางที่ 4.1-3 ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน (BFFS) สำหรับวิธีประเมินแยกช่องจราจร

ประเภททางหลวง	ค่าความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (กม./ชม.)
ทางหลวง 4 ช่องจราจร	90.0
ทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร	95.0

2. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (f_{LW})

ความกว้างช่องจราจรในสภาพพื้นฐาน อ้างอิงตามมาตรฐานชั้นทางพิเศษ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมตร แต่ในกรณีที่ความกว้างช่องจราจรมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าว จะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระลดลง ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากความกว้างช่องจราจรสามารถ แสดงดัง**ตารางที่ 4.1-4**

ตารางที่ 4.1-4 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากความกว้างช่องจราจร (f_{LW}) สำหรับวิธีประเมินแยกช่องจราจร

ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) (กม./ชม.)
≥ 3.50	0
3.25 – 3.49	4.4
3.00 – 3.24	8.8

หมายเหตุ: ความกว้างช่องจราจรมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระแต่ละช่องจราจรที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

3. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรเนื่องจากความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย (f_{LC})

ความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย คือ ขนาดความกว้างขแงส่วนถนนระหว่างช่องจราจรซ้ายจนถึงสิ่งกีดขวางข้างทางที่มีผลต่อการใช้ความเร็ว ความกว้างไหล่ทางด้านซ้ายส่งผลต่อความเร็วของยานพาหนะในช่องจราจรด้านซ้าย โดยความกว้างไหล่ทางด้านซ้ายในสภาพพื้นฐาน มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 เมตร และความกว้างไหล่ทางที่ลดลงจะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระในช่องจราจรด้านซ้ายลดลง ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านซ้ายเนื่องจากความกว้างไหล่ทาง แสดงดัง**ตารางที่ 4.1-5**

ตารางที่ 4.1-5 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านซ้ายจากความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย (f_{LC})

ความกว้างไหล่ทางด้านซ้าย (เมตร)	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านซ้าย (กม./ชม.)
≥ 2.50	0.0
2.00 – 2.49	1.1
1.50 – 1.99	2.3
1.00 – 1.49	3.4
0.50 – 0.99	4.6
0.00 – 0.49	5.7

หมายเหตุ: ความกว้างไหล่ทางด้านซ้ายมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านซ้ายเท่านั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (f_M)

ทางหลวงหลายช่องจราจรสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีเกาะแบ่งทิศทางการจราจร (มีเกาะกลาง) และทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีเส้นแบ่งทิศทางการจราจร (ไม่มีเกาะกลาง) โดยประเภทเกาะกลางจะส่งผลโดยตรงต่อความเร็วการไหลอิสระในช่องจราจรด้านขวาเท่านั้น ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านขวาเนื่องจากประเภทเกาะกลาง ได้ดัง**ตารางที่ 4.1-6**

ตารางที่ 4.1-6 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านขวาเนื่องจากประเภทเกาะกลาง (f_M)

ประเภทเกาะกลาง	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านขวา (กม./ชม.)
มีเกาะกลาง	0
ไม่มีเกาะกลาง	4.3

หมายเหตุ: ประเภทเกาะกลางมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระของช่องจราจรด้านขวาเท่านั้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, เกาะกลางแบบเกาะสีจัดเป็นประเภทไม่มีเกาะกลาง

5. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (f_{APD})

จุดเชื่อมต่อถนน (Access point) คือ ถนนสายรองหรือทางเชื่อมที่มีการสัญจรเข้าออกทางหลวงหลายช่องจราจรที่พิจารณา เช่น ตรอกซอย หมู่บ้าน ตลาด โรงพยาบาล ปั๊มน้ำมัน ห้างสรรพสินค้า จุดกลับรถ จุดเปิดทางคู่ขนาน เป็นต้น ซึ่งจุดเชื่อมต่อเหล่านั้นจะส่งผลกระทบต่อความเร็วการไหลอิสระ โดยทั่วไปพิจารณษจุดเชื่อมต่อที่มีปริมาณจราจรมากกว่า 20 คันต่อวัน เมื่อความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนนสูงขึ้นจะส่งผลให้ความเร็วการไหลอิสระในแต่ละช่องจราจรลดลง ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรเนื่องจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อ แสดงได้ดัง**ตารางที่ 4.1-7**

ตารางที่ 4.1-7 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจรจากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (f_{APD})

ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระ จากความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (กม./ชม.)		
	ช่องจราจรด้านซ้าย	ช่องช่องจราจรตรงกลาง	ช่องช่องจราจรด้านขวา
0.0 – 2.0	0.0	0.0	0.0
> 2.0 – 4.0	3.9	2.9	2.4
> 4.0 – 6.0	7.7	5.8	4.8
> 6.0 – 8.0	11.6	8.6	7.2
> 8.0	15.5	11.5	9.7

หมายเหตุ: ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนนมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเร็วการไหลอิสระแต่ละช่องจราจรที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากตำแหน่งช่องจราจร (f_{LP})

ความเร็วการไหลอิสระของยานพาหนะในแต่ละช่องจราจรมีความแตกต่างกัน ในช่องจราจรด้านขวาจะมีการใช้ความเร็วที่สูงที่สุด และในช่องจราจรด้านซ้ายจะมีการใช้ความเร็วที่ต่ำที่สุด ซึ่งอาจมีผลมาจากปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่นับรวมในตัวแปรปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น กฎหมายการบังคับความเร็วแต่ละช่องจราจร พฤติกรรมการแซงด้านขวา สัดส่วนยานพาหนะขนาดใหญ่ สัดส่วนยานพาหนะขนาดเล็ก สภาพผิวทางแต่ละช่องจราจร และกิจกรรมข้างทาง เป็นต้น ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระเนื่องจากตำแหน่งช่องจราจรแสดงได้ **ตารางที่ 4.1-8**

ตารางที่ 4.1-8 ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระจากตำแหน่งช่องจราจร (f_{LP})

ประเภทถนน	ค่าปรับแก้ความเร็วการไหลอิสระจากตำแหน่งช่องจราจร (กม./ชม.)		
	ช่องจราจรด้านซ้าย	ช่องจราจรตรงกลาง	ช่องจราจรด้านขวา
4 ช่องจราจร	16.5	-	0
มากกว่า 4 ช่องจราจร	28.5	11.5	0
เฉลี่ยทุกประเภท	20.4	11.5	0

4.1.3. ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate) ต่อช่องจราจร

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณจราจรในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit) ซึ่งวิเคราะห์ได้จากค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent) ของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ คูณกับปริมาณจราจรของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในหน่วย คัน/ชม./ช่องจราจร ส่วนด้วยค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF) เพื่อให้ได้อัตราการไหลสูงสุดของชั่วโมงในแต่ละช่องจราจร ดังสมการ

$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

โดยที่ v_i = อัตราการไหลสูงสุดในแต่ละช่องจราจร (PCU/ชม./ช่อง)

V_i = ปริมาณจราจรในแต่ละช่องจราจรหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCU/ชม./ช่อง) คิดจากปริมาณจราจรต่อทิศทางคูณกับสัดส่วนการจราจรแต่ละช่อง

PHF = ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด

(1) ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE)

ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) คือ ค่าที่สะท้อนถึงอิทธิพลของยวดยานประเภทต่าง ๆ ในการจราจรโดยประเมินเทียบกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เพื่อแปลงยานพาหนะประเภทต่างๆ ในกระแสจราจรที่มีขนาดและพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกันให้เป็นหน่วยเดียวกันกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพียงประเภทเดียว ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V = \frac{\sum(V_i \times E_i)}{\sum V_i}$$

โดยที่

V = ปริมาณจราจรในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCU/ชม./ช่องจราจร)

V_i = ปริมาณจราจรในแต่ละประเภทยานพาหนะ (คัน/ชม./ช่องจราจร)

E_i = ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลของยานพาหนะในแต่ละประเภท

ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) จะมีค่าที่แตกต่างกันไปตามตามสภาพภูมิประเทศหรือความลาดชันของถนน ซึ่งทางหลวงโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นทางราบ (ความลาดชัน 0 – 2%) ซึ่งสามารถแสดงค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล โดยที่ค่า PCE ของรถจักรยานยนต์เป็นค่าเฉพาะยานพาหนะที่วิ่งในช่องจราจรหลักเท่านั้น ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1-9** ซึ่งหากเป็นทางหลวงที่มีความลาดชัน (ความลาดชัน > 2%) จะส่งผลให้ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลในแต่ละประเภทเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่าแตกต่างกันตามประเภททางหลวง 4 ช่องจราจรดัง**ตารางที่ 4.1-10** และมากกว่า 4 ช่องจราจร ดัง**ตารางที่ 4.1-11**

ตารางที่ 4.1-9 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) สำหรับพื้นที่ทางราบ ของทางหลวงหลายช่องจราจร

ลำดับ	กลุ่มยานพาหนะ	ประเภทยานพาหนะ	ค่า PCE
1	รถจักรยานยนต์ (MC, TC)	รถจักรยานยนต์ และสามล้อเครื่อง	0.99
2	รถยนต์ (PC, PC-L)	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	1.00
3	รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	รถโดยสารขนาดเล็ก รถบรรทุกขนาดเล็ก (4 ล้อ)	1.10
4	รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	รถบรรทุกขนาด 2 เพลา (6 ล้อ) รถบรรทุกขนาด 3 เพลา (10 ล้อ)	1.42
5	รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	รถโดยสารขนาดกลาง รถโดยสารขนาดใหญ่	1.46
6	รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	รถบรรทุกพ่วง รถบรรทุกกึ่งพ่วง (มากกว่า 3 เพลา)	1.67

หมายเหตุ: จากข้อมูลจราจรบนทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน 0 – 2% จำนวน 24 แห่ง

ตารางที่ 4.1-10 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) สำหรับทางลาดชัน ของทางหลวง 4 ช่องจราจร

ประเภทยานพาหนะ	ความลาดชันของทางหลวง (%)											
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6
MC/TC	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
LT/LB	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11
MT/HT	1.53	1.50	1.47	1.45	1.43	1.42	1.42	1.43	1.44	1.46	1.49	1.52
MB/HB	1.45	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.47	1.47
FT/ST	1.73	1.72	1.70	1.69	1.68	1.67	1.67	1.68	1.68	1.69	1.71	1.73

ตารางที่ 4.1-11 ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PCE) สำหรับทางลาดชัน ของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร

ประเภทยานพาหนะ	ความลาดชันของทางหลวง (%)											
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6
MC/TC	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97
LT/LB	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.11
MT/HT	1.56	1.52	1.49	1.46	1.44	1.43	1.42	1.43	1.45	1.47	1.50	1.54
MB/HB	1.45	1.45	1.45	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.47	1.47	1.47	1.47
FT/ST	1.82	1.77	1.73	1.70	1.68	1.67	1.68	1.69	1.72	1.76	1.80	1.86

(2) ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)

ค่าตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (Peak Hour Factor: PHF) คือ ค่าที่แสดงความแตกต่างของการไหลของกระแสจราจรใน 1 ชั่วโมง เนื่องจากปริมาณจราจรที่ทำการสำรวจ ในช่วง 15 นาที จะมีค่าไม่คงที่ตลอดชั่วโมง เพื่อหาปริมาณยานพาหนะสูงสุดในชั่วโมงเร่งด่วนจึงต้องมีการแปลงปริมาณจราจรให้สูงสุดตลอดชั่วโมง โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

โดยที่

PHF = ค่าตัวประกอบชั่วโมงสุงสุด (Peak Hour Factor)

V = ปริมาณยานพาหนะในชั่วโมงสูงสุด (คัน/ชั่วโมง)

V_{15} = ปริมาณยานพาหนะสูงสุดใน 15 นาที (คันต่อ 15 นาที)

4.1.4. ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) แยกช่องจราจร

ค่าความจุ (Capacity) ของทางหลวงหลายช่องจราจร วิเคราะห์ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล (Speed-flow curve) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ของกระแสจราจร ในแต่ละช่องจราจร โดยค่าความจุหาได้จากการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ซึ่งใช้ข้อมูลความจุทางหลวงที่ได้จากการสำรวจ โดยความจุทางหลวงมีค่าแตกต่างกันตามประเภททางหลวง ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1-12**

ตารางที่ 4.1-12 ค่าความจุทางหลวงตามความเร็วการไหลอิสระ (FFS) จากข้อมูลสำรวจ

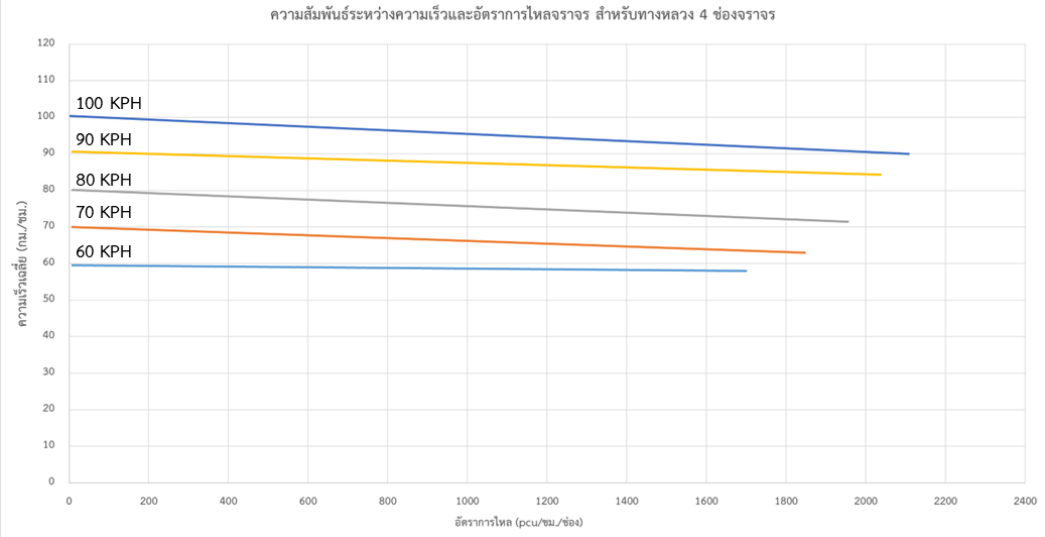
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) (กม./ชม.)	ความจุทางหลวง (Capacity) (PCU/ชม./ช่องจราจร)	
	ทางหลวง 4 ช่องจราจร	ทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร
60	1750	1,750
70	1850	1,900
80	1950	2,100
90	2,050	2,150
100	2,100	2,200

เมื่อทราบค่าความจุทางหลวงแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาว่าการไหลของกระแสจราจรอยู่ในสภาวะอิ่มตัว (Oversaturated Flow) หรือสัดส่วนอัตราการไหลการจราจรต่อความจุ (V/C) มากกว่า 1.0 หรือไม่ ซึ่งหาก V/C มีค่ามากกว่า 1.0 จะสรุปได้ว่า มีระดับการให้บริการที่ LOS F แต่หากมีค่าน้อยกว่า 1.0 ให้พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

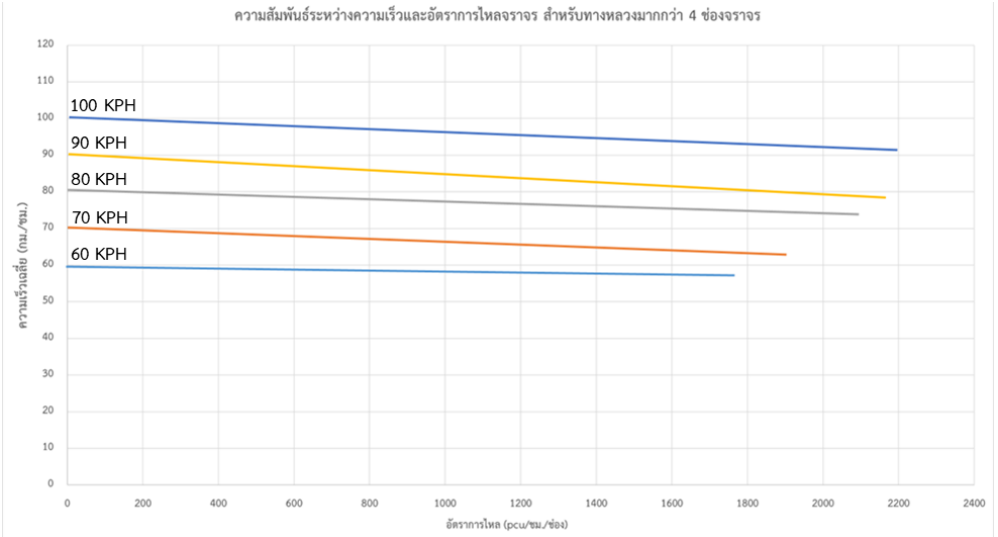
ค่าความจุทางหลวงต่อทิศทาง สามารถคำนวณได้จากผลคูณของค่าความจุเฉลี่ยทุกช่องจราจรกับจำนวนช่องจราจร

4.1.5. ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) แยกช่องจราจร

ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Speed: ATS) เป็นค่าความเร็ว ณ อัตราการไหลการจราจรหนึ่ง ๆ โดยวิเคราะห์ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร ตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ซึ่งแตกต่างกันตามประเภททางหลวง ได้แก่ ทางหลวง 4 ช่องจราจร ดัง**รูปที่ 4.1-2** และทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร ดัง**รูปที่ 4.1-3**

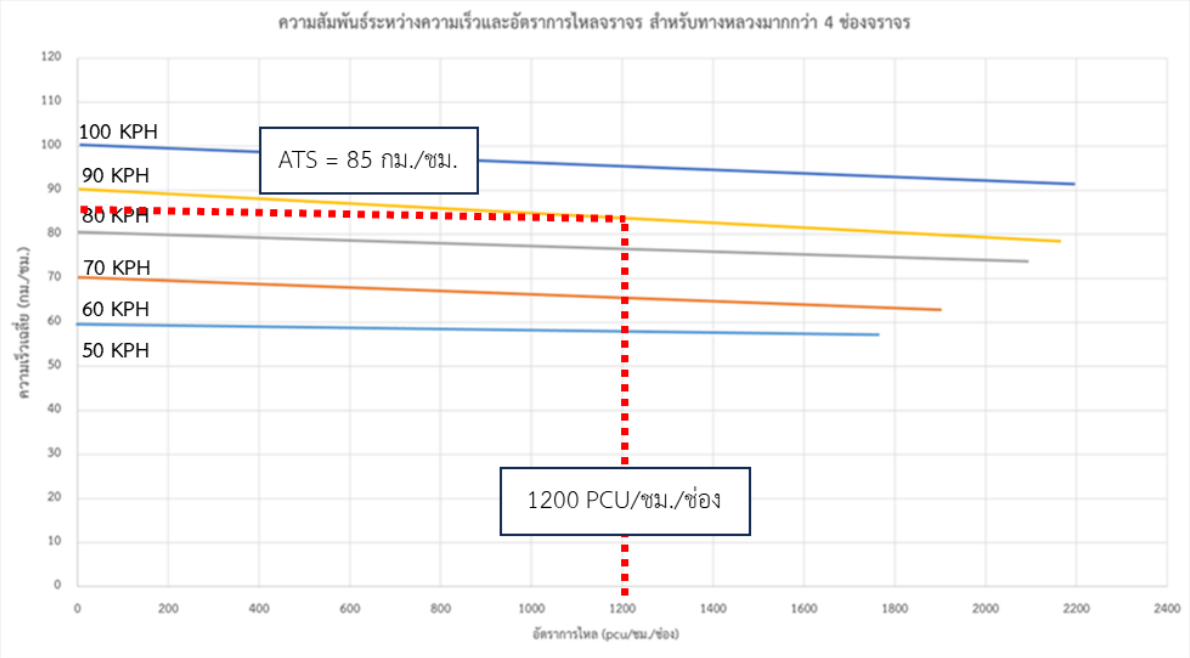


รูปที่ 4.1-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ ของทางหลวง 4 ช่องจราจร



รูปที่ 4.1-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Speed-Flow แยกตามกลุ่มความเร็วการไหลอิสระ ของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร

ตัวอย่างเช่น ถ้าอัตราการไหลการจราจรในช่องจราจร เท่ากับ 1,200 PCU/ชม./ช่องจราจร และกระแสจราจรมีความเร็วการไหลอิสระต่อช่องจราจร (FFS) เท่ากับ 90.0 กม./ชม. จะได้ว่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) 85.0 กม./ชม. สำหรับทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร ดังแสดงใน**รูปที่ 4.1-4**



รูปที่ 4.1-4 การหาความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) จากกราฟความสัมพันธ์ Speed-Flow

4.1.6. ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ แยกช่องจราจร

ความหนาแน่นการจราจร (Density) สามารถคำนวนได้จากอัตราการไหลกาจราจรหารด้วยความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ดังสมการ

$$D = \frac{v_i}{ATS_i}$$

โดยที่

D = ความหนาแน่นการจราจร (PCU/กม./ช่องจราจร)

v_i = อัตราการไหลสูงสุดในแต่ละช่องจราจร (PCU/ชม./ช่องจราจร)

ATS_i = ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยในแต่ละช่องจราจร (กม./ชม.)

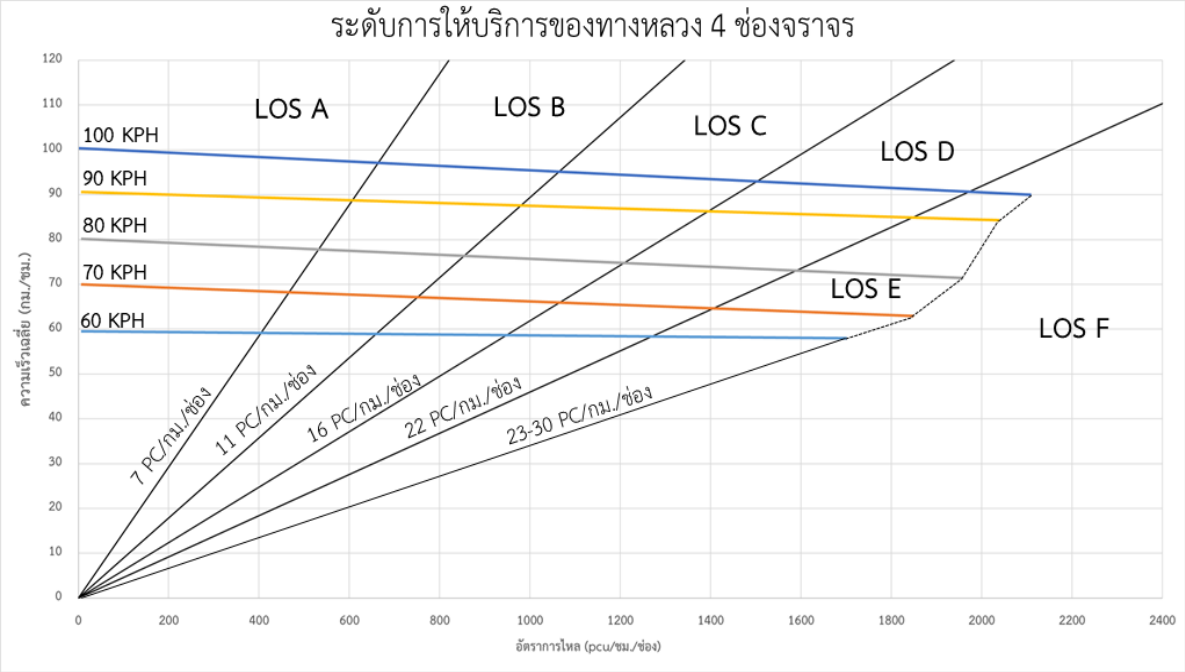
การประเมินระดับการให้บริการ (Level of Service: LOS) สำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร อาศัยเกณฑ์ตัวชี้วัดจากความหนาแน่นการจราจร ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1-13**

ตารางที่ 4.1-13 การประเมินระดับการให้บริการตามช่วงความหนาแน่นการจราจร

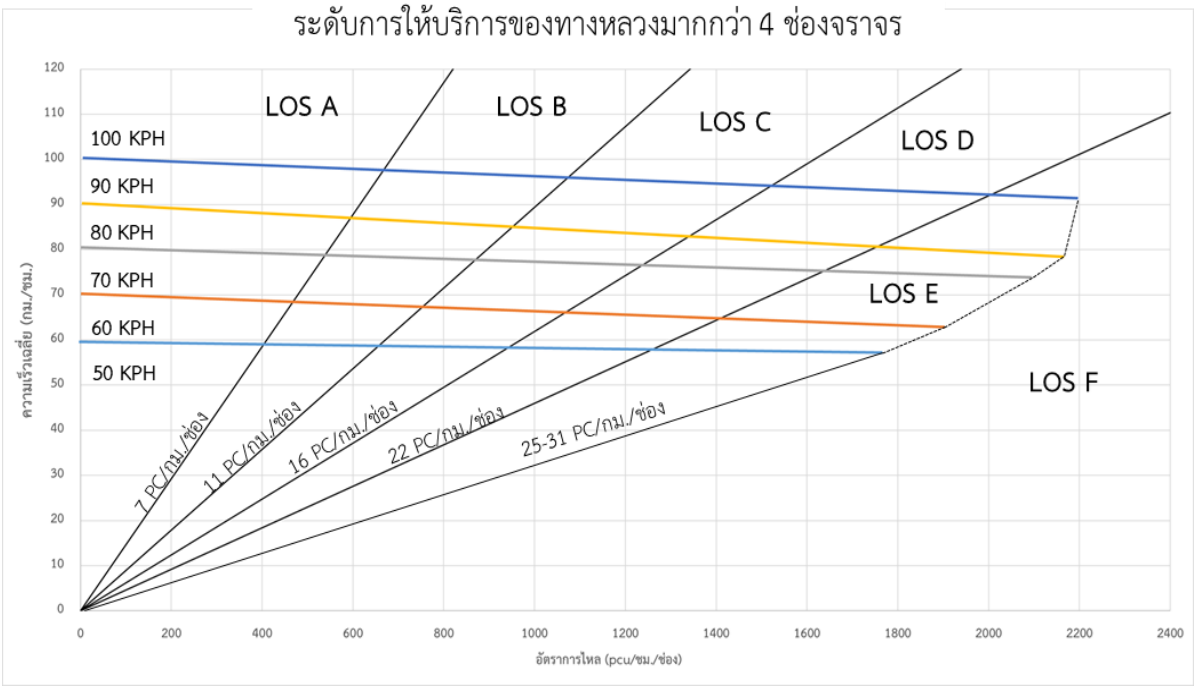
ระดับการให้บริการ (LOS)	ความหนาแน่นการจราจร (PCU/กม./ช่อง)
A	≤ 7
B	> 7 – 11
C	> 11 – 16
D	> 16 – 22
E	> 22 – 30*
F	> 30*

*เกณฑ์ความแน่นการจราจรของ LOS F มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การประเมินระดับการให้บริการ สามารถใช้ความหนาแน่นการจราจรเป็นเกณฑ์แบ่งระดับการให้บริการ ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับการให้บริการบนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลการจราจร (Speed-Flow Curve) ของทางหลวง 4 ช่องจราจร ดัง**รูปที่ 4.1-5** และทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร ดัง**รูปที่ 4.1-6**



รูปที่ 4.1-5 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวง 4 ช่องจราจร



รูปที่ 4.1-6 Speed-Flow และ LOS สำหรับการวิเคราะห์แยกช่องจราจรของทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร

จากตัวชี้วัดความหนาแน่นการจราจรที่ระดับการให้บริการต่าง ๆ จะสามารถกำหนดเกณฑ์ตัวชี้วัดด้านการจราจรอื่น ๆ ได้แก่ ความหนาแน่นการจราจรสูงสุด ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ดัชนีการจราจรติดขัด (V/C) และอัตราการไหลจราจรสูงสุด ที่ระดับการให้บริการ LOS A – E ในแต่ละค่าความเร็วการไหลอิสระ (FFS) โดยแบ่งตามประเภททางหลวงได้แก่ ทางหลวง 4 ช่องจราจร ดัง**ตารางที่ 4.1-14** และทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร ดัง**ตารางที่ 4.1-15**

ตารางที่ 4.1-14 ตัวชี้วัดด้านจราจรของความเร็วการไหลอิสระและระดับการให้บริการต่าง ๆ สำหรับทางหลวง 4 ช่องจราจร

ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)	ตัวชี้วัดด้านจราจร	ระดับการให้บริการ (LOS)				
		A	B	C	D	E
100	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	23
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	97.0	95.2	93.0	91.7	90.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.30	0.48	0.70	0.83	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	639	1004	1461	1735	2100
90	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	24
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	88.3	87.3	86.0	85.3	84.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.29	0.46	0.67	0.79	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	598	940	1367	1623	2050
80	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	27
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	77.7	76.3	74.7	73.7	71.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.26	0.41	0.59	0.70	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	506	794	1156	1372	1950
70	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	29
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	68.3	67.3	66.1	65.4	63.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.24	0.38	0.55	0.66	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	447	702	1021	1212	1850
60	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	30
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	59.5	59.3	58.9	58.7	58.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.23	0.36	0.53	0.63	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	406	638	928	1102	1750

ตารางที่ 4.1-15 ตัวชี้วัดด้านจราจรของความเร็วการไหลอิสระและระดับการให้บริการต่าง ๆ สำหรับทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร

ความเร็วการไหลอิสระ (กม./ชม.)	ตัวชี้วัดด้านจราจร	ระดับการให้บริการ (LOS)				
		A	B	C	D	E
100	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	26
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	95.2	92.4	88.9	86.8	82.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.28	0.44	0.64	0.77	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	592	931	1354	1608	2100
90	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	26
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	86.0	83.7	80.8	79.0	75.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.28	0.44	0.65	0.77	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	565	888	1292	1535	2000
80	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	27
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	76.9	75.1	72.9	71.6	68.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.27	0.43	0.62	0.74	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	519	815	1185	1407	1900
70	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	28
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	68.0	66.9	65.4	64.6	62.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.25	0.39	0.57	0.68	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	438	688	1000	1188	1750
60	ความหนาแน่นจราจรสูงสุด	7	11	16	19	30
	ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย	58.6	57.8	56.8	56.2	54.0
	ดัชนีการจราจรติดขัด	0.23	0.37	0.53	0.63	1.00
	อัตราการไหลจราจรสูงสุด	373	587	853	1013	1600

ตัวอย่างกรณีศึกษาการประเมินความสามารถในการให้บริการและความจุของทางหลวงหลายช่องจราจ จะนำเสนอตามประเภทของทางหลวงหลายช่องจราจรที่แตกต่างกัน

- ทางหลวง 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตนอกเมือง)
- ทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง (เขตชานเมือง)
- ทางหลวงหลายช่องจราจร ไม่มีเกาะกลาง
- ทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน

การประเมินและวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรของตัวอย่างกรณีศึกษา จะประยุกต์ใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการใช้งานดังแสดงในแต่ละตัวอย่างกรณีศึกษา โดยสามารถแสดงตัวอย่างได้ดังนี้

4.2. กรณีศึกษาทางหลวง 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง (เขตนอกเมือง)

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของแต่ละช่องจราจร กรณีทางหลวง 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 ช่วงถนน กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.2-1** และ**รูปที่ 4.2-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 4.2-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาเข้า

รูปที่ 4.2-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก ทิศทางขาออก

การประเมินระดับการให้บริการแยกช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง สามารถแสดงวิธีการทั้ง 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 4.2-1** และ**ตารางที่ 4.2-2**

ตารางที่ 4.2-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (เมตร)	ขาเข้า : 2.0 เมตร ขาออก : 2.0 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 1.3 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 2.0 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	4 ช่องจราจร (2 ช่องต่อทิศทาง)
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	1.29%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ (คัน/ชั่วโมง)	ขาเข้า: 729 คัน/ชม. ขาออก: 494 คัน/ชม. ปริมาณจราจรแยกช่องแสดงดัง**ตารางที่ 4.2-2**
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตนอกเมือง เท่ากับ 0.90

ตารางที่ 4.2-2 ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณจราจรรายชั่วโมง (คัน/ชม.) แยกตามช่องจราจร			
	ขาเข้า		ขาออก	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
รถยนต์ (PC, PC-L)	114	329	84	214
รถจักรยานยนต์ (MC/TC)	37	8	24	7
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	0	0	0	0
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	61	23	26	31
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	82	5	53	6
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	66	4	42	7

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0 = 90.0 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 90 – 0 – 1.1 – 0 – 0 – 16.5 = 72.4 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0 = 90.0 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 90 – 0 – 1.1 – 0 – 0 – 16.5 = 72.4 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$v_i = \frac{V_i}{PHF} \qquad \text{เมื่อ } V_i = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  อัตราการไหล v_i ช่องจราจรขวา = (329+8x0.99+0x1.46+23x1.1+5x1.42+4x1.67)/0.9
  = 418 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล v_i ช่องจราจรซ้าย = (114+37x0.99+0x1.46+61x1.1+82x1.42+66x1.67)/0.9
  = 494 PCU/ชม./ช่อง

- **ทิศทางออก**

  อัตราการไหล v_i ช่องจราจรขวา = (214+7x0.99+0x1.46+31x1.1+6x1.42+7x1.67)/0.9
  = 306 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล v_i ช่องจราจรซ้าย = (84+24x0.99+0x1.46+26x1.1+53x1.42 + 42x1.67)/0.9
  = 313 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity)

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity: c) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. จะได้ c = 2,050 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 72.4 กม./ชม. จะได้ c = 1,874 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,050+1,874 = 3,924 PCU/ชม./ช่อง

- **ทิศทางขาออก**

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. จะได้ c = 2,050 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 72.4 กม./ชม. จะได้ c = 1,874 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,050+1,874 = 3924 PCU/ชม.

  ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (418 + 494)/3,924 = 0.23 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

  ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (306 + 313)/3,924 = 0.16 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม. 511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. และ v_i = 418 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 88.8 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 72.4 กม./ชม. และ v_i = 494 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 70.0 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ต่อทิศทาง = (88.8x418+70.0x494)/(418+494) = 78.6 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.0 กม./ชม. และ v_i = 306 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 89.1 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณาที่ FFS =72.4 กม./ชม. และ v_i = 313 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 70.8 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ต่อทิศทาง = (89.1x306+70.8x313)/(306+313) = 79.9 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและประเมินระดับการให้บริการ ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 กม.511+591 จังหวัดตาก เขตนอกเมือง (4 ช่องจราจร แบบมีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$D = \frac{v_i}{ATS_i}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 418/88.8 = 4.7 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรซ้าย = 494/70.0 = 7.1 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ต่อทิศทาง = ((418+494)/2)/78.6 = 5.8 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS A (D < 7 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS B (D > 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องที่แย่ที่สุด = LOS B

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS A (D < 7 PCU/กม./ช่อง)

- **ทิศทางขาออก**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 306/89.1 = 3.4 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรซ้าย = 313/70.8 = 4.4 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((306+313)/2)/79.9 = 3.9 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS A (D ≤ 7 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS A (D ≤ 7 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องที่แย่ที่สุด = LOS A

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS A (D ≤ 7 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์แบบสรุปดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2-3**

ตารางที่ 4.2-3 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวง ทล.1 กม.511+591 จังหวัดตาก

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน				
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า		ขาออก	
	ช่องซ้าย	ช่องขวา	ช่องซ้าย	ช่องขวา
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย, ม.	2		2	
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง		มีเกาะกลาง	
ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	1.3		2.0	
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม				
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)				
ความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	90	90	90	90
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (f_{LC})	1.1		1.1	
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_M)		0		0
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	0	0	0	0
ค่าปรับแก้ตำแหน่งช่องจราจร (f_{LP})	16.5	0	16.5	0
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}	**72.4**	**90**	**72.4**	**90**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)				
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	1.29		-1.29	
รถยนต์ (PC, PC-L) (คัน/ชม.)	114	329	84	214
รถจักรยานยนต์ (MC/TC) (คัน/ชม.)	37	8	24	7
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB) (คัน/ชม.)	0	0	0	0
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT) (คัน/ชม.)	61	23	26	31
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT) (คัน/ชม.)	82	5	53	6
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST) (คัน/ชม.)	66	4	42	7
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.9		0.9	
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**494**	**418**	**313**	**306**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ				
ความจุทางหลวง c (PCU/ชม./ช่อง)	1,874	2,050	1,874	2,050
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**3,924**		**3,924**	
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ATS (กม./ชม.)	70.0	88.8	70.8	89.1
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	78.6		79.9	
ความหนาแน่นการจราจร (PCU/กม.)	7.1	4.7	4.4	3.4
ความหนาแน่นเฉลี่ยต่อทิศทาง (PCU/กม.)	5.8		3.9	
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละช่องจราจร	B	A	A	A
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (แย่สุด)	**B**		**A**	
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (เฉลี่ย)	**A**		**A**	

4.3. กรณีศึกษาทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง (เขตชานเมือง)

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของแต่ละช่องจราจร กรณีทางหลวงมากกว่า 4 ช่องจราจรแบบมีเกาะกลาง ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 ช่วงถนน กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.3-1** และ**รูปที่ 4.3-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 4.3-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาเข้า

รูปที่ 4.3-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ ทิศทางขาออก

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม. 3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 4.3-1** และ **ตารางที่ 4.3-2**

ตารางที่ 4.3-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (เมตร)	ขาเข้า : 0.5 เมตร ขาออก : 0.5เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 5.0 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 4.3 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	ขาเข้า 4 ช่องจราจร ขาออก 3 ช่องจราจร
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	0.1%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ (คัน/ชั่วโมง)	ขาเข้า: 2,454 คัน/ชม. ขาออก: 2,151 คัน/ชม. ปริมาณจราจรแยกช่องแสดงดัง**ตารางที่ 4.3-2**
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตชานเมือง (Urban) เท่ากับ 0.95

ตารางที่ 4.3-2 ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ ทล.3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณจราจรรายชั่วโมง (คัน/ชม.) แยกตามช่องจราจร						
	ขาเข้า				ขาออก		
	ซ้าย	กลาง (2)	กลาง (1)	ขวา	ซ้าย	กลาง	ขวา
รถยนต์ (PC, PC-L)	175	273	328	317	230	389	379
รถจักรยานยนต์ (MC/TC)	203	169	196	108	234	241	142
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	6	9	11	11	8	13	13
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	113	110	95	60	135	131	80
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	26	25	22	14	31	30	18
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	55	53	46	29	30	29	18

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละช่องจราจรของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 95 – 0 – 0 – 0 – 4.8 – 0 = 90.2 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรกลาง (1) = 95 – 0 – 0 – 0 – 5.8 – 11.5 = 77.7 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรกลาง (2) = 95 – 0 – 0 – 0 – 5.8 – 11.5 = 77.7 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 95 – 0 – 4.6– 0 – 7.7 – 28.5 = 54.2 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 95 – 0 – 0 – 0 – 4.8 – 0 = 90.2 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรกลาง = 95 – 0 – 0 – 0 – 5.8 – 11.5 = 77.7 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 95 – 0 – 4.6 – 0 – 7.7 – 28.5 = 54.2 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$v_i = \frac{V_i}{PHF} \qquad \text{เมื่อ } V_i = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

- **ทิศทางขาเข้า (4 ช่องจราจร)**

  อัตราการไหล ช่องจราจรขวา = (317+108x0.99+11x1.46+60x1.1+14x1.42+29x1.67) /0.95 = 605 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรกลาง (1) = (328+196x0.99+11x1.46+95x1.1+22x1.42+46x1.67) /0.95 = 790 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรกลาง (2) = (273+169x0.99+9x1.46+110x1.1+25x1.42+53x1.67) /0.95 = 735 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรซ้าย = (175+203x0.99+6x1.46+113x1.1+26x1.42+55x1.67) /0.95 = 671 PCU/ชม./ช่อง

- **ทิศทางขาออก (3 ช่องจราจร)**

  อัตราการไหล ช่องจราจรขวา = (379+142x0.99+13x1.46+80x1.1+18x1.42+18x1.67)/0.95
  = 718 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรกลาง = (389+241x0.99+13x1.46+131x1.1+30x1.42+29x1.67)/0.95
  = 928 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรซ้าย = (230+234x0.99+8x1.46+135x1.1+31x1.42+30x1.67)/0.95
  = 754 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity)

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม. 3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.2 กม./ชม. จะได้ c = 2,151 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง ช่องจราจรกลาง(1): FFS = 77.7 กม./ชม. จะได้ c = 2,054 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง ช่องจราจรกลาง(2): FFS = 77.7 กม./ชม. จะได้ c = 2,054 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 54.2 กม./ชม. จะได้ c = 1,750 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,151+2,054+2,054+1,750 = 8,009 PCU/ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.2 กม.ชม. จะได้ c = 2,154 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง ช่องจราจรกลาง พิจารณา FFS = 77.7 กม.ชม. จะได้ c = 2,054 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 54.2 กม.ชม. จะได้ c = 1,750 PCU/ชม./ช่อง
  ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,151+2,054+1,750 = 5,955 PCU/ชม.

  ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (605 + 790 + 735 + 671)/8,009 = 0.35 ≤ 1.0
  พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป
  ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (718 + 928 +754)/5,955 = 0.40 ≤ 1.0
  พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละช่องจราจรของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า (4 ช่องจราจร)**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.2 กม./ชม. และ v_i = 605 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 86.7 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรกลาง (1) พิจารณา FFS = 77.7 กม./ชม. และ v_i = 790 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 75.6 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรกลาง (2) พิจารณา FFS=77.7 กม./ชม. และ v_i =735 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 75.8 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 54.2 กม./ชม. และ v_i = 671 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 53.5 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง = (86.7x605+75.6x790+75.8x735+3.5x671)
  /(605+790+735+671)
  = 72.7 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก (3 ช่องจราจร)**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 90.2 กม./ชม. และ v_i = 718 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 86.1 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรกลาง พิจารณา FFS =77.7 กม./ชม. และ v_i = 928 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 75.1 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 54.2 กม./ชม. และ v_i = 754 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 53.3 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง = (86.1x726+75.1x941+53.3x766)
  /(718+928+754)
  = 71.6 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและประเมินระดับการให้บริการแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ เขตชานเมือง ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า (4 ช่องจราจร)**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 605/86.7 = 7.0 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรกลาง (1) = 790/75.6 = 10.5 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรกลาง (2) = 735/75.8 = 9.7 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรซ้าย = 671/53.5 = 12.6 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((605+790+735+671)/4) / 72.7 = 9.6 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS A ($D \leq 7$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรกลาง (1) = LOS B ($D = 7 - 11$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรกลาง (2) = LOS B ($D = 7 - 11$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS C ($D = 11 - 16$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องที่แย่ที่สุด = LOS C

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS B ($D = 7 - 11$ PCU/กม./ช่อง)

- **ทิศทางขาออก (3 ช่องจราจร)**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 718/86.1 = 8.3 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรกลาง = 928/75.1 = 12.4 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรซ้าย = 754/53.3 = 14.1 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((718+928+754)/3)/71.6 = 11.2 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS B ($D = 7 - 11$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรกลาง = LOS C ($D = 11 - 16$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS C ($D = 11 - 16$ PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องที่แย่ที่สุด = LOS C

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS C ($D = 11 - 16$ PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์แบบสรุปดังแสดงใน**ตารางที่ 4.3-3**

ตารางที่ 4.3-3 สรุปการประเมินระดับการให้บริการและความจุทางหลวง ทล.3256 กม.3+200 จังหวัดสมุทรปราการ

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน								
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า				ขาออก			
	ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องกลาง	ช่องขวา	ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องกลาง	ช่องขวา
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย, ม.	0.5				0.5			
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง				มีเกาะกลาง			
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	4.3				5.0			
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม								
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-	-	-	-	-	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-	-	-	-	-	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)								
ความเร็วการไหลอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	95	95	95	95	95	-	95	95
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0	0	0	0	-	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (f_{LC})	4.6				4.6			
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_M)				0				0
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	7.7	5.8	5.8	4.8	7.7	-	5.8	4.8
ค่าปรับแก้ตำแหน่งช่องจราจร (f_{LP})	28.5	11.5	11.5	0	28.5	-	11.5	0
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}	**54.2**	**77.7**	**77.7**	**90.2**	**54.2**	**-**	**77.7**	**90.2**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)								
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	0.10				-0.10			
รถยนต์ (คัน/ชม.)	175	273	328	317	230	-	389	379
รถจักรยานยนต์ (คัน/ชม.)	203	169	196	108	234	-	241	142
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (คัน/ชม.)	6	9	11	11	8	-	13	13
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (คัน/ชม.)	113	110	95	60	135	-	131	80
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (คัน/ชม.)	26	25	22	14	31	-	30	18
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (คัน/ชม.)	55	53	46	29	30	-	29	18
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.95				0.95			
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**671**	**735**	**790**	**605**	**754**	**-**	**928**	**718**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ								
ความจุทางหลวง c (PCU/ชม./ช่อง)	1,750	2,054	2,054	2,151	1,750	-	2,054	2,151
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**8,009**				**5,955**			
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ATS (กม./ชม.)	53.5	75.8	75.6	86.7	53.3	-	75.1	86.1
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	72.7				71.6			
ความหนาแน่นการจราจร	12.6	9.7	10.5	7.0	14.1	-	12.4	8.3
ความหนาแน่นเฉลี่ยต่อทิศทาง (PCU/กม.)	9.6				11.2			
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละช่องจราจร	C	B	B	A	C	-	C	B
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (แย่สุด)	C				C			
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (เฉลี่ย)	**B**				**C**			

4.4. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจรแบบไม่มีเกาะกลาง

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของแต่ละช่องจราจร กรณีทางหลวงหลายช่องจราจรแบบไม่มีเกาะกลาง ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 ช่วงถนน กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.4-1** และ**รูปที่ 4.4-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 4.4-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาเข้า

รูปที่ 4.4-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ ทิศทางขาออก

การประเมินระดับการให้บริการแยกช่องจราจรทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) สามารถแสดงวิธีการทั้ง 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 4.4-1** และ **ตารางที่ 4.2-2**

ตารางที่ 4.4-1 การรวบรวมข้อมูล ทล. 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง)

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (เมตร)	ขาเข้า : 2.5 เมตร ขาออก : 2.5 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	ไม่มีเกาะกลาง (เกาะสี)
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 0.7 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 0 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	4 ช่องจราจร (2 ช่องต่อทิศทาง)
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	1.87%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ (คัน/ชั่วโมง/ทิศทาง)	ขาเข้า: 1,397 คัน/ชม. ขาออก: 1,151 คัน/ชม. ปริมาณจราจรแยกช่องแสดงดัง**ตารางที่ 4.4-2**
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	เขตนอกเมือง เท่ากับ 0.90

ตารางที่ 4.4-2 ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ ทล.4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณจราจรรายชั่วโมง (คัน/ชม.) ตามช่องจราจร			
	ขาเข้า		ขาออก	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
รถยนต์ (PC, PC-L)	347	424	312	325
รถจักรยานยนต์ (MC/TC)	175	50	126	62
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	7	8	7	6
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	158	138	122	117
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	54	4	44	4
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	28	4	25	1

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม. 956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - \boldsymbol{f_M} - f_{APD} - f_{LP}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 90 – 0 – 0 – 4.3 – 0 – 0 = 85.7 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 16.5 = 73.5 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 90 – 0 – 0 – 4.3 – 0 – 0 = 85.7 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 90 – 0 – 0 – 0 – 0 – 16.5 = 73.5 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$v_i = \frac{V_i}{PHF} \qquad \text{เมื่อ } V_i = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  อัตราการไหล ช่องจราจรขวา = (424+50x0.99+8x1.46+138x1.1+4x1.42+4x1.67)/0.9
  = 721 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรซ้าย = (347+175x0.99+7x1.46+158x1.1+54x1.42+28x1.67)/0.9
  = 920 PCU/ชม./ช่อง

- **ทิศทางออก**

  อัตราการไหล ช่องจราจรขวา = (325+62x0.99+6x1.46+117x1.1+4x1.42+1x1.67)/0.9
  = 590 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหล ช่องจราจรซ้าย = (312+126x0.99+7x1.46+122x1.1+44x1.42+25x1.67)/0.9
  = 762 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity)

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละช่องจราจรของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม. 956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก สามารถแสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 85.7 กม./ชม. จะได้ c = 2,007 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 73.5 กม./ชม. จะได้ c = 1,885 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,007+1,885 = 3,892 PCU/ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 85.7 กม./ชม. จะได้ c = 2,007 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 73.5 กม./ชม. จะได้ c = 1,885 PCU/ชม./ช่อง

  ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,007+1,885 = 3,892 PCU/ชม.

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (721 + 920)/3,892 = 0.42 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (590 + 762)/3,892 = 0.35 ≤ 1.0 พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละช่องจราจรของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 85.7 กม./ชม. และ v_i = 721 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 83.5 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 73.5 กม./ชม. และ v_i = 920 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 70.3 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง = (83.5x721+70.3x920)/(721+920) = 76.1 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 85.7 กม./ชม. และ v_i = 590 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 83.8 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 73.5 กม./ชม. และ v_i = 762 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 70.9 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง = (83.8x590+70.9x762)/(590+762) = 76.5 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่ (ทางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 721/83.5 = 8.6 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจซ้าย = 920/70.3 = 13.1 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((721+920)/2) / 76.1 = 10.8 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการของช่องที่แย่ที่สุด = LOS B

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

- **ทิศทางขาออก**

  ความหนาแน่นจราจรช่องขวา = 590/83.8 = 7.1 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรช่องซ้าย = 762/70.9 = 10.7 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((590+762)/2)/76.5 = 8.8 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการช่องขวา = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการช่องซ้าย = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการของช่องที่แย่ที่สุด = LOS B

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS B (D = 7 – 11 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์แบบสรุปดังแสดงใน**ตารางที่ 4.4-3**

ตารางที่ 4.4-3 สรุปผลการประเมินระดับการให้บริการ และความจุทางหลวง ทล.4 กม.956+105 จังหวัดกระบี่

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน				
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า		ขาออก	
	ช่องซ้าย	ช่องขวา	ช่องซ้าย	ช่องขวา
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	3.5	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย, ม.	2.5		2.5	
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	ไม่มีเกาะกลาง		ไม่มีเกาะกลาง	
ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	0.7		0	
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม				
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)				
ความการไหลเร็วอิสระในสภาพพื้นฐาน (BFFS)	90	90	90	90
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	0	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (f_{LC})	0		0	
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_M)		4.3		4.3
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจำนวนจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	0	0	0	0
ค่าปรับแก้ตำแหน่งช่องจราจร (f_{LP})	16.5	0	16.5	0
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}	**73.5**	**85.7**	**73.5**	**85.7**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)				
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	1.87		-1.87	
รถยนต์ (PC, PC-L) (คัน/ชม.)	347	424	312	325
รถจักรยานยนต์ (MC/TC) (คัน/ชม.)	175	50	126	62
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB) (คัน/ชม.)	7	8	7	6
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT) (คัน/ชม.)	158	138	122	117
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT) (คัน/ชม.)	54	4	44	4
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST) (คัน/ชม.)	28	4	25	1
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.9		0.9	
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**920**	**721**	**762**	**590**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ				
ความจุทางหลวง c (PCU/ชม./ช่อง)	1,885	2,007	1,885	2,007
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**3,892**		**3,892**	
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ATS (กม./ชม.)	70.3	83.5	70.9	83.8
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	76.1		76.5	
ความหนาแน่นการจราจร (PCU/กม.)	13.1	8.6	10.7	7.1
ความหนาแน่นเฉลี่ยต่อทิศทาง (PCU/กม.)	10.8		8.8	
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละช่องจราจร	C	B	B	B
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (แย่สุด)	**C**		**B**	
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (เฉลี่ย)	**B**		**B**	

4.5. กรณีศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน

ตัวอย่างการประเมินความจุและระดับการให้บริการของแต่ละช่องจราจร ทางหลวงหลายช่องจราจร ที่มีความลาดชัน ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ช่วงถนนกม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา เขตนอกเมือง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.5-1** และ**รูปที่ 4.5-2** สามารถแสดงรายละเอียดของ 6 ขั้นตอนได้ดังนี้

รูปที่ 4.5-1 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาเข้า (ทางลาดลง)

รูปที่ 4.5-2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ทิศทางขาออก (ทางลาดขึ้น)

ขั้นตอนที่ 1: การรวบรวมข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและด้านกายภาพถนนของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) สามารถสรุปข้อมูลได้ดัง**ตารางที่ 4.5-1** และ **ตารางที่ 4.5-2**

ตารางที่ 4.5-1 การรวบรวมข้อมูล ทล.2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน)

ข้อมูลลักษณะกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ข้อมูลด้านกายภาพถนน	
ความกว้างช่องจราจร (เมตร)	ขาเข้า : 3.5 เมตร ขาออก : 3.5 เมตร
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (เมตร)	ขาเข้า : 2.5 เมตร ขาออก : 2.5 เมตร
รูปแบบเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กิโลเมตร)	ขาเข้า : 1.7 จุด/กิโลเมตร ขาออก : 3.0 จุด/กิโลเมตร
จำนวนช่องจราจร	6 ช่องจราจร (3 ช่องต่อทิศทาง)
ค่าความลาดชันถนน (Grade)	6.0%
ข้อมูลด้านการจราจร	
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) แยกช่องจราจร (ถ้ามี) (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	วิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2
ปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ (คัน/ชั่วโมง)	ขาเข้า: 2,391 คัน/ชม. ขาออก: 3,557 คัน/ชม. ปริมาณจราจรแยกช่องแสดงดัง**ตารางที่ 4.5-2**
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	นอกเมือง เท่ากับ 0.90

ตารางที่ 4.5-2 การรวบรวมข้อมูล ทล.2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน)

ประเภทยานพาหนะ	ปริมาณจราจรรายชั่วโมง (คัน/ชม.)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ซ้าย	กลาง	ขวา	ซ้าย	กลาง	ขวา
รถยนต์ (PC, PC-L)	180	209	332	292	390	400
รถจักรยานยนต์ (MC/TC)	39	25	21	48	49	36
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (MB, HB)	64	41	35	79	77	58
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (LB, LT)	297	187	162	352	343	257
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (MT, HT)	196	123	106	232	226	170
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (FT, ST)	172	108	94	203	197	148

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)

การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม. 54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}$$

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 95 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0 = 95.0 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรกลาง = 95 – 0 – 0 – 0 – 0 – 11.5 = 83.5 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 95 – 0 – 0 – 0 – 0 – 28.5 = 66.5 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรขวา = 95 – 0 – 0 – 0 – 2.4 – 0 = 92.6 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรกลาง = 95 – 0 – 0 – 0 – 2.9 – 11.5 = 80.6 กม./ชม.

  ความเร็วการไหลอิสระ ช่องจราจรซ้าย = 95 – 0 – 0 – 0 – 3.9 – 28.5 = 62.6 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate)

การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow rate) ในแต่ละช่องจราจรของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นทางหลวงที่มีความลาดชัน 6% ทั้งขาเข้าเป็นทางลาดลง (ค่าลบ) และขาออก เป็นทางลาดขึ้น (ค่าบวก)

$$v_i = \frac{V_i}{PHF} \qquad \text{เมื่อ } V_i = \frac{\sum E_i q_i}{q}$$

- **ทิศทางขาเข้า (ความลาดชัน -6%)**

  อัตราการไหลช่องจราจรขวา = (332+21x1.01+35x1.45+162x1.09+106x1.56+94x1.82)/0.9
  = 1,019 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหลช่องจราจรกลาง= (209+25x1.01+41x1.45+187x1.09+123x1.56+108x1.82)/0.9
  = 984 PCU/ชม./ช่อง

  อัตราการไหลช่องจราจรซ้าย = (180+39x1.01+64x1.45+297x1.09+196x1.56+172x1.82)/0.9
  = 1,394 PCU/ชม./ช่อง

- **ทิศทางขาออก (ความลาดชัน +6%)**

อัตราการไหลช่องจราจรขวา = (400+36x0.97+58x1.47+257x1.11+170x1.54+148x1.86)/0.9
= 1,484 PCU/ชม./ช่อง

อัตราการไหลช่องจราจรกลาง= (390+49x0.97+77x1.47+343x1.11+226x1.54+197x1.86)/0.9
= 1,818 PCU/ชม./ช่อง

อัตราการไหลช่องจราจรซ้าย = (292+48x0.97+79x1.47+352x1.11+232x1.54+203x1.86)/0.9
= 1,745 PCU/ชม./ช่อง

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity)

การวิเคราะห์ค่าความจุ (Capacity) ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 95.0 กม./ชม. จะได้ c = 2,175 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวง ช่องจราจรกลาง พิจารณา FFS = 83.5 กม./ชม. จะได้ c = 2,118 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 66.5 กม./ชม. จะได้ c = 1,848 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,175+2,118+1,848 = 6,141 PCU/ชม.

- **ทิศทางขาออก**

ความจุทางหลวง ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 92.6 กม./ชม. จะได้ c = 2,163 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวง ช่องจราจรกลาง พิจารณา FFS = 80.6 กม./ชม. จะได้ c = 2,103 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวง ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 62.6 กม./ชม. จะได้ c = 1,789 PCU/ชม./ช่อง
ความจุทางหลวง รวมทั้งทิศทาง = 2,163+2,103+1,789 = 6,055 PCU/ชม.

ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาเข้า = (1,019 + 984 +1,394)/6,141 = 0.55 ≤ 1.0
พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป
ตรวจสอบ V/C ทิศทางขาออก = (1,484 + 1,818 + 1,745)/6,055 = 0.83 ≤ 1.0
พิจารณาต่อในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 5: การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)

การวิเคราะห์ค่าความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (ATS) ในแต่ละช่องจราจรของ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS =95.0 กม./ชม. และ v_i = 1,019 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 90.2 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรกลาง พิจารณา FFS=83.5 กม./ชม. และ v_i = 984 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 80.0 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS =66.5 กม./ชม. และ v_i = 1,394 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 62.9 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง = (90.2x1,019+80.0x984+62.9x1,394)
  /(1,019+984+1,394) = 76.0 กม./ชม.

- **ทิศทางขาออก**

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรขวา พิจารณา FFS = 92.6 กม./ชม. และ v_i = 1,484 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 85.3 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรกลาง พิจารณา FFS = 80.6 กม./ชม. และ v_i = 1,818 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 75.4 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ช่องจราจรซ้าย พิจารณา FFS = 62.6 กม./ชม. และ v_i = 1,745 PCU/ชม./ช่อง จะได้ ATS = 59.7 กม./ชม.

  ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง = (85.3x1,484+75.4x1,818+59.7x1,745)
  /(1,484+1,818+1,745) = 72.9 กม./ชม.

ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร และประเมินระดับการให้บริการ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและประเมินระดับการให้บริการ ในแต่ละช่องจราจรของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา (ทางหลวงที่มีความลาดชัน) ทั้งขาเข้าและขาออก แสดงได้ดังนี้

- **ทิศทางขาเข้า**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 1,019/90.2 = 11.3 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรกลาง = 984/80.0 = 12.3 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรซ้าย = 1,394/62.9 = 22.2 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((1,019+984+1,394)/3) / 76.0 = 14.9 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรกลาง = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS E (D = 22 – 29 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องที่แย่ที่สุด = LOS E

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS C (D = 11 – 16 PCU/กม./ช่อง)

- **ทิศทางขาออก**

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรขวา = 1,484/85.3 = 17.4 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรกลาง = 1,818/75.4 = 24.1 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจร ช่องจราจรซ้าย = 1,745/59.7 = 29.2 PCU/กม./ช่อง

  ความหนาแน่นจราจรต่อทิศทาง = ((1,484+1,818+1,745)/3) / 72.9 = 23.1 PCU/กม./ช่อง

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรขวา = LOS D (D = 16 – 19 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรกลาง = LOS E (D = 22 – 29 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการ ช่องจราจรซ้าย = LOS E (D = 22 – 29 PCU/กม./ช่อง)

  ระดับการให้บริการของช่องที่แย่ที่สุด = LOS E

  ระดับการให้บริการเฉลี่ยต่อทิศทาง = LOS E (D = 22 – 29 PCU/กม./ช่อง)

ทั้งนี้การคำนวณสามารถใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computational tool) ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์แบบสรุปดังแสดงใน**ตารางที่ 4.5-3**

ตารางที่ 4.5-3 สรุปการประเมินระดับการให้บริการและความจุทางหลวง ทล.2 กม.54+050 จังหวัดนครราชสีมา

ข้อมูลลักษณะกายภาพถนน								
ปัจจัยด้านกายภาพ	ขาเข้า				ขาออก			
	ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องกลาง	ช่องขวา	ช่องซ้าย	ช่องกลาง	ช่องกลาง	ช่องขวา
ความกว้างช่องจราจร, ม.	3.5	-	3.5	3.5	3.5	-	3.5	3.5
ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย, ม.	2.5				2.5			
ประเภทเกาะกลาง (มี/ไม่มี)	มีเกาะกลาง				มีเกาะกลาง			
ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อถนน (จุด/กม.)	1.7				3.0			
ความเร็วจากการสำรวจภาคสนาม								
ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)	-	-	-	-	-	-	-	-
ความในการเดินทางเฉลี่ย (ATS)	-	-	-	-	-	-	-	-
การคาดการณ์ความเร็วการไหลอิสระ (FFS)								
ความเร็วการไหลอิสระในสภาวะพื้นฐาน (BFFS)	95	-	95	95	95	-	95	95
ค่าปรับแก้ความกว้างช่องจราจร (f_{LW})	0	-	0	0	0	-	0	0
ค่าปรับแก้ความกว้างไหล่ทางฝั่งซ้าย (f_{LC})	0				0			
ค่าปรับแก้ประเภทเกาะกลาง (f_M)				0				0
ค่าปรับแก้ความหนาแน่นของจุดเชื่อมต่อ (f_{APD})	0	-	0	0	3.9	-	2.9	2.4
ค่าปรับแก้ตำแหน่งช่องจราจร (f_{LP})	28.5	-	11.5	0	28.5	-	11.5	0
FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{APD} - f_{LP}	**66.5**	**-**	**83.5**	**95**	**62.6**	**-**	**80.6**	**92.6**
การวิเคราะห์อัตราการไหลจราจร (Flow Rate)								
ความลาดชันถนน % (ลาดขึ้น +, ลาดลง -)	-6.00				6.00			
รถยนต์ (คัน/ชม.)	180	-	209	332	292	-	390	400
รถจักรยานยนต์ (คัน/ชม.)	39	-	25	21	48	-	49	36
รถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ (คัน/ชม.)	64	-	41	35	79	-	77	58
รถโดยสารและรถบรรทุกขนาดเล็ก (คัน/ชม.)	297	-	187	162	352	-	343	257
รถบรรทุก 6 - 10 ล้อ (คัน/ชม.)	196	-	123	106	232	-	226	170
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (คัน/ชม.)	172	-	108	94	203	-	197	148
ตัวประกอบชั่วโมงสูงสุด (PHF)	0.90				0.90			
อัตราการไหลต่อช่องจราจร (PC/ชม./ช่อง)	**1394**	**-**	**984**	**1019**	**1745**	**-**	**1818**	**1484**
การประเมินระดับการให้บริการ และความจุ								
ความจุทางหลวง c (PCU/ชม./ช่อง)	1,848	-	2,118	2,175	1,789	-	2,103	2,163
ความจุทางหลวงต่อทิศทาง (PCU/ชม./ทิศทาง)	**6,141**				**6,055**			
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย ATS (กม./ชม.)	62.9	-	80.0	90.2	59.7	-	75.4	85.3
ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ยต่อทิศทาง (กม./ชม.)	76.0				72.9			
ความหนาแน่นการจราจร	22.2	-	12.3	11.3	29.2	-	24.1	17.4
ความหนาแน่นเฉลี่ยต่อทิศทาง (PCU/กม.)	14.9				23.1			
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละช่องจราจร	E	-	C	C	E	-	E	D
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (แย่สุด)	E				E			
ระดับการให้บริการ LOS แต่ละทิศทาง (เฉลี่ย)	**C**				**E**			

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1. บทสรุป

คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร (Highway Capacity Manual for Multilane Highway Segments) มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและเสนอวิธีการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร (Multilane Highway) ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการขับขี่ คุณลักษณะยานพาหนะ และบริบทสภาพแวดล้อมข้างทางของทางหลวงในประเทศไทย โดยเนื้อหาครอบคลุม บทนำสู่คู่มือความจุทางหลวง แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความจุและความสามารถในการให้บริการ แนวทางการประเมินความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจร ตัวอย่างกรณีการประเมินความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจร รวมถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะของคู่มือความจุทางหลวง

คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร ประกอบด้วย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความจุและระดับการให้บริการทางหลวงหลายช่องจราจร แลพได้นำเสนอแนวทางการประเมินความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่องจราจรใน 2 รูปแบบ ได้แก่

1) รูปแบบที่ 1 การประเมินความจุและระดับการให้บริการของช่วงถนนต่อทิศทาง เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของทางหลวง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพื่องานวางแผน งานศึกษาความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรม งานออกแบบทางหลวง และงานประเมินประสิทธิภาพโครงข่ายทางหลวง เหมาะสำหรับการประเมินในระดับมหภาคที่ต้องการการประเมินที่รวดเร็ว โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์บางตัวสามารถใช้ค่าพื้นฐาน (Default values) ซึ่งได้มาจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งโครงข่าย
2) รูปแบบที่ 2 การประเมินความจุและระดับการให้บริการแต่ละช่องจราจร เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของทางหลวงแยกช่องจราจร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการจัดการจราจรบนทางหลวง เหมาะสำหรับการประเมินในระดับจุลภาคที่ต้องการการประเมินที่ละเอียด โดยอาศัยข้อมูลที่ละเอียดในการวิเคราะห์

แนวทางการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการทางหลวงของทางหลวงหลายช่องจราจรอาศัยวิธีวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจร (Density method) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การรวบรวมข้อมูลด้านลักษณะกายภาพถนนและข้อมูลจราจร 2) การวิเคราะห์ความเร็วการไหลอิสระ (Free-Flow Speed) 3) การวิเคราะห์อัตราการไหล (Flow rate) 4) การวิเคราะห์ความจุทางหลวง (Capacity) 5) การวิเคราะห์ความเร็วในการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Speed) และ 6) การวิเคราะห์ความหนาแน่นการจราจรและระดับการให้บริการ (LOS)

นอกจากนี้ คู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร ได้แสดงถึงการประยุกต์แนวทางดังกล่าวประเมินความจุและระดับการให้บริการกับช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจรบนโครงข่ายทางหลวงทั้งหมด และแสดงตัวอย่างกรณีศึกษาการวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของทางหลวงหลายช่อง

จราจรรูปแบบต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน หวังว่าคู่มือเล่มนี้ จะเป็นเครื่องมือช่วยให้วิศวกรทางหลวงและผู้ปฏิบัติงานด้านการจราจรและขนส่งที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการวางแผน การออกแบบ และการจัดการจราจรได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้นในอนาคตต่อไปได้

5.2. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำคู่มือความจุทางหลวงสำหรับทางหลวงหลายช่องจราจร (Highway Capacity Manual for Multilane Highway Segments) ไปใช้ได้อย่างเป็นประโยชน์และเหมาะสม ดังนี้

- หากต้องการวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการตลอดสายทาง จำเป็นต้องพิจารณาแยกช่วงถนนตามรูปแบบสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ช่วงทางหลวงที่ไม่มีการรบกวนการไหลจราจร (Uninterrupted flow) และช่วงถนนที่มีการรบกวนการไหลการจราจร (Interrupted flow)
- ข้อมูลลักษณะกายภาพถนนและข้อมูลจราจรจากฐานข้อมูล เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากกล้องวิดีโอ ณ จุดสำรวจ จำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์และตรวจสอบความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นตัวแทนของช่วงถนนทางหลวงหลายช่องจราจร
- เพื่อให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เสนอแนะให้ศึกษารวบรวมข้อมูลตัวแปรปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อความจุและระดับการให้บริการ เช่น ชนิดเกาะกลาง สภาพผิวจราจร การจอดรถข้างทาง คุณภาพการใช้งานของเส้นจราจรและอุปกรณ์นำทาง และแสงสว่างในเวลากลางวันและกลางคืน เป็นต้น
- การวิเคราะห์ความจุและระดับการให้บริการของการศึกษานี้ ใช้สำหรับพื้นที่ศึกษาทางหลวงหลายช่องจราจรที่มีการจำกัดความเร็ว 90 กม./ชม. เท่านั้น หากเป็นกรณีอื่นจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม
- ข้อมูลของตัวแปรปัจจัยที่นำมาใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ มีจำนวนช่วงตัวอย่างที่ค่อนข้างจำกัด ทำให้การวิเคราะห์ทางสถิติมีระดับความเชื่อมั่นที่ไม่สูงมากนัก จำเป็นต้องรวบรวมตัวอย่างพื้นที่ศึกษาให้มากขึ้น หรือควบคุมตัวแปรที่พิจารณา
- ค่าพื้นฐาน (Default Value) ของสัดส่วนยานพาหนะแต่ละทิศทาง (D Factor) และสัดส่วนปริมาณจราจรรายชั่วโมงสูงสุด (K Factor) ที่แนะนำ เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ทุกสายทาง ซึ่งอาจไม่เหมาะสมหรือเกิดความเอนเอียงในบางกรณี เช่น ประเภททางหลวง ลำดับชั้นทาง และปริมาณจราจรที่แตกต่างกัน เมื่อนำค่าดังกล่าวไปใช้งาน จำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องและศึกษาค่าพื้นฐานเหล่านี้เพิ่มเติม
- เพื่อให้การวิเคราะห์ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่ง (PCE) มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น แนะนำให้มีการศึกษาค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งด้วยจำนวนตัวอย่างที่หลากหลายและจำนวนมากขึ้น จำแนกตามประเภททางหลวงและลักษณะกายภาพถนนที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

Malaysian Ministry of Works (2011). Malaysian Highway Capacity Manual. Highway Planning Unit, Ministry of Works, Malaysia.

NCHRP. (2016). Planning and Preliminary Engineering Applications Guide to the Highway Capacity Manual (2016). Transportation Research Board, Washington, D.C.

TRB (2016). Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis, Volume 2: Uninterrupted Flow, Transportation Research Board Washington, D.C.

TRB (2022). Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis, Volume 1: Concepts, Transportation Research Board Washington, D.C.

TRB (2022). Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis, Volume 2: Uninterrupted Flow, Transportation Research Board Washington, D.C.

กรมทางหลวง (2562) โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการจำแนกลำดับชั้นของโครงข่ายทางหลวงแผ่นดินทั่วประเทศ, สำนักแผนงาน กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

กรมทางหลวง (2566) ระบบข้อมูลสภาพการจราจรทางหลวงในประเทศไทย สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม https://highwaytraffic.go.th

กรมทางหลวง (2566) ระบบสารสนเทศโครงข่ายทางหลวง สำนักบริหารบำรุงทาง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม https://roadnet2.doh.go.th