

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ ต้องการประเมินความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมของแนวเส้นทาง ให้ออกมาในเชิงปริมาณ กล่าวคือ การนำโมดูลัสทางเรขาคณิตมาประยุกต์ใช้ประเมินผลแนวเส้นทาง ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายถึงอัตราการใช้ของกระแสน้ำจราจร ที่วัดจากลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ประเมินค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลง เมื่อได้ขับขี่ยานพาหนะไปบนแนวเส้นทางที่มีลักษณะทางเรขาคณิตที่เปลี่ยนแปลงไป

ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินค่าโมดูลัสทางเรขาคณิต ซึ่งพฤติกรรมในการเลือกใช้ความเร็วยานพาหนะของผู้ขับขี่ในแต่ละพื้นที่ และแนวเส้นทางจะมีความแตกต่างกันไป ซึ่งผู้วิจัยเลือกศึกษาพฤติกรรมในการใช้ความเร็วของผู้ขับขี่บนแนวเส้นทางที่มีลักษณะ 2 ช่องจราจร เป็นทางหลวงนอกเมือง เนื่องจากในประเทศไทย มีทางหลวงลักษณะ 2 ช่องจราจร นอกเมืองในปริมาณที่มาก จึงเหมาะที่จะนำวิธีการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ประเมินผลแนวเส้นทางที่มีอยู่ได้ ซึ่งในการสรุปผลการวิจัย จะสรุปทีละขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

7.1 สรุปผลงานวิจัย

7.1.1 การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัย ได้เลือกประเมินผลทางหลวงที่มีลักษณะ 2 ช่องจราจร ที่อยู่นอกเมือง ดังนั้นจึงสำรวจความเร็วยานพาหนะประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคล และรถกระบะที่ไม่มีการบรรทุกของหนักเป็นตัวแทนความเร็วยานพาหนะบนแนวทางหลวงหมายเลข 105 ตอน ดาก – แม่สอด ช่วงกิโลเมตรที่ 0+000 – กิโลเมตรที่ 78+500 จำนวน 502 พื้นที่ โดยแยกออกตามลักษณะรูปแบบ แนวเส้นทางออกเป็น 4 ประเภท คือ 1) แนวทางตรงสภาพภูมิประเทศพื้นที่ราบ 2) แนวทางตรงสภาพภูมิประเทศพื้นที่เนินเขา 3) แนวทางโค้งสภาพภูมิประเทศพื้นที่ราบ และ 4) แนวทางโค้งสภาพภูมิประเทศพื้นที่เนินเขา ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสรุปดังตาราง 7.1

ตาราง 7.1 สรุปข้อมูลจากการสำรวจทั้ง 502 พื้นที่ โดยแยกตามลักษณะแนวเส้นทาง และสภาพภูมิประเทศ

ลักษณะแนวเส้นทาง และสภาพภูมิประเทศ	จำนวน ข้อมูล (พื้นที่)	ตัวแปรลักษณะทางเรขาคณิต										ตัวแปรลักษณะทางกรณการ			
		ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)		องศาของโค้งรวม (องศา)		ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์)		ความกว้างของช่องจราจร (เมตร)		ความกว้างของไหล่ทาง (เมตร)		ปริมาณจราจร (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณจราจร (คัน/ชม./ทิศทาง)	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน
แนวทางตรงพื้นที่ราบ	124	107.626	12.575	-	-	1.371	0.959	3.295	0.173	1.361	0.326	14.285	3.154	91	14
แนวทางตรงพื้นที่เนินเขา	124	103.755	12.488	-	-	4.653	0.866	3.312	0.171	1.327	0.247	19.092	5.391	88	3
แนวทางโค้งพื้นที่ราบ	126	97.640	12.732	46.636	18.965	1.517	0.737	3.353	0.144	1.290	0.216	16.449	4.903	88	8
แนวทางโค้งพื้นที่เนินเขา	128	95.234	13.068	47.625	17.382	3.999	0.553	3.366	0.161	1.332	0.291	15.179	5.576	88	7

เมื่อได้ข้อมูลทั้ง 502 พื้นที่ และศึกษาการกระจายของความเร็วยานพาหนะในแต่ละพื้นที่ พบว่ามีการกระจายของความเร็วยานพาหนะเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) จึงเลือกใช้ความเร็วเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่เป็นตัวแทนความเร็วยานพาหนะในการหาความสัมพันธ์กับลักษณะทางเรขาคณิต และลักษณะทางการจราจร และเพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างความเร็วเฉลี่ย และความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ จึงได้เปรียบเทียบความเร็วทั้งสองในแต่ละพื้นที่ ดังตาราง 7.2

ตาราง 7.2 เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย และความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ ในแต่ละพื้นที่

รูปแบบและสภาพพื้นที่ของ แนวเส้นทาง	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	ความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ (กม./ชม.)
แนวทางตรงพื้นที่ราบ	107.626	119.777
แนวทางตรงพื้นที่เนินเขา	103.755	115.257
แนวทางโค้งพื้นที่ราบ	97.640	109.692
แนวทางโค้งพื้นที่เนินเขา	95.234	108.497

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะกับตัวแปรลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางและตัวแปรลักษณะทางการจราจร ด้วยวิธีการวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) โดยแยกออกเป็น 4 ประเภทของแนวเส้นทาง พบว่า ในแนวทางตรงทั้งสภาพภูมิประเทศพื้นที่ราบ และสภาพภูมิประเทศพื้นที่เนินเขา ไม่มีตัวแปรใดเลยที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ ส่วนในแนวทางโค้ง สภาพภูมิประเทศแบบพื้นที่ราบ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ ได้แก่ องศาของโค้งราบ กับ ความลาดชัน ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในทางโค้งพื้นที่เนินเขา ได้แก่ องศาของโค้งราบ กับ ความกว้างของไหล่ทาง

7.1.2 การพัฒนาแบบจำลองโมดูลีสทางเรขาคณิต

ในการสร้างแบบจำลองโมดูลีสทางเรขาคณิตจะแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ ช่วงแรกเป็นการสร้างแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะทั้ง 4 ประเภทโดยแยกตามลักษณะแนวเส้นทางและสภาพพื้นที่ จากนั้นนำแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ได้ในแต่ละประเภทแทนค่าในสมการค่าโมดูลีสทางเรขาคณิต ซึ่งจำลองความเร็วเฉลี่ยและ แบบจำลองโมดูลีสทางเรขาคณิตในแต่ละประเภท แสดงในตาราง 7.3

ตาราง 7.3 สรุปแบบจำลองความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และ แบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิต แยกตามลักษณะแนวเส้นทางและสภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศ	แบบจำลองความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ		แบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิต		
	ลักษณะ แนว เส้นทาง	สมการแบบจำลอง	ลักษณะ แนวเส้นทาง ก่อนพิจารณา	ลักษณะ แนวเส้นทาง หลังพิจารณา	สมการแบบจำลอง
พื้นที่ราบ	ทางตรง	$V = 107.262$	ทางโค้ง	ทางโค้ง	$F_0 = \ln(436868 - 1.29D_0 - 0.624D_1) - \ln(0.324D_1)$
	ทางโค้ง	$V = 109.217 - 0.324D$	ทางตรง	ทางโค้ง	$F_0 = \ln(427322 - 0.624D_1) - \ln(1.591 - 0.324D_1)$
			ทางโค้ง	ทางตรง	$F_0 = \ln(433686 - 0.648D_0) - \ln(0.324D_0 - 1.591)$
พื้นที่เนินเตา	ทางตรง	$V = 103.753$	ทางโค้ง	ทางโค้ง	$F_0 = \ln(422412 - 1.608D_0 - 0.804D_1) - \ln(0.402D_1)$
	ทางโค้ง	$V = 105.603 - 0.402D$	ทางตรง	ทางโค้ง	$F_0 = \ln(411324 - 0.804D_1) - \ln(1.848 - 0.402D_1)$
			ทางโค้ง	ทางตรง	$F_0 = \ln(418716 - 0.804D_0) - \ln(0.402D_0 - 1.848)$

7.1.3 การประยุกต์ใช้โมดูลีสถทางเรขาคณิตประเมินแนวเส้นทาง

เมื่อได้หลักการ การนำแบบจำลองโมดูลีสถทางเรขาคณิตไปใช้ประเมินลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง โดยเลือกทางหลวงหมายเลข 105 ตอน ดาก – แม่สอด มาเป็นเส้นทางตัวอย่างเพื่อประเมินลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง ซึ่งจะทำให้ลักษณะทางเรขาคณิต และลักษณะการจราจรของแนวเส้นทางตัวอย่างเหมือนกับแนวเส้นทางที่ได้สำรวจข้อมูล เนื่องจากเป็นแนวเส้นทางเดียวกัน

ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่า ลักษณะทางเรขาคณิตของทางหลวงหมายเลข 105 ตอน ดาก – แม่สอด อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากได้ค่าโมดูลีสถทางเรขาคณิตเท่ากับ 4.333 แต่ยังมีบางช่วงที่มีค่าโมดูลีสถทางเรขาคณิตต่ำกว่าช่วงที่อยู่ใกล้เคียง คือมีความไม่สม่ำเสมอในการออกแบบทางเรขาคณิตเกิดขึ้น ซึ่งในการประเมินนั้น ได้เลือกช่วงของแนวเส้นทางที่มีค่าแตกต่างกว่าช่วงใกล้เคียงกันและมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.000 มาพิจารณาพบว่าในช่วงที่เลือกมานั้นเป็นระยะทางเพียง 10 เปอร์เซนต์ของแนวเส้นทางทั้งหมด แต่เกิดอุบัติเหตุมากถึง 30 เปอร์เซนต์ของแนวเส้นทางทั้งหมด

ดังนั้นค่าโมดูลีสถทางเรขาคณิต สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประเมินลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง ทั้งในภาพรวมตลอดเส้นทาง และพิจารณาในช่วงที่มีความไม่สม่ำเสมอในการออกแบบ และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ แต่การนำแบบจำลองโมดูลีสถทางเรขาคณิตไปใช้นั้น ต้องพิจารณาถึงเงื่อนไข และข้อจำกัดของการนำไปใช้ ดังนี้

- เป็นการประเมินลักษณะทางเรขาคณิตสำหรับรถนั่งส่วนบุคคล (Passenger Car) และรถกระบะ (Pick – Up) ที่ไม่ได้บรรทุกของหนัก
- มีสมมุติฐานว่าการไหลของกระแสจราจรในแนวเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่เป็นการไหลแบบสมบูรณ์ กล่าวคือ ไม่มีการรบกวนจากยานพาหนะหรืออุปสรรคในบริเวณข้างทาง
- มีความลาดชันเฉลี่ยตลอดแนวเส้นทางไม่เกิน 4 เปอร์เซนต์
- แนวเส้นทางที่พิจารณาต้องเป็นถนนนอกเมือง 2 ช่องจราจร และมีความกว้างของช่องจราจร 3.00 – 3.50 เมตร และความกว้างของไหล่ทาง 1.00 – 2.50 เมตร
- ปริมาณจราจรในแนวเส้นทางต้องไม่เกิน 5,000 คันต่อวัน
- ปริมาณรถบรรทุกที่อยู่ในกระแสจราจรต้องไม่เกิน 20%

ด้วยคุณสมบัติของค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถนำแบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิตที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการประเมินความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมของแนวเส้นทางดังนี้

1. นำไปใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเหมาะสมทางวิศวกรรมในการวางแผนเลือกแนวเส้นทางที่จะก่อสร้างได้
2. สามารถนำไปใช้หาบริเวณที่เกิดความไม่สม่ำเสมอในการออกแบบทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางที่กำลังออกแบบ เพื่อเป็นการลดจุดที่อาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนแนวเส้นทางได้
3. สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบให้แนวเส้นทางมีมาตรฐานในการออกแบบที่ดีโดยพิจารณาจากค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่ได้
4. เป็นดัชนีเพื่อช่วยให้วิศวกรที่เพิ่งทำงานทางด้านการออกแบบแนวเส้นทางทราบได้ว่า แนวเส้นทางที่ออกแบบนั้นมีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมเป็นอย่างไร โดยไม่ต้องรอผู้มีประสบการณ์มาตรวจสอบการออกแบบ

7.2 ข้อเสนอแนะ

7.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้กำหนดมาตรฐานในการออกแบบแนวเส้นทาง

ในการนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้กำหนดมาตรฐานในการออกแบบแนวเส้นทาง ได้กำหนดมาตรฐานค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตขั้นต่ำในการออกแบบแนวเส้นทาง เพื่อให้ได้แนวเส้นทางที่มีการออกแบบโดยคำนึงถึงความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้จริง โดยเปรียบเทียบกับความเร็วที่ออกแบบ และความสะดวกสบายในการขับขี่ โดยการพิจารณาความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องเปลี่ยนแปลงในแนวเส้นทาง ซึ่ง Lamm (1988) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้และความเร็วที่ออกแบบ พบว่า ความเร็วที่ผู้ขับขี่ใช้จะมีค่ามากกว่า ความเร็วที่ออกแบบ ประมาณ 15 กม./ชม และการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่จะทำให้ผู้ขับขี่มีความสะดวกสบายในการขับขี่ไม่ควรเกิน 10 กม./ชม ดังนั้นจึงแนะนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินผลลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางดังตาราง 7.4

ตาราง 7.4 แสดงค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตที่แนะนำให้ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทาง

Design Speed (kph.)	Running Speed (kph.)	Geometric Modulus
50	65	3.178
60	75	3.332
70	85	3.466
80	95	3.584
90	105	3.689
100	115	3.784

7.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

ในการทำวิจัยในครั้งต่อไปจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับท่านที่ต้องการนำค่าโมดูลัสทางเรขาคณิตไปใช้ให้ได้กว้างมากขึ้น เช่น ถ้าต้องการนำแบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้ในทางหลวงที่มีลักษณะ 3 – 4 ช่องจราจร หรือในทางหลวงที่มีลักษณะทางเรขาคณิตและลักษณะทางการจราจรที่แตกต่างไปจากทางหลวงหมายเลข 105 นั้น ควรเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะในทางหลวงที่ใช้มีลักษณะทางเรขาคณิต และลักษณะทางการจราจรเหมือนกับแนวเส้นทางที่ต้องการใช้ประเมินผลการออกแบบทางเรขาคณิต แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองความเร็ว และแบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิต เพื่อใช้ประเมินผลลักษณะทางเรขาคณิตของแนวเส้นทางที่ต้องการ โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองความเร็ว และแบบจำลองโมดูลัสทางเรขาคณิตตามวิธีการที่ได้นำเสนอมาข้างต้นได้