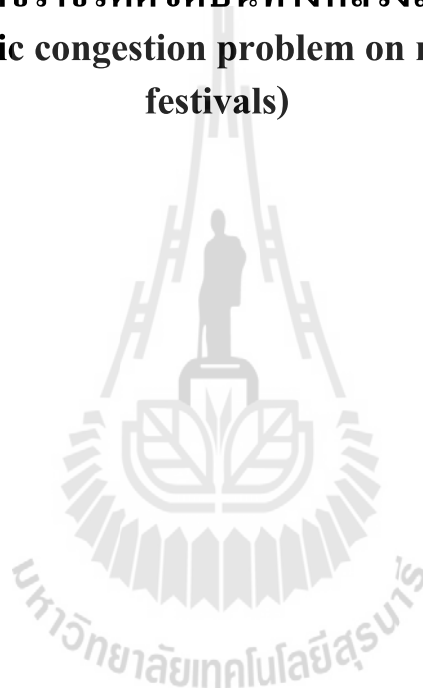




รายงานการวิจัย

**การศึกษาปัญหาจราจรติดขัดบนทางหลวงสายหลักในช่วงเทศกาล
(A study of traffic congestion problem on major highways during
festivals)**



ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การศึกษาปัญหาจราจรติดขัดบนทางหลวงสายหลักในช่วงเทศกาล (A study of traffic congestion problem on major highways during festivals)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐพล ภูบุบผาพันธ์

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

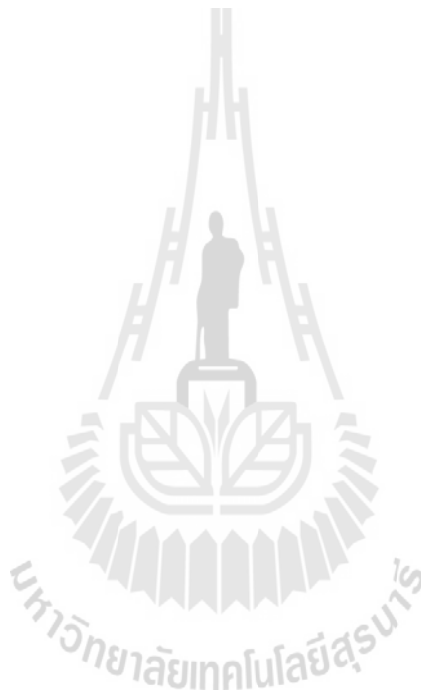
กรกฎาคม 2557

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจาก ปีงบประมาณ2557และ ขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อาทิเช่น

นายปรกรณ์ ตั้งจาศูร โสภณ นักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยเหลือในการสำรวจข้อมูล และวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

นางสาว พรทิศา ถามะพันธ์ นักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยเหลือในการเขียนรายงานการวิจัย

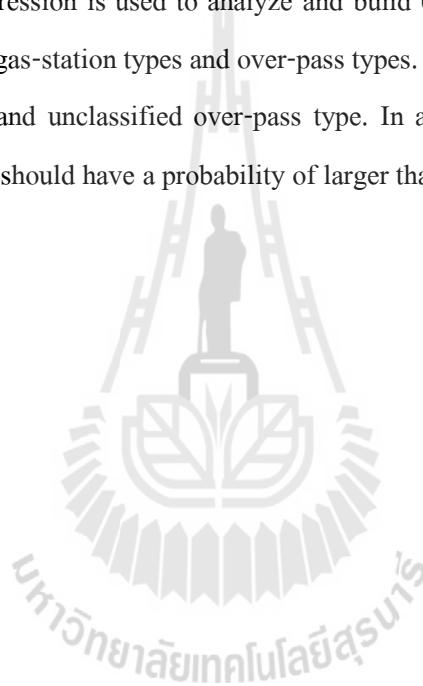


บทคัดย่อภาษาไทย

ในช่วงเทศกาล หรือช่วงเวลาที่วันหยุดติดต่อกันหลาย ๆ วัน มักจะพบเห็นการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนสายหลักต่างๆ เพื่อเดินทางไปท่องเที่ยวหรือกลับภูมิลำเนา และเมื่อยานพาหนะบนท้องถนนเพิ่มมากขึ้นอย่างผิดปกติ ส่งผลให้เกิดการติดขัดบนท้องถนน แต่เมื่อสังเกตเพิ่มเติมจะพบว่า การติดขัดของจราจรนั้นจะเกิดเป็นระยะๆ สลับกับเคลื่อนตัวได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เป็นเพราะว่ามีคอขวดบนท้องถนนทำให้การจราจรมีลักษณะดังกล่าว การศึกษานี้จึงมีขึ้นเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดคอขวดบนท้องถนนที่นอกเหนือจากอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันไม่สามารถควบคุมได้ โดยจะทำการศึกษาปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่อาจจะส่งผลให้เกิดคอขวดบนท้องถนนได้แทน การเก็บข้อมูลนั้นจะดำเนินการด้วยการขับรถยนต์สำรวจไปตามจราจรในช่วงเทศกาลจากจังหวัดนครราชสีมาไปยังจังหวัดขอนแก่นเป็นจำนวน 16 รอบ ซึ่งแต่ละรอบห่างกัน 3 ชั่วโมง โดยที่มีเครื่อง GPS และผู้โดยสารไปด้วยอีก 1 คนเพื่อทำการบันทึกตำแหน่งที่เกิดคอขวดพร้อมระบุปัจจัยของสภาพแวดล้อม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล คัดกรอง จนที่สุดสามารถสรุปได้ว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 12 ปัจจัย และได้ช่วงที่มีคอขวดจำนวน 97 ตำแหน่ง จากนั้นนำไปสร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Binary Logistic Regression ทำการทดลองสร้างแบบจำลองขึ้นมา 6 รูปแบบ โดยจำแนกจากประเภทของสถานีบริการน้ำมันและสะพานยกระดับ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองรูปแบบที่ใช้ข้อมูลสถานีบริการน้ำมันแยกประเภทเป็นของ ปตท. และยี่ห้ออื่นๆ กับไม่จำแนกรูปแบบของสะพานยกระดับมีประสิทธิภาพดีที่สุด แต่ทั้งนี้เกณฑ์ในการตัดสินใจว่าให้ตำแหน่งดังกล่าวเป็นคอขวด ก็คือเมื่อผลจากแบบจำลองมีค่าความน่าจะเป็นมากกว่า 30% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่แบบจำลองให้ความแม่นยำสูงสุด

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

When the long-weekend or festivals have come, peoples go out for vacation, relaxing or coming back home as we can see many highways are crowded with cars. The traffic stream on the highway is classified as stop-and-go traffic, because of the bottlenecks occurred on the road. This study aims to find the way to estimate the locations of bottlenecks on the highway. Data collection was undertaken by driving along Mittraphap road, leaving every 3 hours from Nakhon Ratchasima to Khon Kaen, with a total of 16 runs, to collect bottleneck locations by using a designated survey form as well as GPS data. There are 97 locations of bottleneck and 12 factors that cause the occurrence of bottleneck, excluding accident-related factor. Then Binary Logistic Regression is used to analyze and build 6 forecasting models, which differ primarily in some factors such as gas-station types and over-pass types. Finally, the most efficient model is model for PTT gas-station type and unclassified over-pass type. In addition, the location that shall be classified as a bottleneck location should have a probability of larger than 0.3.



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 คอขวด (Bottleneck).....	5
2.1.1 Stationary Bottleneck (คอขวดประจำที่).....	6
2.1.2 Moving Bottleneck (คอขวดเคลื่อนที่).....	7
2.2 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับคอขวดบนช่วงถนน.....	8
2.2.1 กลุ่มที่ศึกษาคอขวดโดยการประเมินด้วยปริมาณจราจร.....	8
2.2.2 กลุ่มที่ศึกษาคอขวดโดยวิธีการพิจารณาความเร็ว.....	11
2.3 Binary Logistic Regression.....	13
2.3.1 Log Likelihood.....	14
2.3.2 Pseudo-R ²	14
2.3.3 AIC.....	15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3.1	การเก็บข้อมูล.....	16
3.2	การบันทึกข้อมูลสำรวจ.....	21
3.2.1	การเก็บข้อมูลด้วยเครื่อง GPS.....	22
3.2.2	การเก็บข้อมูลด้วยการใช้แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล.....	22
3.3	การถอดข้อมูลสำรวจ.....	23
3.3.1	การถอดข้อมูลจากเครื่อง GPS.....	23
3.3.2	การถอดข้อมูลสำรวจจากแบบฟอร์มกรอกข้อมูล.....	25
3.4	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	26
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล.....	29
4.1	ผลการถอดข้อมูลสำรวจ.....	29
4.1.1	ผลจากเครื่อง GPS.....	29
4.1.2	ผลจากแบบฟอร์มสำรวจ.....	40
4.1.3	ผลจากทั้งเครื่อง GPS และแบบฟอร์มสำรวจ.....	41
4.2	การจัดการข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์.....	46
4.3	การจัดกลุ่มข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์.....	48
4.3.1	สถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ.....	48
4.3.2	สะพานยกระดับ.....	52
4.4	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R.....	56
4.4.1	การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับ ขนาดใหญ่ และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่มีอุปสรรค.....	57
4.4.2	การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับ ขนาดใหญ่ และใช้ข้อมูลสะพานแบบมีอุปสรรค.....	58
4.4.3	การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับ ขนาดกลางขึ้นไป และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่มีอุปสรรค.....	59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.4 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับขนาดกลางขึ้นไป และใช้ข้อมูลสะพานแบบมีอุปสรรค.....	61
4.4.5 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่มีอุปสรรค.....	62
4.4.6 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ และใช้ข้อมูลสะพานแบบมีอุปสรรค.....	63
4.4.7 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับขนาดใหญ (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง).....	64
4.4.8 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับขนาดกลางขึ้นไป (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง).....	65
4.4.9 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง).....	66
4.4.10 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับขนาดใหญ (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรสะพานยกระดับทั้ง 2 แบบ และเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง).....	67
4.4.11 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับขนาดกลางขึ้นไป (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรสะพานยกระดับทั้ง 2 แบบ และเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง).....	68
4.4.12 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรสะพานยกระดับทั้ง 2 แบบ และเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง).....	70
4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์ของแต่ละรูปแบบ.....	71
4.6 การทดสอบแบบจำลอง.....	72
4.7 การทดลองวิเคราะห์หลังการจัดกลุ่มจำนวนตัวแปรใหม่.....	75
4.8 การปรับเปลี่ยนค่าเกณฑ์ $P(X)$ ที่ใช้ในการพยากรณ์.....	79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5	สรุปผลการวิจัย.....	82
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	82
5.2	ข้อจำกัดของการวิจัย.....	84
5.3	การนำไปประยุกต์ใช้.....	85
5.4	ข้อเสนอแนะ.....	85
	รายการอ้างอิง.....	86
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. ความถี่ของตำแหน่งคอกขวดที่สำรวจพบ	
	ภาคผนวก ข. สรุปตำแหน่งและสาเหตุที่ทำให้เกิดคอกขวด	
	ประวัติผู้เขียน	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	ปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดคอขวดบนถนน.....27
4.1	ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอขวด ของรอบเวลา 6:00 น. วันที่ 27 ธันวาคม 2556.....32
4.2	ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอขวด ของรอบเวลา 18:00 น. วันที่ 27 ธันวาคม 2556.....34
4.3	ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอขวด ของรอบเวลา 3:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556.....36
4.4	ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอขวด ของรอบเวลา 12:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556.....38
4.5	ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอขวด ของรอบเวลา 21:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556.....40
4.6	ผลสรุปจำนวนคอขวดที่พบเจอ โดยการสำรวจด้วยบุคคลในแต่ละรอบ.....41
4.7	ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่สำรวจพบระหว่างการสำรวจด้วยบุคคล กับการใช้เครื่อง GPS.....45
4.8	สรุปข้อมูลตำแหน่งจุดคอขวดบนเส้นทางสายหลักระหว่างนครราชสีมากับขอนแก่น.....47
4.9	จำนวนตำแหน่งคอขวดที่พบแท้จริง.....48
4.10	การจำแนกสาเหตุ/ปัจจัยที่ทำให้เกิดคอขวดในแต่ละช่วงถนน.....49
4.11	ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง.....57
4.12	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS1B.MODEL1.....58
4.13	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS2B.MODEL1.....59
4.14	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS1B.MODEL1.....61
4.15	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS2B.MODEL1.....62
4.16	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT1B.MODEL1.....63
4.17	ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT2B.MODEL1.....64

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.18 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS1B.MODEL2.....	66
4.19 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS1B.MODEL2.....	67
4.20 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT1B.MODEL2.....	68
4.21 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS2B.MODEL2.....	69
4.22 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS2B.MODEL2.....	70
4.23 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT2B.MODEL2.....	71
4.24 การเปรียบเทียบค่าตัววัดประสิทธิภาพของแต่ละสมการที่ได้จากการวิเคราะห์.....	73
4.25 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง.....	74
4.26 แจกแจงปัจจัยที่ผลจากแบบจำลองไม่สามารถทำนายได้อย่างถูกต้อง.....	75
4.27 การจัดกลุ่มตัวแปรใหม่ก่อนทำการวิเคราะห์ซ้ำ.....	76
4.28 ความหมายของตัวแปรในการวิเคราะห์หลังจากจัดกลุ่มตัวแปรใหม่.....	77
4.29 ผลการวิเคราะห์หลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่.....	77
4.30 ผลการวิเคราะห์หลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่แล้วตัดตัวแปรไม่มีนัยสำคัญออก.....	78
4.31 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองหลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่.....	80
4.32 การเปรียบเทียบค่าของตัววัดประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองเดิมและใหม่.....	80
4.33 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของสมการเมื่อเปลี่ยนเกณฑ์การตัดสินใจ $P(X)$	81
4.34 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ตำแหน่งจุดคอขวดเมื่อทำการปรับ ค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นที่ระดับต่างๆ.....	82
5.1 ผลการทดสอบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลสำรวจ.....	86
5.2 ผลการตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์จุดคอขวดเทียบกับข้อมูลสำรวจ.....	86

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างลักษณะการเกิดคอขวดบนช่วงถนน.....	5
2.2 ลักษณะการเกิดคอขวดแบบ Recurring จากทางร่วม.....	6
2.3 ลักษณะการเกิดคอขวดแบบ Nonrecurring จากการตั้งด่าน หรือจุดตรวจ.....	7
2.4 ลักษณะการเกิดคอขวดแบบเคลื่อนที่.....	8
2.5 ตัวอย่างกราฟความถี่สะสมของตัวตรวจจับ (Detector) 2 ตัวที่อยู่ติดกัน ซึ่งไม่สามารถสังเกตความแตกต่างระหว่างกราฟทั้ง 2 เส้นได้ด้วยตาเปล่า.....	9
2.6 ตัวอย่างกราฟความถี่สะสมเชิงเอียงของตัวตรวจจับ (Detector) 2 ตัวที่อยู่ติดกัน ซึ่งสามารถสังเกตความแตกต่างได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่า.....	10
2.7 หลักการพิจารณาดำเนินการคอขวดโดยวิธีการวิเคราะห์ด้วยความเร็วของ Chen.....	12
3.1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย.....	17
3.2 ตัวอย่างแบบฟอร์มเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม.....	18
3.3 แบบฟอร์มสำหรับการสำรวจข้อมูลการจัดการจราจร.....	19
3.4 ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลตำแหน่งคอขวด.....	20
3.5 เส้นทางที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษารุ่นนี้.....	21
3.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่อง GPS.....	24
3.7 ตัวอย่างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความเร็วโดยใช้ข้อมูลที่ได้จาก เครื่อง GPS.....	24
3.8 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างตำแหน่งที่พบคอขวดกับสภาพแวดล้อม ของตำแหน่งที่พบคอขวด.....	25
3.9 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่สรุปขึ้นมาใหม่สำหรับการนำไปวิเคราะห์ต่อไป.....	26
4.1 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 6:00 น. วันที่ 27 ธันวาคม 2556.....	31
4.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 18:00 น. วันที่ 27 ธันวาคม 2556.....	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล ของรอบเวลา 3:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556.....	GPS 35
4.4 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล ของรอบเวลา 12:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556.....	GPS 37
4.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล ของรอบเวลา 21:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556.....	GPS 39
4.6 ตัวอย่างความถี่ของตำแหน่งคอคอดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 90 ถึงกิโลเมตรที่ 99+900.....	43
4.7 ตัวอย่างความถี่ของตำแหน่งคอคอดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 150 ถึงกิโลเมตรที่ 159+900.....	44
4.8 กราฟเปรียบเทียบตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นคอคอดระหว่างการระบุด้วยเครื่อง GPS กับการระบุด้วย บุคคล ของทั้ง 5 รอบที่มีข้อมูลจากเครื่อง GPS ครบถ้วน เทียบกับระยะทาง.....	46
4.9 จำนวนตำแหน่งคอคอดทั้งหมดที่พบภายใน 5 รอบสำรวจที่มีข้อมูลจากเครื่อง GPS ครบถ้วน.....	46
4.10 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 2 ตู้จ่าย.....	50
4.11 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 3 ตู้จ่าย.....	51
4.12 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 5 ตู้จ่าย.....	51
4.13 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 8 ตู้จ่าย.....	52
4.14 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 9 ตู้จ่าย.....	52
4.15 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ของ ปตท.....	53
4.16 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณที่มีสะพานยกระดับและไม่มีอุปสรรคอยู่ ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร.....	54
4.17 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณที่มีสะพานยกระดับและมีอุปสรรคอยู่ ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร.....	54
4.18 การแยกย่อยข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์.....	55
4.19 ชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในช่วงเทศกาลที่มีวันหยุดต่อเนื่องกันหลายวัน เช่น เทศกาลวันปีใหม่และวันสงกรานต์ สิ่งที่พบเห็นกันเป็นประจำก็คือปัญหาการจราจรติดขัดบนทางหลวงสายหลักเส้นต่าง ๆ ทั้งบนถนนมิตรภาพ ถนนพหลโยธิน ถนนเพชรเกษม ถนนสุขุมวิท และถนนในระดับรองลงไปเส้นอื่น ๆ ซึ่งในช่วงวันแรก ๆ ของวันหยุดนั้นจะมีทิศทางจากกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมุ่งหน้าสู่ภาคต่าง ๆ ของประเทศและในช่วงวันท้าย ๆ ของวันหยุดโดยมีทิศทางจากภาคต่าง ๆ กลับเข้าสู่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และโดยส่วนใหญ่ในทิศทางตรงข้ามจะมีสภาพจราจรเบาบาง ซึ่งปัญหาการจราจรติดขัดดังกล่าวก่อให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางและเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดความแออัดและสร้างความหงุดหงิดให้กับผู้ขับขี่ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการขับขี่รวมถึงพฤติกรรมในการขับขี่ ซึ่งอาจนำมาซึ่งผลกระทบในทางอ้อมต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุได้

อย่างไรก็ตาม ถ้าผู้ขับขี่ที่เคยประสบกับสภาพจราจรติดขัดบนทางหลวงในช่วงวันหยุดเทศกาลได้ทำการสังเกตสภาพจราจรตลอดระยะทางที่ขับขี่ในทิศทางที่มีสภาพจราจรติดขัดจะพบว่าบางช่วงของถนนอาจจะมีสภาพจราจรติดขัดมาก ๆ เป็นระยะทางยาว แต่เมื่อขับผ่านจุด ๆ หนึ่งไปแล้วสภาพจราจรอาจจะเบาบางและสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วสูง และเมื่อขับไปอีกระยะหนึ่งก็อาจจะพบสภาพจราจรติดขัดเป็นระยะทางยาวอีกครั้ง เป็นอย่างนี้สลับกันไปเป็นระยะ ๆ ซึ่งเราเรียกจุดบนถนนที่เปรียบเสมือนเป็นจุดแบ่งระหว่างสภาพจราจรหนาแน่นที่อยู่ด้านเหนือน้ำและสภาพจราจรเบาบางที่อยู่ด้านใต้น้ำว่าเป็นจุดคอขวด (Bottleneck) จากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปัญหาจราจรติดขัดในช่วงเทศกาลนอกจากจะเกิดขึ้นเพราะมีความต้องการเดินทางที่เยอะมากเกินกว่าความสามารถของถนนจะรับไหวแล้ว ยังเป็นผลมาจากการเกิดคอขวดเข้ามาเสริมอีกด้วยเช่นกัน โดยคอขวดอาจจะเกิดขึ้นได้จากหลากหลายสาเหตุ ซึ่งถ้าสามารถทราบสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดจุดคอขวดในแต่ละจุดตลอดช่วงถนนแล้ว จะทำให้สามารถเตรียมรับมือล่วงหน้า รวมทั้งวางแผนจัดการจราจรเพื่อเลี่ยงการเกิดคอขวดซึ่งจะช่วยบรรเทาความล่าช้าอันเนื่องมาจากจุดคอขวดและทำให้สภาพจราจรโดยรวมมีการไหลลื่นมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างของการจัดการจราจรเพื่อเลี่ยงปัญหาที่จุดคอขวด เช่น การเปิดช่องจราจรพิเศษในทิศทางตรงกันข้ามให้รถในทิศทางที่มีการจราจรติดขัดได้ใช้วิ่งผ่านบริเวณที่เป็นคอขวดได้ เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวถ้าจะให้ได้ผลดีนั้นต้องดำเนินการก่อนที่สภาพจราจรจะเริ่มติดขัดที่บริเวณคอขวด

จากลักษณะปัญหาดังกล่าวจึงเกิดคำถามขึ้นว่า บนทางหลวงเส้นที่พิจารณานั้นจะมีจุดคอขวดเกิดขึ้นที่บริเวณไหนบ้างและเกิดขึ้นได้อย่างไร ปริมาณจราจรมีความสัมพันธ์อย่างไรในการกระตุ้นจุดคอขวด และทำให้สภาพจราจรเริ่มติดขัด (Active bottleneck) รวมถึงจะสามารถประมาณและพยากรณ์ได้อย่างไรว่าที่เวลาไหนที่คอขวดจะถูกกระตุ้น (Activated) แล้วทำให้เกิดสภาพจราจรติดขัด และที่เวลาไหนที่คอขวดจะถูกหยุดกระตุ้น (Deactivated) ซึ่งการเตรียมการรับมือรวมถึงวางแผนและดำเนินการจัดการจราจรให้ได้ผลและมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องตอบคำถามทั้งหมดดังกล่าว เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถแก้ปัญหาได้ถูกสถานที่เหมาะสมกับลักษณะของสาเหตุที่ทำให้เกิดคอขวด และภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม

ในการวิเคราะห์จุดคอขวดเพื่อให้สามารถตอบคำถามทั้งหมดข้างต้นนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งในกรณีของต่างประเทศที่มีระบบตรวจจับปริมาณจราจร (Vehicle detector) ที่ติดตั้งอยู่อย่างหนาแน่นตลอดช่วงถนนก็จะสามารถใช้ข้อมูลจากเครื่องตรวจจับปริมาณจราจรที่อยู่ติดกันเป็นคู่ ๆ มาใช้ในการวิเคราะห์ได้ (Cassidy and Windover, 1995; Cassidy and Bertini, 1999) หรืออีกวิธีก็คือใช้รถสอบสวน (Probe vehicles) ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์พิเศษในรถยนต์ เช่น GPS ในการทำหน้าที่เก็บข้อมูลตำแหน่งของรถทุก ๆ ช่วงเวลาที่ตั้งไว้ซึ่งจะสามารถคำนวณหาความเร็วของรถแล้วนำไปประมาณหาตำแหน่งของจุดคอขวดได้ (Margiotta and Spiller, 2012) อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธีดังกล่าวยังไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับถนนทางหลวงของประเทศไทยได้เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนระบบตรวจจับปริมาณจราจรที่มีอยู่บนทางหลวงและจำนวนรถสอบสวนเฉพาะกิจดังกล่าวที่ต้องมีปริมาณที่มากเพียงพอ

ด้วยข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับคอขวดรวมถึงวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวในช่วงเทศกาลจึงจำเป็นต้องมีการແຈກແຈງปัญหาทั้งหมดออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะทำการศึกษาเพื่อตอบคำถามแรกเกี่ยวกับตำแหน่งของการเกิดจุดคอขวดรวมถึงรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองในการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดจุดคอขวดกับคุณสมบัติด้านกายภาพ เรขาคณิต การควบคุม และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวนอนในแต่ละช่วงของถนน โดยผลที่ได้นี้นอกจากจะทำให้ทราบตำแหน่งรวมถึงสาเหตุของจุดคอขวดบริเวณถนนที่ทำการศึกษาเพื่อวางแผนแก้ปัญหาแล้ว ยังสามารถใช้แบบจำลองในการคาดการณ์ตำแหน่งที่อาจจะเกิดจุดคอขวดของถนนอื่น ๆ รวมถึงสามารถใช้เป็นข้อมูลให้กับกรมทางหลวงในการพิจารณาติดตั้งระบบตรวจจับปริมาณจราจรแบบถาวรหรือแบบชั่วคราวเท่าที่จำเป็นโดยอาจจะติดคร่อมหัวท้ายของจุดคอขวดแต่ละจุดเท่านั้นแทนที่จะติดตั้งอย่างหนาแน่นตลอดแนวนอน ซึ่งจะเป็น

การประหยัคงบประมาณในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบและในขณะเดียวกันก็สามารถใช้ในการวิเคราะห์การเกิดคอขวดได้อย่างทันทั่วทั้งและมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาตำแหน่งของจุดคอขวดบนช่วงถนนที่ทำการศึกษาในช่วงเทศกาลที่มีวันหยุดติดต่อกันหลายวันรวมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละจุด

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองในการหาความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการเกิดจุดคอขวดกับคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของถนน สำหรับนำไปใช้ในการคาดการณ์ตำแหน่งที่น่าจะเกิดคอขวดบนถนนเส้นอื่น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

เนื่องจากในช่วงเทศกาลจะมีปัญหาจราจรติดขัดในทุกเส้นทางสายหลักของประเทศซึ่งมีระยะทางของถนนรวมกันหลายพันกิโลเมตร แต่ภายใต้ระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัดจึงไม่สามารถที่จะทำการศึกษารอบคลุมทุกเส้นทางได้ โครงการวิจัยนี้จึงเป็น โครงการวิจัยนำร่องโดยจำกัดขอบเขตของช่วงถนนที่ทำการศึกษารอบคลุมตลอดแนวของถนนมิตรภาพช่วงระหว่าง อ.เมือง จ.นครราชสีมา ถึง อ.เมือง จ.ขอนแก่น โดยจะพิจารณาเพียงทิศทางเดียวเฉพาะในช่วงต้นของเทศกาลปีใหม่นั้น กล่าวคือ จะพิจารณาทิศทางจาก จ.นครราชสีมา ไป จ.ขอนแก่น และอาจจะมีการเก็บข้อมูลในช่วงต้นของเทศกาลสงกรานต์เพียงบางส่วนเท่าที่จำเป็นเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำ (เฉพาะกรณีที่มีงบประมาณเพียงพอเท่านั้น)

อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของการสำรวจความต้องการเดินทางของแต่ละช่วงถนนในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงหรือใช้ทรัพยากรแรงงานจำนวนมาก ทำให้ในงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถพิจารณาผลจากความต้องการเดินทางที่ส่งผลต่อตำแหน่งการเกิดของจุดคอขวดได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าตัวแปรด้านความต้องการเดินทางจะไม่ได้ถูกพิจารณาแต่คาดว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการศึกษาเรื่องตำแหน่งของจุดคอขวด แต่อาจจะส่งผลกระทบต่อการศึกษาในเรื่องของการคาดการณ์ระยะเวลาในการเกิดคอขวดซึ่งอยู่นอกเหนือจากขอบเขตของงานวิจัยนี้

นอกจากนั้นแล้ว เนื่องจากลักษณะของถนนช่วงที่ทำการศึกษาทั้งหมดอยู่ในพื้นที่ราบ ทำให้ผลที่ได้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับถนนทางหลวงสายอื่นที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเช่นเดียวกัน แต่อาจจะมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้กับทางหลวงในเขตที่มีความลาดชัน เช่น บริเวณเขตภูเขา ซึ่งจะกำหนดไว้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยต่อเนื่องในปีถัดไป รวมถึงการหามาตรการที่เหมาะสมในการจัดการจราจรที่แต่ละจุดคอ

ขาดและวิธีการประเมินประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ โดยใช้การจำลองการจราจรแบบจุลภาคก็จะทำการศึกษาในปีถัด ๆ ไปเช่นกัน

1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

1.4.1 เป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ตำรวจทางหลวง และ กรมทางหลวง เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งของจุดคอขวดและสาเหตุที่ทำให้เกิดคอขวด เพื่อจะได้วางแผนและเตรียมการจัดการจราจรบริเวณดังกล่าวได้ถูกต้องและเหมาะสม

1.4.2 ได้แบบจำลองให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการคาดการณ์ตำแหน่งที่อาจจะเกิดคอขวดในช่วงเทศกาลบนถนนเส้นอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

1.4.3 เป็นข้อมูลให้กับกรมทางหลวงได้พิจารณาติดตั้งระบบตรวจจับสภาพจราจรแบบถาวรหรือแบบชั่วคราว เฉพาะจุดเท่าที่จำเป็นเพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณ แต่ยังสามารถวิเคราะห์และคาดการณ์การเกิดคอขวดล่วงหน้าได้ และสามารถบริหารจัดการจราจรในช่วงเทศกาลได้ในเวลาที่เหมาะสมและทันการณ์

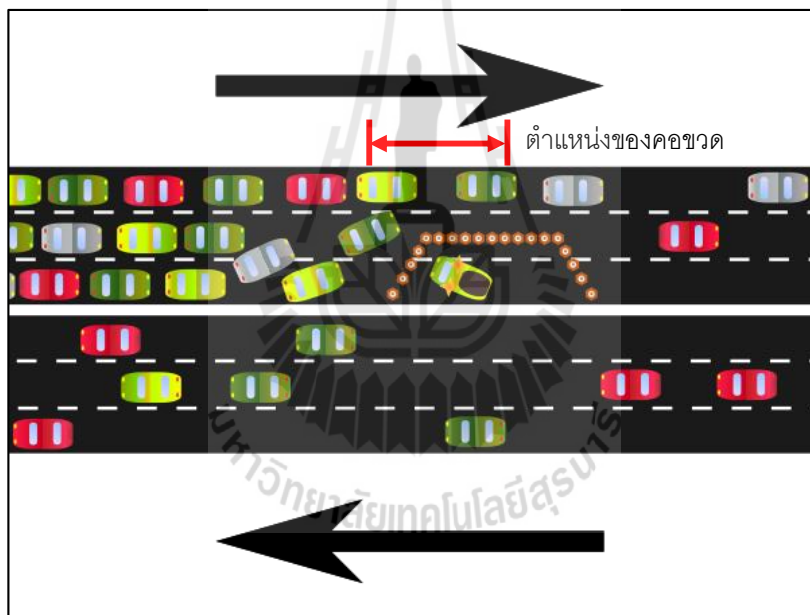


บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คอขวด (Bottleneck)

คอขวด (Bottleneck) ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถานหมายถึง ส่วนของถนน สะพาน หรือลำน้ำที่แคบเข้า แต่ถ้าหากอธิบายเพิ่มเติมทางด้านวิศวกรรมจราจรแล้วจะหมายถึง จุดหรือช่วงหนึ่งบนถนนที่ก่อให้เกิดสภาพการจราจรติดขัดด้านเหนือน้ำ (ก่อนถึงจุดคอขวด) ส่วนด้านท้ายน้ำ (หลังจุดคอขวด) จะมีสภาพการจราจรเบาบาง ซึ่งคอขวดจะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณจราจรบนถนนเส้นนั้นสูงและมีอุปสรรคบางอย่างทำให้อัตราการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรลดลง เช่น ทางโค้ง ทางลาดชัน คอสะพาน ช่องจราจรลดลง แม้แต่ช่วงถนนที่ไหล่ทางแคบ หรือไม่มีไหล่ทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างลักษณะการเกิดคอขวดบนช่วงถนน

ประเภทของคอขวดสามารถแบ่งออกเป็นได้ 2 ประเภท คือ

2.1.1 Stationary Bottleneck (คอขวดประจำที่)

หมายถึง จุดคอขวดที่มีตำแหน่งอยู่ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนช่วงถนนประจำที่เช่น คอสะพาน ทางร่วม ทางแยก หรือการลดจำนวนช่องจราจรและสามารถแยกย่อยออกได้อีก 2 แบบคือ

2.1.1.1 Recurring Bottleneck (คอขวดที่เกิดซ้ำเป็นประจำ) คือ ตำแหน่งของคอขวดที่จะเกิดขึ้นซ้ำๆ และส่งผลให้เกิดความล่าช้า หรือการติดขัดของกระแสจราจร เมื่อมีปริมาณจราจรสูงมากๆ เกินความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรของ ณ บริเวณคอขวดนั้น ตัวอย่างเช่น ทางร่วมที่มีการลดจำนวนช่องจราจร ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคอขวดแบบ Recurring จากทางร่วม

2.1.1.2 Nonrecurring Bottleneck (คอขวดที่ไม่เกิดซ้ำ) คือ ตำแหน่งคอขวดที่เกิดขึ้นเฉพาะกรณี ไม่มีตำแหน่งถาวร เช่น การเกิดอุบัติเหตุ รถเสีย หรือการซ่อมบำรุงทาง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่

2.3



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคอขวดแบบ Nonrecurring จากการตั้งด่าน หรือจุดตรวจ

2.1.2 Moving Bottleneck (คอขวดเคลื่อนที่)

หมายถึง จุดคอขวดที่ไม่อยู่นิ่ง คอขวดประเภทนี้เกิดจากการที่มียานพาหนะคันหนึ่งเคลื่อนตัวช้ากว่ากระแสจราจรทำให้ยานพาหนะที่ตามหลังมาต้องลดความเร็วและเกิดแถวคอยของยานพาหนะที่พยายามหาทางแซงยานพาหนะที่เป็นอุปสรรคดังกล่าว ตัวอย่างเช่น รถบรรทุกหนักที่เคลื่อนตัวช้ากว่ากระแสจราจร ดังแสดงในรูปที่ 2.4

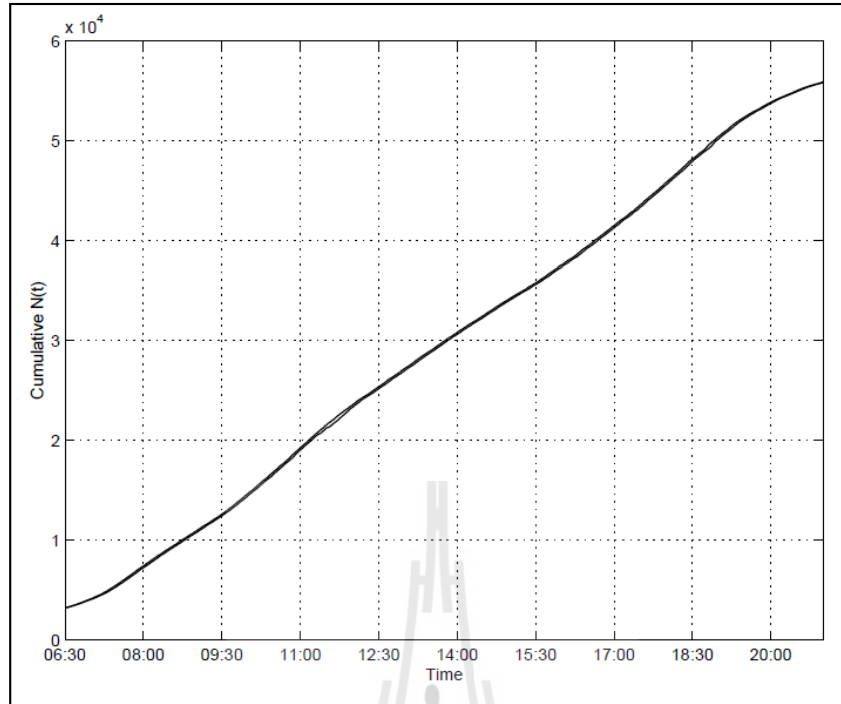


รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการเกิดคอขวดแบบเคลื่อนที่

2.2 การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับคอขวดบนช่วงถนน

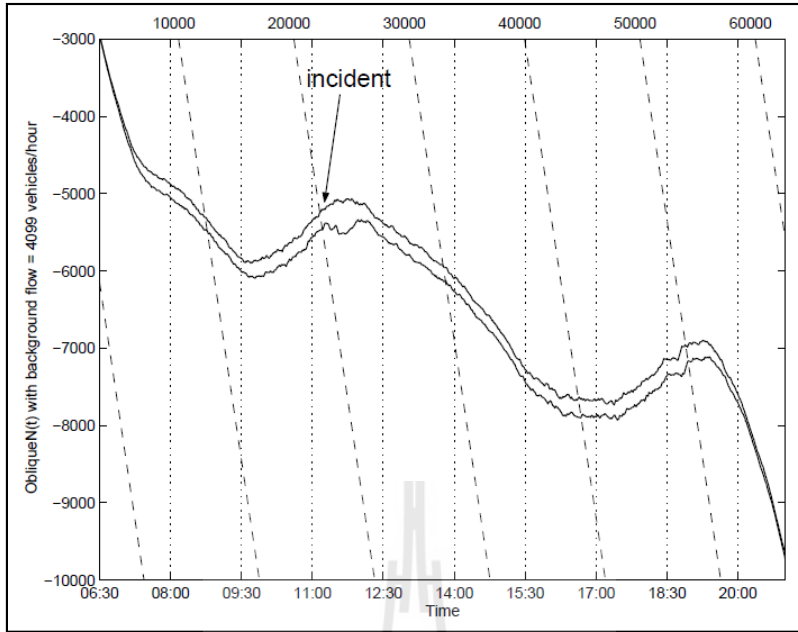
2.2.1 กลุ่มที่ศึกษาคอขวดโดยการประเมินด้วยปริมาณจราจร

วิธีการในกลุ่มนี้มีพื้นฐานเริ่มต้นมาจากการพล็อตกราฟสะสมธรรมดา (Cumulative Count Curves หรือ N-t Curves) ซึ่งแกน Y ของกราฟสะสมธรรมดานั้นจะเป็นจำนวนสะสมของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านจุด ๆ หนึ่ง (N) ส่วนในแกน X จะเป็นเวลา (t) ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาทางด้านจราจรได้ดีในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามวิธีการกราฟสะสมธรรมดาไม่เหมาะกับการวิเคราะห์สภาพจราจรในกรณีที่มีปริมาณจราจรมาก ๆ ได้ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเห็นความแตกต่างของสภาพจราจรอย่างชัดเจน ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.5 ดังนั้น Cassidy and Windover (1995) จึงได้พัฒนาวิธีการที่เรียกว่า กราฟสะสมเชิงเอียง (Oblique cumulative count curves) ซึ่งทำได้โดยการตั้งค่าการไหลคงที่ค่าหนึ่งหรือที่เรียกว่า Background flow แล้วนำค่า Background flow นี้ไปหักออกจากเส้นกราฟสะสมธรรมดาจะเกิดเป็นกราฟสะสมเชิงเอียงขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสภาพจราจรด้วยตาเปล่าที่ชัดเจนขึ้น ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างกราฟความถี่สะสมของตัวตรวจจับ (Detector) 2 ตัวที่อยู่ติดกัน ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างกราฟทั้ง 2 เส้นได้ด้วยตาเปล่า

อย่างไรก็ตามได้มีการนำกราฟสะสมเชิงเอียงไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายทั้งในไทยและต่างประเทศ เช่นการศึกษาในประเทศไทยของ จิตติชัย และคณะ (2552) ได้นำวิธีการวิเคราะห์โดยใช้กราฟสะสมเชิงเอียงไปวิเคราะห์ปัญหาจราจรบนถนนอังรีดูนังต์ฝั่งตะวันตกซึ่งเกิดสภาพคอขวดขึ้นบริเวณหน้าโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ปทุมวัน) พบว่าเกิดจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ การจอดรถกีดขวางช่องจราจร การเลี้ยวกลับรถจากฝั่งตรงข้ามมายังทิศทางที่ศึกษาและการเลี้ยวขวาออกจากโรงเรียนตัดกระแสดจราจรสายหลัก



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างกราฟความถี่สะสมเชิงเอียงของตัวตรวจจับ (Detector) 2 ตัวที่อยู่ติดกัน ซึ่งสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนด้วยตาเปล่า

สำหรับการศึกษาของทางต่างประเทศมีอยู่มากมาย ยกตัวอย่างเช่น Cassidy and Bertini (1999) และ Bertini and Myton (2005) ซึ่งได้นำกราฟสะสมของจำนวนรถเชิงเอียงร่วมกับกราฟสะสมของเวลาครอบครองเชิงเอียง (Cumulative Occupancy Curves) ที่สร้างขึ้นจากชุดอุปกรณ์ตรวจนับรถ (Vehicle Detectors) ที่อยู่ติด ๆ กันมาวิเคราะห์ ทำให้สามารถสำรวจพบสภาพการเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาพจราจรอิสระกับสภาพจราจรติดขัดบริเวณจุดคอขวดและทำให้เข้าใจคุณสมบัติการไหลออกจากจุดคอขวดโดยพบว่าอัตราการไหลออกจากจุดคอขวดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังจากที่เริ่มเกิดแถวคอยด้านเหนือน้ำของคอขวด

Zachary Horowitz and Robert L. Bertini (2007) นำเอาหลักการของกราฟสะสมเชิงเอียงไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจาก detector ของเมือง Oregon ซึ่งพบว่า มีคอขวดแบบ Recurring จำนวน 2 ตำแหน่งระหว่างช่วงทางออกถนน Scholls Ferry และถนน Greenburg และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการเกิดคอขวดเนื่องจากอุบัติเหตุในบริเวณเดียวกัน พบว่าอัตราการไหลของกระแสจราจรที่ผ่านจุดคอขวดเนื่องจากอุบัติเหตุที่นั่นลดลงประมาณ 20% ในขณะที่ถ้าเป็นคอขวด Recurring อัตราการไหลจะลดลงประมาณ 4% เท่านั้น

นอกจากนั้น Bertini et al (2005) และ Wiczorek et al (2009, 2010) ใช้ผลตำแหน่งและเวลาการเกิดคอขวดที่วิเคราะห์จากกราฟสะสมเชิงเอียงเปรียบเสมือนเป็นค่าฐาน (Ground Truth) จากนั้นนำผล

ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์คอขวดแบบอัตโนมัติเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการแบบอัตโนมัติ เป็นต้น

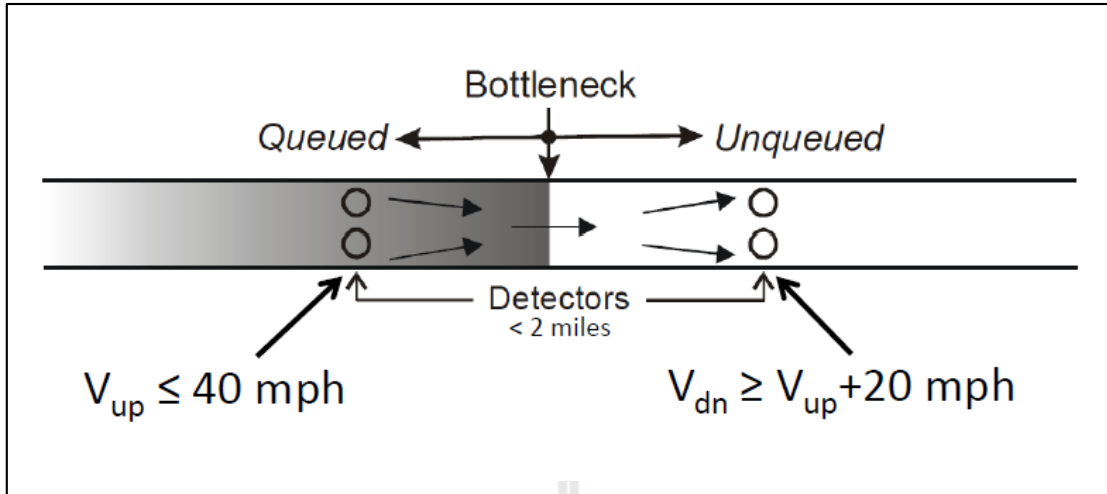
อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าวิธีวิเคราะห์ด้วยกราฟสะสมเชิงเอียงจะถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายแต่ก็มีข้อจำกัดคือ วิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถบันทึกจำนวนรถยนต์ที่วิ่งผ่านจุดที่สังเกตตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา เช่น Vehicle detectors หรือ กล้องวิดีโอตรวจนับปริมาณจราจร เป็นต้น นอกจากนี้แล้ววิธีการดังกล่าวถึงแม้จะพิจารณาสภาพจราจรแบบพลวัตก็ตามแต่การวิเคราะห์ส่วนใหญ่ก็จะดำเนินการในภายหลังหรือที่เรียกว่า (Offline) โดยใช้วิจรรย์ณของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวางแผนจัดการปัญหาจราจรแบบทันการณ์ (Real-Time) ได้

2.2.2 กลุ่มที่ศึกษาคอขวดโดยวิธีการพิจารณาความเร็ว

วิธีในการพิจารณาคอขวดของกลุ่มนี้อาศัยการวัดความเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรที่ลดลงของ Detector ตัวที่อยู่ด้านท้ายน้ำ (Downstream) เป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เพิ่มขึ้นแทน โดย Chen et al. (2003) ได้ทำการพัฒนาขึ้นจากการนำข้อมูลจาก Detector บนถนนของเมือง San Diego ที่บันทึกผลทุกๆ 5 นาที มาทำการประมวลผลและได้กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาไว้ว่า

- ระยะห่างระหว่างแต่ละคู่ของ Detector ต้องน้อยกว่า 2 ไมล์
- ความเร็วที่วัดได้จาก Detector ตัวต้นน้ำต้องน้อยกว่า 40 ไมล์ต่อชั่วโมง (mph)
- ความเร็วที่วัดได้จาก Detector ตัวท้ายน้ำต้องมากกว่า 0
- ความเร็วที่วัดได้จาก Detector ตัวท้ายน้ำนั้นต้องมีค่ามากกว่าตัวต้นน้ำอย่างน้อย 20 mph

หรือกล่าวอีกนัยได้ว่า ถ้าระหว่าง Detector คู่ใดๆ ที่ Detector ตัวแรกมีค่าความเร็วสูงสุดวัดได้ไม่เกิน 40 mph แล้ว Detector ตัวถัดมามีส่วนต่างของความเร็วมากกว่า Detector ตัวแรก 20 mph หมายความว่าระหว่าง Detector คู่นั้นมีจุดที่เป็นคอขวดอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงหลักการพิจารณาตำแหน่งคอขวดโดยวิธีการวิเคราะห์ด้วยความเร็วของ Chen.

และจากหลักการนี้ได้มีผู้นำไปทำการศึกษาเพิ่มเติมอีกมากมายเช่น Robert L. Bertini et al. (2008) ได้นำไปทดลองใช้กับข้อมูลของเมือง Portland, Oregon ซึ่งได้ทำการทดลองเปรียบเทียบด้วยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของแต่ละตัวออกเป็น 5 ค่า จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลฐาน (Ground Truth) พบว่านอกจากข้อมูลทุกๆ 5 นาทีแล้วยังสามารถใช้ข้อมูลที่หายากกว่าเช่น ข้อมูลทุกๆ 15 นาทีมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ด้วย และถ้าเปลี่ยนค่าความแตกต่างของความเร็วเป็น 15 mph ก็จะทำให้ผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น แต่ก็ยังได้สรุปไว้ด้วยความแตกต่างระหว่างปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น ลักษณะทางกายภาพของถนน พฤติกรรมการขับขี่ หรืออื่นๆ ระหว่างเมือง San Diego และ Portland อาจมีผลทำให้การกำหนดค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไป

Jerzy et al. (2009) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมจากของ Bertini ด้วยการสร้างตัวชี้วัดประสิทธิภาพระหว่างผลจากการศึกษากับข้อมูลฐาน (Ground Truth) ว่ามีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด จากนั้นทำการทดสอบความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากตัวชี้วัดที่สร้างขึ้น เพื่อหาส่วนประกอบของข้อจำกัดสำหรับการพยากรณ์คอขวด ซึ่งผลคือได้ข้อจำกัดที่แตกต่างกันกับของ Bertini กล่าวคือใช้ความเร็วสูงสุด (V_{max}) อยู่ที่ 35 mph ระดับความเร็วที่แตกต่างกัน (ΔV) ที่ 15 mph และช่วงเวลาของข้อมูลทีทุกๆ 3 นาทีสำหรับการนำไปพยากรณ์ตำแหน่งจุดคอขวด

จากที่กล่าวมาส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการนำข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ตรวจจับแบบห่วง (Loop Detector) มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่ง Turner (2007) พบว่าข้อมูลความเร็วที่ได้ขาดความน่าเชื่อถือทั้งนี้เนื่องจากตัวอุปกรณ์อ่านค่าได้ผิดพลาดไม่ว่าจะเป็น

- การส่งค่าที่ผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับช่วงวัน เวลาเดียวกันก่อนหน้า

- การส่งค่าที่ผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ detector ตัวที่อยู่ในช่องจราจรติดกัน
- การส่งค่าที่ผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ detector ตัวที่อยู่ก่อนหน้าหรือต่อท้าย
- ชุดท้ายคือ detector หลายๆตัวส่งค่าออกมาเหมือนกัน ซึ่งหมายถึงระบบมีปัญหา

ดังนั้น Peter (Jing) Jin et al. (2012) จึงนำเสนอวิธีการเปลี่ยนแปลงพิกัดบนแผนภูมิพื้นฐาน (Coordinate Transformation of Fundamental Diagrams (FDs)) ซึ่งเป็นวิธีที่ทำการนำข้อมูลจาก detector มาทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการไหลกับความหนาแน่น (Flow-Density Diagrams) โดยใช้สมการที่ได้คิดค้นขึ้นเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งพิกัดใหม่ ทำให้สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งที่เป็นจุดคอขวดได้อย่างชัดเจนและง่ายขึ้น

2.3 Binary Logistic Regression

Binary Logistic Regression คือ กระบวนการในการวิเคราะห์หาสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับการพยากรณ์ว่าจะมีโอกาสที่เหตุการณ์ที่สนใจเกิดขึ้นหรือไม่ หรือมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยแค่ไหน โดยกำหนดว่ามีตัวแปรตัวหนึ่ง หรือมากกว่า ที่ส่งผลต่อการเกิดเหตุการณ์นั้น ทำให้เราสามารถทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เหตุการณ์นั้นเกิดขึ้น ซึ่งสำหรับการศึกษานี้ก็คือ การเอาตัวแปรปัจจัยต่างๆมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ว่าบนช่วงถนนที่สนใจนั้นจะมีโอกาสเกิดคอขวดบนช่วงถนนนั้นหรือไม่ โดยผลลัพธ์จะมีเพียง 2 คำตอบ คือ ไม่เกิดคอขวด หรือ เกิดคอขวด ซึ่งจะแทนด้วยค่า 0 และ 1 ตามลำดับ แต่ในที่สุดแล้วค่าที่ได้จากสมการนั้นจะอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 ซึ่งนั่นหมายถึงค่าของความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจนั้นๆ

รูปแบบของสมการพยากรณ์คือ

$$\text{Prob(event)} = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X)}}$$

เมื่อ	β_0 และ β_1	หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณได้จากข้อมูล
	X	หมายถึง ตัวแปรอิสระ
	e	หมายถึง ค่า natural logarithm มีค่าประมาณ 2.71828

และสำหรับกรณีที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 ตัวแปรรูปแบบสมการจะเปลี่ยนไปดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Prob(event)} &= \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}} \\ &= \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}} \end{aligned}$$

เมื่อ $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประมาณได้จากข้อมูล
 X_1, X_2, \dots, X_n หมายถึง ตัวแปรอิสระซึ่งมีทั้งหมด n ตัว

การวิเคราะห์ด้วยวิธี Binary Logistic Regression ของการศึกษาครั้งนี้จะกระทำโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่มีชื่อว่า R และตัวชี้วัดประสิทธิภาพของสมการแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์นี้คือค่า Log Likelihood, Pseudo-R² และ AIC

2.3.1 Log Likelihood

ค่า Log Likelihood เป็นค่าสำหรับตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองตัวหนึ่งทีมนิยมใช้ในการระบุว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งฟังก์ชันของ Log-likelihood คือ

$$l(\beta_0, \beta) = \sum_{i=1}^n y_i \log p(x_i) + (1 - y_i) \log 1 - p(x_i)$$

โดยที่ y_i = ตัวแปรตาม
 x_i = ตัวแปรต้น
 p = ความน่าจะเป็นเมื่อ $y_i = 1$

และถ้าแบบจำลองใดมีค่า Log-Likelihood มีค่าน้อยกว่าหมายความว่าแบบจำลองนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า

2.3.2 Pseudo-R²

สำหรับแบบจำลอง Regression ทั่วไปจะสามารถค่าใช้ R² ในการตัดสินใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้หรือไม่ แต่สำหรับแบบจำลอง Logistic Regression นั้นจะใช้ค่าที่มีชื่อว่า Pseudo-R² ในการตัดสินใจแทน โดยที่ค่านี้สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Pseudo-R}^2 = \frac{1 - LL_F}{LL_C}$$

โดยที่ $LL_F = \text{Log-Likelihood of full model}$
 $LL_C = \text{Log-Likelihood of intercept-only model}$

ซึ่งแบบจำลองใดมีค่า Pseudo- R^2 เข้าใกล้ 1 มาก นั้นหมายความว่าแบบจำลองยิ่งมีประสิทธิภาพมาก

2.3.3 AIC

Akaike Information Critetion (AIC) เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองอีกตัวหนึ่งที่คิดค้นขึ้นโดย Akaike ในปี 1974 ซึ่งใช้บ่งชี้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์หรือไม่ โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$AIC = \frac{-2(LL-k)}{n}$$

โดยที่ $LL = \text{ค่า Log Likelihood ของแบบจำลอง}$
 $k = \text{จำนวนตัวแปรในแบบจำลอง}$
 $n = \text{จำนวนข้อมูล}$

ซึ่งหากแบบจำลองใดมีค่า AIC นี้ต่ำกว่านั้นหมายความว่าความสอดคล้องระหว่างข้อมูลกับแบบจำลองมีสูงกว่า

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องทำการสำรวจนั้นจะทำการสำรวจลักษณะทางด้านกายภาพด้านเรขาคณิต และ ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินริมสองข้างทางของถนน ที่มีผลต่อการเกิดคอขวดในช่วงเทศกาล โดยจะไม่พิจารณาปัจจัยทางด้านปริมาณความต้องการเดินทาง ทั้งนี้เพราะอนุมานว่าปริมาณความต้องการในการเดินทางมีสูงมาก และเป็นที่น่าทึ่งโดยทั่วกันว่าในช่วงเทศกาลวันหยุดยาวปีใหม่จะมีผู้ที่เดินทางกลับภูมิลำเนาเป็นจำนวนมาก

การศึกษาจะทำได้โดยการแบ่งถนนที่จะทำศึกษาออกเป็นช่วงๆ ซึ่งสำหรับครั้งนี้ได้ทำการแบ่งช่วงถนนออกเป็นช่วงละ 100 เมตร แล้วนำปัจจัยด้านต่าง ๆ ของแต่ละช่วงถนนมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลตำแหน่งของการเกิดคอขวดที่สำรวจได้ในภาคสนาม แล้วนำมาสร้างแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกส์แบบไบนารี (Binary Logistic Regression) ซึ่งจะสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการเกิดคอขวด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางหลวงเส้นอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันได้ ดังแสดงกรอบความคิดการวิจัยในรูปที่ 3.1





แบบสำรวจลักษณะทางกายภาพของทางหลวงแผ่นดินสายหลักระหว่าง นครราชสีมา – ขอนแก่น

วันที่สำรวจ _____ เวลาออกเดินทาง _____ เวลาสิ้นสุด _____

ทิศทาง _____ ผู้สำรวจ _____ แผนที่ _____

ทล. _____ กม. _____ <input type="radio"/> ทางแยก มี ไม่มี สัญญาณไฟ <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> ทางร่วม ทางเชื่อม ทางคู่ขนาน <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน <input type="radio"/> เขตชุมชน <input type="radio"/> จุดพักรถ <input type="radio"/> จุดตรวจ <input type="radio"/> ร้านค้าขายของฝาก <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	ทล. _____ กม. _____ <input type="radio"/> ทางแยก มี ไม่มี สัญญาณไฟ <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> ทางร่วม ทางเชื่อม ทางคู่ขนาน <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน <input type="radio"/> เขตชุมชน <input type="radio"/> จุดพักรถ <input type="radio"/> จุดตรวจ <input type="radio"/> ร้านค้าขายของฝาก <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____
ทล. _____ กม. _____ <input type="radio"/> ทางแยก มี ไม่มี สัญญาณไฟ <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> ทางร่วม ทางเชื่อม ทางคู่ขนาน <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน <input type="radio"/> เขตชุมชน <input type="radio"/> จุดพักรถ <input type="radio"/> จุดตรวจ <input type="radio"/> ร้านค้าขายของฝาก <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	ทล. _____ กม. _____ <input type="radio"/> ทางแยก มี ไม่มี สัญญาณไฟ <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> ทางร่วม ทางเชื่อม ทางคู่ขนาน <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน <input type="radio"/> เขตชุมชน <input type="radio"/> จุดพักรถ <input type="radio"/> จุดตรวจ <input type="radio"/> ร้านค้าขายของฝาก <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแบบฟอร์มเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม

และในช่วงเทศกาลจะทำการสำรวจจุดคอขวดโดยใช้วิธีขับรถยนต์สำรวจไปตามกระแสรถในรถยนต์แต่ละคันประกอบไปด้วยคนขับรถและผู้โดยสารอีก 1 คน โดยให้ผู้โดยสารทำหน้าที่บันทึกข้อมูลสำรวจ ซึ่งมีข้อมูลสภาพแวดล้อมของถนนเพื่อนำมาเปรียบเทียบในด้านการจัดการจราจรระหว่างช่วงปกติและช่วงเทศกาล ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และข้อมูลของตำแหน่งคอขวด

สำหรับข้อมูลคอขวดจะกระทำได้โดยการเก็บข้อมูลตำแหน่งที่รถยนต์สำรวจเปลี่ยนสถานะจากสภาพจราจรติดขัดเป็นคล่องตัว โดยใช้การจดบันทึกข้อมูลลงแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.4 ร่วมกับการใช้อุปกรณ์ระบุพิกัดภูมิศาสตร์(GPS)

และเนื่องจากช่วงถนนที่ทำการศึกษามีระยะทางไกล อีกทั้งไม่สามารถทราบได้ว่าจะมีคอขวดเกิดขึ้นเมื่อใด และตำแหน่งไหนบ้าง จึงจำเป็นต้องใช้รถยนต์สำรวจจำนวนหลายคัน โดยเริ่มสำรวจออกจากจุดเริ่มต้นในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แล้วทำการขับไปตามกระแสรถเพื่อเก็บข้อมูลตำแหน่งคอขวดตลอดสายทางของถนน โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงเทศกาลปีใหม่

แบบสำรวจการจัดการจราจรของทางหลวงแผ่นดินสายหลักระหว่าง นครราชสีมา - ขอนแก่น ในช่วงเทศกาลวันหยุดปีใหม่

วันที่สำรวจ _____ เวลาออกเดินทาง _____ เวลาสิ้นสุด _____

ทิศทาง _____ ผู้สำรวจ _____ แผนที่ _____

หลัก กิโลเมตร	ระยะ +	ไฟแดง		กีดขวาง		ช่องพิเศษ	
		เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด/ออก	เข้าร่วม
2	800						
4	0						
6	800						
7	500						
9	600						
12	700						
17	400						
15	0						
161	0						
161	300						
162	500						
162	900						
165	600						
166	0						
166	900						
168	500						
169	700						
170	300						
171	800						
173	400						

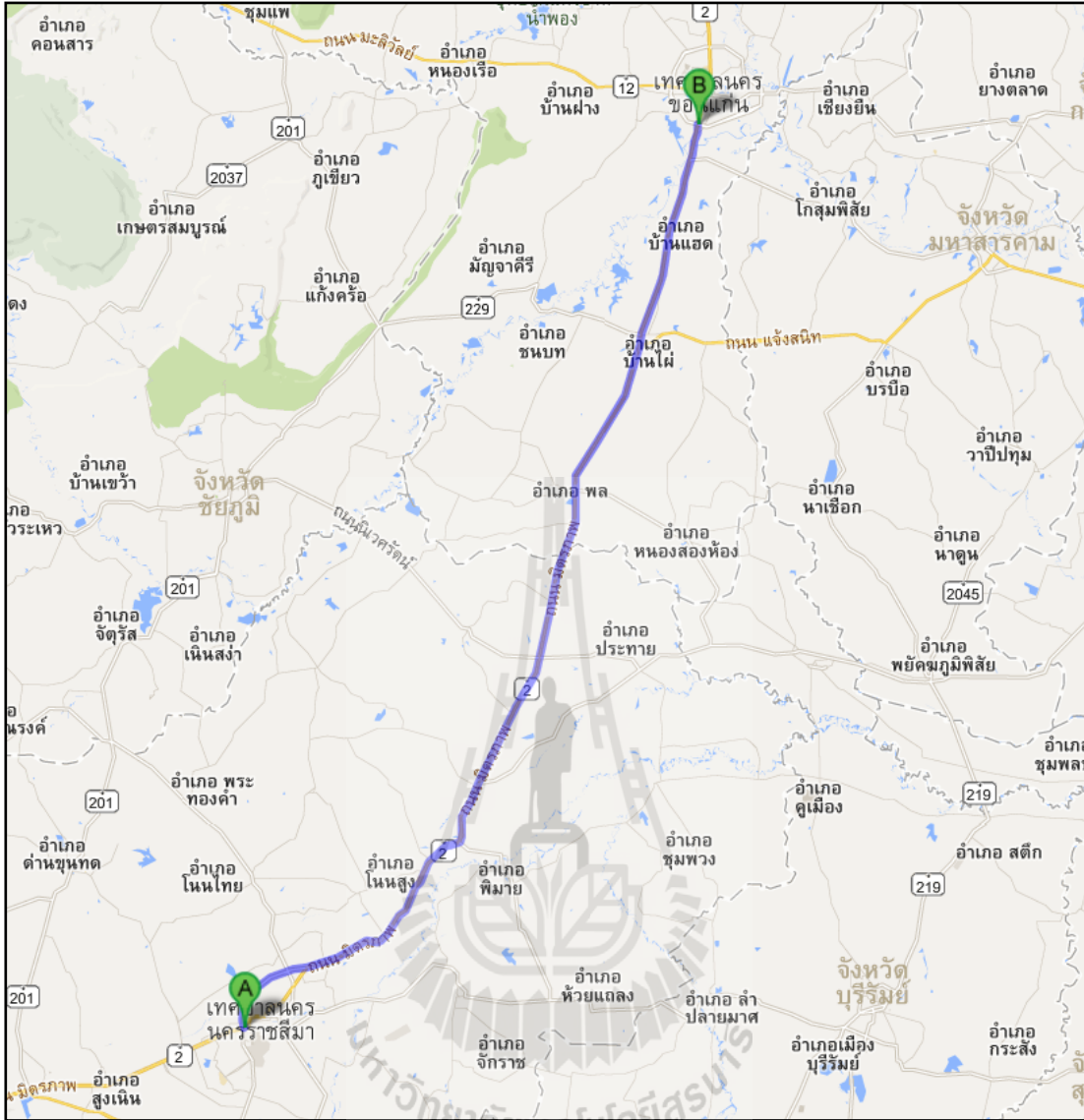
หลัก กิโลเมตร	ระยะ +	ไฟแดง		กีดขวาง		ช่องพิเศษ	
		เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด/ออก	เข้าร่วม
193	800						
195	700						
197	0						
198	500						
200	0						
204	300						
208	300						
212	0						
216	400						
219	0						
222	0						
225	600						
228	800						
232	900						
233	400						
236	0						
238	800						
242	0						
244	800						
247	900						

รูปที่ 3.3 แบบฟอร์มสำหรับการสำรวจข้อมูลการจัดการจราจร

แบบสำรวจจุดคอขวดบนถนนสายหลักช่วง นครราชสีมา – ขอนแก่น					
วันที่สำรวจ _____		เวลาออกเดินทาง _____			
เวลาที่ถึงจุดหมาย _____		ผู้บันทึกข้อมูล _____			
ทิศทาง <input type="radio"/> มุ่งหน้าขอนแก่น		<input type="radio"/> มุ่งหน้านครราชสีมา			
+ <table border="1"> <tr> <td> ทล.204 กม.0 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____ </td> <td> ทล.204 กม.1 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____ </td> </tr> </table>	ทล.204 กม.0 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	ทล.204 กม.1 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	<table border="1"> <tr> <td> ทล.204 กม.2 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____ </td> <td> ทล.204 กม.3 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____ </td> </tr> </table>	ทล.204 กม.2 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	ทล.204 กม.3 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____
ทล.204 กม.0 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	ทล.204 กม.1 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____				
ทล.204 กม.2 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____	ทล.204 กม.3 ความเร็วเฉลี่ย _____ สภาพการจราจร <input type="radio"/> คล่องตัว <input type="radio"/> ชะลอตัว <input type="radio"/> ติดขัด สาเหตุของคอขวด (ที่ระยะ+ _____) <input type="radio"/> จุดกลับรถ <input type="radio"/> สะพาน <input type="radio"/> ทางร่วมทางแยก <input type="radio"/> ด้านตรวจ <input type="radio"/> บัมพ์น้ำมัน แก๊ซ <input type="radio"/> รถเสีย+อุบัติเหตุ <input type="radio"/> ร้านค้าข้างทาง <input type="radio"/> ช่องทางพิเศษ <input type="radio"/> รถช้า <input type="radio"/> อื่นๆ (ระบุ) _____				

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลตำแหน่งคอขวด

ทั้งนี้จากขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้ว่าจะทำการศึกษานถนนสายหลักระหว่างจังหวัดนครราชสีมา กับ จังหวัดขอนแก่น ดังนั้นจะเริ่มต้นสำรวจจากหลักกิโลเมตรที่ 0 ของถนนทางเลี่ยงเมืองจังหวัดนครราชสีมา (แยกปึกธงชัย) และจุดสิ้นสุดที่ทางแยกต่างระดับทางเลี่ยงเมืองจังหวัดขอนแก่น มีระยะทางรวมประมาณ 190 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยดำเนินการเก็บข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น (Pre-Survey) ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนธันวาคม และสำรวจข้อมูลตำแหน่งจุดคอขวดอีกครั้งในช่วงต้นของเทศกาลปีใหม่ โดยใช้การขับรถไปตามกระแสรถโดยจะออกสำรวจห่างกันทุกๆ 3 ชั่วโมง เริ่มรอบแรก เวลา 6:00 ของวันที่ 27 ธันวาคม ไปสิ้นสุดรอบสุดท้ายที่ เวลา 3:00 ของวันที่ 29 ธันวาคม รวมทั้งสิ้น 16 รอบ



รูปที่ 3.5 แสดงเส้นทางที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษาคั้งนี้

3.2 การบันทึกข้อมูลสำรวจ

การบันทึกข้อมูลขณะสำรวจมีด้วยกัน 2 ส่วนคือ การใช้เครื่องระบุพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS) และการใช้แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล

3.2.1 การเก็บข้อมูลด้วยเครื่อง GPS

การใช้เครื่อง GPS นั้น ทำโดยการเปิดเครื่อง GPS ก่อนออกเดินทางสำรวจเป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที เพื่อความแม่นยำในการรับสัญญาณดาวเทียม จากนั้นจะนำไปวางไว้บริเวณกระจกหน้ารถเพื่อให้เครื่องรับสัญญาณ GPS ได้อย่างต่อเนื่อง แล้วจึงทำการขับรถยนต์สำรวจไปตามกระแสนจราจร

และเงื่อนไขในการระบุตำแหน่งคอขวดสำหรับการสำรวจด้วยเครื่อง GPS คือ

1. นำข้อมูลที่ได้จากเครื่อง GPS มาทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว ระยะทาง และเวลา
2. พิจารณาช่วงที่กราฟความเร็วมีค่าต่ำกว่า 60 กม./ชม.
3. พิจารณาตำแหน่งถัดไปของกราฟว่ามีค่าความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 20 กม./ชม. หรือไม่ หากไม่มีให้พิจารณาตำแหน่งถัดต่อไป
4. ถ้ากราฟความเร็วเพิ่มสูงขึ้นแต่กราฟระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญก็ให้พิจารณาจุดถัดไป
5. เมื่อพบจุดที่กราฟความเร็วเพิ่มขึ้นและกราฟระยะทางเปลี่ยนรูปร่างอย่างเห็นได้ชัดให้ระบุว่า จุดสุดท้ายก่อนที่กราฟจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นคือจุดคอขวด
6. จากจุดดังกล่าวให้พิจารณาว่าตรงกับระยะทางที่ตำแหน่งใด และแปลงข้อมูลให้ตรงกับหลักกิโลเมตรว่าอยู่ที่กิโลเมตรที่เท่าไร

3.2.2 การเก็บข้อมูลด้วยการใช้แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลวิธีนี้จะใช้บุคคลในการบันทึกข้อมูล ทำโดยการให้ผู้บันทึกข้อมูลนั่งในรถยนต์สำรวจไปด้วยในทุกๆรอบ โดยให้ผู้บันทึกข้อมูลใช้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ในการระบุตำแหน่งของคอขวดบนถนน โดยผู้บันทึกข้อมูลแต่ละคนได้รับการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของการเกิดคอขวดและเงื่อนไขในการที่จะระบุว่าตำแหน่งดังกล่าวนั้นเป็นคอขวดก่อนออกสำรวจภาคสนาม

สำหรับเงื่อนไขในการระบุตำแหน่งคอขวดสำหรับการสำรวจด้วยตัวบุคคล คือ

1. เมื่อรถเคลื่อนตัวด้วยความเร็วต่ำกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กม./ชม.) ให้ผู้บันทึกข้อมูล สังเกตสภาพแวดล้อมว่ามีปัจจัยใดๆ ที่ทำให้รถเคลื่อนตัวช้าลงได้บ้าง

2. หากความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลงอย่างต่อเนื่องหรือรถหยุดนิ่ง ให้ผู้บันทึกข้อมูลสันนิษฐานได้ว่ากำลังอยู่ในแถวคอย และมีจุดคอยจอดอยู่ข้างหน้า และสังเกตปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดคอยจอด อย่างระมัดระวังยิ่งขึ้น
3. เมื่อผ่านจุดๆ หนึ่งที่ทำให้คนขับรถสามารถเร่งความเร็วจากเดิมได้เพิ่มมากขึ้นอย่างน้อย 20 กม./ชม. ให้ระบุว่าตำแหน่งนั้นคือจุดคอยจอด และมีสาเหตุมาจากอะไร พร้อมทั้งระบุหลักกิโลเมตรด้วยว่า อยู่ที่ระยะใด

3.3 การถอดข้อมูลสำรวจ

3.3.1 การถอดข้อมูลจากเครื่อง GPS

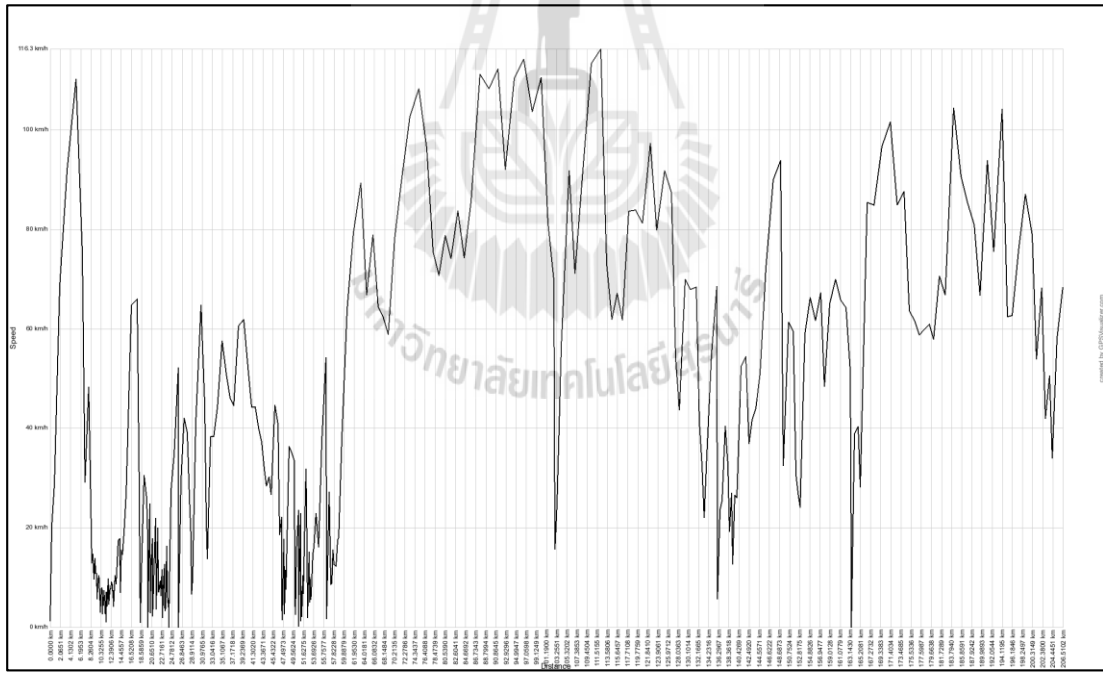
ทำการนำออกข้อมูลจากเครื่อง GPS จากนั้นนำเข้าโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อทำการแสดงผลออกมาในรูปของตารางข้อมูล ซึ่งจะประกอบไปด้วย พิกัดภูมิศาสตร์ เวลา ระยะทาง ความเร็ว และระดับความสูง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกไปสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.7 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งที่น่าจะเป็นจุดคอยจอด โดยใช้หลักเกณฑ์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

แต่ด้วยข้อจำกัดด้านอุปกรณ์เครื่อง GPS ที่มีไม่เพียงพอต่อการเก็บข้อมูลสำรวจในทุกๆรอบ จึงใช้โทรศัพท์อัจฉริยะ (Smart Phone) ช่วยในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม แต่ก็ยังพบว่าข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์สำหรับการนำมาวิเคราะห์มีเพียง 5 รอบ หรือ 5 ชุดข้อมูลเท่านั้น ที่เหลือพบอุปสรรคว่า ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ขาดหายเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้

Type	time	latitude	longitude	altitude (m)	speed (km/h)	pace (min/km)	course	slope (%)	distance (km)	distance_interval (m)	name	desc
1	26/12/2013 22:48	14.87622	102.02384	218.9	0	4134.62	242.6	0	0.0002	0.24	ACTIVE LOG054803	
2	26/12/2013 22:49	14.876219	102.023832	230.8	0							
3	26/12/2013 22:50	14.876269	102.023833	238.1	0.3	179.93	1.1	132.2	0.0058	5.53		
4	26/12/2013 22:51	14.876288	102.023854	239.2	0.2	323.66	46.9	35.3	0.0089	3.09		
5	26/12/2013 22:52	14.879995	102.023743	238.2	2.1	29.84	200.1	-2.8	0.0434	34.55		
6	26/12/2013 22:53	14.8789	102.024699	241.3	20.3	2.95	17.6	0.9	0.3809	337.49		
7	26/12/2013 22:54	14.883055	102.022711	247.4	30.5	1.97	335.2	1.2	0.888	507.08		
8	26/12/2013 22:55	14.883343	102.020417	243.6	38.8	1.51	67.5	-0.6	1.5321	664.15		
9	26/12/2013 22:56	14.889702	102.037682	264.6	66.4	0.9	64.1	1.9	2.6596	1107.51		
10	26/12/2013 22:57	14.896991	102.047221	255.2	75.3	0.8	55.6	-0.7	3.9148	1255.2		
11	26/12/2013 22:58	14.903889	102.057239	243.1	79.9	0.75	53.1	-0.9	5.2465	1331.61		
12	26/12/2013 22:59	14.910505	102.066921	228.7	78.8	0.76	52.4	-1.1	6.559	1312.53		
13	26/12/2013 23:00	14.918367	102.064233	222.1	55.2	1.09	341.7	-0.7	7.4757	916.73		
14	26/12/2013 23:01	14.92768	102.069235	226.8	73.1	0.82	328.1	0.4	8.6916	1215.85		
15	26/12/2013 23:02	14.930662	102.056358	219	24.4	2.46	330.3	-1.9	9.0975	405.88		
16	26/12/2013 23:03	14.930821	102.056383	218.4	0.3	189.09	149.5	-11.1	9.1027	5.27		
17	26/12/2013 23:04	14.930821	102.056383	219.5	0	149.5	0	0	9.1027	0		
18	26/12/2013 23:05	14.930821	102.056383	219.8	0	149.5	0	0	9.1027	0		
19	26/12/2013 23:06	14.930821	102.056383	220.4	0	149.5	0	0	9.1027	0		
20	26/12/2013 23:07	14.930821	102.056383	219.9	0	149.5	0	0	9.1027	0		
21	26/12/2013 23:08	14.930821	102.056383	221.2	0	149.5	0	0	9.1027	0		
22	26/12/2013 23:09	14.930821	102.056383	220.4	0	149.5	0	0	9.1027	0		
23	26/12/2013 23:10	14.930821	102.056383	219.7	0	149.5	0	0	9.1027	0		
24	26/12/2013 23:11	14.930821	102.056383	219.5	0	149.5	0	0	9.1027	0		
25	26/12/2013 23:12	14.930821	102.056383	220.5	0	149.5	0	0	9.1027	0		
26	26/12/2013 23:13	14.930821	102.056383	219.5	0	149.5	0	0	9.1027	0		
27	26/12/2013 23:14	14.930821	102.056383	219.8	0	149.5	0	0	9.1027	0		
28	26/12/2013 23:15	14.930821	102.056383	220.6	0	149.5	0	0	9.1027	0		
29	26/12/2013 23:16	14.930973	102.057021	220.8	4.2	14.17	76.1	0.2	9.1734	70.67		
30	26/12/2013 23:17	14.931004	102.05435	219.8	27.1	2.22	328.5	-0.2	9.6235	450.1		
31	26/12/2013 23:18	14.945031	102.053828	204.8	72.9	0.82	357.4	-1.2	10.8339	1210.36		
32	26/12/2013 23:19	14.9547	102.053598	194.4	64.5	0.93	358.7	-1	11.904	1070.14		
33	26/12/2013 23:20	14.964353	102.052957	195.8	64.5	0.93	356.3	0.1	12.9343	1070.31		
34	26/12/2013 23:21	14.970487	102.052196	180.3	41.2	1.46	353.2	-2.3	13.658	683.64		
35	26/12/2013 23:22	14.970487	102.052196	180.4	0	353.2	0	0	13.658	0		
36	26/12/2013 23:23	14.970487	102.052196	180.3	0	353.2	0	0	13.658	0		
37	26/12/2013 23:24	14.970487	102.052196	180.3	0	353.2	0	0	13.658	0		
38	26/12/2013 23:25	14.970487	102.052196	180.6	0	353.2	0	0	13.658	0		
39	26/12/2013 23:26	14.970487	102.052196	180.1	0	353.2	0	0	13.658	0		
40	26/12/2013 23:27	14.97882	102.051959	183.1	15.6	3.84	354.4	1.1	13.9173	259.4		
41	26/12/2013 23:28	14.984382	102.052597	181.4	77.2	0.78	3.1	-0.1	15.1985	1281.16		
42	26/12/2013 23:29	14.996031	102.054145	181.3	78.3	0.77	7.3	0	16.4982	1299.65		

รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเครื่อง GPS



รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความเร็ว โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่อง GPS

3.3.2 การถอดข้อมูลตำรวจจากแบบฟอร์มกรอกข้อมูล

ข้อมูลบันทึกจากแบบฟอร์มจะถูกนำมากรอกลงในโปรแกรม Microsoft Excel ในลักษณะของตารางข้อมูล แบ่งแยกข้อมูลแต่ละรอบอย่างชัดเจน และเรียงลำดับจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง จะมีข้อมูลทั้งหมด 16 ชุดข้อมูล และในแต่ละชุดข้อมูลจะประกอบไปด้วย ข้อมูลจำนวน 1911 เรคคอร์ด รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 30,576 เรคคอร์ด

จากนั้นนำข้อมูลจากทั้งหมดมาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลตำแหน่งของลักษณะทางกายภาพที่ตำรวจไว้ก่อนหน้า แล้วสร้างเป็นชุดข้อมูลใหม่ เพื่อสรุปตำแหน่งและสภาพแวดล้อมของช่วงถนนที่พบเจอขอขวด ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และ 3.9

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet contains a large table of data with columns labeled A through AT. The data is organized into sections, with some rows highlighted in yellow. A large watermark of a university logo is visible in the background.

รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างตำแหน่งที่พบคอขวด
กับสภาพแวดล้อมของตำแหน่งที่พบคอขวด

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
1	KM.	Mile-Neck	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	Signal	
2		Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19					
3	0+0																								27034	
4	0+100																									27034
5	0+200	1							1	1																27034
6	0+300									1																27034
7	0+400										1															27034
8	0+500											1														27034
9	0+600												1													27034
10	0+700													1												27034
11	0+800														1											27034
12	0+900															1										27034
13	1+0																									27034
14	1+100																									27034
15	1+200																									27034
16	1+300																									27034
17	1+400																									27034

รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างชุดข้อมูลที่สรุปขึ้นมาใหม่สำหรับการนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้อ่านที่ลงในคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผลและสร้างแบบจำลอง สำหรับการบันทึกข้อมูลนั้นจะทำการบันทึกสำหรับแต่ละช่วงย่อย ๆ ของถนน โดยทำการบันทึกตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับถนนในช่วงนั้น และตัวแปรที่ระบุว่ามีการเกิดคอขวดในช่วงนั้น ๆ หรือไม่

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเบื้องต้น ร่วมกับการประเมินจุดคอขวดในภาคสนามโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมจราจร เพื่อค้นหาปัจจัย (สาเหตุ) ใดบ้างที่อาจจะส่งผลทำให้เกิดคอขวดในช่วงเทศกาล จากนั้นสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์โดยใช้ Binary logistic regression โดยพิจารณาในแต่ละช่วงถนน กำหนดให้ตัวแปรตามคือตัวแปรที่ระบุว่าเกิดคอขวดในช่วงถนนนั้น ๆ หรือไม่ ส่วนตัวแปรอิสระจะเป็นลักษณะทางด้านกายภาพ การควบคุม และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดคอขวดบนถนน

ลำดับที่	ชื่อปัจจัย
1	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร
2	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร
3	ทางเชื่อม
4	ทางร่วม/ทางเบี่ยง
5	สะพานยกระดับ
6	จุดกลับรถ
7	สถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ
8	ร้านค้าข้างทาง/ร้านขายของฝาก
9	จุดตรวจ
10	จุดบริการประชาชน
11	เขตชุมชน/เมือง
12	อุบัติเหตุ
13	รถที่ขับช้ากว่ากระแสจราจร

จากตารางที่ 3.1 สามารถขยายความของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคอขวดบนถนนได้ดังนี้

1. ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร
หมายถึงบริเวณที่มีถนน 2 เส้นมาบรรจบหรือตัดกันทำให้เกิดเป็นทางแยก และมีการใช้สัญญาณไฟจราจรควบคุมการเคลื่อนตัวผ่านทางแยกของแต่ละทิศทาง
2. ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร
หมายถึงบริเวณที่มีถนน 2 เส้นมาบรรจบหรือตัดกันทำให้เกิดเป็นทางแยก แต่ไม่มีการใช้สัญญาณไฟจราจรควบคุมการเคลื่อนตัวผ่านทางแยกของแต่ละทิศทาง ผู้ขับขี่ต้องอาศัยจังหวะที่ปริมาณจราจรเบาบาง หรือรอการให้อนุญาตจากรถยนต์ในทิศทางอื่นๆ เพื่อการข้ามทางแยกนั้น
3. ทางเชื่อม
หมายถึง บริเวณที่มีถนนเส้นหนึ่งมาบรรจบกับถนนสายหลัก และไม่มีการเปิดเกาะกลางถนนให้เป็นทางแยก รถยนต์สามารถเข้า-และออกจากถนนสายรองนี้ได้ โดยรถยนต์ที่ออกมาจากทางสายรองจะถูกบังคับให้เลี้ยวซ้ายไปกับกระแสจราจรของถนนสายหลักเท่านั้น

4. **ทางร่วม/ทางเบี่ยง**
หมายถึง บริเวณที่มีถนนเส้นหนึ่งมาบรรจบกับถนนสายหลัก ไม่มีการเปิดเกาะกลางถนน มีลักษณะการทำมุมของการเชื่อมถนนเข้าด้วยกันเป็นมุมแหลม มีการเพิ่มแฉกช่องทางจราจร ภายในช่วงระยะสั้นๆ รถยนต์สามารถเข้าหรือออก ได้อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น
5. **สะพานยกระดับ**
หมายถึง บริเวณที่มีการก่อสร้างทางยกระดับไว้สำหรับสัญจรข้ามผ่านทางแยก หรือรางรถไฟ
6. **จุดกลับรถ**
หมายถึง บริเวณที่มีการเปิดเกาะกลางถนนไว้สำหรับให้รถยนต์สามารถทำการกลับรถเปลี่ยนทิศทางการจราจรได้
7. **สถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ**
หมายถึง บริเวณที่มีสถานีบริการน้ำมันหรือก๊าซ คอยให้บริการอยู่ริมทาง
8. **ร้านค้าข้างทาง/ร้านขายของฝาก**
หมายถึง บริเวณที่มีร้านค้า หรือร้านขายของฝาก คอยให้บริการอยู่ริมทาง ซึ่งอาจเป็นเพียงขนาดเล็กหรือเป็นอาคารถาวรขนาดใหญ่ก็ได้
9. **จุดตรวจ**
หมายถึง บริเวณที่มีการตั้งด่านของเจ้าหน้าที่ตำรวจ เพื่อการตรวจสอบความปลอดภัย หรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่น
10. **จุดบริการประชาชน**
หมายถึง บริเวณที่มีการตั้งต้นที่ชั่วคราวอยู่ริมถนน เพื่อคอยให้บริการผู้สัญจรไป-มา ไม่มีการจัดที่จอดรถให้เป็นสัดส่วน ผู้ที่จะใช้บริการต้องจอดรถริมทางเพื่อไปใช้บริการ
11. **เขตชุมชน/เมือง**
หมายถึง บริเวณที่มีชุมชนอาศัยอยู่ริมทางทั้งสองฝากฝั่ง มีการสัญจรไป-มาระหว่างทั้งสองฝั่ง
12. **อุบัติเหตุ**
หมายถึง บริเวณที่มีการประสบอุบัติเหตุทางถนน ทั้งแบบที่เป็นเหตุการณ์เล็กน้อย เช่น รถเสีย ยางแตก ไปจนถึงการชนที่รุนแรงมีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิต
13. **รถที่ช้ากว่ากระแสจราจร**
หมายถึง บริเวณที่มีรถยนต์เคลื่อนตัวช้ากว่ากระแสการจราจรส่วนใหญ่ ซึ่งอาจจะเป็นรถบรรทุก หรือรถทางการเกษตร ก็ได้ ทั้งแบบที่วิ่งบนช่องจราจรด้านซ้าย หรือวิ่งบนไหล่ทางด้านซ้าย

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ผลการถอดข้อมูลสำรวจ

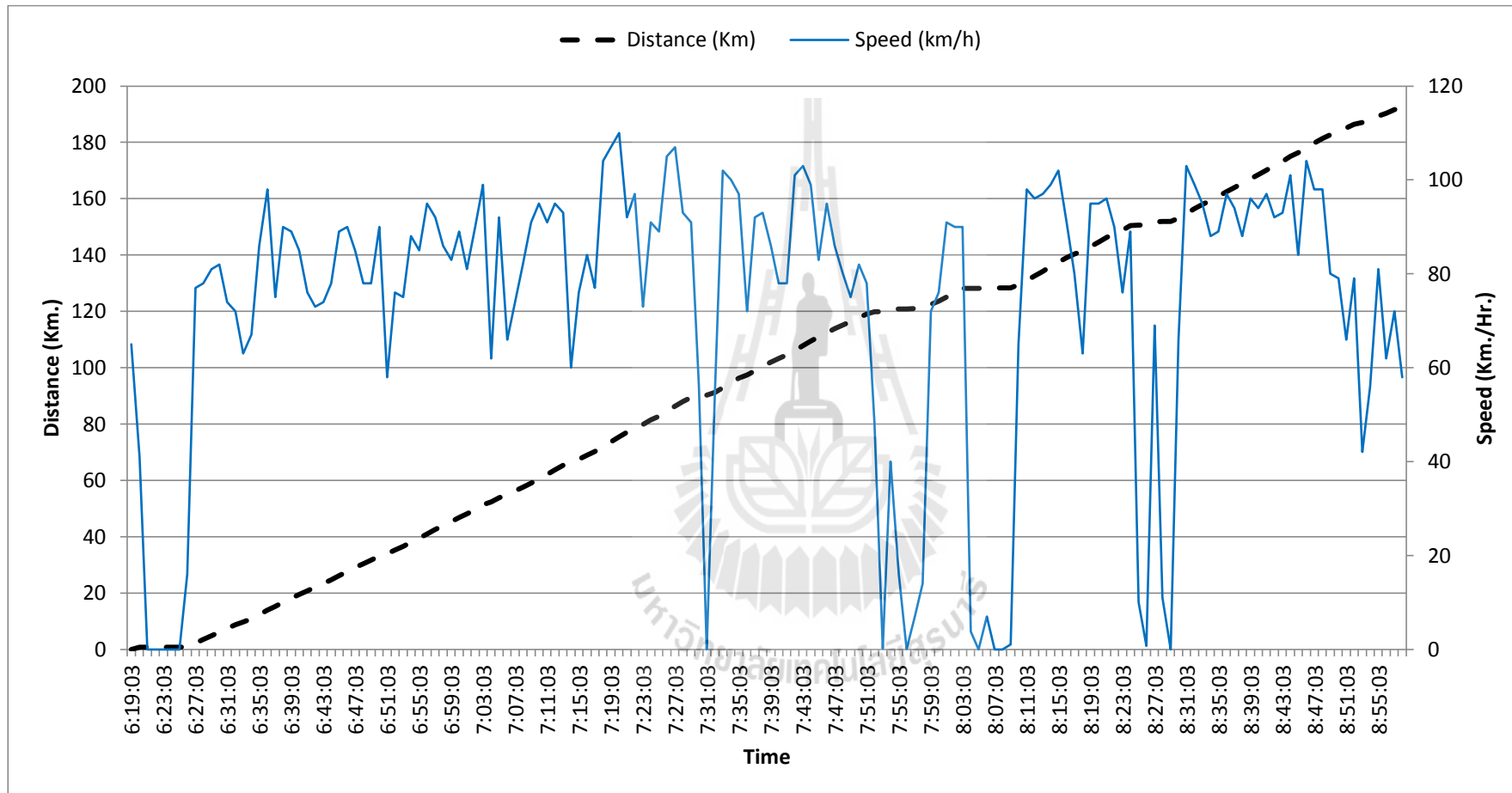
จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยการขับรถไปตามกระแสดจราจรทั้งหมด 16 รอบ นำข้อมูลจากแบบสำรวจ และจาก GPS มารวบรวมเพื่อหาตำแหน่งจุดคอขวดบนถนน ซึ่งมีทั้งตำแหน่งที่แต่ละรอบพบเจอซ้ำๆ กัน และตำแหน่งที่พบเห็นเพียงบางรอบเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่นในบางรอบเจออุบัติเหตุ แต่ในรอบถัดมาบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุนั้นสามารถเปิดการจราจรได้ปกติ จุดๆนั้นก็จะสำรวจไม่พบว่าเป็นคอขวด เป็นต้น

เนื่องจากข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ทำให้จำนวนรอบที่มีการเปิดใช้ระบบ GPS ควบคู่ไปกับการสำรวจด้วยบุคคลในเก็บข้อมูลมีเพียง 10 รอบ จากทั้งหมด 16 รอบ แต่เมื่อทำการถอดข้อมูลจากเครื่อง GPS พบว่ามีข้อมูลบางส่วนไม่ครบถ้วนทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในบางพื้นที่ไม่สามารถรับสัญญาณดาวเทียมได้ ทำให้มีข้อมูล GPS ที่สมบูรณ์เพียง 5 รอบเท่านั้น

4.1.1 ผลจากเครื่อง GPS

การวิเคราะห์ข้อมูลจาก GPS จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ของระยะทางกับเวลา (Time-Space Diagram) เปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.5 โดยพิจารณาจากช่วงที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ลดต่ำลงมานั้นมีการเปลี่ยนแปลงของระยะทางมากขึ้นเพียงใด และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่สูงขึ้นระยะทางในการเคลื่อนที่มีอัตราการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นหรือไม่ ซึ่งถ้าหากในช่วงที่มีการใช้ความเร็วได้ต่ำและระยะทางไม่เพิ่มขึ้นหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงว่าช่วงนั้นรถยนต์ติดอยู่ในแถวคอยและเมื่อความเร็วเพิ่มสูงขึ้นและมีการเพิ่มขึ้นของระยะทางอย่างเห็นได้ชัดแสดงว่ารถยนต์ได้หลุดออกจากแถวคอยแล้ว แสดงว่า ณ จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วนั้นเป็นตำแหน่งที่เป็นคอขวดบนท้องถนน





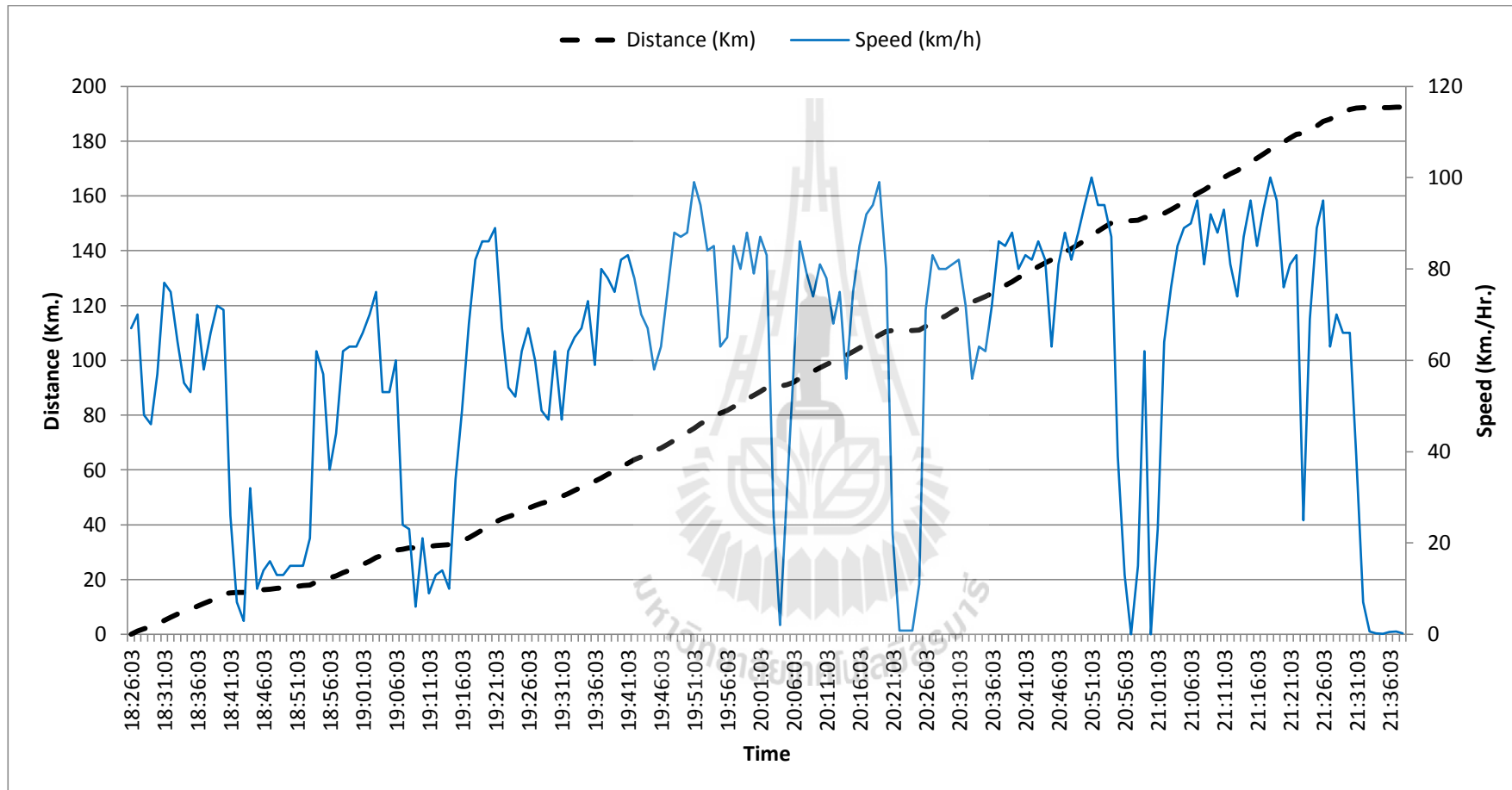
รูปที่ 4.1 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 6:00 น. วันที่ 27 ธันวาคม 2556

จากรูปที่ 4.1 จะพบว่าโดยภาพรวมแล้วกราฟความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทำให้สามารถสังเกตความผิดปกติได้อย่างชัดเจน โดยเมื่อพิจารณาช่วงความเร็วที่อยู่ต่ำกว่า 60 กม./ชม. จะพบว่า มีตำแหน่งที่เป็นคอขวดทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลงทั้งหมด 8 ตำแหน่ง แต่จากการตรวจสอบข้อมูล อีกครั้งพบว่าที่กราฟแสดงความเร็วด้านซ้ายความเร็วลดลงเป็น 0 อยู่เป็นเวลานานนั้น เป็นเพราะผู้ขับรถสำรวจทำการหยุดจอดรถยนต์ หาระงับเกิดจากคอขวดบนท้องถนน ซึ่งที่เหลืออีก 7 ตำแหน่งสามารถแจกแจงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอขวด ของรอบเวลา 6:00 น.

วันที่ 27 ธันวาคม 2556

ลำดับที่	เวลาที่พบ	ระยะที่ระบุว่าเป็นคอขวด
1	7:31	90+300
2	7:53	119+900
3	7:58	121+200
4	8:09	128+300
5	8:26	150+600
6	8:29	152+200
7	8:53	187+100



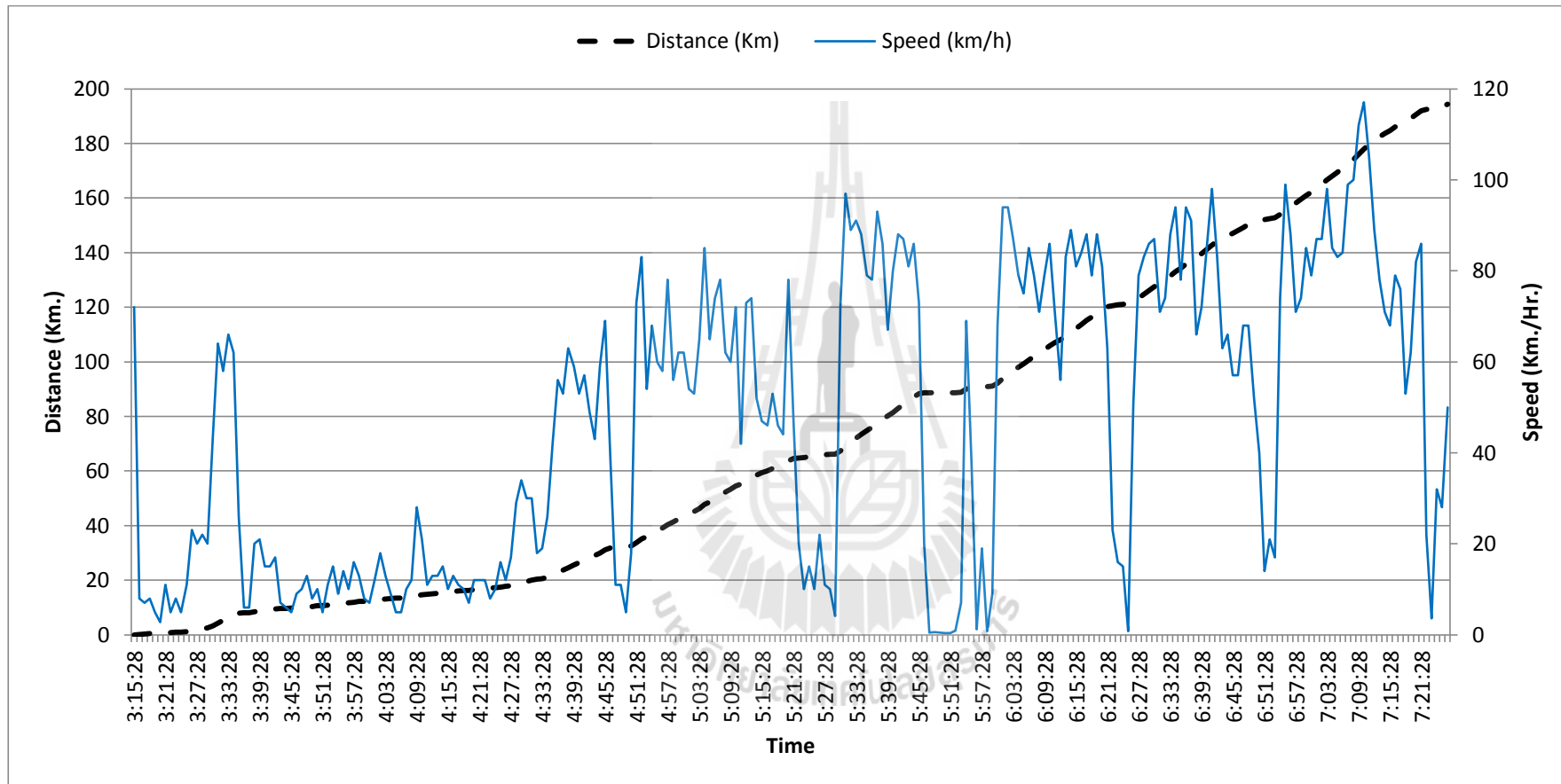
รูปที่ 4.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 18:00 น. วันที่ 27 ธันวาคม 2556

จากรูปที่ 4.2 เนื่องจากปริมาณจราจรเริ่มมีเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดการชะลอตัวบ่อยครั้ง ดังสังเกตได้จากที่กราฟความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งขึ้นจากรูปที่ 4.1 และเมื่อพิจารณาจากหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ทำให้สามารถระบุตำแหน่งคอขวดได้ทั้งหมด 8 ตำแหน่งด้วยกัน แต่จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่ากราฟความเร็วด้านขวาที่ความเร็วลดลงเป็น 0 เนื่องจากผู้สำรวจมิได้ทำการปิดเครื่อง GPS ทันทีที่ถึงหมาย ทำให้มีข้อมูลในส่วนที่เกินมา ซึ่งกราฟแสดงให้เห็นว่าผู้ขับขี่ชะลดความเร็วและหยุดรถที่จุดกลับรถเพื่อเดินทางกลับ ดังนั้นจากรอบการสำรวจนี้จะมีตำแหน่งคอขวดทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่าเป็นคอขวด ของรอบเวลา 18:00 น.

วันที่ 27 ธันวาคม 2556

ลำดับที่	เวลาที่พบ	ระยะที่ระบุว่าเป็นคอขวด
1	18:52	17+700
2	19:12	32+400
3	20:04	90+500
4	20:24	110+900
5	20:57	150+900
6	21:00	152+200
7	21:23	183+000



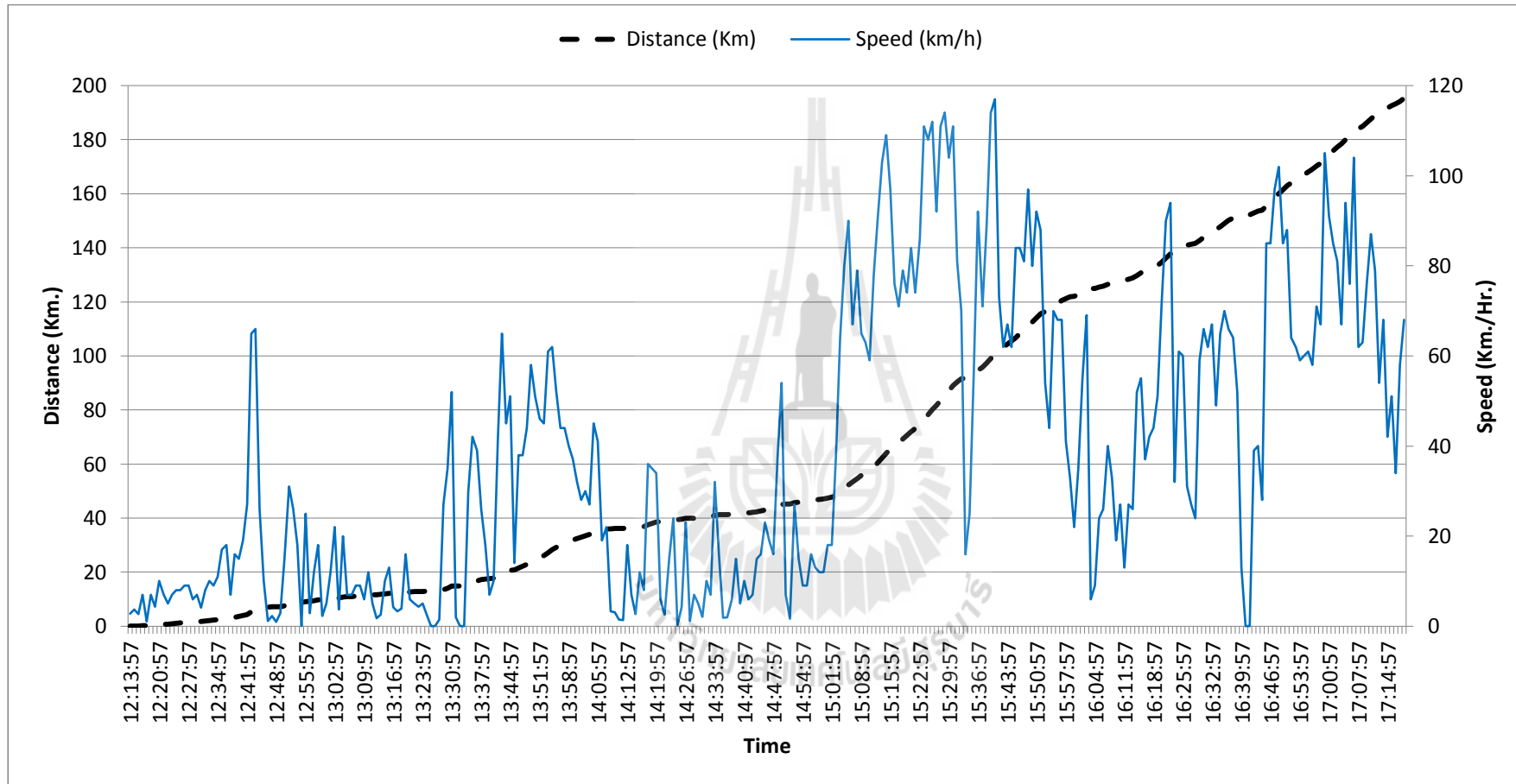
รูปที่ 4.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 3:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556

จากรูปที่ 4.3 จะพบว่ากราฟแสดงความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงถี่ขึ้น และพบว่าในช่วงต้นของเส้นทางสำรวจสามารถใช้ความเร็วในการเดินทางได้ค่อนข้างต่ำ และในส่วนของครึ่งหลังของเส้นทางลักษณะของกราฟความเร็วก็จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับทั้งสองรอบที่ผ่านมา และจากการพิจารณาแล้วพบว่ามีความสอดคล้องกัน 8 ตำแหน่งสำหรับข้อมูลจากเครื่อง GPS ในรอบนี้ และส่วนที่กราฟความเร็วลดต่ำลงทางด้านขวาสุดเป็นการชะลอเพื่อกลับรถเช่นเดียวกับที่ผ่านมา โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นคอกวน ของรอบเวลา 3:00 น.

วันที่ 28 ธันวาคม 2556

ลำดับที่	เวลาที่พบ	ระยะที่ระบุว่าเป็นคอกวน
1	3:30	3+300
2	4:33	20+600
3	4:50	32+400
4	5:29	66+700
5	5:53	88+800
6	5:59	91+900
7	6:25	121+500
8	6:52	152+200



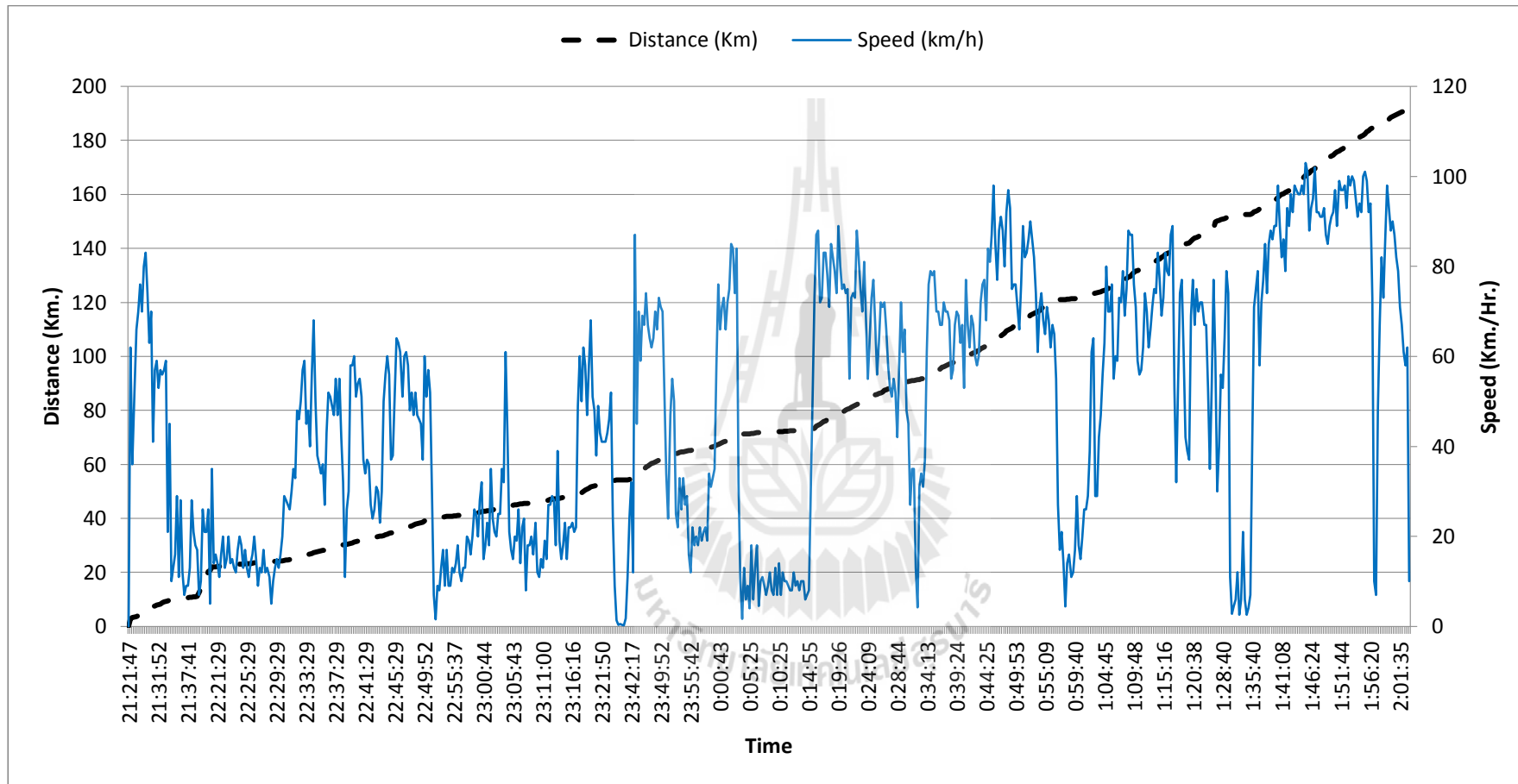
รูปที่ 4.4 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 12:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556

จากรูปที่ 4.4 จะพบว่าความเร็วที่สามารถใช้ได้ในช่วงครึ่งแรกของเส้นทางมีค่อนข้างต่ำ เช่นเดียวกันกับในรอบก่อนหน้า และเมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับกราฟแสดงระยะทางสะสมในการเดินทางจะพบว่ากราฟจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อผ่านจุดๆ หนึ่ง ซึ่งจุดนั้นก็คือนอกขบวนนั่นเอง ซึ่งเมื่อพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วพบว่าในรอบสำรวจนี้มีนอกขบวนทั้งหมด 8 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่า เป็นนอกขบวน ของรอบเวลา 12:00 น.

วันที่ 28 ธันวาคม 2556

ลำดับที่	เวลาที่พบ	ระยะที่ระบุว่าเป็นนอกขบวน
1	12:40	4+00
2	13:24	13+000
3	13:40	17+700
4	15:01	47+900
5	15:34	92+400
6	16:00	122+500
7	16:20	134+500
8	16:41	153+500



รูปที่ 4.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาในการเคลื่อนที่จากข้อมูล GPS ของรอบเวลา 21:00 น. วันที่ 28 ธันวาคม 2556

จากรูปที่ 4.5 จะพบว่ากราฟแสดงความเร็วมีการผันผวนอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนตัวของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงเป็นไปอย่างช้าๆ กล่าวคือเคลื่อนที่สลับกับชะลอตัว ที่ให้มีการเพิ่มและลดความเร็วอยู่ตลอดเวลา และยังสามารถสังเกตเห็นว่ากราฟมีลักษณะที่เกาะกลุ่มกัน ซึ่งแสดงว่าเมื่อถึงจุดๆ หนึ่งก็สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น แต่ก็เชื่อว่าจะสามารถใช้ความเร็วได้อย่างคงที่ ยังคงต้องชะลอความเร็วเป็นระยะๆ เช่นเดิม และสามารถระบุตำแหน่งคอกวอดได้ 8 ตำแหน่ง

ตารางที่ 4.5 ตำแหน่งที่ข้อมูลจากเครื่อง GPS ระบุว่าเป็นคอกวอด ของรอบเวลา 21:00 น.

วันที่ 28 ธันวาคม 2556

ลำดับที่	เวลาที่พบ	ระยะที่ระบุว่าเป็นคอกวอด
1	22:29	24+000
2	23:17	49+100
3	23:42	54+800
4	23:59	66+700
5	0:14	72+800
6	0:32	91+900
7	1:03	123+200
8	1:33	152+200

4.1.2 ผลจากแบบฟอร์มสำรวจ

ข้อมูลจากการสำรวจด้วยบุคคลจะถูกบันทึกลงโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์อีกครั้ง เพื่อให้สะดวกต่อการจัดการข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และผลจากการสำรวจด้วยบุคคลแสดงดังตารางที่ 4.1

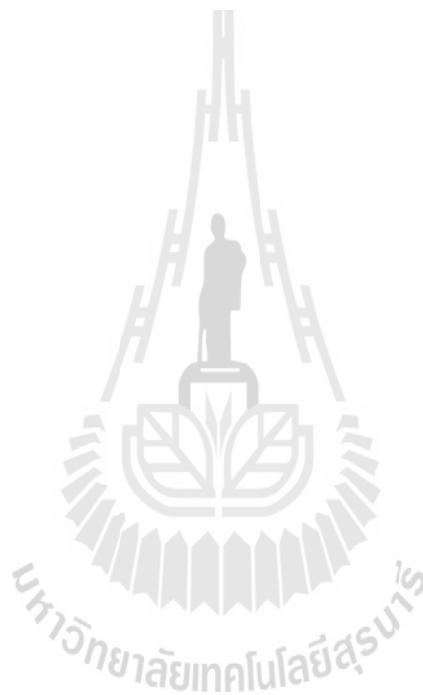
ตารางที่ 4.6 ผลสรุปจำนวนคอขวดที่พบเจอโดยการสำรวจด้วยบุคคลในแต่ละรอบ

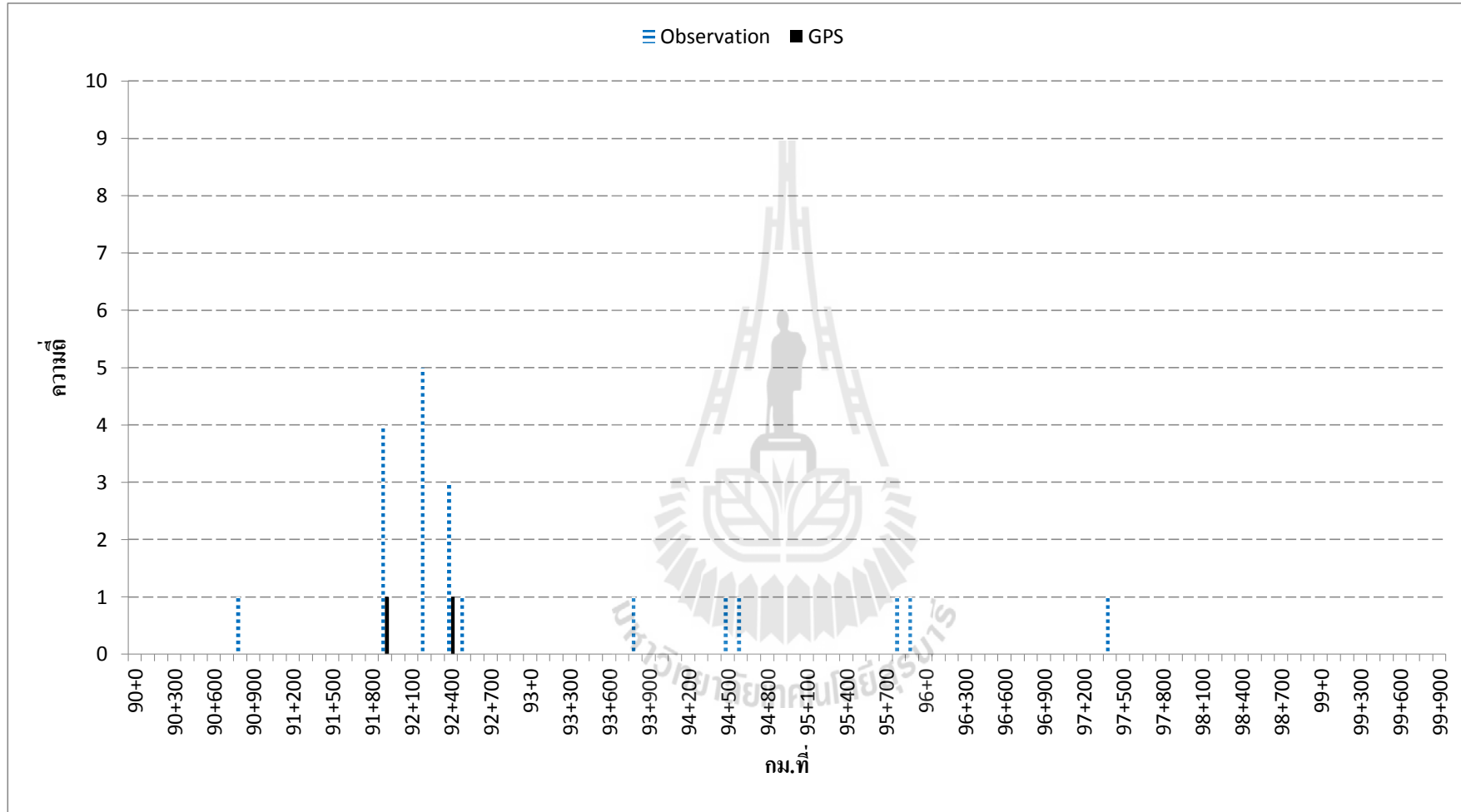
รอบที่	วันที่	เวลาออกเดินทาง	เวลาที่ถึงจุดหมาย	จำนวนคอขวดที่สำรวจพบ
1	27/12/2013	6:00	8:30	4
2		9:00	11:30	37
3		12:00	14:45	12
4		15:00	17:43	18
5		18:00	21:35	13
6		21:00	0:52	7
7	28/12/2013	0:00	4:00	39
8		3:00	7:20	16
9		6:00	11:25	9
10		9:00	14:22	18
11		12:00	17:45	25
12		15:00	20:50	26
13		18:00	23:40	14
14		21:00	2:04	22
15	29/12/2013	0:00	3:55	24
16		3:00	6:30	10
รวม				294

จากตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลจำนวนคอขวดที่ผู้สำรวจบันทึกได้ในแต่ละรอบที่ทำการขับรถสำรวจ ซึ่ง จำนวนที่พบมากที่สุดคือ รอบเวลา 0:00 น. ของวันที่ 28 ธค. 56 มี 39 ตำแหน่ง จำนวนที่ผู้สำรวจพบว่าเป็นคอขวดน้อยที่สุดคือ รอบเวลา 6:00 น. ของวันที่ 27 ธค. 56 มีอยู่ด้วยกัน 4 ตำแหน่ง ทั้งนี้จำนวนที่แสดงทั้งหมดยังไม่ได้ผ่านการคัดกรองใดๆ ทั้งสิ้น

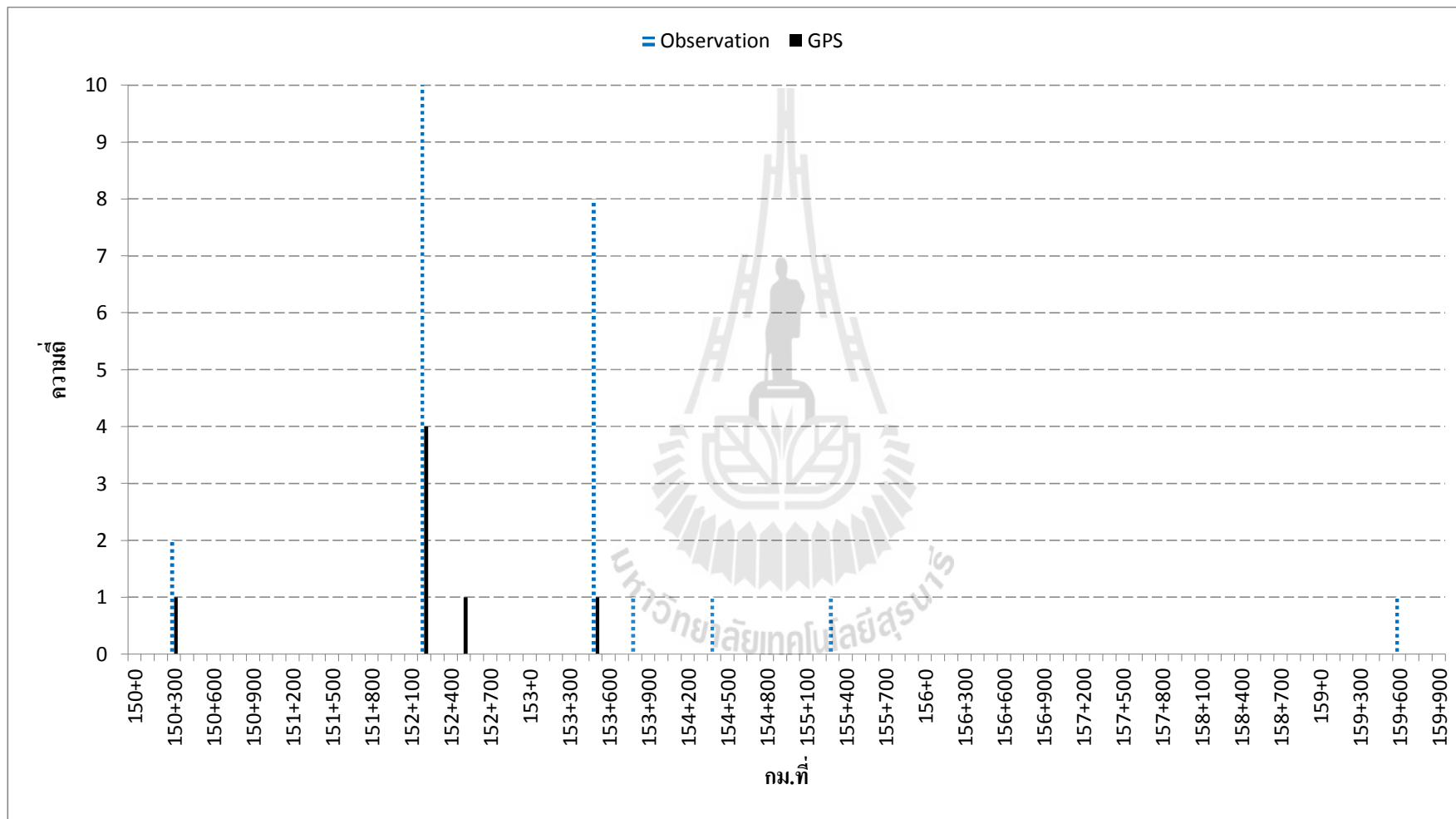
4.1.3 ผลจากทั้งเครื่อง GPS และแบบฟอร์มสำรวจ

นำข้อมูลทั้งจากเครื่อง GPS และแบบฟอร์มสำรวจมาผนวกเข้าด้วยกัน แล้วนำตำแหน่งที่ได้ไปทำการพล็อตกราฟเพื่อดูความถี่ที่สำรวจพบของทุกรอบ เทียบกับระยะทางจะทำให้สามารถทราบได้ว่าในแต่ละตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นคอกวนั้น มีการพบจากเครื่อง GPS กี่ครั้งและจากบุคคลสำรวจกี่ครั้ง ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7





รูปที่ 4.6 ตัวอย่างความถี่ของตำแหน่งกวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 90 ถึงกิโลเมตรที่ 99+900



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 150 ถึงกิโลเมตรที่ 159+900

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ณ ตำแหน่งหลักกิโลเมตรที่ 92+400 มีการระบุว่าเป็นคอขวดจากการสำรวจด้วยบุคคล 3 ครั้ง และเครื่อง GPS ระบุได้ 1 ครั้ง

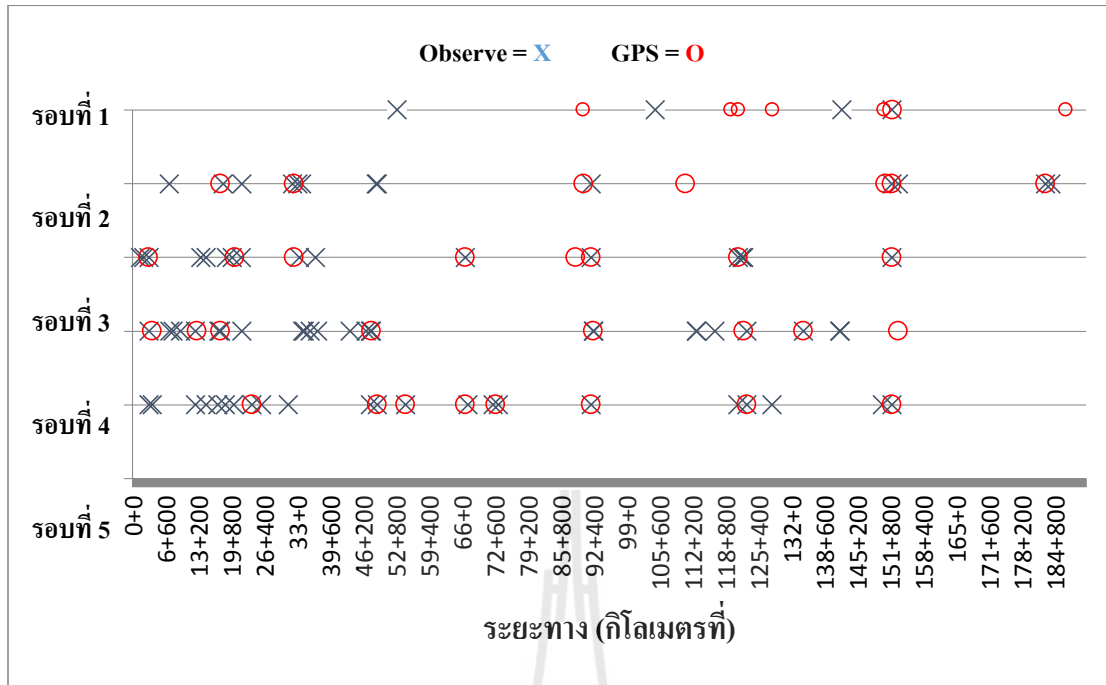
และจากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า ณ ตำแหน่งหลักกิโลเมตรที่ 152+200 มีการระบุว่าเป็นคอขวดจากการสำรวจด้วยบุคคลถึง 10 ครั้ง และเครื่อง GPS ระบุได้ 4 ครั้งด้วยกัน และเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดตลอดสายทางมาทำการสรุปสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.7 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่สำรวจพบระหว่างการสำรวจด้วยบุคคลกับการใช้เครื่อง GPS

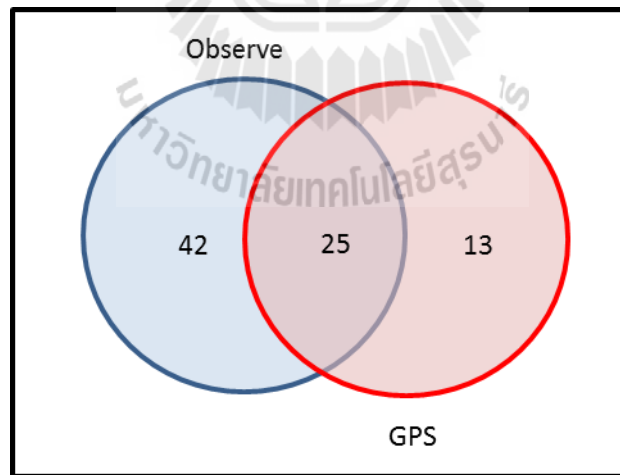
Observe	GPS				
	0	1	2	3	4
0		8	-	-	-
1	126	8	-	-	-
2	20	3	1	-	-
3	6	2	-	-	-
4	-	5	-	-	-
5	2	4	-	-	-
6	1	1	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	1	1	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	1

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนตำแหน่งที่ผู้บันทึกข้อมูลไม่ได้ระบุว่าเป็นคอขวดแต่ข้อมูลจาก GPS ระบุว่าเป็นคอขวดมีอยู่ด้วยกัน 8 ตำแหน่ง เช่นเดียวกันกับผู้บันทึกข้อมูลระบุว่าเป็นคอขวดแต่ข้อมูลจาก GPS ไม่ได้ระบุไว้มีอยู่ด้วยกัน 126 ตำแหน่ง (ซึ่งทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อผิดพลาดในการสำรวจที่ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลด้วยเครื่อง GPS ได้ครบถ้วนสมบูรณ์) และมีตำแหน่งที่ผู้สำรวจระบุตรงกันว่าเป็นคอขวด 10 ครั้งจาก 16 รอบ และข้อมูล GPS ระบุตรงกัน 4 ครั้งจาก 5 รอบมีอยู่ 1 ตำแหน่ง

หากทำการเปรียบเทียบระหว่างการสำรวจด้วยบุคคลกับการถอดข้อมูลจากเครื่อง GPS ภายในรอบสำรวจเดียวกัน พบว่ามีตำแหน่งที่ระบุด้วยเครื่อง GPS มี 38 ตำแหน่ง ระบุด้วยบุคคลมี 67 ตำแหน่ง และระบุตรงกันระหว่างบุคคลกับเครื่อง GPS อยู่ 25 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นคอกขวดระหว่างการระบุด้วยเครื่อง GPS กับการระบุด้วยบุคคลของทั้ง 5 รอบที่มีข้อมูลจากเครื่อง GPS ครบถ้วนเทียบกับระยะทาง



รูปที่ 4.9 แสดงจำนวนตำแหน่งคอกขวดทั้งหมดที่พบภายใน 5 รอบสำรวจที่มีข้อมูลจากเครื่อง GPS ครบถ้วน

เมื่อรวบรวมข้อมูลทั้งจากเครื่อง GPS จำนวน 5 รอบ กับข้อมูลสำรวจด้วยบุคคลทั้ง 16 รอบ ผนวกเข้าด้วยกัน จะทราบถึงจำนวนตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นคอขวดทั้งหมดจากการับรถยนต์สำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปข้อมูลตำแหน่งจุดคอขวดบนเส้นทางสายหลักระหว่างนครราชสีมากับขอนแก่น

รูปแบบการเก็บข้อมูล	จำนวนคอขวดที่พบทั้งหมด
การสำรวจด้วยบุคคล (16 รอบ)	294
การสำรวจด้วย GPS (5 รอบ)	38
รวมทั้งหมด	332

4.2 การจัดการข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์

ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้อำเป็นต้องทำการคัดกรองความถูกต้องของข้อมูลเสียก่อน เพื่อที่ผลจากการวิเคราะห์จะได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และเมื่อทำการพิจารณาตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นคอขวด ผนวกกับปัจจัยที่เป็นสาเหตุทั้งหมด อีกท้งเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ ที่ต้องการสร้างแบบจำลองหรือสมการในการทำนายการเกิดคอขวดบนช่วงถนน จึงจำเป็นต้องตัดสาเหตุปัจจัยที่ 12 และ 13 (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) ออกจากแบบจำลองท้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านการเกิดอุบัติเหตุเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถทราบการเกิดหรือระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ และสำหรับรถยนต์ที่เคลื่อนที่ช้าแล้ววิ่งบนทางหลัก หรือวิ่งหลบกระแสรถจราจรอยู่บนไหล่ทาง ซึ่งไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อกระแสรถจร แต่เนื่องจากการใช้ไหล่ทางเป็นช่องทางวิ่งทำให้ผู้ขับขี่ต้องเบี่ยงเข้าช่องจราจรหลักเพื่อหลบอุปสรรคดังกล่าว ซึ่งรถยนต์ที่เคลื่อนที่ช้าเข้าข่ายจุดคอขวดชนิดเคลื่อนที่ซึ่งการศึกษานี้ทำการศึกษาเฉพาะคอขวดชนิดประจำที่ดังนั้นจึงตัดปัจจัยนี้ออกจากการศึกษาเช่นกัน

ซึ่งจำนวนคอขวดที่เกิดจากปัจจัยที่ 12 และ 13 มีจำนวนทั้งสิ้น 104 ตำแหน่ง แบ่งออกเป็นอุบัติเหตุ 24 ตำแหน่ง รถยนต์ที่ช้ากว่ากระแสรถจร 61 ตำแหน่ง และการเบียดเข้าทางหลักจากรถยนต์ที่ใช้ไหล่ทางในการเดินรถ 19 ตำแหน่ง

เมื่อนำจำนวนคอขวดที่สำรวจพบทั้งหมดหักออกจากจำนวนคอขวดจากปัจจัยที่ 12 และ 13 จะเหลือจำนวนคอขวดทั้งสิ้น 228 ตำแหน่ง ซึ่งจากจำนวนดังกล่าว จะยังคงมีตำแหน่งที่สำรวจพบซ้ำกัน ตำแหน่งที่ผู้สำรวจระบุไม่สอดคล้องกับข้อมูลความเร็วที่ใช้ในแต่ละช่วงหนึ่งกิโลเมตร และตำแหน่งที่ระบุด้วย GPS แต่เมื่อตรวจสอบกับข้อมูล Pre-Survey กลับไม่พบปัจจัยแวดล้อมใดๆ อยู่ในตำแหน่งหรือใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ระบุนั้นอยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อทำการตัดตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นคอขวดเนื่องจากสาเหตุดังที่กล่าวไป จะเหลือตำแหน่งที่เป็นคอขวดที่แท้จริงดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 จำนวนตำแหน่งคอขวดที่พบแท้จริง

รูปแบบการเก็บข้อมูล	จำนวนคอขวดที่สำรวจพบทั้งหมด	จำนวนหลังจากการตัดสาเหตุจากรถช้าและอุบัติเหตุออก	จำนวนหลังจากคัดกรองข้อมูลและตัดตำแหน่งที่ซ้ำกันออก
บุคคล (16 รอบ) ผวนวกกับ GPS (5 รอบ)	332	228	97

จากตารางที่ 4.9 สามารถสรุปได้ว่าจากระยะทางสำรวจทั้งหมด 191 กิโลเมตร นำมาแบ่งออกเป็นช่วงละ 100 เมตร จะได้ช่วงที่ศึกษา 1,911 ช่วง และพบตำแหน่งคอขวดที่จะนำมาวิเคราะห์คือ 97 ตำแหน่ง หรือ 97 ช่วงถนน โดยจำแนกสาเหตุหรือปัจจัยที่เป็นต้นตอของคอขวดออกได้ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การจำแนกสาเหตุ/ปัจจัยที่ทำให้เกิดคอขวดในแต่ละช่วงถนน

สาเหตุ/ปัจจัย	จำนวน
ทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร	10
ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร	19
ทางเชื่อม	8
ทางร่วม/ทางเบี่ยง	13
สะพานยกระดับ	2
จุดกลับรถ	23
สถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ	16
ร้านค้าข้างทาง/ร้านขายของฝาก	10
จุดตรวจ	4
จุดบริการประชาชน	12
เขตชุมชน/เมือง	20
ตำแหน่งที่เป็นจุดคอขวดทั้งหมด	97*

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง บางตำแหน่งมีปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัยร่วมกัน

4.3 การจัดกลุ่มข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลมีปัจจัยบางอย่างที่สามารถพิจารณาเพิ่มเติมได้อีก กล่าวคือมีปัจจัยที่สามารถแยกย่อยออกไปได้อีก ได้แก่ สถานีบริการน้ำมัน และ สะพานยกระดับ

4.3.1 สถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งแยกขนาดก็คือจำนวนตู้จ่ายเชื้อเพลิง ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถระบุพื้นที่ใช้สอยของสถานีบริการน้ำมันแต่ละแห่งได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงใช้สมมติฐานที่ว่าถ้ามีจำนวนตู้จ่ายเชื้อเพลิงมีมากก็จำเป็นต้องมีพื้นที่สำหรับรองรับรถยนต์ที่จะเข้ามาใช้บริการมากด้วยเช่นกัน และสามารถแยกย่อยออกได้เป็น 3 กลุ่มศึกษาคือ

4.3.1.1 แยกระหว่างสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กจะมีตู้จ่ายเชื้อเพลิงไม่เกิน 6 ตู้จ่าย และสถานีบริการน้ำมันขนาดใหญ่ก็มีตู้จ่ายเชื้อเพลิงตั้งแต่ 6 ตู้จ่ายขึ้นไป

4.3.1.2 แยกระหว่างสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กมากและขนาดกลางขึ้นไป โดยสถานีบริการน้ำมันขนาดเล็กมากจะมีตู้จ่ายเชื้อเพลิงไม่เกิน 4 ตู้จ่าย และสถานีบริการน้ำมันขนาดกลางขึ้นไปก็มีตู้จ่ายเชื้อเพลิงตั้งแต่ 4 ตู้จ่ายขึ้นไป

4.3.1.3 แยกระหว่างสถานีบริการน้ำมันของ ปตท. และยี่ห้ออื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากสถานีบริการน้ำมันของ ปตท. เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน ดังนั้นจึงจะทำการทดสอบดูว่าจะมีผลต่อการเกิดคอขวดหรือไม่ ลักษณะของสถานีบริการน้ำมันแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.10 ถึง รูปที่ 4.15



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 2 ตู้จ่าย



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 3 ตู้จ่าย



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 5 ตู้จ่าย



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 8 ตู้จ่าย



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ขนาด 9 ตู้จ่าย



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน/ก๊าซ ของ ปตท.

4.3.2 สะพานยกระดับ

ในการศึกษาครั้งนี้มีสะพานที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 แห่ง โดยเป็นสะพานยกระดับข้ามทางแยก 2 สะพาน และสะพานข้ามทางรถไฟ 2 สะพาน แต่จากการสำรวจข้อมูลพบว่า สะพานแต่ละรูปแบบเกิดคอขวดขึ้นแบบละ 1 ตำแหน่ง ทั้งนี้เป็นเพราะสะพานที่ไม่มีคอขวดเกิดขึ้นที่บริเวณคอสะพานเป็นผลอันเนื่องมาจากมีอุปสรรคตั้งอยู่ก่อนหน้าแล้ว ซึ่งอุปสรรคนั้นได้ทำหน้าที่เป็นคอขวดในการกรองจำนวนรถยนต์ก่อนที่จะขึ้นสะพาน ทำให้สะพานนั้นกลายเป็นคอขวดซ่อนเร้น (Hidden Bottleneck) ดังนั้นสำหรับการแยกย่อยรูปแบบสะพานจะทำแยกออกเป็น

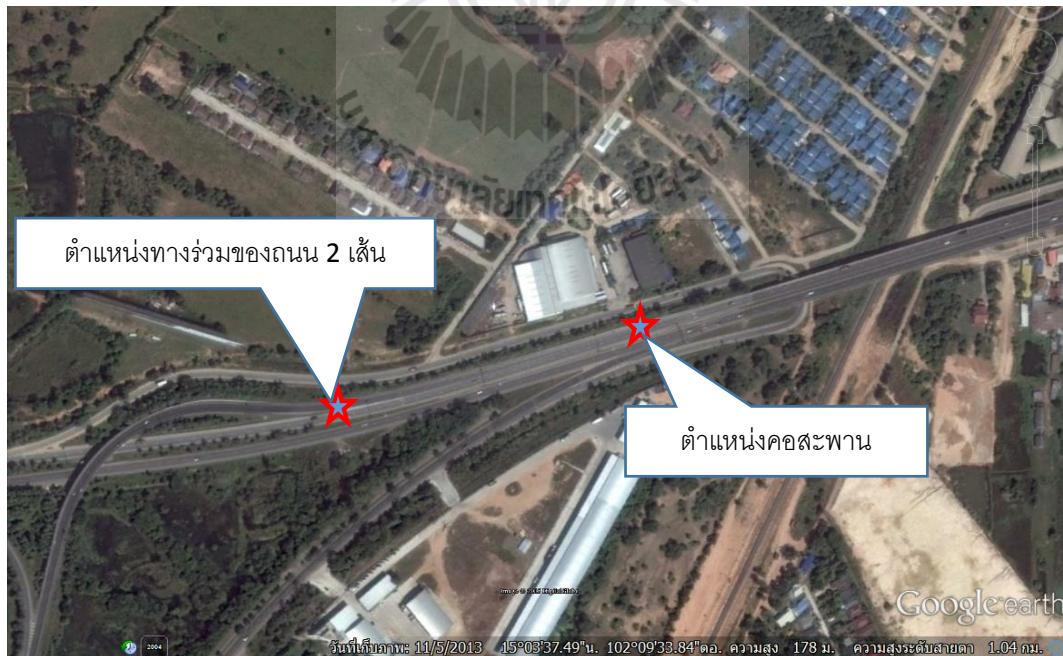
4.3.2.1 ไม่พิจารณาว่าสะพานจะมีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าสะพานหรือไม่

4.3.2.2 สะพานที่มีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร และสะพานที่ไม่มีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17



รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณที่มีสะพานยกระดับและไม่มีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร

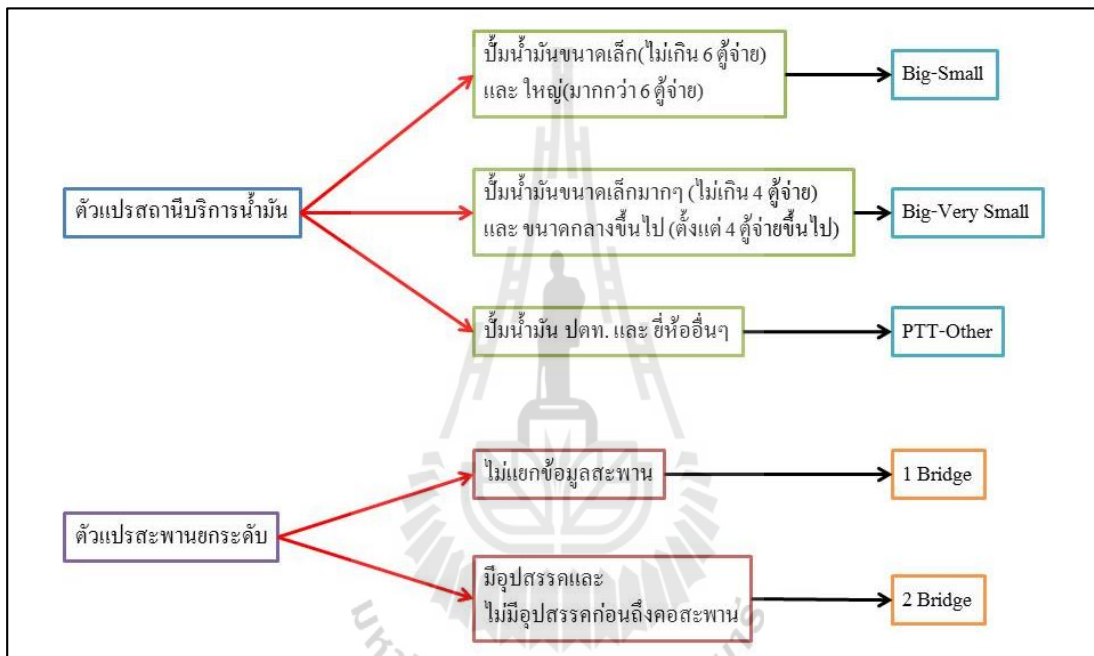
จากรูปที่ 4.16 จะพบว่าในระยะ 500 เมตรก่อนถึงคอสะพานยกระดับนั้นไม่มีอุปสรรคกีดขวางแต่อย่างใดจะมีก็เพียงทางเข้า-ออกพื้นที่ของเอกชน มีปริมาณจราจรในการเข้าหรือออกพื้นที่น้อยมากๆ



รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณที่มีสะพานยกระดับและมีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าในระยะ 500 เมตร

จากรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าก่อนถึงบริเวณคอสะพานยกระดับนั้น จะมีจุดบรรจบกันของถนน 2 เส้นที่ระยะก่อนถึงคอสะพานประมาณ 300 เมตร ซึ่งถนนเส้นหนึ่งคือถนนมิตรภาพ ส่วนถนนอีกเส้นคือถนนทางเลี่ยงเมืองนครราชสีมา ซึ่งตรงจุดนี้จะมีปริมาณจราจรหนาแน่น และการเข้าร่วมกันสู่ถนนเส้นเดียวเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งที่ทำให้กระแสจราจรปั่นป่วนก่อนถึงคอสะพานยกระดับ

จากทั้งหมดที่ได้กล่าวมาสามารถสรุป การแยกย่อยข้อมูลที่จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.18

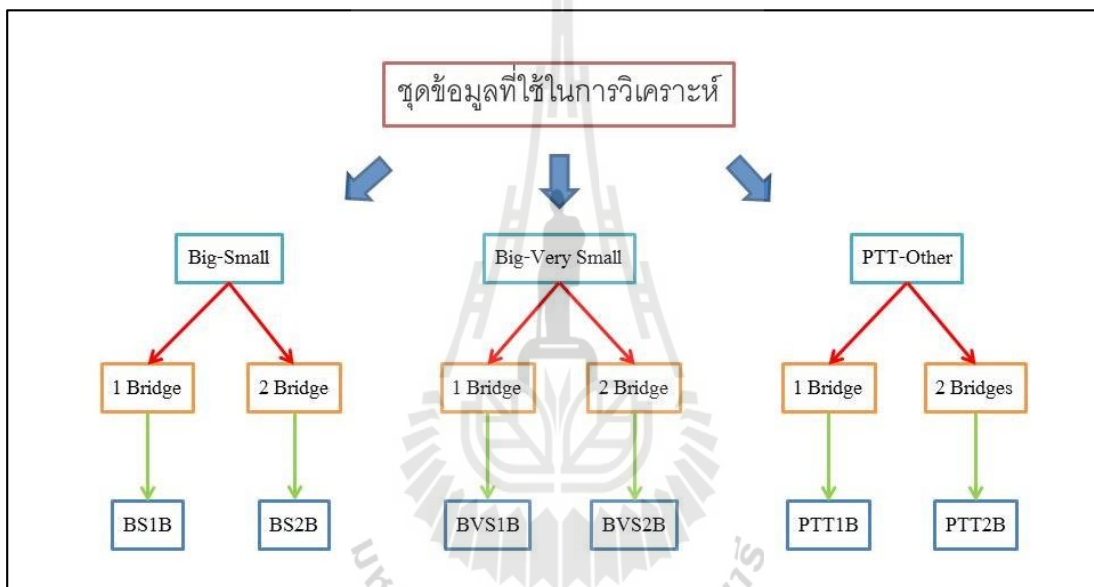


รูปที่ 4.18 การแยกย่อยข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.18 สรุปให้เห็นถึงการแยกย่อยข้อมูลก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ รวมถึงการให้รหัสเพื่อให้สะดวกและกระชับในการทำงาน ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจะสามารถแบ่งออกมาได้ทั้งหมด 6 รูปแบบคือ (ดังแสดงในรูปที่ 4.19)

1. การวิเคราะห์แบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ (Big-Small) และไม่แยกข้อมูลสะพาน (1 Bridge)
2. การวิเคราะห์แบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ (Big-Small) และแยกข้อมูลสะพาน (2 Bridges)

3. การวิเคราะห์แบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กมากหรือขนาดกลางขึ้นไป (Big-Very Small) และไม่แยกข้อมูลสะพาน (1 Bridge)
4. การวิเคราะห์แบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นขนาดเล็กมากหรือขนาดกลางขึ้นไป (Big-Very Small) และแยกข้อมูลสะพาน (2 Bridges)
5. การวิเคราะห์แบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นของ ปตท. หรือ ยี่ห้ออื่นๆ (PTT-Other) และไม่แยกข้อมูลสะพาน (1 Bridge)
6. การวิเคราะห์แบบแยกสถานีบริการน้ำมันออกเป็นของ ปตท. หรือ ยี่ห้ออื่นๆ (PTT-Other) และแยกข้อมูลสะพาน (2 Bridges)



รูปที่ 4.19 ชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่าการตั้งรหัสสำหรับข้อมูลแต่ละชุดใหม่ทั้งหมดนี้เนื่องจากการใช้โปรแกรม R ในการวิเคราะห์นั้นจำเป็นต้องป้อนคำสั่งการคำนวณด้วยการพิมพ์ข้อความคำสั่ง ดังนั้นเพื่อความสะดวก รวดเร็วและป้องกันความสับสนในการป้อนคำสั่งจึงจำเป็นต้องตั้งรหัส เพื่อให้สื่อถึงชุดข้อมูล หรือผลลัพธ์จากการประมวลผลได้อย่างถูกต้อง

นอกจากนั้นยังได้ทำการเพิ่มตัวแปรที่จะนำไปวิเคราะห์อีก 1 ตัวแปรคือ ปริมาณจราจร แต่เนื่องจากปริมาณจราจรในช่วงเทศกาลนั้นมีสูงมากทำให้ไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลที่แน่ชัดได้ จึงได้ทำการตัดแปลงโดยใช้ค่าปริมาณจราจรเฉลี่ยของแต่ละวันต่อปี (AADT) แทนในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้

สมมติฐานที่ว่า ถึงปริมาณจราจรในช่วงเทศกาลจะมีปริมาณที่สูงกว่าปรกติ แต่สัดส่วนปริมาณจราจรในแต่ละช่วงจุดควบคุม (Control) ของช่วงเวลาปรกติน่าจะใกล้เคียงของช่วงเทศกาล

4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีลักษณะเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy variable) กล่าวคือ มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ทั้งทางฝั่งของตัวแปรต้น และตัวแปรตาม เช่น หากตำแหน่งนั้นเป็นคอกวด (Y) จะเท่ากับ 1 หากไม่เป็นคอกวดจะเท่ากับ 0 และหากในช่วงถนนนั้นมีทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร (X1) จะเท่ากับ 1 หากไม่มีป้ายจราจรใดๆเลย ตัวแปรต้นทุกตัว (X1,X2,.....,Xn) ก็จะเท่ากับ 0

จากการที่ตัวแปรตามมีค่าเพียง 0 หรือ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลองจึงใช้วิธีการสร้างแบบจำลองที่เรียกว่า Binomial Logistic Regression ในการวิเคราะห์และสร้างสมการพยากรณ์ ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้หลากหลายโปรแกรม แต่สำหรับการศึกษานี้จะวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรม R และสำหรับคำสั่งในการวิเคราะห์คือ

$$\text{glm}(Y \sim X1 + X2 + X3 + \dots + Xn, \text{family} = \text{binomial}, \text{data} = \dots)$$

ตารางที่ 4.11 ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ตัวแปรสำหรับสะพานแบบไม่มีอุปสรรค		ตัวแปรสำหรับสะพานแบบมีอุปสรรค	
Y	ตำแหน่งที่เป็นคอกวด	Y	ตำแหน่งที่เป็นคอกวด
X1	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม	X1	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม
X2	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม	X2	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม
X3	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน	X3	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน
X4	ทางร่วม,ทางเบี่ยง	X4	ทางร่วม,ทางเบี่ยง
X5	สะพานยกระดับ	X5_1	สะพานยกระดับที่ไม่มีอุปสรรค
		X5_2	สะพานยกระดับที่มีอุปสรรค
X6	จุดกลับรถ	X6	จุดกลับรถ
X7_1	บิ๊มน้ำมันขนาดเล็ก	X7_1	บิ๊มน้ำมันขนาดเล็ก
X7_2	บิ๊มน้ำมันขนาดเล็กมาก	X7_2	บิ๊มน้ำมันขนาดเล็กมาก
X7_3	บิ๊มน้ำมัน ปตท.	X7_3	บิ๊มน้ำมัน ปตท.

X8_1	ปริมาณน้ำมันขนาดใหญ่	X8_1	ปริมาณน้ำมันขนาดใหญ่
X8_2	ปริมาณน้ำมันขนาดกลางขึ้นไป	X8_2	ปริมาณน้ำมันขนาดกลางขึ้นไป
X8_3	ปริมาณน้ำมันยี่ห้ออื่นๆ	X8_3	ปริมาณน้ำมันยี่ห้ออื่นๆ
X9	ร้านค้าข้างทาง	X9	ร้านค้าข้างทาง
X10	ด่านตรวจ	X10	ด่านตรวจ
X11	จุดบริการประชาชน	X11	จุดบริการประชาชน
X12	เขตชุมชน	X12	เขตชุมชน
X13	ปริมาณจราจร AADT	X13	ปริมาณจราจร AADT

และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับขนาดใหญ่ และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่มีอุปสรรค

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BS1B ในการวิเคราะห์รอบแรกซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BS1B.MODEL1 ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS1B.MODEL1

BS1B.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.130	0.4781	<2.00E-16	***
X1	7.172	1.1160	1.32E-10	***
X2	2.754	0.5821	2.23E-06	***
X3	2.974	0.5280	1.77E-08	***
X4	3.502	0.5652	5.76E-10	***
X5	2.973	1.3290	2.52E-02	*
X6	3.561	0.4712	4.14E-14	***
X7_1	3.461	0.6439	7.66E-08	***
X8_1	5.474	0.5941	<2.00E-16	***
X9	5.852	0.6987	<2.00E-16	***
X10	4.773	1.1090	1.69E-05	***

X11	4.385	0.5453	8.87E-16	***
X12	0.839	0.4668	7.23E-02	+
X13	6.252E-05	2.224E-05	4.93E-03	**
Significant Code	“***” = 0.001	“**” = 0.01	“*” = 0.5	“+” = 0.1
AIC	365.26			
Log Likelihood	-168.6309			
Pseudo-R ²	0.5604			

จากตารางที่ 4.12 แสดงให้ทราบถึงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัว (Estimate) ค่าความคลาดเคลื่อน (Std.Error) ค่าทดสอบสมมติฐานว่าค่าสัมประสิทธิ์นั้นเท่ากับ 0 หรือไม่ (p-value) และผลการทดสอบสมมติฐาน (Significant) และเมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ($\alpha = 0.05$) จะพบว่าตัวแปร X12 ได้ผลออกมาเป็น “+” ซึ่งหมายถึงจะมีนัยสำคัญก็ต่อเมื่อกำหนดให้ $\alpha = 0.1$ ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญสำหรับแบบจำลองนี้ และนั่นหมายความว่าตัวแปร X12 (เขตชุมชน) ไม่มีผลต่อการเกิดคอขวด

4.4.2 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับขนาดใหญ่ และใช้ข้อมูลสะพานแบบมีอุปสรรค

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BS2B ในการวิเคราะห์รอบแรกซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BS2B.MODEL1 ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS2B.MODEL1

BS2B.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.995	0.4776	<2.00E-16	***
X1	7.229	1.1170	9.87E-11	***
X2	2.721	0.5839	3.17E-06	***
X3	3.052	0.5333	1.04E-08	***
X4	3.772	0.5770	6.26E-11	***
X5_1	19.320	918.50	9.83E-01	
X5_2	-13.090	942.80	9.89E-01	
X6	3.623	0.4768	3.01E-14	***

X7_1	3.335	0.7114	2.76E-06	***
X8_1	5.447	0.5750	<2.00E-16	***
X9	5.898	0.7003	<2.00E-16	***
X10	4.797	1.1100	1.54E-05	***
X11	4.466	0.5514	5.48E-16	***
X12	0.787	0.4687	9.33E-02	+
X13	4.975E-05	2.278E-05	2.90E-02	*
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	360.02			
Log Likelihood	-165.0104			
Pseudo-R ²	0.5699			

จากตารางที่ 4.13 เมื่อทำการเปลี่ยนข้อมูลสะพานยกระดับ จากที่ไม่แยกประเภทสะพานว่ามีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าหรือไม่ กับ แยกข้อมูลสะพานยกระดับเป็นมีและไม่มีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้า และทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ($\alpha = 0.05$) จะพบว่าตัวแปร X5_1, X5_2 และ X12 ไม่มีนัยสำคัญสำหรับแบบจำลองนี้ ซึ่งถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ X5 และ X6 จะเท่ากับ 1.932 และ -1.309 ตามลำดับก็ตาม แต่ค่าความคลาดเคลื่อนมีสูงมาก เท่ากับ 918.50 และ 942.80 ตามลำดับ ดังนั้นผลการทดสอบจึงออกมาว่าไม่มีนัยสำคัญ นั่นหมายความว่าตัวแปรสะพานยกระดับทั้งแบบไม่มีอุปสรรค (X5_1) และแบบที่มีอุปสรรค (X5_2) รวมทั้งเขตชุมชน (X12) ไม่มีผลกับแบบจำลองนี้

4.4.3 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับขนาดกลางขึ้นไป และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่มีอุปสรรค

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BVS1B ในการวิเคราะห์รอบแรกซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BVS1B.MODEL1 ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS1B.MODEL1

BVS1B.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.049	0.4697	<2.00E-16	***
X1	7.170	1.1150	1.27E-10	***

X2	2.735	0.5803	2.44E-06	***
X3	2.931	0.5376	4.96E-08	***
X4	3.530	0.5636	3.73E-10	***
X5	2.965	1.3400	2.67E-02	*
X6	3.552	0.4685	3.41E-14	***
X7_2	3.224	0.9902	1.13E-03	**
X8_2	4.795	0.7997	<2.00E-16	***
X9	5.833	0.6964	<2.00E-16	***
X10	4.761	1.1060	1.66E-05	***
X11	4.379	0.5437	7.98E-16	***
X12	0.772	0.4653	9.72E-02	+
X13	5.86E-05	2.205E-05	7.81E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	369.99			
Log Likelihood	-170.9973			
Pseudo-R ²	0.5543			

จากตารางที่ 4.14 เมื่อทำการเปลี่ยนข้อมูลประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมาก กับ ขนาดกลางขึ้นไป และใช้ข้อมูลสะพานยกระดับแบบไม่แยกรูปแบบสะพาน ปรากฏว่าผลการทดสอบสมมติฐาน ว่าค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับศูนย์หรือไม่ โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ($\alpha = 0.05$) พบว่าตัวแปร X12 (เขตชุมชน) ไม่มีนัยสำคัญสำหรับแบบจำลองนี้เช่นเดียวกับแบบจำลอง BS1B.MODEL1

4.4.4 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับ ขนาดกลางขึ้นไป และใช้ข้อมูลสะพานแบบมีอุปสรรค

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BVS2B ในการวิเคราะห์รอบแรกซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BVS2B.MODEL1 ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS2B.MODEL1

BVS2B.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.991	0.4730	<2.00E-16	***
X1	7.236	1.1170	9.39E-11	***
X2	2.721	0.5832	3.07E-06	***
X3	2.998	0.5443	3.63E-08	***
X4	3.772	0.5752	5.42E-11	***
X5_1	19.280	918.00	9.83E-01	
X5_2	-13.110	943.00	9.89E-01	
X6	3.610	0.4753	3.07E-14	***
X7_2	3.268	0.9925	9.92E-04	***
X8_2	4.869	0.5067	<2.00E-16	***
X9	5.884	0.6993	<2.00E-16	***
X10	4.804	1.1070	1.44E-05	***
X11	4.450	0.5503	6.16E-16	***
X12	0.712	0.4667	1.25E-01	
X13	5.10E-05	2.25E-05	2.33E-02	*
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.05	“ + ” = 0.1
AIC	364.91			
Log Likelihood	-167.456			
Pseudo-R ²	0.5635			

จากตารางที่ 4.15 ผลจากการทดลองสร้างแบบจำลองพบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลลัพธ์จากจากแบบจำลอง BS2B.MODEL1 รวมถึงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ที่กำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ซึ่งผลออกมาว่าตัวแปรสะพานยกระดับทั้งแบบไม่มีอุปสรรค (X5_1) และแบบที่มีอุปสรรค (X5_2) รวมทั้งเขตชุมชน (X12) ไม่มีนัยสำคัญกับแบบจำลองนี้เช่นกัน

4.4.5 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่มีอุปสรรค

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล PTT1B ในการวิเคราะห์รอบแรกซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า PTT1B.MODEL1 ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT1B.MODEL1

PTT1B.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.100	0.4764	<2.00E-16	***
X1	7.208	1.1170	1.08E-10	***
X2	2.757	0.5816	2.13E-06	***
X3	2.955	0.5312	2.66E-08	***
X4	3.537	0.5652	3.90E-10	***
X5	2.936	1.3350	2.79E-02	*
X6	3.548	0.4717	5.44E-14	***
X7_3	6.786	1.1680	2.50E-09	***
X8_3	3.940	0.5229	4.87E-14	***
X9	5.849	0.6971	<2.00E-16	***
X10	4.798	1.1060	1.44E-50	***
X11	4.378	0.5447	9.23E-16	***
X12	0.691	0.4761	1.45E+00	
X13	6.914E-05	2.232E-05	2.78E+00	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	364.53			
Log Likelihood	-168.2652			
Pseudo-R ²	0.5614			

จากตารางที่ 4.16 จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวต่างๆ ใกล้เคียงกับแบบจำลองทั้งของ BS1B.MODEL1 และ BVS1B.MODEL1 อีกทั้งผลการทดสอบสมมติฐานของตัวสัมประสิทธิ์เหล่านั้นก็ยิ่งให้ผลที่ออกมาคล้ายคลึงกัน ทั้งนี้เป็นเพราะแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองนี้ใช้ข้อมูลส่วนใหญ่เหมือนกัน ต่างกันแค่เพียงตัวแปรของสถานีบริการน้ำมันเท่านั้น จึงส่งผลทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาคล้ายคลึงกัน

4.4.6 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ และใช้ข้อมูล สะพานแบบมีอุปสรรค

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล PTT2B ในการวิเคราะห์รอบแรกซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูก ตั้งชื่อว่า PTT2B.MODEL1 ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT2B.MODEL1

PTT2B.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.038	0.4796	<2.00E-16	***
X1	7.272	1.1190	8.04E-11	***
X2	2.742	0.5843	2.70E-06	***
X3	3.019	0.5380	2.00E-08	***
X4	3.779	0.5765	5.59E-11	***
X5_1	19.240	918.10	9.83E-01	
X5_2	-13.110	944.90	9.89E-01	
X6	3.604	0.4784	4.92E-14	***
X7_3	6.848	1.1380	1.79E-09	***
X8_3	4.006	0.5289	3.58E-14	***
X9	5.898	0.6998	<2.00E-16	***
X10	4.838	1.1080	1.26E-05	***
X11	4.447	0.5510	6.99E-16	***
X12	0.637	0.4772	1.82E-01	
X13	5.436E-05	2.279E-05	1.71E-02	*
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	359.52			
Log Likelihood	-164.761			
Pseudo-R ²	0.5705			

จากตารางที่ 4.17 จะพบว่าในกลุ่มของแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลแบบแยกสะพานว่ามีอุปสรรคก่อนหน้าหรือไม่ (2B) นั้นก็จะให้ผลลัพธ์ที่ออกมาคล้ายกันทั้งหมด เช่นเดียวกันกับกลุ่มแบบจำลองที่ไม่แยกข้อมูลสะพาน (1B) ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลในการนำมาสร้างแบบจำลองนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน ซึ่งถ้าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งไม่มีผลต่อแบบจำลองใด ตัวแปรนั้นก็จะมีผลต่อแบบจำลองอื่นด้วยเช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 6 รูปแบบ พบว่าปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญต่อการเกิดคอขวดเมื่อใช้ชุดข้อมูลของสะพานยกระดับแบบไม่พิจารณาอุปสรรคคือ เขตชุมชน แต่เมื่อใช้ข้อมูลสะพานยกระดับแบบพิจารณาอุปสรรคแล้วปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญต่อแบบจำลองเลยก็คือ ตัวสะพานยกระดับเอง และ เขตชุมชน ดังนั้นจะทำการตัดตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากแบบจำลอง จากนั้นทำการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองโดยแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมัน และใช้ข้อมูลสะพานแบบไม่พิจารณาอุปสรรค แต่ตัดตัวแปรเขตชุมชนออก ได้ผลดังนี้

4.4.7 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับขนาดใหญ่ (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง)

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BS1B ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ในรอบแรกแต่ในการป้อนคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม R จะทำการตัดตัวแปร X12 ออกจากชุดคำสั่ง ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BS1B.MODEL2 ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS1B.MODEL2

BS1B.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.058	0.4714	<2.00E-16	***
X1	7.520	1.0990	7.70E-12	***
X2	2.790	0.5807	1.55E-06	***
X3	3.017	0.5275	1.07E-08	***
X4	3.762	0.5444	4.86E-12	***
X5	2.809	1.3790	4.17E-02	*
X6	3.588	0.4705	2.40E-14	***
X7_1	2.454	0.6458	8.89E-08	***

X8_1	5.430	0.5910	<2.00E-16	***
X9	5.939	0.6927	<2.00E-16	***
X10	4.999	1.0920	4.71E-06	***
X11	4.413	0.5475	7.55E-16	***
X12	-	-	-	
X13	6.089E-05	2.218E-05	6.05E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	366.35			
Log Likelihood	-170.1754			
Pseudo-R ²	0.5564			

จากตารางที่ 4.18 เมื่อดูที่ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์โดยกำหนดความเชื่อมั่นไว้ที่ระดับ 95% ($\alpha = 0.05$) จะพบว่าตัวแปรทุกตัวผ่านการทดสอบ หมายความว่าตัวแปรทุกตัวมีนัยสำคัญต่อสมการแบบจำลองนี้ ไม่สามารถตัดตัวแปรใดออกจากแบบจำลองได้อีก

4.4.8 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับ ขนาดกลางขึ้นไป (รอบที่สองโดยการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง)

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BVS1B ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ในรอบแรก แต่ในการวิเคราะห์รอบที่สองนี้จะทำการป้อนคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม R โดยการตัดตัวแปร X12 ออกจากชุดคำสั่ง ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BVS1B.MODEL2 ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS1B.MODEL2

BVS1B.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.982	0.4638	<2.00E-16	***
X1	7.499	1.0980	8.44E-12	***
X2	2.771	0.5791	1.71E-06	***
X3	2.974	0.5370	3.06E-08	***
X4	3.773	0.5422	3.43E-12	***

X5	2.817	1.3890	4.26E-02	*
X6	3.580	0.4678	1.96E-14	***
X7_2	3.179	0.9900	1.32E-03	**
X8_2	4.790	0.4982	<2.00E-16	***
X9	5.917	0.6909	<2.00E-16	***
X10	4.972	1.0900	5.09E-06	***
X11	4.408	0.5457	6.60E-16	***
X12	-	-	-	
X13	5.682E-05	2.198E-05	9.73E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	370.65			
Log Likelihood	-172.323			
Pseudo-R ²	0.5501			

จากตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ เมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ($\alpha = 0.05$) พบว่าไม่มีตัวแปรใดที่มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นหมายความว่าตัวแปรทุกตัวมีนัยสำคัญต่อสมการแบบจำลองนี้

4.4.9 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ (รอบที่สองโดยการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง)

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล PTT1B ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ที่ผ่านมา แต่จะทำการตัดตัวแปร X12 ออกจากชุดคำสั่งในการวิเคราะห์ ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า PTT1B.MODEL2 ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT1B.MODEL2

PTT1B.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.046	0.4718	<2.00E-16	***
X1	7.509	1.0990	8.20E-12	***
X2	2.792	0.5804	1.51E-06	***

X3	2.991	0.5307	1.74E-08	***
X4	3.747	0.5457	6.55E-12	***
X5	2.804	1.3760	4.16E-02	*
X6	3.573	0.4711	3.36E-14	***
X7_3	6.855	1.1360	1.58E-09	***
X8_3	3.905	0.5216	7.09E-14	***
X9	5.927	0.6923	<2.00E-16	***
X10	4.988	1.0920	4.90E-06	***
X11	4.403	0.5469	8.25E-16	***
X12	-	-	-	
X13	6.090E-05	2.231E-05	6.34E-03	**
Significant Code	“***” = 0.001	“**” = 0.01	“*” = 0.05	“+” = 0.1
AIC	364.57			
Log Likelihood	-169.2847			
Pseudo-R ²	0.5587			

จากตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาคล้ายคลึงกับผลที่ได้จากหัวข้อ 4.4.7 และ 4.4.8 กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างก่อนและหลังการตัดตัวแปรออกมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ก็ให้ผลที่เหมือนกัน และสุดท้ายคือจำนวนตัวแปรยังคงอยู่เท่ากัน

เมื่อวิเคราะห์รอบที่สองสำหรับชุดข้อมูลที่ข้อมูลสะพานแบบมีอุปสรรคแล้วถูกตัดตัวแปรสะพานและเขตชุมชน ออกจากการวิเคราะห์รอบแรก ได้ผลออกมาดังนี้

4.4.10 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็ก กับขนาดใหญ่ (รอบที่สอง โดยการตัดตัวแปรสะพานยกระดับทั้ง 2 แบบ และเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง)

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BS2B ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ในรอบแรก แต่ในการป้อนคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม R จะทำการตัดตัวแปร X5_1, X5_2 และ X12 ออกจากชุดคำสั่ง ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BS2B.MODEL2 ดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BS2B.MODEL2

BS2B.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.967	0.4627	<2.00E-16	***
X1	7.484	1.0970	9.08E-12	***
X2	2.763	0.5795	1.86E-06	***
X3	3.000	0.5240	1.04E-08	***
X4	3.966	0.5272	5.38E-14	***
X5_1	-	-	-	
X5_2	-	-	-	
X6	3.567	0.4672	2.27E-14	***
X7_1	3.249	0.7063	4.23E-06	***
X8_1	5.300	0.5663	<2.00E-16	***
X9	5.902	0.6901	<2.00E-16	***
X10	4.959	1.0890	5.25E-06	***
X11	4.391	0.5459	8.67E-16	***
X12	-	-	-	
X13	5.68E-05	2.214E-05	1.03E-02	*
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.05	“ + ” = 0.1
AIC	368.28			
Log Likelihood	-172.1392			
Pseudo-R ²	0.5513			

จากตารางที่ 4.21 เมื่อดูที่ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์โดยกำหนดความเชื่อมั่นไว้ที่ระดับ 95% ($\alpha = 0.05$) จะพบว่าตัวแปรทุกตัวผ่านการทดสอบ หมายความว่าตัวแปรทุกตัวมีนัยสำคัญต่อสมการแบบจำลองนี้ ไม่สามารถตัดตัวแปรใดออกจากแบบจำลองได้อีก

4.4.11 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานบริการน้ำมันเป็นขนาดเล็กมากๆ กับ ขนาดกลางขึ้นไป (รอบที่สองโดยการตัดตัวแปรสะพานยกระดับทั้ง 2 แบบ และเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง)

สำหรับการวิเคราะห์นี้จะใช้ชุดข้อมูล BVS2B ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ในรอบแรก แต่การวิเคราะห์ในรอบที่สองนี้จะทำการตัดตัวแปร X5_1, X5_2 และ X12 ออกจากชุดคำสั่ง ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า BVS2B.MODEL2 ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ BVS2B.MODEL2

BVS2B.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.964	0.4586	<2.00E-16	***
X1	7.470	1.0970	9.80E-12	***
X2	2.760	0.5787	1.85E-06	***
X3	2.944	0.5351	3.75E-08	***
X4	3.949	0.5253	5.61E-14	***
X5_1	-	-	-	
X5_2	-	-	-	
X6	3.555	0.4657	2.29E-14	***
X7_2	5.152	0.9880	1.42E-03	**
X8_2	4.756	0.4971	<2.00E-16	***
X9	5.888	0.6796	<2.00E-16	***
X10	4.947	1.0880	5.42E-06	***
X11	4.375	0.5448	9.71E-16	***
X12	-	-	-	
X13	5.762E-05	2.186E-05	8.40E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	372.68			
Log Likelihood	-174.3387			
Pseudo-R ²	0.5455			

จากตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ เมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ 95% ($\alpha = 0.05$) พบว่าไม่มีตัวแปรใดที่มีค่าเท่ากับศูนย์อีก นั่นหมายความว่าตัวแปรทุกตัวที่คงเหลืออยู่มีนัยสำคัญต่อสมการแบบจำลองนี้

4.4.12 การวิเคราะห์เมื่อแยกประเภทของสถานบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ (รอบที่สองโดยการตัดตัวแปรสะพานยกระดับทั้ง 2 แบบ และเขตชุมชนออกจากแบบจำลอง)

สำหรับการวิเคราะห์ในครั้งนี้จะยังคงใช้ชุดข้อมูล PTT2B ในการวิเคราะห์เช่นเดิม เพียงแต่ในการป้อนคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม R จะทำการตัดตัวแปร X5_1, X5_2 และ X12 ออก ซึ่งผลที่ได้ออกมาจะถูกตั้งชื่อว่า PTT2B.MODEL2 ดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R สำหรับ PTT2B.MODEL2

PTT2B.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-6.027	0.4664	<2.00E-16	***
X1	7.480	1.0980	9.50E-12	***
X2	2.781	0.5799	1.62E-06	***
X3	2.962	0.5287	2.12E-08	***
X4	3.925	0.5283	1.09E-13	***
X5_1	-	-	-	
X5_2	-	-	-	
X6	3.547	0.4960	3.92E-14	***
X7_3	6.823	1.1350	1.85E-09	***
X8_3	3.874	0.5200	9.37E-14	***
X9	5.898	0.6909	<2.00E-16	***
X10	4.963	1.0980	5.22E-06	***
X11	4.370	0.5460	1.21E-15	***
X12	-	-	-	
X13	6.165E-05	2.219E-05	5.47E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.05	“ + ” = 0.1

AIC	366.60
Log Likelihood	-171.3009
Pseudo-R ²	0.5535

จากตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาคล้ายคลึงกับผลที่ได้จากหัวข้อ 4.4.10 และ 4.4.11 กล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างก่อนและหลังการตัดตัวแปรออกมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ก็ให้ผลที่เหมือนกัน และสุดท้ายคือจำนวนตัวแปรยังคงอยู่เท่ากัน ไม่มีตัวแปรถูกตัดออกอีก แต่สมการแบบจำลองใดที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์ของแต่ละรูปแบบ

ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละรูปแบบว่า สมการใดที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้พยากรณ์ได้ดีกว่า จะดูจากค่า -Log Likelihood, Pseudo-R² และ AIC ที่ได้ออกมาจากผลการวิเคราะห์ ซึ่งถ้าทั้งค่า -Log Likelihood และ AIC ของสมการใดมีค่าน้อยกว่า แสดงว่าสมการนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า หรือสมการใดมีค่า Pseudo-R² มากกว่าสมการนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าตัววัดประสิทธิภาพของแต่ละสมการที่ได้จากการวิเคราะห์

ลำดับที่	Model	-Log Likelihood	Pseudo-R ²	AIC
1	BS1B.MODEL2	-170.1754	0.5564	366.35
2	BS2B.MODEL2	-172.1392	0.5513	368.28
3	BVS1B.MODEL2	-172.3230	0.5501	370.65
4	BVS2B.MODEL2	-174.3387	0.5455	372.68
5	PTT1B.MODEL2	-169.2847	0.5587	364.57
6	PTT2B.MODEL2	-171.3009	0.5535	366.60

จากตารางที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากตัววัดประสิทธิภาพของสมการทุกตัวระบุตรงกันที่แบบจำลองรูปแบบที่ 5 คือแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลการแยกประเภทของสถานบริการน้ำมันออกเป็นของ ปตท. กับอื่นๆ และใช้ชุดข้อมูลของสะพานยกระดับแบบที่ไม่แยกว่ามีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าหรือไม่

4.6 การทดสอบแบบจำลอง

จากหัวข้อ 4.5 สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลการแยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันออกเป็นของ ปตท. กับ อื่นๆ และใช้ชุดข้อมูลของสะพานยกระดับแบบที่ไม่แยกว่ามีอุปสรรคอยู่ก่อนหน้าหรือไม่ (PTT1B.MODEL2) ซึ่งมีรูปแบบสมการแบบจำลองดังนี้

$$Z = -6.046 + 7.509X_1 + 2.792X_2 + 2.991X_3 + 3.747X_4 + 2.804X_5 + 3.573X_6 + 6.855X_{7_3} + 3.905X_{8_3} + 5.927X_9 + 4.988X_{10} + 4.403X_{11} + 6.090 \times 10^{-5} X_{13}$$

โดยที่

X1	=	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม
X2	=	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม
X3	=	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน
X4	=	ทางร่วม,ทางเบี่ยง
X5	=	สะพานยกระดับ
X6	=	จุดกลับรถ
X7_3	=	ปั้มน้ำมัน ปตท.
X8_3	=	ปั้มน้ำมันอื่นๆ
X9	=	ร้านค้าข้างทาง
X10	=	ด่านตรวจ
X11	=	จุดบริการประชาชน
X13	=	ปริมาณจราจร AADT

และจะสามารถหาโอกาสที่ ณ ตำแหน่งใดๆ จะเป็นคอขวดได้จาก

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

และเมื่อทดลองนำเอาสมการแบบจำลองที่ได้ไปทำการทดสอบกับข้อมูลที่นำมาสร้างสมการนี้ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ของสมการ โดยใช้เกณฑ์ $P(X) > 50\%$ ในการตัดสินใจว่าตำแหน่งดังกล่าวเป็นคอขวดหรือไม่ ได้ผลออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.25 อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจสอบดังกล่าวได้จากการใช้ข้อมูลชุดเดียวกันกับที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) ซึ่งโดยทั่วไปควรใช้ข้อมูลชุดใหม่มาทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) แต่ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนชุดข้อมูลที่เป็นคอขวดมีจำนวนไม่มากนัก และมีจำนวนตัวแปรที่ต้องพิจารณาหลายตัว ทำให้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทั้งหมดเพื่อปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อให้สามารถสะท้อนความแปรผันของตัวแปรอิสระต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตามควรที่จะมีการตรวจสอบความถูกต้องเพิ่มเติมโดยใช้ข้อมูลชุดใหม่ ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำไปพิจารณาในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการศึกษาต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 4.25 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง

		ข้อมูลสำรวจ {จำนวน (ร้อยละ)}		
		เป็น	ไม่เป็น	รวม
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 50\%$	เป็น	47 (48.45%)	23 (1.27%)	70
	ไม่เป็น	50 (51.55%)	1,791(98.73%)	1,841
	รวม	97	1,814	1,911 (100%)

จากตารางที่ 4.25 ทำให้ทราบว่า แบบจำลองนี้มีความแม่นยำในการพยากรณ์ตำแหน่งจุดที่อาจจะเกิดคอขวดอยู่ที่ประมาณ 48.45% เมื่อใช้เกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับ $P(X)$ มากกว่า 50% และเมื่อตรวจสอบตำแหน่งที่พยากรณ์ผิดพลาดทั้ง 50 ตำแหน่งพบว่า เป็นตำแหน่งที่มีปัจจัยเพียง 1 ปัจจัย สามารถแจกแจงได้ดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แจกแจงปัจจัยที่ผลจากแบบจำลองไม่สามารถทำนายได้อย่างถูกต้อง

	ปัจจัยที่ทำให้เป็นคอขวด	ตำแหน่งที่ไม่สามารถทำนายได้
x2	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม	7

X3	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน	6
X4	ทางร่วม,ทางเบี่ยง	8
X5	สะพานยกระดับ	1
X6	จุดกลับรถ	14
X8_3	ปั้มน้ำมันยี่ห้ออื่นๆ	8
X10	ด่านตรวจ	1
X11	จุดบริการประชาชน	4
	รวม	49

จากตารางที่ 4.26 จะพบว่ามี การแจกแจงได้เพียง 49 ตำแหน่ง ยังขาดอีก 1 ตำแหน่ง และเมื่อทำการตรวจสอบกับข้อมูลสำรวจแล้วพบว่า 1 ตำแหน่งนั้นคือ ตำแหน่งที่อยู่ในเขตชุมชน ซึ่งตัวแปรเขตชุมชนนี้ ได้ถูกคัดออกจากสมการพยากรณ์ในการวิเคราะห์ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งนั่นทำให้แบบจำลองนี้ไม่สามารถพยากรณ์การเกิดคอขวดในเขตชุมชนได้

จากปัจจัยที่ทำให้ผลการพยากรณ์คลาดเคลื่อนนี้เอง จึงทำการทดลองจับกลุ่มตัวแปรใหม่ โดยให้ตัวแปรที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 การจัดกลุ่มตัวแปรใหม่ก่อนทำการวิเคราะห์ซ้ำ

ตัวแปรเดิม	ปัจจัยที่ทำให้เกิดคอขวด	จับกลุ่มตัวแปรใหม่
X2	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณ ไฟควบคุม	X2*
X3	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน	X3*
X4	ทางร่วม,ทางเบี่ยง	
X6	จุดกลับรถ	
X9	ร้านค้าข้างทาง	X7*
X11	จุดบริการประชาชน	

จากตารางที่ 4.27 ตัวแปร X2 และ X6 ถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันเนื่องจากทางแยกไม่มีสัญญาณไฟควบคุมกับจุดกลับรถนั้นเป็นตำแหน่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันตรงที่ มีการเปิดเกาะกลางถนน รถยนต์สามารถเลี้ยวตัดกระแสจราจรได้ จึงจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันตั้งชื่อใหม่ว่า กลุ่มของตำแหน่งที่เปิดเกาะกลาง และใช้สัญลักษณ์ X2*

ตัวแปร X3 และ X4 จัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันเพราะมีลักษณะคล้ายคลึงกันที่ เป็นจุดเชื่อมต่อเข้า – ออกจากเส้นทาง เป็นจุดที่จะเพิ่มหรือลดปริมาณจราจรของเส้นทางที่ทำการศึกษา จากนั้นตั้งชื่อตัวแปรของกลุ่มนี้ใหม่ว่า ตำแหน่งเชื่อมต่อ และใช้สัญลักษณ์ X3*

สุดท้ายตัวแปร X9 และ X11 จัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ถึงแม้วัตถุประสงค์ของการแวะร้านค้าข้างทาง กับจุดบริการประชาชนจะแตกต่างกัน แต่เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งอยู่ริมทางเหมือนกัน จึงจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกัน และทำการตั้งชื่อตัวแปรของกลุ่มนี้ใหม่ว่า จุดดึงดูดข้างทาง และใช้สัญลักษณ์ X7*

4.7 การทดลองวิเคราะห์หลังการจัดกลุ่มจำนวนตัวแปรใหม่

จากการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ทำให้ทราบว่าชุดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้คือ ชุดข้อมูลที่แยกประเภทของสถานีบริการน้ำมันเป็นของ ปตท. และยี่ห้ออื่นๆ และใช้ข้อมูลสะพานยกระดับแบบไม่แยกว่ามีอุปสรรคก่อนหน้าหรือไม่ (PTTIB) ดังนั้นการทดลองวิเคราะห์หลังจากจัดกลุ่มตัวแปรใหม่จะใช้ข้อมูลชุดเดียวกันนี้จัดกลุ่มตัวแปรตามตารางที่ 4.27 ได้ชุดตัวแปรใหม่ดังตารางที่ 4.28 แล้วทำการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้งซึ่งได้ผลออกมาดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.28 ความหมายของตัวแปรในการวิเคราะห์หลังจากจัดกลุ่มตัวแปรใหม่

Y	ตำแหน่งที่เป็นคอขวด
X1*	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม
X2*	ตำแหน่งที่เปิดเกาะกลาง
X3*	ทางเชื่อมต่อ
X4*	สะพานยกระดับ
X5*	สถานีบริการน้ำมันของ ปตท.
X6*	สถานีบริการน้ำมันของยี่ห้ออื่นๆ

X7*	สิ่งดึงดูดข้างทาง
X8*	ด่านตรวจ
X9*	เขตชุมชน
X10*	ปริมาณจราจร AADT

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์หลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่

PTT1BNG.MODEL1	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.143	0.3647	<2.00E-16	***
X1*	6.362	1.0890	5.23E-09	***
X2*	2.686	0.2618	<2.00E-16	***
X3*	2.439	0.3674	3.18E-11	***
X4*	2.670	1.1550	2.08E-02	*
X5*	5.949	1.1100	8.38E-08	***
X6*	3.129	0.4640	1.54E-11	***
X7*	4.078	0.4026	<2.00E-16	***
X8*	4.004	1.0480	1.33E-04	***
X9*	6.451E-01	0.4337	1.37E-01	
X10*	5.520E-05	1.912E-05	3.89E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	486.04			
Log Likelihood	-232.0177			
Pseudo-R ²	0.4486			

จากตารางที่ 4.29 จะพบว่าผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวโดยใช้ระดับความมีนัยสำคัญที่ 95% ($\alpha = 0.05$) ปรากฏว่าปัจจัยเขตชุมชน (X9*) ไม่มีนัยสำคัญต่อแบบจำลองเช่นเดิม ดังนั้น จะทำการตัดตัวแปรเขตชุมชนออกจากสมการแบบจำลองแล้วทำการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง ซึ่งได้ผลออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์หลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่แล้วตัดตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญออก

PTT1BNG.MODEL2	Estimate	Std. Error	p value	Significant
Intercept	-5.116	0.3628	<2.00E-16	***
X1*	6.654	1.0730	5.55E-10	***
X2*	2.720	0.2600	<2.00E-16	***
X3*	2.537	0.3606	1.98E-12	***
X4*	2.595	1.1660	2.60E-02	*
X5*	6.025	1.1070	5.28E-08	***
X6*	3.098	0.4639	2.42E-11	***
X7*	4.131	0.4017	<2.00E-16	***
X8*	4.181	1.0390	5.70E-05	***
X9*	-	-	-	
X10*	5.520E-05	1.911E-05	3.87E-03	**
Significant Code	“ *** ” = 0.001	“ ** ” = 0.01	“ * ” = 0.5	“ + ” = 0.1
AIC	486.14			
Log Likelihood	-233.07			
Pseudo-R ²	0.4461			

จากตารางที่ 4.30 จะพบว่าผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวโดยใช้ระดับความมีนัยสำคัญที่ 95% ($\alpha = 0.05$) ปรากฏว่าปัจจัยทุกตัวแปรมีนัยสำคัญต่อสมการแบบจำลองดังนั้นสมการแบบจำลองหลังจากการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่คือ

$$Z = -5.116 + 6.654X_{1*} + 2.720X_{2*} + 2.537X_{3*} + 2.595X_{4*} + 6.025X_{5*} + 3.098X_{6*} + 4.131X_{7*} + 4.181X_{8*} + 5.520 \times 10^{-5} X_{10*}$$

โดยที่

X1* = ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม

X2* = ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม

X3* = ทางเชื่อมต่อ

X4*	=	สะพานยกระดับ
X5*	=	บิมน้ำมัน ปตท.
X6*	=	บิมน้ำมันอื่นๆ
X7*	=	สิ่งดึงดูดข้างทาง
X8*	=	ด่านตรวจ
X10*	=	ปริมาณจราจร AADT

จากนั้นทำการทดลองนำเอาสมการแบบจำลองที่ได้ไปทำการทดสอบกับข้อมูลที่นำมาสร้างสมการนี้เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ของสมการอีกครั้งได้ผลออกมาดังนี้

ตารางที่ 4.31 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองหลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่

		ข้อมูลสำรวจ {จำนวน (ร้อยละ)}		
		เป็น	ไม่เป็น	รวม
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 50\%$	เป็น	41 (42.27%)	19 (1.05%)	60 (3.14%)
	ไม่เป็น	56 (57.73%)	1,795 (98.95%)	1,851 (96.86%)
	รวม	97 (5.08%)	1,814 (94.92%)	1,911 (100%)

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลจากตารางที่ 4.31 กับตารางที่ 4.25 พบว่าความแม่นยำในการพยากรณ์จุดคอขวดลดลง กล่าวคือ ตำแหน่งที่สำรวจพบว่าเป็นคอขวดและผลการพยากรณ์ว่าเป็นคอขวดเช่นกันนั้นลดจำนวนลงจาก 47 ตำแหน่งเหลือ 41 ตำแหน่ง อีกทั้งความคลาดเคลื่อนกลับเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ตำแหน่งที่สำรวจว่าเป็นคอขวดแต่สมการพยากรณ์ว่าไม่เป็นคอขวดมีจำนวน 50 ตำแหน่ง เพิ่มขึ้นเป็น 56 ตำแหน่ง

เมื่อพิจารณาค่าของตัววัดประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองก่อนการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่กับหลังการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่พบว่าค่าของตัววัดประสิทธิภาพนั้นลดลง (ดังแสดงในตารางที่ 4.32) ดังนั้นจึงสรุปว่าสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมคือสมการเดิมก่อนการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่

ตารางที่ 4.32 การเปรียบเทียบค่าของตัวชี้วัดประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองเดิมและใหม่

แบบจำลอง	-Log Likelihood	Pseudo-R ²	AIC
เดิม (12 ตัวแปร)	-169.28	0.5587	364.57
ใหม่ (9 ตัวแปร)	-233.07	0.4461	486.14

4.8 การปรับเปลี่ยนค่าเกณฑ์ $P(X)$ ที่ใช้ในการพยากรณ์

จากตารางผลการทดสอบจำลอง (ตารางที่ 4.25) พบว่าสมการแบบจำลองยังไม่สามารถทำการพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งที่ทำการสำรวจภาคสนามแล้วพบว่า เป็นคอขวด แต่สามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องเพียง 48% ดังนั้นจึงทำการทดลองปรับเปลี่ยนเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าตำแหน่งดังกล่าวมีโอกาสเป็นคอขวดหรือไม่ จากเดิมที่ใช้ $P(X)$ มากกว่า 50% โดยหากทำการลดสัดส่วนนี้ลงจะทำให้โอกาสในการระบุตำแหน่งคอขวดมีมากขึ้น

ซึ่งเมื่อทดลองปรับลดสัดส่วนความน่าจะเป็นลง เป็นที่ระดับ 40%, 35%, 30%, 25% และ 20% ได้ผลออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของสมการเมื่อเปลี่ยนเกณฑ์การตัดสินใจ $P(X)$

		ข้อมูลสำรวจ {จำนวน (ร้อยละ)}		
		เป็น	ไม่เป็น	รวม
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 50\%$	เป็น	47 (48.45%)	23 (1.27%)	70
	ไม่เป็น	50 (51.55%)	1,791(98.73%)	1,841
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 40\%$	เป็น	48 (49.48%)	24 (1.32%)	72
	ไม่เป็น	49 (50.52%)	1,790 (97.68%)	1,839
ผลจากแบบจำลอง	เป็น	52 (53.61%)	29 (1.60%)	81

$P(X) > 35\%$	ไม่เป็น	45 (46.39%)	1,785 (98.40%)	1,830
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 30\%$	เป็น	61 (62.89%)	36 (1.98%)	97
	ไม่เป็น	36 (37.11%)	1,778 (98.02%)	1,814
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 25\%$	เป็น	64 (65.98%)	47 (2.59%)	111
	ไม่เป็น	33 (34.02%)	1,767 (97.41%)	1,800
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 20\%$	เป็น	67 (69.07%)	55 (3.03%)	122
	ไม่เป็น	30 (30.93%)	1,759 (96.97%)	1,789
ตำแหน่งคอกขวิดที่สำรวจ		97	1,814	1,911

จากตารางที่ 4.33 ทำให้ทราบว่ายิ่งลดเกณฑ์ในการตัดสินใจ $P(X)$ มากเท่าไร จำนวนคอกขวิดที่สมการแบบจำลองระบุออกมาจะยิ่งมีเพิ่มมากขึ้น จากเดิม 70 ตำแหน่ง เป็น 122 ตำแหน่ง อีกทั้งจำนวนตำแหน่งคอกขวิดที่สมการแบบจำลองระบุตรงกันกับข้อมูลสำรวจก็มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จาก 47 ตำแหน่ง เป็น 67 ตำแหน่ง แต่ว่าตำแหน่งที่ข้อมูลสำรวจมิได้ระบุไว้ว่าเป็นคอกขวิดแต่สมการแบบจำลองให้ผลออกมาว่าเป็นคอกขวิดก็มีมากขึ้นเช่นกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 23 ตำแหน่ง เป็น 55 ตำแหน่ง ดังนั้นเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการเลือกใช้สัดส่วนความน่าจะเป็นสำหรับสมการแบบจำลองนี้ จึงทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมของผลที่ได้จากการเลือกใช้สัดส่วนความน่าจะเป็นระดับต่างๆ ได้ผลออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ตำแหน่งจุดคอกขวิดเมื่อทำการปรับค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นที่ระดับต่างๆ

$P(X)$	ตำแหน่งที่ทำนายถูก	คิดเป็น %	ตำแหน่งที่ทำนายผิด	คิดเป็น %
>50%	1,838	96.18	73	3.82
>40%	1,838	96.18	73	3.82
>35%	1,837	96.13	74	3.87
>30%	1,839	96.23	72	3.77

>25%	1,831	95.81	80	4.19
>20%	1,826	95.55	85	4.45

จากตารางที่ 4.34 จะพบว่าหากเลือกใช้สัดส่วนความน่าจะเป็น $P(X) > 30\%$ จะมีตำแหน่งที่สมการทำนายถูกต้องกับข้อมูลสำรวจอยู่ที่ 96.23% และทำนายผิดพลาดเพียง 3.77% ซึ่งถือได้ว่ามีความแม่นยำที่สุด ดังนั้น สำหรับสมการพยากรณ์ที่ได้จากการศึกษานี้ควรเลือกใช้ระดับความน่าจะเป็นที่ 30% ในการทำนายตำแหน่งที่จะเกิดคอขวด เพราะให้ความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด



บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาดำเนินการเกิดคอขวดบนเส้นทางสายหลักจากจังหวัดนครราชสีมาไปยังจังหวัดขอนแก่นซึ่งมีระยะทาง 191 กิโลเมตร ในช่วงต้นของเทศกาลวันหยุดยาว ด้วยวิธีการขับรถยนต์ไปตามกระแสรถเป็นเวลา 2 วัน โดยรถยนต์สำรวจแต่ละคันจะมีช่วงเวลาที่ยอกจากจังหวัดนครราชสีมาห่างกันคันละ 3 ชั่วโมง ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 16 เที่ยว

ทั้ง 16 เที่ยวทำการเก็บข้อมูลด้วยการใช้เครื่อง GPS และการใช้บุคคลสำรวจ ซึ่งข้อมูลที่เก็บมาได้นั้นเมื่อทำการคัดกรองสาเหตุจากการเกิดอุบัติเหตุและตำแหน่งที่สำรวจพบซ้ำซ้อนกันแล้ว สามารถสรุปตำแหน่งที่เป็นจุดคอขวดได้ทั้งหมด 97 ช่วงถนน โดยสาเหตุที่พบมากที่สุดคือ จุดกลับรถ เนื่องจากในช่วงเทศกาลนั้นจะทำการปิดจุดกลับรถในหลายๆตำแหน่ง ทำให้รถที่ต้องการกลับรถจะไปรวมตัวกันในจุดที่เปิดให้กลับรถได้ ซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีช่องรอเลี้ยว จึงก่อให้เกิดแถวคอยของรถที่รอกลับรถที่ช่องจราจรทางขวากีดขวางการเคลื่อนตัวของกระแสรถ หรือการที่รถในทิศทางตรงกันข้ามทำการเลี้ยวกลับรถครวละหลายๆคันเนื่องจากจังหวะในการเลี้ยวมีจำกัดทำให้เมื่อรถที่รอเลี้ยวคันแรกสามารถหาช่องว่างที่สามารถเลี้ยวได้ รถคันถัดมาก็จะเคลื่อนตัวตามทันทีเพื่อบังคับให้รถทางตรงต้องหยุด และเปิดทางให้รถที่รออยู่สามารถเลี้ยวกลับรถได้ และหากรถทางตรงไม่สามารถทำการหยุดรถได้ทันทียังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุด้วยเช่นกัน สาเหตุรองลงมาก็คือ ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ปัญหาจะคล้ายคลึงกับจุดกลับรถดังที่กล่าวไป และอีกสาเหตุหนึ่งที่น่าสนใจคือ สถานีบริการน้ำมัน โดยเฉพาะของ ปตท. ทั้งนี้เนื่องจากสถานีบริการน้ำมันของ ปตท. เป็นสถานีบริการน้ำมันที่เป็นที่นิยมของผู้ขับที่ เพราะนอกจากจะให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิงแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นเสมือนจุดพักรถอีกด้วย

จากข้อมูลตำแหน่งจุดคอขวด 97 ช่วง นำมาวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการทางสถิติที่เรียกว่า Binary Logistics Regression ทำให้ได้สมการเชิงเส้นสำหรับการพยากรณ์ตำแหน่งจุดคอขวดออกมาว่า



$$Z = -5.118 + 6.667X_1 + 2.549X_2 + 2.230X_3 + 2.992X_4 + 2.392X_5 + 2.838X_6 + 6.032X_{7_3} + 3.112X_{8_3} + 5.088X_9 + 4.213X_{10} + 3.623X_{11} + 5.435 \times 10^{-5}X_{13}$$

โดยที่

X1	=	ทางแยกที่มีสัญญาณไฟควบคุม
X2	=	ทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟควบคุม
X3	=	ทางเชื่อมต่อเข้าหมู่บ้าน
X4	=	ทางร่วม, ทางเบี่ยง
X5	=	สะพานยกระดับ
X6	=	จุดกลับรถ
X7_3	=	ปั๊มน้ำมัน ปตท.
X8_3	=	ปั๊มน้ำมันอื่นๆ
X9	=	ร้านค้าข้างทาง
X10	=	ด่านตรวจ
X11	=	จุดบริการประชาชน
X13	=	ปริมาณจราจร AADT

และจะสามารถหาโอกาสที่ ณ ช่วงตำแหน่งใดๆ จะเป็นคอขวดได้จาก

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

โดยที่

$$\text{การเกิดคอขวด} \begin{cases} \text{เกิด, } P(X) \geq 0.3 \\ \text{ไม่เกิด, } P(X) < 0.3 \end{cases}$$

ซึ่งการทดสอบแบบจำลองได้ผลแสดงดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลสำรวจ

		ข้อมูลสำรวจ {จำนวน (ร้อยละ)}		
		เป็น	ไม่เป็น	รวม
ผลจากแบบจำลอง $P(X) > 30\%$	เป็น	61 (62.89%)	36 (1.98%)	97
	ไม่เป็น	36 (37.11%)	1,778 (98.02%)	1,814
	รวม	97	1,814	1,911

ตารางที่ 5.2 ผลการตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์จุดคอขวดเทียบกับข้อมูลสำรวจ

P(X)	ตำแหน่งที่ทำนายถูก	คิดเป็น %	ตำแหน่งที่ทำนายผิด	คิดเป็น %
>30%	1,839	96.23	72	3.77

5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ตำแหน่งคอขวดชนิดที่เกิดขึ้นซ้ำๆกัน ณ บริเวณหรือตำแหน่งใกล้เคียงกับที่เดิม (Recurring Bottleneck) ซึ่งแบบจำลองนี้จะมีได้คำนึงถึงสาเหตุการเกิดคอขวดจากการเกิดอุบัติเหตุ เนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่มีได้เกิดในตำแหน่งเดิม ไม่สามารถระบุตำแหน่งที่ชัดเจนได้เช่นกัน จึงถือเป็นคอขวดชนิดที่ไม่ได้เกิดขึ้นซ้ำในตำแหน่งเดิม (Nonrecurring Bottleneck) อีกทั้งยังมีหลากหลายปัจจัย ซึ่งไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ ทำให้ในการศึกษานี้ได้ทำการตัดช่วงถนนที่เป็นคอขวดเนื่องจากการเกิดอุบัติเหตุออกจากการศึกษา

ในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้น เนื่องจากมีจำนวนตัวแปรหรือปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายตัวแต่จำนวนชุดข้อมูลที่เป็นคอขวดมีไม่มากนัก ทำให้หากมีการแบ่งชุดข้อมูลบางส่วนออกมาทำการตรวจสอบความถูกต้องแล้วจะทำให้จำนวนชุดข้อมูลที่เหลือสำหรับการเปรียบเทียบมีความแปรผันไม่มากพอ ในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันในการเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ควรที่จะมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในอนาคต แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้การตรวจสอบดังกล่าวเป็นอิสระจากการเปรียบเทียบแบบจำลอง

นอกจากนี้แล้วยังมีจุดคอขวดซ่อนเร้น (Hidden Bottleneck) ซึ่งเป็นคอขวดที่มีระยะทางค่อนข้างไกลกับจุดที่เกิดคอขวดอยู่แล้ว ทำให้จุดคอขวดซ่อนเร้น (Hidden Bottleneck) นั้น โคนอิทธิพลของคอขวดดังกล่าวบดบังและไม่สามารถสังเกตเห็นความเป็นคอขวดได้ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้วิธีการสำรวจคอขวดโดยใช้รถในการสำรวจข้อมูล ซึ่งจะสามารถตรวจจับได้เฉพาะคอขวดที่เห็นเด่นชัด และไม่สามารถตรวจจับคอ

ขวดคอขวด (Hidden Bottleneck) ได้ ดังนั้นเมื่อชุดข้อมูลที่สำรวจได้ไม่ระบุจุดคอขวดประเภทคอขวดคอขวดแล้วแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจึงไม่สามารถพยากรณ์การเกิดคอขวดคอขวดได้เช่นกัน

5.3 การนำไปประยุกต์ใช้

การศึกษาครั้งทำการศึกษานบนทางหลวงขนาด 4 ช่องจราจร (ไป 2 กลับ 2) มีเกาะกลางถนนถาวรตลอดเส้นทางและไม่มีทางลาดชัน (ไม่เกิน 5%) ดังนั้นหากจะนำไปประยุกต์ใช้ก็จะสามารถนำไปใช้ได้กับเส้นทางที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับเส้นทางที่ใช้ศึกษานี้เท่านั้น เพราะเมื่อสภาพของถนนเปลี่ยนไปเช่นมีทางขึ้นเนินลาดชัน หรือไม่มีเกาะกลางควบคุม กระแสจราจรก็จะเปลี่ยนไปทั้งจากสมรรถนะของรถยนต์หรือจากพฤติกรรมจราจร ซึ่งแบบจำลองหรือสมการที่ได้จากการศึกษานี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับเส้นทางเหล่านั้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเส้นทางที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันออกไป เช่น การศึกษาในเส้นทางที่มีเนินลาดชัน หรือเส้นทางที่ไม่มีเกาะกลางถนน เนื่องจากในปัจจุบันถนนหลายเส้นทางที่ทางกรมทางหลวงยกระดับจากถนน 2 ช่องจราจรเป็น 4 ช่องจราจร นั้นได้ทำการก่อสร้างโดยใช้เกาะสี่แทนเกาะกลางถนนถาวร และเริ่มมีผู้ใช้รถใช้ถนนใช้เส้นทางเหล่านี้เป็นทางเลือกสภาพการจราจรที่ติดขัดบนสายหลักในช่วงเทศกาลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5.4.2 การศึกษาเพิ่มเติมถึง การควบคุมการจราจรของเจ้าหน้าที่รัฐ เช่น เจ้าหน้าที่ตำรวจมีผลต่อการลดการเกิดคอขวดหรือไม่

5.4.3 ศึกษาความหนาแน่นของกระแสจราจรในช่วงเวลาต่างๆ มีผลต่อการเกิดคอขวดหรือไม่

5.4.4 การรณรงค์ให้ประชาชนวางแผนการเดินทาง โดยออกเดินทางเร็วกว่า หรือหลังช่วงเวลาที่เป็นช่วงเวลาที่ประชาชนเลือกเดินทางสูงสุด จะช่วยทำให้การเกิดคอขวดลดลงหรือไม่ เวลาการเดินทางบนเส้นทางเดิมลดลงหรือไม่ ถึงที่หมายโดยใช้เวลาเท่ากันหรือไม่

รายการอ้างอิง

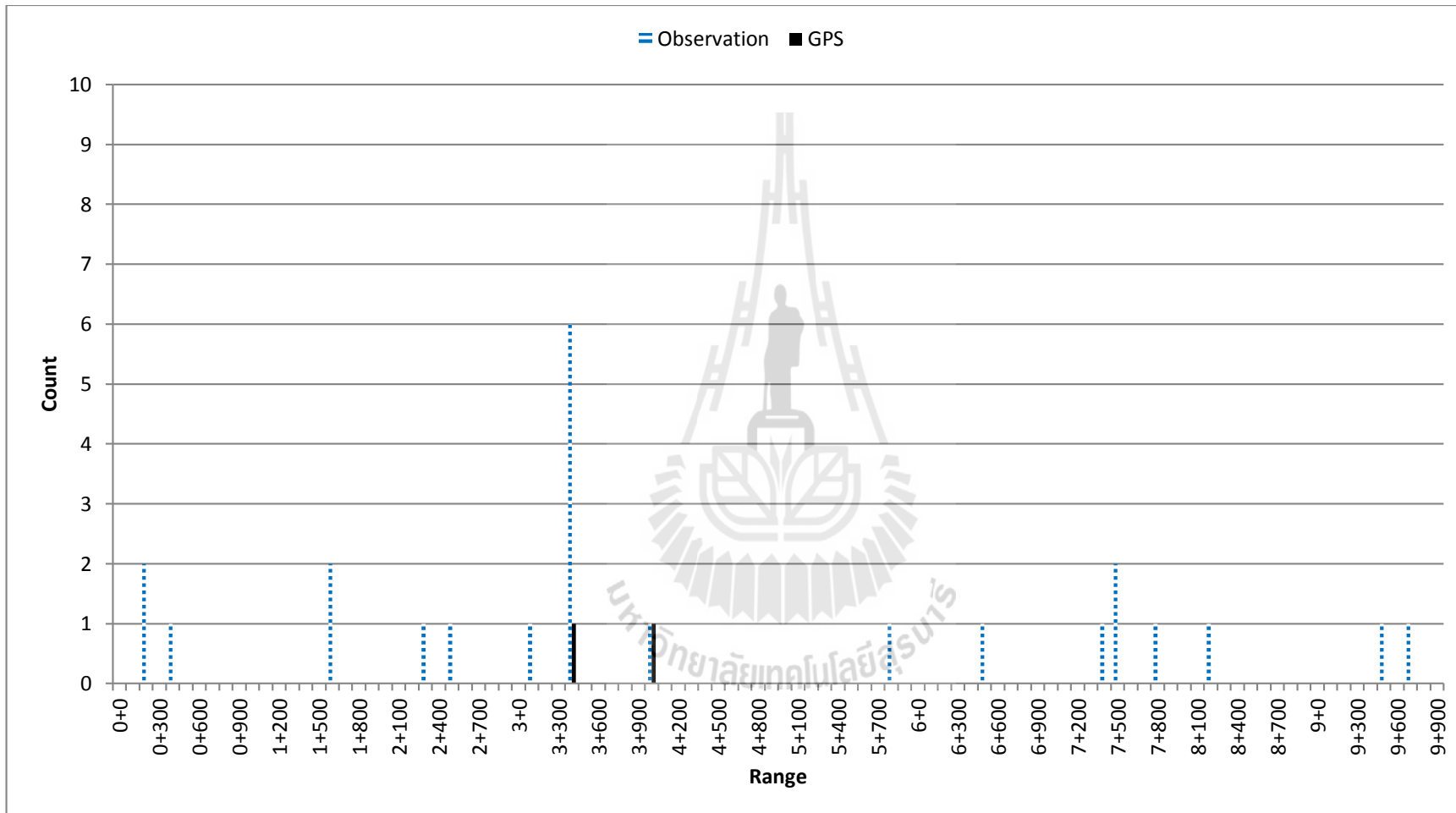
- จิตติชัย รุจนกนกนาถ, ชาญชัย อัครวรกุลชัย และ วิศรุต กริมทุ่งทอง (2552). การประยุกต์ใช้กราฟ
สะสมเชิงเอียงในการวิเคราะห์ปัญหาจราจรบนถนนอรัญนังต์. การประชุมวิชาการ วิศวกรรม
โยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 13 – 15 พฤษภาคม: 827 – 832.
- Bertini, Robert L. and Myton, Aaron M. (2005). **Use of Performance Measurement System
Data to Diagnose Freeway Bottleneck Location Empirically in Orange Country,
California.** Transportation Research Record. No.1925
- Bertitni, Rebert L., Fernandez-Moctezuma, Rafael J., Wiczorek, Jerzy. and Li, Huan. (2008).
**Using Archived ITS Data to Automatically Identify Freeway Bottleneck in
Oregon.** Transportation Research Board.
- Bertitni, Rebert L. and Li, Huan. (2008). **Session 8A-ITS Bottleneck Identification and
Forecasting
in Traveler Information Systems.**
- Cassidy, Michael J. and Windover, John R. (1995). **Methodology for Assessing Dynamics of
Freeway Traffic Flow.** Transportation Research Record. No.1484.
- Cassidy, Michael J. and Bertini, Robert L. (1999). **Some traffic features at freeway bottlenecks.**
Transportation Research Part B: Methodological, Volume 33, Issue 1.
- Chen, Chao., Skabardonis Alexander. and Varaiya, Pravin. (2004). **Systematic Identification of
Freeway Bottlenecks.** Transportation Research Record. No.1867.
- Hibe, Joseph M. (2009). **Logistic regression models.** Chapman & Hall/CRC. Boca Raton: Taylor &
Francis Group.
- Horowitz, Zachary. and Bertini, Robert L. (2007). **Using PORTAL Data to Empirically
Diagnose
Freeway Bottlenecks Located on Oregon Highway 217.** 2007 Institute of Transportation Engineering
District 6 Annual Meeting, July 15-18, 2007.

- Jin, Peter (Jing), Parker, Steven., Ran, Bin. and Walton, C. Michael. (2012). **Freeway Recurrent Bottleneck Identification Algorithms Considering Detector Data Quality Issues.** Journal of Transportation Engineering, Volume 138, Issue 10.
- Kleinbaum, David G. and Klein, Mitchel. (2010). **Logistic regression - A Self-learning text - Third Edition.** New York: Springer.
- Maerivoet, Sven. and Moor, Bart De. (2005). **Traffic Flow Theory.** eprint arXiv:physics/0507126.
- Palmer, Jochen., Bertini, Rober L., Rehborn, Hubert., Wiczorek, Jerzy. and Fernandez-Moctezuma, Rafael J. **Comparing a Bottleneck Identification Tool with the Congested Traffic Pattern Recognition System ASDA/FOTO Using Archived Freeway Data from Portland, Oregon.** The 16th World Congress on Intelligent Transportation Systems, At Stockholm, Sweden.
- Wiczorek, Jerzy., Li, Huan., Fernandez-Moctezuma, Rafael J., and Bertitni, Rebert L. (2009). **Integration an Automated Bottleneck Detection Tool into an Online Freeway Data Archive.** 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 11-15, 2009.
- Wiczorek, Jerzy., Fernandez-Moctezuma, Rafael J. and Bertini, Robert L. (2010). **Techniques for Validating an Automatic Bottleneck Detection Tool Using Archived Freeway Sensor Data.** 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 10- 14, 2010.

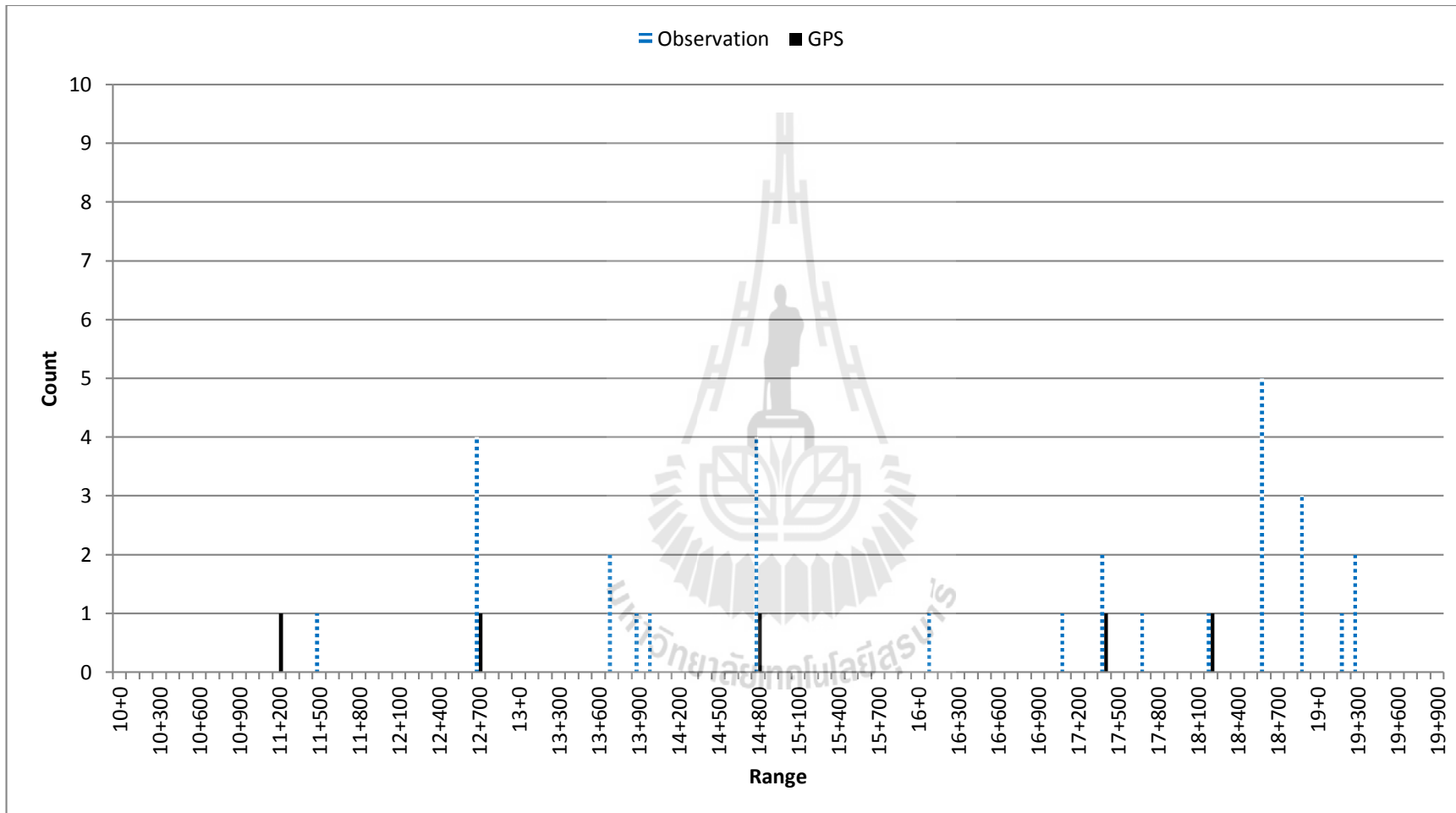


ภาคผนวก ก

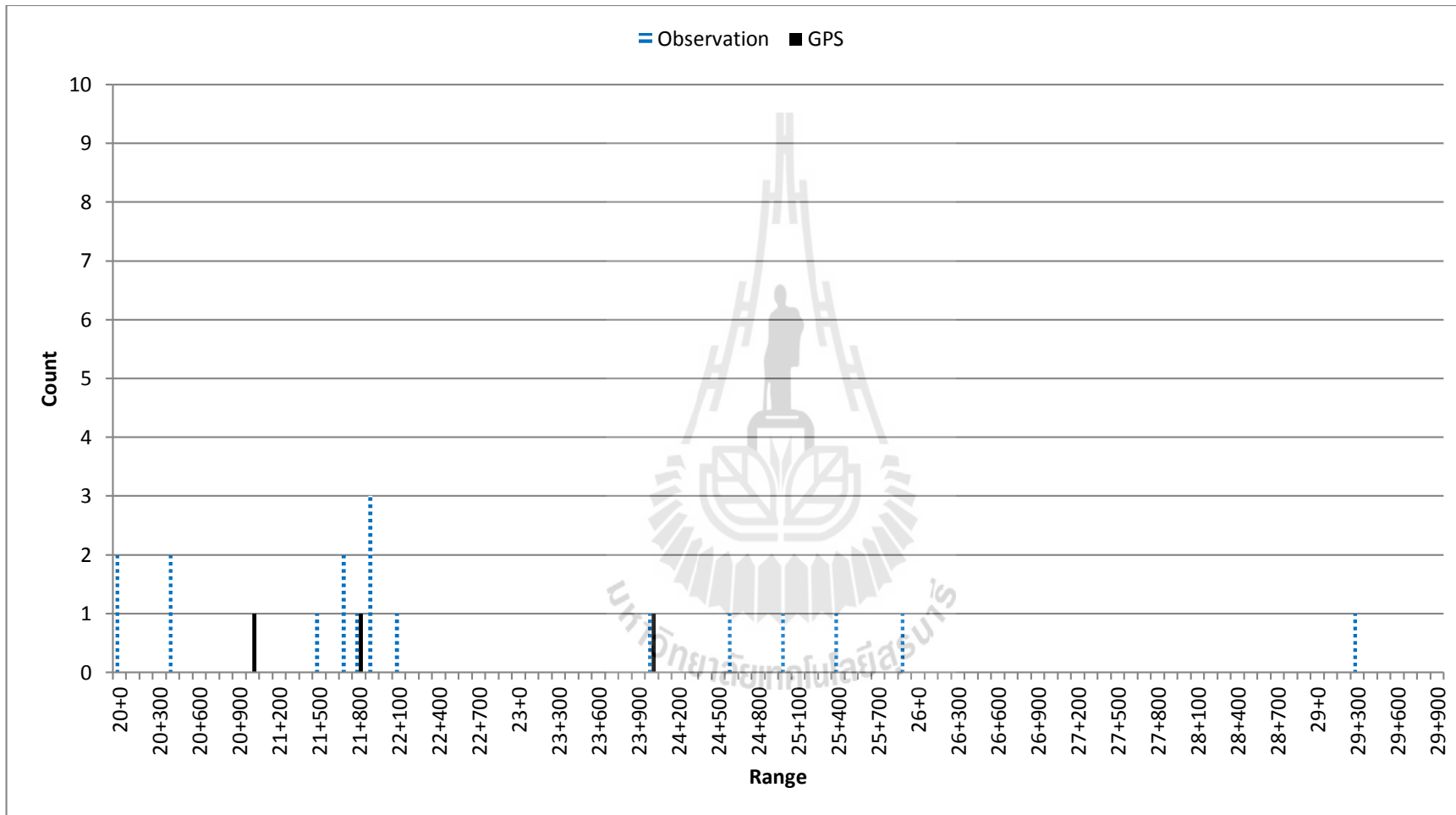
ความถี่ของตำแหน่งคอบวดที่สำรวจพบ



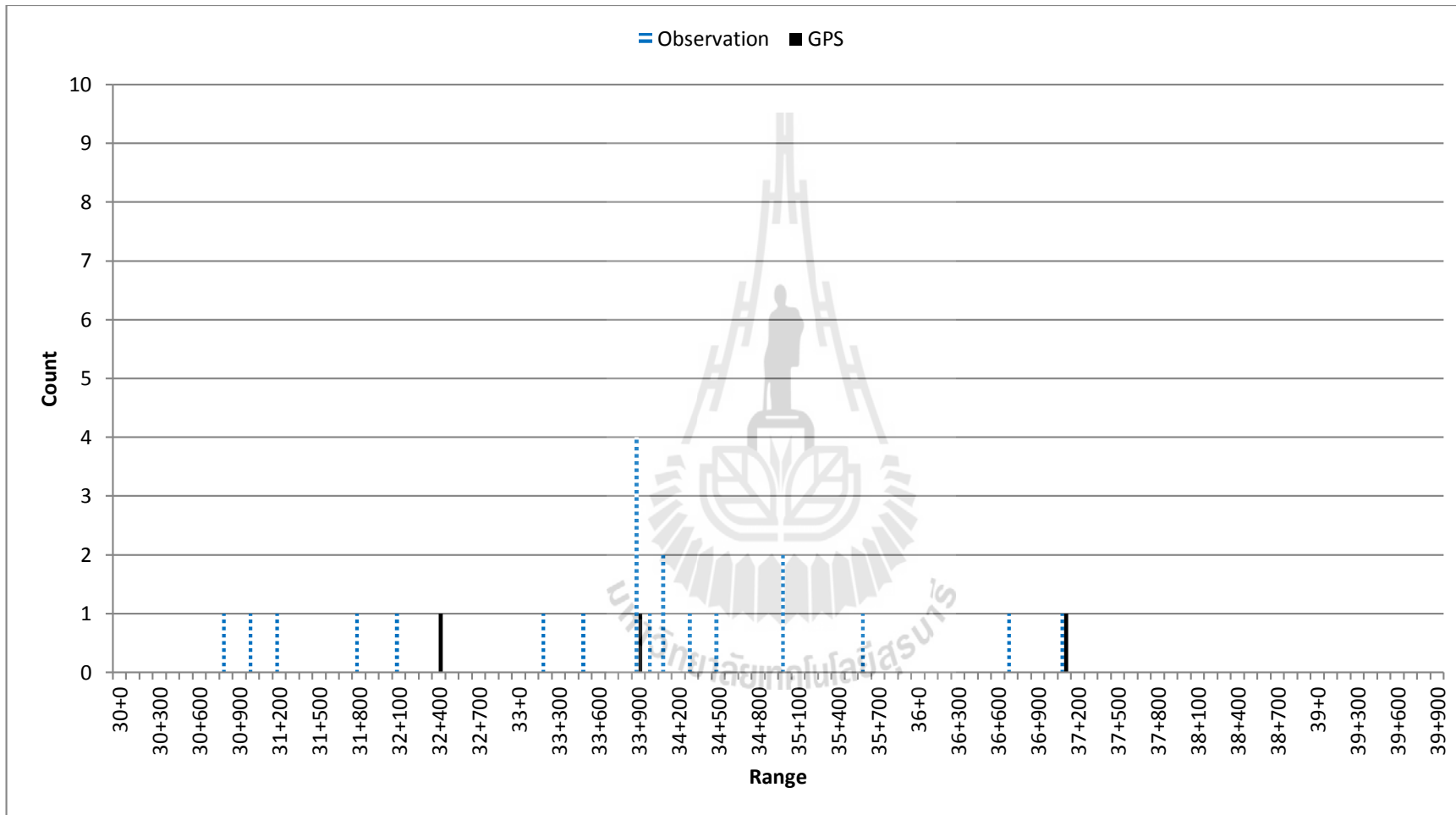
รูปที่ 1 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 0 ถึงกิโลเมตรที่ 9+900



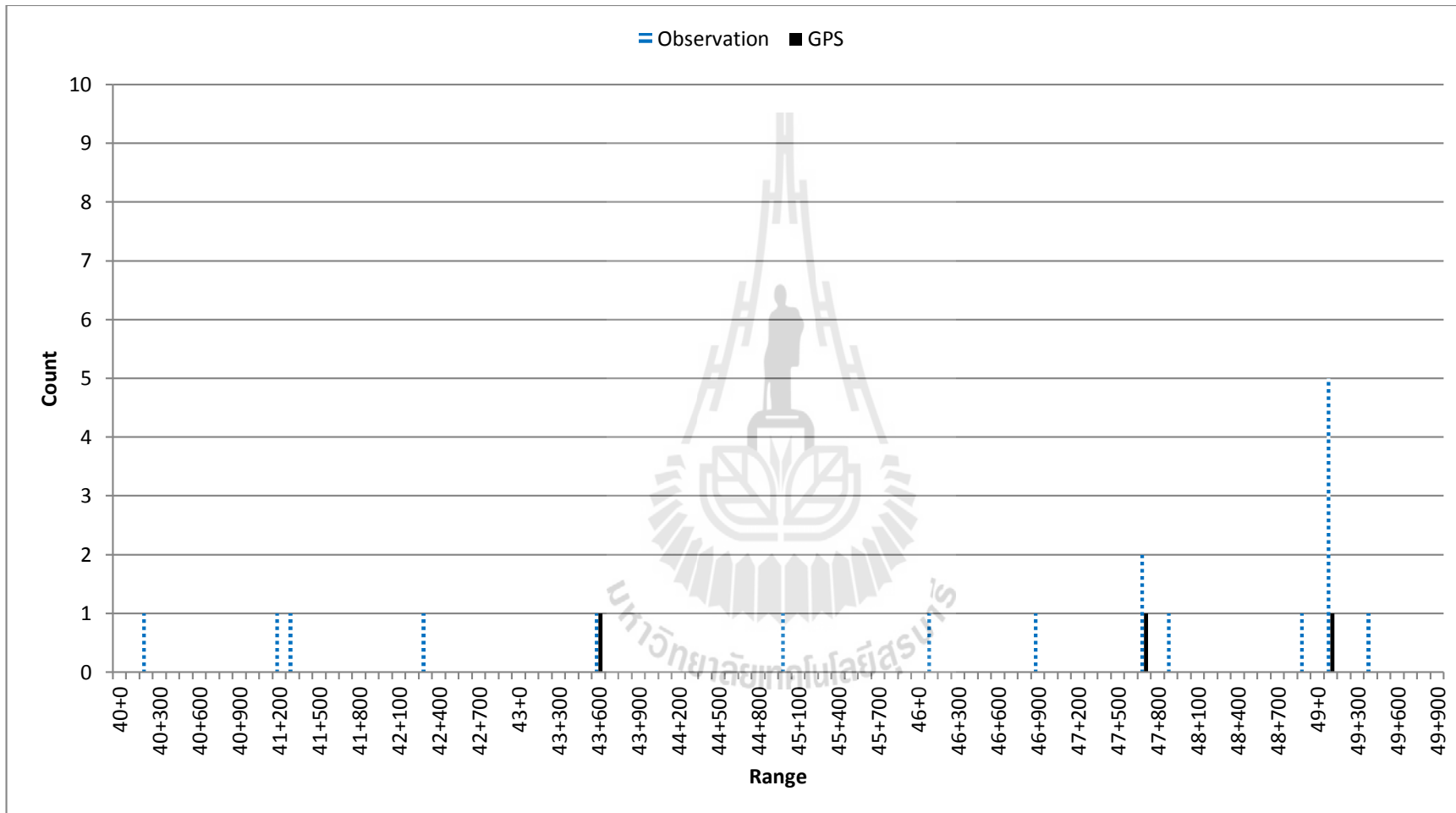
รูปที่ 2 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 10 ถึงกิโลเมตรที่ 19+900



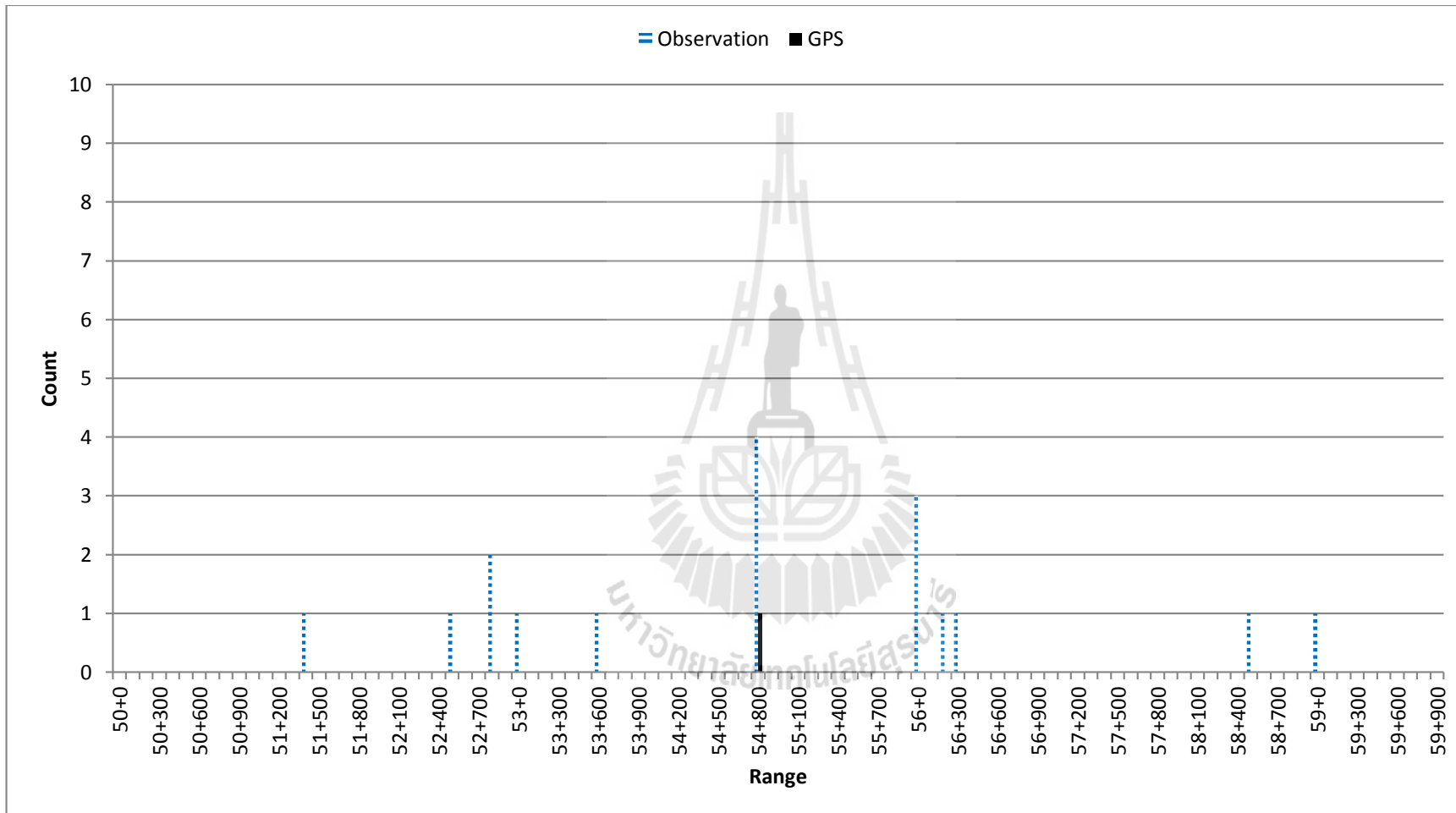
รูปที่ 3 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 20 ถึงกิโลเมตรที่ 29+900



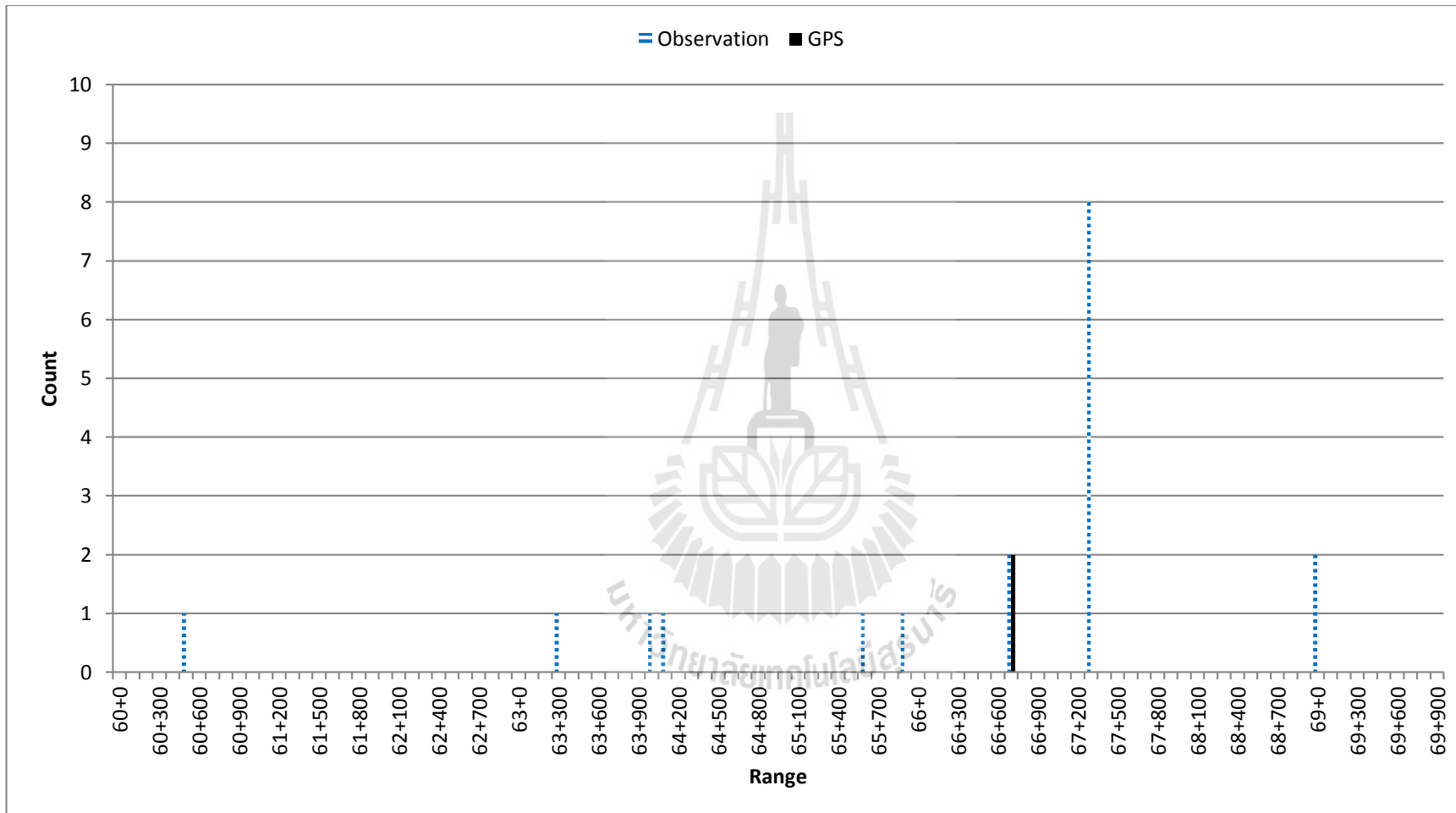
รูปที่ 4 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 30 ถึงกิโลเมตรที่ 39+900



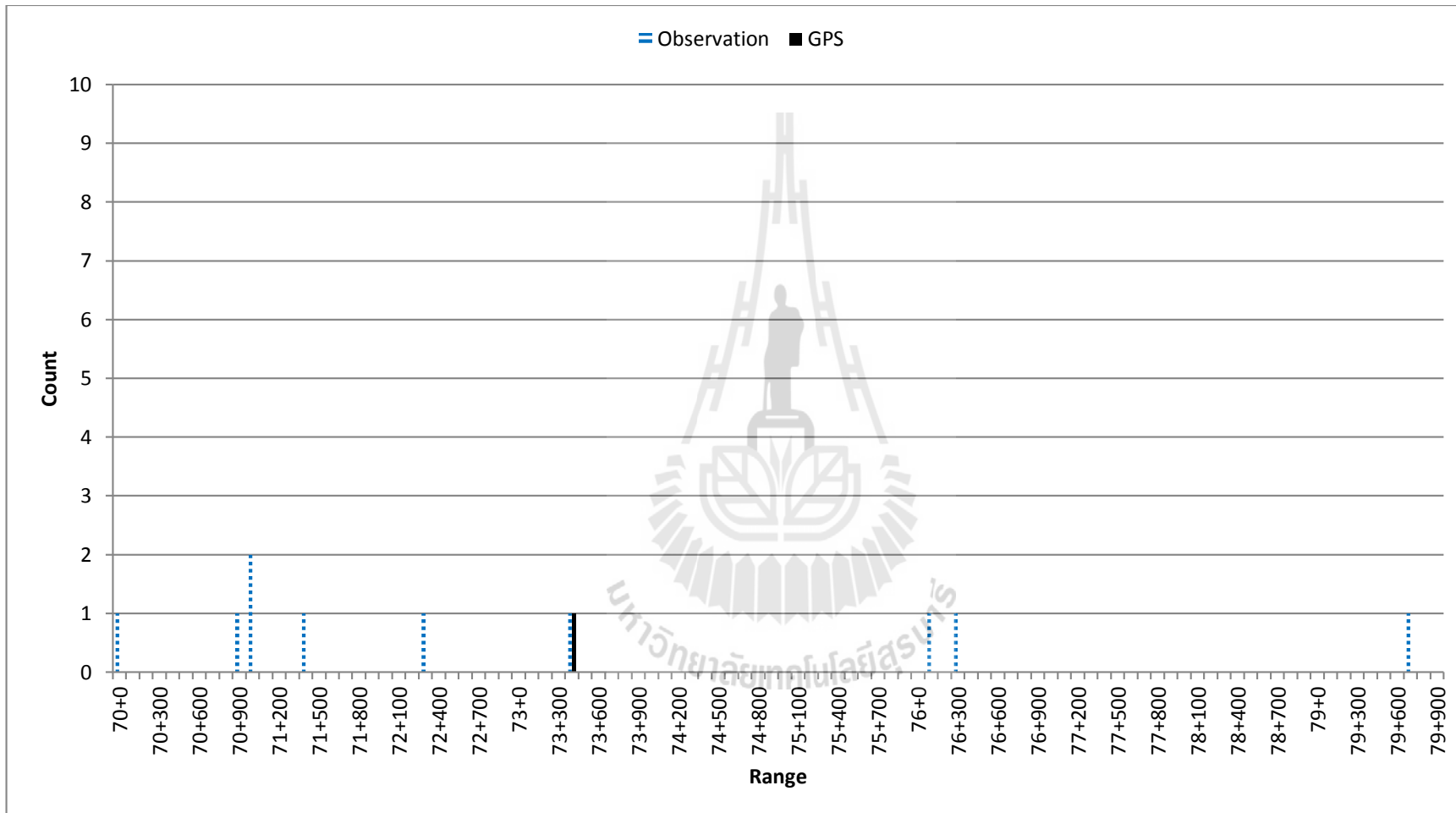
รูปที่ 5 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 40 ถึงกิโลเมตรที่ 49+900



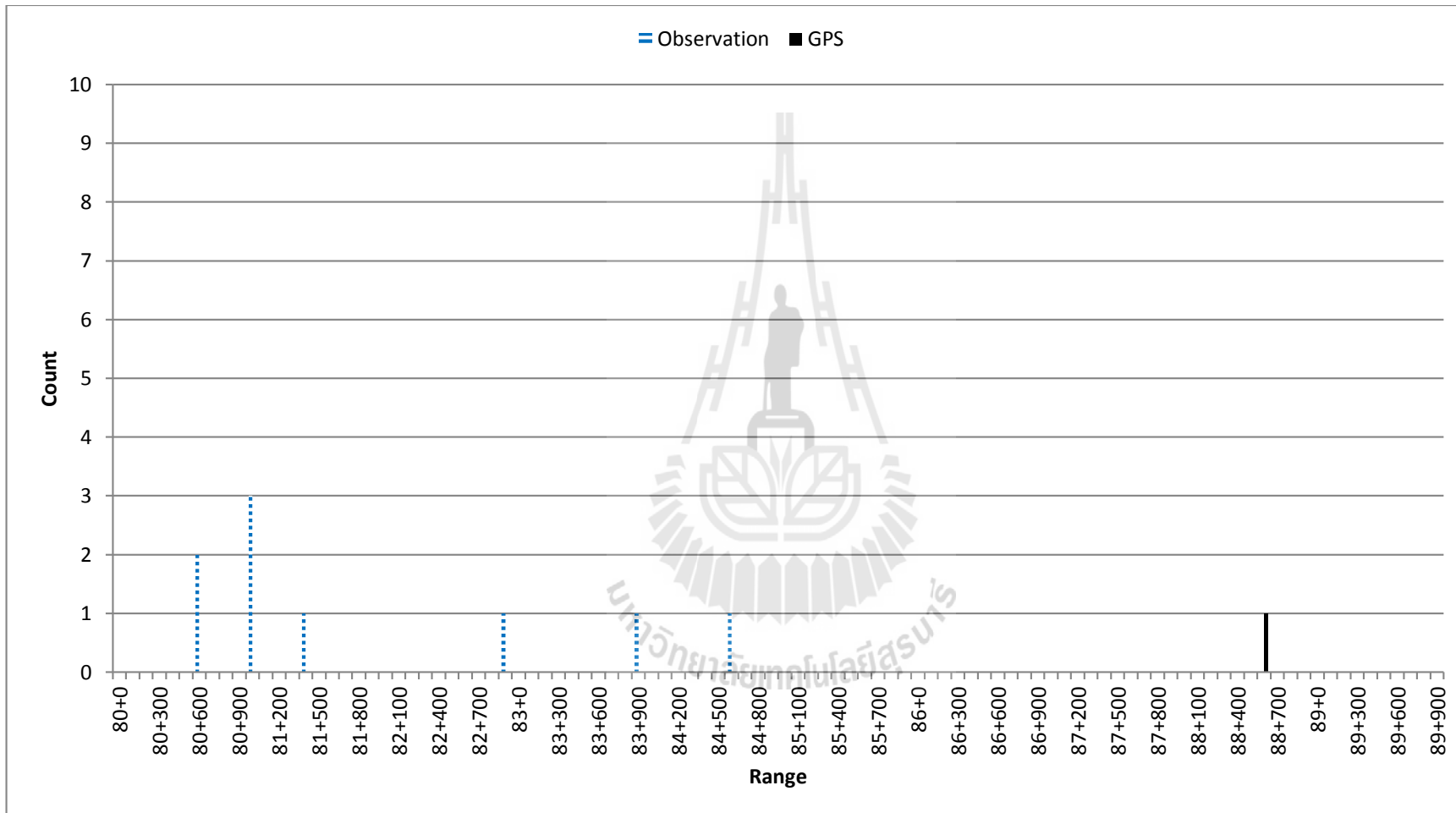
รูปที่ 6 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 50 ถึงกิโลเมตรที่ 59+900



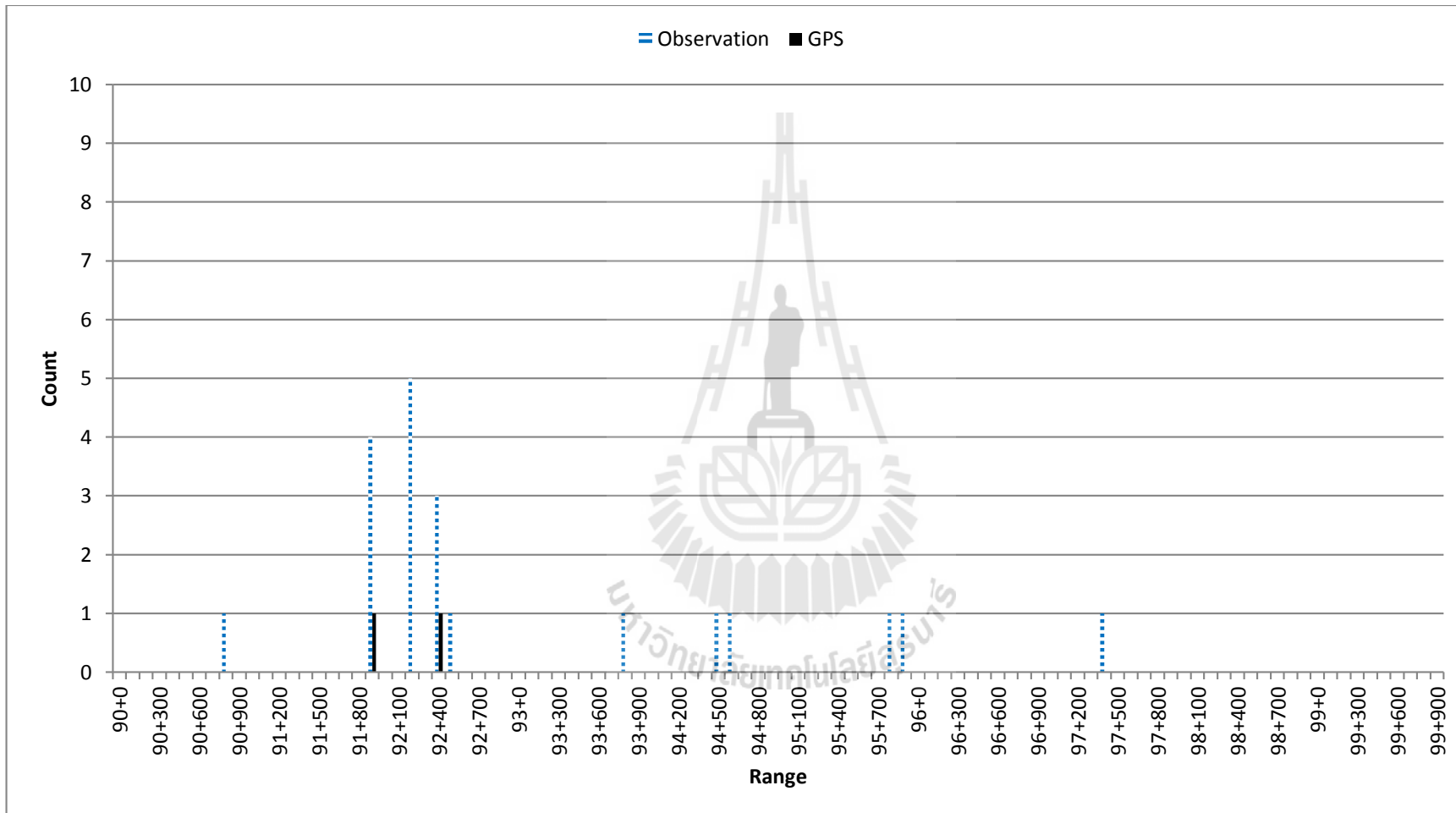
รูปที่ 7 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 60 ถึงกิโลเมตรที่ 69+900



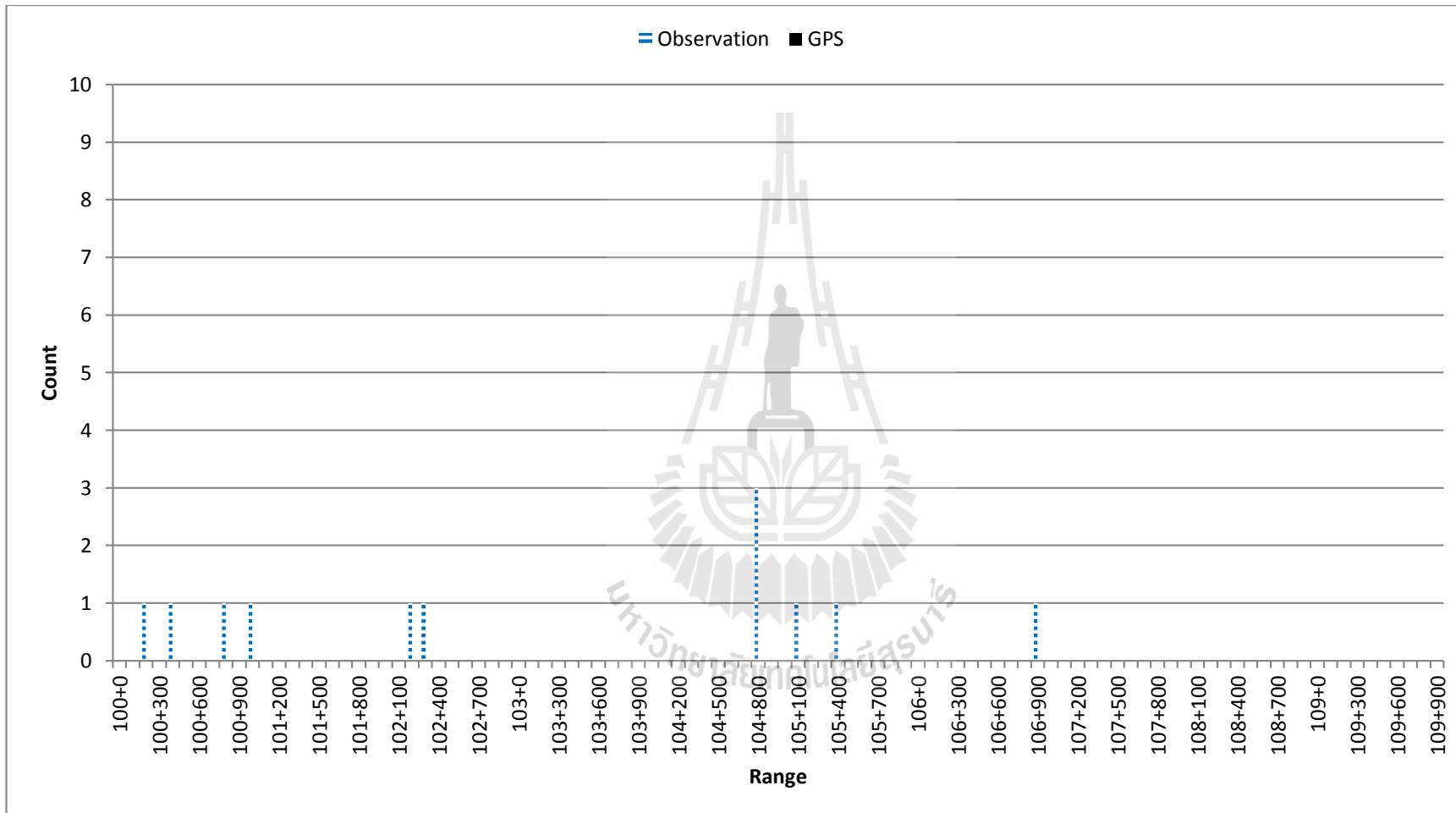
รูปที่ 8 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 70 ถึงกิโลเมตรที่ 79+900



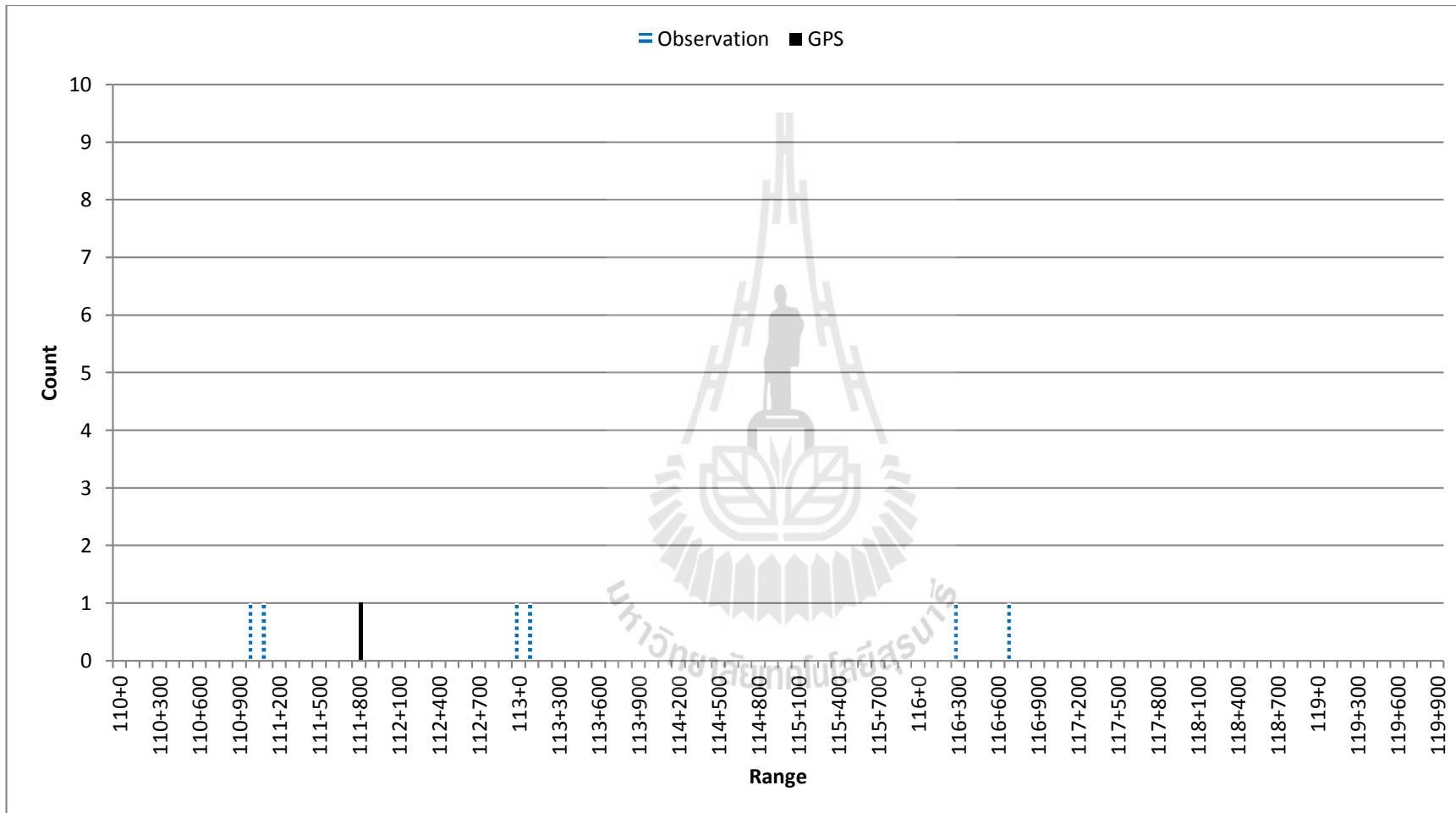
รูปที่ 9 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 80 ถึงกิโลเมตรที่ 89+900



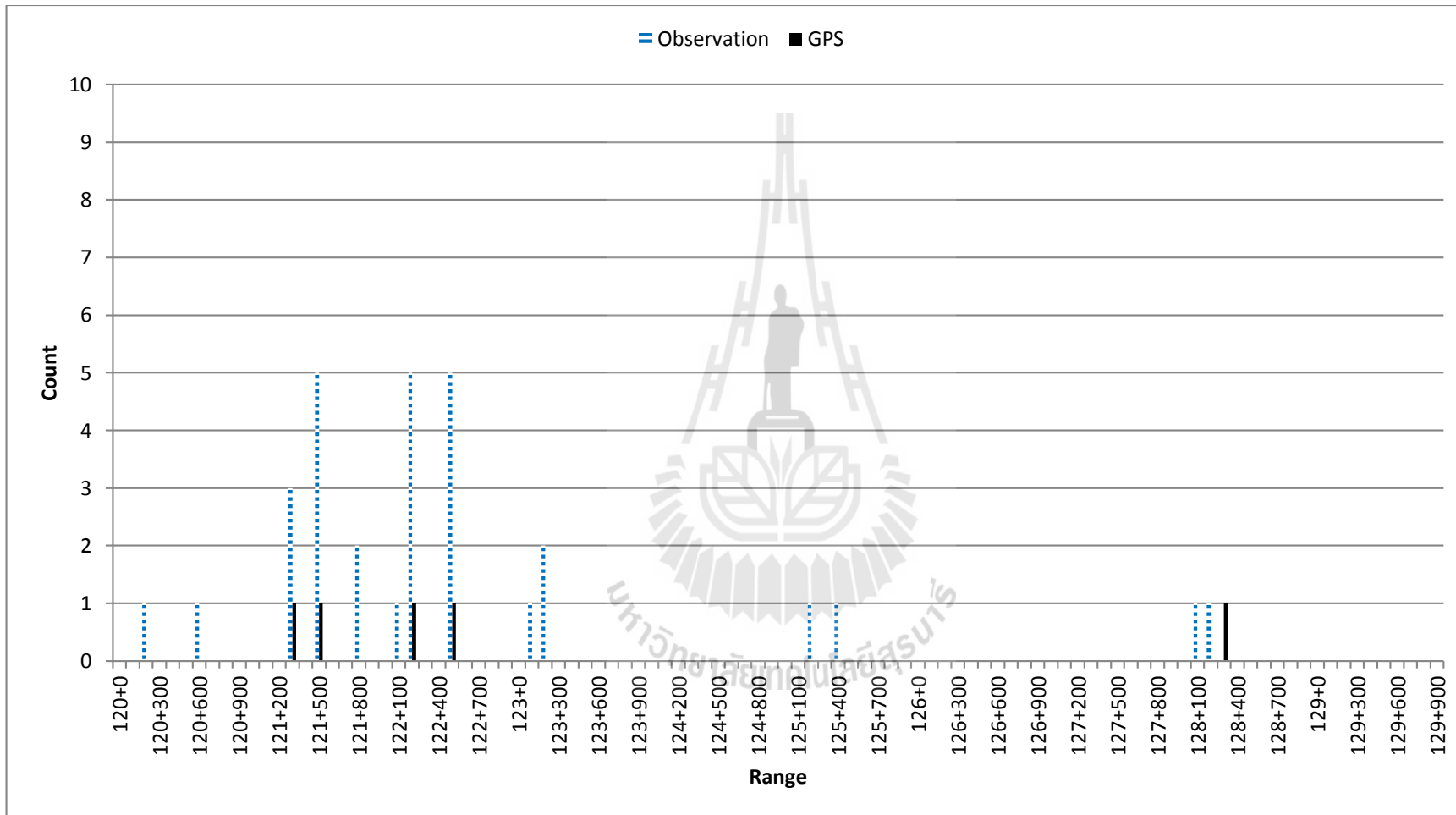
รูปที่ 10 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 90 ถึงกิโลเมตรที่ 99+900



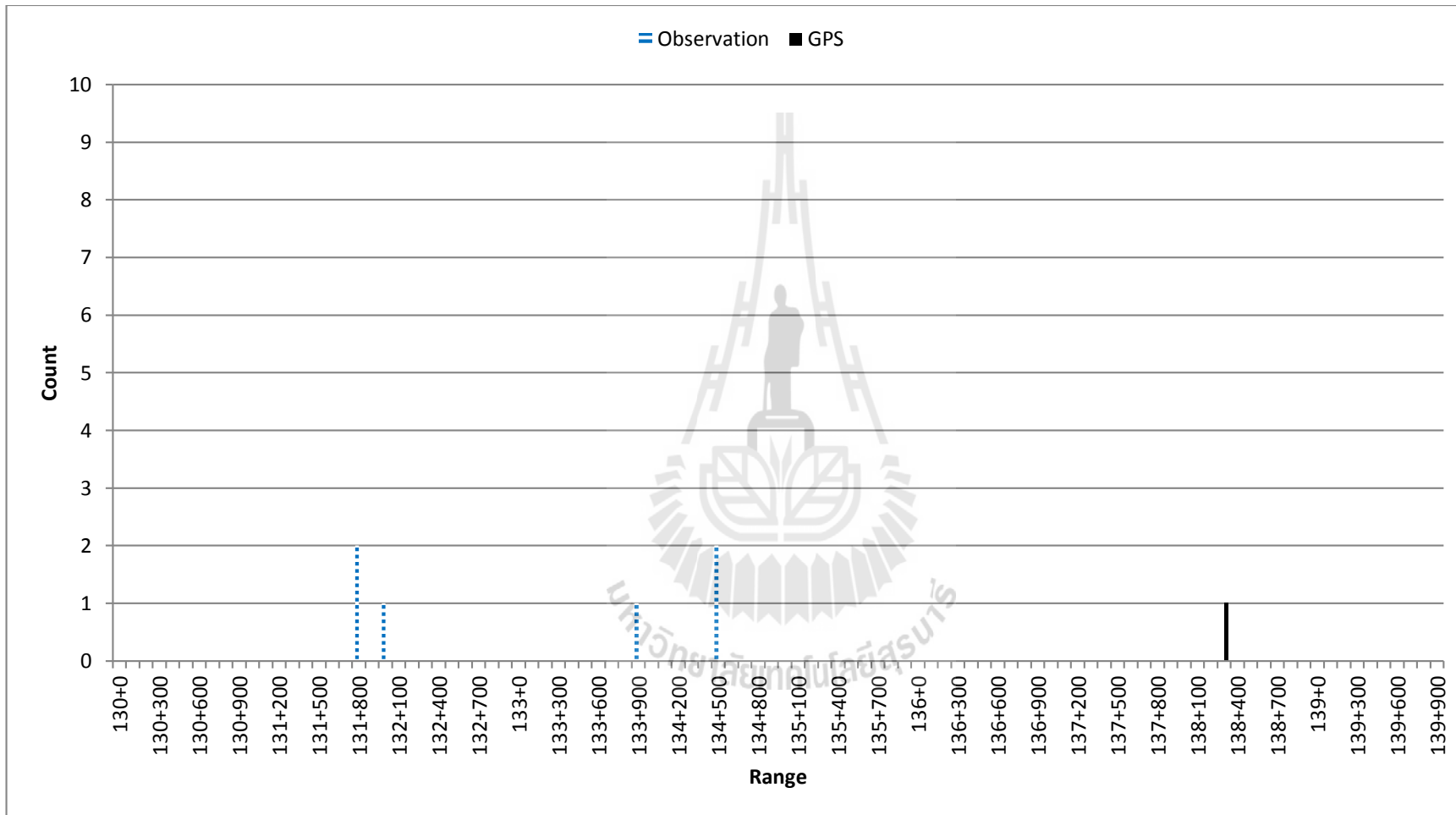
รูปที่ 11 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 100 ถึงกิโลเมตรที่ 109+900



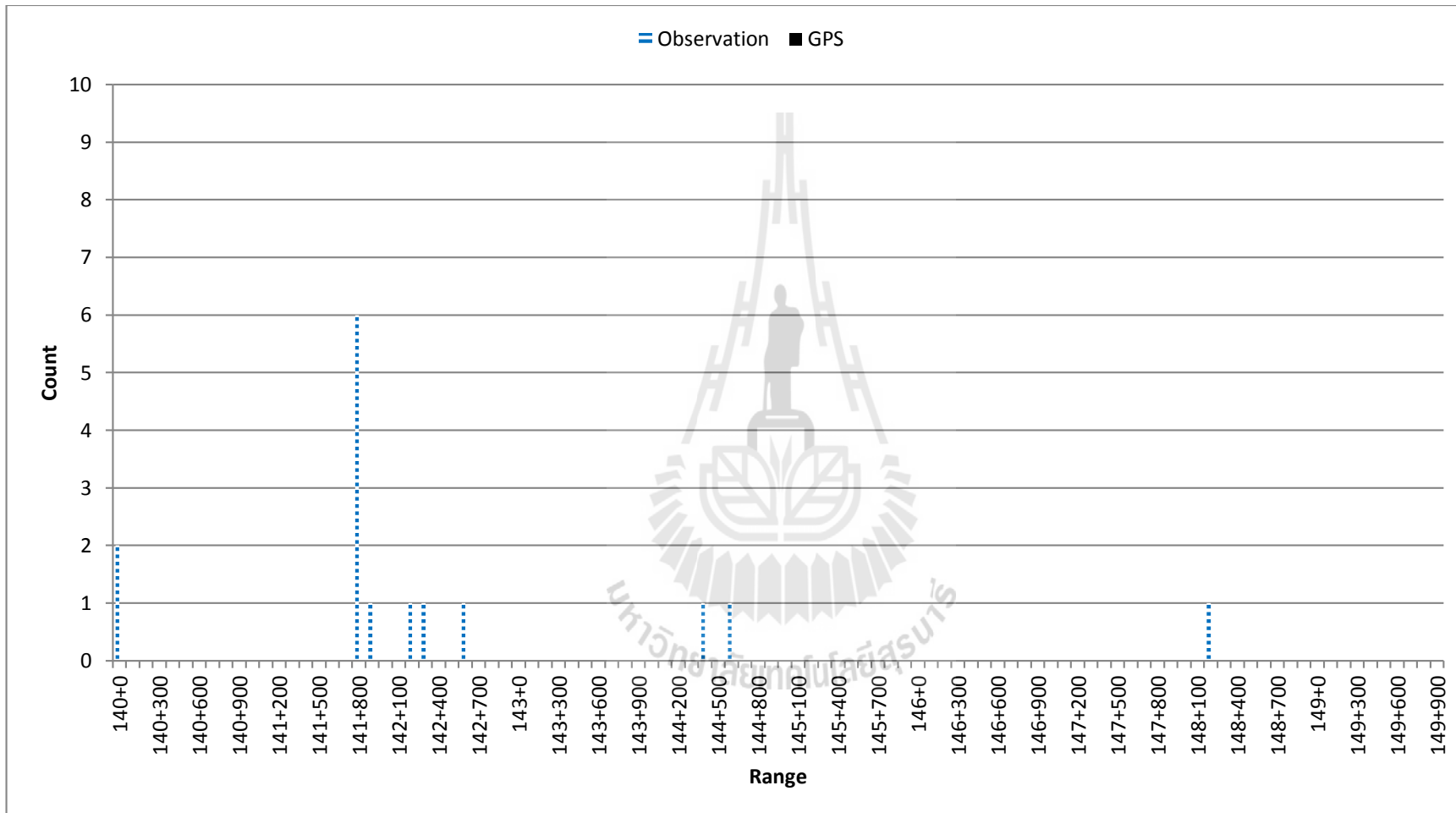
รูปที่ 12 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 110 ถึงกิโลเมตรที่ 119+900



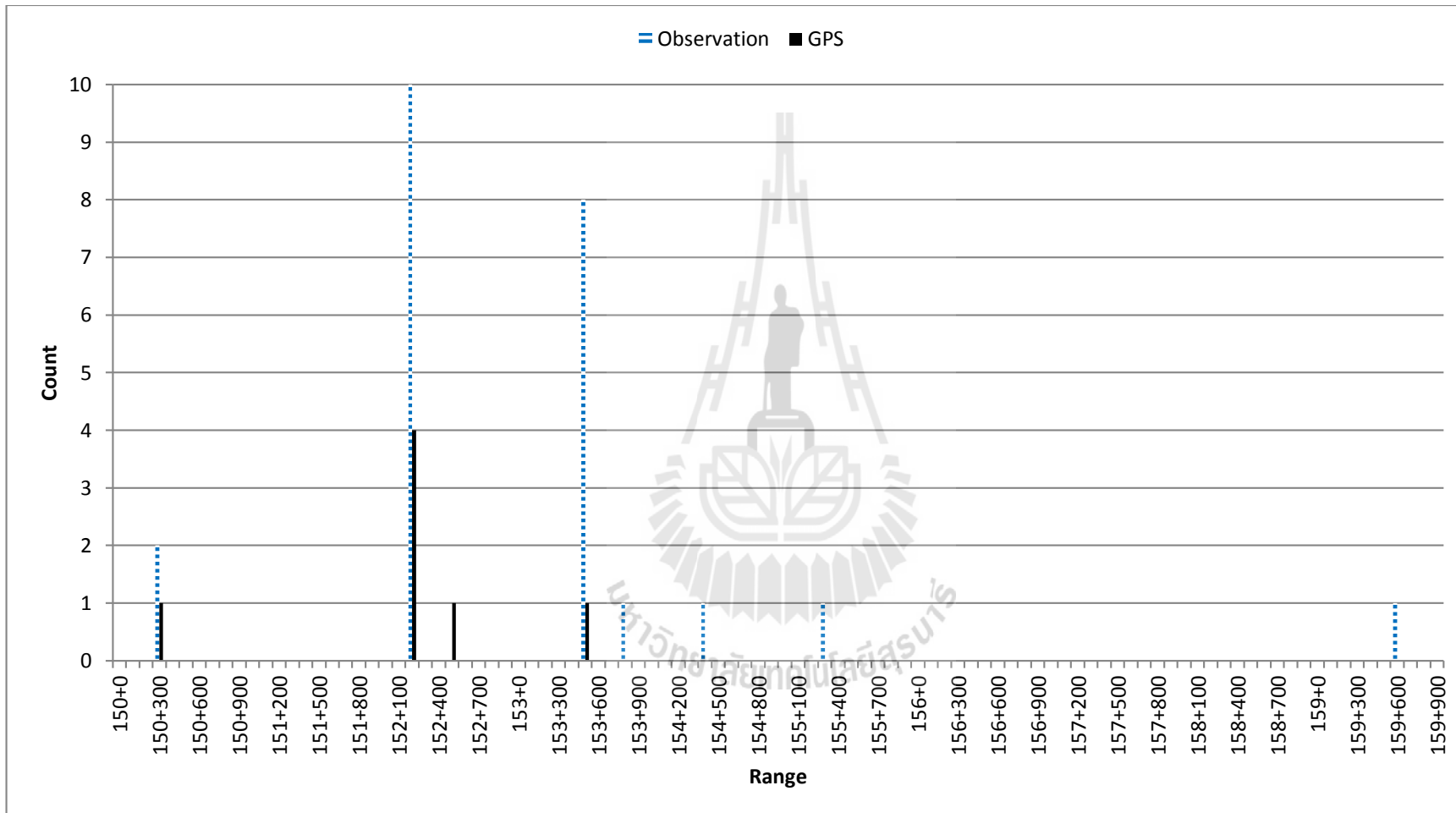
รูปที่ 13 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 120 ถึงกิโลเมตรที่ 129+900



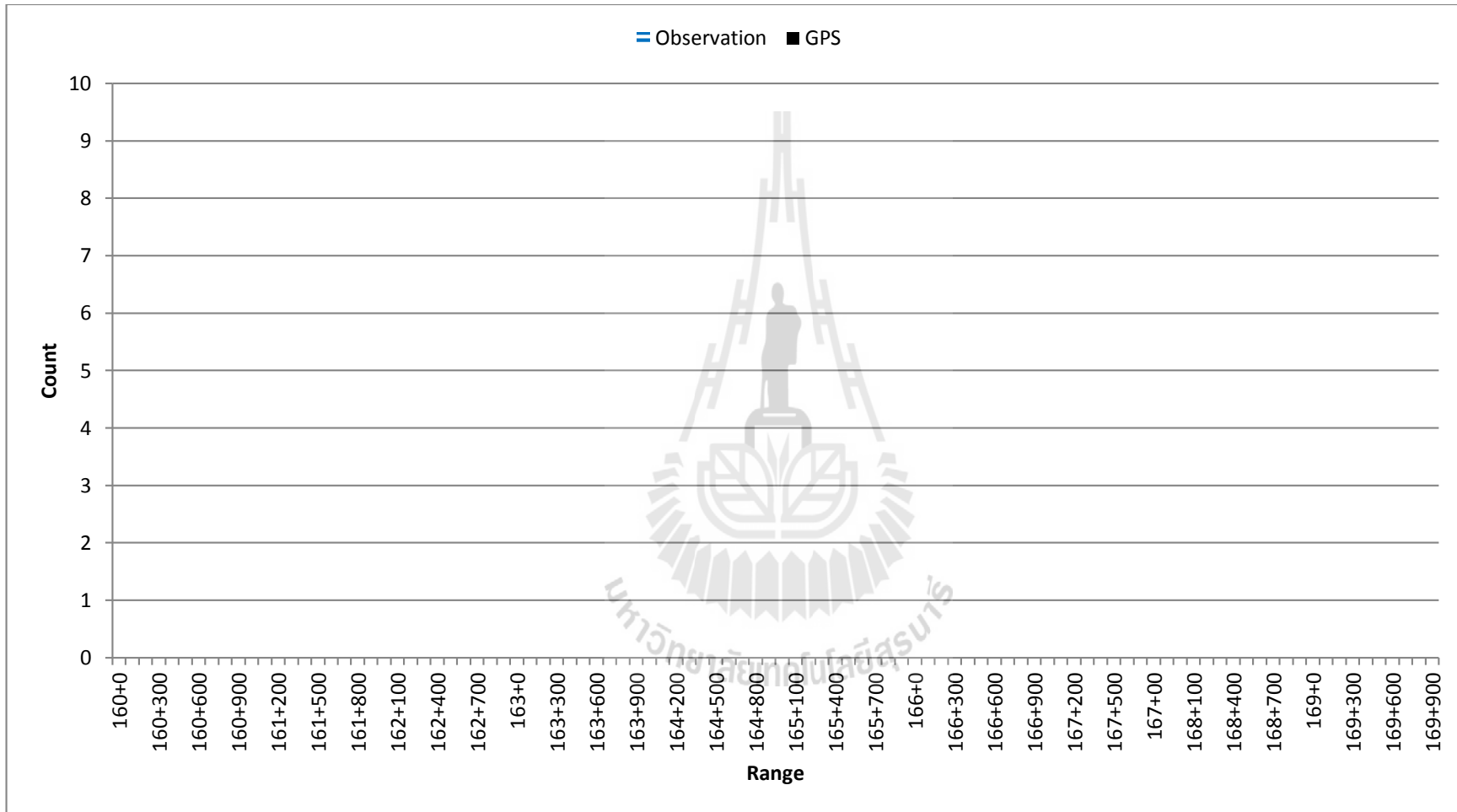
รูปที่ 14 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 130 ถึงกิโลเมตรที่ 139+900



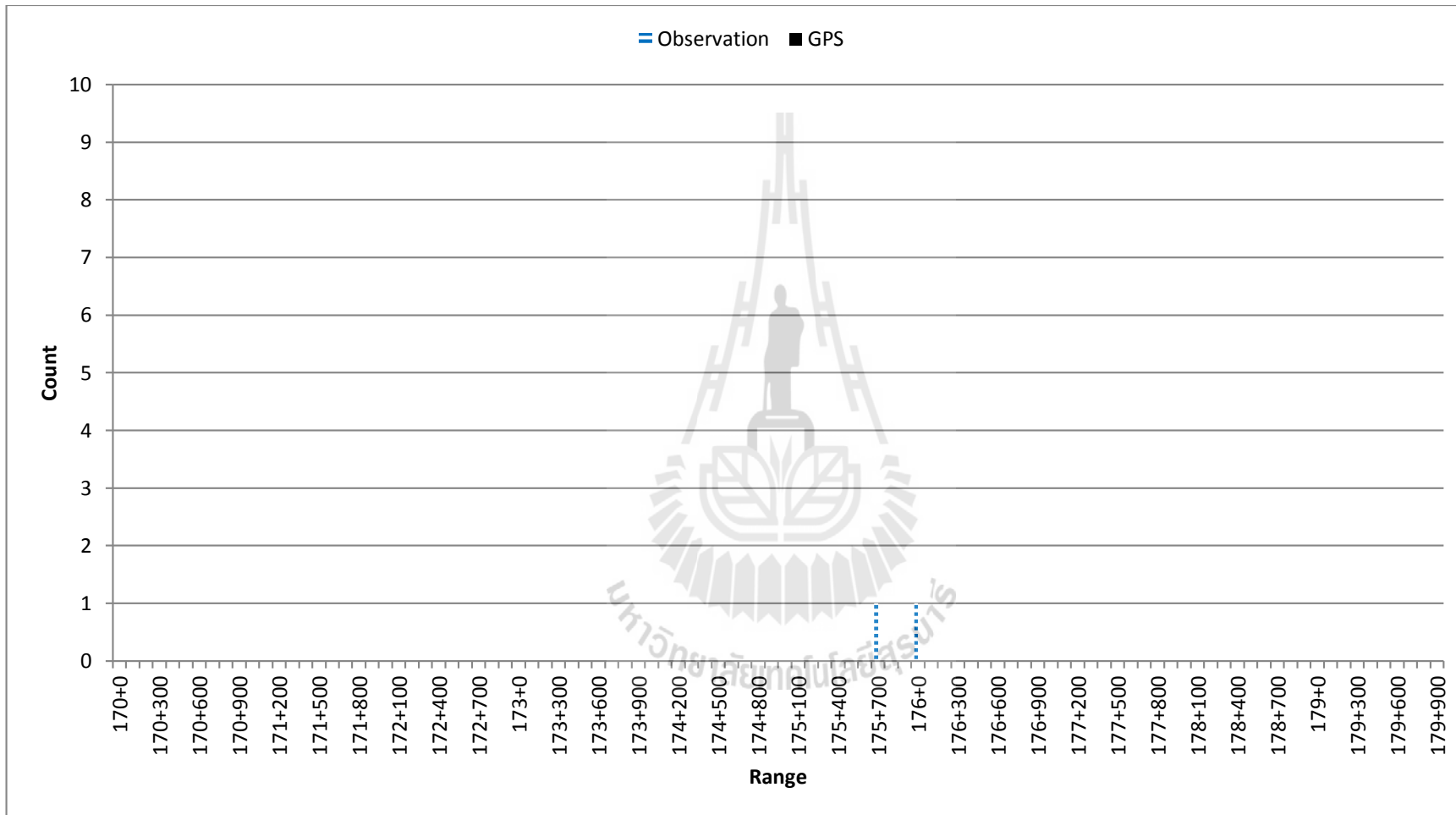
รูปที่ 15 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 140 ถึงกิโลเมตรที่ 149+900



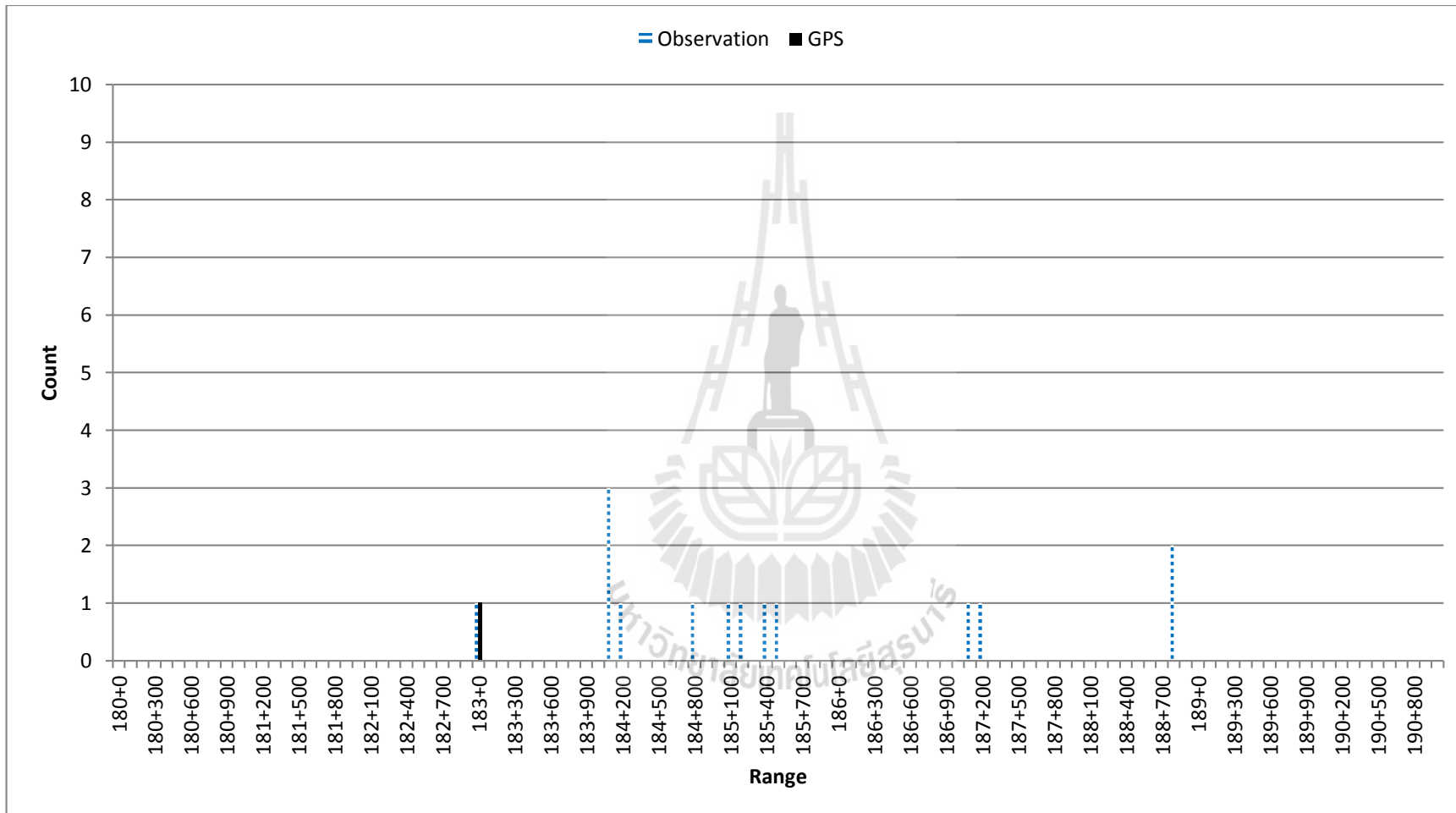
รูปที่ 16 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 150 ถึงกิโลเมตรที่ 159+900



รูปที่ 17 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 160 ถึงกิโลเมตรที่ 169+900



รูปที่ 18 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 170 ถึงกิโลเมตรที่ 179+900



รูปที่ 19 ความถี่ของตำแหน่งคอขวดที่พบในช่วงกิโลเมตรที่ 180 ถึงกิโลเมตรที่ 191



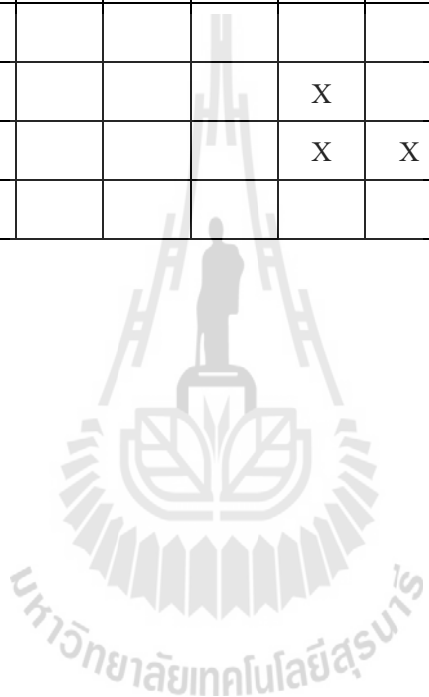
ภาคผนวก ข

สรุปตำแหน่งและสาเหตุที่ทำให้เกิดคอขวด

ระยะที่	ทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร	ทางแยกไม่มีสัญญาณไฟจราจร	ทางเชื่อม	ทางร่วม,ทางแยก	สะพานยกระดับ	จุดกลับรถ	สถานีบริการน้ำมัน	ร้านค้าข้างทาง	ด้านตรวจ	จุดบริการประชาชน	เขตชุมชน
0+200				X	X						
1+600				X							
2+300				X							X
3+100							X				
3+400							X				
4+0			X			X					
6+500										X	
7+400										X	
7+500						X					
9+500						X					
9+700								X			
11+200										X	
11+500								X			
12+700				X							
14+0										X	
14+800					X						
17+400						X					
18+100				X						X	
18+600				X							
19+300				X							
20+0							X				
21+500						X					
21+700							X				

ระยะที่	ทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร	ทางแยกไม่มีสัญญาณไฟจราจร	ทางเชื่อม	ทางร่วม,ทางแยก	สะพานยกระดับ	จุดกลับรถ	สถานีบริการน้ำมัน	ร้านค้าข้างทาง	ด้านตรวจ	จุดบริการประชาชน	เขตชุมชน
65+900			X								
66+700		X							X		
67+300		X									
71+0						X					
80+600		X									X
81+0		X									
84+600		X				X					
90+700										X	
91+900	X										X
92+200				X			X				X
94+600			X								
95+900										X	
101+0						X					
102+200				X							X
102+300		X							X		X
104+800							X				
111+0			X								
111+800						X					
116+700		X									
120+100						X					
120+200								X			
120+600								X			
121+300								X			X

ระยะที่	ทางแยกมีสัญญาณไฟจราจร	ทางแยกไม่มีสัญญาณไฟจราจร	ทางเชื่อม	ทางร่วม,ทางแยก	สะพานยกระดับ	จุดกลับรถ	สถานีบริการน้ำมัน	ร้านค้าข้างทาง	ด้านตรวจ	จุดบริการประชาชน	เขตชุมชน
185+100				X							X
185+200	X										X
185+500						X					X
187+200						X	X				
188+800	X										



ประวัติผู้วิจัย

นาย รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทด้านวิศวกรรมขนส่งจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology) ในปีการศึกษา 2545 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกในสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและผังเมืองจากมหาวิทยาลัยฮอกไกโด (Hokkaido University) ประเทศญี่ปุ่นในปีการศึกษา 2549

จากประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายใน และภายนอกประเทศ ซึ่งเป็นทั้งผู้อำนวยการ แผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เช่น หัวหน้าโครงการวิจัย Cooperative Adaptive Cruise Control based on WiFi communication between vehicles and infrastructure (Connect & Drive Project), High Tech Automotive System, January 2009 – January 2011 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการพยากรณ์ระยะเวลาในการเดินทางบนทางหลวง บริษัทไอเอ็มเอ็มเอส จำกัด ก.ค. 2554 – พ.ค. 2555 เป็นต้น

สถานที่ที่สามารถติดต่อได้ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044-224593 โทรสาร 044-224608 E-mail rattaphol@sut.ac.th

