



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

(Development Mathematical Models for
Routing and Scheduling Police Patrol Service)

โดย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปฐมศิริ



และ

นักศึกษาผู้วิจัย ร้อยตำรวจโทชานนท์ คำนวนศักดิ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล



31 สิงหาคม 2553



สัญญาเลขที่ MLSC525011

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

(Development Mathematical Models for

Routing and Scheduling Police Patrol Service)

คณะผู้วิจัย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปฐมศิริ

- ศูนย์ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบขนส่ง การจราจรและโลจิสติกส์ (T-LEX Center) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

นักศึกษาผู้วิจัย ร้อยตำรวจโทชานนท์ คำนวนศักดิ์



- นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- รองสารวัตรฝ่ายอำนวยการ กองบังคับการตำรวจนครบาล 9

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานเป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากสำนักงาน
กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย ทุนวิจัยมหัศจรรย์ ด้านโลจิสติกส์และ
โซ่อุปทานประจำปี 2552 สัญญาเลขที่ MLSC525011 ขอขอบคุณพันตำรวจโทศราวุฒิ บวรกิจ
ประเสริฐ สารวัตรฝ่ายอำนวยการ กองบังคับการตำรวจนครบาล 9 ที่ให้คำปรึกษา ท้ายที่สุดนี้
ขอขอบคุณเจ้าพนักงานตำรวจฝ่ายป้องกันปราบปราม สถานีตำรวจนครบาลหนองแขมที่เสียสละเวลา
ในการให้ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

ร้อยตำรวจโทชานนท์ คำนวนศักดิ์

นักศึกษาผู้วิจัย

31 สิงหาคม 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้ในการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ โดยสมมุติว่าจุดตรวจต่างๆที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบที่เป็นเสมือนลูกค้าที่สายตรวจต้องเดินทางไปให้ครบ และสายตรวจต้องเดินทางไปยังจุดตรวจในช่วงเวลาที่กำหนดตามคำสั่งของผู้บังคับบัญชาเพื่อเป็นป้องกันอาชญากรรมในบริเวณนั้น ซึ่งเปรียบได้กับหน้าต่างเวลา (Time Windows) ของการส่งสินค้าในธุรกิจโลจิสติกส์ ในการพัฒนาแบบจำลองได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณเมตริกซ์ระยะทางและระยะเวลาการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจทั้งหมดและสถานีตำรวจ จากนั้นสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีเงื่อนไขเวลา (Traveling Salesman Problem with Time Windows) ให้สอดคล้องกับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสถานีนครบาลหนองแขม ซึ่งผลการทดลองได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) พบว่าแผนการตรวจที่ได้จากการแก้ปัญหาลำดับแบบโลจิสติกส์มีความสมเหตุสมผลและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการออกตรวจได้มาก

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ.....	ข
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหางานวิจัย.....	1
1.2 ลักษณะของปัญหาที่วิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษางานวิจัย	3
1.5 ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	3
1.6 คำจำกัดความ	4
บทที่ 2 ทบทวนความรู้และงานวิจัย	11
2.1 งานตำรวจสายตรวจในประเทศไทย	11
2.1.1 วัตถุประสงค์ของการตรวจท้องที่	11
2.1.2 แนวทางในการตรวจท้องที่.....	11
2.1.3 การจัดเวลาปฏิบัติหน้าที่.....	13
2.1.4 การแบ่งเขตตรวจ	13
2.1.5 การพิจารณาการกำหนดจุดตรวจ	14
2.1.6 คุณลักษณะของสายตรวจรถจักรยานยนต์.....	14
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	16
2.3 งานวิจัยในอดีต.....	17
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	20
3.1 ขั้นตอนการทำงานวิจัย.....	20
3.1.1 การกำหนดปัญหา.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2 ขอบเขตการศึกษา.....	21
3.1.3 สมมุติฐาน.....	22
3.1.4 การวางแผนผังขั้นตอนการทำงาน	23
3.1.5 การสำรวจรวบรวมข้อมูล	24
3.1.6 การประมวลผลข้อมูล.....	28
3.1.7 ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับจัดการแผนการตรวจ	30
3.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์.....	31
3.3 เครื่องมือวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหา	36
3.3.1 โปรแกรม ArcMap 9.2	36
3.3.2 โปรแกรม Microsoft Excel 2007	36
3.3.3 โปรแกรม LINDO.....	37
3.3.4 Computer.....	37
3.4 กำหนดการวิจัย	37
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์และอภิปราย	40
4.1 กรณีศึกษา (Case Study)	40
4.1.1 ที่ตั้งของ สน.หนองแขม	40
4.1.2 จุดตรวจของ สน.หนองแขม	42
4.1.3 การปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ.....	55
4.1.4 แผนการออกตรวจของสายตรวจ	55
4.2 การจัดเก็บข้อมูล.....	59
4.2.1 ตำแหน่งจุดตรวจ.....	59
4.2.3 การกำหนดค่าความเร็วในการเดินทางของถนนแต่ละเส้น	77
4.2.4 Designation of Service Time	84
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analyses).....	85
4.3.1 GPS Data.....	85

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 Network Analyst.....	86
4.3.4 Service Time and Time Windows	112
4.4 การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Development of Mathematical Models). 121	
4.5 การวิเคราะห์กรณีศึกษา	124
4.5.1 เขตตรวจที่ 1	124
4.5.2 เขตตรวจที่ 2	127
4.5.3 เขตตรวจที่ 3	130
4.6 วิธีการแก้ปัญหา	133
4.7 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล	137
4.7.1 เขตตรวจที่ 1	137
4.7.2 เขตตรวจที่ 2	144
4.7.3 เขตตรวจที่ 3	151
4.8 สรุป	157
บทที่ 5 สรุป	158
5.1 การจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจด้วยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์	158
5.2 ข้อเสนอแนะ	159
5.3 ประเด็นงานวิจัยในอนาคต	159
บรรณานุกรม.....	160
ภาคผนวก ก บทความดีพิมพ์ การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14.....	164
ภาคผนวก ข บทความดีพิมพ์ การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15.....	171
ประวัติผู้วิจัย.....	184

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	37
4.1 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1	43
4.2 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2	47
4.3 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3	51
4.4 แผนการตรวจของสายตรวจผลัดที่ 1 ระหว่างวันที่ 1 -15 มกราคม พ.ศ. 2553.....	56
4.5 แผนการตรวจของสายตรวจผลัดที่ 2 ระหว่างวันที่ 1 -15 มกราคม พ.ศ. 2553.....	57
4.6 แผนการตรวจของสายตรวจผลัดที่ 3 ระหว่างวันที่ 1 -15 มกราคม พ.ศ. 2553.....	58
4.7 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1	61
4.8 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2	65
4.9 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3	69
4.10 คุณสมบัติของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง	75
4.11 รหัสถนนในแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง	76
4.12 รหัสประเภทผิวจราจรในแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง	76
4.13 Distance Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 1.....	105
4.14 Distance Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 2.....	106
4.15 Distance Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 3.....	107
4.16 Travel Time Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 1	109
4.17 Travel Time Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 2	110
4.18 Travel Time Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 3	111
4.19 ระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์แต่ละชนิดจุดตรวจ	112
4.20 Time Windows และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ ของการปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1	114
4.21 Time Windows และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ ของการปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2	116

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.22 Time Windows และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะ ของการปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3	118
4.23 จุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 ซึ่งนำมาวิเคราะห์	125
4.24 จุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 ซึ่งนำมาวิเคราะห์	128
4. 25 จุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 ซึ่งนำมาวิเคราะห์	131
4.26 สรุปผลลัพธ์แผนการตรวจของสายตรวจในเขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2.....	139
4.27 สรุปผลลัพธ์แผนการตรวจของสายตรวจในเขตตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2.....	146
4.28 สรุปผลลัพธ์แผนการตรวจของสายตรวจในเขตตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2.....	153

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 ตำรวจสายตรวจ	5
1.2 สายตรวจรถจักรยานยนต์	5
1.3 รถจักรยานยนต์สายตรวจ	6
1.4 จุดตรวจตู้แดง	6
1.5 จุดตรวจธนาคาร	7
1.6 จุดตรวจร้านทอง	7
1.7 จุดตรวจค้ายานพาหนะ	8
1.8 สมุดประจำจุดตรวจ	9
1.9 แผนการตรวจของสายตรวจ	10
2.1 การลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจ	12
2.2 สมุดพก	13
2.3 เครื่องแบบตำรวจสายตรวจ	15
2.4 กำบังลมรถจักรยานยนต์สายตรวจ	16
3.1 ภาพรวมของการวางแผนการทำงานของกรวิจัยนี้	21
3.2 แผนผังขั้นตอนการทำงาน	24
3.3 เครื่องบอกพิกัดบนพื้นโลก Garmin GPSMAP 60	26
3.4 หน้าจอโปรแกรม DNR Garmin version 5.4.	27
3.5 หน้าจอของโปรแกรม Mapsource version 6.16	28
3.6 การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย	30
3.7 หน้าจอการวิเคราะห์คำนวณ Origin Destination Cost Matrix ใน ArcMap	31
3.8 การเลือกเส้นทางออกจากจุด i ไปจุด j เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น	35
3.9 การเดินทางเข้าจุด j จากจุด i เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น	35
3.10 ขั้นตอนการใช้เวลาในการเดินทางแสดงจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.1 แผนที่กรุงเทพมหานคร โดย สน.หนองแขม อยู่ทางตะวันตกสุดของกรุงเทพ	41
4.2 พื้นที่ความรับผิดชอบของ สน.หนองแขม และเขตติดต่อ	41
4.3 ที่ตั้งจุดตรวจทั้งหมดของสามเขตตรวจที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของ สน.หนองแขม	54
4.4 การใช้โปรแกรม DNR Garmin แปลงข้อมูลพิกัดจุดตรวจให้อยู่ในรูป shapefile	72
4.5 การตั้งค่าโครงแผนที่ (Projection) ในโปรแกรม DNR Garmin	73
4.6 แผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่รับผิดชอบของ สน.หนองแขม	74
4.7 ภาพแสดงการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ของตรวจที่ 1 ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60	78
4.8 ข้อมูลความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในเขตตรวจ ที่ 1 ที่บันทึกได้โดยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60	79
4.9 ภาพแสดงการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ของตรวจที่ 2 ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60	80
4.10 ข้อมูลความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในเขต ตรวจที่ 2 ที่บันทึกได้โดยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60	81
4.11 ภาพแสดงการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ของตรวจที่ 3 ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60	82
4.12 ข้อมูลความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในเขต ตรวจที่ 3 ที่บันทึกได้โดยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60	83
4.13 ตำแหน่งจุดตรวจทั้ง 3 เขตตรวจและแผนที่ดิจิทัลในโปรแกรม ArcMap	85
4.14 การกำหนดค่าความเร็วในการเดินทางแต่ละเส้นทางในแผนที่ดิจิทัล	87
4.15 การกำหนดความเร็วของแต่ละเส้นทางลงใน Field speed ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง	88
4.16 การคำนวณค่าระยะทางของแต่ละเส้นทางใน Field meters	89
4.17 การคำนวณระยะเวลาการเดินทางของถนนแต่ละเส้นใน Field minutes	90
4.18 ผลลัพธ์การคำนวณหาระยะทางและเวลาการเดินทางในแต่ละเส้นทางของแผนที่ดิจิทัล เส้นทาง	91
4.19 การตั้งค่าการเชื่อมต่อแต่ละเส้นทาง ในการสร้าง Network Dataset	92

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.20 การตั้งค่าการเชื่อมต่อด้วยการกำหนดความสูง ในการสร้าง Network Dataset.....	92
4.21 การตั้งค่าการเลี้ยว ในการสร้าง Network Dataset.....	93
4.22 การกำหนด Attribute ใน Network Dataset.....	94
4.23 การกำหนดทิศทางการขั้วรถ ในการสร้าง Network Dataset	95
4.24 หน้าต่างสรุปการตั้งค่าในการสร้าง Network Dataset	96
4.25 ผลลัพธ์การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย (Network Dataset) ในแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง ของพื้นที่ สน.หนองแขม.....	96
4.26 การตั้งค่าการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ด้วยเวลา.....	97
4.27 การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1.....	98
4.28 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1	99
4.29 การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2.....	100
4.30 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2	101
4.31 การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 3.....	102
4.32 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 3	103
4.33 การเขียน Formulation สำหรับเขตตรวจที่ 1 ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007	126
4.34 การเขียน Formulation สำหรับเขตตรวจที่ 2 ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007	129
4.35 การเขียน Formulation สำหรับเขตตรวจที่ 3 ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007	132
4.36 การตั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแก้ปัญหาของโปรแกรม LINDO ให้ออกมาในรูปแบบไฟล์ text	134
4.37 เมนูการเปิดไฟล์ text เข้ามาในโปรแกรม LINDO	135
4.38 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 1 ในโปรแกรม LINDO.....	135
4.39 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 2 ในโปรแกรม LINDO.....	136
4.40 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 3 ในโปรแกรม LINDO.....	136
4.41สถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเขตตรวจที่ 1.....	137
4.42 เส้นทาง การตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2 ที่ได้จากตัว แบบจำลองคณิตศาสตร์	142

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.43 รายละเอียดเส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขต ตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2	143
4.44 สถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเขตตรวจที่ 2.....	144
4.45 เส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2.....	149
4.46 รายละเอียดเส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขต ตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2	150
4.47 สถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเขตตรวจที่ 3.....	151
4.48 เส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2.....	155
4.49 รายละเอียดเส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขต ตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2	156

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาทางวิจัย

การป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมเป็นหน้าที่หลักของตำรวจ ในการดำเนินการเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ดังคำกล่าวที่ว่า งานสายตรวจเป็นกระดูกสันหลังของตำรวจ เพราะเป็นที่ยอมรับกันว่างานสายตรวจเป็นหัวใจสำคัญในการป้องกันอาชญากรรม นอกจากนั้นตำรวจสายตรวจยังสร้างความอบอุ่นและให้บริการแก่ประชาชนอีกด้วย (วรรณรัตน์, 2543) หากสายตรวจปฏิบัติหน้าที่ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการวางแผนป้องกันอาชญากรรมแล้ว ย่อมทำให้เป้าหมายในการป้องกันอาชญากรรมบรรลุผลสำเร็จ (กิตติพัชร, 2545)

ในการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจเป็นไปตาม หลักของทฤษฎีการบังคับใช้กฎหมาย คือการปรากฏตัวของตำรวจย่อมมีผลในการยับยั้งผู้ที่มีแนวโน้มจะประกอบอาชญากรรมเพราะความเกรงกลัวการจับกุม (ปุระชัย, 2545) ดังนั้นถ้าสายตรวจเดินทางไปปรากฏกายยังบริเวณต่างๆ ตามแผนการตรวจที่วางไว้ย่อมจะเป็นการลดโอกาสสำหรับผู้ที่ตั้งใจจะละเมิดกฎหมาย

การเดินทางออกตรวจให้ครบทุกจุดตรวจนั้น ตำรวจสายตรวจควรจะเลือกเส้นทางที่ใช้ระยะทางสั้นที่สุดเพื่อประหยัดค่าน้ำมัน เนื่องจากตำรวจสายตรวจแต่ละนายได้รับการจัดสรรค่าน้ำมันอย่างจำกัดจากสถานีตำรวจซึ่งค่อนข้างสวนทางกับราคาน้ำมันที่มีแต่จะสูงขึ้น การเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดนั้นเป็นการเลือกโดยอาศัยประสบการณ์และความคุ้นเคยกับพื้นที่เป็นหลัก จึงเป็นไปได้ว่าเส้นทางที่เลือกบางครั้งอาจไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุดส่งผลให้การประหยัดน้ำมันไม่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นถ้าสามารถวิเคราะห์คำนวณจัดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางไปยังที่ตั้งของจุดตรวจตู้แดง, ธนาคาร, ร้านทอง จุดตรวจอื่นๆ ที่ประชาชนในพื้นที่ขอความร่วมมือมา ได้ครบทุกสถานที่โดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด และยังสามารถเดินทางไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะตามเวลาที่ผู้บังคับบัญชากำหนดได้ ย่อมช่วยให้ตำรวจสายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลดีต่อการป้องกันอาชญากรรม

เมื่อเปรียบเทียบการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแล้วมีความคล้ายคลึงกับปัญหาโลจิสติกส์ของการขนส่งสินค้าอย่างมาก กล่าวคือ สถานีตำรวจนั้นอาจเปรียบเสมือนศูนย์กลางกระจายสินค้า

ในขณะที่จุดตรวจต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบที่เป็นเสมือนลูกค้าที่สายตรวจต้องเดินทางไปให้ครบ นอกจากนี้สายตรวจต้องเดินทางไปยังจุดตรวจในช่วงเวลาที่กำหนดตามคำสั่งของผู้บังคับบัญชาเพื่อป้องกันอาชญากรรมในบริเวณนั้น ซึ่งเปรียบได้กับหน้าต่างเวลา (Time Windows) ของการส่งสินค้าในธุรกิจโลจิสติกส์นั่นเอง

ทั้งนี้ไม่ปรากฏว่ามีการศึกษาวิจัยการจัดวางแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจจากมุมมองทางโลจิสติกส์มาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์คำนวณ ดังนั้นเพื่อพัฒนาการจัดเส้นทางสายตรวจให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอให้นำความรู้ด้านการใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีใช้กันอยู่ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้สำหรับการจัดแผนการออกตรวจ โดยใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานจริงจากสถานีตำรวจนครบาลแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา และอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณระยะทางการเดินทางตามโครงข่ายถนน ระหว่างจุดตรวจต่างๆ กับสถานีตำรวจ ซึ่งตัวแบบคณิตศาสตร์ที่เลือกนำมาจำลองปัญหาการจัดเส้นทางตรวจของตำรวจสายตรวจ ได้แนวคิดพื้นฐานมาจากตัวแบบจำลองปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีเงื่อนไขเวลา (Traveling Salesman Problem with Time Windows) โดยปรับปรุงเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับลักษณะการปฏิบัติงานเดินทางออกตรวจของตำรวจสายตรวจให้มากที่สุด

1.2 ลักษณะของปัญหาที่วิจัย

การออกตรวจของตำรวจสายตรวจที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบันนั้น ผู้บังคับบัญชาไม่ได้กำหนดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางออกตรวจ เพียงแต่กำหนดให้สายตรวจออกตรวจสมุดประจำจุดตรวจตู้แดง, สมุดประจำจุดตรวจธนาคารและร้านทอง ให้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ และตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามสถานที่และช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น ดังนั้นสายตรวจจึงใช้ประสบการณ์และความคุ้นเคยกับเส้นทางในการตัดสินใจเลือกเส้นทางในออกตรวจ ซึ่งเป็นไปได้ว่าเส้นทางที่สายตรวจเดินทางอาจจะไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุดส่งผลให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเดินทาง แต่ถ้ามีการวางแผนเส้นทางให้สายตรวจออกตรวจและถึงที่หมายตรงเวลาน่าจะทำให้การออกตรวจใช้ระยะทางที่สั้นลงและลดการใช้เชื้อเพลิง

1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ตั้งวัตถุประสงค์หลักไว้ 2 ประการ ได้แก่

- 1) ศึกษากระบวนการจัดการแผนการตรวจและการทำงานของตำรวจสายตรวจที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน
- 2) พัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับช่วยใช้ในการวางแผนจัดเส้นทางตรวจของตำรวจสายตรวจ โดยอาศัยแนวความคิดพื้นฐานจากตัวแบบจำลองที่ใช้งานในธุรกิจโลจิสติกส์ มาประยุกต์ให้สามารถจำลองการทำงานของตำรวจสายตรวจมากที่สุด

1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

ขอบเขตของการศึกษานี้ใช้สถานีตำรวจนครบาลหนองแขมเป็นกรณีศึกษา โดยศึกษากระบวนการจัดการแผนการตรวจและการปฏิบัติหน้าที่ของตำรวจสายตรวจ ซึ่งข้อมูลต่างๆ ได้มาจากสถานีตำรวจแห่งนี้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม วิธีการศึกษาวิจัยที่นำมาใช้เป็นมาตรฐานสากล จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานีตำรวจแห่งอื่นๆ ได้ เพียงแต่ปรับเปลี่ยนส่วนของข้อมูลที่ป้อนเข้าเท่านั้น ลักษณะของตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ยังคงเหมือนเดิม

1.5 ผลลัพธ์ที่คาดหวัง

เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้ว คาดหวังว่าจะได้รับผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

- 1) มีความรู้ความเข้าใจกระบวนการวางแผนการตรวจและการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจ และกระบวนการโลจิสติกส์ของการออกตรวจโดยละเอียด
- 2) มีเครื่องมือ (Analytical Tools) สำหรับการวิเคราะห์วางแผนเส้นทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ตำรวจสายตรวจใช้ระยะทางในการเดินทางออกตรวจน้อยลง ใช้ทรัพยากรน้อยลง แต่ครอบคลุมพื้นที่จุดตรวจได้เช่นเดิม สามารถปฏิบัติหน้าที่ตามคำสั่งที่ผู้บังคับบัญชามอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 คำจำกัดความ

คำจำกัดความสำคัญที่ควรรู้ในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย

ตำรวจสายตรวจ (รูปที่ 1.1) หมายถึง เจ้าหน้าที่ตำรวจสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมที่ทำหน้าที่ป้องกันปราบปรามอาญา

สายตรวจรถจักรยานยนต์ (รูปที่ 1.2) หมายถึง เจ้าหน้าที่ตำรวจสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมที่ทำหน้าที่ป้องกันและปราบปรามอาชญากรรม โดยใช้รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะในการออกตรวจ

รถจักรยานยนต์สายตรวจ (รูปที่ 1.3) เป็นยานพาหนะที่สายตรวจใช้ในการออกตรวจ

จุดตรวจ หมายถึง จุดที่กำหนดไว้ให้ตำรวจสายตรวจเดินทางเข้าไปตรวจตราเพื่อป้องกันการเกิดอาชญากรรม ซึ่งอยู่ 4 ประเภทคือ จุดตรวจตู้แดง, จุดตรวจธนาคาร, จุดตรวจร้านทองและจุดตรวจค้ายานพาหนะ

จุดตรวจตู้แดง (รูปที่ 1.4) เป็นจุดที่กล้องสีแดงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตั้งอยู่ มีสมุดประจำจุดตรวจอยู่ภายใน ซึ่งสายตรวจต้องลงชื่อไว้ในสมุดบันทึกนี้เมื่อมาถึง

จุดตรวจธนาคาร (รูปที่ 1.5) คือ ธนาคารที่สายตรวจต้องลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจเมื่อมาถึงธนาคาร

จุดตรวจร้านทอง (รูปที่ 1.6) คือ ร้านทองที่สายตรวจต้องลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจเมื่อมาถึงร้านทอง

จุดตรวจค้ายานพาหนะ (รูปที่ 1.7) เป็นจุดที่ผู้บังคับบัญชากำหนดให้สายตรวจไปตั้งจุดตรวจค้ายานพาหนะเพื่อตรวจสอบยานพาหนะที่สัญจรไปมา โดยจะตั้งจุดตรวจค้ายานพาหนะในเส้นทางที่น่าจะเกิดอาชญากรรม

สมุดประจำจุดตรวจ (รูปที่ 1.8) จะอยู่ในจุดตรวจตู้แดง, ธนาคาร, ร้านทอง ซึ่งสายตรวจจะต้องลงลายมือชื่อเมื่อเดินทางมาปฏิบัติหน้าที่จุดตรวจดังกล่าว โดยภายในจะมีตารางให้ใส่ชื่อ วันเวลา และลายมือชื่อ

แผนการตรวจ หมายถึง แผนที่ผู้บังคับบัญชากำหนดให้สายตรวจเดินทางออกไปยังจุดตรวจตามช่วงเวลาที่กำหนด ตัวอย่างของแผนการตรวจแสดงไว้ในรูปที่ 1.9 ซึ่งตำรวจสายตรวจจะต้องไปตั้งจุดตรวจค้ายานพาหนะตามเวลาที่กำหนด

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ
ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ



รูปที่ 1.1 ตำรวจสายตรวจ



รูปที่ 1.2 สายตรวจรถจักรยานยนต์

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการตรวจของตำรวจสายตรวจ
ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ



รูปที่ 1.3 รถจักรยานยนต์สายตรวจ



รูปที่ 1.4 จุดตรวจตู้แดง

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ
ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ



รูปที่ 1.5 จุดตรวจธนาคาร



รูปที่ 1.6 จุดตรวจร้านทอง



รูปที่ 1.7 จุดตรวจคั่นยานพาหนะ

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการตรวจของตำรวจสายตรวจ
 ร.ต.ท. ชานนท์ คำวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ



สมุดตรวจตู้แดง

จุดตรวจ ม. 100000 อ.ท.ด

เขตตรวจที่ 1 ประจำเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 25 53

สถานีตำรวจนครบาลหนองแขม

กองบัญชาการตำรวจนครบาล

เหตุด่วน เหตุร้าย

โทร. 191, 02-4293570-1

บันทึกการตรวจตู้แดง

ลำดับ	วัน เดือน ปี	เวลา	ยศ ชื่อ สกุล ผู้ตรวจ	ลายมือชื่อ	รหัส	หมายเหตุ
			00.01-05.00			
1	2 ม.ค 63	00.40	ตจ. จิตต์ ๑๕๕/๕	ตจ. จิตต์	121-5	
			ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล		
2	3 ม.ค 63	01.55	ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล	2-0	
3	2 ม.ค 63	05.50	ตจ. จิตต์ ๑๕๕/๕	ตจ. จิตต์	121-5	
			ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล		
			08.01-16.00			
1	2 ม.ค 63	11.40	ตจ. จิตต์ ๑๕๕/๕	ตจ. จิตต์	121-4	
			ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล		
2	2 ม.ค 63	12.00	ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล	2	
			16.00-24.00			
1	2 ม.ค 63	19.52	ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล	121-1	
			ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล		
2	4	21.29	ตจ. อ.มณฑล / มณฑล	ตจ. อ.มณฑล	22-0	

รูปที่ 1.8 สมุดประจำจุดตรวจ

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ

สายตรวจ	ช่วงเวลา	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
2-0	-11.00-11.30 น. - 14.15-15.00 น.	ว.43 เคลื่อนที่ หน้าโรงไม้ (บก.9) ว.43 เคลื่อนที่ หน้าวัดอุดม (บก.9)	ว.43 เคลื่อนที่ ของ บก. 9 แจ้งศูนย์ เป็นหลักฐาน ทุกครั้ง
จยย. เขตตรวจที่ 1	-11.00-11.30 น. -14.15-15.00 น.	ร่วม 2-0 ว.43 เคลื่อนที่โรงไม้ (บก.9) ร่วม 2-0 ว.43 เคลื่อนที่ หน้าวัดอุดม (บก.9)	
จยย. เขตตรวจที่ 2	11.00-12.00 น. 14.00 -15.00 น.	ว.10 กลาง ช.นาคสภาพร 2 ว.10 ตรงข้ามคาร์ฟูร์	
จยย. เขตตรวจที่ 3	-15.00 -15.30 น.	ว.10 หน้าวัดหลักสาม	

รูปที่ 1.9 แผนการตรวจของสายตรวจ

บทที่ 2

ทบทวนความรู้และงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้เป็นการทบทวนความรู้และงานวิจัยสองส่วนสำคัญ ได้แก่ ส่วนที่หนึ่งว่าด้วยลักษณะของงานตำรวจสายตรวจในประเทศไทย ส่วนที่สองเป็นส่วนที่เกี่ยวกับงานวิจัยในอดีตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหางานวิจัยนี้ โดยอาจจะเป็นความคล้ายในมุมมองของโจทย์ตำรวจ เช่นเดียวกัน หรือวิธีการสร้างตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยในครั้งนี้

2.1 งานตำรวจสายตรวจในประเทศไทย

2.1.1 วัตถุประสงค์ของการตรวจท้องที่

การจัดตำรวจสายตรวจเดินทางออกตรวจให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบ หรือบริเวณตามที่ต้องการ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2543)

- 1) ป้องกันปราบปรามอาชญากรรม
- 2) สร้างความใกล้ชิด ความอบอุ่นใจให้กับประชาชนที่พบเห็น
- 3) ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและบริการประชาชนในบริเวณใกล้เคียงที่ตรวจ
- 4) ประชาสัมพันธ์ และแสวงหาความร่วมมือจากประชาชน

2.1.2 แนวทางในการตรวจท้องที่

เพื่อให้การป้องกันและปราบปรามมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้สายตรวจปฏิบัติหน้าที่เป็นแนวทางเดียวกัน จึงต้องกำหนดแนวทางในการตรวจท้องที่ดังต่อไปนี้ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2543)

- 1) ให้สายตรวจออกตรวจออกตรวจตามแผนการตรวจ เมื่อสายตรวจเดินทางถึงจุดตรวจแล้วให้ลงลายมือชื่อใน สมุดประจำจุดตรวจ เพื่อเป็นหลักฐาน (ตัวอย่างตามรูปที่ 2.1) ซึ่งการออกตรวจนี้เป็นการตัดช่องโอกาสของคนร้ายอันเป็นการป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหากขณะตรวจพบคนร้ายกระทำความผิด ก็สามารถเข้าจับกุมได้ทันที
- 2) ประชาสัมพันธ์เยี่ยมเยียนประชาชน ซึ่งอยู่ในเส้นทางการตรวจ ให้คำแนะนำต่างๆ รับทราบข้อมูล ข่าวสาร ปัญหา และความต้องการของประชาชน

- 3) สังเกต ตรวจตรา บุคคล และยานพาหนะที่น่าสงสัย รวมทั้งสถานที่สำคัญหรือสถานที่
ล่อแหลมต่อการเกิดเหตุที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน
- 4) สืบหาข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับบุคคล และข้อมูลท้องถิ่นในบริเวณที่รับผิดชอบ ซึ่งอาจมี
การเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ
- 5) สายตรวจทุกคนต้องมีอุปกรณ์ที่จำเป็นในการออกตรวจ เช่น อาวุธปืน วิทยุแกมโบ ไฟฉาย
โดยเฉพาะสมุดพก (ตัวอย่างตามรูปที่ 2.2) เพื่อจดบันทึกเหตุการณ์สำคัญ
- 6) จำนวนการตรวจจุดตรวจของสายตรวจแต่ละจุด แต่ละช่วงเวลาอาจจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับ
สถานภาพอาชญากรรม สภาพพื้นที่ และจำนวนจุดตรวจของแต่ละสถานีตำรวจ โดยให้ผู้บังคับบัญชา
เป็นผู้กำหนดและจัดทำแผนการตรวจจุดตรวจ
- 7) ในการตรวจจุดตรวจ ให้สายตรวจหยุดสังเกตการณ์โดยใช้เวลาพอสมควรที่จะสังเกต
บุคคล ยานพาหนะ หรือสิ่งผิดสังเกตต่างๆ หากสงสัยให้ตรวจค้นรวมถึงการประชาสัมพันธ์หาข่าว
- 8) กรณีสายตรวจไม่สามารถตรวจดูแลได้ตามจำนวน หรือช่วงเวลาที่กำหนดในแผน เช่น
ต้องไประงับเหตุ ติดตามคนร้าย ตำรวจสายตรวจจะต้องรายงานให้ผู้บังคับบัญชาทราบ



รูปที่ 2.1 การลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจ

วัน เดือน ปี	รายการปฏิบัติ, ข้อมูล	หมายเหตุ

รูปที่ 2.2 สมุดพก

2.1.3 การจัดเวลาปฏิบัติหน้าที่

ในหนึ่งวันสายตรวจจะแบ่งหน้าที่การตรวจออกเป็น 3 ผลัดๆ ละ 8 ชั่วโมง ดังนี้ (วรรณรัตน์, 2543)

ผลัดที่ 1 ออกปฏิบัติหน้าที่ระหว่างช่วงเวลา 00.01 น. – 08.00 น.

ผลัดที่ 2 ออกปฏิบัติหน้าที่ระหว่างช่วงเวลา 16.01 น. – 24.00 น.

ผลัดที่ 3 ออกปฏิบัติหน้าที่ระหว่างช่วงเวลา 08.01 น. – 16.00 น.

2.1.4 การแบ่งเขตตรวจ

สถานีตำรวจจะแบ่งพื้นที่ความรับผิดชอบออกเป็นเขตตรวจเพื่อให้สายตรวจเดินทางออกตรวจได้อย่างทั่วถึงและปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหลักเกณฑ์ในการแบ่งพื้นที่เขตตรวจคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้ ดังนี้ (วรรณรัตน์, 2543)

1) ระดับการให้บริการ ตำรวจสายตรวจจะสามารถเดินทางไปถึงที่เกิดเหตุภายในเวลาที่กำหนดไว้ เช่น

- ย่านธุรกิจ ต้องใช้เวลาในการเดินทาง 3 - 5 นาที
- ย่านชุมชน ต้องใช้เวลาในการเดินทาง 5 - 7 นาที
- ย่านนอกเขตชุมชน ต้องใช้เวลาในการเดินทาง 7 - 10 นาที

- 2) ความหนาแน่นของประชากร ถ้าพื้นที่ใดมีความหนาแน่นมากให้แบ่งพื้นที่ให้เล็กลง
- 3) เส้นทางคมนาคม โดยคำนึงถึงความสะดวกในการเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ
- 4) สภาพอาชญากรรม พื้นที่ที่ต่างกัน ลักษณะการก่ออาชญากรรมจะต่างกัน
- 5) ความเหมาะสมระหว่างกำลังพลกับเขตตรวจ

2.1.5 การพิจารณาการกำหนดจุดตรวจ

สถานีตำรวจแต่ละที่มีความแตกต่างกันในด้านขนาดพื้นที่รับผิดชอบ เส้นทางจราจร ภูมิประเทศ ดังนั้นจำนวนของจุดตรวจจึงต้องมีความแตกต่างกันตามสภาพของแต่ละพื้นที่ของสถานีตำรวจนั้นๆ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการกำหนดจุดตรวจ ได้แก่ ดังนี้ (วรรณรัตน์, 2543)

- 1) กรณีที่พิจารณาการกำหนดจุดตรวจเพื่อป้องกันอาชญากรรมทั่วไปหรือเหตุต่างๆ ทั่วไป ควรกำหนดจุดตรวจให้สายตรวจสามารถเดินทางออกตรวจครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบ
- 2) สถานภาพอาชญากรรม ถ้าบริเวณและช่วงเวลาใดมีสถิติการเกิดคดีขึ้นมาก จะกำหนดให้สายตรวจเดินทางออกตรวจยังบริเวณนั้นๆ
- 3) บ้านบุคคลสำคัญ หรือสถานที่สำคัญ ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีความจำเป็นต้องป้องกันเหตุเป็นพิเศษ
- 4) บริเวณที่เป็นชุมชนหนาแน่น ทั้งในย่านประกอบธุรกิจ และย่านที่พักอาศัย หรือสถานีขนส่ง เป็นต้น เพื่อป้องกันเหตุในส่วนหนึ่ง และเพื่อให้ประชาชนพบเห็นเจ้าหน้าที่ตำรวจ เป็นการสร้างความปลอดภัยให้กับประชาชน
- 5) บริเวณที่เปลี่ยว หรือเส้นทางเปลี่ยว ซึ่งเป็นสถานที่ซึ่งมักจะเกิดอาชญากรรมหลายประเภท เพื่อป้องกันเหตุร้ายที่อาจจะเกิดขึ้นได้
- 6) เส้นทางที่คนร้ายมักจะใช้เดินทางในการประกอบอาชญากรรม ควรกำหนดจุดตรวจในบริเวณดังกล่าว เพื่อป้องกันหรือลดจำนวนเหตุที่เกิดขึ้น ด้วยการปรากฏกายของเจ้าหน้าที่ตำรวจ

2.1.6 คุณลักษณะของสายตรวจรถจักรยานยนต์

ตำรวจสายตรวจในประเทศไทยมีหลายลักษณะ ซึ่งอาจจัดแบ่งได้ตามลักษณะของยานพาหนะที่ใช้ในการออกตรวจ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ เรือ ฯลฯ งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ศึกษาเฉพาะการจัดเส้นทางตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ซึ่งมีความสำคัญในการป้องกันอาชญากรรม ดังนั้นจึงอธิบายเฉพาะคุณลักษณะสายตรวจรถจักรยานยนต์เท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2543)

- 1) ตำรวจสายตรวจต้องแต่งเครื่องแบบและสวมหมวกนิรภัยในขณะปฏิบัติหน้าที่ (รูปที่ 2.3)
- 2) สายตรวจจะต้องมีอุปกรณ์ในการออกตรวจ เช่น อาวุธปืน กระสุนปืน วิทยุแกมโบ้ กระบอง ไฟฉาย เสื้อกันฝน สมุดพก
- 3) สายตรวจที่ออกตรวจ ต้องมีวิทยุและสามารถติดต่อได้ตลอดเวลา
- 4) เมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้นให้สายตรวจที่ปฏิบัติหน้าที่อยู่ในเขตรับผิดชอบ หรือสายตรวจที่อยู่ใกล้เคียงเกิดเหตุไปยังที่เกิดเหตุโดยเร็ว
- 5) รถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการออกตรวจที่กำบังลมต้องมีคำว่า “สายตรวจ สน....” ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 เครื่องแบบตำรวจสายตรวจ



รูปที่ 2.4 กำบังลมรถจักรยานยนต์สายตรวจ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นหนึ่งในปัญหาที่ต้องการคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งปัญหานี้เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในงานวิจัย ในรอบ 50 ปีมานี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเพราะเป็นปัญหาที่เข้าใจง่าย แต่ในขณะเดียวกันก็ยากที่จะได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ(Sarker and Newton, 2008) โดยงานวิจัยนี้คือปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีเงื่อนไขเวลา(Traveling Salesman Problem with Time Windows, TSPTW) เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหาเส้นทางในการเดินทางของพนักงานขายไปยังเมืองต่างๆ โดยพนักงานขายจะต้องเดินทางผ่านเมืองต่างๆให้ครบทุกเมือง โดยเดินทางผ่านเมืองละ 1 ครั้งตามช่วงเวลาที่กำหนด และพนักงานขายจะต้องเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้นเป็นจุดสุดท้าย โดยมีเป้าหมายคือการหาเส้นทางในการเดินทางไปยังเมืองต่างๆที่สั้นที่สุด (Cheng and Mao, 2007) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของระยะทาง เวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยขนาดของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมี

ค่าเท่ากับ $(n-1)!/2$ คำตอบ (Jünger et al., 1995) เมื่อ n คือจำนวนเมืองที่พนักงานขายจะต้องเดินผ่านโดยขนาดของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนเมืองที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้การหาคำตอบเส้นทางที่สั้นที่สุดมีความยากเพิ่มขึ้นตามจำนวนเมืองที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นปัญหาประเภท NP-hard (Da Silva and Urrutia, 2010) ซึ่งเป็นปัญหาที่หาคำตอบที่ดีที่สุดค่อนข้างยาก โดยจำนวนที่เป็นไปได้จะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียลตามจำนวนจุดของสถานที่ที่เพิ่มมากขึ้น และในการหาคำตอบยังจะต้องใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนจุดของสถานที่ที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน

2.3 งานวิจัยในอดีต

ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ในอดีตที่จัดกำลังสายตรวจไปป้องกันปราบปรามอาชญากรรมเริ่มต้นจากปลายทศวรรษที่ 1960 โดยงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการจัดสรรและการทำงานของตำรวจในการป้องกันอาชญากรรมปรากฏในวารสาร Management Science อย่างสม่ำเสมอ และยังต่อเนื่องถึงทศวรรษที่ 1970 และทศวรรษที่ 1980 ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ในหลายงานวิจัยถูกนำไปใช้ในเมื่องนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากได้ให้การสนับสนุนในการวิจัยขั้นพื้นฐาน โดยหลายตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์และหลายนโยบายถูกนำไปใช้ต่อในหลายเมือง (Green and Kolesar, 2004) โดยมีตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

Olson and Gordon (1975) พัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ออกตรวจหนึ่งครั้งทำอย่างไรจะครอบคลุมถนนมากที่สุด

ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการป้องกันปราบปรามอาชญากรรมที่ได้รับการเผยแพร่มากที่สุดคือ Patrol Car Allocation Model (PCAM) (Chaiken and Dormont, 1978) ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ถูกพัฒนามาจากเจ้าหน้าที่ระดับสูงของ New York Police Department (NYPD) ที่สนใจในการพัฒนาการจัดสรรเจ้าหน้าที่ตำรวจไปในเขตต่างๆ (Tongo, 2010) PCAM เริ่มมีการใช้ที่เมื่องนิวยอร์ก เนื่องจากทศวรรษปี 1970 มีวิกฤตเศรษฐกิจในอเมริกาจึงต้องมีการตัดลดทรัพยากรในการออกตรวจ จากนั้น PCAM จึงขยายไปมากกว่า 40 หน่วยตำรวจในประเทศสหรัฐอเมริกาจนถึงประเทศแคนาดา ประเทศเนเธอร์แลนด์ และประเทศอิสราเอล (Green and Kolesar, 2004) โดยเมื่องส่วนใหญ่ที่นำ PCAM ไปใช้นั้นจะนำข้อมูลแต่ละเมื่องใส่เข้าไปแทนซึ่งการใช้งานจะเปลี่ยนแปลงไป (Chaiken, 1978; Lawless, 1987)

Chelst (1978) เสนอขั้นตอนการส่งสายตรวจเข้าไปป้องกันอาชญากรรม ด้วยการถ่วงน้ำหนักความเป็นไปได้สูงสุดที่สายตรวจจะเข้าไปขัดขวางการเกิดอาชญากรรม โดยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ใช้ข้อมูลน้ำหนักในการเกิดอาชญากรรม, ข้อมูลลักษณะการเกิดอาชญากรรม และข้อมูลความถี่การเกิดอาชญากรรมเป็นตัวแปรที่ใส่เข้าไป โดยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ มอบหมายสายตรวจลงไปในพื้นที่แต่ละพื้นที่ที่สัมพันธ์กับอัตราส่วนการเกิดอาชญากรรม เมื่อจัดสรรสายตรวจที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความเป็นไปได้ในการขัดขวางการเกิดอาชญากรรม

Lee et al. (1979) เสนอตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ an integer goal programming model ที่จัดสรรให้สายตรวจทางหลวงไปยังส่วนต่างๆพื้นที่ในความรับผิดชอบ ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ถูกนำมาใช้กับสายตรวจในเมืองเนแบรสกา สหรัฐอเมริกา โดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการมอบหมายงานให้สายตรวจ

Green and Kolesar (1984) ใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ a multiple patrol car per call priority queueing model โดยเน้นไปที่ในการวัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานโดยดูจากความเร็วในการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉิน

Taylor et al. (1985) ศึกษาการส่งรถยนต์สายตรวจทางหลวงไปในพื้นที่ในความรับผิดชอบ โดยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ An integer non linear goal programming แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการส่งสายตรวจและประสิทธิภาพ โดยพบว่าส่งสายตรวจเพิ่มขึ้นแต่ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง

Taylor and Huxley (1989) ใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ An integer programming model ในการกำหนดตารางเวลาและปรับใช้กับตำรวจในเมืองซานฟรานซิสโก ประเทศสหรัฐอเมริกาได้อย่างเหมาะสม การศึกษานี้เป็นผลให้เกิดการพัฒนาเจ้าหน้าที่สายตรวจ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ประชาชนมีความปลอดภัยสูงสุด เจ้าหน้าที่ที่มีกำลังใจในการทำงาน ลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานพบว่าจากตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ทำให้สามารถประหยัดได้เป็นจำนวนมาก การตอบสนองเพิ่มขึ้น 20 % แต่ตัวแปรในการตัดสินใจสำคัญในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้คือจำนวนเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติหน้าที่แต่ละผลัด

Reis et al. (2006) พัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ a genetic algorithmic patrol model เพื่อช่วยผู้บังคับบัญชาในการออกแบบยุทธศาสตร์เส้นทางสายตรวจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หาจุดเสี่ยงอาชญากรรมได้โดยอัตโนมัติ สมควรที่สายตรวจต้องไปตรวจเป็นประจำเพื่อให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

Wan-Lung (2007) ศึกษาปัญหาเส้นทางของสายตรวจ โดยมีจุดประสงค์เพื่อกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมในการตอบสนองการขอรับบริการด้วยสร้างตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดที่คาดว่าจะสามารถตอบสนองการมากที่สุด

Tongo (2010) ศึกษามาแล้วว่ายังไม่มีการวิจัยที่ใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ dynamic programming ในการจัดสรรสายตรวจในการป้องกันอาชญากรรมมาก่อน โดยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้มีข้อดีกว่า heuristic method ที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งจะเห็นผลก็ต่อเมื่อมีหน่วยสายตรวจจำนวนมากถึง 1,000 กระจายตัวอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบจึงจะเห็นผล โดยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ได้แนะนำให้ใช้กับตำรวจในประเทศไนจีเรียในการจัดสรรกำลังป้องกัน

งานวิจัยของ Chawathe (2007) ต้องการวางแผนเส้นทางสายตรวจให้ครอบคลุมสถานที่สำคัญให้มากที่สุดโดยต้นทุน (ระยะการออกตรวจ) ต่ำสุด โดยการสร้างตัวแบบเครือข่ายถนนด้วยการถ่วงน้ำหนักความสำคัญของถนนแต่ละเส้น โดยความถี่ในการไปปรากฏกายของสายตรวจจะเป็นไปตามความสำคัญของเส้นทาง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผู้วิจัยจะเน้นการถ่วงน้ำหนักความสำคัญของถนน แต่ก็ได้แสดงความเห็นว่าในความเป็นจริงการออกแบบเส้นทางสายตรวจจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะโครงข่ายถนน รวมถึงค่าใช้จ่ายอันเกิดจากการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งด้วย งานวิจัยนี้มีแนวคิดต่างการสายตรวจไทยคือ สายตรวจไทยได้กำหนดจุดตรวจเพื่อให้สายตรวจเดินทางอยู่แล้ว แต่งานวิจัยนี้ใช้ Hot-Spot (สถานที่สำคัญ) เพื่อหาเส้นทางในการออกตรวจ

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการวิจัยที่ใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ Integer linear Programming แบบ Traveling Salesman Problem with Time Windows ในการจัดสรรสายตรวจลงไปในพื้นที่เพื่อป้องกันอาชญากรรม ซึ่งรูปแบบการปฏิบัติหน้าที่ออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจไทยมีลักษณะเหมือนกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีเงื่อนไขเวลา โดยต้องการให้สายตรวจเดินทางไปยังจุดตรวจในพื้นที่รับผิดชอบตามช่วงเวลาที่กำหนดด้วยรถจักรยานยนต์เพียงคันเดียวโดยมีค่าใช้จ่ายในการเดินทาง(เชื้อเพลิง)น้อยที่สุด ซึ่งรูปแบบการทำงานของสายตรวจไทยต่างจากสายตรวจในต่างประเทศที่ใช้รถสายตรวจจำนวนหลายคันช่วยกันตรวจตราในพื้นที่รับผิดชอบ งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นในการวิจัยเพื่อหาจำนวนรถสายตรวจที่เหมาะสมกับพื้นที่รับผิดชอบ หรือหาสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับรถสายตรวจให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบเพื่อป้องกันปราบปรามอาชญากรรม

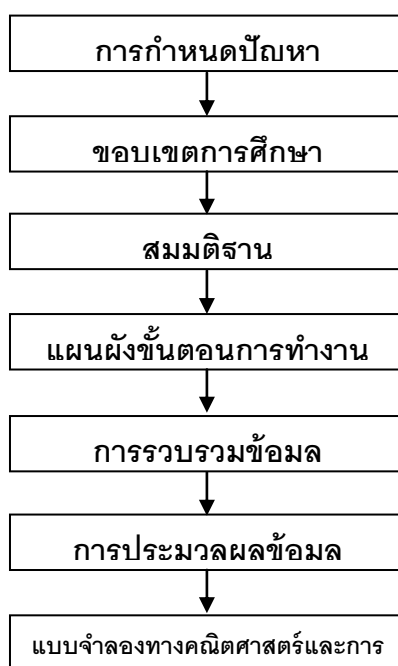
บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ในบทที่แล้วเราได้ทราบถึงลักษณะการทำงานของสายตรวจรถจักรยานยนต์ที่ปฏิบัติกันอยู่ในประเทศไทยและทราบถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ในบทนี้จะเป็นการอธิบายถึงระเบียบวิธีวิจัยซึ่งมีอยู่ 5 หัวข้อได้แก่ ขั้นตอนการทำงานวิจัย, แบบจำลองคณิตศาสตร์, เครื่องมือวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหา, การประเมินผลการจัดเส้นทางสายตรวจ และ กำหนดการวิจัยโดยแต่ละหัวข้อสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

ในการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการทำงานออกเป็นขั้นตอนเพื่อวางแผนการทำงานวิจัยให้เป็นระบบ ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการเข้าใจและดำเนินการวิจัย ซึ่งจะส่งผลดีทำให้ผู้ที่สนใจการวิจัยนี้สามารถเข้าใจวิธีการทำการวิจัยทั้งหมดแล้วนำไปต่อยอดพัฒนาต่อไปได้ ซึ่งขั้นตอนการวิจัยทั้งหมดมีอยู่ 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1)การกำหนดปัญหา 2)การกำหนดขอบเขตการศึกษา 3) การตั้งสมมุติฐาน 4) การวางแผนผังขั้นตอนการทำงาน 5) การรวบรวมข้อมูล 6) การประมวลผลข้อมูล 7) การพัฒนาตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหา รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของการวางแผนการทำงานวิจัย ซึ่งอธิบายงานในขั้นตอนต่างๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการวางแผนการทำงานของการวิจัยนี้

3.1.1 การกำหนดปัญหา

เริ่มที่การศึกษากระบวนการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน ว่ามีขั้นตอน และวิธีปฏิบัติสั่งการให้สายตรวจออกตรวจอย่างไร ด้วยการสอบถามสายตรวจโดยตรงและหนังสือคู่มือการปฏิบัติที่สายตรวจใช้เป็นแนวทาง นอกจากนี้ศึกษางานวิจัย, วิทยานิพนธ์ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดแผนการตรวจ

ในการศึกษาพบว่าการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจนั้นจะกำหนดจุดตรวจจำนวนหลายจุดตรวจให้กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ความรับผิดชอบ แล้วให้สายตรวจเดินทางออกตรวจไปยังจุดตรวจเหล่านั้นโดยมีจุดประสงค์ให้สายตรวจปรากฏกาย ณ สถานที่ต่างๆ เพื่อเป็นการป้องกันปราบอาชญากรรม ในบางจุดตรวจนั้นผู้บังคับบัญชาได้กำหนดช่วงเวลาให้สายตรวจไปตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะโดยจะตรวจคันรถที่สัญจรไปมาเพื่อหาสิ่งผิดกฎหมาย นอกจากนี้ในการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแต่ละผลัดนั้นไม่ได้เดินทางออกตรวจไปยังทุกจุดตรวจ แต่จะมีจุดตรวจที่สายตรวจต้องไปทุกครั้งที่ปฏิบัติหน้าที่คือจุดตรวจที่ผู้บังคับบัญชากำหนดให้หรือเป็นจุดตรวจซึ่งมีความสำคัญ เช่น ธนาคาร, ร้านทอง

ในการเดินทางออกตรวจตราของสายตรวจนั้นผู้บังคับบัญชาไม่ได้กำหนดเส้นทางในการเดินทางออกตรวจหรือกำหนดให้ต้องไปจุดตรวจใดก่อน แต่จะให้อิสระกับสายตรวจในการตัดสินใจเดินทาง โดยการตัดสินใจในการเดินทางนั้นจะอาศัยประสบการณ์และความคุ้นเคยกับพื้นที่เป็นหลัก ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเส้นทางที่สายตรวจเลือกนั้นอาจมีระยะทางที่ยาวเกินไปทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการเดินทางจำนวนมาก ซึ่งสวนทางกับที่สายตรวจได้รับการจัดสรรจากผู้บังคับบัญชาอย่างจำกัด

ปัญหาดังกล่าวมานี้ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะจัดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางไปยังที่ตั้งของตู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง ครอบคลุมสถานที่โดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด และเดินทางไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะตามเวลาที่กำหนดได้ เพื่อจะทำให้สายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลดีต่อการป้องกันอาชญากรรม

3.1.2 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ต้องการศึกษาแผนการออกตรวจของตำรวจสายตรวจของสำนักงานตรวจแห่งชาติว่าการปฏิบัติหน้าที่ออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจเป็นเช่นไร จากนั้นจึงนำความรู้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้วิเคราะห์จัดแผนการตรวจเพื่อให้ได้การจัดเส้นทางและแผนการตรวจที่เหมาะสมกับสายตรวจ ซึ่งจะส่งผลดีให้สายตรวจใช้ระยะทางในการออกตรวจที่น้อยลงใช้เชื้อเพลิงในการเดินทางน้อยลง ในการศึกษาขั้นต้นนี้ผู้วิจัยได้เลือกสายตรวจจรดักยานยนต์ของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมเป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้

เนื่องจากสายตรวจจรดจักรยานยนต์เป็นกำลังหลักในการป้องกันปราบปรามอาชญากรรมจึงมีความจำเป็นที่ควรจะต้องพัฒนาการจัดเส้นทางและแผนการตรวจสายตรวจจรดจักรยานยนต์เป็นอันดับแรก และเนื่องจากสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมตั้งอยู่ใจกลางเมืองของกรุงเทพมหานครซึ่งมีทั้งเส้นทางจราจรแบบชุมชนในเมืองหลวงและเส้นทางจราจรแบบต่างจังหวัด ดังนั้นเมื่อพัฒนาเรียบร้อยแล้วจึงนำไปปรับใช้กับสายตรวจจรดจักรยานยนต์ในสถานีตำรวจอื่นๆได้โดยปรับเปลี่ยนตามจำนวนจุดตรวจและเส้นทางของแต่ละสถานีตำรวจ

3.1.3 สมมุติฐาน

ในการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมของสำนักงานตำรวจแห่งชาติได้นำหลักการและทฤษฎีบังคับใช้กฎหมายเป็นแนวทางในการปฏิบัติ ซึ่งหลักการของทฤษฎีนี้เป็นเรื่องของ การจัดสายตรวจพุ่มเทศกำลังออกตรวจออกตรวจให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบโดยทฤษฎีนี้มีสมมุติฐานที่ว่า มีตำรวจที่ไหนจะไม่มีอาชญากรรมที่นั่น ดังนั้นจึงกำหนดการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจให้เดินทางไปยังจุดตรวจที่อยู่ในความรับผิดชอบเพื่อให้สายตรวจปรากฏกายในสถานที่ต่างๆ และตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะเพื่อค้นหาสิ่งผิดกฎหมายหรือคนร้าย ในการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจนั้นจะเริ่มต้นเดินทางจากสถานีตำรวจไปยังจุดตรวจต่างๆ เมื่อเดินทางครบทุกจุดตรวจตามแผนการตรวจที่กำหนดไว้แล้วจึงเดินทางกลับมาสถานีตำรวจอีกครั้งหนึ่ง

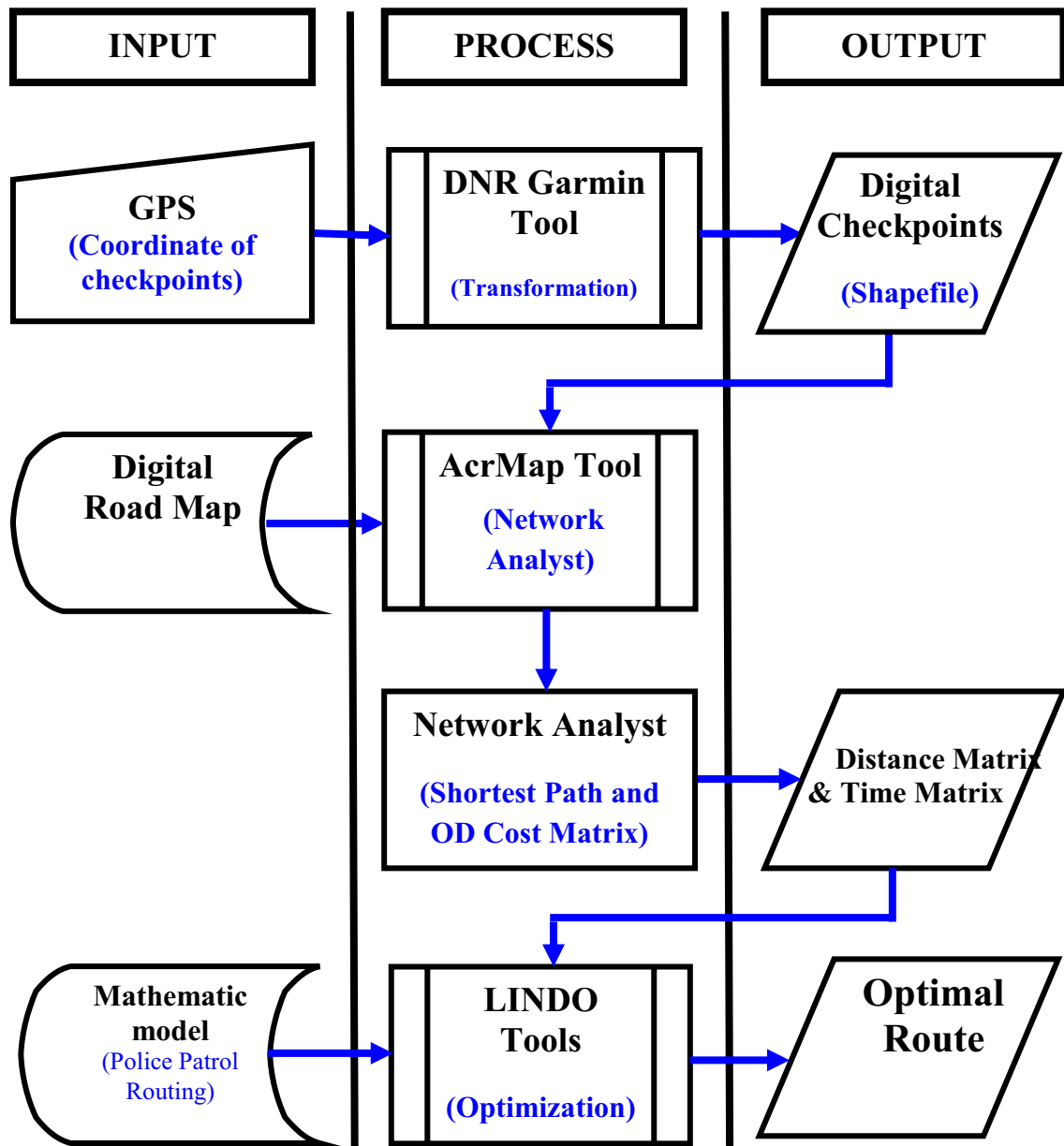
เมื่อเปรียบเทียบการปฏิบัติหน้าที่ของตำรวจสายตรวจแล้วมีความคล้ายคลึงกับปัญหาโลจิสติกส์ของการขนส่งสินค้าอย่างมาก กล่าวคือ สถานีตำรวจนั้นอาจเปรียบเสมือนศูนย์กลางกระจายสินค้า ในขณะที่จุดตรวจตู่แดง, ธนาคร-ร้านทองที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบเป็นเหมือนลูกค้าที่ตำรวจต้องเดินทางไปตรวจ และการตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะตามช่วงเวลาของผู้บังคับบัญชาที่กำหนดไว้เพื่อเป็นการป้องกันและยับยั้งอาชญากรรมในบริเวณนั้น เปรียบได้กับกรอบเวลา (Time Windows) การทำงาน

สมมุติฐานของการวิจัยนี้คือถ้านำความรู้ด้านโลจิสติกส์เข้ามาประยุกต์กับการเดินทางออกตรวจของสายตรวจ ด้วยการจัดเส้นทางและแผนการตรวจให้สายตรวจเดินทางไปยังที่ตั้งของจุดตรวจตู่แดง, ธนาคร-ร้านทอง ครบทุกสถานที่โดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด และเดินทางไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะตามเวลาที่กำหนดได้ ย่อมจะทำให้สายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลดีต่อการป้องกันอาชญากรรม

3.1.4 การวางแผนผังขั้นตอนการทำงาน

เมื่อทราบถึงสมมุติฐานของการวิจัยแล้วจึงต้องวางแผนขั้นตอนการดำเนินการวิจัยให้ตรงกับสมมุติฐานที่วางไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบแผนผังขั้นตอนการทำงานของงานวิจัยนี้ตามรูปที่ 3.2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ ทางด้านซ้ายมือสุดของรูปเป็นส่วนของข้อมูลป้อนเข้า หรือ Input ส่วนกลางของรูปเป็นส่วนของกระบวนการทำงาน หรือ Process ส่วนสุดท้ายทางขวามือ เป็นส่วนของผลลัพธ์ (Output) แผนผังนี้เป็นแนวทางดำเนินการวิจัยซึ่งจะทำให้รู้ว่าการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนต้องใช้ข้อมูลหรือใช้เครื่องมือในการวิจัย

เริ่มจากทางด้านซ้ายมือ ในขั้นตอนแรกนั้นจะเป็นการรวบรวมพิกัดที่ตั้งของจุดตรวจทั้งหมดในพื้นที่รับผิดชอบของสถานีตำรวจที่สายตรวจจรจกยานยนต์ต้องเดินทางไปยังจุดตรวจเหล่านั้นด้วยเครื่องระบุพิกัดดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) เมื่อได้ข้อมูลพิกัดที่ตั้งของจุดตรวจทั้งหมดแล้วจึงแปลงข้อมูลเหล่านั้นด้วยโปรแกรม DNR Garmin ให้อยู่ในรูป Shapefile เพื่อที่จะได้นำข้อมูลไปใช้ต่อไป จากนั้นจึงนำแผนที่ถนนในพื้นที่รับผิดชอบของ สถานีตำรวจและพิกัดจุดตรวจมาหาระยะทาง และระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมดด้วยโปรแกรม ArcMap ด้วยความสามารถ Network Analyst ในขั้นตอนต่อไปเป็นการเลือกใช้ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางด้านโลจิสติกส์มาปรับใช้จำลองการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ โดยจะต้องเลือกตัวแบบคณิตศาสตร์ให้คล้ายคลึงกับการออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจมากที่สุด เมื่อได้ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ต้องการแล้วจึงแทนค่าระยะทาง และระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจในตัวแบบคณิตศาสตร์จากนั้นจึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท Optimization ซึ่งในที่นี้ทดลองใช้โปรแกรม LINDO แก้ปัญหาตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่สายตรวจใช้ในการเดินทางออกตรวจ



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการทำงาน

3.1.5 การสำรวจรวบรวมข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปดำเนินการวิจัยนั้นมีขั้นตอนรวบรวมข้อมูลอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับแนวทางวิธีการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจและส่วนที่เกี่ยวกับตำแหน่งจุดตรวจทั้งหมดในพื้นที่รับผิดชอบของกรณีศึกษา

- 1) ข้อมูลแนวทางวิธีการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจ

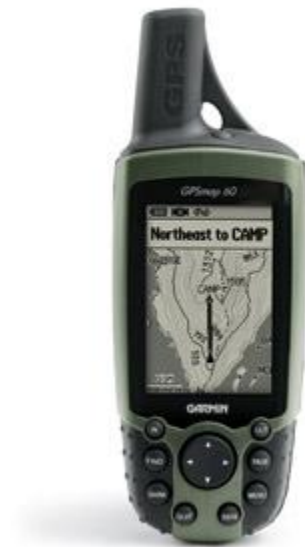
วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ ต้องการศึกษาระบวนการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน และศึกษาหาตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ช่วยในการวางแผนจัดเส้นทางตรวจของสายตรวจโดยให้คล้ายคลึงกับการทำงานของสายตรวจมากที่สุด ดังนั้นในการรวบรวมข้อมูลจำเป็นต้องทราบถึงแนวทางวิธีการปฏิบัติของตำรวจสายตรวจเพื่อที่จะได้ดำเนินการวิจัยให้ตรงจุดประสงค์มากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาวิธีการปฏิบัติของตำรวจสายตรวจด้วยการสอบถามและสัมภาษณ์ผู้บังคับบัญชาและเจ้าหน้าที่สายตรวจ และศึกษาจากหนังสือ “คู่มือการปฏิบัติในการจัดและควบคุมสายตรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ” (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2543) และ “แนวทางการบริหารและพัฒนาการป้องกันปราบปราม กองบัญชาการตำรวจนครบาล” (วรรณรัตน์, 2543) ซึ่งหนังสือนี้สถานตำรวจได้ยึดถือใช้เป็นแนวปฏิบัติในการทำงาน

จากการรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัยได้ความว่าวิธีการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจในการป้องกันปราบปรามจะใช้หลักของทฤษฎีบังคับใช้กฎหมายที่เน้นให้สายตรวจสวมเครื่องแบบออกปฏิบัติหน้าที่ตรวจตราให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบ โดยให้สายตรวจปรากฏกายให้คนทั่วไปเห็นเด่นชัดเพื่อสร้างความอบอุ่นใจให้ประชาชนและให้คนร้ายเกรงกลัวไม่กล้าลงมือกระทำความผิด ซึ่งในการเดินทางออกตรวจนั้นผู้บังคับบัญชาได้กำหนดสถานที่ที่สายตรวจต้องไปตรวจนั้นก็คือ จุดตรวจ ซึ่งก็มีจุดตรวจตู้แดง จุดตรวจธนาคาร จุดตรวจร้านทอง และจุดตรวจคันยานพาหนะ ในการเดินทางออกตรวจของสายตรวจนั้นผู้บังคับบัญชาของสายตรวจไม่ได้กำหนดให้สายตรวจต้องไปจุดตรวจใดก่อนหรือต้องใช้เส้นทางใดแต่ให้อิสระกับสายตรวจในการตัดสินใจเลือกเส้นทางซึ่งสายตรวจมักจะเลือกเส้นทางจากการอาศัยประสบการณ์และความคุ้นเคยกับพื้นที่เป็นหลัก แต่จุดตรวจคันยานพาหนะผู้บังคับได้กำหนดช่วงเวลาให้สายตรวจไปตั้งจุดตรวจตาม “แผนการตรวจออกตรวจ” ที่วางไว้ ซึ่งการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะนี้มีไว้เพื่อตรวจคันยานพาหนะที่คาดว่าจะไปกระทำความผิดหรือได้ไปกระทำความผิดมาแล้ว เพื่อหาสิ่งผิดกฎหมาย และป้องกันไม่ให้คนร้ายไปกระทำความผิด

2) ข้อมูลพิกัดจุดตรวจ

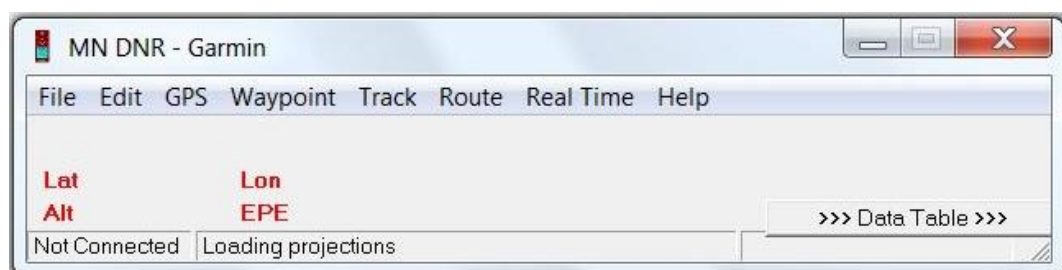
เมื่อทราบถึงแนวทางวิธีการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจตามหัวข้อที่ผ่านมาแล้วนั้น ในการที่จะนำความรู้ด้านโลจิสติกส์มาปรับใช้กับการเดินทางออกตรวจของสายตรวจนั้นจะต้องทราบถึงพิกัดที่ตั้งของจุดตรวจทั้งหมดที่อยู่ในความรับผิดชอบของสถานีตำรวจนครบาลจุดตรวจที่ทำการจัดเก็บพิกัดนั้นคือจุดตรวจตู้แดง, จุดตรวจธนาคาร, จุดตรวจร้านทอง และจุดตรวจคันยานพาหนะ โดยวิธีการเพื่อให้ได้พิกัดของจุดตรวจนั้นมาผู้วิจัยได้ขอข้อมูลที่สถานที่ตั้งจุด

ตรวจทั้งหมดว่าอยู่ที่ใดบ้าง จากนั้นผู้วิจัยได้เดินทางไปยังที่ตั้งของจุดทั้งหมดแล้วทำการจัดเก็บพิกัดแต่ละจุดตรวจด้วยเครื่อง GPS รุ่น Garmin GPSMAP 60 ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการจัดเก็บพิกัดจุดเมื่อวันที่ 11-13 ธันวาคม พ.ศ. 2552



รูปที่ 3.3 เครื่องบอกพิกัดบนพื้นโลก Garmin GPSMAP 60

ในการแปลงข้อมูลนั้นผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม DNR Garmin ดังแสดงลักษณะหน้าจอไว้ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถแปลงข้อมูลไปหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่ผู้วิจัยต้องการคือรูปแบบ Shapefile ซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ ArcGIS 9.2 สำหรับการคำนวณหาค่าระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหลาย ในการตั้งค่าเส้นโครงแผนที่ (Projection) นั้นจะต้องตั้งค่าให้ตรงกับแผนที่ดิจิทัลเพื่อให้สามารถเข้ากันได้กับแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง



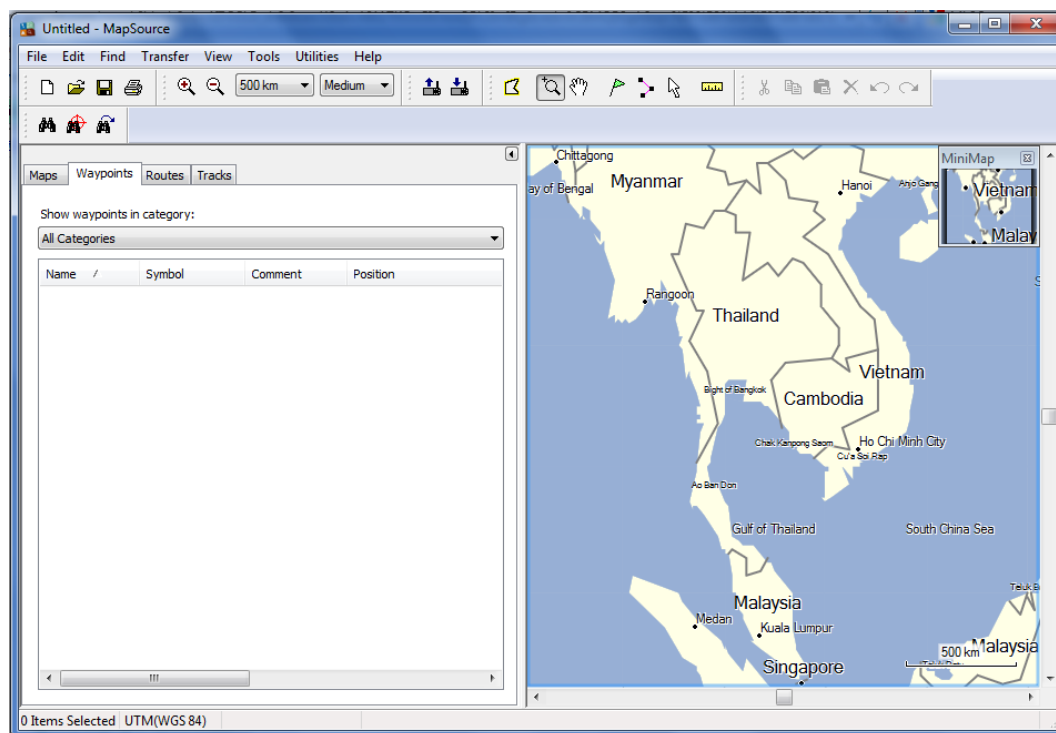
รูปที่ 3.4 หน้าจอโปรแกรม DNR Garmin version 5.4.

3) แผนที่ดิจิทัล

เมื่อแปลงพิกัดจุดตรวจทั้งหมดอยู่ในรูปแบบ Shapefile แล้วขั้นตอนต่อไปคือการดำเนินการหาระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างจุดตรวจ แต่การจะหาระยะทางและระยะเวลาจุดตรวจได้นั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลแผนที่ดิจิทัลเส้นที่ครอบคลุมพิกัดจุดตรวจทั้งหมดทางเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ด้วย ซึ่งแผนที่ดิจิทัลเส้นทางนี้จะต้องมีเส้นโครงแผนที่ (Projection) ที่เข้ากันได้กับพิกัดของจุดตรวจ เพราะถ้าเส้นโครงแผนที่ (Projection) ไม่เท่ากันแล้วจะทำให้เกิดการเหลื่อมล้ำกันได้จนไม่สามารถไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้

4) การกำหนดค่าความเร็วในการเดินทางของถนนแต่ละเส้น

เนื่องจากสายตรวจใช้ความเร็วในการเดินทางในแต่ละเส้นทางแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพถนน, จำนวนช่วงทางจราจร, ความคับคั่งของการจราจร จึงทำให้ต้องมีการกำหนดความเร็วที่สายตรวจใช้ในแต่ละเส้นทางในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางเพื่อให้การวิเคราะห์หาระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด และระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้นเพื่อหาค่าความเร็วในการเดินทางของสายตรวจให้ใกล้เคียงที่สุดจึงต้องติดตั้งเครื่อง GPS ไปกับรถสายตรวจจักรยานยนต์เพื่อให้เครื่อง GPS เก็บเส้นทาง, ความเร็ว, ระยะทางที่สายตรวจเดินทางออกตรวจจริง ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ในส่วนอื่นๆต่อไปได้แต่ในขั้นตอนนี้ต้องการเพียงความเร็วที่สายตรวจเดินทางในแต่ละเส้นทางเท่านั้น เมื่อได้ทำการเก็บข้อมูลการเดินทางออกตรวจจริงของสายตรวจทั้งสามเขตตรวจแล้วสามารถดูความเร็วแต่ละเส้นทางที่สายตรวจใช้เดินทางด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ Mapsource version 6.16 ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 3.5 เปิดดูข้อมูลในการเดินทางที่สายตรวจได้เดินทางมา จากนั้นจึงหาพิจารณาว่าจะเลือกใช้ความเร็วเท่าไรเป็นตัวแทนของถนนแต่ละเส้น เพื่อที่จะนำค่าความเร็วนั้นไปกำหนดในแผนที่ดิจิทัลต่อไป



รูปที่ 3.5 หน้าจอของโปรแกรม Mapsource version 6.16

5) ระยะเวลาปฏิบัติงาน ณ จุดตรวจ

เวลาที่สายตรวจใช้ในการปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจแต่ละจุดนั้นถือเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการวางแผนการเดินทางของสายตรวจโดยใช้เวลาเป็นเงื่อนไขในการจัดเส้นทางออกตรวจ และนำไปใช้แทนค่าในตัวแบบคณิตศาสตร์ต่อไป ในการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจเมื่อเดินทางไปถึงจุดตรวจนั้นมีวิธีการปฏิบัติและขั้นตอนแตกต่างกันไปตามชนิดของจุดตรวจ ทำให้ระยะเวลาในการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ ณ จุดตรวจแต่ละชนิดใช้เวลาแตกต่างกันตามไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดว่าจุดตรวจแต่ละชนิดใช้เวลาการปฏิบัติหน้าที่เท่าใดโดยการสอบถามผู้บังคับบัญชาของสายตรวจว่ามีคำสั่งให้สายตรวจใช้ปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจแต่ละชนิดหรือไม่อย่างไร

3.1.6 การประมวลผลข้อมูล

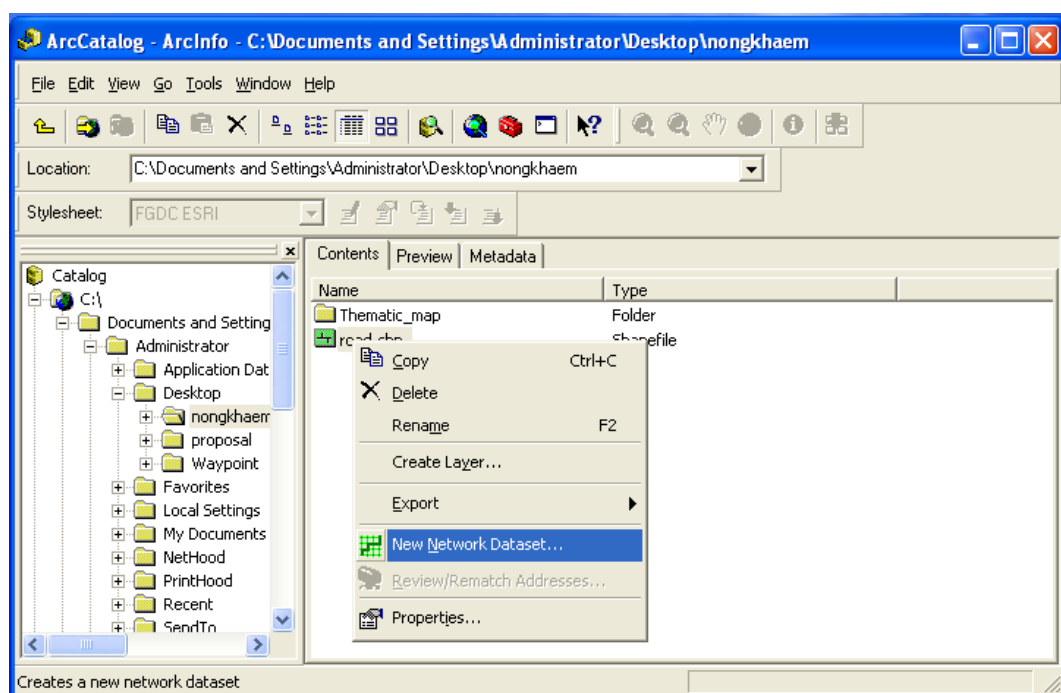
ในขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.5 มาวิเคราะห์คำนวณหาระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด และระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ซึ่งก่อนที่จะทำการวิเคราะห์นั้นจำเป็นต้องนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาตั้งค่าหาระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของถนนแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัล และการสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย (Network Dataset) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ต่อไป ขั้นตอนการเตรียมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ มีดังต่อไปนี้

1) การตั้งค่าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของถนนแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัล

สาเหตุที่ต้องตั้งค่าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของถนนแต่ละเส้นเพราะเพื่อให้การใช้เวลาเดินทางของถนนแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัลที่คล้ายคลึงกับการเดินทางของสายตรวจมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้การวิเคราะห์หาระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด และระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ในการตั้งค่าระยะเวลาเดินทางของถนนแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัลนี้ได้ใช้โปรแกรม ArcMap ในการเพิ่ม Field ลงใน Attributes ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง เพื่อให้ Field ดังกล่าวแสดงค่าระยะเวลาเดินทางของถนนแต่ละเส้น โดยระยะเวลาเดินทางของถนนแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัลนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการเดินทางบันทึกได้จากภาคสนามตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1.5 .

2) การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย (Network Dataset)

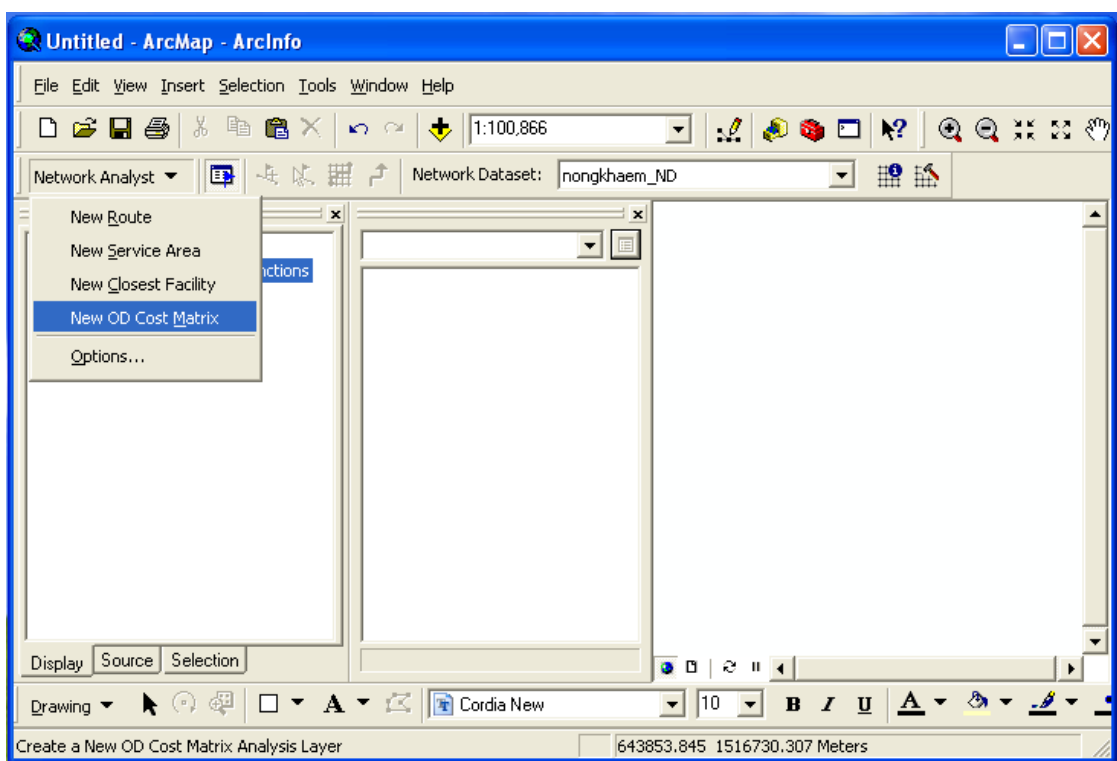
การสร้าง Network Dataset ใน ArcCatalog ตามรูปที่ 3.6 เป็นการสร้างจุดเชื่อมต่อของถนนแต่ละสายในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางเข้าด้วยกัน ในขั้นตอนนี้นำแผนที่ดิจิทัลที่ได้จากการตั้งค่าระยะเวลาในการเดินทางแต่ละเส้นเรียบร้อยแล้ว มาสร้างเป็น Network Dataset โดยให้ถนนทุกสายเชื่อมต่อกันและสามารถเลี้ยวและยูเทิร์น ณ จุดเชื่อมต่อของถนนต่างๆ ให้เหมือนกับถนนที่อยู่พื้นที่ของกรณีศึกษามากที่สุด ทำให้ทิศทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์หา Origin - Destination Cost Matrix เหมือนกับการเดินทางจริงของสายตรวจ



รูปที่ 3.6 การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย

3) การหา Origin - Destination Cost Matrix

ArcMap version 9.2 ที่มี Network Analyst Extension ในการหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) การวิเคราะห์ข้อมูลหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ คือ การหาเมตริกซ์ที่แสดง Cost ในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นหลายๆ จุดไปยังปลายทางใด รวมทั้งมีการจัดลำดับในการเดินทางไปยังปลายทางต่างๆ ซึ่งการหาค่า Cost นั้นก็คือการหาระยะทางและระยะเวลาระหว่างจุดตรวจทั้งหมดเพื่อที่จะนำระยะทางและระยะเวลาระหว่างจุดตรวจไปแทนค่าในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ต่อไป



รูปที่ 3.7 หน้าจอการวิเคราะห์คำนวณ Origin - Destination Cost Matrix ใน ArcMap

3.1.7 ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับจัดการแผนการตรวจ

ลักษณะการเดินทางออกตรวจพื้นที่รับผิดชอบของสายตรวจเพื่อป้องกันปราบปรามอาชญากรรมนั้นสายตรวจเดินทางโดยไม่มีกรวางแผนไว้ เพียงแต่ให้สายตรวจเดินทางออกจากสถานีตำรวจไปยังจุดตรวจที่อยู่ในความรับผิดชอบ และตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะตามสถานที่และช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่านั้น เมื่อสายตรวจเดินทางไปยังจุดตรวจครบทุกจุดตรวจแล้วจึงเดินทางกลับมาสถานีตำรวจอีกครั้งหนึ่ง ในการเดินทางของสายตรวจนั้นคล้ายคลึงกับการจัดเส้นทาง

ขนส่งสินค้าในธุรกิจโลจิสติกส์โดยที่สถานีตำรวจนั้นเปรียบดังคลังสินค้า ซึ่งคลังสินค้านั้นจะต้องมีการขนส่งสินค้าไปยังร้านค้าต่างๆ โดยจะให้รถส่งสินค้าเดินทางออกจากคลังสินค้าไปยังร้านค้าต่างๆ เมื่อรถส่งสินค้าส่งสินค้าครบตามที่กำหนดแล้วจึงกลับมาที่ยังคลังสินค้า ซึ่งจุดตรวจต่างๆนั้นเปรียบเหมือนร้านค้าที่รถส่งสินค้าต้องนำสินค้าไปส่ง แต่ในบางร้านค้านั้นต้องการให้รถส่งสินค้ามาส่งสินค้าตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ซึ่งก็เปรียบได้กับการตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะที่ผู้บังคับบัญชาต้องการให้สายตรวจไปตั้งด่านตามที่กำหนดไว้

ดังนั้นถ้ามีการนำความรู้ด้านโลจิสติกส์มาประยุกต์กับการเดินทางออกตรวจของสายตรวจ โดยถ้าสามารถจัดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางไปยังที่ตั้งของจุดตรวจตู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง, ครอบคลุมสถานที่โดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด และเดินทางไปยังจุดตรวจค้นยานพาหนะตามเวลาที่กำหนดได้ ย่อมจะทำให้สายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลดีต่อการป้องกันอาชญากรรม ดังนั้นจึงพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์จากแนวคิดของปัญหา Traveling Salesman Problem with Time Windows ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาการจัดการแผนการตรวจในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดของตัวแบบจำลองในหัวข้อต่อไป

3.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์

ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นและประยุกต์ใช้กับการจัดการแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจนั้นพยายามให้คล้ายคลึงกับการเดินทางของสายตรวจมากที่สุด โดยนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายประเภทที่มีเงื่อนไขเวลามาเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาต่อยอดให้สอดคล้องกับลักษณะปัญหาของงานวิจัยนี้ สัญลักษณ์ที่จะใช้แทนในตัวแบบคณิตศาสตร์มีดังนี้

Set

N กลุ่มของจุดตรวจ $(1, \dots, N)$

N' กลุ่มของจุดตรวจค้นยานพาหนะจำลอง

ดัชนี (Indices)

i, j จุดตรวจ

i' จุดตรวจค้นยานพาหนะจำลอง

o จุดเริ่มต้น คือสถานีตำรวจ

d จุดปลายทาง คือสถานีตำรวจ

Parameter

C_{ij}	ต้นทุน(Cost) หรือระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ i ไปยังจุดตรวจ j
X_{od}	การเลือกเดินทางจากจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง
$X_{ii'}$	การเลือกเดินทางจากจุดตรวจต้นยานพาหนะไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะจำลอง
$X_{i'i}$	การเลือกเดินทางจากจุดตรวจต้นยานพาหนะจำลองไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ
T_o	เวลาเริ่มเดินทาง ณ จุดเริ่มต้น
T_d	เวลามาถึง ณ จุดปลายทาง
S_i	Service time ระยะเวลาที่สายตรวจต้องปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจ i
t_{ij}	ระยะเวลาการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ i ไปยังจุดตรวจ j
a	เวลาที่มาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ
b	เวลาที่ออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ
M	ค่าคงที่ที่มากที่สุดเกี่ยวกับเงื่อนไขเวลา

Decision variables

X_{ij}	$= 1$ การเลือกหรือเลือกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j $= 0$ การไม่เลือกหรือเลือกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j
T_i	เวลาที่ไปถึงจุดตรวจ ณ จุดตรวจ i
T_j	เวลาที่ไปถึงจุดตรวจ ณ จุดตรวจ j
W_i	Waiting time ระยะเวลาในการรอปฏิบัติงาน ณ จุดตรวจ i

ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบดังนี้

Objective function

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i \in N \cup N' \cup \{o\}} \sum_{j \in N \cup N' \cup \{d\} - \{i\}} C_{ij} X_{ij}$$

Constraints

$$\sum_{j \in N \cup N' \cup \{d\} - \{i\}} X_{ij} = 1 \quad ; \forall i \in N \cup N' \cup \{o\} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in N \cup N' \cup \{o\} - \{j\}} X_{ij} = 1 \quad ; \forall j \in N \cup N' \cup \{d\} \quad (2)$$

$$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \leq T_j + M(1 - X_{ij}) \quad ; \forall i \in N \cup \{o\} \\ ; \forall j \in N \cup \{d\} - \{i\} \quad (3)$$

$$X_{od} = 0 \quad (4)$$

$$X_{ii'} = 1 \quad ; i \in N, i' \in N' \quad (5)$$

$$X_{i'i} = 0 \quad ; i \in N, i' \in N' \quad (6)$$

$$T_o = 0 \quad (7)$$

$$T_i = a \quad ; i \in N \quad (8)$$

$$T_{i'} = b \quad ; i \in N' \quad (9)$$

$$T_d = 480 \quad (10)$$

$$W_i = 0 \quad ; i \in N \quad (11)$$

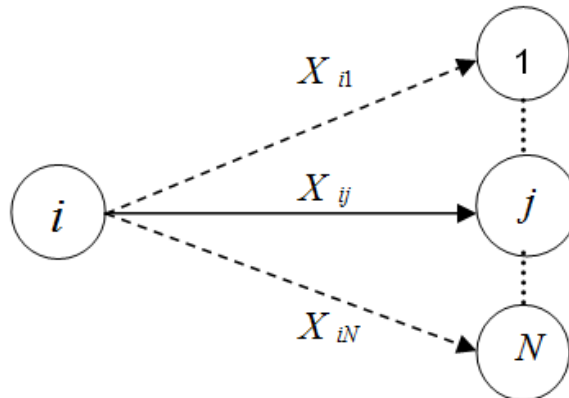
ส่วนต่างๆ ของตัวแบบคณิตศาสตร์สามารถอธิบายได้ดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

เป็นฟังก์ชันที่มุ่งหาค่าผลรวมของต้นทุนการเดินทางที่ต่ำที่สุด โดยหาผลรวมระยะทางตามโครงข่ายถนนที่สั้นที่สุดที่สายตรวจใช้ในการเดินทางไปยังทุกจุดตรวจ ซึ่งสายตรวจต้องไม่เดินทางจากจุดเดิมไปจุดเดิม ($i \neq j$) และต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของสมการดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่ 1

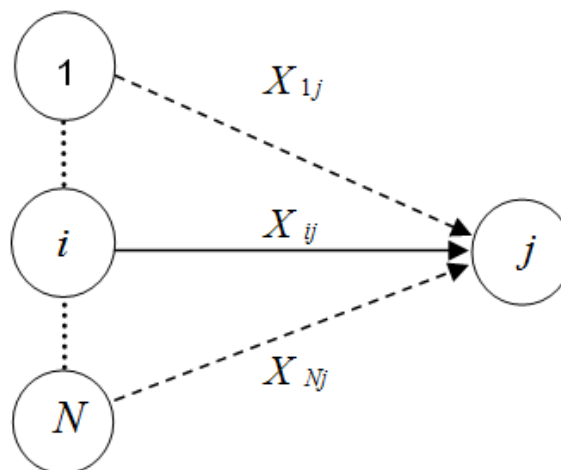
เงื่อนไขนี้เป็นการบังคับให้สายตรวจเมื่อเดินทางออกจากจุดตรวจแล้วจะต้องเลือกเดินทางไปยังจุดตรวจตรวจใดจุดตรวจหนึ่งเท่านั้น โดยเงื่อนไขนี้ป้องกันไม่ให้สายตรวจเดินทางกลับมายังจุดตรวจเดิมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะไม่เป็นไปตามวิธีการออกตรวจของสายตรวจ การเดินทางตามเงื่อนไขนี้อธิบายได้ดังรูปที่ 3.8 โดยถ้าสายตรวจเดินทางออกจากจุดตรวจที่ i แล้วสามารถเลือกเดินทางต่อไปยังจุดใดก็ได้ตั้งแต่จุดตรวจที่ 1 ไปถึงจุดตรวจที่ N แต่มีข้อแม้ว่าสายตรวจต้องเลือกเดินทางไปยังจุดตรวจเดียวเท่านั้นและต้องไม่เลือกเดินทางกลับมาที่จุดเดิมคือจุดตรวจที่ j



รูปที่ 3.8 การเลือกเส้นทางออกจากจุด i ไปจุด j เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น

เงื่อนไขที่ 2

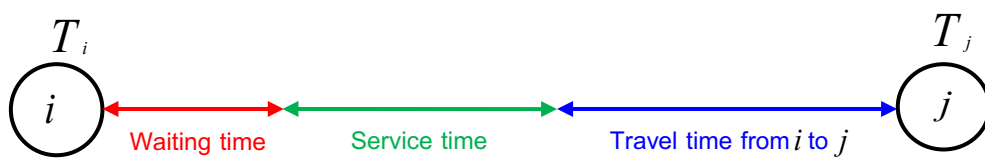
เงื่อนไขนี้เป็นการบังคับให้สายตรวจเมื่อเดินทางมายังจุดตรวจจะต้องเลือกเส้นทางออกจากยังจุดตรวจใดจุดตรวจหนึ่งเท่านั้น โดยเงื่อนไขนี้ป้องกันไม่ให้สายตรวจเดินทางกลับมายังจุดตรวจเดิมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะไม่เป็นไปตามวิธีการออกตรวจของสายตรวจ การเดินทางตามเงื่อนไขนี้อธิบายได้ดังรูปที่ 3.9 โดยถ้าสายตรวจเดินทางไปยังจุดตรวจที่ j สายตรวจสามารถเลือกเดินทางออกจากจุดตรวจใดก็ได้ตั้งแต่จุดตรวจที่ 1 ไปถึงจุดตรวจที่ N แต่มีข้อแม้ว่าสายตรวจต้องเลือกเดินทางออกจากจุดตรวจเดียวเท่านั้นและต้องไม่เลือกเดินทางกลับมาที่จุดเดิมคือจุดตรวจที่ i



รูปที่ 3.9 การเดินทางเข้าจุด j จากจุด i เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น

เงื่อนไขที่ 3

เป็นการกำหนดว่าเมื่อสายตรวจออกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปยังจุดตรวจ j ดังนั้น เวลา T_i เมื่อรวมเวลารอปฏิบัติหน้าที่ (Waiting time, (W_i)), เวลาปฏิบัติหน้าที่ (Service time, (S_i)) และเวลาเดินทาง (t_{ij}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลา T_j ซึ่งขั้นตอนการใช้เวลาในการเดินทางแสดงดังรูปที่ 3.10 อีกทั้งเงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่ป้องกันการเกิด subtour (Desrosiers et al., 1995)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการใช้เวลาในการเดินทางแสดงจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j

เงื่อนไขที่ 4

เป็นเงื่อนไขที่บังคับไม่ให้มีการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลาย เนื่องจากจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางคือจุดเดียวกันดังนั้นจึงบังคับให้มีการเดินทางผ่านจุดตรวจอื่นก่อนจึงเดินทางกลับมายังจุดปลายทาง

เงื่อนไขที่ 5

เงื่อนไขนี้ใช้ในกรณีการเข้าจุดตรวจต้นยานพาหนะโดย i และ i' คือจุดตรวจคันยานพาหนะจุดเดียวกันแต่บังคับให้ i ต้องเดินทางไป i' เท่านั้น

เงื่อนไขที่ 6

เป็นเงื่อนไขที่ใช้ในกรณีการออกจากจุดตรวจต้นยานพาหนะโดย i และ i' คือจุดตรวจคันยานพาหนะจุดเดียวกันแต่บังคับให้ i' ต้องไม่เดินทางย้อนกลับไป i

เงื่อนไขที่ 7

เป็นการบังคับเวลาให้สายตรวจออกเดินทางจากจุดเริ่มต้นคือสถานีตำรวจ (T_o) คือ 0

เงื่อนไขที่ 8

เป็นการบังคับให้สายตรวจมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะตามเวลาที่กำหนดไว้คือเวลา a

เงื่อนไขที่ 9

เป็นการบังคับให้สายตรวจการออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะตามเวลาที่กำหนดไว้คือเวลา b

เงื่อนไขที่ 10

เป็นการบังคับให้เวลาที่สายตรวจมาถึงจุดปลายทางคือสถานีตำรวจ (T_d) ตามเวลาที่กำหนดไว้เท่ากับนาที่ที่ 480 เนื่องจากการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจในแต่ละผลัดใช้เวลา 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที

เงื่อนไขที่ 11

เป็นการบังคับให้เวลาการรอบปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะ (W_i) มีค่าเป็นศูนย์เพื่อให้สายตรวจมาถึงจุดตรวจคั่นยานพาหนะแล้วปฏิบัติหน้าที่ทันทีไม่ต้องรอเวลา อีกทั้งเงื่อนไขนี้จะช่วยให้ช่วยลดระยะเวลาการประมวลผลลงเนื่องจากตัวแปร W_i มีจำนวนน้อยลง

3.3 เครื่องมือวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาหาตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาพัฒนาต่อยอดและประยุกต์ช่วยในการวางแผนจัดเส้นทางตรวจของสายตรวจ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์หลายชนิดช่วยในการดำเนินงาน โดยขีดความสามารถและหน้าที่การใช้งานของเครื่องมือวิเคราะห์แต่ละชนิดแตกต่างกันดังต่อไปนี้

3.3.1 โปรแกรม ArcMap 9.2

โปรแกรม ArcMap 9.2 มีความสามารถด้านการทำ Network Analyst ซึ่งใช้คำนวณหาระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างสถานที่ต่างๆ โดยสามารถเลือกได้ว่าต้องการหาโดยมีเงื่อนไขว่าใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดหรือใช้เวลาน้อยที่สุด ซึ่งงานวิจัยนี้มีเงื่อนไขเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องและถนนแต่ละเส้นใช้ความเร็วในการเดินทางที่แตกต่างกันดังนั้นเพื่อให้ตรงกับความเป็นจริงที่สุดผู้วิจัยจึงใช้โปรแกรมนี้คำนวณระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดและระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ซึ่งในการคำนวณนั้นจำเป็นต้องจัดเตรียมข้อมูลพิกัดของจุดตรวจทั้งหมดและข้อมูลแผนที่ดิจิทัลเส้นทางเพื่อใช้ในการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์นี้คือระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นเมตร และระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นนาที

3.3.2 โปรแกรม Microsoft Excel 2007

โปรแกรมนี้เป็นเพื่อนำระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางที่ได้จากการคำนวณในโปรแกรม ArcMap 9.2 มาเขียนตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากตัวแบบจำลองที่กล่าวข้างต้นนั้นมีเงื่อนไขการปฏิบัติงานหลายเงื่อนไขส่งผลให้ตัวแบบมีความสลับซับซ้อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องนำโปรแกรม Microsoft Excel 2007 มาช่วยสร้างตัวแบบ

3.3.3 โปรแกรม LINDO

LINDO เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Program) ทั้งแบบที่เป็นตัวแบบทั่วไปและตัวแปรจำนวนเต็ม (Integer variable) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางตรวจของตำรวจสายตรวจครั้งนี้ จะนำตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้จากการเขียนด้วย Microsoft Excel 2007 มาแก้ปัญหา ซึ่งโปรแกรม LINDO ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นรุ่น Lindo 6.1 สามารถรองรับตัวแปร ได้ 200,000 ตัวแปร จำนวนเงื่อนไข ไม่เกิน 64,000 เงื่อนไข

3.3.4 Computer

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณนี้เป็นคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (Desktop) ใช้หน่วยประมวลผล CPU: Intel Core 2 Quad 2.66 GHz หน่วยความจำหลัก RAM 4 GB ทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ Window VISTA

3.4 กำหนดการวิจัย

ในการวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาการดำเนินงาน 12 เดือนโดยแบ่งแยกการดำเนินการวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอนตามที่ได้กำหนดไว้ในรูปที่ 3.1 ของหัวข้อที่ 3.1 งานในแต่ละขั้นตอนใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานแตกต่างกันตามระดับความยากง่ายของการดำเนินงาน และบางขั้นตอนดำเนินการไปพร้อมๆกันเพื่อสามารถทบทวนการดำเนินงานได้ ในขั้นตอนต่างๆ ใช้ระยะเวลาและการปฏิบัติงานดังนี้และแสดงไว้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การกำหนดปัญหา	→	→	→									
2. ขอบเขตการศึกษา			→									
3. สมมุติฐาน			→									
4. แผนผังขั้นตอนการทำงาน			→									
5. การรวบรวมข้อมูล				→								
6. การประมวลผลข้อมูล				→								
7. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ การแก้ปัญหา						→	→	→	→	→	→	→

การกำหนดปัญหา

ใช้เวลาในการดำเนินงาน 3 เดือนเพื่อศึกษากระบวนการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบันและปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการปฏิบัติหน้าที่ในการเดินทางออกตรวจของสายตรวจเพื่อกำหนดปัญหาในการทำวิจัยนี้

ขอบเขตการศึกษา

ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาการดำเนินการครึ่งเดือนโดยดำเนินการไปพร้อมกับขั้นตอนการกำหนดปัญหาเพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนและทบทวนการดำเนินการได้ โดยขั้นตอนนี้ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วผู้วิจัยจึงได้เลือกแก้ปัญหาการจัดเส้นทางและแผนการตรวจที่เหมาะสมกับสายตรวจจริงจักรยานยนต์ของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมเป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้

สมมุติฐาน

ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการดำเนินการครึ่งเดือนดำเนินการไปพร้อมกับขั้นตอนการกำหนดปัญหาและขั้นตอนกำหนดขอบเขตของงานวิจัยเพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนและทบทวนการดำเนินการได้ ซึ่งเมื่อระบุถึงปัญหาและกรณีศึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงตั้งสมมุติฐานการวิจัยนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย

การวางแผนผังขั้นตอนการทำงาน

ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาการดำเนินงานครึ่งเดือนซึ่งทำไปพร้อมกับ 3 ขั้นตอนที่ผ่านมาเพื่อช่วยในการปรับปรุงการออกแบบขั้นตอนการทำงาน ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดว่าการดำเนินการวิจัยต่อไปควรจะดำเนินงานอย่างไรในแต่ละขั้นตอนต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์หรือข้อมูลใดเข้ามาเกี่ยวข้อง

การรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาการดำเนินงาน 1 เดือนในการจัดเก็บข้อมูลพิกัดจุดตรวจทั้งหมดเพื่อนำมาแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ GIS Database System เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป ดำเนินการจัดหาแผนที่ดิจิทัลข้อมูลเส้นทาง นอกจากนี้ยังดำเนินการนำเครื่อง GPS ติดตั้งไว้ที่รถสายตรวจเพื่อดูวิธีการปฏิบัติหน้าที่ว่าใช้เส้นทางใดในการออกตรวจ, ใช้ความเร็วเท่าไร เพื่อที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ต่อไป

การประมวลผลข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาการดำเนินงาน 1 เดือนครึ่ง ซึ่งในช่วงเริ่มต้นของขั้นตอนนี้ดำเนินการพร้อมกับขั้นตอนที่แล้วเพื่อดำเนินการนำข้อมูลพิกัดและแผนที่ดิจิทัลเส้นทางมาทดสอบความเข้ากันได้กับโปรแกรม ArcMap ในขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการหาระยะทางและระยะเวลาระหว่างจุดตรวจทั้งหมดด้วยโปรแกรม ArcMap

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ การแก้ปัญหา

ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาการดำเนินงาน 6 เดือน ซึ่งใช้เวลาดำเนินการนานที่สุดเนื่องจากต้องมีการเลือกใช้และปรับเปลี่ยนตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ให้คล้ายคลึงกับการออกตรวจของสายตรวจให้มากที่สุด

ในบทที่ 3 นี้เป็นการกล่าวถึงระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัยโครงการนี้โดยเริ่มต้นด้วยขั้นตอนการทำวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของงานวิจัยตั้งแต่ต้นจนจบ นอกจากนี้ยังอธิบายถึงแนวคิดการพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นหัวใจของงานวิจัยนี้ที่ต้องการเลียนแบบการออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจให้คล้ายคลึงมากที่สุด และยังกล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด และการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระยะที่ได้จากการแก้ปัญหากับระยะทางที่สายตรวจเดินทางจริง ในส่วนท้ายสุดของบทที่ 3 นี้คือการแสดงแผนการดำเนินงานวิจัยเพื่อต้องการให้เห็นว่ามีกิจกรรมอะไรบ้างที่ต้องทำเพื่อให้แล้วเสร็จและแต่ละกิจกรรมใช้ระยะเวลาเท่าไร

ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 นี้เพียงแต่เป็นระเบียบวิธีวิจัย ในบทต่อไปเป็นการดำเนินงานวิจัยด้วยการนำข้อมูลจริงประมวลผลซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้เสนอไปในบทนี้นำไปปฏิบัติได้จริง โดยจะมีการอภิปรายผลลัพธ์ในท้ายบทที่ 4

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และอภิปราย

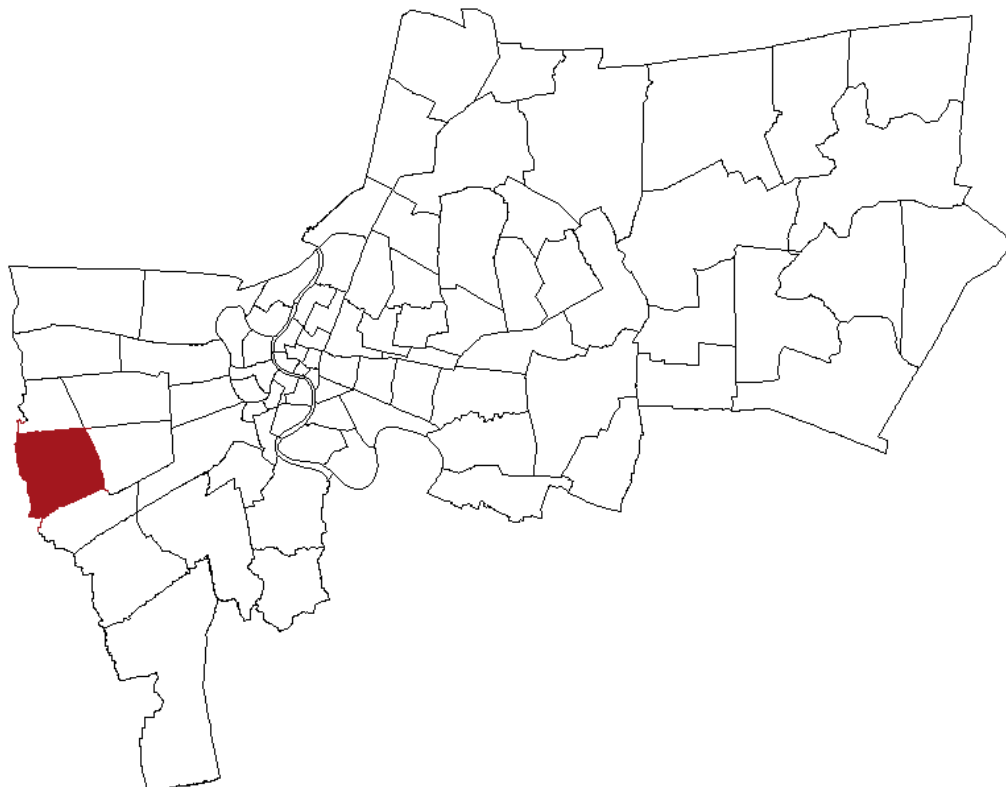
ในบทที่แล้วเป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยของงานวิจัยนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการซึ่งทำให้รู้ว่าในแต่ละขั้นตอนของการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการอะไรบ้าง ทำให้รู้ว่าขั้นตอนใดต้องใช้เครื่องมือหรือข้อมูลใดในการวิจัย ซึ่งการอธิบายนั้นเป็นการอธิบายเพียงวิธีการและขั้นตอนเท่านั้นยังไม่ได้นำข้อมูลจริงมาใช้ในการวิจัย ซึ่งในบทนี้จะนำข้อมูลจริงของกรณีศึกษามาทำการวิจัยโดยจะบรรยายการทำวิจัยแต่ละขั้นโดยละเอียดกระทั่งได้ผลลัพธ์ออกมา

4.1 กรณีศึกษา (Case Study)

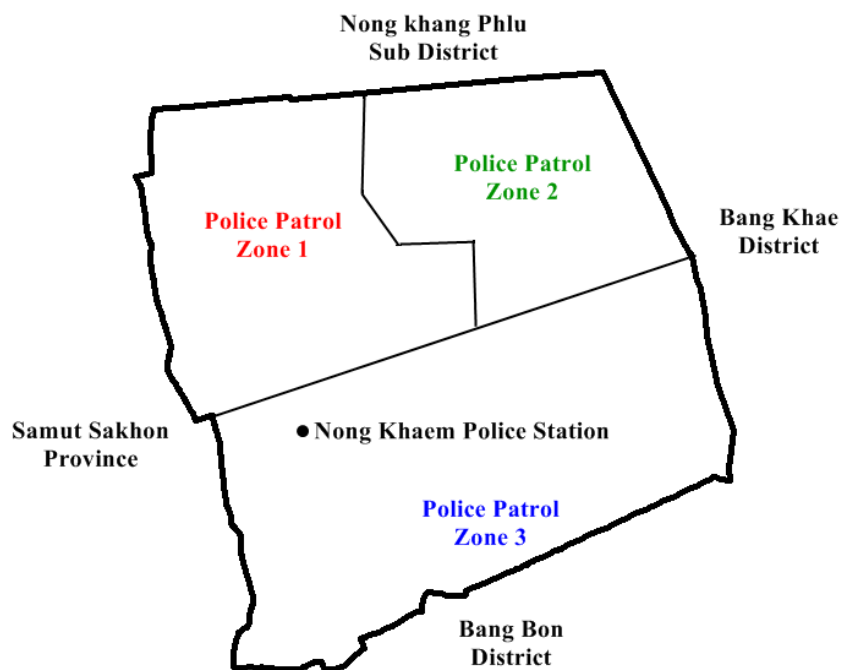
งานวิจัยนี้ได้เลือกตำรวจสายตรวจจรจัดจักรยานยนต์ของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากสายตรวจจรจัดจักรยานยนต์เป็นกำลังหลักในการป้องกันปราบปรามอาชญากรรมจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาการจัดเส้นทางและแผนการตรวจสายตรวจจรจัดจักรยานยนต์เป็นอันดับแรก และเนื่องจากสถานีตำรวจนครบาลหนองแขมตั้งอยู่ชานเมืองของกรุงเทพมหานครซึ่งมีเส้นทางจราจรที่ไม่ซับซ้อนและไม่ค่อยแออัดเกินไป อีกทั้งผู้วิจัยได้รับความร่วมมือให้เก็บข้อมูลได้ง่าย จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้

4.1.1 ที่ตั้งของ ส.น.หนองแขม

สถานีตำรวจนครบาลหนองแขมมีพื้นที่รับผิดชอบอยู่ในแขวงหนองแขม และบางส่วนของแขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่จำนวน 21.71 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ด้านตะวันตกสุดของกรุงเทพ ตามรูปที่ 4.1 โดยทิศเหนือติดกับแขวงหนองค้างพลู ทิศใต้ติดกับเขตบางบอน ทิศตะวันออกติดกับเขตบางแค และทิศตะวันตกติดกับจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งในการป้องกันปราบปรามอาชญากรรม ส.น.หนองแขม และได้แบ่งพื้นที่ความรับผิดชอบออกเป็นสามเขตตรวจโดยให้สายตรวจจรจัดจักรยานยนต์ออกเดินทางตรวจตราในเขตตรวจที่ตนเองรับผิดชอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยเขตตรวจที่ 1 จะติดกับแขวงหนองค้างพลูและจังหวัดสมุทรสาคร, เขตตรวจที่ 2 ติดกับแขวงหนองค้างพลูและเขตบางแค และเขตตรวจที่ 3 ซึ่งมีพื้นที่มากที่สุด ติดกับจังหวัดสมุทรสาคร, เขตบางบอนและเขตบางแค นอกจากนี้ที่ตั้งของ ส.น.หนองแขมยังอยู่ในเขตตรวจที่ 3



รูปที่ 4.1 แผนที่กรุงเทพมหานคร โดย สน.หนองแขม อยู่ทางตะวันตกสุดของกรุงเทพ



รูปที่ 4.2 พื้นที่ความรับผิดชอบของ สน.หนองแขม และเขตติดต่อ

4.1.2 จุดตรวจของ สน.หนองแขม

ในพื้นที่แต่ละเขตตรวจนั้นผู้บังคับบัญชาได้กำหนดจุดตรวจตู้แดง จุดตรวจธนาคาร จุดตรวจร้านทอง จุดตรวจค้ายานพาหนะเพื่อให้สายตรวจจรจักษุยานยนต์ปฏิบัติหน้าที่ในการออกตรวจตรา ตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 แสดงรายชื่อของจุดตรวจทั้งหลายในเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ในเขตตรวจที่ 1 มีจุดตรวจทั้งหมด 95 จุดตรวจ โดยจุดตรวจตู้แดงมีจำนวน 80 จุด ตั้งแต่จุดตรวจลำดับที่ 1 - 80, จุดตรวจร้านทองมีจำนวน 6 จุดตรวจ ลำดับที่ 81 - 86, จุดตรวจธนาคารมีจำนวน 4 จุดตรวจ ลำดับที่ 87 - 90 และจุดตรวจค้ายานพาหนะมีจำนวน 5 จุดตรวจ ลำดับที่ 91 - 95

ในเขตตรวจที่ 2 มีจุดตรวจทั้งหมด 92 จุดตรวจ โดยจุดตรวจตู้แดงมีจำนวน 81 จุด ตั้งแต่จุดตรวจลำดับที่ 1 - 81, จุดตรวจร้านทองมีจำนวน 3 จุดตรวจ ลำดับที่ 82 - 84, จุดตรวจธนาคารมีจำนวน 3 จุดตรวจ ลำดับที่ 85 - 87 และจุดตรวจค้ายานพาหนะมีจำนวน 5 จุดตรวจ ลำดับที่ 88 - 92

ในเขตตรวจที่ 3 มีจุดตรวจทั้งหมด 79 จุดตรวจ โดยจุดตรวจตู้แดงมีจำนวน 71 จุด ตั้งแต่จุดตรวจลำดับที่ 1 - 71, จุดตรวจร้านทองมีจำนวน 2 จุดตรวจ ลำดับที่ 72 - 73, จุดตรวจธนาคารมีจำนวน 1 จุดตรวจ ลำดับที่ 74 และจุดตรวจค้ายานพาหนะมีจำนวน 5 จุดตรวจ ลำดับที่ 75 - 79

จุดตรวจลำดับที่ 1 ถึง 12 ของแต่ละเขตตรวจเป็นสถานที่สำคัญเนื่องจากเพราะเป็นสถานที่ราชการ, บ้านบุคคลสำคัญ, สถานที่เสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรม เป็นต้น ดังนั้นผู้บังคับบัญชาจึงกำหนดให้สายตรวจต้องเดินทางออกตรวจไปยังจุดตรวจดังกล่าวทุกครั้งทีปฏิบัติหน้าที่ ส่วนจุดตรวจที่เหลือผู้บังคับบัญชาให้อิสระกับสายตรวจใช้ดุลพินิจในการเลือกเดินทางออกตรวจ เนื่องจากจุดตรวจลำดับที่ 1 ถึง 12 ของแต่ละเขตตรวจนั้นกระจายตัวอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบอยู่แล้ว เมื่อสายตรวจเดินทางออกตรวจครบทุกจุดตรวจตามที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้จะทำให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบแล้ว นอกจากนี้ในแต่ละเขตตรวจยังจะมีจุดตรวจค้ายานพาหนะที่ผู้บังคับบัญชากำหนดช่วงเวลาให้สายตรวจเดินทางไปปฏิบัติหน้าที่ทุกครั้งเพื่อเฝ้าระวังการเกิดเหตุอาชญากรรม ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการจัดเส้นทางออกตรวจไปยังจุดตรวจลำดับที่ 1 ถึง 12 ของแต่ละเขตตรวจและจุดตรวจค้ายานพาหนะเท่านั้น

ตารางที่ 4.1 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1

Checkpoint ID	Location	Type of Checkpoint
1	Uea Athon village	Red-box Checkpoint
2	Sa Ran Phon village	Red-box Checkpoint
3	Soi Ap Thip	Red-box Checkpoint
4	Soi Chatsan 2	Red-box Checkpoint
5	Soi Kamnan Chaloem	Red-box Checkpoint
6	Phuttan village office	Red-box Checkpoint
7	Sa Nek factory	Red-box Checkpoint
8	Soi Phong Siri Chai IV 8	Red-box Checkpoint
9	Krung Thong plastic	Red-box Checkpoint
10	Sin Phet condominium	Red-box Checkpoint
11	Government Housing Bank	Red-box Checkpoint
12	Yong Charoen godown	Red-box Checkpoint
13	Hansa factory	Red-box Checkpoint
14	Sin Thai factory	Red-box Checkpoint
15	Ya Kan Yung factory	Red-box Checkpoint
16	Kaeo factory	Red-box Checkpoint
17	UB factory	Red-box Checkpoint
18	PK garage	Red-box Checkpoint
19	Hansa 3 village	Red-box Checkpoint
20	Thong Thai factory	Red-box Checkpoint
21	39/4 Hansa 5 village	Red-box Checkpoint
22	Soi Chan In	Red-box Checkpoint
23	Si Mongkhon	Red-box Checkpoint
24	Soi Phut Tan 3/2	Red-box Checkpoint
25	printing house soi 79	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.1 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 (ต่อ)

Checkpoint ID	Location	Type of Checkpoint
26	Me Na Pho rented room	Red-box Checkpoint
27	Chuan Thawin apartmemt	Red-box Checkpoint
28	Han Tha Wat	Red-box Checkpoint
29	Chu Rada jeweler	Red-box Checkpoint
30	Soi Watchara Home 1	Red-box Checkpoint
31	Klom Chai godown	Red-box Checkpoint
32	Soi Khun Khachon	Red-box Checkpoint
33	Soi Phong Siri Chai IV 28	Red-box Checkpoint
34	Badminton court	Red-box Checkpoint
35	Lek Munwian factory	Red-box Checkpoint
36	72/111-2 Khang Rungrot	Red-box Checkpoint
37	Saeng Thana furniture	Red-box Checkpoint
38	Bangkok foam	Red-box Checkpoint
39	Soi Phong Siri Chai IV 29	Red-box Checkpoint
40	Khun Khachon junk shop	Red-box Checkpoint
41	PT gas station	Red-box Checkpoint
42	Phut Tan camp	Red-box Checkpoint
43	Thai VP factory	Red-box Checkpoint
44	Chuan Chuen village	Red-box Checkpoint
45	PTT gas station	Red-box Checkpoint
46	7-eleven shop soi 79	Red-box Checkpoint
47	Khrueang Ngoen soi 79	Red-box Checkpoint
48	19 Hong rented room	Red-box Checkpoint
49	Phat Cha Ra Loha Phan factory	Red-box Checkpoint
50	Soi Phet Kasem 79 -15	Red-box Checkpoint
51	printing house soi 79	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.1 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 (ต่อ)

Checkpoint ID	Checkpoints	Type of Checkpoint
52	Ma Ma town house	Red-box Checkpoint
53	Ya Kan Yung house	Red-box Checkpoint
54	Thong Thai row house	Red-box Checkpoint
55	Yen Chit	Red-box Checkpoint
56	Chu Chit rented room	Red-box Checkpoint
57	Soi Watchara Home 2	Red-box Checkpoint
58	Soi Phet Kasem 79-17	Red-box Checkpoint
59	Dao Den house	Red-box Checkpoint
60	7-eleven branch Hansa village	Red-box Checkpoint
61	72/133 Khang Rungrot	Red-box Checkpoint
62	Nakhon Rin factory	Red-box Checkpoint
63	Hansa 4 village	Red-box Checkpoint
64	Phong Siri Chai village	Red-box Checkpoint
65	Chinda Wet factory	Red-box Checkpoint
66	4/146 soi Watchara Home	Red-box Checkpoint
67	35/132 Soi Chatsan 2	Red-box Checkpoint
68	Land office	Red-box Checkpoint
69	57/259 Hansa1 village	Red-box Checkpoint
70	Soi Chuan Sanit	Red-box Checkpoint
71	Phet Kasem 81 clinic	Red-box Checkpoint
72	Sub Power plant	Red-box Checkpoint
73	Soi Ma Ma	Red-box Checkpoint
74	Thana Phi Rom village	Red-box Checkpoint
75	Flat	Red-box Checkpoint
76	35/79 Chatsan 2 village	Red-box Checkpoint
77	79/426 Hansa 4 village	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.1 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
78	Car wash	Red-box Checkpoint
79	Chatsan 2 village Minimart	Red-box Checkpoint
80	Phet Kasem 79-27	Red-box Checkpoint
81	Thai Seng Heng goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
82	Muk Mani goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
83	To Kang goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
84	Siri Mongkhon goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
85	Rattana Suwan goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
86	Thep Mongkhon goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
87	UOB bank	Bank Checkpoint
88	Siam Commercial Bank	Bank Checkpoint
89	ALC bank	Bank Checkpoint
90	Kasikorn bank	Bank Checkpoint
91	Entrance of Soi Hansa	Vehicle Checkpoint
92	Entrance of Soi PhetKasem79	Vehicle Checkpoint
93	wood Mill	Vehicle Checkpoint
94	Udom temple	Vehicle Checkpoint
95	Entrance of Soi Phet Kasem77/6	Vehicle Checkpoint

ตารางที่ 4.2 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
1	Sia Nam's house	Red-box Checkpoint
2	Phet Kasem1 village	Red-box Checkpoint
3	Khunmae shop	Red-box Checkpoint
4	Wo Rat company	Red-box Checkpoint
5	Soi Chotchuang	Red-box Checkpoint
6	Wutthi's house	Red-box Checkpoint
7	69aluminium company	Red-box Checkpoint
8	37/54 soi Phet Kasem 71	Red-box Checkpoint
9	Toyota company	Red-box Checkpoint
10	Nakhon Phet Kasem market	Red-box Checkpoint
11	opposite Phai Thun's house	Red-box Checkpoint
12	Soi Prem Pri 1	Red-box Checkpoint
13	Premier company	Red-box Checkpoint
14	Factory at soi Phet Kasem77	Red-box Checkpoint
15	309 Phet Kasem1 village	Red-box Checkpoint
16	Soi Sawatdikan 1-6	Red-box Checkpoint
17	Yawata company	Red-box Checkpoint
18	Plate Factory	Red-box Checkpoint
19	Harvest moon restaurant	Red-box Checkpoint
20	Asia factory	Red-box Checkpoint
21	PTR Phon Charoen Company	Red-box Checkpoint
22	Phon Thawi Wat 1 condominium	Red-box Checkpoint
23	ALK company	Red-box Checkpoint
24	Aphi Rue Di company	Red-box Checkpoint
25	Rangsan's house	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.2 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
26	Chom Chao's house	Red-box Checkpoint
27	Soi Phet Kasem 77-3-10	Red-box Checkpoint
28	ASK company	Red-box Checkpoint
29	Charoen apartment	Red-box Checkpoint
30	Am Ma Rin apartment	Red-box Checkpoint
31	Soi Sawatdikan 2 - 18	Red-box Checkpoint
32	Soi Sawatdikan 2 - 20 (1)	Red-box Checkpoint
33	Soi Sawatdikan 2 - 20 (2)	Red-box Checkpoint
34	17/3 soi Phet Kasem 77-4-9	Red-box Checkpoint
35	Sa Thi Ta apartment	Red-box Checkpoint
36	Nam Saeng dormitory	Red-box Checkpoint
37	Siri Thai company	Red-box Checkpoint
38	Phuttha Rak house	Red-box Checkpoint
39	Nam Saeng company	Red-box Checkpoint
40	Yu Thong company	Red-box Checkpoint
41	Bun Chai's house	Red-box Checkpoint
42	Ngi Thai factory	Red-box Checkpoint
43	Khwan Thip mansion	Red-box Checkpoint
44	Phong Sak mansion	Red-box Checkpoint
45	Soi Prem Pri 2	Red-box Checkpoint
46	77 apartment	Red-box Checkpoint
47	S & R Footware Factory	Red-box Checkpoint
48	Sawatdikan Plastic company	Red-box Checkpoint
49	Sakhon Pan Sin dormitory	Red-box Checkpoint
50	Phitsa Man1-2 row house	Red-box Checkpoint
51	opposite Ngi Thai company	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.2 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
52	Phichai Yon company	Red-box Checkpoint
53	Silver Art company	Red-box Checkpoint
54	Gravia company	Red-box Checkpoint
55	Soi Rattana Sen	Red-box Checkpoint
56	Opposite Wutthi's house 1	Red-box Checkpoint
57	Jpect knitting factory	Red-box Checkpoint
58	machine shop	Red-box Checkpoint
59	Hia Ho's house	Red-box Checkpoint
60	Soi Prem Pri 2	Red-box Checkpoint
61	Rung Sawang place	Red-box Checkpoint
62	Sitthi Phon company	Red-box Checkpoint
63	Khiam Heng Pho company	Red-box Checkpoint
64	Lap Pet Nong Khai restaurant	Red-box Checkpoint
65	Arun Thong village	Red-box Checkpoint
66	Thi Pha Wan apartment	Red-box Checkpoint
67	Paper Factory	Red-box Checkpoint
68	Opposite Wutthi's house 2	Red-box Checkpoint
69	Ngi Thai dormitory	Red-box Checkpoint
70	Lee apartment	Red-box Checkpoint
71	No Entrance Company	Red-box Checkpoint
72	257 soi Phet Kasem 73/1	Red-box Checkpoint
73	The house	Red-box Checkpoint
74	soi Sawat Di Ka 2-13	Red-box Checkpoint
75	Don Ya house	Red-box Checkpoint
76	Sin siam	Red-box Checkpoint
77	Charoen minimart	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.2 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
78	Suppha Wan 4 village	Red-box Checkpoint
79	Salini house	Red-box Checkpoint
80	Khun Sawat factory	Red-box Checkpoint
81	SP apartment	Red-box Checkpoint
82	Yaowarat Goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
83	Chai Mongkhon 3 Goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
84	Thawi Chai 9 Goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
85	Krungthai bank	Bank Checkpoint
86	Krung Si Ayutthaya bank	Bank Checkpoint
87	CIMB bank	Bank Checkpoint
88	Opposite Carrefour	Vehicle Checkpoint
89	Nan Yang company	Vehicle Checkpoint
90	Soi Na Khot Than Phon 2	Vehicle Checkpoint
91	PTT gas station	Vehicle Checkpoint
92	Entrance of Soi PhetKasem73	Vehicle Checkpoint

ตารางที่ 4.3 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
1	Wat Nong Khaem school	Red-box Checkpoint
2	Phet Kasem college	Red-box Checkpoint
3	Soi Phra Pin4 13/2	Red-box Checkpoint
4	Soi Phun Suk	Red-box Checkpoint
5	Kanda village	Red-box Checkpoint
6	45/6 Fang Tai Road	Red-box Checkpoint
7	Thawi Suk farm	Red-box Checkpoint
8	Pan Factory	Red-box Checkpoint
9	Na Ko Ya Factory	Red-box Checkpoint
10	Modern Factory	Red-box Checkpoint
11	Phet Minimart	Red-box Checkpoint
12	Soi Chaiyo	Red-box Checkpoint
13	Phon Phen apartment	Red-box Checkpoint
14	Powder Factory	Red-box Checkpoint
15	Green Act Factory	Red-box Checkpoint
16	Kaeo restaurant	Red-box Checkpoint
17	Nitta Ya Factory	Red-box Checkpoint
18	Khaep Mu Factory	Red-box Checkpoint
19	Soi Phra Pin4 11	Red-box Checkpoint
20	Soi Phra Pin4 6	Red-box Checkpoint
21	Soi Thana Suk 1	Red-box Checkpoint
22	Thana Suk village	Red-box Checkpoint
23	Kitti Ya village	Red-box Checkpoint
24	Soi Phet Monthon 11	Red-box Checkpoint
25	Phet Monthon village	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.3 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
26	Chai Charoen company	Red-box Checkpoint
27	Kaona company	Red-box Checkpoint
28	Phai Lot factory	Red-box Checkpoint
29	Soi Suwan Khon	Red-box Checkpoint
30	Phaisan company	Red-box Checkpoint
31	Tawan Chai village	Red-box Checkpoint
32	Soi Phun Suk 1	Red-box Checkpoint
33	Soi Kanda 7	Red-box Checkpoint
34	Soi Sathit	Red-box Checkpoint
35	Hia Chua house	Red-box Checkpoint
36	Soi Kuan Im	Red-box Checkpoint
37	Soi Chuea Suan	Red-box Checkpoint
38	C B S Company	Red-box Checkpoint
39	Chan Charan Company	Red-box Checkpoint
40	Satin factory	Red-box Checkpoint
41	Yaem Phaka Nok	Red-box Checkpoint
42	Yaem Phaka Nai	Red-box Checkpoint
43	Lat Da Rom village	Red-box Checkpoint
44	Soi Prasit 4/4	Red-box Checkpoint
45	Ratchaphruek village	Red-box Checkpoint
46	Pa Chuk's house	Red-box Checkpoint
47	Thai Phet factory	Red-box Checkpoint
48	Soi Wan Samroeng	Red-box Checkpoint
49	Sai Thip village	Red-box Checkpoint
50	Soi Thong Niam 1	Red-box Checkpoint
51	Soi Chawalit	Red-box Checkpoint

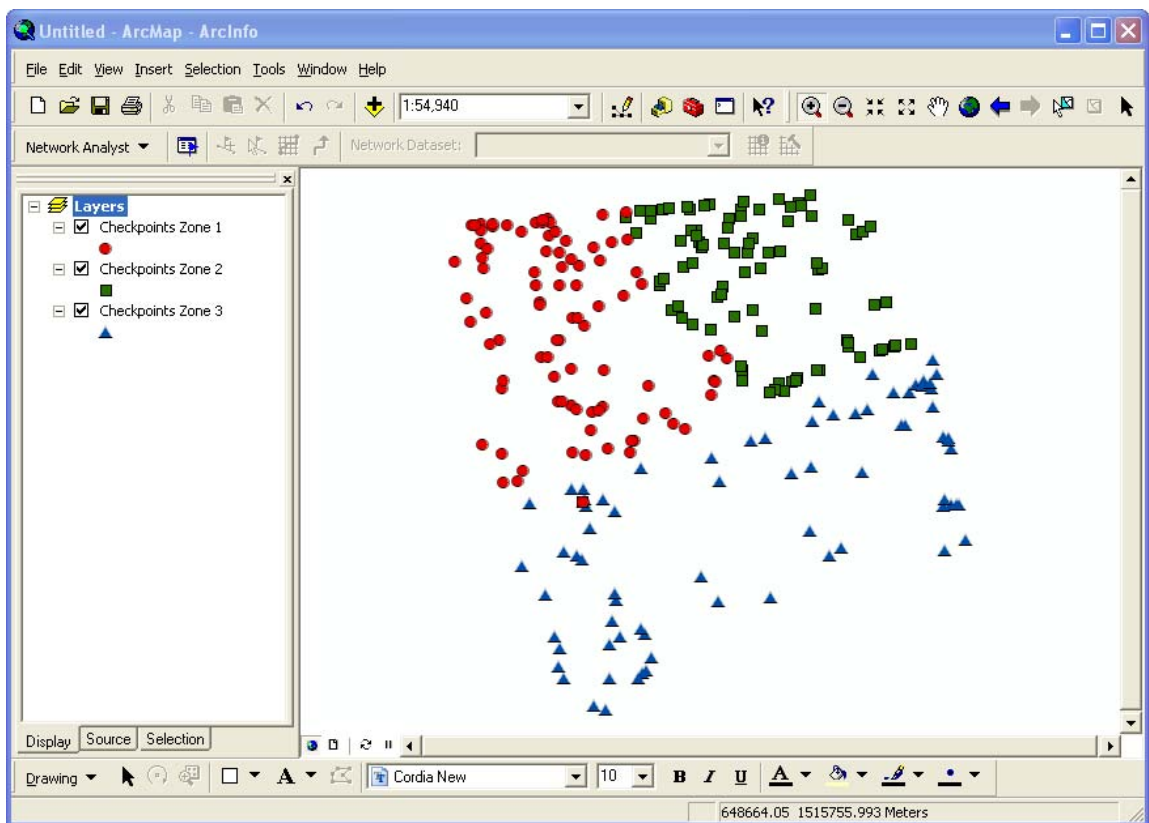
ตารางที่ 4.3 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
52	Sawa Kon Kodang	Red-box Checkpoint
53	17/110 Bencha Phon village	Red-box Checkpoint
54	Bencha Phon village	Red-box Checkpoint
55	Soi Prasoet	Red-box Checkpoint
56	Suea Dek Factory	Red-box Checkpoint
57	Sombun Phon's house	Red-box Checkpoint
58	Rakhang Thong rented room	Red-box Checkpoint
59	Hutsa chemical factory	Red-box Checkpoint
60	Sombun Phon rented room	Red-box Checkpoint
61	Paichue 1 house	Red-box Checkpoint
62	Paichue 2 house	Red-box Checkpoint
63	Thai Nam Thip company	Red-box Checkpoint
64	Sock factory	Red-box Checkpoint
65	Thian Saeng Thip company	Red-box Checkpoint
66	Sunthon 5 village	Red-box Checkpoint
67	Bi Sian company	Red-box Checkpoint
68	furniture	Red-box Checkpoint
69	Air produce company	Red-box Checkpoint
70	opposite Phet Samut company	Red-box Checkpoint
71	Rim Nam condominium	Red-box Checkpoint
72	Kim Sek Heng goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
73	Chai Mongkhon 2 goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
74	Krungthai bank	Bank Checkpoint
75	Minimart near bus terminal	Vehicle Checkpoint
76	Lak Sam temple	Vehicle Checkpoint
77	Market near Police station	Vehicle Checkpoint

ตารางที่ 4.3 รายชื่อของจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
78	Bus terminal	Vehicle Checkpoint
79	Minimart near Nongkhaem temple	Vehicle Checkpoint

เมื่อนำจุดตรวจทั้งหมดของทั้ง 3 เขตตรวจมาแสดงตำแหน่งที่ตั้งลงบนแผนที่ GIS ในพื้นที่ความรับผิดชอบของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม จะกระจายตามที่แสดงในรูปที่ 4.3 โดยที่ในรูปนี้จุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 จะใช้สัญลักษณ์วงกลมสีแดง, จุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยมสีเขียว และจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 ใช้สัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีน้ำเงิน



รูปที่ 4.3 ที่ตั้งจุดตรวจทั้งหมดของสามเขตตรวจที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของ ส.น.หนองแขม

4.1.3 การปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ

สำหรับการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ ผู้บังคับบัญชาได้กำหนดเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจในแต่ละวันออกเป็น 3 ผลัดๆ ละ 8 ชั่วโมง ได้แก่

- ผลัดที่ 1 ระหว่างเวลา 00.01 – 08.00 น.
- ผลัดที่ 2 ระหว่างเวลา 8.01 – 16.00 น.
- ผลัดที่ 3 ระหว่างเวลา 16.01 – 24.00 น.

ซึ่งจะทำให้การออกตรวจพื้นที่ที่มีการปฏิบัติตลอดเวลา ส่งผลดีในการป้องกันปราบปรามอาชญากรรม ในการออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจจรดจักรยานยนต์ ผู้บังคับบัญชาไม่ได้จัดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางออกตรวจพื้นที่ แต่มีแผนการตรวจของสายตรวจที่กำหนดให้สายตรวจไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะในช่วงเวลาที่กำหนดและกำหนดให้ในการปฏิบัติหน้าที่แต่ละผลัดสายตรวจต้องเดินทางไปยังจุดตรวจที่ 1 - 12 ทุกครั้ง ส่วนในการเดินทางไปยังจุดตรวจอื่นๆ ได้ให้อิสระกับสายตรวจในการตัดสินใจว่าจะเลือกเดินทางไปจุดตรวจใดบ้างและเลือกเส้นทางในการออกตรวจเอง เมื่อสายตรวจเดินทางไปยังจุดตรวจครบตามที่วางแผนไว้แล้วนั้นก็จะเดินทางกลับมายังสถานีตำรวจอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งใช้เวลาภายใน 8 ชม. ในการปฏิบัติหน้าที่

4.1.4 แผนการออกตรวจของสายตรวจ

แผนการตรวจของสายตรวจ คือ แผนที่ผู้บังคับบัญชากำหนดให้สายตรวจทำการตรวจคันรถยนต์ที่ผ่านไปตามเพื่อหาสิ่งผิดกฎหมายหรือคอยตรวจตราในบริเวณนั้นๆ ซึ่งจะใช้เวลานานกว่าการออกตรวจในจุดตรวจอื่นๆ โดยจะเป็นไปตามที่ผู้บังคับบัญชากำหนด ในแต่ละผลัดผู้บังคับบัญชาจะกำหนดให้สายตรวจไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะแตกต่างกัน และจะทำการเปลี่ยนแผนการตรวจทุกๆ 15 วัน ตัวอย่างของแผนการตรวจจะระหว่างวันที่ 1 – 15 มกราคม พ.ศ. 2553 สำหรับตำรวจสายตรวจผลัดที่ 1, 2 และ 3 ของทั้งสามเขตตรวจแสดงไว้ในตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แผนการตรวจของสายตรวจผลัดที่ 1 ระหว่างวันที่ 1-15 มกราคม พ.ศ. 2553

สายตรวจ	ช่วงเวลา	การปฏิบัติ
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 1	05.45 – 06.15 น. 07.00 – 07.30 น.	ว.43 เคลื่อนที่ ปากซอยหรรษา ว.10 ปากซอยเพชรเกษม 73
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 2	05.30 – 06.30 น. 07.00 – 07.30 น.	ว.10 ป้ายรถเมล์ตรงข้ามคาร์ฟูร์ ว.10 หน้าร้านยาง
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 3	06.00 – 07.00 น.	ว.10 ป้ายรถเมล์เซเว่นอู๋รถสาย 7

หมายเหตุ ว.10 หมายถึงให้สายตรวจหยุดรถแล้วปฏิบัติหน้าที่บริเวณนั้น

ว.43 หมายถึงให้สายตรวจหยุดคือตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะ

แผนการตรวจของสายตรวจตามตารางที่ 4.4 นี้ระบุให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 1 ถือปฏิบัติในการออกตรวจพื้นที่ระหว่างเวลา 00.01 - 08.00 น. ซึ่งจะแบ่งแยกการปฏิบัติของสายตรวจรถจักรยานยนต์ออกเป็นสามเขตตรวจดังนี้

- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ปฏิบัติหน้าที่ 30 นาทีในการตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยหมู่บ้านหรรษา ระหว่างเวลา 05.45 – 06.15 น. และปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที ในการตรวจตราบริเวณปากซอยเพชรเกษม 79 ตั้งแต่เวลา 07.00 – 07.30 น.
- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม. ในการตรวจตราบริเวณฝั่งตรงข้ามของห้าง Carrefour Supermarket ตั้งแต่เวลา 05.30 – 06.30 น. และปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที ในการตรวจตราบริเวณหน้าบริษัทนันทยาง ตั้งแต่เวลา 07.00 – 07.30 น.
- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม ในการตรวจตราบริเวณร้านเซเว่นอีเลเว่น ใกล้อุโมงค์สาย 7 ระหว่างเวลา 06.00 – 07.00 น.

ตารางที่ 4.5 แผนการตรวจของสายตรวจผลัดที่ 2 ระหว่างวันที่ 1-15 มกราคม พ.ศ. 2553

สายตรวจ	ช่วงเวลา	การปฏิบัติ
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 1	11.00 - 11.30 น.	ว.43 เคลื่อนที่โรงไม้
	14.15 - 15.00 น.	ว.43 เคลื่อนที่หน้าวัดอุดมรังษี
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 2	11.00 - 12.00 น.	ว.10 กลางซอยนาคนาสถาพร 2
	14.00 - 15.00 น.	ว.10 ตรงข้ามห้างคาร์ฟูร์
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 3	15.00 - 15.30 น.	ว.10 หน้าวัดหลักสาม

หมายเหตุ ว.10 หมายถึงให้สายตรวจหยุดรถแล้วปฏิบัติหน้าที่บริเวณนั้น

ว.43 หมายถึงให้สายตรวจหยุดคือตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะ

แผนการตรวจของสายตรวจตามตารางที่ 4.5 นี้ ระบุให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 2 ถือปฏิบัติในการออกตรวจพื้นที่ระหว่างเวลา 08.01 - 16.01 น. ซึ่งจะแบ่งแยกการปฏิบัติของสายตรวจรถจักรยานยนต์ออกเป็นสามเขตตรวจดังนี้

- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ปฏิบัติหน้าที่ 30 นาทีในการตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณหน้าโรงไม้ตั้งแต่วันที่ 11.00 - 11.30 น. และปฏิบัติหน้าที่ 45 นาที ในการตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะอีกแห่งหนึ่งบริเวณหน้าวัดอุดมรังษีตั้งแต่วันที่ 14.15 - 15.00 น.
- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม. ในการตรวจตราบริเวณกลางซอยนาคนาสถาพร 2 ตั้งแต่วันที่ 11.00 - 12.00 น. และปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม. ในการตรวจตราบริเวณฝั่งตรงข้ามของห้าง Carrefour Supermarket ตั้งแต่วันที่ 14.00 - 15.00 น.
- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม ในการตรวจตราบริเวณหน้าวัดหลักสาม ตั้งแต่วันที่ 15.00 - 15.30 น.

ตารางที่ 4.6 แผนการตรวจของสายตรวจผลัดที่ 3 ระหว่างวันที่ 1 -15 มกราคม พ.ศ. 2553

สายตรวจ	ช่วงเวลา	การปฏิบัติ
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 1	18.00 - 18.30 น. 20.00 - 20.30 น. 22.00 -23.00 น.	ว.10 ปากทางหมู่บ้านหรรษา ว.43 เคลื่อนที่ ซอยเพชรเกษม 77/6 ว.10 ปากซอย 79
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 2	20.00 – 20.30 น. 21.00 – 21.30 น. 22.00 – 23.00 น.	ว.10 บั๊มน้ำมัน ปตท. ว.43 เคลื่อนที่ปากซอยเพชรเกษม 73 ว.10 ปากซอยเพชรเกษม 73
สายตรวจ รถจักรยานยนต์เขต 3	17.30 – 18.30 น. 22.00 – 22.30 น. 23.30 – 24.00 น.	ว.10 ตลาดนัดข้าง สน. ว.10 คู่มือสาย 7 ว.10 ร้านเซเว่นอีเลเว่นวัดหนองแขม

หมายเหตุ ว.10 หมายถึงให้สายตรวจหยุดรถแล้วปฏิบัติหน้าที่บริเวณนั้น

ว.43 หมายถึงให้สายตรวจหยุดคือตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะ

แผนการตรวจของสายตรวจตามตารางที่ 4.6 นี้ ระบุให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 3 ถือปฏิบัติในการออกตรวจพื้นที่ระหว่างเวลา 16.01- 24.00 น. ซึ่งจะแบ่งแยกการปฏิบัติของสายตรวจรถจักรยานยนต์ออกเป็นสามเขตตรวจดังนี้

- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ปฏิบัติหน้าที่ 30 นาทีในการตรวจตราบริเวณปากทางหมู่บ้านหรรษา ตั้งแต่เวลา 18.00 - 18.30 น. ,ปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที ในการตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณซอยเพชรเกษม 77/6 ตั้งแต่เวลา 20.00 – 20.30 น. และ ปฏิบัติหน้าที่ 60 นาทีในการตรวจตราบริเวณปากซอยเพชรเกษม79 ตั้งแต่เวลา 18.00 - 18.30 น.
- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที ในการตรวจตรา บั๊มน้ำมัน ปตท. ตั้งแต่เวลา 20.00 – 20.30 น. และปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที ในการตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 73 ตั้งแต่เวลา 21.00 – 21.30 น. และปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม. ในการตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 73 ตั้งแต่เวลา 22.00 – 23.00 น.
- สายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ปฏิบัติหน้าที่ 1 ชม ในการตรวจตรา บริเวณตลาดนัดข้าง สน. ตั้งแต่เวลา 17.30 – 18.30 น. และปฏิบัติหน้าที่ 30

นาที่ ในการตรวจตราบริเวณอุโมงค์สาย 7 ตั้งแต่เวลา 22.00 – 22.30 น. และปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที ในการตรวจตราบริเวณร้านเซเว่นอีเลเว่นใกล้วัดหนองแขม ตั้งแต่เวลา 23.30 – 24.00 น.

4.2 การจัดเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ คือ การดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อนำไปหา ระยะทางและระยะเวลาระหว่างจุดตรวจ ซึ่งได้อธิบายโดยสังเขปในบทที่แล้ว สำหรับในบทนี้เป็น การอธิบายอย่างละเอียดถึงวิธีการจัดเก็บข้อมูล และคุณสมบัติของข้อมูลที่จัดเก็บได้

4.2.1 ตำแหน่งจุดตรวจ

สถานีตำรวจนครบาลหนองแขมมีจุดตรวจทั้งหมด 266 จุดตรวจ ดังระบุไว้ในตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 โดยในเขตตรวจที่ 1 มีจำนวน 95 จุดตรวจ, เขตตรวจที่ 2 มีจำนวน 92 จุดตรวจ และเขตตรวจที่ 3 มีจำนวน 79 จุดตรวจ ซึ่งจุดตรวจทั้งหมดนี้กระจายอยู่ในพื้นที่ สน.หนองแขม เป็นการยากที่จะทราบว่าจุดตรวจทั้งหมดนี้ตั้งอยู่ที่ใด ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้วิธีสอบถามที่ตั้งจุดตรวจกับสายตรวจว่าจุดตรวจดังกล่าวอยู่ที่ใดและติดตามเฝ้าดูการทำงานของสายตรวจในขณะออกตรวจพื้นที่จึงทำให้ทราบจุดตรวจทั้งหมดอยู่ที่ใดและทราบถึงขั้นตอนการทำงานของสายตรวจ เมื่อทราบถึงที่ตั้งของจุดตรวจและผู้วิจัยจึงเดินทางไปที่ตั้งของจุดตรวจทั้งหมดด้วยตัวเองแล้วจึงทำการเก็บพิกัดจุดตรวจด้วยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60

เนื่องจากตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้มีเรื่องเงื่อนไขเวลาของการปฏิบัติหน้าที่สายตรวจ ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ทำให้การออกแบบ ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์เกี่ยวกับเรื่อง Time Windows ต้องมีเพิ่มการจุดตรวจคั่นยานพาหนะจำลอง (Dummy Check Point) ขึ้นมาอย่างละ 1 จุด เพื่อช่วยในการออกแบบตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์มีลักษณะคล้ายคลึงกับการเดินทางเข้ามาปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะ และการออกจากจุดตรวจคั่นยานพาหนะของสายตรวจรถจักรยานยนต์ โดยการให้จุดตรวจคั่นยานพาหนะแรกไว้สำหรับให้สายตรวจเดินทางเข้ามาปฏิบัติหน้าที่ และอีกจุดตรวจหนึ่งที่จำลอง ขึ้นมานั้นไว้สำหรับให้สายตรวจเดินทางออกจากจุดตรวจ ดังนั้นในการจัดเก็บพิกัดจุดตรวจคั่นยานพาหนะด้วยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60 ต้องมีการจัดเก็บจุดตรวจคั่นยานพาหนะเพิ่มขึ้นอย่างละหนึ่งจุด โดยในเขตตรวจที่ 1 มีจุดตรวจคั่นยานพาหนะ 5 จุด จะมีพิกัดเพิ่มขึ้นมาอีก 5 จุด ดังนั้นในการเก็บพิกัดของเขตตรวจที่ 1 จะต้องจัดเก็บพิกัดทั้งหมด 100 จุด, ในเขตตรวจที่ 2 มีจุดตรวจคั่นยานพาหนะ 5 จุด จะมีพิกัดเพิ่มขึ้นมาอีก 5 จุด ดังนั้นในการเก็บพิกัดของเขตตรวจที่ 2 จะต้องจัดเก็บพิกัดทั้งหมด 97 จุด และ ในเขตตรวจที่ 3 มีจุดตรวจคั่นยานพาหนะ 5 จุด จะมี

พิกัดเพิ่มขึ้นมาอีก 5 จุด ดังนั้นในการเก็บพิกัดของเขตตรวจที่ 3 จะต้องจัดเก็บพิกัดทั้งหมด 84 จุด นอกจากนั้นจะต้องจัดเก็บพิกัดของ สน.หนองแขม ด้วยเนื่องจาก สน.หนองแขม เป็นสถานที่สายตรวจต้องเดินทางเข้าและออกเหมือนจุดตรวจอื่นโดยจะเป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง ซึ่งในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ กำหนดให้จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางเป็นคนละจุดกัน ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บพิกัดของ สน.หนองแขม 2 พิกัด โดยให้พิกัดหนึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเดินทางของสายตรวจ และอีกพิกัดเป็นจุดปลายทางของการเดินทาง

ในการเก็บพิกัดจุดตรวจด้วยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60 ผู้วิจัยได้กำหนดรหัส (Code) เป็นตัวแทนแต่ละจุดตรวจเพื่อความสะดวกต่อการจัดเก็บและใช้เวลาในการจัดเก็บแต่ละจุดตรวจน้อยลง เนื่องจากการถ้าบันทึกเป็นชื่อของจุดตรวจจะทำให้การจัดเก็บมีความล่าช้าจากการพิมพ์ตัวอักษรที่มีจำนวนมาก ดังนั้นจึงกำหนดรหัสให้กับ สน.หนองแขมที่เป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง โดยจุดเริ่มต้นมีรหัสชื่อ “Origin” และจุดปลายทางมีรหัสชื่อ “Destination” สรุปแล้วในเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 จะมีรหัสทั้งหมด 100, 97 และ 84 ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.7, 4.8, และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone1_000	Nong Khaem Police Station	origin
zone1_001	Uea Athon village	Red-box Checkpoint
zone1_002	Sa Ran Phon village	Red-box Checkpoint
zone1_003	Soi Ap Thip	Red-box Checkpoint
zone1_004	Soi Chatsan 2	Red-box Checkpoint
zone1_005	Soi Kamnan Chaloem	Red-box Checkpoint
zone1_006	Phuttan village office	Red-box Checkpoint
zone1_007	Sa Nek factory	Red-box Checkpoint
zone1_008	Soi Phong Siri Chai IV 8	Red-box Checkpoint
zone1_009	Krung Thong plastic	Red-box Checkpoint
zone1_010	Sin Phet condominium	Red-box Checkpoint
zone1_011	Government Housing Bank	Red-box Checkpoint
zone1_012	Yong Charoen godown	Red-box Checkpoint
zone1_013	Hansa factory	Red-box Checkpoint
zone1_014	Sin Thai factory	Red-box Checkpoint
zone1_015	Ya Kan Yung factory	Red-box Checkpoint
zone1_016	Kaeo factory	Red-box Checkpoint
zone1_017	UB factory	Red-box Checkpoint
zone1_018	PK garage	Red-box Checkpoint
zone1_019	Hansa 3 village	Red-box Checkpoint
zone1_020	Thong Thai factory	Red-box Checkpoint
zone1_021	39/4 Hansa 5 village	Red-box Checkpoint
zone1_022	Soi Chan In	Red-box Checkpoint
zone1_023	Si Mongkhon	Red-box Checkpoint
zone1_024	Soi Phut Tan 3/2	Red-box Checkpoint
zone1_025	printing house soi 79	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.7 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone1_026	Me Na Pho rented room	Red-box Checkpoint
zone1_027	Chuan Thawin apartmemt	Red-box Checkpoint
zone1_028	Han Tha Wat	Red-box Checkpoint
zone1_029	Chu Rada jeweler	Red-box Checkpoint
zone1_030	Soi Watchara Home 1	Red-box Checkpoint
zone1_031	Klom Chai godown	Red-box Checkpoint
zone1_032	Soi Khun Khachon	Red-box Checkpoint
zone1_033	Soi Phong Siri Chai IV 28	Red-box Checkpoint
zone1_034	Badminton court	Red-box Checkpoint
zone1_035	Lek Munwian factory	Red-box Checkpoint
zone1_036	72/111-2 Khang Rungrot	Red-box Checkpoint
zone1_037	Saeng Thana furniture	Red-box Checkpoint
zone1_038	Bangkok foam	Red-box Checkpoint
zone1_039	Soi Phong Siri Chai IV 29	Red-box Checkpoint
zone1_040	Khun Khachon junk shop	Red-box Checkpoint
zone1_041	PT gas station	Red-box Checkpoint
zone1_042	Phut Tan camp	Red-box Checkpoint
zone1_043	Thai VP factory	Red-box Checkpoint
zone1_044	Chuan Chuen village	Red-box Checkpoint
zone1_045	PTT gas station	Red-box Checkpoint
zone1_046	7-eleven shop soi 79	Red-box Checkpoint
zone1_047	Khrueang Ngoen soi 79	Red-box Checkpoint
zone1_048	19 Hong rented room	Red-box Checkpoint
zone1_049	Phat Cha Ra Loha Phan factory	Red-box Checkpoint
zone1_050	Soi Phet Kasem 79 -15	Red-box Checkpoint
zone1_051	printing house soi 79	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.7 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone1_052	Ma Ma town house	Red-box Checkpoint
zone1_053	Ya Kan Yung house	Red-box Checkpoint
zone1_054	Thong Thai row house	Red-box Checkpoint
zone1_055	Yen Chit	Red-box Checkpoint
zone1_056	Chu Chit rented room	Red-box Checkpoint
zone1_057	Soi Watchara Home 2	Red-box Checkpoint
zone1_058	Soi Phet Kasem 79-17	Red-box Checkpoint
zone1_059	Dao Den house	Red-box Checkpoint
zone1_060	7-eleven branch Hansa village	Red-box Checkpoint
zone1_061	72/133 Khang Rungrot	Red-box Checkpoint
zone1_062	Nakhon Rin factory	Red-box Checkpoint
zone1_063	Hansa 4 village	Red-box Checkpoint
zone1_064	Phong Siri Chai village	Red-box Checkpoint
zone1_065	Chinda Wet factory	Red-box Checkpoint
zone1_066	4/146 soi Watchara Home	Red-box Checkpoint
zone1_067	35/132 Soi Chatsan 2	Red-box Checkpoint
zone1_068	Land office	Red-box Checkpoint
zone1_069	57/259 Hansa1 village	Red-box Checkpoint
zone1_070	Soi Chuan Sanit	Red-box Checkpoint
zone1_071	Phet Kasem 81 clinic	Red-box Checkpoint
zone1_072	Sub Power plant	Red-box Checkpoint
zone1_073	Soi Ma Ma	Red-box Checkpoint
zone1_074	Thana Phi Rom village	Red-box Checkpoint
zone1_075	Flat	Red-box Checkpoint
zone1_076	35/79 Chatsan 2 village	Red-box Checkpoint
zone1_077	79/426 Hansa 4 village	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.7 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone1_078	Car wash	Red-box Checkpoint
zone1_079	Chatsan 2 village Minimart	Red-box Checkpoint
zone1_080	Phet Kasem 79-27	Red-box Checkpoint
zone1_081	Thai Seng Heng goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone1_082	Muk Mani goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone1_083	To Kang goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone1_084	Siri Mongkhon goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone1_085	Rattana Suwan goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone1_086	Thep Mongkhon goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone1_087	UOB bank	Bank Checkpoint
zone1_088	Siam Commercial Bank	Bank Checkpoint
zone1_089	ALC bank	Bank Checkpoint
zone1_090	Kasikorn bank	Bank Checkpoint
zone1_091	Entrance of Soi Hansa	Vehicle Checkpoint
zone1_092	Entrance of Soi Hansa Dummy	Vehicle Checkpoint
zone1_093	Entrance of Soi PhetKasem79	Vehicle Checkpoint
zone1_094	Entrance of Soi PhetKasem79 Dummy	Vehicle Checkpoint
zone1_095	wood Mill	Vehicle Checkpoint
zone1_096	wood Mill Dummy	Vehicle Checkpoint
zone1_097	Udom temple	Vehicle Checkpoint
zone1_098	Udom temple Dummy	Vehicle Checkpoint
zone1_099	Entrance of Soi Phet Kasem77/6	Vehicle Checkpoint
zone1_100	Entrance of Soi Phet Kasem77/6 Dummy	Vehicle Checkpoint
zone1_101	Nong Khaem Police Station	Destination

ตารางที่ 4.8 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone2_000	Nong Khaem Police Station	origin
zone2_001	Sia Nam's house	Red-box Checkpoint
zone2_002	Phet Kasem1 village	Red-box Checkpoint
zone2_003	Khunmae shop	Red-box Checkpoint
zone2_004	Wo Rat company	Red-box Checkpoint
zone2_005	Soi Chotchuang	Red-box Checkpoint
zone2_006	Wutthi's house	Red-box Checkpoint
zone2_007	69aluminium company	Red-box Checkpoint
zone2_008	37/54 soi Phet Kasem 71	Red-box Checkpoint
zone2_009	Toyota company	Red-box Checkpoint
zone2_010	Nakhon Phet Kasem market	Red-box Checkpoint
zone2_011	opposite Phai Thun's house	Red-box Checkpoint
zone2_012	Soi Prem Pri 1	Red-box Checkpoint
zone2_013	Premier company	Red-box Checkpoint
zone2_014	Factory at soi Phet Kasem77	Red-box Checkpoint
zone2_015	309 Phet Kasem1 village	Red-box Checkpoint
zone2_016	Soi Sawatdikan 1-6	Red-box Checkpoint
zone2_017	Yawata company	Red-box Checkpoint
zone2_018	Plate Factory	Red-box Checkpoint
zone2_019	Harvest moon restaurant	Red-box Checkpoint
zone2_020	Asia factory	Red-box Checkpoint
zone2_021	PTR Phon Charoen Company	Red-box Checkpoint
zone2_022	Phon Thawi Wat 1 condominium	Red-box Checkpoint
zone2_023	ALK company	Red-box Checkpoint
zone2_024	Aphi Rue Di company	Red-box Checkpoint
zone2_025	Rangsan's house	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.8 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone2_026	Chom Chao's house	Red-box Checkpoint
zone2_027	Soi Phet Kasem 77-3-10	Red-box Checkpoint
zone2_028	ASK company	Red-box Checkpoint
zone2_029	Charoen apartment	Red-box Checkpoint
zone2_030	Am Ma Rin apartment	Red-box Checkpoint
zone2_031	Soi Sawatdikan 2 - 18	Red-box Checkpoint
zone2_032	Soi Sawatdikan 2 - 20 (1)	Red-box Checkpoint
zone2_033	Soi Sawatdikan 2 - 20 (2)	Red-box Checkpoint
zone2_034	17/3 soi Phet Kasem 77-4-9	Red-box Checkpoint
zone2_035	Sa Thi Ta apartment	Red-box Checkpoint
zone2_036	Nam Saeng dormitory	Red-box Checkpoint
zone2_037	Siri Thai company	Red-box Checkpoint
zone2_038	Phuttha Rak house	Red-box Checkpoint
zone2_039	Nam Saeng company	Red-box Checkpoint
zone2_040	Yu Thong company	Red-box Checkpoint
zone2_041	Bun Chai's house	Red-box Checkpoint
zone2_042	Ngi Thai factory	Red-box Checkpoint
zone2_043	Khwan Thip mansion	Red-box Checkpoint
zone2_044	Phong Sak mansion	Red-box Checkpoint
zone2_045	Soi Prem Pri 2	Red-box Checkpoint
zone2_046	77 apartment	Red-box Checkpoint
zone2_047	S & R Footware Factory	Red-box Checkpoint
zone2_048	Sawatdikan Plastic company	Red-box Checkpoint
zone2_049	Sakhon Pan Sin dormitory	Red-box Checkpoint
zone2_050	Phitsa Man 1-2 row house	Red-box Checkpoint
zone2_051	opposite Ngi Thai company	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.8 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone2_052	Phichai Yon company	Red-box Checkpoint
zone2_053	Silver Art company	Red-box Checkpoint
zone2_054	Gravia company	Red-box Checkpoint
zone2_055	Soi Rattana Sen	Red-box Checkpoint
zone2_056	Opposite Wutthi's house 1	Red-box Checkpoint
zone2_057	Jpect knitting factory	Red-box Checkpoint
zone2_058	machine shop	Red-box Checkpoint
zone2_059	Hia Ho's house	Red-box Checkpoint
zone2_060	Soi Prem Pri 2	Red-box Checkpoint
zone2_061	Rung Sawang place	Red-box Checkpoint
zone2_062	Sitthi Phon company	Red-box Checkpoint
zone2_063	Khiam Heng Pho company	Red-box Checkpoint
zone2_064	Lap Pet Nong Khai restaurant	Red-box Checkpoint
zone2_065	Arun Thong village	Red-box Checkpoint
zone2_066	Thi Pha Wan apartment	Red-box Checkpoint
zone2_067	Paper Factory	Red-box Checkpoint
zone2_068	Opposite Wutthi's house 2	Red-box Checkpoint
zone2_069	Ngai Thai dormitory	Red-box Checkpoint
zone2_070	Lee apartment	Red-box Checkpoint
zone2_071	No Entrance Company	Red-box Checkpoint
zone2_072	257 soi Phet Kasem 73/1	Red-box Checkpoint
zone2_073	The house	Red-box Checkpoint
zone2_074	soi Sawat Di Ka 2-13	Red-box Checkpoint
zone2_075	Don Ya house	Red-box Checkpoint
zone2_076	Sin siam	Red-box Checkpoint
zone2_077	Charoen minimart	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.8 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone2_078	Suppha Wan 4 village	Red-box Checkpoint
zone2_079	Salini house	Red-box Checkpoint
zone2_080	Khun Sawat factory	Red-box Checkpoint
zone2_081	SP apartment	Red-box Checkpoint
zone2_082	Yaowarat Goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone2_083	Chai Mongkhon 3 Goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone2_084	Thawi Chai 9 Goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone2_085	Krungthai bank	Bank Checkpoint
zone2_086	Krung Si Ayutthaya bank	Bank Checkpoint
zone2_087	CIMB bank	Bank Checkpoint
zone2_088	Opposite Carrefour	Vehicle Checkpoint
zone2_089	Opposite Carrefour Dummy	Vehicle Checkpoint
zone2_090	Nan Yang company	Vehicle Checkpoint
zone2_091	Nan Yang company Dummy	Vehicle Checkpoint
zone2_092	Soi Na Khot Than Phon 2	Vehicle Checkpoint
zone2_093	Soi Na Khot Than Phon 2 Dummy	Vehicle Checkpoint
zone2_094	PTT gas station	Vehicle Checkpoint
zone2_095	PTT gas station Dummy	Vehicle Checkpoint
zone2_096	Entrance of Soi PhetKasem73	Vehicle Checkpoint
zone2_097	Entrance of Soi PhetKasem73 Dummy	Vehicle Checkpoint
zone2_098	Nong Khaem Police Station	Destination

ตารางที่ 4.9 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
Zone3_000	Nong Khaem Police Station	origin
zone3_001	Wat Nong Khaem school	Red-box Checkpoint
zone3_002	Phet Kasem college	Red-box Checkpoint
zone3_003	Soi Phra Pin4 13/2	Red-box Checkpoint
zone3_004	Soi Phun Suk	Red-box Checkpoint
zone3_005	Kanda village	Red-box Checkpoint
zone3_006	45/6 Fang Tai Road	Red-box Checkpoint
zone3_007	Thawi Suk farm	Red-box Checkpoint
zone3_008	Pan Factory	Red-box Checkpoint
zone3_009	Na Ko Ya Factory	Red-box Checkpoint
zone3_010	Modern Factory	Red-box Checkpoint
zone3_011	Phet Minimart	Red-box Checkpoint
zone3_012	Soi Chaiyo	Red-box Checkpoint
zone3_013	Phon Phen apartment	Red-box Checkpoint
zone3_014	Powder Factory	Red-box Checkpoint
zone3_015	Green Act Factory	Red-box Checkpoint
zone3_016	Kaeo restaurant	Red-box Checkpoint
zone3_017	Nitta Ya Factory	Red-box Checkpoint
zone3_018	Khaep Mu Factory	Red-box Checkpoint
zone3_019	Soi Phra Pin4 11	Red-box Checkpoint
zone3_020	Soi Phra Pin4 6	Red-box Checkpoint
zone3_021	Soi Thana Suk 1	Red-box Checkpoint
zone3_022	Thana Suk village	Red-box Checkpoint
zone3_023	Kitti Ya village	Red-box Checkpoint
zone3_024	Soi Phet Monthon 11	Red-box Checkpoint
zone3_025	Phet Monthon village	Red-box Checkpoint

ตารางที่ 4.9 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone3_026	Chai Charoen company	Red-box Checkpoint
zone3_027	Kaona company	Red-box Checkpoint
zone3_028	Phai Lot factory	Red-box Checkpoint
zone3_029	Soi Suwan Khon	Red-box Checkpoint
zone3_030	Phaisan company	Red-box Checkpoint
zone3_031	Tawan Chai village	Red-box Checkpoint
zone3_032	Soi Phun Suk 1	Red-box Checkpoint
zone3_033	Soi Kanda 7	Red-box Checkpoint
zone3_034	Soi Sathit	Red-box Checkpoint
zone3_035	Hia Chua house	Red-box Checkpoint
zone3_036	Soi Kuan Im	Red-box Checkpoint
zone3_037	Soi Chuea Suan	Red-box Checkpoint
zone3_038	C B S Company	Red-box Checkpoint
zone3_039	Chan Charan Company	Red-box Checkpoint
zone3_040	Satin factory	Red-box Checkpoint
zone3_041	Yaem Phaka Nok	Red-box Checkpoint
zone3_042	Yaem Phaka Nai	Red-box Checkpoint
zone3_043	Lat Da Rom village	Red-box Checkpoint
zone3_044	Soi Prasit 4/4	Red-box Checkpoint
zone3_045	Ratchaphruek village	Red-box Checkpoint
zone3_046	Pa Chuk's house	Red-box Checkpoint
zone3_047	Thai Phet factory	Red-box Checkpoint
zone3_048	Soi Wan Samroeng	Red-box Checkpoint
zone3_049	Sai Thip village	Red-box Checkpoint
zone3_050	Soi Thong Niam 1	Red-box Checkpoint
zone3_051	Soi Chawalit	Red-box Checkpoint

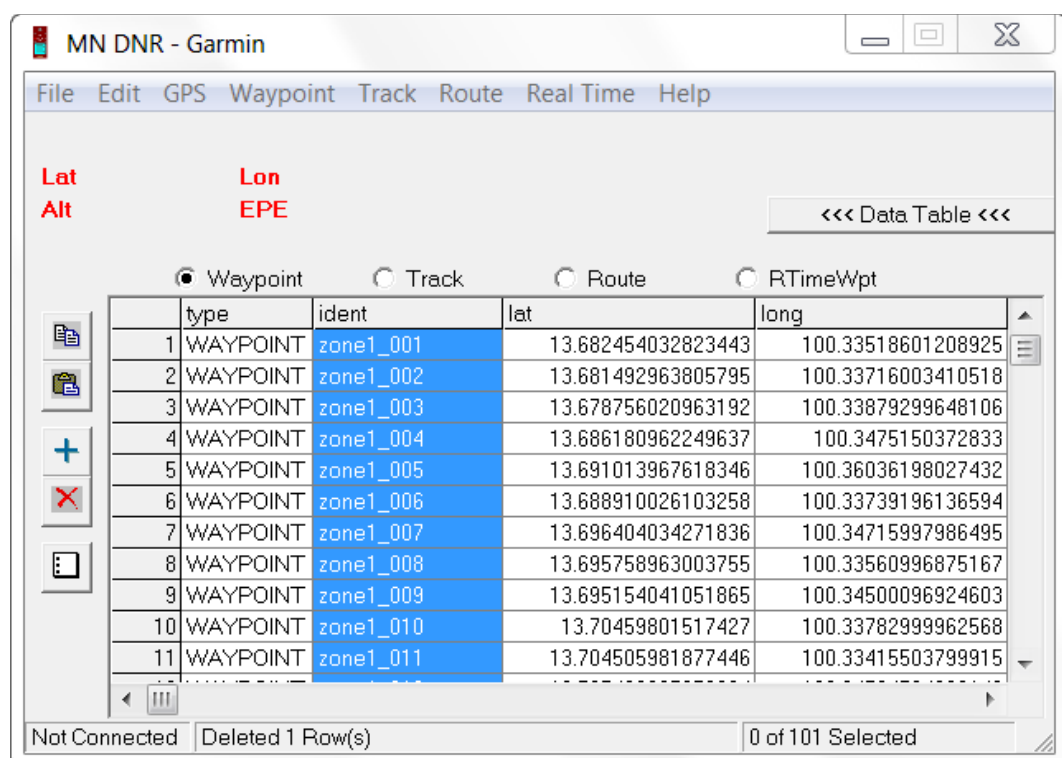
ตารางที่ 4.9 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 (ต่อ)

Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone3_052	Sawa Kon Kodang	Red-box Checkpoint
zone3_053	17/110 Bencha Phon village	Red-box Checkpoint
zone3_054	Bencha Phon village	Red-box Checkpoint
zone3_055	Soi Prasoet	Red-box Checkpoint
zone3_056	Suea Dek Factory	Red-box Checkpoint
zone3_057	Sombun Phon's house	Red-box Checkpoint
zone3_058	Rakhang Thong rented room	Red-box Checkpoint
zone3_059	Hutsa chemical factory	Red-box Checkpoint
zone3_060	Sombun Phon rented room	Red-box Checkpoint
zone3_061	Paichue 1 house	Red-box Checkpoint
zone3_062	Paichue 2 house	Red-box Checkpoint
zone3_063	Thai Nam Thip company	Red-box Checkpoint
zone3_064	Sock factory	Red-box Checkpoint
zone3_065	Thian Saeng Thip company	Red-box Checkpoint
zone3_066	Sunthon 5 village	Red-box Checkpoint
zone3_067	Bi Sian company	Red-box Checkpoint
zone3_068	furniture	Red-box Checkpoint
zone3_069	Air produce company	Red-box Checkpoint
zone3_070	opposite Phet Samut company	Red-box Checkpoint
zone3_071	Rim Nam condominium	Red-box Checkpoint
zone3_072	Kim Sek Heng goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone3_073	Chai Mongkhon 2 goldsmiths	Goldsmiths Checkpoint
zone3_074	Krungthai bank	Bank Checkpoint
zone3_075	Minimart near bus terminal	Vehicle Checkpoint
zone3_076	Minimart near bus terminal Dummy	Vehicle Checkpoint
zone3_077	Lak Sam temple	Vehicle Checkpoint

ตารางที่ 4.9 รหัสตำแหน่งจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 (ต่อ)

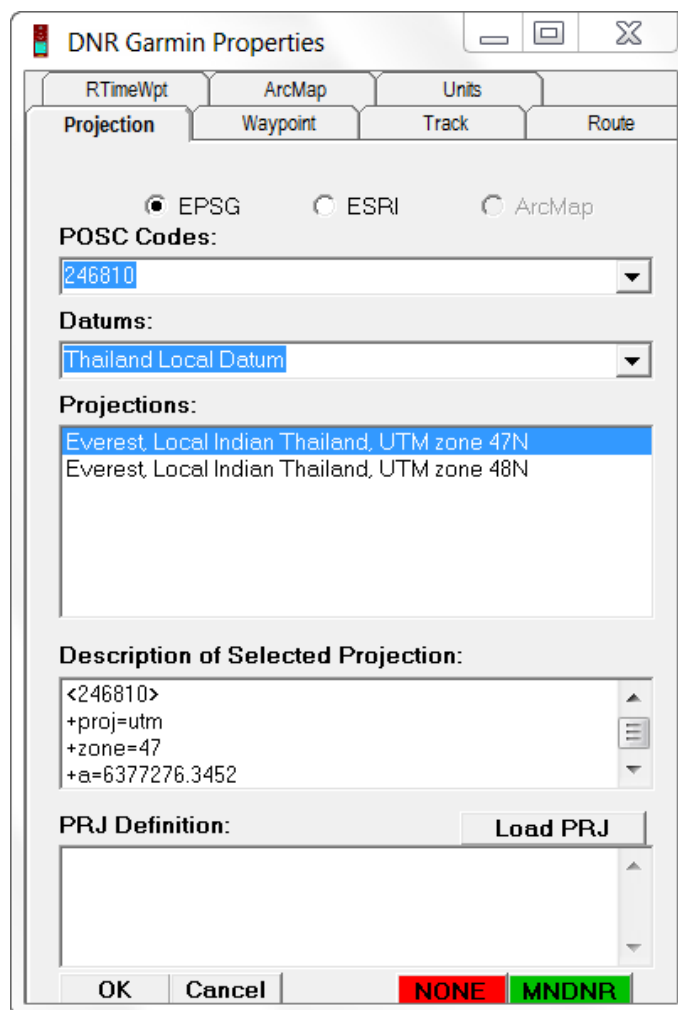
Code	Checkpoints	Type of Checkpoint
zone3_078	Lak Sam temple Dummy	Vehicle Checkpoint
zone3_079	Market near Police station	Vehicle Checkpoint
zone3_080	Market near Police station Dummy	Vehicle Checkpoint
zone3_081	Bus terminal	Vehicle Checkpoint
zone3_082	Bus terminal Dummy	Vehicle Checkpoint
zone3_083	Minimart near Nongkhaem temple	Vehicle Checkpoint
zone3_084	Minimart near Nongkhaem temple Dummy	Vehicle Checkpoint
zone3_085	Nong Khaem Police Station	Destination

เมื่อทำการจัดเก็บข้อมูลครบทุกจุดตรวจแล้วจึงนำเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60 เชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อถ่ายโอนข้อมูลพิกัดจุดตรวจทั้งหมดมายังคอมพิวเตอร์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ DNR Garmin ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4 ในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป shapefile



รูปที่ 4.4 การใช้โปรแกรม DNR Garmin แปลงข้อมูลพิกัดจุดตรวจให้อยู่ในรูป shapefile

ในการแปลงข้อมูลนั้นต้องทำการตั้งค่าโครงแผนที่ (Projection) ให้เป็น Indian_1975_UTM_Zone_47N ดังรูปที่ 4.5 โดยการเลือก Datums เป็น Thailand Local Datum และเลือก Projections เป็น Everest, Location Indian Thailand, UTM zone 47N เพื่อให้เข้ากันได้กับแผนที่ดิจิทัลเส้นทางพื้นที่รับผิดชอบของ สน.หนองแขม ซึ่งในการจัดเก็บได้แยกข้อมูล จุดตรวจออกเป็น 3 ชุด คือ ข้อมูลพิกัดจุดตรวจเขตตรวจที่ 1, ข้อมูลพิกัดจุดตรวจเขตตรวจที่ 2 และ ข้อมูลพิกัดจุดตรวจเขตตรวจที่ 3(KongchakChaidi, 2010)

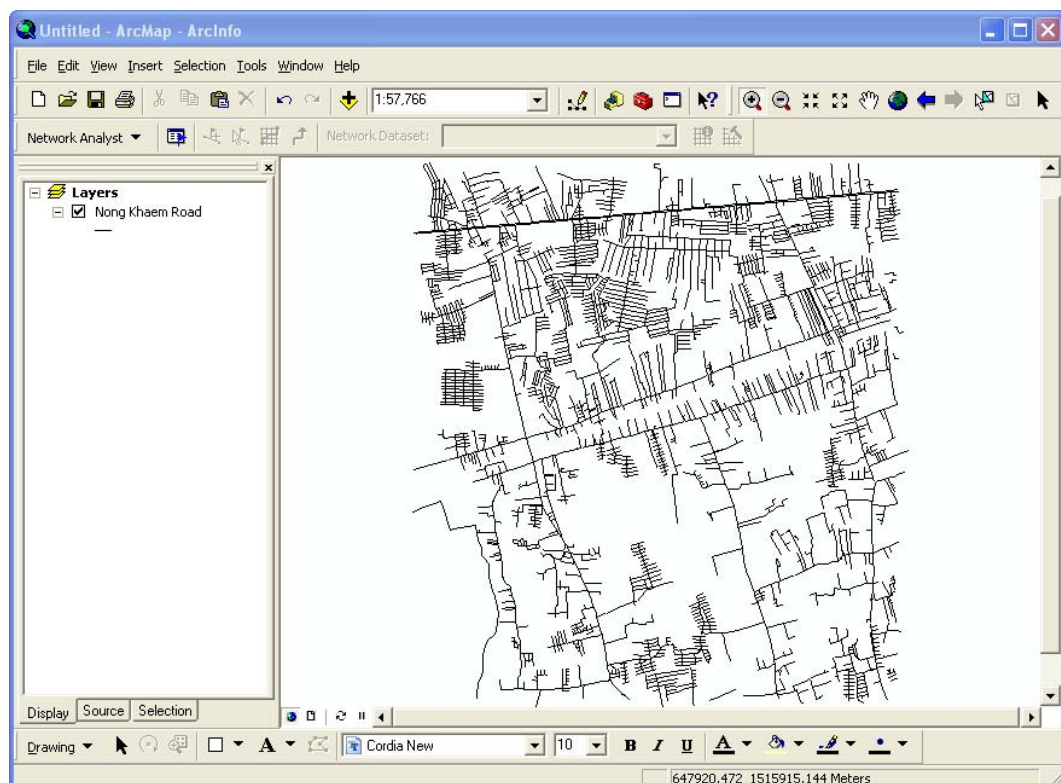


รูปที่ 4.5 การตั้งค่าโครงแผนที่ (Projection) ในโปรแกรม DNR Garmin

4.2.2 แผนที่ดิจิทัล

แผนที่ดิจิทัลเป็นพื้นฐานที่ในการระบุตำแหน่งเพื่อคำนวณหาระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางออกตรวจ งานวิจัยนี้ใช้แผนที่ดิจิทัลฉบับของกระทรวงคมนาคม ซึ่งได้ว่าจ้าง บริษัท อีเอสอาร์ไอ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นผู้จัดทำ โดยจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ shapefile สามารถใช้ได้กับซอฟต์แวร์ ArcView, ArcInfo และซอฟต์แวร์ GIS อื่นๆ

แผนที่นี้มีหลายชั้นข้อมูล (Layer) แต่ในการวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้เฉพาะชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคมเนื่องจากสายตรวจรถจักรยานยนต์ที่เป็นกรณีศึกษานี้เดินทางตามเส้นทางคมนาคมที่เป็นถนนเท่านั้น ดังนั้นชั้นข้อมูล (Layer) อื่นจึงไม่นำมาเกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ชั้นแผนที่ถนนเป็นชนิดข้อมูล Shapfile แบบเส้น (Line) แสดงเส้นทางหลวงแผ่นดิน, ทางหลวงชนบท, ถนนเทศบาล, ถนนชนบท และซอย มาตราส่วนขนาด 1:4,000 ลักษณะของเส้นโครงแผนที่ (Projection) คือ Indian_1975_UTM_Zone_47N ปรับปรุงล่าสุดเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2551 โดยแผนที่นี้ครอบคลุมเส้นทางในพื้นที่รับผิดชอบของ สน.หนองแขม ทั้งหมด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่รับผิดชอบของ สน.หนองแขม

ในตาราง Attribute ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม มี Field ทั้งหมด 8 Fields ได้แก่ ROAD_TYPE, ROAD_NUM, NAME_T, NAME_E, SURFACE, WIDTH, LANE

และ ONEWAY ซึ่งแสดงคุณสมบัติของแผนที่ คือ รหัสประเภทเส้นทางคมนาคม, หมายเลขเส้นทางคมนาคม, ชื่อ (ภาษาไทย), ชื่อ (ภาษาอังกฤษ), ผิวจราจร, ความกว้างถนน (เมตร), จำนวนช่องจราจร และทิศทางเดินรถทางเดียว ตามลำดับ โดยแต่ละ Field จะมีความกว้าง (Width) และชนิด (Type) แตกต่างกันไปตามคุณลักษณะของ Field นั้นๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง

Shape	Item	Description	Width	Type
Polyline	ROAD_TYPE	รหัสประเภทเส้นทางคมนาคม	2	Short Integer
	ROAD_NUM	หมายเลขเส้นทางคมนาคม	8	Text
	NAME_T	ชื่อ (ภาษาไทย)	70	Text
	NAME_E	ชื่อ (ภาษาอังกฤษ)	70	Text
	SURFACE	ผิวจราจร	2	Short Integer
	WIDTH	ความกว้างถนน (เมตร)	2	Short Integer
	LANE	จำนวนช่องจราจร	2	Short Integer
	ONEWAY	ทิศทางเดินรถทางเดียว	2	Text

ROAD_TYPE คือ ประเภทเส้นทาง ซึ่งแบ่งออกเป็น 9 ประเภท คือ ทางหลวงแผ่นดินซึ่งจำแนกตามหมายเลขทางหลวงตั้งแต่ 1 - 4 หลัก ที่กรมทางหลวงรับผิดชอบ, ทางหลวงชนบทซึ่งจำแนกประเภทตามป้ายชื่อ และเส้นทางที่กรมทางหลวงชนบทรับผิดชอบ, ถนนเทศบาลโดยพิจารณาตามเส้นขอบเขตเทศบาล, ถนนชนบทซึ่งจำแนกประเภทตามถนนที่อยู่นอกเขตเทศบาลที่มีป้ายชื่อปรากฏอยู่, ซอยซึ่งจำแนกประเภทตามป้ายชื่อที่ปรากฏ, ซอยไม่มีชื่อหรือทางรถผ่านได้, สะพานของทางหลวง, ถนนเทศบาลและถนนชนบท, สะพานของซอยซึ่งจำแนกประเภทตามป้ายชื่อที่ปรากฏ และ สะพานของซอยไม่มีชื่อหรือทางรถผ่านได้ ดังที่จำแนกแสดงไว้ในตารางที่ 4.11 โดยส่วนใหญ่เส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม คือ ถนนประเภทที่ 6 ได้แก่ ซอยไม่มีชื่อหรือทางรถผ่านได้ รองลงมา คือ ถนนประเภทที่ 3 ถนนเทศบาล โดยพิจารณาตามเส้นขอบเขตเทศบาล ซึ่งถนนแต่ละประเภทมีผลต่อการใช้ความเร็วในการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้ประเภทของถนนเป็นการกำหนดความเร็วในการเดินทางออกตรวจ

ตารางที่ 4.11 รหัสถนนในแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง

ROAD_TYPE	คำอธิบายรหัส
1	ทางหลวงแผ่นดินซึ่งจำแนกตามหมายเลขทางหลวงตั้งแต่ 1 - 4 หลัก ที่กรมทางหลวงรับผิดชอบ
2	ทางหลวงชนบทซึ่งจำแนกประเภทตามป้ายชื่อ และเส้นทางที่กรมทางหลวงชนบทรับผิดชอบ
3	ถนนเทศบาล โดยพิจารณาตามเส้นขอบเขตเทศบาล
4	ถนนชนบทซึ่งจำแนกประเภทตามถนนที่อยู่นอกเขตเทศบาลที่มีป้ายชื่อปรากฏอยู่
5	ซอยซึ่งจำแนกประเภทตามป้ายชื่อที่ปรากฏ
6	ซอยไม่มีชื่อหรือทางรถผ่านได้
7	สะพานของทางหลวง, ถนนเทศบาลและถนนชนบท
8	สะพานของซอยซึ่งจำแนกประเภทตามป้ายชื่อที่ปรากฏ
9	สะพานของซอยไม่มีชื่อหรือทางรถผ่านได้

ROAD_NUM คือ หมายเลขเส้นทางคมนาคม เป็นการบอกว่าเส้นทางแต่ละเส้นมีหมายเลขอะไร ซึ่งส่วนใหญ่เส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม จะไม่ได้กำหนดหมายเลขเส้นทางเอาไว้ เนื่องจากเส้นทางส่วนใหญ่ในพื้นที่ สน. หนองแขม จะเป็นซอยไม่มีชื่อหรือทางรถ และถนนเทศบาล

NAME_T, NAME_E คือ ชื่อถนน หมายเลขทางหลวงแผ่นดิน หมายเลขทางหลวงชนบท และชื่อซอย ทั้งภาษาไทยและอังกฤษตามป้ายชื่อถนนของราชการ

SURFACE คือ ประเภทผิวจราจรของเส้นทางแต่ละเส้น มีอยู่ 4 ประเภท ได้แก่ คอนกรีต, ลาดยาง, ลูกกรัง และอื่นๆ ตามที่ระบุไว้ดังตารางที่ 4.12 ผิวจราจรส่วนใหญ่ของเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม คือ คอนกรีต

ตารางที่ 4.12 รหัสประเภทผิวจราจรในแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง

รหัส	คำอธิบายรหัส
1	คอนกรีต
2	ลาดยาง
3	ลูกกรัง
4	อื่นๆ

WIDTH คือ ความกว้างของถนน มีหน่วยเป็นเมตร โดยความกว้างนี้วัดระยะจากแผน
ที่ภาพถ่ายทางอากาศ โดยส่วนใหญ่ความกว้างของถนนในพื้นที่ สน.หนองแขมคือ 6 เมตร
รองลงมาคือ 4 เมตร

LANE คือ จำนวนช่องจราจร โดยพิจารณาจากเส้นจราจร โดยส่วนใหญ่จำนวนช่อง
จราจรของถนนในพื้นที่ สน.หนองแขมอยู่ที่ 2 ช่องจราจร

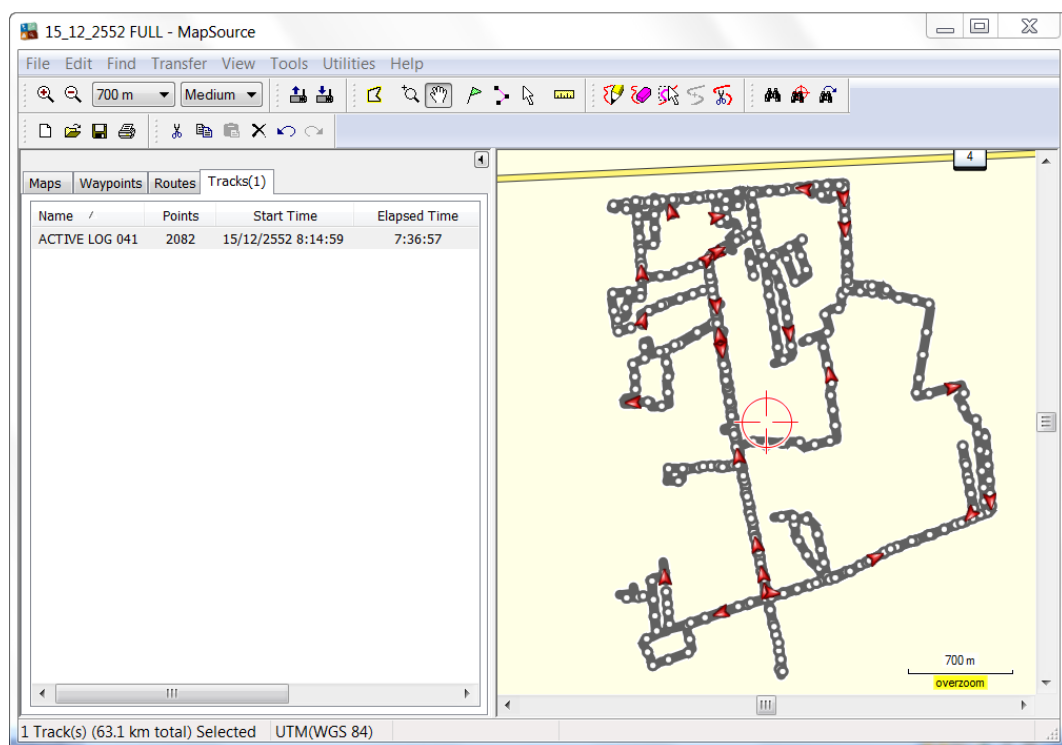
ONEWAY คือ ทิศทางการเดินรถ โดยพิจารณาเฉพาะเส้นทางคู่ กำหนดรหัสดังนี้

- FT = ทิศทาง oneway จากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุดแสดงโดยใช้สัญลักษณ์หัวลูกศร
ตามแนวเส้น
- TF = ทิศทาง oneway จากจุดสิ้นสุดไปจุดเริ่มต้นแสดงโดยใช้สัญลักษณ์หัวลูกศร
ตามแนวเส้น

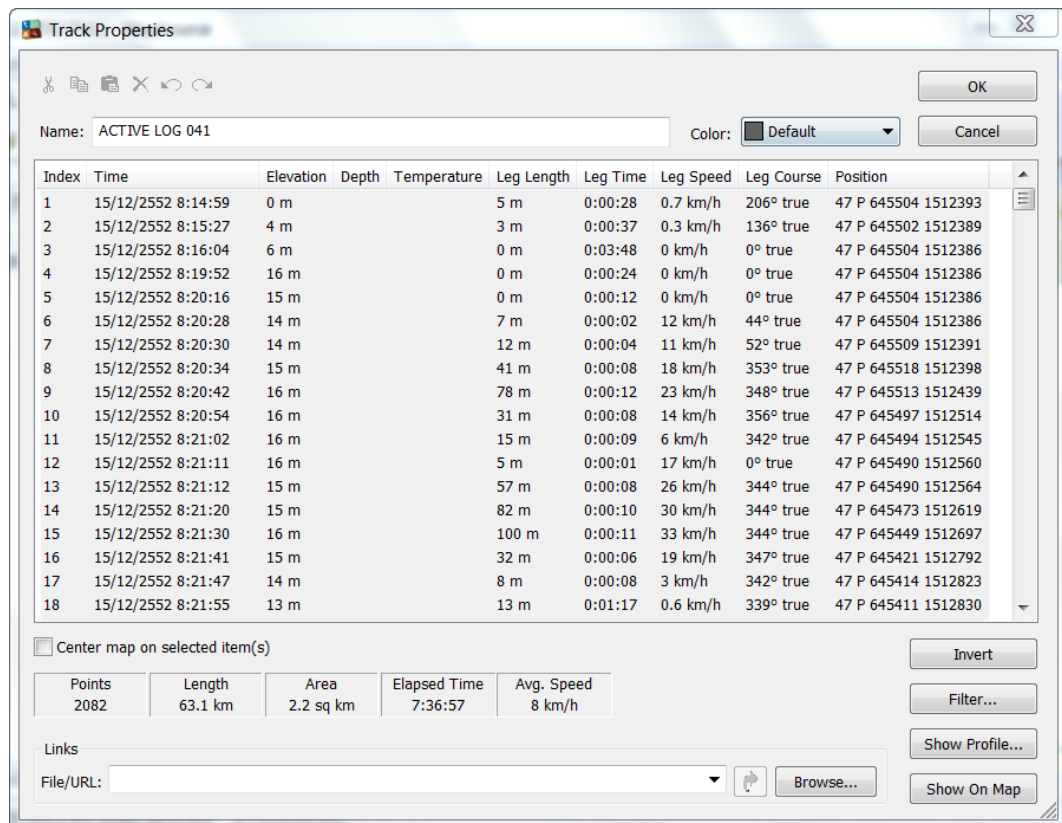
4.2.3 การกำหนดค่าความเร็วในการเดินทางของถนนแต่ละเส้น

ในการกำหนดค่าความเร็วของถนนแต่ละเส้นให้ใกล้เคียงกับการเดินทางจริงของสาย
ตรวจมากที่สุดจึงต้องติดตั้งเครื่อง GPS GarminMap60 ไปกับรถสายตรวจจักรยานยนต์ทั้งสาม
เขตตรวจ เพื่อให้เครื่อง GPS เก็บเส้นทาง, ความเร็ว, ระยะทางที่สายตรวจเดินทางออกตรวจจริง
โดยทำการจัดเก็บเมื่อวันที่ 15 -17 เดือนธันวาคม 2552 เมื่อได้ทำการเก็บข้อมูลการเดินทางออก
ตรวจจริงของสายตรวจทั้งสามเขตตรวจแล้วผลของการจัดเก็บของแต่ละเขตตรวจสามารถดูด้วย
ซอฟต์แวร์ Mapsource version 6.16 ดังต่อไปนี้

การเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ของในเขตตรวจที่ 1 เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2552 ระหว่างเวลา 08.00 น. – 16.00 น. ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60 ใช้ระยะการเดินทางทั้งสิ้น 63.1 กม. ใช้เวลาเดินทาง 7 ชม. 36 นาที ใช้ความเร็วเฉลี่ย 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เส้นทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ แสดงไว้ตามรูปที่ 4.7 และรายละเอียดการใช้ความเร็ว, เวลาและระยะทางในการเดินทางดังของสายตรวจรถจักรยานยนต์แสดงไว้ตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ภาพแสดงการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ของตรวจที่ 1 ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60



Index	Time	Elevation	Depth	Temperature	Leg Length	Leg Time	Leg Speed	Leg Course	Position
1	15/12/2552 8:14:59	0 m			5 m	0:00:28	0.7 km/h	206° true	47 P 645504 1512393
2	15/12/2552 8:15:27	4 m			3 m	0:00:37	0.3 km/h	136° true	47 P 645502 1512389
3	15/12/2552 8:16:04	6 m			0 m	0:03:48	0 km/h	0° true	47 P 645504 1512386
4	15/12/2552 8:19:52	16 m			0 m	0:00:24	0 km/h	0° true	47 P 645504 1512386
5	15/12/2552 8:20:16	15 m			0 m	0:00:12	0 km/h	0° true	47 P 645504 1512386
6	15/12/2552 8:20:28	14 m			7 m	0:00:02	12 km/h	44° true	47 P 645504 1512386
7	15/12/2552 8:20:30	14 m			12 m	0:00:04	11 km/h	52° true	47 P 645509 1512391
8	15/12/2552 8:20:34	15 m			41 m	0:00:08	18 km/h	353° true	47 P 645518 1512398
9	15/12/2552 8:20:42	16 m			78 m	0:00:12	23 km/h	348° true	47 P 645513 1512439
10	15/12/2552 8:20:54	16 m			31 m	0:00:08	14 km/h	356° true	47 P 645497 1512514
11	15/12/2552 8:21:02	16 m			15 m	0:00:09	6 km/h	342° true	47 P 645494 1512545
12	15/12/2552 8:21:11	16 m			5 m	0:00:01	17 km/h	0° true	47 P 645490 1512560
13	15/12/2552 8:21:12	15 m			57 m	0:00:08	26 km/h	344° true	47 P 645490 1512564
14	15/12/2552 8:21:20	15 m			82 m	0:00:10	30 km/h	344° true	47 P 645473 1512619
15	15/12/2552 8:21:30	16 m			100 m	0:00:11	33 km/h	344° true	47 P 645449 1512697
16	15/12/2552 8:21:41	15 m			32 m	0:00:06	19 km/h	347° true	47 P 645421 1512792
17	15/12/2552 8:21:47	14 m			8 m	0:00:08	3 km/h	342° true	47 P 645414 1512823
18	15/12/2552 8:21:55	13 m			13 m	0:01:17	0.6 km/h	339° true	47 P 645411 1512830

Center map on selected item(s)

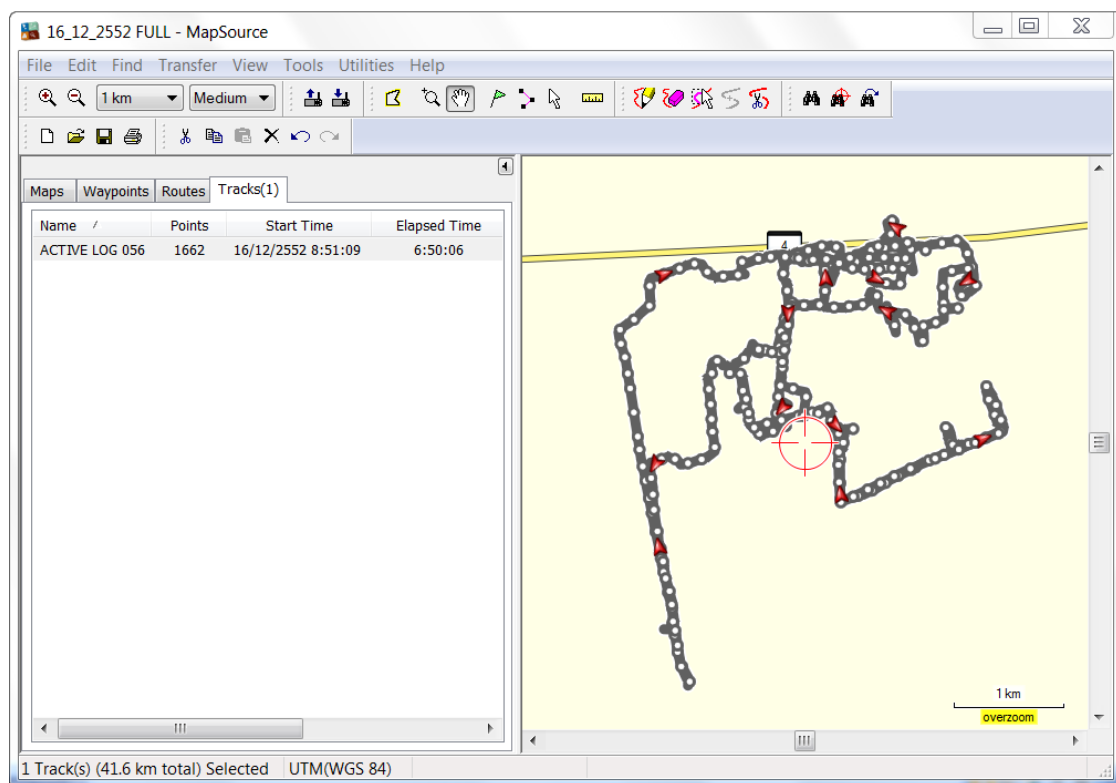
Points	Length	Area	Elapsed Time	Avg. Speed
2082	63.1 km	2.2 sq km	7:36:57	8 km/h

Links

File/URL:

รูปที่ 4.8 ข้อมูลความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในเขตตรวจ
ที่ 1 ซึ่งบันทึกได้โดยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60

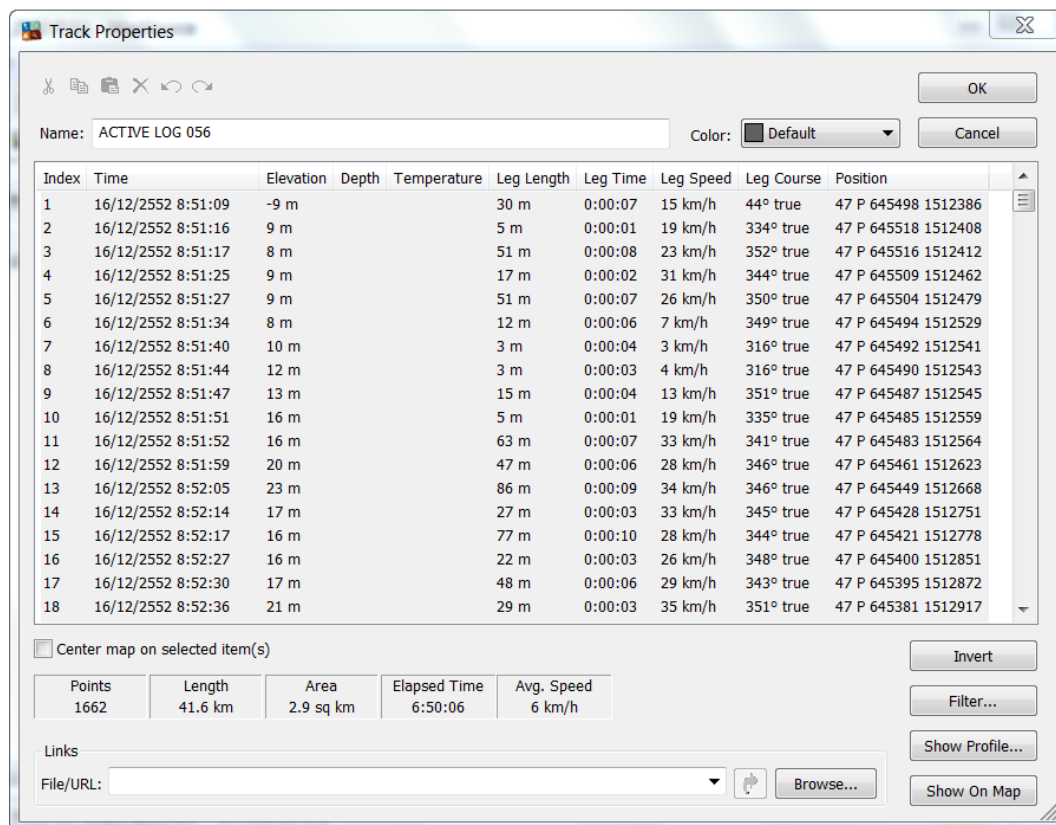
การเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์ในเขตตรวจที่ 2 เมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2552 ระหว่างเวลา 08.00 น. – 16.00 น. ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60 ใช้ระยะการเดินทางทั้งสิ้น 41.6 กม. ใช้เวลาเดินทาง 6 ชม. 50 นาที ใช้ความเร็วเฉลี่ย 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เส้นทางของการเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์แสดงไว้ตามรูปที่ 4.9 และรายละเอียดการใช้ความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์แสดงไว้ตามรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 ภาพแสดงการเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์ของตรวจที่ 2 ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ



Track Properties

Name: ACTIVE LOG 056 Color: Default

Index	Time	Elevation	Depth	Temperature	Leg Length	Leg Time	Leg Speed	Leg Course	Position
1	16/12/2552 8:51:09	-9 m			30 m	0:00:07	15 km/h	44° true	47 P 645498 1512386
2	16/12/2552 8:51:16	9 m			5 m	0:00:01	19 km/h	334° true	47 P 645518 1512408
3	16/12/2552 8:51:17	8 m			51 m	0:00:08	23 km/h	352° true	47 P 645516 1512412
4	16/12/2552 8:51:25	9 m			17 m	0:00:02	31 km/h	344° true	47 P 645509 1512462
5	16/12/2552 8:51:27	9 m			51 m	0:00:07	26 km/h	350° true	47 P 645504 1512479
6	16/12/2552 8:51:34	8 m			12 m	0:00:06	7 km/h	349° true	47 P 645494 1512529
7	16/12/2552 8:51:40	10 m			3 m	0:00:04	3 km/h	316° true	47 P 645492 1512541
8	16/12/2552 8:51:44	12 m			3 m	0:00:03	4 km/h	316° true	47 P 645490 1512543
9	16/12/2552 8:51:47	13 m			15 m	0:00:04	13 km/h	351° true	47 P 645487 1512545
10	16/12/2552 8:51:51	16 m			5 m	0:00:01	19 km/h	335° true	47 P 645485 1512559
11	16/12/2552 8:51:52	16 m			63 m	0:00:07	33 km/h	341° true	47 P 645483 1512564
12	16/12/2552 8:51:59	20 m			47 m	0:00:06	28 km/h	346° true	47 P 645461 1512623
13	16/12/2552 8:52:05	23 m			86 m	0:00:09	34 km/h	346° true	47 P 645449 1512668
14	16/12/2552 8:52:14	17 m			27 m	0:00:03	33 km/h	345° true	47 P 645428 1512751
15	16/12/2552 8:52:17	16 m			77 m	0:00:10	28 km/h	344° true	47 P 645421 1512778
16	16/12/2552 8:52:27	16 m			22 m	0:00:03	26 km/h	348° true	47 P 645400 1512851
17	16/12/2552 8:52:30	17 m			48 m	0:00:06	29 km/h	343° true	47 P 645395 1512872
18	16/12/2552 8:52:36	21 m			29 m	0:00:03	35 km/h	351° true	47 P 645381 1512917

☐ Center map on selected item(s)

Points	Length	Area	Elapsed Time	Avg. Speed
1662	41.6 km	2.9 sq km	6:50:06	6 km/h

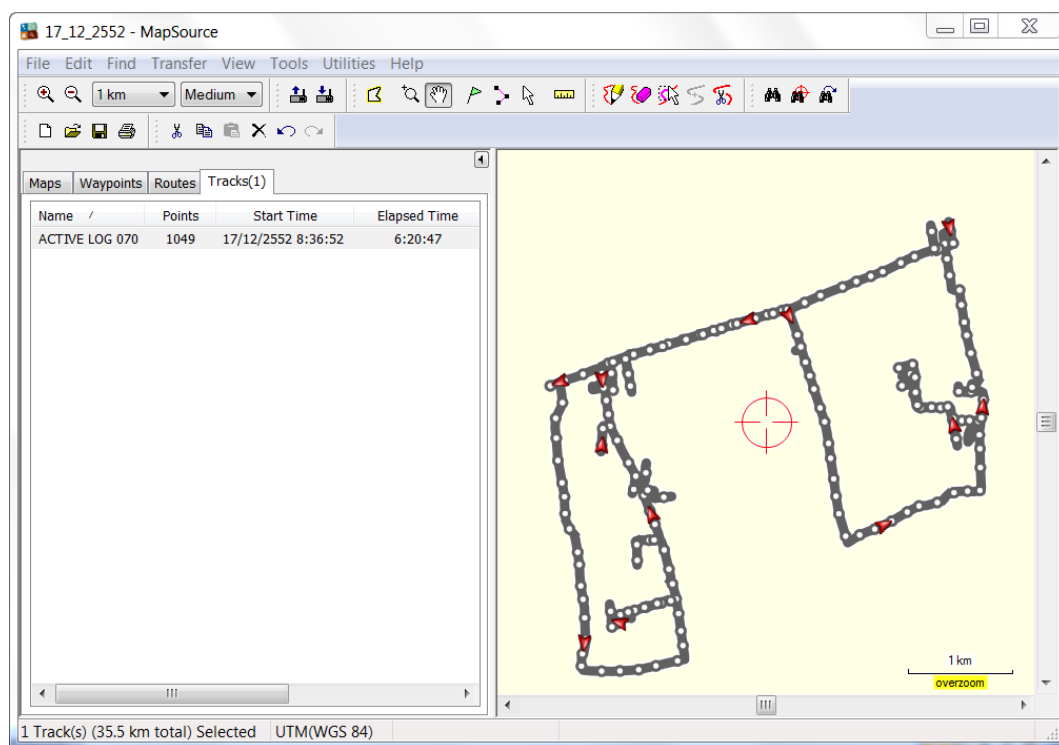
Links

File/URL:

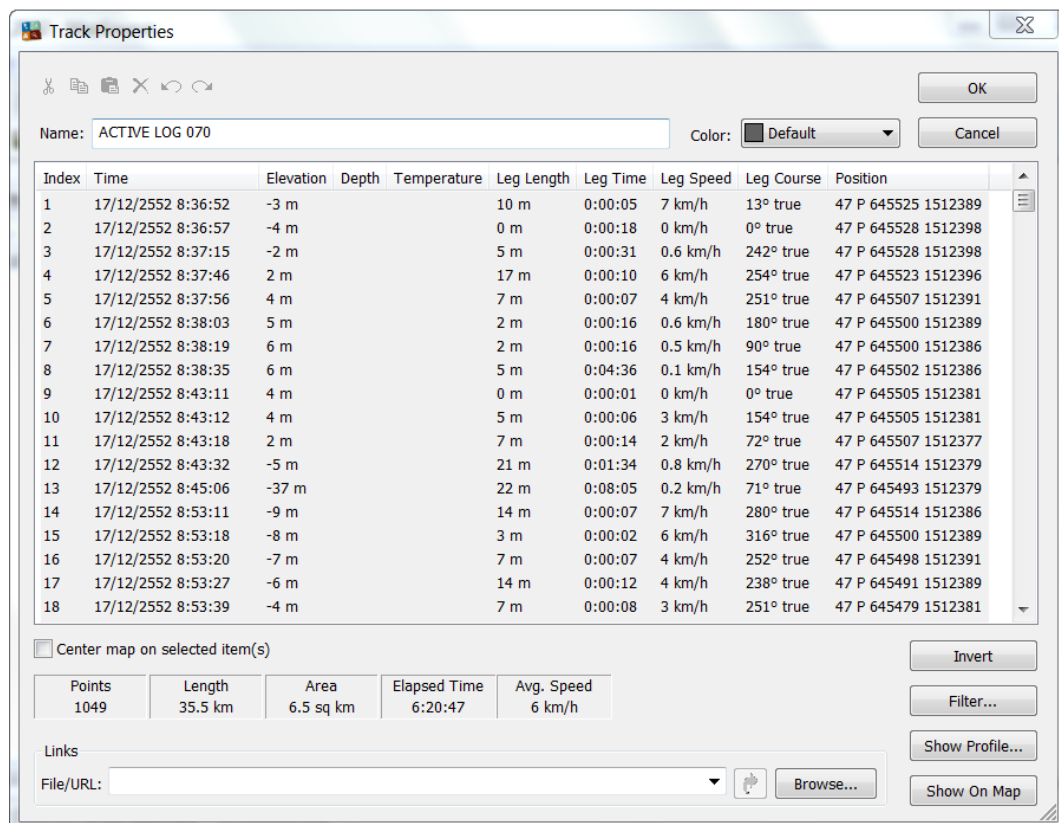
รูปที่ 4.10 ข้อมูลความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในเขต

ตรวจที่ 2 ซึ่งบันทึกได้โดยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60

การเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์ในเขตตรวจที่ 3 เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2552 ระหว่างเวลา 08.00 น. – 16.00 น. ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60 ใช้ระยะการเดินทางทั้งสิ้น 35.6 กม. ใช้เวลาเดินทาง 6 ชม. 38 นาที ใช้ความเร็วเฉลี่ย 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เส้นทางการเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์แสดงไว้ตามรูปที่ 4.11 และรายละเอียดการใช้ความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางดังของสายตรวจจรดจักรยานยนต์แสดงไว้ในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ภาพแสดงการเดินทางของสายตรวจจรดจักรยานยนต์ของตรวจที่ 3 ที่บันทึกได้จากเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60



Index	Time	Elevation	Depth	Temperature	Leg Length	Leg Time	Leg Speed	Leg Course	Position
1	17/12/2552 8:36:52	-3 m			10 m	0:00:05	7 km/h	13° true	47 P 645525 1512389
2	17/12/2552 8:36:57	-4 m			0 m	0:00:18	0 km/h	0° true	47 P 645528 1512398
3	17/12/2552 8:37:15	-2 m			5 m	0:00:31	0.6 km/h	242° true	47 P 645528 1512398
4	17/12/2552 8:37:46	2 m			17 m	0:00:10	6 km/h	254° true	47 P 645523 1512396
5	17/12/2552 8:37:56	4 m			7 m	0:00:07	4 km/h	251° true	47 P 645507 1512391
6	17/12/2552 8:38:03	5 m			2 m	0:00:16	0.6 km/h	180° true	47 P 645500 1512389
7	17/12/2552 8:38:19	6 m			2 m	0:00:16	0.5 km/h	90° true	47 P 645500 1512386
8	17/12/2552 8:38:35	6 m			5 m	0:04:36	0.1 km/h	154° true	47 P 645502 1512386
9	17/12/2552 8:43:11	4 m			0 m	0:00:01	0 km/h	0° true	47 P 645505 1512381
10	17/12/2552 8:43:12	4 m			5 m	0:00:06	3 km/h	154° true	47 P 645505 1512381
11	17/12/2552 8:43:18	2 m			7 m	0:00:14	2 km/h	72° true	47 P 645507 1512377
12	17/12/2552 8:43:32	-5 m			21 m	0:01:34	0.8 km/h	270° true	47 P 645514 1512379
13	17/12/2552 8:45:06	-37 m			22 m	0:08:05	0.2 km/h	71° true	47 P 645493 1512379
14	17/12/2552 8:53:11	-9 m			14 m	0:00:07	7 km/h	280° true	47 P 645514 1512386
15	17/12/2552 8:53:18	-8 m			3 m	0:00:02	6 km/h	316° true	47 P 645500 1512389
16	17/12/2552 8:53:20	-7 m			7 m	0:00:07	4 km/h	252° true	47 P 645498 1512391
17	17/12/2552 8:53:27	-6 m			14 m	0:00:12	4 km/h	238° true	47 P 645491 1512389
18	17/12/2552 8:53:39	-4 m			7 m	0:00:08	3 km/h	251° true	47 P 645479 1512381

Center map on selected item(s)

Points 1049	Length 35.5 km	Area 6.5 sq km	Elapsed Time 6:20:47	Avg. Speed 6 km/h
----------------	-------------------	-------------------	-------------------------	----------------------

Links

File/URL:

รูปที่ 4.12 ข้อมูลความเร็ว, เวลาและระยะทางการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในเขตตรวจที่ 3 ซึ่งบันทึกได้โดยเครื่อง GPS Garmin GPSMAP 60

จากการนำข้อมูลการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ทั้งสามเขตตรวจด้วย GPS Garmin GPSMAP 60 มาวิเคราะห์การใช้ความเร็วในการเดินทางของสายตรวจแต่ละเส้นทาง ด้วยการหาค่าเฉลี่ยความเร็วในการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในแต่ละเส้นทาง สามารถจัดกลุ่มการใช้ความเร็วของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในแต่ละเส้นทางได้สามระดับ ได้แก่ 30, 25 และ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยในแต่ละกลุ่มความเร็วจะครอบคลุมเส้นทางต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับถนน BANG BON 5 RD., BANG BON 4 RD., SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN), LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD., และ SOI WAT SINUAN
- ความเร็ว 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับถนนประเภทที่ 1 ได้แก่ PHET KASEM RD., LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD., BANG BON 3 RD., SOI SAWATDIKAN 1, SOI PHET KASEM 77 YAEK 1, SOI PHET

KASEM 77 YAEK 2, SOI PHET KASEM 77 YAEK 3, และ SOI PHET
KASEM 77 YAEK 4-4,

- ความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับถนนประเภทที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9

4.2.4 Designation of Service Time

จากการสัมภาษณ์สายตรวจลักษณะการเดินทางออกตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์นั้น สายตรวจ 2 นายจะออกปฏิบัติหน้าที่ด้วยกันโดยใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะ ซึ่งจะเดินทางออกตรวจจากสถานีตำรวจแล้วเดินทางไปยังจุดตรวจที่อยู่ในความรับผิดชอบโดยเลือกเส้นทางตามที่สายตรวจเห็นว่ามีความเหมาะสม เมื่อสายตรวจเดินทางไปถึงจุดตรวจจะต้องปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจนั้นๆ ซึ่งการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจในแต่ละชนิดของจุดตรวจมีวิธีการปฏิบัติและขั้นตอนแตกต่างกัน ทำให้ระยะเวลาในการปฏิบัติหน้าที่ของแต่ละชนิดใช้เวลาแตกต่างกันดังต่อไปนี้

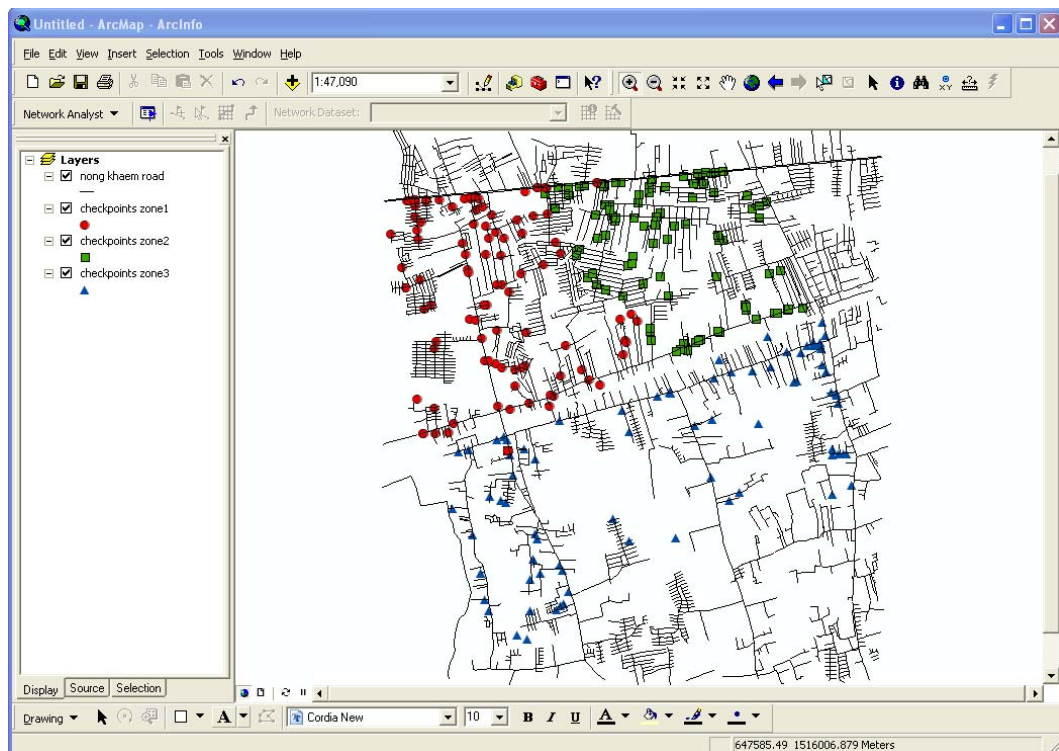
- จุดตรวจตู้แดง (Red-Box Checkpoint) ใช้เวลาตรวจโดยเฉลี่ย 3 นาที ในการลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจ
- จุดตรวจธนาคาร (Bank Checkpoint) ใช้เวลาตรวจโดยเฉลี่ย 5 นาที ในการเดินเข้าไปในธนาคารแล้วลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจ พูดคุยกับประชาชน และตรวจตราพื้นที่โดยรอบ
- จุดตรวจร้านทอง (Goldsmiths Checkpoint) ใช้เวลาตรวจโดยเฉลี่ย 5 นาที ในการเดินเข้าไปในร้านทองแล้วลงลายมือชื่อในสมุดประจำจุดตรวจ พูดคุยกับประชาชน และตรวจตราพื้นที่โดยรอบ
- จุดตรวจคันยานพาหนะ (Vehicle Checkpoint) จะใช้เวลาตามที่กำหนดไว้ใน “แผนการออกตรวจของสายตรวจ” ซึ่งจะบอกให้สายตรวจเดินทางไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะเมื่อเวลาใดและออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะเมื่อเวลาใด ในจุดตรวจนี้สายตรวจจะปฏิบัติหน้าที่ทำการตรวจคันยานพาหนะที่สัญจรผ่านไปมาเพื่อตรวจคันยานพาหนะที่คาดว่าจะไปกระทำความผิดหรือได้ไปกระทำความผิดมาแล้ว เพื่อหาสิ่งผิดกฎหมาย และป้องกันไม่ให้คนร้ายไปกระทำความผิด

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analyses)

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำเอาข้อมูลพิกัดจุดตรวจทั้งหมดและแผนที่ดิจิทัลที่อยู่ในรูปแบบ Shapefile ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.2 ไปวิเคราะห์เพื่อหาระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด และระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ด้วยซอฟต์แวร์ ArcMap ซึ่งมีขีดความสามารถในการทำ Network Analyst การนำข้อมูลไปวิเคราะห์จะอธิบายโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

4.3.1 GPS Data

ในขั้นตอนนี้เป็นการใช้ซอฟต์แวร์ ArcMap แสดงผลข้อมูลพิกัดจุดตรวจทั้งหมดและแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่รับผิดชอบของ สน.หนองแขม ลงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าจุดตรวจทั้งหมดนั้นอยู่ส่วนในพื้นที่รับผิดชอบ สน.หนองแขม และแสดงเส้นทางที่เข้าไปถึงจุดตรวจ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการหาระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างจุดตรวจ การนำเข้าข้อมูลพิกัดจุดตรวจทั้งสามเขตตรวจและแผนที่ดิจิทัลเส้นทางใน ArcMap แสดงได้ตามรูปที่ 4.13 โดยจุดตรวจที่อยู่ในเขตตรวจที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์วงกลมสีแดง, จุดตรวจที่อยู่ในเขตตรวจที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมสีเขียว และจุดตรวจที่อยู่ในเขตตรวจที่ 3 แทนด้วยสัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีน้ำเงิน ส่วนเส้นทางในพื้นที่รับผิดชอบ สน.หนองแขมแทนด้วยเส้นสีดำ



รูปที่ 4.13 ตำแหน่งจุดตรวจทั้ง 3 เขตตรวจและแผนที่ดิจิทัลในโปรแกรม ArcMap

4.3.2 Network Analyst

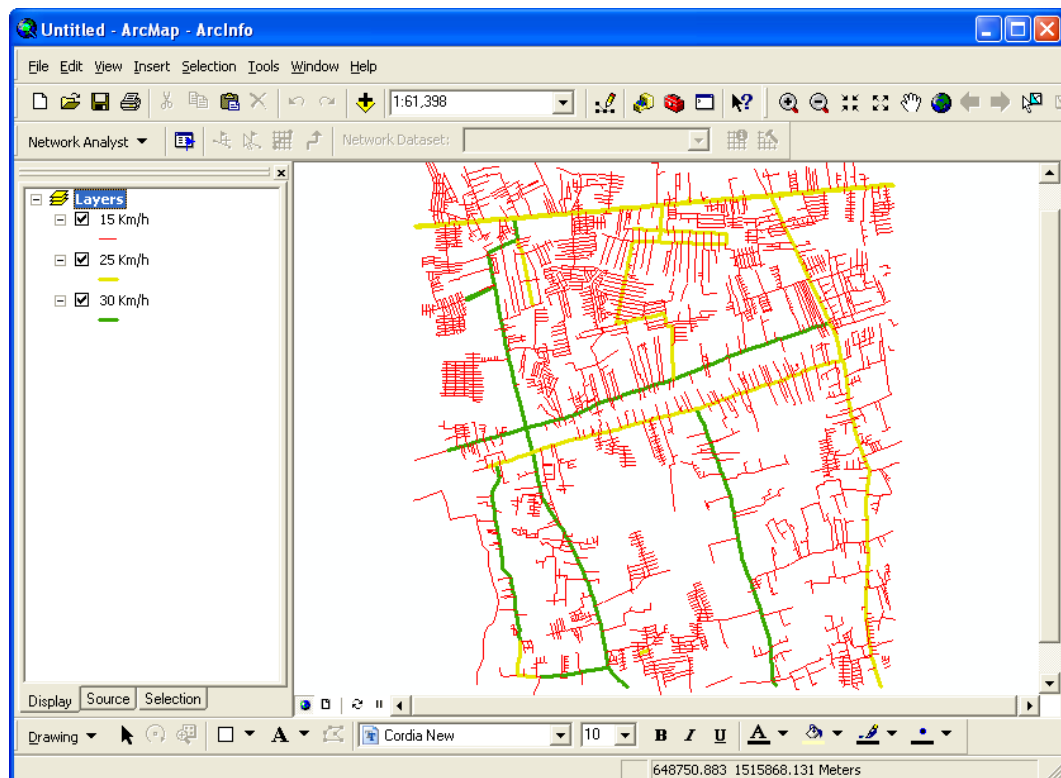
Network Analyst Extension ใน ArcMap นั้นมีความสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลายอย่างไม่ว่าจะเป็นการหาเส้นทาง (Routing), การหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด (Closest Facility) การหาพื้นที่การให้บริการ (Service Area) การหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) ซึ่งในงานวิจัยนี้เน้นในการหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ ของจุดตรวจทั้งหมดโดยอาศัยแผนที่เส้นทางดิจิทัลในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การตั้งค่าแผนที่ดิจิทัล

ในการใช้ Network Analyst Extension นั้นจำเป็นต้องมีตั้งค่าเส้นทางในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขมให้ใกล้เคียงกับการเดินทางจริงของสายตรวจรถจักรยานยนต์ ได้แก่ การกำหนดความเร็วในการเดินทางของสายตรวจในถนนแต่ละเส้น, การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย (Network Dataset)

- การตั้งค่าความเร็วในการเดินทาง

ในการเดินทางออกตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์นั้นใช้ความเร็วในการเดินทางบนถนนแต่ละเส้นทางแตกต่างกันดังนั้นจึงต้องมีการตั้งค่าความเร็วในการเดินในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม ให้คล้ายกับการเดินทางจริงที่สุด โดยนำความเร็วในการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ในแต่ละเส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 4.2.3 มากำหนดในแผนที่ โดยให้แต่ละเส้นทางในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม มีความเร็วอยู่สามระดับคือ 30, 25 และ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามรูปที่ 4.14 โดยกำหนดให้เส้นทางสีเขียวมีความเร็วในการเดินทาง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, เส้นทางสีเหลืองมีความเร็วในการเดินทาง 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเส้นทางสีแดงมีความเร็วในการเดินทาง 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.14 การกำหนดค่าความเร็วในการเดินทางแต่ละเส้นทางในแผนที่ดิจิทัล

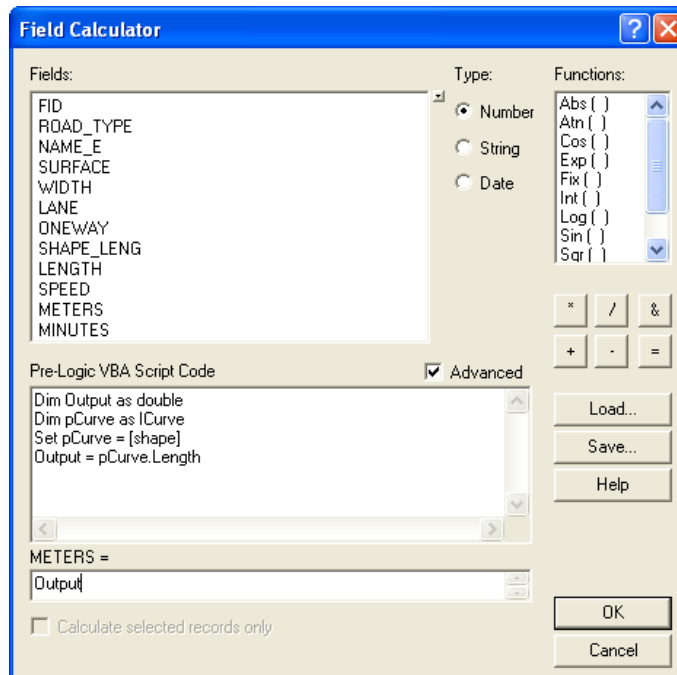
ในการตั้งค่าความเร็วถนนแต่ละเส้นของแผนที่ดิจิทัลนั้นจะส่งผลถึงการคำนวณหา ระยะทางและระยะเวลาระหว่างจุดตรวจเนื่องจากในการคำนวณนั้นสามารถเลือกได้ว่าจะต้องการ คำนวณแบบใช้ระยะทางเดินทางที่สั้นที่สุด หรือใช้ความเร็วในการเดินทางน้อยที่สุด ในการตั้งค่านี ได้ใช้โปรแกรม ArcMap ในการตั้งค่า ด้วยการเพิ่ม Field speed คือความเร็วของแต่ละเส้นทาง, Field meters คือระยะทางของถนนเส้นนั้น และ Field minutes คือเวลาที่ใช้ในการเดินทางของถนนแต่ละเส้น ใน Attributes ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทางพื้นที่ สน.หนองแขม

โดยที่ Field speed สร้างขึ้นมาเพื่อบอกถึงความเร็วของแต่ละเส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อ 4.2.3 และจะช่วยในการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง ใน Field minutes ซึ่งใน Field นี้จะมีความเร็วในการเดินทางเพียงสามระดับคือ 15, 25 และ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.15

FID	Shape *	ROAD_TYPE	ROAD_NUM	NAME_E	SURFAC	WIDTH	LANE	ONEWAY	SHAPE_LEN	LENGTH	SPEED
0	Polyline	5		SOI PHET KASEM 69	1	7	2		29.553757	29.553757	25
1	Polyline	5		SOI NAK SATHAPHON 1	1	4	2		165.337234	165.337234	15
2	Polyline	5		SOI MU BAN P. S. VILLA 7	1	8	2		51.068913	51.068913	15
3	Polyline	5		SOI PHET KASEM 116/5	1	6	2		54.500554	54.500554	15
4	Polyline	6			1	6	2		35.535723	35.535723	15
5	Polyline	6			1	9	2		19.621882	19.621882	15
6	Polyline	3		LIAP KHLONG PHASI CHAROEN	1	12	4		287.828169	287.828169	30
7	Polyline	6			1	12	4		161.401275	161.401275	15
8	Polyline	5		SOI PHET KASEM 112 (RONGRIA)	1	5	2		40.021448	40.021448	15
9	Polyline	6			1	8	2		30.585825	30.585825	15
10	Polyline	6			1	3	1		310.314398	310.314398	15
11	Polyline	6			1	12	4		4.930966	4.930966	15
12	Polyline	5		SOI LIAP KHLONG PHASI CHAR	1	4	2		183.041853	183.041853	15

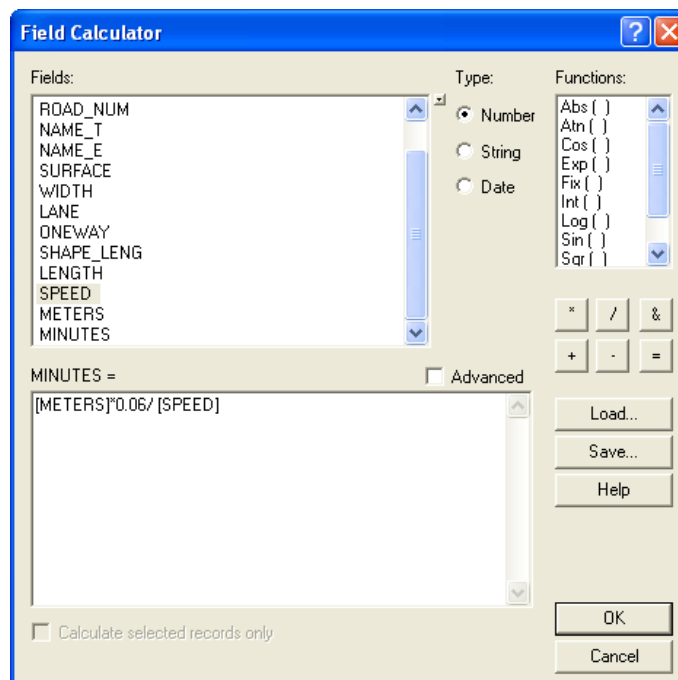
รูปที่ 4.15 การกำหนดความเร็วของแต่ละเส้นทางลงใน Field speed ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง

Field meters สร้างขึ้นมาเพื่อคำนวณหาระยะทางของแต่ละเส้นทาง โดยการตั้งค่าการคำนวณหาระยะทางของแต่ละเส้นทางใน Field meters โดยใช้ code ของซอฟต์แวร์ Visual Basic ในการคำนวณ ปรากฏดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การคำนวณค่าระยะทางของแต่ละเส้นทางใน Field meters

ส่วน Field minutes สร้างขึ้นมาเพื่อคำนวณระยะเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง ในการตั้งค่าการคำนวณระยะเวลาในการเดินทางของถนนแต่ละเส้นใน Field minutes ปรากฏดังรูปที่ 4.17 ในการคำนวณระยะเวลานั้นจะนำระยะที่ได้จาก Field meters มาคูณด้วย 0.06 และหารด้วยความเร็วจาก Field speed ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเวลาในการเดินทางของแต่ละเส้นทาง มีหน่วยเป็นนาที



รูปที่ 4.17 การคำนวณระยะเวลาการเดินทางของถนนแต่ละเส้นใน Field minutes

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหาระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละเส้นทางจะปรากฏอยู่ในตาราง Attributes ของแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขม ดังรูปที่ 4.18

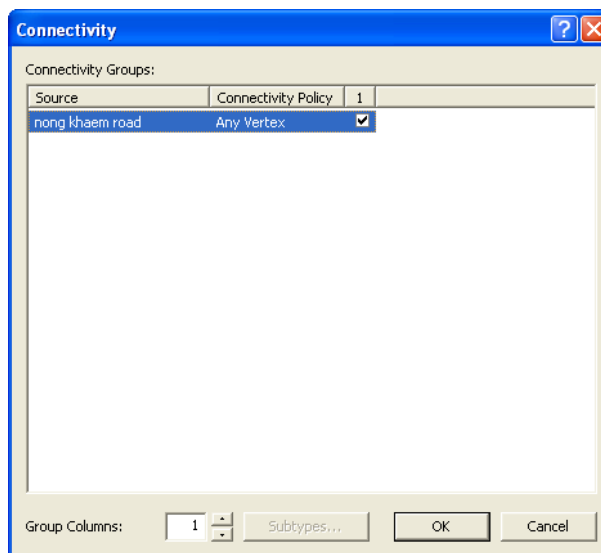
	FID	Shape	ROAD_TYP	NAME_E	SURFAC	WIDTH	LANE	ONEWAY	SHAPE_LEN	LENGTH	SPEED	METER	MINUTES
	1	Polyline	5	SOI NAK SATHAPHON 1	1	4	2		165.337234	165.337234	15	165.34	.66
	2	Polyline	5	SOI MU BAN P. S. VILLA 7	1	8	2		51.068913	51.068913	15	51.07	.2
	3	Polyline	5	SOI PHET KASEM 116/5	1	6	2		54.500554	54.500554	15	54.5	.22
	4	Polyline	6		1	6	2		35.535723	35.535723	15	35.54	.14
	5	Polyline	6		1	9	2		19.621882	19.621882	15	19.62	.08
	7	Polyline	6		1	12	4		161.401275	161.401275	15	161.4	.65
	8	Polyline	5	SOI PHET KASEM 112 (RON	1	5	2		40.021448	40.021448	15	40.02	.16
	9	Polyline	6		1	8	2		30.585825	30.585825	15	30.59	.12
	10	Polyline	6		1	3	1		310.314398	310.314398	15	310.31	1.24
	11	Polyline	6		1	12	4		4.930966	4.930966	15	4.93	.02
	12	Polyline	5	SOI LIAP KHLONG PHASI C	1	4	2		183.041853	183.041853	15	183.04	.73
	13	Polyline	6		1	3	1		44.05507	44.05507	15	44.06	.18

รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์การคำนวณหาระยะทางและเวลาการเดินทางในแต่ละเส้นทางของแผนที่ดิจิทัลเส้นทาง

- การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย (Network Dataset)

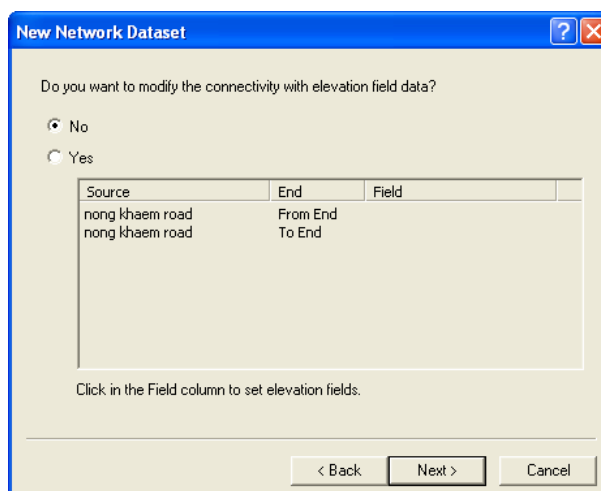
ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตั้งค่าให้แผนที่ดิจิทัลเส้นทางคล้ายคลึงกับเส้นทางจริงที่สายตรวจปฏิบัติงานและพฤติกรรมการปฏิบัติงานของสายตรวจรถจักรยานยนต์มากที่สุด ถ้าสามารถตั้งค่าให้ใกล้เคียงจะส่งผลให้การวิเคราะห์ระยะทางแล้วระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจถูกต้องกับความเป็นจริง ดังนั้นการสร้าง Network Dataset เพื่อเชื่อมโยงเส้นทางแต่ละเส้นในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางเข้าด้วยกันจึงมีความสำคัญ ซึ่งการตั้งค่าแต่ละขั้นตอนนี้มีดังนี้

การตั้งค่าการเชื่อมต่อ: การตั้งค่าการเชื่อมต่อนี้จะตั้งค่าแบบ Any Vertex ตามรูปที่ 4.19 ซึ่งจะทำให้การสร้าง Node สำหรับการเชื่อมต่อที่ทุกๆ จุดตัดของเส้นทาง ทำให้เส้นทางแต่ละเส้นทางสามารถเชื่อมต่อกันได้ ทำให้ทุกจุดตรวจเชื่อมโยงกันได้โดยผ่านแต่ละเส้นทาง



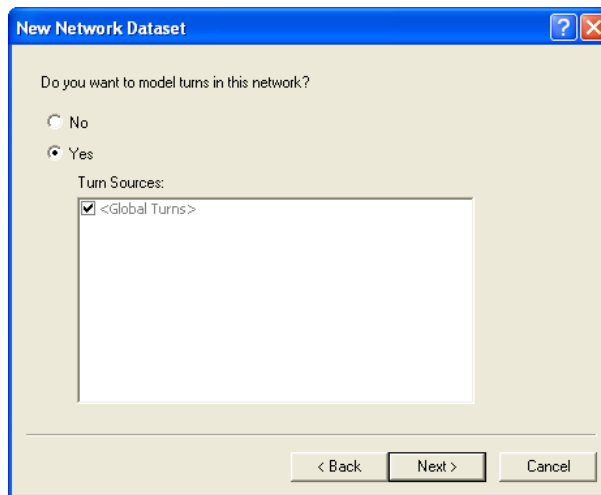
รูปที่ 4.19 การตั้งค่าการเชื่อมต่อแต่ละเส้นทาง ในการสร้าง Network Dataset

การเชื่อมต่อด้วยการกำหนดความสูง: ในการสร้างการเชื่อมต่อนี้มีการใช้ความสูงของเส้นทางเข้ามาเกี่ยวข้องคือในบางเส้นทางเช่น สะพาน หรือทางด่วน ที่อาจจะตัดกับถนนจะไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ แต่เส้นทางในพื้นที่ สน.หนองแขมซึ่งเป็นกรณีศึกษาไม่มีทางด่วนหรือสะพานสูง อีกทั้งแผนที่ดิจิทัลเส้นทางนี้ไม่ได้เก็บค่าระดับความสูงไว้จึงไม่ต้องตั้งค่าในขั้นตอนนี้ ตามรูปที่ 4.20



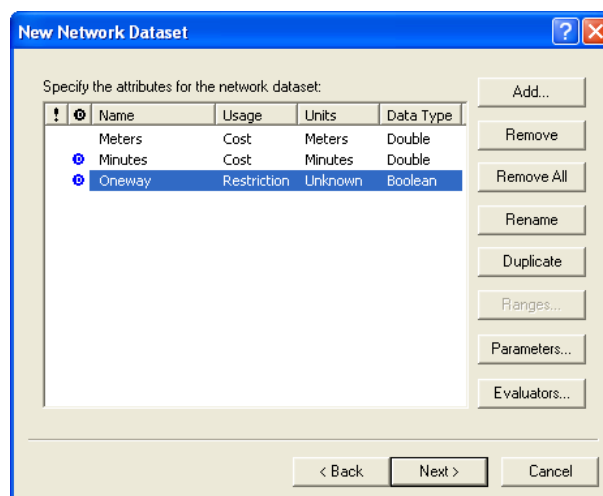
รูปที่ 4.20 การตั้งค่าการเชื่อมต่อด้วยการกำหนดความสูง ในการสร้าง Network Dataset

การตั้งค่าการเลี้ยว: เนื่องจากการปฏิบัติงานจริงสายตรวจรถจักรยานยนต์ใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทางจึงมีความคล่องตัวในการปฏิบัติหน้าที่ สามารถกลับรถหรือเลี้ยวทุกจุดเชื่อมต่อของถนนได้โดยสะดวก ดังนั้นในการตั้งค่าจึงเลือกการเลี้ยวรูปแบบ Global Turn ที่สามารถเลี้ยวรถได้ตามต้องการ ตามรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การตั้งค่าการเลี้ยว ในการสร้าง Network Dataset

การกำหนด Attribute ใน Network Dataset: ในการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์ซึ่งมีความคล่องตัวในการเดินทางด้วยการใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะและความรีบเร่งในการเดินทางไปยังจุดตรวจหรือการไประงับเหตุทำให้สายตรวจรถจักรยานยนต์มักจะเดินทางย้อนศร ดังนั้นการตั้งค่าของเส้นทางในงานวิจัยนี้จึงตัดคุณสมบัติ Oneway ออก ตามรูปที่ 4.22 ซึ่งจะทำให้เส้นทางแผนที่ดิจิทัลเส้นทางนี้ไม่นำ Field Oneway มาวิเคราะห์หาระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างจุดตรวจ



รูปที่ 4.22 การกำหนด Attribute ใน Network Dataset

การแสดงทิศทางการขับรถ: การตั้งค่าในขั้นตอนนี้สามารถกำหนดหน่วยการแสดงผลความยาวได้ที่ Display Length Unit ซึ่งกำหนดให้เป็นเมตร และกำหนดฟิลด์ที่เก็บชื่อถนนโดยเลือกที่ช่อง Name เป็น NAME_E ตามรูปที่ 4.23

Network Directions Properties

General | Shields | Boundary

Directions Settings

Display Length Units	Meters
Length Attribute	Meters
Time Attribute	Minutes
Road Class Attribute	
Signpost Feature Class	
Signpost Streets Table	

Street Name Fields

Source: nong khaem road

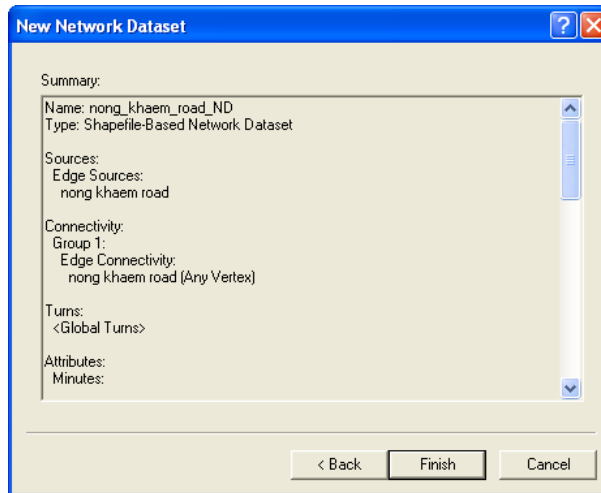
Rank	Prefix	Prefix Type	Name	Suffix Type	Suffix
Primary			NAME_E		

Number of Alternate Names: 0

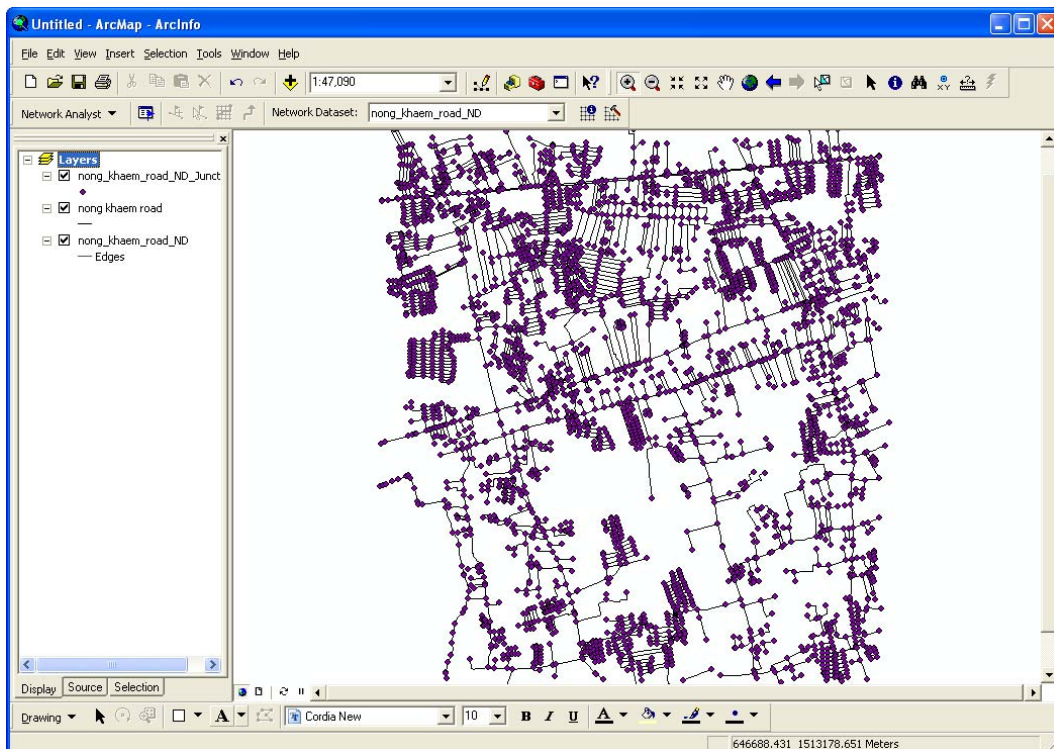
OK Cancel Apply

รูปที่ 4.23 การกำหนดทิศทางการขับรถ ในการสร้าง Network Dataset

Summary: เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ในการสร้าง Network Dataset เสร็จแล้วจะแสดงหน้าต่างสรุปค่าต่างๆ ที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่ต้นทำให้ดูภาพรวมรายละเอียดของค่าที่ตั้งไว้ได้ ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 4.24 ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นตามรูปที่ 4.25 ที่จะมี Node ต่างๆ ทำการเชื่อมต่อแต่ละเส้นทางไว้ซึ่งจะเชื่อมโยงจุดตรวจต่างๆ เข้าด้วยกันทำให้สามารถหาระยะทางและระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจได้



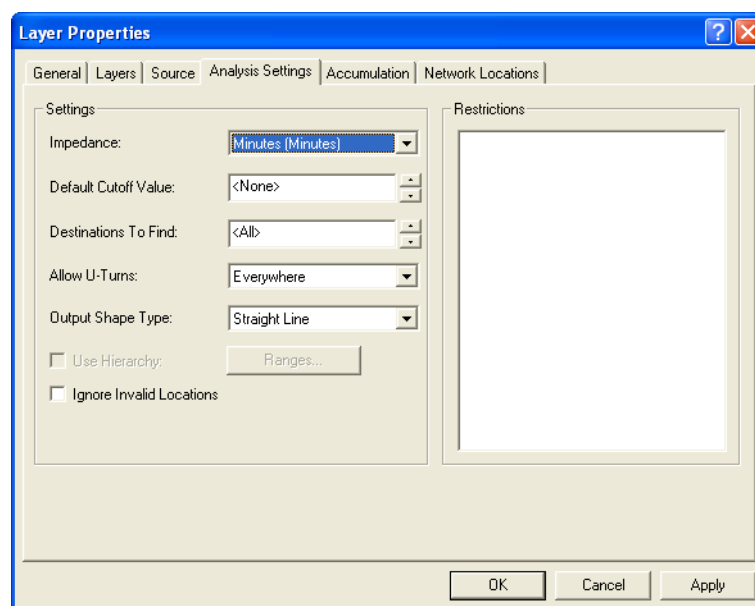
รูปที่ 4.24 หน้าต่างสรุปการตั้งค่าในการสร้าง Network Dataset



รูปที่ 4.25 ผลลัพธ์การสร้างฐานข้อมูลระบบโครงข่าย (Network Dataset) ในแผนที่ดิจิทัลเส้นทางของพื้นที่ สน.หนองแขม

2) การวิเคราะห์ข้อมูลหาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix)

จากขั้นตอนที่ผ่านมาเป็นการตั้งค่าเตรียมพร้อมไว้สำหรับการวิเคราะห์ โดยการหาพิกัดจุดตรวจเพื่อให้รู้ว่าแต่ละจุดตรวจตั้งอยู่ที่ใด และแผนที่ดิจิทัลเส้นทางจะเชื่อมโยงระหว่างจุดตรวจเข้าด้วยกัน แต่การเชื่อมโยงดังกล่าวจะต้องมีการตั้งค่าความเร็วในการเดินทางแต่ละเส้นทาง และตั้งค่าการเชื่อมต่อแต่ละเส้นทางให้คล้ายคลึงกับการเดินทางจริงมากที่สุด ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด และระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ด้วยการกำหนดคุณสมบัติในการวิเคราะห์ด้วยระยะเวลา โดยเลือกช่อง Impedance เป็น Minutes ในฟังก์ชัน Analyst Settings ตามรูปที่ 4.26

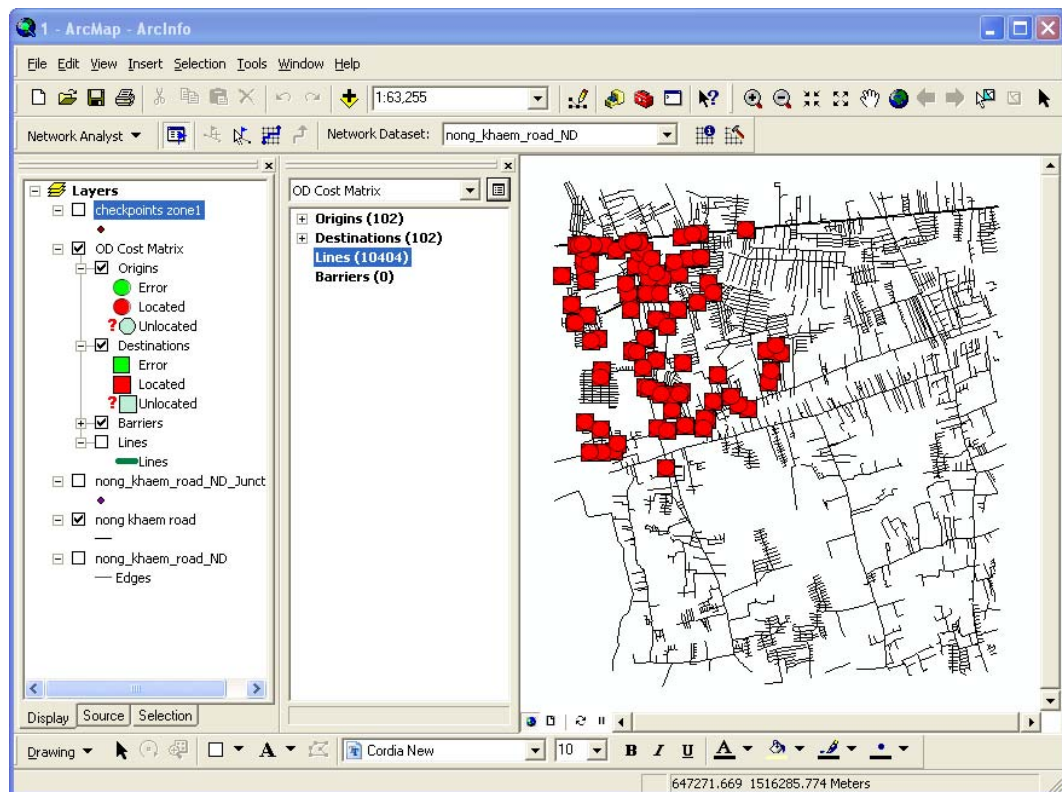


รูปที่ 4.26 การตั้งค่าการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ด้วยเวลา

ในการวิเคราะห์หา Origin-Destination Cost Matrix นี้จะแยกการวิเคราะห์ตามเขตตรวจ เพื่อให้คล้ายกับการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์ที่ออกเดินทางไปยังจุดตรวจที่อยู่ในพื้นที่ความรับผิดชอบของตน โดยการวิเคราะห์ในแต่ละเขตตรวจดังต่อไปนี้

- เขตตรวจที่ 1

จากการจัดเก็บพิกัดจุดตรวจตามขั้นตอนที่ 4.2.1 เขตตรวจที่ 1 มีจุดตรวจที่สายตรวจรถจักรยานยนต์ออกเดินทางไป 100 จุด และเมื่อรวมกับสถานีตำรวจที่เป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายของการเดินทางออกตรวจ จึงทำให้มีจุดตรวจในการวิเคราะห์ทั้งหมด 102 จุด ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงมีเส้นทางที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางทั้งหมด $102 \times 102 = 10,404$ เส้นทางตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1

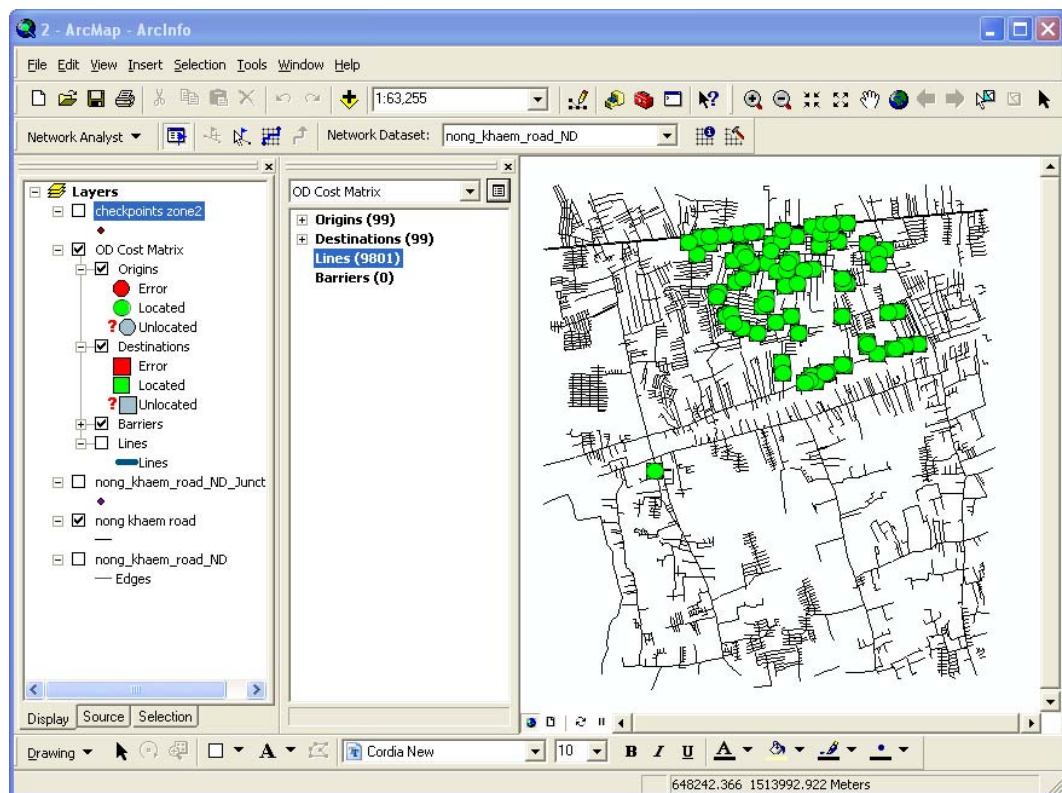
ผลการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1 ตามรูป 4.28 Field Name จะแสดงเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ซึ่งมี 10,404 เส้นทาง, Field Travel Time จะแสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นนาที, และ Field Distance จะแสดงข้อมูลระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นเมตร ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์นี้สามารถ Export ให้อยู่ในรูป Database ได้ซึ่งสามารถนำไปเปิดใช้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ต่อไปได้

Attributes of Lines					
	Name	OriginID	DestinationID	Travel Time	Distance
	zone1 origin - zone1 origin	1	1	0	0
	zone1 origin - zone1_destination	1	102	0	0
	zone1 origin - zone1_49	1	50	561	1.12
	zone1 origin - zone1_78	1	79	642	1.28
	zone1 origin - zone1_40	1	41	900	1.8
	zone1 origin - zone1_70	1	71	1,092	2.18
	zone1 origin - zone1_45	1	46	1,138	2.27
	zone1 origin - zone1_44	1	45	1,156	2.31
	zone1 origin - zone1_59	1	60	1,177	2.35
	zone1 origin - zone1_34	1	35	1,140	2.41
	zone1 origin - zone1_48	1	49	1,222	2.46
	zone1 origin - zone1_75	1	76	1,213	2.64

รูปที่ 4.28 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1

- เขตตรวจที่ 2

จากการจัดเก็บพิกัดจุดตรวจตามขั้นตอนที่ 4.2.1 เขตตรวจที่ 2 มีจุดตรวจที่สายตรวจรถจักรยานยนต์ออกเดินทางไป 97 จุด และเมื่อรวมกับสถานีตำรวจที่เป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายของการเดินทางออกตรวจ จึงทำให้มีจุดตรวจในการวิเคราะห์ทั้งหมด 99 จุด ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงมีเส้นทางที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางทั้งหมด $99 \times 99 = 9,801$ เส้นทาง ตามรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2

ผลการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2 ตามรูป 4.30 ซึ่งใน Field Name จะแสดงเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ซึ่งมี 9,801 เส้นทาง, Field Travel Time จะแสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นนาที, และ Field Distance จะแสดงข้อมูลระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นเมตร ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์นี้สามารถ Export ให้อยู่ในรูป Database ได้ซึ่งสามารถนำไปเปิดใช้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ต่อไปได้

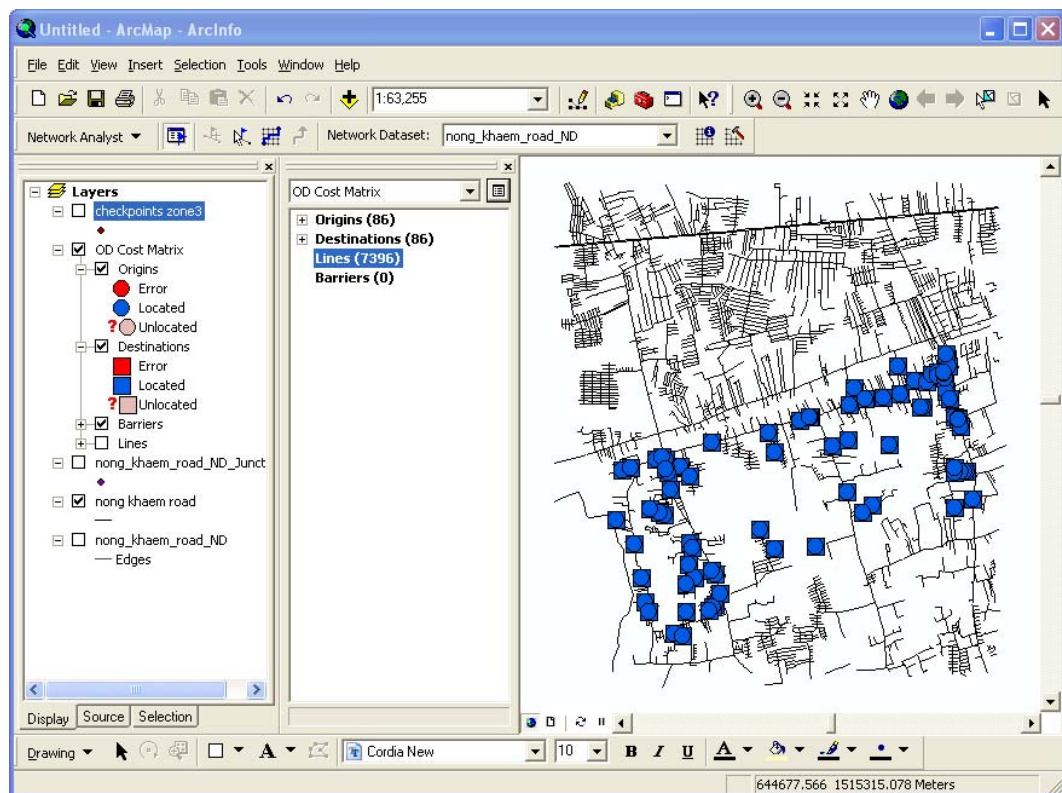
Attributes of Lines					
	Name	OriginID	DestinationID	Distance	Travel Time
	zone2 origin - zone2 origin	1	1	0	0
	zone2 origin - zone2_destination	1	99	0	0
	zone2 origin - zone2_48	1	49	2,737	5.57
	zone2 origin - zone2_76	1	77	2,818	5.64
	zone2 origin - zone2_69	1	70	2,880	5.76
	zone2 origin - zone2_01	1	2	2,850	5.84
	zone2 origin - zone2_47	1	48	2,886	5.93
	zone2 origin - zone2_49	1	50	2,966	6.01
	zone2 origin - zone2_50	1	51	3,027	6.17
	zone2 origin - zone2_17	1	18	3,087	6.18
	zone2 origin - zone2_51	1	52	3,132	6.27
	zone2 origin - zone2_42	1	43	3,159	6.33

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 9801 Selected) Options

รูปที่ 4.30 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2

- เขตตรวจที่ 3

จากการจัดเก็บพิกัดจุดตรวจตามขั้นตอนที่ 4.2.1 เขตตรวจที่ 3 มีจุดตรวจที่สายตรวจรถจักรยานยนต์ออกเดินทางไป 84 จุด และเมื่อรวมกับสถานีตำรวจที่เป็นจุดเริ่มต้นและจุดปลายของการเดินทางออกตรวจ จึงทำให้มีจุดตรวจในการวิเคราะห์ทั้งหมด 86 จุด ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงมีเส้นทางที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางทั้งหมด $86 \times 86 = 7,396$ เส้นทาง ตามรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 3

ผลการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1 ตามรูป 4.32 ซึ่งใน Field Name จะแสดงเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ซึ่งมี 7,396 เส้นทาง, Field Travel Time จะแสดงข้อมูลระยะเวลาที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นนาที, และ Field Distance จะแสดงข้อมูลระยะทางที่ใช้เวลาเดินทางที่น้อยที่สุดระหว่างจุดตรวจทั้งหมดมีหน่วยเป็นเมตร ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์นี้สามารถ Export ให้อยู่ในรูป Database ได้ซึ่งสามารถนำไปเปิดใช้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ต่อไปได้

Attributes of Lines				
Name	OriginID	DestinationID	Distance	Travel Time
zone3 origin - zone3 origin	1	1	0	0
zone3 origin - zone3_destination	1	86	0	0
zone3 origin - zone3_72	1	73	20	.04
zone3 origin - zone3_74	1	75	48	.10
zone3 origin - zone3_73	1	74	143	.28
zone3 origin - zone3_77(in)	1	80	216	.44
zone3 origin - zone3_77(out)	1	81	216	.44
zone3 origin - zone3_35	1	36	298	.60
zone3 origin - zone3_13	1	14	307	.66
zone3 origin - zone3_79(in)	1	84	693	1.58
zone3 origin - zone3_79(out)	1	85	693	1.58
zone3 origin - zone3_36	1	37	585	1.8

รูปที่ 4.32 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 3

4.3.3 Distance Matrix and Travel Time Matrix

Distance Matrix คือ ตารางแสดงระยะทางการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมด โดยเส้นทางที่ใช้เดินทางระหว่างจุดตรวจนั้นเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด โดยเวลาที่ใช้ในการเดินทางนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วในการเดินทางแต่ละเส้นทาง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้เส้นทางในแผนที่ดิจิทัลมีการใช้ความเร็วในการเดินทางอยู่ 3 ระดับคือ 15, 25 และ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางดังกล่าวนี้เป็นผลลัพธ์ได้จากการวิเคราะห์หาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) ของเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 ในขั้นตอนที่ 4.3.2 Network Analyst โดยระยะทางระหว่างจุดตรวจนี้จะนำไปแทนค่าของ C_{ij} ใน Objective Function ของตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ต้องการทำให้ผลรวมระยะทางสั้นที่สุด โดยที่ออกตรวจจุดตรวจได้ครบถ้วนสอดคล้องตามเงื่อนไขเวลาที่ผู้บังคับบัญชาสั่งการไว้

ระยะทางการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ที่ได้จากการวิเคราะห์หาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) ในขั้นตอนที่ 4.3.2 แยกการแสดงผลออกเป็นแต่ละเขตตรวจคือ เขตตรวจที่ 1 มีเส้นทางเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด 10,404 เส้นทาง ดังตารางที่ 4.13, เขตตรวจที่ 2 มีเส้นทางเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด 9,801 เส้นทาง ดังตารางที่ 4.14 และ เขตตรวจที่ 3 มีเส้นทางเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด 7,369 เส้นทาง ดังตารางที่ 4.15 โดยแต่ละเขตตรวจมีจำนวนเส้นทางแตกต่างกันตามจำนวนจุดตรวจที่อยู่ในแต่ละเขตตรวจ

ตารางที่ 4.13 Distance Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 1

Checkpoint ID	zone1_000	zone1_001	zone1_002	zone1_003	zone1_004	zone1_005	.	.	.	zone1_099	zone1_100	zone1_101
zone1_000	0	1918	1560	1259	1492	2888	.	.	.	4842	4842	0
zone1_001	1918	0	873	833	2396	3792	.	.	.	5746	5746	1918
zone1_002	1560	873	0	475	2038	3434	.	.	.	5388	5388	1560
zone1_003	1259	833	475	0	1737	3133	.	.	.	5087	5087	1259
zone1_004	1492	2396	2038	1737	0	2395	.	.	.	5320	5320	1492
zone1_005	2888	3792	3434	3133	2395	0	.	.	.	3904	3904	2888
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zone1_099	4842	5746	5388	5087	5320	3904	.	.	.	0	0	4842
zone1_100	4842	5746	5388	5087	5320	3904	.	.	.	0	0	4842
zone1_101	0	1918	1560	1259	1492	2888	.	.	.	4842	4842	0

ตารางที่ 4.14 Distance Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 2

Checkpoint ID	zone2_000	zone2_001	zone2_002	zone2_003	zone2_004	zone2_005	.	.	.	zone2_096	zone2_097	zone2_098
zone2_000	0	2851	4601	3414	4011	4855	.	.	.	6195	6195	0
zone2_001	2851	0	3545	1269	1867	2711	.	.	.	3917	3917	2851
zone2_002	4601	3545	0	4814	5463	4124	.	.	.	2005	2005	4601
zone2_003	3414	1269	4814	0	598	1442	.	.	.	3617	3617	3414
zone2_004	4011	1867	5463	598	0	1284	.	.	.	3459	3459	4011
zone2_005	4855	2711	4124	1442	1284	0	.	.	.	2120	2120	4855
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zone2_096	6195	3917	2005	3617	3459	2120	.	.	.	0	0	6195
zone2_097	6195	3917	2005	3617	3459	2120	.	.	.	0	0	6195
zone2_098	0	2851	4601	3414	4011	4855	.	.	.	6195	6195	0

ตารางที่ 4.15 Distance Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 3

Checkpoint ID	zone3_000	zone3_001	zone3_002	zone3_003	zone3_004	zone3_005	.	.	.	zone3_084	zone3_085	zone3_086
zone3_000	0	810	1784	2894	1118	733	.	.	.	693	693	0
zone3_001	810	0	1233	3704	1928	1543	.	.	.	142	142	810
zone3_002	1784	1233	0	4191	2902	2517	.	.	.	1091	1091	1784
zone3_003	2894	3704	4191	0	1964	2856	.	.	.	3587	3587	2894
zone3_004	1118	1928	2902	1964	0	1080	.	.	.	1811	1811	1118
zone3_005	733	1543	2517	2856	1080	0	.	.	.	1426	1426	733
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zone3_084	693	142	1091	3587	1811	1426	.	.	.	0	0	693
zone3_085	693	142	1091	3587	1811	1426	.	.	.	0	0	693
zone3_086	0	810	1784	2894	1118	733	.	.	.	693	693	0

Travel Time Matrix คือ ตารางแสดงระยะเวลาการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมด โดยเส้นทางที่ใช้เดินทางระหว่างจุดตรวจนั้นเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด โดยระยะเวลาการเดินทางนี้จะสัมพันธ์กับระยะทางใน Distance Matrix คือเป็นเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางเดียวกัน ระยะทางดังกล่าวนี้เป็นผลลัพธ์ได้จากการวิเคราะห์หาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) เขตตรวจที่ 1, เขตตรวจที่ 2 และเขตตรวจที่ 3 ในขั้นตอนที่ 4.3.2 Network Analyst โดยระยะทางระหว่างจุดตรวจนี้จะนำไปแทนค่า t_{ij} (the shortest drive time from checkpoint i to checkpoint j along the road network) ใน Constraint ที่ 3 ในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

ระยะเวลาการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ที่ได้จากการวิเคราะห์หาเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางใดๆ (Origin-Destination Cost Matrix) ในขั้นตอนที่ 4.3.2 แยกการแสดงผลออกเป็นแต่ละเขตตรวจคือ เขตตรวจที่ 1 มีเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด 10,404 เส้นทาง ดังตารางที่ 4.16, เขตตรวจที่ 2 มีเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด 9,801 เส้นทาง ดังตารางที่ 4.17 และ เขตตรวจที่ 3 มีเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด 7,369 เส้นทาง ดังตารางที่ 4.18 โดยแต่ละเขตตรวจมีจำนวนเส้นทางแตกต่างกันตามจำนวนจุดตรวจที่อยู่ในแต่ละเขตตรวจ

ตารางที่ 4.16 Travel Time Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 1

Checkpoint ID	zone1_000	zone1_001	zone1_002	zone1_003	zone1_004	zone1_005	.	.	.	zone1_099	zone1_100	zone1_101
zone1_000	0	4.85	3.63	2.69	3.98	6.83	.	.	.	10.2	10.2	0
zone1_001	4.85	0	3.27	2.85	6.79	9.65	.	.	.	13	13	4.85
zone1_002	3.63	3.27	0	1.64	5.58	8.44	.	.	.	11.8	11.8	3.63
zone1_003	2.69	2.85	1.64	0	4.64	7.5	.	.	.	10.9	10.9	2.69
zone1_004	3.98	6.79	5.58	4.64	0	6.84	.	.	.	12.2	12.2	3.98
zone1_005	6.83	9.65	8.44	7.5	6.84	0	.	.	.	11	11	6.83
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zone1_099	10.2	13	11.8	10.9	12.2	11	.	.	.	0	0	10.2
zone1_100	10.2	13	11.8	10.9	12.2	11	.	.	.	0	0	10.2
zone1_101	0	4.85	3.63	2.69	3.98	7	.	.	.	10.2	10.2	0

ตารางที่ 4.17 Travel Time Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 2

Checkpoint ID	zone2_000	zone2_001	zone2_002	zone2_003	zone2_004	zone2_005	.	.	.	zone2_096	zone2_097	zone2_098
zone2_000	0	5.85	9.98	6.84	8.49	10.7	.	.	.	13.47	13.47	0
zone2_001	5.85	0	9.65	2.7	4.34	6.55	.	.	.	9.37	9.37	5.85
zone2_002	9.98	9.65	0	12.34	13.51	10.82	.	.	.	5.16	5.16	9.98
zone2_003	6.84	2.7	12.34	0	1.65	3.86	.	.	.	8.25	8.25	6.84
zone2_004	8.49	4.34	13.51	1.65	0	3.97	.	.	.	8.36	8.36	8.49
zone2_005	10.7	6.55	10.82	3.86	3.97	0	.	.	.	5.67	5.67	10.7
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zone2_096	13.47	9.37	5.16	8.25	8.36	5.67	.	.	.	0	0	13.47
zone2_097	13.47	9.37	5.16	8.25	8.36	5.67	.	.	.	0	0	13.47
zone2_098	0	5.85	9.98	6.84	8.49	10.7	.	.	.	13.47	13.47	0

ตารางที่ 4.18 Travel Time Matrix สำหรับเขตตรวจที่ 3

Checkpoint ID	zone3_000	zone3_001	zone3_002	zone3_003	zone3_004	zone3_005	.	.	.	zone3_084	zone3_085	zone3_086
zone3_000	0	1.87	3.75	7.21	2.62	2.18	.	.	.	1.58	1.58	0
zone3_001	1.87	0	2.51	9.08	4.49	4.05	.	.	.	0.35	0.35	1.87
zone3_002	3.75	2.51	0	10.21	6.36	5.93	.	.	.	2.17	2.17	3.75
zone3_003	7.21	9.08	10.21	0	5.86	7.83	.	.	.	8.79	8.79	7.21
zone3_004	2.62	4.49	6.36	5.86	0	3.24	.	.	.	4.2	4.2	2.62
zone3_005	2.18	4.05	5.93	7.83	3.24	0	.	.	.	3.76	3.76	2.18
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zone3_084	1.58	0.35	2.17	8.79	4.2	3.76	.	.	.	0	0	1.58
zone3_085	1.58	0.35	2.17	8.79	4.2	3.76	.	.	.	0	0	1.58
zone3_086	0	1.87	3.75	7.21	2.62	2.18	.	.	.	1.58	1.58	0

4.3.4 Service Time and Time Windows

การหาระยะทางการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมดโดยใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด และระยะเวลาการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ตามขั้นตอนที่ 4.2.3 เป็นการหาตัวเลขเพื่อแทนค่าในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังต้องมีการหาค่าระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ (Service Time) ณ จุดตรวจต่างๆ และต้องหาค่ากรอบเวลาการเริ่มปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ และเวลาสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ (Time Windows)

ระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ (Service Time) จะนำไปแทนค่า S_i (Service time at checkpoint i) ใน Constraint 3 ของตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจ ณ จุดตรวจต่างๆ นั้นแตกต่างกันตามชนิดของจุดตรวจเนื่องจากแต่ละชนิดของจุดตรวจมีวิธีการปฏิบัติและขั้นตอนแตกต่างกัน ทำให้ระยะเวลาในการปฏิบัติหน้าที่ของแต่ละชนิดใช้เวลาแตกต่างกันตามหัวข้อที่ 4.2.4 ซึ่งจุดตรวจคันตู้แดง, จุดตรวจธนาคาร และ จุดตรวจร้านทอง สามารถแสดงเป็นตารางให้ง่ายต่อการเข้าใจและนำไปแทนค่าในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ดังตารางที่ 4.19 ส่วนระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะนั้นจะขึ้นอยู่กับแผนการออกตรวจของสายตรวจ

ตารางที่ 4.19 ระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์แต่ละชนิดจุดตรวจ

ประเภทของจุดตรวจ (Type of checkpoints)	ระยะเวลาปฏิบัติงาน (Service Time), นาที
จุดตรวจตู้แดง (Red-Box Checkpoints)	3
จุดตรวจธนาคาร (Bank Checkpoints)	5
จุดตรวจร้านทอง (Goldsmiths Checkpoints)	5

แผนการตรวจของสายตรวจที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้เป็นกำหนดช่วงเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Time Windows) ของจุดตรวจคันยานพาหนะ คือเวลาการเริ่มปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ (a) และเวลาสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ (b) (Time Windows) นอกจากนั้นเป็นการบอกเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ของจุดตรวจคันยานพาหนะ และจุดตรวจคันยานพาหนะ dummy อีกด้วย

เวลาการเริ่มปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะเป็นการกำหนดให้สายตรวจสามารถเดินทางมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะก่อนเวลากำหนดได้ และเวลาสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่

ของจุดตรวจคันยานพาหนะเป็นการกำหนดให้สายตรวจต้องเดินทางออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะหลังจากเวลาที่กำหนด ในการหาเวลาการเริ่มปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ และ เวลาสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ นั้นคิดจากการนับเวลาตั้งแต่เริ่มปฏิบัติหน้าที่ในแต่ละผลัดนั้น ไปถึงเวลาที่เริ่มตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะและเวลาที่สิ้นสุดการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามลำดับ โดยเวลาการเริ่มปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ จะนำไปแทนค่า a ใน Constraint 8 ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ส่วนเวลาสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะจะนำไปแทนค่า b ใน Constraint 9 ของ แบบจำลองคณิตศาสตร์

เวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ของจุดตรวจคันยานพาหนะคือช่วงระยะเวลาที่การเริ่มปฏิบัติหน้าที่จนสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคันยานพาหนะ ส่วนเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ของจุดตรวจคันยานพาหนะ dummy จะเท่ากับ 0 เนื่องจากจุดนี้เป็นจุดที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางออกจากการปฏิบัติหน้าที่ตรวจคันยานพาหนะแล้วเดินทางไปยังจุดตรวจต่อไปจึงไม่จำเป็นต้องปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดนี้ เวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ของจุดตรวจคันยานพาหนะ และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ของจุดตรวจคันยานพาหนะ dummy จะนำไปแทนค่า S_i ใน Constraint 3 และ Constraint 4 ของแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการปฏิบัติหน้าที่แต่ละวันของสายตรวจรถจักรยานยนต์นั้นผู้บังคับบัญชาได้กำหนดแผนการตรวจออกเป็น 3 แผนการตรวจ โดยแบ่งตามการเข้าเวรของสายตรวจแต่ละผลัดดังนี้

1) แผนการตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 1

แผนการตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 1 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งเวลา 00.01 น. – 08.00 น. การปฏิบัติหน้าที่ตามแผนการตรวจผลัดนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.4. สามารถสรุปเวลาเริ่มและสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคั่นยานพาหนะ (Time Windows) และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) แต่ละจุดตรวจคั่นยานพาหนะดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 Time Windows และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะของการปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1

เขตตรวจ	Checkpoint ID	ตำแหน่งจุดตรวจ	Time Windows		Service Time S_i
			a	b	
Zone 1	091	Entrance of Soi Hansa	345		30
	092	Entrance of Soi Hansa (dummy)		375	
	093	Entrance of Soi PhetKasem79	420		30
	094	Entrance of Soi PhetKasem79 (dummy)		450	
Zone 2	088	Opposite Carrefour	330		60
	089	Opposite Carrefour (dummy)		390	
	090	Nan Yang company	420		30
	091	Nan Yang company (dummy)		450	
Zone 3	081	Bus terminal	360		60
	082	Bus terminal (dummy)		420	

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยหรรษา เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งเวลา 05.45 น. หรือนาทีที่ 345 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 06.15 น. หรือนาทีที่ 375 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยหรรษา ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะ บริเวณปากซอยหรรษา (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 79 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งเวลา 07.00 น. หรือนาทีที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 และสิ้นสุดการ

ตรวจค้นยานพาหนะเวลา 07.30 น. หรือหน้าที่ที่ 450 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 ซึ่งจุดตรวจค้นยานพาหนะ บริเวณปากซอยเพชรเกษม 79 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจค้นยานพาหนะ บริเวณปากซอยเพชรเกษม 79 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณตรงข้ามห้างคาร์ฟูร์ เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 05.30 น. หรือหน้าที่ที่ 330 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 และสิ้นสุดการตรวจค้นยานพาหนะเวลา 06.30 น. หรือหน้าที่ที่ 390 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 ซึ่งจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณตรงข้ามห้างคาร์ฟูร์ ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที และจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณตรงข้ามห้างคาร์ฟูร์ (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณบริษัทนันทยาง เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 07.00 น. หรือหน้าที่ที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 และสิ้นสุดการตรวจค้นยานพาหนะเวลา 07.30 น. หรือหน้าที่ที่ 450 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 ซึ่งจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณบริษัทนันทยาง ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณบริษัทนันทยาง (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 3 จุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณอุรุธเมล์สาย 7 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 07.00 น. หรือหน้าที่ที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 และสิ้นสุดการตรวจค้นยานพาหนะเวลา 07.30 น. หรือหน้าที่ที่ 450 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 1 ซึ่งจุดตรวจค้นยานพาหนะบริเวณอุรุธเมล์สาย 7 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจค้นยานพาหนะ บริเวณอุรุธเมล์สาย 7 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

2) แผนการตรวจของสายตรวจจรจกักรยานยนต์ผลัดที่ 2

แผนการตรวจของสายตรวจจรจกักรยานยนต์ผลัดที่ 2 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งเวลา 08.01 น. – 16.00 น การปฏิบัติหน้าที่ตามแผนการตรวจผลัดนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.5 สามารถสรุปเวลาเริ่มและสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคั่นยานพาหนะ (Time Windows) และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) แต่ละจุดตรวจคั่นยานพาหนะดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 Time Windows และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะของการปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2

เขตตรวจ	Checkpoint ID	ตำแหน่งจุดตรวจ	Time Windows		Service Time S_i
			a	b	
Zone 1	095	Wood Mill	180		30
	096	Wood Mill(dummy)		210	
	097	Udom temple	375		45
	098	Udom temple(dummy)		420	
Zone 2	092	Soi Na Khot Than Phon 2	180		60
	093	Soi Na Khot Than Phon 2(dummy)		240	
	088	Opposite Carrefour	360		60
	089	Opposite Carrefour (dummy)		420	
Zone 3	077	Lak Sam temple	420		30
	078	Lak Sam temple(dummy)		450	

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณโรงไม้ เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 11.00 น. หรือนาทีที่ 180 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 11.30 น. หรือนาทีที่ 210 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณโรงไม้ ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณโรงไม้ (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณวัดอุดมรังษี เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 14.15 น. หรือนาทีที่ 375 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 และสิ้นสุดการตรวจคั่น

ยานพาหนะเวลา 15.00 น. หรือนาทีที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณวัดอุดมรังษี ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 45 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะ บริเวณวัดอุดมรังษี (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณซอยนาคนาสถาพร 2 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 11.00 น. หรือนาทีที่ 180 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 12.00 น. หรือนาทีที่ 240 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะ บริเวณซอยนาคนาสถาพร 2 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณซอยนาคนาสถาพร 2 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณตรงข้ามห้างคาร์ฟู เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 14.00 น. หรือนาทีที่ 360 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 15.00 น. หรือนาทีที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณตรงข้ามห้างคาร์ฟู ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณตรงข้ามห้างคาร์ฟู (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 3 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณวัดหลักสาม เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 15.00 น. หรือนาทีที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 15.30 น. หรือนาทีที่ 450 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 2 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณวัดหลักสาม ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณวัดหลักสาม (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

3) แผนการตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 3

แผนการตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ผลัดที่ 3 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งเวลา 16.01 น. – 24.00 น การปฏิบัติหน้าที่ตามแผนการตรวจผลัดนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.6 สามารถสรุปที่เวลาเริ่มและสิ้นสุดการปฏิบัติหน้าที่ของจุดตรวจคั่นยานพาหนะ (Time Windows) และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) แต่ละจุดตรวจคั่นยานพาหนะดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 Time Windows และเวลาการปฏิบัติหน้าที่ (Service Time) ณ จุดตรวจคั่นยานพาหนะของการปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3

เขตตรวจ	Checkpoint ID	ตำแหน่งจุดตรวจ	Time Windows		Service Time S_i
			a	b	
Zone 1	091	Entrance of Soi Hansa	120		30
	092	Entrance of Soi Hansa (Dummy)		150	
	099	Entrance of Soi Phet Kasem 77/6	240		30
	100	Entrance of Soi Phet Kasem 77/6 (Dummy)		270	
Zone 2	094	PTT gas station	240		30
	095	PTT gas station (Dummy)		270	
	096	Entrance of Soi PhetKasem 73	300		30
	097	Entrance of Soi PhetKasem 73 (Dummy)		330	
	096	Entrance of Soi PhetKasem 73	360		60
	097	Entrance of Soi PhetKasem 73 (Dummy)		420	
Zone 3	079	Market near Police station	90		30
	080	Market near Police station (Dummy)		150	
	081	Bus terminal	360		30
	082	Bus terminal (Dummy)		390	
	083	Minimart near Nongkhaem temple	450		30
	084	Minimart near Nongkhaem temple (Dummy)		480	

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอย ม.हरखा เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 18.00 น. หรือนาทีที่ 120 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 18.30 น. หรือนาทีที่ 150 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยหมู่บ้านहरखा ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะ บริเวณปากซอยหมู่บ้านहरखा (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 1 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 77/6 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 20.00 น. หรือนาทีที่ 240 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 20.30 น. หรือนาทีที่ 270 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 77/6 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 77/6 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณป้อม ปตท. เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 20.00 น. หรือนาทีที่ 240 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 20.30 น. หรือนาทีที่ 270 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณป้อม ปตท. ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณป้อม ปตท. (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 73 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 21.00 น. หรือนาทีที่ 300 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 21.30 น. หรือนาทีที่ 330 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะซอยเพชรเกษม 73 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะซอยเพชรเกษม 73 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 2 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณปากซอยเพชรเกษม 73 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 22.00 น. หรือนาทีที่ 360 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 23.00 น. หรือนาทีที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคั่นยานพาหนะปากซอยเพชรเกษม 73 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที และจุดตรวจคั่นยานพาหนะปากซอยเพชรเกษม 73 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 3 จุดตรวจคั่นยานพาหนะบริเวณตลาดนัดใกล้ สน.หนองแขม เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 17.30 น. หรือนาทีที่ 90 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคั่นยานพาหนะเวลา 18.30 น. หรือนาทีที่ 150 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัด

ที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณตลาดนัดใกล้ สน.หนองแขม ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะ บริเวณตลาดนัดใกล้ สน.หนองแขม (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 3 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณอุรุเมล์สาย 7 เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่ เวลา 22.00 น. หรือนาทีที่ 360 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 22.30 น. หรือนาทีที่ 390 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณอุรุเมล์สาย 7 ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณอุรุเมล์สาย 7 (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

ในเขตตรวจที่ 3 จุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณร้านเซเว่นอีเลเว่นวัดหนองแขม เริ่มปฏิบัติหน้าที่ตั้งแต่เวลา 23.30 น. หรือนาทีที่ 450 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 และสิ้นสุดการตรวจคันยานพาหนะเวลา 24.00 น. หรือนาทีที่ 480 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ในผลัดที่ 3 ซึ่งจุดตรวจคันยานพาหนะบริเวณร้านเซเว่นอีเลเว่นวัดหนองแขม ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที และจุดตรวจคันยานพาหนะ บริเวณร้านเซเว่นอีเลเว่นวัดหนองแขม (Dummy) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ 0 นาที

การวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นค่าพารามิเตอร์ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างครบถ้วน ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะได้กล่าวถึงการพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับจัดการตรวจของตำรวจสายตรวจกรณีที่ต้องคำนึงถึง Time Windows ด้วย

4.4 การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Development of Mathematical Models)

ตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับปัญหาการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจแบบมีเงื่อนไขเวลาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหา Traveling Salesman Problem with Time Windows (TSP-TW) ซึ่งเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ประเภท Mixed Integer Linear Program (MILP) คำจำกัดความขององค์ประกอบต่างๆ ในตัวแบบประกอบด้วย

Set

N คือกลุ่มของจุดตรวจ โดยในเขตตรวจที่ 1 คือ 1,2,3,...,100 , เขตตรวจที่ 2 คือ 1,2,3,...,97 และเขตตรวจที่ 3 คือ 1,2,3,...,84

N' คือกลุ่มของจุดตรวจคั่นยานพาหนะจำลอง โดยในเขตตรวจที่ 1 คือ 92,94,96,98 และ 100, เขตตรวจที่ 2 คือ 89,91,93,95 และ 97 และเขตตรวจที่ 3 คือ 76,78,80,82 และ 84

ดัชนี (Indices)

o คือจุดเริ่มต้นของการเดินทาง(สถานีตำรวจนครบาลหนองแขม) ในเขตตรวจที่ 1, เขตตรวจที่ 2 และเขตตรวจที่ 3 คือ 0

d คือจุดปลายทางของการเดินทาง(สถานีตำรวจนครบาลหนองแขม) ในเขตตรวจที่ 1 คือ 101, เขตตรวจที่ 2 คือ 98, และเขตตรวจที่ 3 คือ 85

Parameter

C_{ij} หมายถึง ต้นทุนการเดินทางระหว่างจุด i ไปยังจุด j ซึ่งอาจแทนได้ด้วยระยะทางหรือระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุด i ไปยังจุด j ในที่นี้ใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ดิจิทัลระหว่างจุดตรวจทั้งหมด ค่า C_{ij} คำนวณไว้แล้วในตารางที่ 4.13, 4.14 และ 4.15 สำหรับเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจะนำไปแทนค่าใน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

X_{od} ใน Constraint 4 คือการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางมีค่าเป็น 0

$X_{ii'}$ ใน Constraint 5 คือการเดินทางจากจุดตรวจคั่นยานพาหนะไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะจำลอง มีค่าเป็น 1

$X_{i'i}$ ใน Constraint 6 คือเดินทางจากจุดตรวจคั่นยานพาหนะจำลองไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะ มีค่าเป็น 0

T_o	คือเวลาเริ่มต้นในการเดินทางออกตรวจ ณ จุดเริ่มต้น (สถานีตำรวจนครบาล หนองแขม) ใน Constraint 7 มีค่าเป็น 0
T_d	คือเวลาสิ้นสุดในการเดินทางออกตรวจ ณ จุดปลายทาง(สถานีตำรวจนครบาล หนองแขม) ใน Constraint 10 มีค่าเท่ากับ 480
S_i	คือเวลาในการปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจ j ได้จากการหาประเมินระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ของตำรวจสายตรวจ ณ จุดตรวจต่างๆ ซึ่งเป็นค่าที่ระบุจากตารางที่ 4.19 , 4.20, 4.21 และ 4.22 สำหรับจุดตรวจตู้แดง จุดตรวจธนาคาร จุดตรวจร้านทองและจุดตรวจค้ายานพาหนะ ตามลำดับ ซึ่งจะนำไปแทนค่าใน Constraint 3
t_{ij}	คือเวลาในการเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j ได้จากการคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางตามโครงข่ายเส้นทางแผนที่ติดจติดระหว่างจุดตรวจทั้งหมด โดยเส้นทางที่ใช้เดินทางระหว่างจุดตรวจนั้นเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาเดินทางน้อยที่สุด ค่า t_{ij} แสดงไว้ในตารางที่ 4.16, 4.17 และ 4.18 สำหรับเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งจะนำไปแทนค่าใน Constraint 3
a	คือเวลาที่สายตรวจมาถึงจุดตรวจค้ายานพาหนะใน Constraint 8 ได้จากตารางที่ 4.20, 4.21 และ 4.22
b	คือ เวลาที่สายตรวจมาถึงจุดตรวจค้ายานพาหนะ dummy ใน Constraint 9 ได้จากตารางที่ 4.20, 4.21 และ 4.22
M	ค่าคงที่ที่มากที่สุดเกี่ยวกับเงื่อนไขเวลา ได้จากการนำเวลาในการเดินทาง, เวลาปฏิบัติหน้าที่ และ เวลาในการเดินที่มากที่สุดรวมกัน คือ $480 + 60 + 27 = 567$

Decision variables

X_{ij}	$= 1$ เมื่อสายตรวจเลือกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j $= 0$ ถ้าไม่เลือก
W_i	คือระยะเวลาในการรอบปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจ i
T_i	คือเวลาที่ไปถึงจุดตรวจ ณ จุดตรวจ i
T_j	คือเวลาที่ไปถึงจุดตรวจ ณ จุดตรวจ j

รูปแบบของตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์เป็นดังนี้

Objective function

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i \in N \cup N' \cup \{o\}} \sum_{j \in N \cup N' \cup \{d\} - \{i\}} C_{ij} X_{ij}$$

Constraints

$$\sum_{j \in N \cup N' \cup \{d\} - \{i\}} X_{ij} = 1 \quad ; \forall i \in N \cup N' \cup \{o\} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in N \cup N' \cup \{o\} - \{j\}} X_{ij} = 1 \quad ; \forall j \in N \cup N' \cup \{d\} \quad (2)$$

$$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \leq T_j + M(1 - X_{ij}) ; \forall i \in N \cup \{o\} \\ ; \forall j \in N \cup \{d\} - \{i\} \quad (3)$$

$$X_{od} = 0 \quad (4)$$

$$X_{ii'} = 1 \quad ; i \in N, i' \in N' \quad (5)$$

$$X_{i'i} = 0 \quad ; i \in N, i' \in N' \quad (6)$$

$$T_o = 0 \quad (7)$$

$$T_i = a \quad ; i \in N \quad (8)$$

$$T_{i'} = b \quad ; i' \in N' \quad (9)$$

$$T_d = 480 \quad (10)$$

$$W_i = 0 \quad ; i \in N \quad (11)$$

จะสังเกตว่าในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ มี 3 ตัวแปร ที่ไม่สามารถแทนค่าได้ คือ X_{ij} , T_i และ W_i ซึ่งเป็นตัวแปรที่งานวิจัยนี้ต้องการทราบสำหรับจัดการแผนการตรวจ ซึ่ง X_{ij} จะบอกลำดับการเดินทางจากจุดตรวจใดไปยังจุดตรวจใด นอกจากนี้ยังทราบ T_i (เวลาเดินทางไปถึง ณ จุดตรวจนั้นๆ) และ W_i (เวลาที่จะต้องรอปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจนั้นๆ)

ซึ่ง T_i และ W_i เสมือนเป็นผลพลอยได้จากการแก้ปัญหาที่สรุปโดยรวมแล้วผลลัพธ์จากการแก้ปัญหานี้จะเป็นการกำหนดวิธีการออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์ด้วยการระบุเส้นทาง เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์ต้องปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การเลียนแบบการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจ แล้วนำมากำหนดการเดินทางของสายตรวจรถจักรยานยนต์แทนการออกตรวจพื้นที่ด้วยการตัดสินใจเลือกเส้นทางเอง

4.5 การวิเคราะห์กรณีศึกษา

เมื่อทราบตัวแปรทั้งหมดที่จะมาแทนค่าในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเขียน Formulation ให้ออกมาเป็นสูตรคณิตศาสตร์เพื่อให้ซอฟต์แวร์ประเภท Optiization Solver (ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม LINDO) แก้ปัญหา โดยโปรแกรมที่ใช้เขียน Formulation ให้เป็นไปตัวแบบคณิตศาสตร์ คือ โปรแกรม Microsoft Excel 2007 โดยการใช้ข้อมูลระยะทางและระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมดที่ได้จากหัวข้อที่ 4.3.2 (Network Analyst) ซึ่งอยู่ในรูปไฟล์ Database สามารถเรียกขึ้นมาเปิดด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2007 ได้ โดยไฟล์ Database จะมีอยู่ 3 ไฟล์ตามพื้นที่เขตตรวจ คือ เขตตรวจที่ 1 เป็นผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.28), เขตตรวจที่ 2 เป็นผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.30) และ เขตตรวจที่ 3 เป็นผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 3 (ตามที่แสดงในรูปที่ 4.32)

ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการทดสอบให้เห็นว่าตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยทำการพิจารณาจุดตรวจลำดับที่ 1 - 12 ของแต่ละเขตตรวจ และจุดตรวจคั่นยานพาหนะที่มีการกำหนดเวลาเดินทางมายังจุดตรวจเพื่อที่จะทดสอบเรื่อง Time windows ใน Constraint ที่ 3 ถึง Constraint ที่ 11 ซึ่งในการวิจัยนี้จะนำแผนการตรวจสายตรวจในผลัดที่ 2 เวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. ตามตารางที่ 4.5 มาทำการวิเคราะห์ โดยการวิจัยนี้แบ่งการวิเคราะห์วิจัยออกเป็น 3 เขตตรวจ ดังนี้

4.5.1 เขตตรวจที่ 1

เขตตรวจที่ 1 มีจุดตรวจนำมาพิจารณาในการวิจัยทั้งหมด 18 จุดตรวจ คือ ส.น.หนองแขม 2 จุด (ได้แก่ จุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง), จุดตรวจตู้แดง 12 จุด และ จุดตรวจคั่นยานพาหนะจำนวน 4 จุด ดังแสดงตามตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 จุดตรวจในเขตตรวจที่ 1 ซึ่งนำมาวิเคราะห์

No.	Type of Checkpoints	Checkpoints ID	Location
1	Origin	zone1_000	Nong Khaem Police Station
2	Red-Box Checkpoint	zone1_001	Uea Athon village
3	Red-Box Checkpoint	zone1_002	Sa Ran Phon village
4	Red-Box Checkpoint	zone1_003	Soi Ap Thip
5	Red-Box Checkpoint	zone1_004	Soi Chatsan 2
6	Red-Box Checkpoint	zone1_005	Soi Kamnan Chaloem
7	Red-Box Checkpoint	zone1_006	Phuttan village office
8	Red-Box Checkpoint	zone1_007	Sa Nek factory
9	Red-Box Checkpoint	zone1_008	Soi Phong Siri Chai IV 8
10	Red-Box Checkpoint	zone1_009	Krung Thong plastic
11	Red-Box Checkpoint	zone1_010	Sin Phet condominium
12	Red-Box Checkpoint	zone1_011	Government Housing Bank
13	Red-Box Checkpoint	zone1_012	Yong Charoen godown
14	Vehicle Checkpoint	zone1_095	wood Mill
15	Vehicle Checkpoint	zone1_096	wood Mill(dummy)
16	Vehicle Checkpoint	zone1_097	Udom temple
17	Vehicle Checkpoint	zone1_098	Udom temple(dummy)
18	Destination	zone1_101	Nong Khaem Police Station

การเขียน Formulation ใน Microsoft Excel 2007 เริ่มด้วยการเปิดไฟล์ Database ที่ได้จากหัวข้อที่ 4.3.2 (Network Analyst) ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 1 (ตามรูปที่ 4.28) จากนั้นจึงสร้างคอลัมน์ขึ้นมาโดยให้แต่ละคอลัมน์มีไว้เพื่อจะเขียนสูตรให้ได้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกับตัวแบบจำลอง ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.33 โดยใช้ข้อมูล Origin ID ในคอลัมน์ B, Destination ID ในคอลัมน์ C, ระยะทางในคอลัมน์ D และข้อมูลระยะเวลาในคอลัมน์ E ซึ่งในคอลัมน์ F จะเป็นการเขียนสูตรให้เหมือนกับสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function), ใน คอลัมน์ G จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 1, ใน คอลัมน์ H จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 2, ใน คอลัมน์ P จะ

เป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 3 และ ใน คอลัมน์ Q จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 4 ซึ่งค่าระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่แทนในสูตรนำมาจากตารางที่ 4.19 และ 4.21

	A	B	C	E	F	G	H	P
	Name	OriginID	Destination	Travel Time	CijXij Objective	Xij Constraint1	Xij Constraint2	$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \leq T_j + M(1 - X_{ij})$ Constraint 3
1								
2	zone1 origin - zone1_001	0	1	4.85	1918X0_1 +	X0_1 +	X0_1 +	$T0 - T1 + W0 + 9999X0_1 \leq 9994.15$
3	zone1 origin - zone1_002	0	2	3.63	1560X0_2 +	X0_2 +	X0_2 +	$T0 - T2 + W0 + 9999X0_2 \leq 9995.37$
4	zone1 origin - zone1_003	0	3	2.69	1259X0_3 +	X0_3 +	X0_3 +	$T0 - T3 + W0 + 9999X0_3 \leq 9996.31$
5	zone1 origin - zone1_004	0	4	3.98	1492X0_4 +	X0_4 +	X0_4 +	$T0 - T4 + W0 + 9999X0_4 \leq 9995.02$
6	zone1 origin - zone1_005	0	5	6.83	2888X0_5 +	X0_5 +	X0_5 +	$T0 - T5 + W0 + 9999X0_5 \leq 9992.17$
7	zone1 origin - zone1_006	0	6	5.07	1975X0_6 +	X0_6 +	X0_6 +	$T0 - T6 + W0 + 9999X0_6 \leq 9993.93$
8	zone1 origin - zone1_007	0	7	9.91	3237X0_7 +	X0_7 +	X0_7 +	$T0 - T7 + W0 + 9999X0_7 \leq 9989.09$
9	zone1 origin - zone1_008	0	8	6.51	3007X0_8 +	X0_8 +	X0_8 +	$T0 - T8 + W0 + 9999X0_8 \leq 9992.49$
10	zone1 origin - zone1_009	0	9	8.81	4162X0_9 +	X0_9 +	X0_9 +	$T0 - T9 + W0 + 9999X0_9 \leq 9990.19$
11	zone1 origin - zone1_010	0	10	8.56	4123X0_10 +	X0_10 +	X0_10 +	$T0 - T10 + W0 + 9999X0_10 \leq 9990.44$
12	zone1 origin - zone1_011	0	11	9.32	4471X0_11 +	X0_11 +	X0_11 +	$T0 - T11 + W0 + 9999X0_11 \leq 9989.68$
13	zone1 origin - zone1_012	0	12	8.07	3949X0_12 +	X0_12 +	X0_12 +	$T0 - T12 + W0 + 9999X0_12 \leq 9990.93$
14	zone1 origin - zone1_095	0	95	2.97	1485X0_95 +	X0_95 +	X0_95 +	$T0 - T95 + W0 + 9999X0_95 \leq 9996.03$
15	zone1 origin - zone1_096	0	96	2.97	1485X0_96 +	X0_96 +	X0_96 +	$T0 - T96 + W0 + 9999X0_96 \leq 9996.03$

รูปที่ 4.33 การเขียน Formulation สำหรับเขตตรวจที่ 1 ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007

ส่วน Constraint ที่เหลือเป็นการเขียนสูตรคณิตศาสตร์ให้คล้ายกับเวลาการปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะในผลัดที่ 2 (ตามตารางที่ 4.5) ดังต่อไปนี้

Constraint ที่ 4 $X_{0_{101}} = 0$ เป็นการบังคับไม่ให้เลือกเดินทางจากจุดเริ่มต้น (สน.หนองแขม) ไปยังจุดปลายทาง (สน.หนองแขม) โดยตรง

Constraint ที่ 5 $X_{95_{96}} = 1$ เป็นการบังคับให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill ไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill (Dummy), ในขณะที่ $X_{97_{98}} = 1$ เป็นการบังคับให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple ไปจุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple (dummy)

Constraint ที่ 6 $X_{96_{95}} = 0$ เป็นการบังคับไม่ให้สายตรวจเดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill (Dummy) ย้อนกลับไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill, ในขณะที่ $X_{98_{97}} = 0$ คือ บังคับไม่ให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple (Dummy) ย้อนกลับไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple

Constraint ที่ 7 $T_o = 0$ เป็นการกำหนดเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่จากสถานีตำรวจ โดยให้เริ่มนับนาฬิกาที่ 0

Constraint ที่ 8 $T_{95} \leq 180$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill ก่อนหรือเท่ากับนาฬิกาที่ 180 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่, ในขณะที่ $T_{97} \leq 375$ เป็นการกำหนดเวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple ก่อนหรือเท่ากับนาฬิกาที่ 375 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 9 $T_{96} \geq 210$ คือ การกำหนดเวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill (Dummy) เท่ากับหรือหลังจากนาฬิกาที่ 210 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่, ในขณะที่ $T_{98} \geq 420$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple (Dummy) เท่ากับหรือหลังจากนาฬิกาที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 10 $T_{101} = 480$ เป็นการกำหนดเวลาเลิกปฏิบัติหน้าที่หรือเปลี่ยนผลัด 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที ณ สถานีตำรวจ โดยเริ่มต้นนาฬิกาที่ 0 เป็นเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 11 $W_{95} = 0$ คือ สายตรวจรถจักรยานยนต์ไม่ต้องรอปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ Wood Mill, $W_{97} = 0$ คือสายตรวจรถจักรยานยนต์ไม่ต้องรอปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ Udom temple

เมื่อเขียน Formulation ใน Microsoft Excel 2007 ครบทั้งหมดทั้ง Objective Function และ Constraints แล้วจึงทำการบันทึกไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Text เพื่อให้โปรแกรม LINDO สามารถเปิดเรียกขึ้นมาบน Editor และแก้ปัญหาต่อไป

4.5.2 เขตตรวจที่ 2

เขตตรวจที่ 2 มีจุดตรวจนำมาพิจารณาในการวิจัยทั้งหมด 18 จุดตรวจ คือ สน.หนองแขม 2 จุด (ได้แก่ จุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง), จุดตรวจตู้แดง 12 จุด และ จุดตรวจคันยานพาหนะ จำนวน 4 จุด ดังแสดงตามตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 จุดตรวจในเขตตรวจที่ 2 ซึ่งนำมาวิเคราะห์

Order	Type of Checkpoints	checkpoints ID	Location
1	Origin	zone2_000	Nong Khaem Police Station
2	Red-Box Checkpoint	zone2_001	Sia Nam's house
3	Red-Box Checkpoint	zone2_002	Phet Kasem1 village
4	Red-Box Checkpoint	zone2_003	Khunmae shop
5	Red-Box Checkpoint	zone2_004	Wo Rat company
6	Red-Box Checkpoint	zone2_005	Soi Chotchuang
7	Red-Box Checkpoint	zone2_006	Wutthi's house
8	Red-Box Checkpoint	zone2_007	69aluminium company
9	Red-Box Checkpoint	zone2_008	37/54 soi Phet Kasem 71
10	Red-Box Checkpoint	zone2_009	Toyota company
11	Red-Box Checkpoint	zone2_010	Nakhon Phet Kasem market
12	Red-Box Checkpoint	zone2_011	opposite Phai Thun's house
13	Red-Box Checkpoint	zone2_012	Soi Prem Pri 1
14	Vehicle Checkpoint	zone2_088	Opposite Carrefour
15	Vehicle Checkpoint	zone2_089	Opposite Carrefour(dummy)
16	Vehicle Checkpoint	zone2_092	Soi Na Khot Than Phon 2
17	Vehicle Checkpoint	zone2_093	Soi Na Khot Than Phon 2(dummy)
18	Destination	zone2_098	Nong Khaem Police Station

การเขียน Formulation ใน Microsoft Excel 2007 จะเริ่มด้วยการเปิดไฟล์ Database ที่ได้จากหัวข้อที่ 4.3.2 (Network Analyst) ที่เป็นผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 2 (จากรูป 4.30) จากนั้นจึงสร้างคอลัมน์ขึ้นมาโดยแต่ละคอลัมน์จะเขียนสูตรให้ผลลัพธ์ที่ได้เหมือนกับความสัมพันธ์ในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ (ดังที่แสดงในรูปที่ 4.34) โดยใช้ข้อมูล Origin ID ในคอลัมน์ B, Destination ID ในคอลัมน์ C, ระยะทางในคอลัมน์ D และข้อมูลระยะเวลาในคอลัมน์ E ซึ่งในคอลัมน์ F จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Objective Function, ใน คอลัมน์ G จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 1, ใน คอลัมน์ H จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 2, ใน คอลัมน์ P จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ

Constraint ที่ 3 และ ใน คอลัมน์ Q จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 4 ซึ่งค่าระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่แทนในสูตรนำมาจากตารางที่ 4.19 และ 4.21

	A	B	C	D	E	F	G	H	P
	Name	OriginID	Destination	Distance	Travel Time	CijXij	Xij	Xij	$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \leq T_j + M(1-X_{ij})$
1						Objective	Constraint1	Constraint2	Constraint 3
2	zone2 origin - zone2_001	0	1	2851	5.85	$2851X_{0_1}$	X_{0_1}	X_{0_1}	$T_0 - T_1 + W_0 + 9999X_{0_1} \leq 9993.15$
3	zone2 origin - zone2_002	0	2	4601	9.98	$4601X_{0_2}$	X_{0_2}	X_{0_2}	$T_0 - T_2 + W_0 + 9999X_{0_2} \leq 9989.02$
4	zone2 origin - zone2_003	0	3	3414	6.84	$3414X_{0_3}$	X_{0_3}	X_{0_3}	$T_0 - T_3 + W_0 + 9999X_{0_3} \leq 9992.16$
5	zone2 origin - zone2_004	0	4	4011	8.49	$4011X_{0_4}$	X_{0_4}	X_{0_4}	$T_0 - T_4 + W_0 + 9999X_{0_4} \leq 9990.51$
6	zone2 origin - zone2_005	0	5	4855	10.70	$4855X_{0_5}$	X_{0_5}	X_{0_5}	$T_0 - T_5 + W_0 + 9999X_{0_5} \leq 9988.3$
7	zone2 origin - zone2_006	0	6	4782	12.14	$4782X_{0_6}$	X_{0_6}	X_{0_6}	$T_0 - T_6 + W_0 + 9999X_{0_6} \leq 9986.86$
8	zone2 origin - zone2_007	0	7	6013	12.70	$6013X_{0_7}$	X_{0_7}	X_{0_7}	$T_0 - T_7 + W_0 + 9999X_{0_7} \leq 9986.3$
9	zone2 origin - zone2_008	0	8	6509	14.63	$6509X_{0_8}$	X_{0_8}	X_{0_8}	$T_0 - T_8 + W_0 + 9999X_{0_8} \leq 9984.37$
10	zone2 origin - zone2_009	0	9	5914	12.79	$5914X_{0_9}$	X_{0_9}	X_{0_9}	$T_0 - T_9 + W_0 + 9999X_{0_9} \leq 9986.21$
11	zone2 origin - zone2_010	0	10	5586	12.21	$5586X_{0_{10}}$	$X_{0_{10}}$	$X_{0_{10}}$	$T_0 - T_{10} + W_0 + 9999X_{0_{10}} \leq 9986.79$
12	zone2 origin - zone2_011	0	11	3658	7.78	$3658X_{0_{11}}$	$X_{0_{11}}$	$X_{0_{11}}$	$T_0 - T_{11} + W_0 + 9999X_{0_{11}} \leq 9991.22$
13	zone2 origin - zone2_012	0	12	3849	11.12	$3849X_{0_{12}}$	$X_{0_{12}}$	$X_{0_{12}}$	$T_0 - T_{12} + W_0 + 9999X_{0_{12}} \leq 9987.88$
14	zone2 origin - zone2_088	0	88	6092	13.22	$6092X_{0_{88}}$	$X_{0_{88}}$	$X_{0_{88}}$	$T_0 - T_{88} + W_0 + 9999X_{0_{88}} \leq 9985.78$
15	zone2 origin - zone2_089	0	89	6092	13.22	$6092X_{0_{89}}$	$X_{0_{89}}$	$X_{0_{89}}$	$T_0 - T_{89} + W_0 + 9999X_{0_{89}} \leq 9985.78$

รูปที่ 4.34 การเขียน Formulation สำหรับเขตตรวจที่ 2 ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007

ส่วน Constraint ที่เหลือเป็นการเขียนสูตรคณิตศาสตร์ให้คล้ายกับเวลาการปฏิบัติหน้าที่ ณ ตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะในผลลัพธ์ที่ 2 ตามตารางที่ 4.5 ดังต่อไปนี้

Constraint ที่ 4 $X_{0_{98}} = 0$ คือ การบังคับไม่ให้เลือกเดินทางจากจุดเริ่มต้น (สน.หนองแขม) ไปยังจุดปลายทาง (สน. หนองแขม) โดยตรง

Constraint ที่ 5 $X_{92_{93}} = 1$ คือ การบังคับให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 ไปจุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 (Dummy) ในขณะที่ $X_{88_{89}} = 1$ คือ การบังคับให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour ไปจุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour (Dummy)

Constraint ที่ 6 $X_{93_{92}} = 0$ คือ การบังคับไม่ให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 (Dummy) ย้อนกลับไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 ในขณะที่ $X_{89_{88}} = 0$ คือ การบังคับไม่ให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour (Dummy) ย้อนกลับไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour

Constraint ที่ 7 $T_0 = 0$ คือ เริ่มปฏิบัติหน้าที่จากสถานีตำรวจในนาที่ที่ 0 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 8 $T_{92} \leq 180$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 ก่อนหรือเท่ากับนาที่ที่ 180 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ ในขณะที่ $T_{88} \leq 360$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour ก่อนหรือเท่ากับนาที่ที่ 360 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 9 $T_{93} \geq 210$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 (Dummy) เท่ากับหรือหลังนาที่ที่ 210 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ ในขณะที่ $T_{89} \geq 420$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour (Dummy) เท่ากับหรือหลังนาที่ที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 10 $T_{98} = 480$ หมายถึง เวลาเลิกปฏิบัติหน้าที่จากสถานีตำรวจในผลัดนั้น คือ นาที่ที่ 480 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 11 $W_{88} = 0$ คือ สายตรวจรถจักรยานยนต์ไม่ต้องรอปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ Opposite Carrefour, $W_{92} = 0$ คือ สายตรวจรถจักรยานยนต์ไม่ต้องรอปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2

เมื่อเขียน Formulation ใน Microsoft Excel 2007 ครบถ้วนทั้งส่วนของ Objective Function และ Constraints แล้วจึงทำการบันทึกไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Text เพื่อให้โปรแกรม LINDO สามารถเปิดอ่านใน Editor และแก้ปัญหาต่อไปได้

4.5.3 เขตตรวจที่ 3

เขตตรวจที่ 3 มีจุดตรวจนำมาพิจารณาในการวิจัยทั้งหมด 16 จุดตรวจ คือ สน.หนองแขม 2 จุด (ได้แก่ จุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง), จุดตรวจตู้แดง 12 จุด และ จุดตรวจคันยานพาหนะ จำนวน 2 จุด ดังแสดงตามตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4. 25 จุดตรวจในเขตตรวจที่ 3 ซึ่งนำมาวิเคราะห์

Order	Type of Checkpoints	checkpoints ID	Location
1	Origin	zone3_000	Nong Khaem Police Station
2	Red-Box Checkpoint	zone3_001	Wat Nong Khaem school
3	Red-Box Checkpoint	zone3_002	Phet Kasem college
4	Red-Box Checkpoint	zone3_003	Soi Phra Pin 4 13/2
5	Red-Box Checkpoint	zone3_004	Soi Phun Suk
6	Red-Box Checkpoint	zone3_005	Kanda village
7	Red-Box Checkpoint	zone3_006	45/6 Fang Tai Road
8	Red-Box Checkpoint	zone3_007	Thawi Suk farm
9	Red-Box Checkpoint	zone3_008	Pan Factory
10	Red-Box Checkpoint	zone3_009	Na Ko Ya Factory
11	Red-Box Checkpoint	zone3_010	Modern Factory
12	Red-Box Checkpoint	zone3_011	Phet Minimart
13	Red-Box Checkpoint	zone3_012	Soi Chaiyo
14	Vehicle Checkpoint	zone3_077	Lak Sam temple
15	Vehicle Checkpoint	zone3_078	Lak Sam temple(dummy)
16	Destination	zone3_085	Nong Khaem Police Station

การเขียน Formulation ใน Microsoft Excel 2007 จะเริ่มด้วยการเปิดไฟล์ Database ที่ได้จากหัวข้อที่ 4.3.2 (Network Analyst) ที่เป็นผลลัพธ์การวิเคราะห์ Origin-Destination Cost Matrix ในเขตตรวจที่ 3 (จากรูปที่ 4.32) จากนั้นจึงสร้างคอลัมน์ขึ้นมาโดยในแต่ละคอลัมน์จะเขียนสูตรให้ผลลัพธ์ที่ได้เหมือนกับตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ดังแสดงในรูปที่ 4.35 โดยใช้ข้อมูล Origin ID ในคอลัมน์ B, Destination ID ในคอลัมน์ C, ระยะทางในคอลัมน์ D และข้อมูลระยะเวลาในคอลัมน์ E ซึ่งในคอลัมน์ F จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Objective Function, ใน คอลัมน์ G จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 1, ในคอลัมน์ H จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 2, ในคอลัมน์ P จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 3 และ ในคอลัมน์ Q จะเป็นการเขียนสูตรให้คล้ายกับ Constraint ที่ 4 ซึ่งค่าระยะเวลาการปฏิบัติหน้าที่ซึ่งแทนค่าในสูตรนำมาจากตารางที่ 4.19 และ 4.21

	A	B	C	D	E	F	G	H	P
	Name	Origin ID	Destination	Distance	Travel Time	CijXij Objective	Xij Constraint1	Xij Constraint2	$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \leq T_j + M(1-X_{ij})$ Constraint 3
1									
2	zone3 origin - zone3_001	0	1	810	1.87	$810X_{0_1} +$	$X_{0_1} +$	$X_{0_1} +$	$T_0 - T_1 + W_0 + 9999X_{0_1} \leq 9997.13$
3	zone3 origin - zone3_002	0	2	1784	3.75	$1784X_{0_2} +$	$X_{0_2} +$	$X_{0_2} +$	$T_0 - T_2 + W_0 + 9999X_{0_2} \leq 9995.25$
4	zone3 origin - zone3_003	0	3	2894	7.21	$2894X_{0_3} +$	$X_{0_3} +$	$X_{0_3} +$	$T_0 - T_3 + W_0 + 9999X_{0_3} \leq 9991.79$
5	zone3 origin - zone3_004	0	4	1118	2.62	$1118X_{0_4} +$	$X_{0_4} +$	$X_{0_4} +$	$T_0 - T_4 + W_0 + 9999X_{0_4} \leq 9996.38$
6	zone3 origin - zone3_005	0	5	733	2.18	$733X_{0_5} +$	$X_{0_5} +$	$X_{0_5} +$	$T_0 - T_5 + W_0 + 9999X_{0_5} \leq 9996.82$
7	zone3 origin - zone3_006	0	6	873	2.03	$873X_{0_6} +$	$X_{0_6} +$	$X_{0_6} +$	$T_0 - T_6 + W_0 + 9999X_{0_6} \leq 9996.97$
8	zone3 origin - zone3_007	0	7	2123	5.04	$2123X_{0_7} +$	$X_{0_7} +$	$X_{0_7} +$	$T_0 - T_7 + W_0 + 9999X_{0_7} \leq 9993.96$
9	zone3 origin - zone3_008	0	8	3505	7.89	$3505X_{0_8} +$	$X_{0_8} +$	$X_{0_8} +$	$T_0 - T_8 + W_0 + 9999X_{0_8} \leq 9991.11$
10	zone3 origin - zone3_009	0	9	3083	7.35	$3083X_{0_9} +$	$X_{0_9} +$	$X_{0_9} +$	$T_0 - T_9 + W_0 + 9999X_{0_9} \leq 9991.65$
11	zone3 origin - zone3_010	0	10	4534	11.31	$4534X_{0_10} +$	$X_{0_10} +$	$X_{0_10} +$	$T_0 - T_{10} + W_0 + 9999X_{0_10} \leq 9987.69$
12	zone3 origin - zone3_011	0	11	5124	12.25	$5124X_{0_11} +$	$X_{0_11} +$	$X_{0_11} +$	$T_0 - T_{11} + W_0 + 9999X_{0_11} \leq 9986.75$
13	zone3 origin - zone3_012	0	12	6623	16.74	$6623X_{0_12} +$	$X_{0_12} +$	$X_{0_12} +$	$T_0 - T_{12} + W_0 + 9999X_{0_12} \leq 9982.26$
14	zone3 origin - zone3_077	0	77	2274	5.40	$2274X_{0_77} +$	$X_{0_77} +$	$X_{0_77} +$	$T_0 - T_{77} + W_0 + 9999X_{0_77} \leq 9993.6$
15	zone3 origin - zone3_078	0	78	2274	5.40	$2274X_{0_78} +$	$X_{0_78} +$	$X_{0_78} +$	$T_0 - T_{78} + W_0 + 9999X_{0_78} \leq 9993.6$

รูปที่ 4. 35 การเขียน Formulation สำหรับเขตตรวจที่ 3 ในโปรแกรม Microsoft Excel 2007

ส่วน Constraint ที่เหลือเป็นการเขียนสูตรคณิตศาสตร์ให้คล้ายกับเวลาการปฏิบัติหน้าที่ ณ ตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะในผลัดที่ 2 ตามตารางที่ 4.5 ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Constraint ที่ 4 $X_{0_85} = 0$ คือ การบังคับไม่ให้เลือกเดินทางจากจุดเริ่มต้น (สน.หนองแขม) ไปยังจุดปลายทาง (สน. หนองแขม)

Constraint ที่ 5 $X_{77_78} = 1$ คือ บังคับให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple ไปจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple (Dummy)

Constraint ที่ 6 $X_{78_77} = 0$ คือ บังคับไม่ให้เดินทางจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple (Dummy) ย้อนกลับไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple

Constraint ที่ 7 $T_0 = 0$ คือ เวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่จากสถานีตำรวจในนาที่ที่ 0 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 8 $T_{77} \leq 420$ คือ เวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple ก่อนหรือเท่ากับนาที่ที่ 420 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 9 $T_{78} \geq 450$ คือเวลาที่สายตรวจรถจักรยานยนต์เดินทางมาออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple (dummy) เท่ากับหรือหลังนาที่ที่ 450 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

Constraint ที่ 10 $T_{85} = 480$ หมายถึง เวลาเลิกปฏิบัติหน้าที่จากสถานีตำรวจในผลัดนั้น คือ นาฬิกาที่ 480 นับจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่

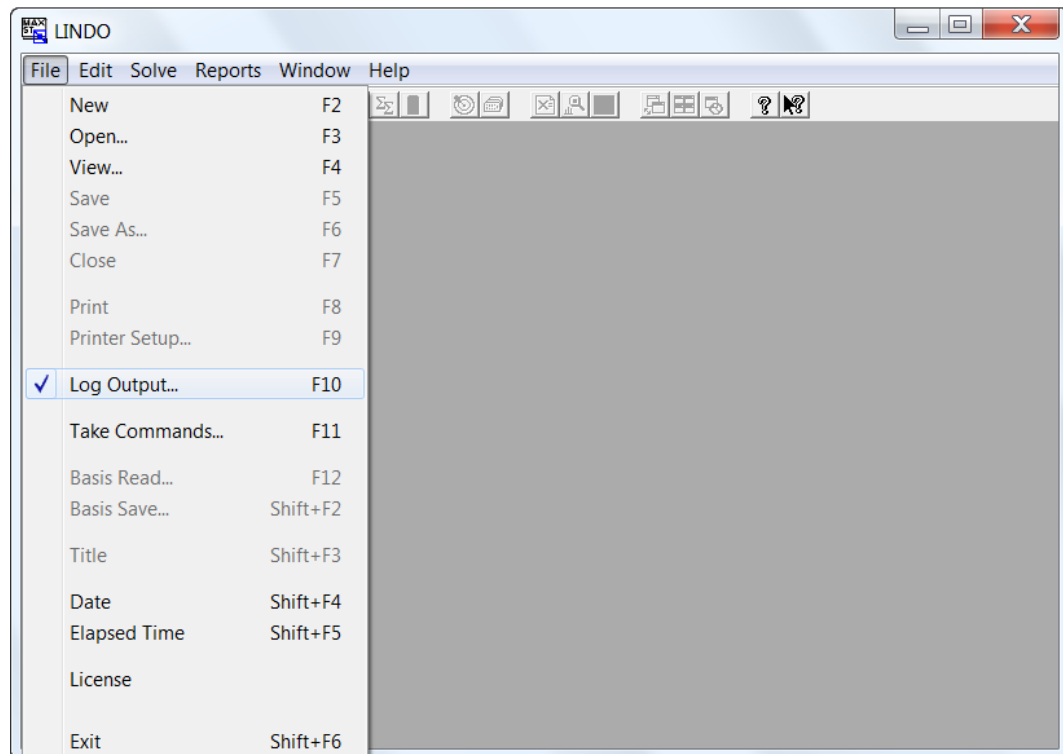
Constraint ที่ 11 $W_{77} = 0$ คือ สายตรวจจรดจักรยานยนต์ไม่ต้องรอบปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะ Lak Sam temple

เมื่อเขียน Formulation ใน Microsoft Excel 2007 ครบถ้วนทั้ง Objective Function และ Constraints จึงทำการบันทึกไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ Text เพื่อให้โปรแกรม LINDO เรียกขึ้นมาบน Editor และแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

4.6 วิธีการแก้ปัญหา

ในหัวข้อนี้เป็นการนำตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ไว้ในหัวข้อที่แล้วมาแก้ปัญหา โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ซอฟต์แวร์ LINDO เป็น Optimization Tool ในการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์นี้ ซึ่งซอฟต์แวร์ LINDO เป็นโปรแกรมเวอร์ชันรุ่น 6.1 สามารถรองรับตัวแปรได้ 200,000 ตัว จำนวนเงื่อนไข (Constraints) ไม่เกิน 64,000 เงื่อนไข

ขั้นตอนของการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ในหัวข้อนี้เริ่มจากการตั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาให้ออกมาเป็นไฟล์ text ตามรูปที่ 4.36 ด้วยการเลือกเมนู Log Output เนื่องจากถ้าแก้ปัญหาดังกล่าวโดยวิธีปกติคือไม่ตั้งค่า Log Output จะทำให้ใช้เวลาแก้ปัญหานาน และที่สำคัญคือจะทำให้โปรแกรมค้างไม่สามารถทำงานต่อไปได้ถ้ามีเงื่อนไขและตัวแปรจำนวนมาก และไฟล์ผลลัพธ์มีขนาดใหญ่

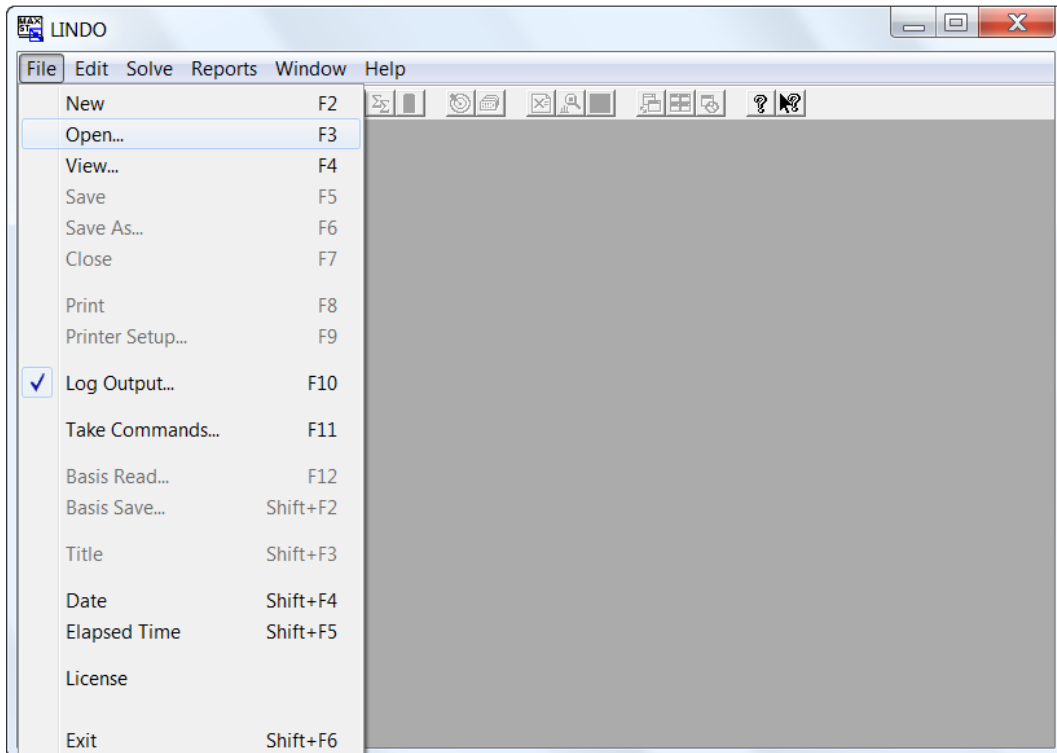


รูปที่ 4.36 การตั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแก้ปัญหาของโปรแกรม LINDO ให้ออกมาในรูปแบบไฟล์ text

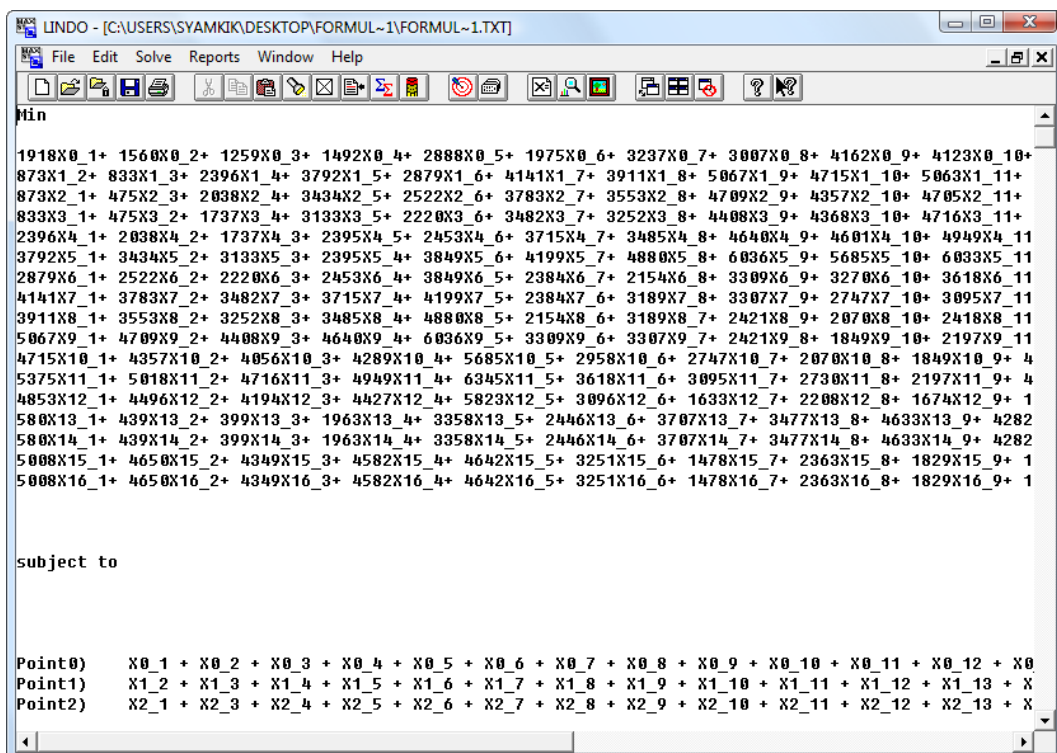
เมื่อทำการตั้งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาแล้วต่อไปเป็นนำเข้าสูตรคณิตศาสตร์ที่ต้องการแก้ปัญหด้วยการการ Open ไฟล์ text ตามรูปที่ 4.37 ซึ่งเป็นสูตรคณิตศาสตร์ที่ได้จากหัวข้อที่แล้ว ซึ่งในการวิจัยนี้แบ่งการแก้ปัญหออกเป็นสามกรณีตามเขตตรวจ เมื่อทำการ Open ไฟล์ text เข้ามาในโปรแกรม LINDO แล้วจะแสดงสูตรคณิตศาสตร์ที่ต้องการแก้ปัญหโดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการให้ดูอย่างเดียเพื่อตรวจสอบความถูกต้องไม่สามารถแก้ไขได้ โดยเขตตรวจที่ 1 จะแสดงดังรูปที่ 4.38, เขตตรวจที่ 2 จะแสดงดังรูปที่ 4.39 และ เขตตรวจที่ 3 จะแสดงดังรูปที่ 4.40

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดการแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

ร.ต.ท. ชานนท์ คำวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ



รูปที่ 4.37 เมนูการเปิดไฟล์ text เข้ามาในโปรแกรม LINDO



รูปที่ 4.38 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 1 ในโปรแกรม LINDO

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

ร.ต.ท. ขานนท์ คำวนศักดิ์ / ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ปฐมศิริ

รูปที่ 4.39 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 2 ในโปรแกรม LINDO

รูปที่ 4.40 สูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 3 ในโปรแกรม LINDO

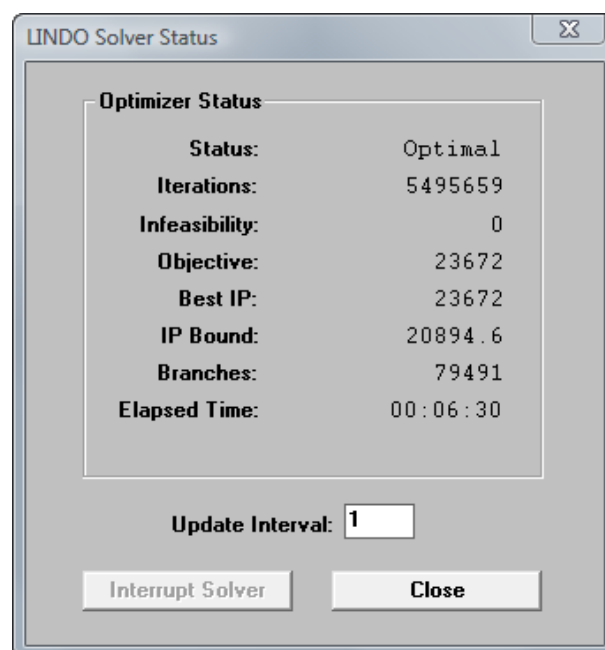
เมื่อนำไฟล์ text ของแต่ละเขตตรวจเข้ามาในโปรแกรม LINDO จึงทำการแก้ปัญหา สูตรคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

4.7 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

ในหัวข้อที่แล้วเป็นการนำไฟล์ text ของแต่ละเขตตรวจเข้ามาในโปรแกรม LINDO เพื่อทำการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์โดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนจุดตรวจที่สายตรวจจรดจักรยานยนต์ต้องเดินทางออกตรวจ, เวลาในการตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะ และระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างจุดตรวจที่แตกต่างกันของแต่ละเขตตรวจเป็นต้น โดยแต่ละเขตตรวจมีผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

4.7.1 เขตตรวจที่ 1

ในจากการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 1 โปรแกรม LINDO สามารถแก้ปัญหาได้ค่า optimal โดยแสดงสถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหา ดังรูปที่ 4.41 ซึ่งใช้เวลาในการ 6 นาที 30 วินาที



รูปที่ 4.41 สถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเขตตรวจที่ 1

ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 1 ด้วยโปรแกรม LINDO ออกมาเป็นรูปไฟล์ มีขนาด 24,875 KB ซึ่งรายละเอียดที่ได้จากการแก้ปัญหามีดังนี้

OBJECTIVE FUNCTION VALUE = 23672

$$X_{0_3} = 1$$

$$T_0 = 0$$

$$X_{3_1} = 1$$

$$T_3 = 2.69$$

$$X_{1_95} = 1$$

$$T_1 = 174.84$$

$X_{95_96} = 1$	$T_{95} = 180$	$W_{96} = 114.69$
$X_{96_2} = 1$	$T_{96} = 210$	
$X_{2_6} = 1$	$T_2 = 326.08$	
$X_{6_8} = 1$	$T_6 = 335.75$	
$X_{8_9} = 1$	$T_8 = 344.68$	
$X_{9_11} = 1$	$T_9 = 353.5$	
$X_{11_10} = 1$	$T_{11} = 361.77$	
$X_{10_12} = 1$	$T_{10} = 365.9$	
$X_{12_97} = 1$	$T_{12} = 371.63$	
$X_{97_98} = 1$	$T_{97} = 375$	
$X_{98_7} = 1$	$T_{98} = 420$	
$X_{7_5} = 1$	$T_7 = 425.72$	$W_7 = 21.45$
$X_{5_4} = 1$	$T_5 = 463.2$	
$X_{4_101} = 1$	$T_4 = 473.03$	
	$T_{101} = 480$	

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลลัพธ์ที่ 2 ข้างต้นสามารถสรุปเป็นตารางให้เข้าใจได้ดังตารางที่ 4.27 โดยในตารางจะมีคอลัมน์ Checkpoint ID , Location, Arrival Time, Waitng Time และ Service Time เพื่ออธิบายว่าแต่ละต้องไปถึงจุดตรวจเมื่อเวลาใด ใช้เวลาในการรอปฏิบัติหน้าที่เท่าใด และใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่เท่าใด ซึ่งเรียงลำดับการเดินทางไปยังแต่ละจุดตรวจเริ่มตั้งแต่จุดเริ่มต้นคือ สน.หนองแขม แล้วกลับมาที่จุดปลายทางคือ สน.หนองแขมอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.26 สรุปผลลัพธ์แผนการตรวจของสายตรวจในเขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2

Checkpoint Code	จุดตรวจ	Arrival Time	Waitng Time (นาที)	Service Time (นาที)
ZONE1_000	Nong Khaem Police Station	0		
ZONE1_003	Soi Ap Thip	2.69		3
ZONE1_001	Uea Athon village	174.84		3
ZONE1_095	wood Mill	180		30
ZONE1_096	wood Mill(dummy)	210	114.69	
ZONE1_002	Sa Ran Phon village	326.08		3
ZONE1_006	Phuttan village office	335.75		3
ZONE1_008	Soi Phong Siri Chai IV 8	344.68		3
ZONE1_009	Krung Thong plastic	353.5		3
ZONE1_011	Government Housing Bank	361.77		3
ZONE1_010	Sin Phet condominium	365.9		3
ZONE1_012	Yong Charoen godown	371.63		3
ZONE1_097	Udom temple	375		45
ZONE1_098	Udom temple(dummy)	420		
ZONE1_007	Sa Nek factory	425.72	21.45	3
ZONE1_005	Soi Kamnan Chaloem	463.2		3
ZONE1_004	Soi Chatsan 2	473.03		3
ZONE1_101	Nong Khaem Police Station	480		

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2 ข้างต้นสามารถอธิบายเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจคือ ในการปฏิบัติหน้าที่เดินทางออกตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ใช้ระยะทางการเดินทางออกตรวจ 23,672 เมตร โดยจะเริ่มเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นคือ ส.น.หนองแขม ณ นาทีที่ 0

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Ap Thip นาทีที่ 2.69 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Uea Athon village นาทีที่ 174.84 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจึงเดินทางไปถึงจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Wood Mill นาทีที่ 180 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที จากนั้นจึงออกจากจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Wood Mill (Dummy) นาทีที่ 210 และรอบเวลาการปฏิบัติหน้าที่ 114.69 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Sa Ran Phon village นาทีที่ 326.08 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Phuttan village office นาทีที่ 335.75 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Phong Siri Chai IV 8 นาทีที่ 344.68 ปฏิบัติหน้าที่นาน 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Krung Thong plastic นาทีที่ 353.5 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Government Housing Bank นาทีที่ 361.77 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Sin Phet condominium นาทีที่ 365.9 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Yong Charoen godown นาทีที่ 371.63 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจึงเดินทางไปถึงจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Udom temple นาทีที่ 375 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 45 นาที จากนั้นจึงออกจากจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Udom temple (Dummy) นาทีที่ 420

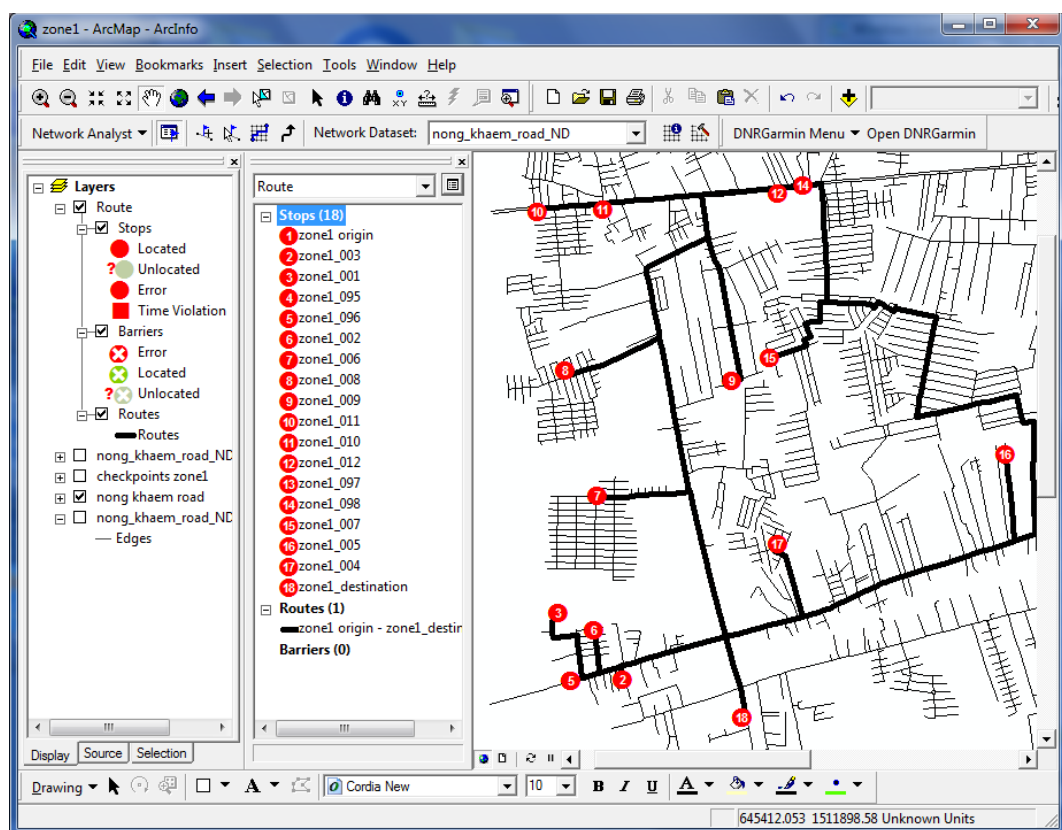
จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Sa Nek factory นาที่ที่ 425.72 ซึ่งจุดตรวจนี้
จะต้องรอเวลาการปฏิบัติหน้าที่ 21.45 นาที แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Kamnan Chaloem นาที่ที่ 463.2 แล้วจึง
ปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Chatsan 2 นาที่ที่ 473.03 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่
3 นาที

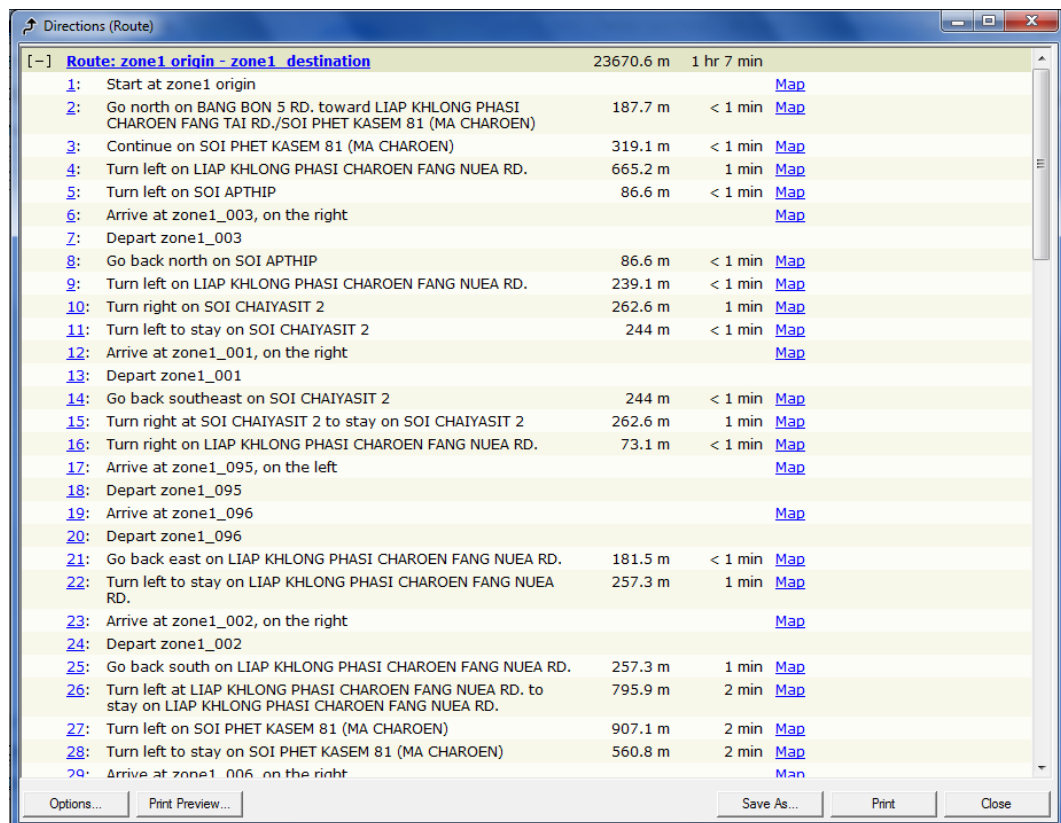
จากนั้นจะเดินทางไปถึง สน.หนองแขม ซึ่งเป็นจุดปลายทาง นาที่ที่ 480 เป็นอันสิ้นสุด
ผลการปฏิบัติหน้าที่

จากคำอธิบายการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2 เพื่อให้เห็นภาพและเข้าใจง่ายขึ้น ฟังก์ชัน Route ของ Network Analyst ในโปรแกรม ArcMAP แสดงภาพเส้นทางการเดินโดยเรียงลำดับการเดินทางตามที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยรูปที่ 4.42 ซึ่งในรูปแสดงเส้นทางการเดินทางทั้งหมดตั้งแต่เดินทางออกจากจุดเริ่มต้นแล้วกลับมายังปลายทาง ซึ่งจะเรียงลำดับตามหมายเลขที่แสดงไว้ โดยเส้นทางการเดินทางนั้นคล้ายคลึงกับรูปที่ 4.7 ที่เป็นการเดินทางจริงของสายตรวจรถจักรยานยนต์ จึงน่าจะเชื่อว่าการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์น่าจะคล้ายคลึงกับการเดินทางจริงของสายตรวจสามารถนำไปงานได้จริง



รูปที่ 4.42 เส้นทางการตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2 ที่ได้จากตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ฟังก์ชัน Route ยังสามารถแสดงรายละเอียดการทิศทาง, ระยะทางและระยะเวลาการเดินทางทั้งหมดตามรูปที่ 4.43 ซึ่งสามารถพิมพ์ออกมาได้ และเป็นประโยชน์ให้ผู้บังคับบัญชาสามารถนำมาใช้ร่วมกับตารางที่ 4.26 ไปให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ปฏิบัติตามได้

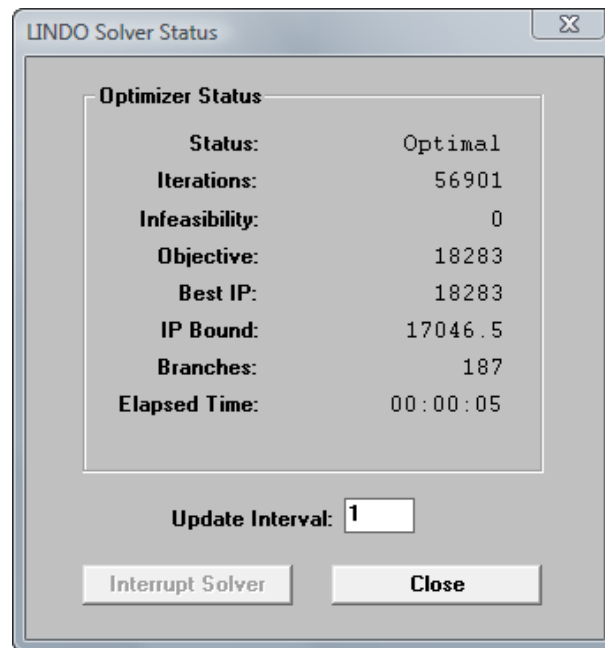


Step	Instruction	Distance (m)	Time
1:	Start at zone1 origin		
2:	Go north on BANG BON 5 RD. toward LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD./SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	187.7 m	< 1 min
3:	Continue on SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	319.1 m	< 1 min
4:	Turn left on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	665.2 m	1 min
5:	Turn left on SOI APTHIP	86.6 m	< 1 min
6:	Arrive at zone1_003, on the right		
7:	Depart zone1_003		
8:	Go back north on SOI APTHIP	86.6 m	< 1 min
9:	Turn left on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	239.1 m	< 1 min
10:	Turn right on SOI CHAIYASIT 2	262.6 m	1 min
11:	Turn left to stay on SOI CHAIYASIT 2	244 m	< 1 min
12:	Arrive at zone1_001, on the right		
13:	Depart zone1_001		
14:	Go back southeast on SOI CHAIYASIT 2	244 m	< 1 min
15:	Turn right at SOI CHAIYASIT 2 to stay on SOI CHAIYASIT 2	262.6 m	1 min
16:	Turn right on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	73.1 m	< 1 min
17:	Arrive at zone1_095, on the left		
18:	Depart zone1_095		
19:	Arrive at zone1_096		
20:	Depart zone1_096		
21:	Go back east on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	181.5 m	< 1 min
22:	Turn left to stay on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	257.3 m	1 min
23:	Arrive at zone1_002, on the right		
24:	Depart zone1_002		
25:	Go back south on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	257.3 m	1 min
26:	Turn left at LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD. to stay on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	795.9 m	2 min
27:	Turn left on SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	907.1 m	2 min
28:	Turn left to stay on SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	560.8 m	2 min
29:	Arrive at zone1_006 on the right		

รูปที่ 4.43 รายละเอียดเส้นทางเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2

4.7.2 เขตตรวจที่ 2

ในจากการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 2 โปรแกรม LINDO สามารถแก้ปัญหาได้ค่า optimal โดยแสดงสถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหา ดังรูปที่ 4.44 ซึ่งใช้เวลาในการแก้ปัญหา 5 วินาที



รูปที่ 4.44 สถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเขตตรวจที่ 2

ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 2 ด้วยโปรแกรม LINDO ออกมาเป็นรูปไฟล์ มีขนาด 147 KB ซึ่งรายละเอียดที่ได้จากการแก้ปัญหามีดังนี้

OBJECTIVE FUNCTION VALUE = 18283

$X_{0_3} = 1$	$T_0 = 0$	
$X_{3_4} = 1$	$T_3 = 6.84$	
$X_{4_5} = 1$	$T_4 = 11.48$	
$X_{5_6} = 1$	$T_5 = 18.44$	
$X_{6_92} = 1$	$T_6 = 26.71$	$W_6 = 146.47$
$X_{92_93} = 1$	$T_{92} = 180$	
$X_{93_7} = 1$	$T_{93} = 210$	
$X_{7_8} = 1$	$T_7 = 211.45$	$W_7 = 137.71$
$X_{8_88} = 1$	$T_8 = 355.6$	

$X_{88_89} = 1$	$T_{88} = 360$	
$X_{89_9} = 1$	$T_{89} = 420$	$W_{89} = 19.4$
$X_{9_10} = 1$	$T_9 = 439.83$	
$X_{10_2} = 1$	$T_{10} = 444.38$	
$X_{2_12} = 1$	$T_2 = 451.27$	
$X_{12_11} = 1$	$T_{12} = 459.39$	
$X_{11_1} = 1$	$T_{11} = 466.22$	
$X_{1_9} = 1$	$T_1 = 471.16$	
	$T_{98} = 480$	

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ผลลัพธ์ที่ 2 ข้างต้นสามารถสรุปเป็นตารางให้เข้าใจได้ดังตารางที่ 4.28 โดยในตารางจะมีคอลัมน์ Checkpoint ID , Location, Arrival Time, Waitng Time และ Service Time เพื่ออธิบายว่าแต่ละต้องไปถึงจุดตรวจเมื่อเวลาใด ใช้เวลาในการรอปฏิบัติหน้าที่เท่าใด และใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่เท่าใด ซึ่งเรียงลำดับการเดินทางไปยังแต่ละจุดตรวจเริ่มตั้งแต่จุดเริ่มต้นคือ สน.หนองแขม แล้วกลับมาที่จุดปลายทางคือ สน.หนองแขมอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.27 สรุปผลลัพธ์แผนการตรวจของสายตรวจในเขตตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2

Checkpoint Code	จุดตรวจ	Arrival Time	Waiting Time (นาที)	Service Time (นาที)
ZONE2_000	Nong Khaem Police Station	0		0
ZONE2_003	Khunmae shop	6.84		3
ZONE2_004	Wo Rat company	11.48		3
ZONE2_005	Soi Chotchuang	18.44		3
ZONE2_006	Wutthi's house	27.71	146.47	3
ZONE2_092	Soi Na Khot Than Phon 2	180		30
ZONE2_093	Soi Na Khot Than Phon 2 (Dummy)	210		0
ZONE2_007	69aluminium company	211.45	137.71	3
ZONE2_008	37/54 soi Phet Kasem 71	355.6		3
ZONE2_088	Opposite Carrefour	360		60
ZONE2_089	Opposite Carrefour (Dummy)	420	19.4	0
ZONE2_009	Toyota company	439.83		3
ZONE2_010	Nakhon Phet Kasem market	444.38		3
ZONE2_002	Phet Kasem1 village	451.27		3
ZONE2_012	Soi Prem Pri 1	459.39		3
ZONE2_011	opposite Phai Thun's house	466.22		3
ZONE2_001	Sia Nam's house	471.16		3
ZONE2_098	Nong Khaem Police Station	480		0

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 1 ผลัดที่ 2 ข้างต้นสามารถอธิบายเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจคือ ในการปฏิบัติหน้าที่เดินทางออกตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ใช้ระยะเวลาการเดินทางออกตรวจ 18,283 เมตร โดยจะเริ่มเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นคือ สน.หนองแขม ณ นาฬิกาที่ 0

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุด Khunmae shop นาฬิกาที่ 6.84 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Wo Rat company นาฬิกาที่ 11.48 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Chotchuang นาฬิกาที่ 18.44 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุด Wutthi's house นาฬิกาที่ 27.71 ซึ่งจุดตรวจนี้จะต้องรอเวลาการปฏิบัติหน้าที่ 146.47 นาที แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจึงเดินทางไปถึงจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 นาฬิกาที่ 180 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที จากนั้นจึงออกจากจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Soi Na Khot Than Phon 2 (Dummy) นาฬิกาที่ 210

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ 69 aluminium company นาฬิกาที่ 211.45 ซึ่งจุดตรวจนี้จะต้องรอเวลาการปฏิบัติหน้าที่ 137.71 นาที แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ 37/54 Soi Phet Kasem 71 นาฬิกาที่ 355.6 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจึงเดินทางไปถึงจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Opposite Carrefour นาฬิกาที่ 360 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 60 นาที จากนั้นจึงเลิกปฏิบัติหน้าที่จุดตรวจคั่นยานพาหนะ Opposite Carrefour (Dummy) นาฬิกาที่ 420 แล้วรอเวลา 19.4 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Toyota company นาฬิกาที่ 439.83 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Nakhon Phet Kasem market นาฬิกาที่ 444.38 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Phet Kasem 1 village นาฬิกาที่ 451.27 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

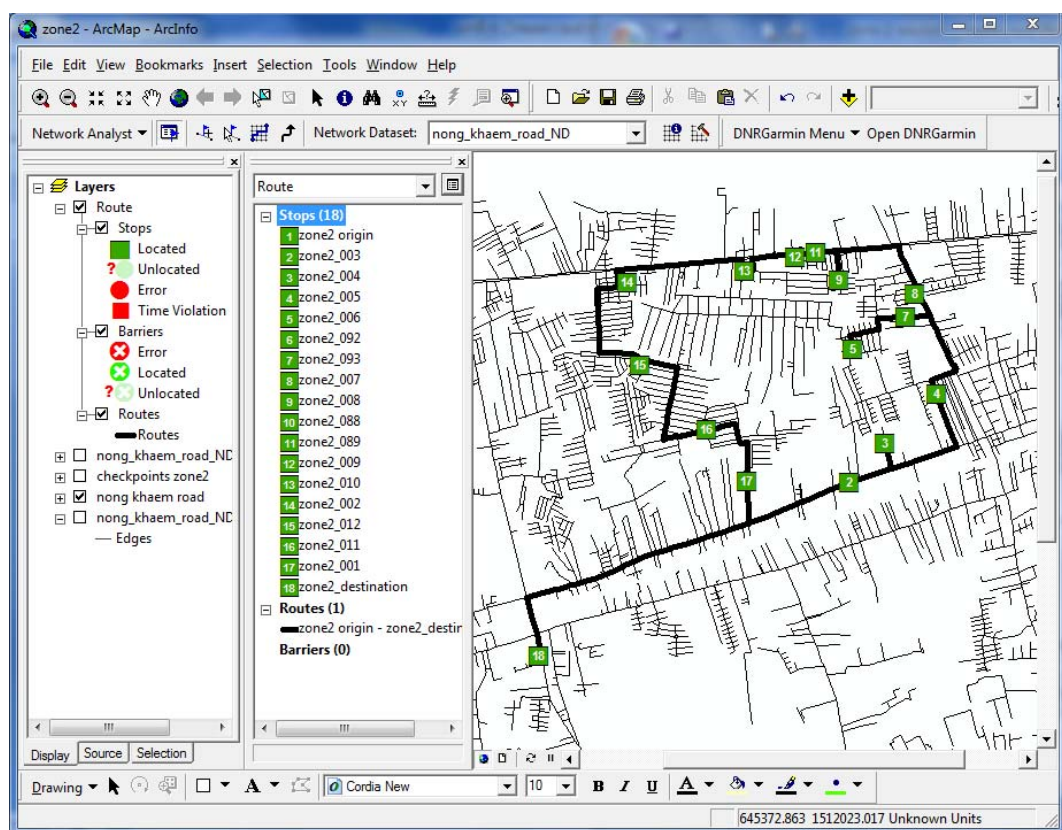
จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Prem Pri 1 นาฬิกาที่ 459.38 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Opposite Phai Thun's house นาที่ที่ 466.22 แล้ว
จึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Sia Nam's house นาที่ที่ 471.16 แล้วจึงปฏิบัติ
หน้าที่ 3 นาที

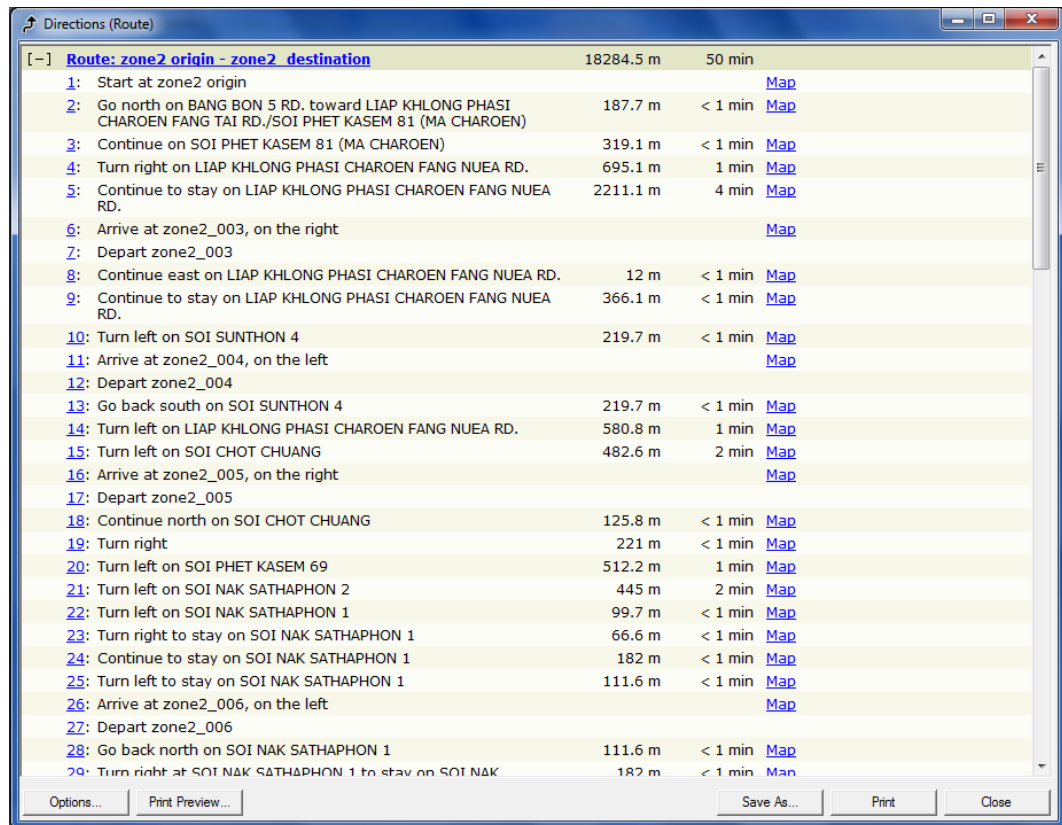
จากนั้นจะเดินทางกลับมายัง Nong Khaem Police Station ซึ่งเป็นจุดปลายทาง
นาที่ที่ 480

จากคำอธิบายการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2 เพื่อให้เห็นภาพและเข้าใจง่ายขึ้น ฟังก์ชัน Route ของ Network Analyst ในโปรแกรม ArcMAP แสดงภาพเส้นทางการเดินโดยเรียงลำดับการเดินทางตามที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยรูปที่ 4.45 แสดงเส้นทางการออกตรวจทั้งหมด ตั้งแต่เดินทางออกจากจุดเริ่มต้นแล้วกลับมายังสถานีตำรวจ ซึ่งจะเรียงลำดับตามหมายเลขที่แสดงไว้ โดยเส้นทางการเดินทางนั้นไม่คล้ายคลึงกับรูปที่ 4.9 ที่เป็นการเดินทางจริงของสายตรวจรถจักรยานยนต์ตามข้อมูลจาก GPS ผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ลดระยะทางได้เป็นอย่างมาก หากเดินทางตามผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้



รูปที่ 4.45 เส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2

นอกจากนี้ฟังก์ชัน Route ยังสามารถแสดงรายละเอียดการทิศทาง, ระยะทางและระยะเวลาการเดินทางทั้งหมดตามรูปที่ 4.46 ซึ่งสามารถพิมพ์ออกมาได้ อันเป็นประโยชน์ให้ผู้บังคับบัญชาสามารถนำมาใช้ร่วมกับตารางที่ 4.27 สั่งการให้สายตรวจรถจักรยานยนต์ปฏิบัติตามได้

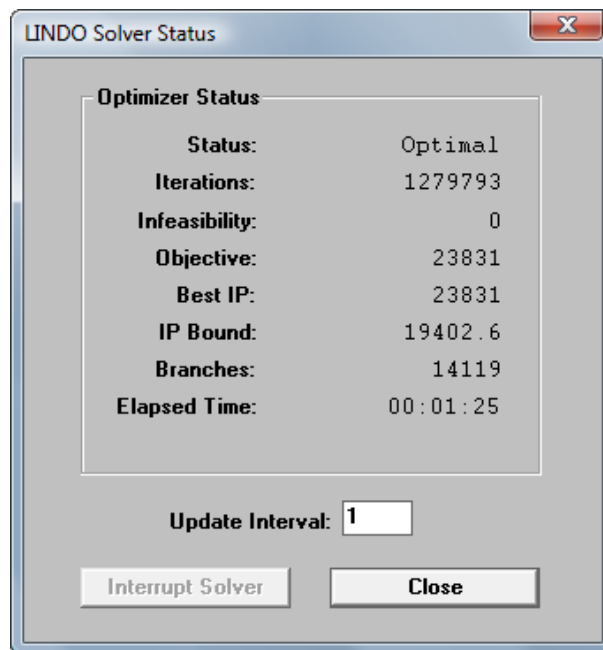


Route: zone2 origin - zone2 destination		18284.5 m	50 min
1:	Start at zone2 origin		Map
2:	Go north on BANG BON 5 RD. toward LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD./SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	187.7 m	< 1 min Map
3:	Continue on SOI PHET KASEM 81 (MA CHAROEN)	319.1 m	< 1 min Map
4:	Turn right on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	695.1 m	1 min Map
5:	Continue to stay on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	2211.1 m	4 min Map
6:	Arrive at zone2_003, on the right		Map
7:	Depart zone2_003		
8:	Continue east on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	12 m	< 1 min Map
9:	Continue to stay on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	366.1 m	< 1 min Map
10:	Turn left on SOI SUNTHON 4	219.7 m	< 1 min Map
11:	Arrive at zone2_004, on the left		Map
12:	Depart zone2_004		
13:	Go back south on SOI SUNTHON 4	219.7 m	< 1 min Map
14:	Turn left on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG NUEA RD.	580.8 m	1 min Map
15:	Turn left on SOI CHOT CHUANG	482.6 m	2 min Map
16:	Arrive at zone2_005, on the right		Map
17:	Depart zone2_005		
18:	Continue north on SOI CHOT CHUANG	125.8 m	< 1 min Map
19:	Turn right	221 m	< 1 min Map
20:	Turn left on SOI PHET KASEM 69	512.2 m	1 min Map
21:	Turn left on SOI NAK SATHAPHON 2	445 m	2 min Map
22:	Turn left on SOI NAK SATHAPHON 1	99.7 m	< 1 min Map
23:	Turn right to stay on SOI NAK SATHAPHON 1	66.6 m	< 1 min Map
24:	Continue to stay on SOI NAK SATHAPHON 1	182 m	< 1 min Map
25:	Turn left to stay on SOI NAK SATHAPHON 1	111.6 m	< 1 min Map
26:	Arrive at zone2_006, on the left		Map
27:	Depart zone2_006		
28:	Go back north on SOI NAK SATHAPHON 1	111.6 m	< 1 min Map
29:	Turn right at SOI NAK SATHAPHON 1 to stay on SOI NAK	182 m	< 1 min Map

รูปที่ 4.46 รายละเอียดเส้นทางเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 2 ผลัดที่ 2

4.7.3 เขตตรวจที่ 3

ในจากการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 3 โปรแกรม LINDO สามารถแก้ปัญหาได้ค่า optimal โดยแสดงสถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหา ดังรูปที่ 4.47 ซึ่งใช้เวลาในการแก้ปัญหา 1 นาที 25 วินาที



รูปที่ 4.47 สถานะผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเขตตรวจที่ 3

ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสูตรคณิตศาสตร์ของเขตตรวจที่ 3 ด้วยโปรแกรม LINDO ออกมาเป็นรูปไฟล์ มีขนาด 17,048 KB ซึ่งรายละเอียดที่ได้จากการแก้ปัญหามีดังนี้

OBJECTIVE FUNCTION VALUE = 23831

$X_{0_5} = 1$	$T_0 = 0$
$X_{5_4} = 1$	$T_5 = 2.18$
$X_{4_3} = 1$	$T_4 = 8.42$
$X_{3_2} = 1$	$T_3 = 17.27$
$X_{2_1} = 1$	$T_2 = 30.48$
$X_{1_6} = 1$	$T_1 = 35.99$
$X_{6_7} = 1$	$T_6 = 42.14$
$X_{7_9} = 1$	$T_7 = 48.15$

$X_{9_10} = 1$	$T_9 = 53.46$	$W_9 = 325.95$
$X_{10_11} = 1$	$T_{10} = 386.37$	
$X_{11_12} = 1$	$T_{11} = 391.34$	
$X_{12_8} = 1$	$T_{12} = 398.83$	
$X_{8_77} = 1$	$T_8 = 414.51$	
$X_{77_78} = 1$	$T_{77} = 420$	
$X_{78_85} = 1$	$T_{78} = 450$	$W_{10} = 24.61$
	$T_{85} = 480$	

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจ
 รถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ผลลัพธ์ที่ 2 ข้างต้นสามารถสรุปเป็นตารางให้เข้าใจได้ดังตารางที่ 4.29
 โดยในตารางจะมีคอลัมน์ Checkpoint ID , Location, Arrival Time, Waitng Time และ Service
 Time เพื่ออธิบายว่าแต่ละต้องไปถึงจุดตรวจเมื่อเวลาใด ใช้เวลาในการรอปฏิบัติหน้าที่เท่าใด และ
 ใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่เท่าใด ซึ่งเรียงลำดับการเดินทางไปยังแต่ละจุดตรวจเริ่มตั้งแต่จุดเริ่มต้นคือ
 สน.หนองแขม แล้วกลับมาที่จุดปลายทางคือ สน.หนองแขมอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.28 สรุปผลลัพธ์แผนการตรวจของสายตรวจในเขตตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2

Checkpoint Code	จุดตรวจ	Arrival Time (นาที)	Waitng Time (นาที)	Service Time (นาที)
ZONE3_000	Nong Khaem Police Station	0		
ZONE3_005	Kanda village	2.18		3
ZONE3_004	Soi Phun Suk	8.42		3
ZONE3_003	Soi Phra Pin 4 13/2	17.27		3
ZONE3_002	Phet Kasem college	30.48		3
ZONE3_001	Wat Nong Khaem school	35.99		3
ZONE3_006	45/6 Fang Tai Road	42.14		3
ZONE3_007	Thawi Suk farm	48.15		3
ZONE3_009	Na Ko Ya Factory	53.46	325.95	3
ZONE3_010	Modern Factory	386.37		3
ZONE3_011	Phet Minimart	391.34		3
ZONE3_012	Soi Chaiyo	398.83		3
ZONE3_008	Pan Factory	414.51		3
ZONE3_077	Lak Sam temple	420		30
ZONE3_078	Lak Sam temple(dummy)	450	24.61	
ZONE3_085	Nong Khaem Police Station	480		

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2 ข้างต้นสามารถอธิบายเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจคือ ในการปฏิบัติหน้าที่เดินทางออกตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์ใช้ระยะทางการเดินทางออกตรวจ 23,831 เมตร โดยจะเริ่มเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นคือ สน.หนองแขม ณ นาทีที่ 0

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Kanda village นาทีที่ 2.18 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Phun Suk นาทีที่ 8.42 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Phra Pin 4 13/2 นาทีที่ 17.27 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Phet Kasem college นาทีที่ 30.48 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Wat Nong Khaem school นาทีที่ 35.99 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ 45/6 Fang Tai Road นาทีที่ 42.14 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Thawi Suk farm นาทีที่ 48.15 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Na Ko Ya Factory นาทีที่ 53.46 ซึ่งจุดตรวจนี้จะต้องรอเวลาการปฏิบัติหน้าที่ 325.95 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Modern Factory นาทีที่ 386.37 นาทีแล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Phet Minimart นาทีที่ 391.34 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

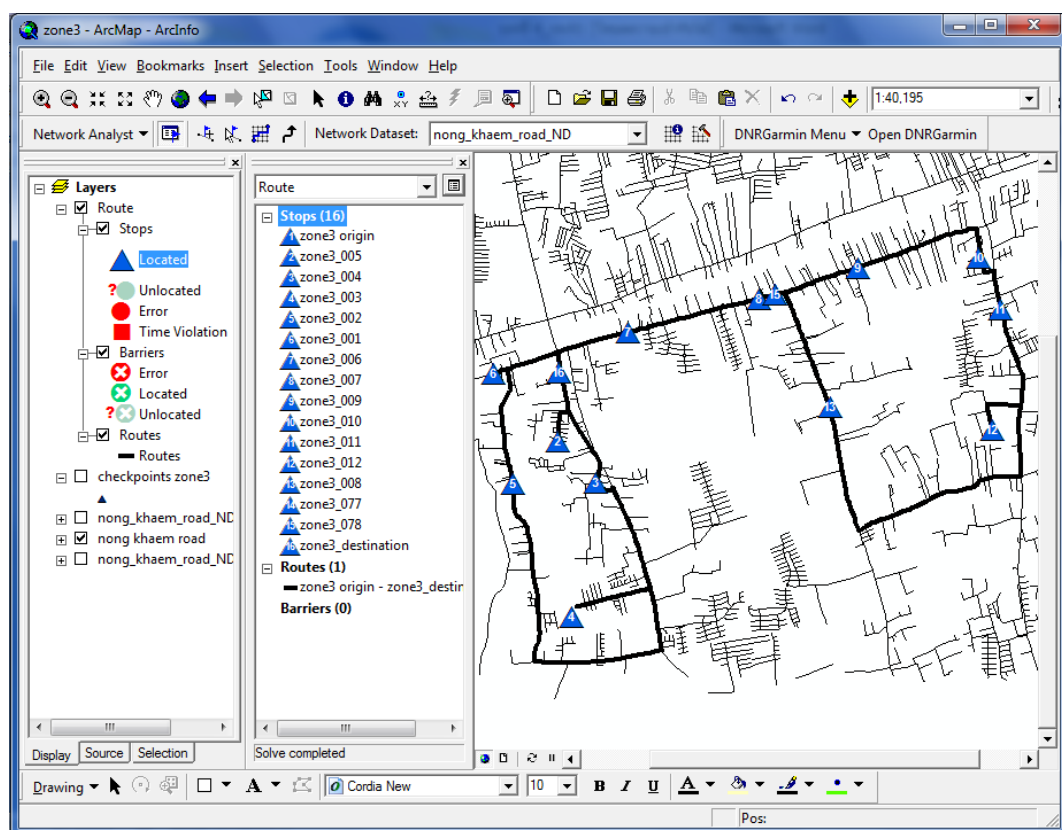
จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Soi Chaiyo นาทีที่ 398.83 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจะเดินทางไปถึงจุดตรวจ Pan Factory นาทีที่ 414.51 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 3 นาที

จากนั้นจึงเดินทางไปถึงจุดตรวจคั่นยานพาหนะ Lak Sam temple นาที่ที่ 420 แล้วจึงปฏิบัติหน้าที่ 30 นาที จากนั้นจึงเลิกปฏิบัติหน้าที่จุดตรวจคั่นยานพาหนะ Lak Sam temple (Dummy) นาที่ที่ 450 จากนั้นจึงรอบปฏิบัติหน้าที่ 24.61 นาที

จากนั้นจะเดินทางกลับไปยัง ส.น.หนองแขม ซึ่งเป็นจุดปลายทาง นาที่ที่ 480

จากคำอธิบายการเดินทางออกตรวจพื้นที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2 เพื่อให้เห็นภาพและเข้าใจง่ายจึงใช้ ฟังก์ชัน Route ของ Network Analyst ในโปรแกรม ArcMAP แสดงภาพเส้นทางการเดินโดยเรียงลำดับการเดินทางตามที่ได้จากการวิเคราะห์ตามรูปที่ 4.48 ซึ่งแสดงเส้นทางการเดินทางทั้งหมดตั้งแต่เดินทางออกจาก ส.น. ตรวจจุดต่างๆ แล้วกลับมา ส.น. อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะเรียงลำดับตามหมายเลขที่แสดงไว้ โดยเส้นทางการเดินทางนั้นคล้ายคลึงกับรูปที่ 4.9 ที่เป็นการเดินทางจริงของสายตรวจรถจักรยานยนต์



รูปที่ 4.48 เส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจรถจักรยานยนต์เขตตรวจที่ 3
ผลัดที่ 2

นอกจากนี้ฟังก์ชัน Route ยังสามารถแสดงรายละเอียดการทิศทาง, ระยะทางและระยะเวลาการเดินทางทั้งหมดตามรูปที่ 4.49 ซึ่งสามารถพิมพ์ออกมาได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บังคับบัญชาที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับคำสั่งในตารางที่ 4.28 ส่งให้สายตรวจจรจรัญยานยนต์ปฏิบัติตามได้

Step	Instruction	Distance (m)	Time (min)	Map
1:	Start at zone3 origin			Map
2:	Go south on BANG BON 5 RD. toward SOI WUTTHISUK	385.8 m	< 1 min	Map
3:	Turn right on SOI CHUEN CHOM	87.5 m	< 1 min	Map
4:	Turn left to stay on SOI CHUEN CHOM	259.7 m	1 min	Map
5:	Arrive at zone3_005			Map
6:	Depart zone3_005			
7:	Go back north on SOI CHUEN CHOM	259.7 m	1 min	Map
8:	Turn right at SOI CHUEN CHOM to stay on SOI CHUEN CHOM	87.5 m	< 1 min	Map
9:	Turn right on BANG BON 5 RD.	547.8 m	1 min	Map
10:	Bear right on SOI PHUN SUK	184.3 m	< 1 min	Map
11:	Arrive at zone3_004, on the right			Map
12:	Depart zone3_004			
13:	Continue southwest on SOI PHUN SUK	31.3 m	< 1 min	Map
14:	Continue on SOI SUWAN NAKHON	226.2 m	< 1 min	Map
15:	Make sharp right on BANG BON 5 RD.	992 m	2 min	Map
16:	Turn right to stay on BANG BON 5 RD.	714.4 m	3 min	Map
17:	Arrive at zone3_003, on the left			Map
18:	Depart zone3_003			
19:	Go back east on BANG BON 5 RD.	714.4 m	3 min	Map
20:	Turn right at BANG BON 5 RD. to stay on BANG BON 5 RD.	588.9 m	1 min	Map
21:	Turn right on SOMDET PHRA NARESUAN MAHARAT 1 RD.	882 m	2 min	Map
22:	Continue	300.7 m	< 1 min	Map
23:	Turn right	248.4 m	< 1 min	Map
24:	Continue on SOI WAT SINUAN	1455.9 m	3 min	Map
25:	Arrive at zone3_002, on the right			Map
26:	Depart zone3_002			
27:	Continue north on SOI WAT SINUAN	1103.3 m	2 min	Map
28:	Turn left on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD.	129.3 m	< 1 min	Map
29:	Arrive at zone3_001, on the left			Map
30:	Depart zone3_001			
31:	Go back east on LIAP KHLONG PHASI CHAROEN FANG TAI RD.	1306.3 m	3 min	Map

รูปที่ 4.49 รายละเอียดเส้นทางการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ของสายตรวจจรจรัญยานยนต์เขตตรวจที่ 3 ผลัดที่ 2

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาการวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของเขตตรวจที่ 2 ใช้เวลาน้อยกว่าการแก้ปัญหาของเขตตรวจที่ 1 และเขตตรวจที่ 3 มาก จากการสังเกตอาจเป็นไปได้ว่าเส้นทางที่ได้จากการแก้ปัญหาในเขตตรวจที่นั้นมีการย้อนกลับในเส้นทางเดิมน้อยมาก หรือพูดอีกอย่างได้ว่าในเขตตรวจที่ 2 มีเส้นทางให้เลือกเดินทางมากกว่าเขตตรวจที่ 1 และเขตตรวจที่ 3 ซึ่งมีเส้นทางหลักให้เลือกเดินทางเพียงไม่กี่เส้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากรูปที่ 4.45 ว่าเส้นทางในเขตตรวจที่ 2 จะเดินทางลักษณะเป็นวงกลมจะไม่ทับเส้นทางเดิม ต่างเขตตรวจที่ 1

รูปที่ 4.42 และ เขตตรวจที่ 3 รูปที่ 4.48 ที่การเดินทางจะทับกับเส้นทางเดิม ไม่มีลักษณะการเดินทางเป็นวงกลม

4.8 สรุป

ในบทนี้เป็นการรายงานผลการวิเคราะห์กรณีศึกษาอย่างละเอียด โดยเลือกพิจารณาเฉพาะจุดตรวจที่มีความสำคัญมาทำการวิจัยเพื่อให้เห็นว่าตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถใช้งานได้จริง การวิเคราะห์เริ่มจากการกล่าวถึงรายละเอียดของ สน.หนองแขม ที่เป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งอธิบายการปฏิบัติหน้าที่ออกตรวจของสายตรวจรถจักรยานยนต์คือจำนวนที่ตั้งจุดตรวจ, การตั้งจุดตรวจคั่นยานพาหนะ, แผนการออกตรวจของสายตรวจเป็นต้น จากนั้นจึงกล่าวถึงการที่จะนำการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจรถจักรยานยนต์ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำมาวิเคราะห์การทำงานของสายตรวจได้ โดยเริ่มจากการไปจัดเก็บพิกัดที่ตั้งของจุดตรวจทั้งหมดในพื้นที่รับผิดชอบ สน.หนองแขม ด้วยเครื่องมือ GPS จากนั้นทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Shapefile เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมดด้วยฟังก์ชัน Network Analyst ของโปรแกรม ArcGIS ซึ่งจะต้องอาศัยข้อมูลแผนที่ดิจิทัลเส้นทางในพื้นที่ รับผิดชอบของ สน.หนองแขม ที่กำหนดความเร็วในการเดินทางของแต่ละเส้นทางแล้วเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ เมื่อได้ระยะทางและระยะเวลาการเดินทางระหว่างจุดตรวจแล้วจึงแทนค่าในตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อให้คล้ายคลึงกับการปฏิบัติหน้าที่ของของสายตรวจรถจักรยานยนต์มากที่สุด เมื่อได้สูตรคณิตศาสตร์ประเภท Mixed Integer Linear Program ที่มีความคล้ายคลึงกับการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแล้วจึงทำการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม LINDO เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การเดินทางที่ต้องการ

บทที่ 5

สรุป

การดำเนินการวิจัยที่ผ่านมาบทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหานิติวิทยา, ลักษณะของปัญหาที่วิจัย, วัตถุประสงค์งานวิจัย, ขอบเขตของการศึกษาวิจัย และผลลัพธ์ที่คาดหวัง บทที่ 2 ทบทวนความรู้และงานวิจัยเป็นการกล่าวถึงงานตำรวจสายตรวจในประเทศไทย และงานวิจัยในอดีต บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย กล่าวถึงขั้นตอนการทำงานวิจัย, แบบจำลองคณิตศาสตร์, เครื่องมือวิเคราะห์และวิธีการแก้ปัญหา, การประเมินผลการจัดเส้นทางสายตรวจและกำหนดการวิจัย บทที่ 4 กล่าวถึงกรณีศึกษา, การจัดเก็บข้อมูล, การวิเคราะห์ข้อมูล, การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์, การวิเคราะห์กรณีศึกษา, วิธีการแก้ปัญหา, ผลลัพธ์และการอภิปรายผล และสรุป ซึ่งในบทนี้เป็นการสรุปงานวิจัยทั้งหมดที่ได้ดำเนินการไปแล้วด้วยการกล่าวถึงการจัดการตรวจของตำรวจสายตรวจด้วยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์, ข้อเสนอแนะ และประเด็นงานวิจัยต่อยอดในอนาคต ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การจัดการแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจด้วยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ทราบถึงกระบวนการจัดการแผนการตรวจและการทำงานของตำรวจสายตรวจที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน กล่าวคือสายตรวจจะปฏิบัติหน้าที่ตรวจตราพื้นที่ด้วยการเดินทางออกตรวจไปยังจุดตรวจที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบ ซึ่งในการเดินทางไปยังแต่ละจุดตรวจนั้นสายตรวจจะใช้ดุลพินิจในการเลือกเส้นทางและลำดับในการไปยังจุดตรวจเอง แต่จะมีบางจุดตรวจที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้ให้เดินทางไปตามเวลาที่กำหนดซึ่งเป็นไปตามแผนการตรวจของสายตรวจ เมื่อทราบลักษณะการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแล้วจึงพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับช่วยใช้ในการวางแผนจัดเส้นทางตรวจของตำรวจสายตรวจโดยอาศัยแนวความคิดพื้นฐานจากตัวแบบจำลองที่ใช้งานในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ให้สามารถจำลองการทำงานของตำรวจสายตรวจมากที่สุด ถ้าสามารถวิเคราะห์คำนวณจัดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางไปยังที่ตั้งของจุดตรวจได้ครบทุกสถานที่ และยังสามารถเดินทางไปยังจุดตรวจคั่นยานพาหนะตามเวลาที่ผู้บังคับบัญชากำหนดได้โดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด ย่อมช่วยให้ตำรวจสายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลดีต่อการป้องกันอาชญากรรม

ในการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการหาที่ตั้งจุดตรวจด้วยเครื่อง GPS และใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 เพื่อหาระยะทางและระยะเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจทั้งหมด จากนั้นจึงนำค่า

ที่ได้มาแทนในตัวแบบคณิตศาสตร์เพื่อนำไปแก้ปัญหาต่อไป จากผลลัพธ์เส้นทางที่ได้จากการประมวลผลมีความสมเหตุสมผล และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเส้นทางปฏิบัติหน้าที่จริงของสายตรวจมีความคล้ายคลึงกัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยในการวางแผนการตรวจได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยพบว่าในขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลนั้นพบว่ามีบางกรณีใช้เวลาในการประมวลผลนานมากจนผิดสังเกต จากการตรวจสอบพบว่าสาเหตุนี้เกิดจากการที่ไม่ได้ควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ ในระหว่างที่ประมวลผลนั้นมีการรบกวนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นมีการสแกนเครื่องคอมพิวเตอร์อัตโนมัติของโปรแกรม Antivirus, การจัดเรียงข้อมูลของโปรแกรม Defragmentation เป็นต้น ดังนั้นในการประมวลผลข้อมูลควรจะดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1) ไม่รบกวนเครื่องคอมพิวเตอร์ขณะประมวลผล
- 2) ปิดโปรแกรมที่ทำงานเองโดยอัตโนมัติเช่นโปรแกรม Antivirus, Defragmentation
- 3) ไม่ใช้งานโปรแกรมอื่นขณะที่ประมวลผล
- 4) ปิดการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
- 5) ควรทำการจัดเรียงข้อมูล (Defragmentation) และ Scan Disk ก่อนทำการประมวลผล เพื่อให้คอมพิวเตอร์อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
- 6) ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกันทุกครั้งที่ประมวลผลเพื่อให้สภาพแวดล้อมในการประมวลผลเหมือนกันซึ่งทำให้สามารถเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ประมวลผลได้

5.3 ประเด็นงานวิจัยในอนาคต

1) เวลาการรอปฏิบัติหน้าที่ (W_i) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของเขตตรวจที่ 1, เขตตรวจที่ 2 และเขตตรวจที่ 3 นั้นมีระยะเวลานาน ซึ่งสายตรวจสามารถนำเวลาดังกล่าวนี้ไปใช้ในการระงับเหตุร้าย หรือนำไปตรวจจุดตรวจอื่นได้ ดังนั้นในการวิจัยต่อไปจึงควรทำการเพิ่มจำนวนจุดตรวจในการประมวลผลมากขึ้น ด้วยการสมมุติจุดตรวจที่เพิ่มเข้ามานั้นเป็นจุดตรวจที่ต้องเดินทางออกตรวจทุกครั้งไปปฏิบัติหน้าที่นอกเหนือจากจุดตรวจที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้ เมื่อมีจำนวนจุดตรวจที่ต้องเดินทางมากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาการรอปฏิบัติหน้าที่ (W_i) ลดลง

2) เมื่อจุดตรวจมากขึ้นอาจจะต้องพัฒนา algorithm ในการสร้างแก้ปัญหาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ หรืออาจจะต้องเลือกใช้โปรแกรมในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้เพื่อให้รองรับจำนวนตัวแปรและจำนวนเงื่อนไขที่มากขึ้น

3) ถ้าเพิ่มจำนวนจุดตรวจในการแก้ปัญหาเข้าไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถที่จะจัดเส้นทางการออกตรวจครบถ้วนภายในระยะเวลาหนึ่งผลัด จะทำให้ทราบถึงจำนวนจุดตรวจที่เหมาะสมในการปฏิบัติหน้าที่แต่ละเขตตรวจ ซึ่งอาจจะเป็นข้อมูลที่จะช่วยให้ผู้บังคับบัญชากำหนดการแบ่งเขตตรวจที่เหมาะสมกับการทำงานของสายตรวจ

บรรณานุกรม

- Chaiken, J. M. (1978). "Transfer of Emergency Service Deployment Models to Operating Agencies." Management Science 24(7): 719-731.
- Chawathe, S. S. (2007). "Organizing Hot-Spot Police Patrol Routes." Proceedings of the 5th IEEE Intelligence and Security Informatics Conference (ISI): 78-85.
- Chelst, K. (1978). "An Algorithm for Deploying a Crime Directed (Tactical) Patrol Force." Management Science 24(12): 1314-1327.
- Cheng, C.-B. & Mao, C.-P. (2007). "A modified ant colony system for solving the travelling salesman problem with time windows." Mathematical and Computer Modelling 46(9-10): 1225-1235.
- Da Silva, R. F. & Urrutia, S., (2010). "A General VNS heuristic for the traveling salesman problem with time windows." Discrete Optimization 7(4): 203-211.
- Desrosiers, J., Dumas, Y., Solomon, M. & Soumis, F. (1995). Chapter 2 Time constrained routing and scheduling. Handbooks in Operations Research and Management Science. T. L. M. C. L. M. M.O. Ball and G. L. Nemhauser, Elsevier. Volume 8: 35-139.
- Green, L. & Kolesar, P. (1984). "A Comparison of the Multiple Dispatch and M/M/c Priority Queueing Models of Police Patrol." Management Science 30(6): 665-670
- Green, L. V. & Kolesar, P. J. (2004). "Improving Emergency Responsiveness with Management Science." Management Science 50(8): 1001-1014.
- Jünger, M., Reinelt, G. & Rinaldi, G. (1995). Chapter 4 The traveling salesman problem. Handbooks in Operations Research and Management Science. T. L. M. C. L. M. M.O. Ball and G. L. Nemhauser, Elsevier. Volume 7: 225-330.

- Kongchak Chaidi. "Transfer GIS-GPS-GoogleEarth-DNRGarmin Globe." Retrieved Feb.18, 2010, from [http://www.weloveourworld.com/goodjai/thai/Transfer_GIS-GPS-GoogleEarth DNRGarmin_Globe.zip](http://www.weloveourworld.com/goodjai/thai/Transfer_GIS-GPS-GoogleEarth_DNRGarmin_Globe.zip).
- Lawless, M. W. (1987). "Institutionalization of a Management Science Innovation in Police Departments." Management Science 33(2): 244-252.
- Lee, S. M., Franz, L., & Wynne, A. J., (1979). "Optimizing State Patrol Manpower Allocation." The Journal of the Operational Research Society 30(10): 885-896.
- Olson, D. G. & Gordon, P. W. (1975). "Models for Allocating Police Preventive Patrol Effort." Operational Research Quarterly (1970-1977) 26(4): 703-715.
- Reis, D., Melo, A., Coelho, A. & Furtado, V (2006). Towards Optimal Police Patrol Routes with Genetic Algorithms. Intelligence and Security Informatics. S. Mehrotra, D. Zeng, H. Chen, B. Thuraisingham and F.-Y. Wang, Springer Berlin / Heidelberg. 3975: 485-491.
- Taylor, B. W., Moore, L. J., Clayton, E. R., Davis, K. R. & Rakes, T. R. (1985). "An Integer Nonlinear Goal Programming Model for the Deployment of State Highway Patrol Units." Management Science 31(11): 1335-1347.
- Taylor, P. E. & Huxley, S. J. (1989). "A Break from Tradition for the San Francisco Police: Patrol Officer Scheduling Using an Optimization-Based Decision Support System." Interfaces 19(1): 4-24.
- Tongo, C. I. (2010). "Dynamic Programming and the Deployment of a Crime Preventive Patrol Force." European Journal of Social Sciences 15(3).
- Wan-Lung, N. (2007). Routing a Patrolling Unit in Distributed Service Networks. Service Systems and Service Management, 2007 International Conference on.
- กิตติพัชร คลีพันธุ์ (2545). การศึกษารูปแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรงสังกัดกองบังคับการตำรวจนครบาล 8, สาขาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา โครงการบัณฑิตศึกษา สถาบันราชภัฏธนบุรี.

ประชัยเปี่ยม สมบูรณ์ (2545). การควบคุมอาชญากรรมจากสภาพแวดล้อม : หลักทฤษฎีและมาตรการ. กรุงเทพฯ, บรรณกิจ.

วรรณรัตน์ ศรัทธิน (2543). แนวทางการบริหารและพัฒนาการป้องกันปราบปราม. กรุงเทพฯ, กองบัญชาการตำรวจนครบาล.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (2543). คู่มือ การปฏิบัติในการจัดและควบคุมสายตรวจ. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ตำรวจ.

ภาคผนวก ก

บทความตีพิมพ์ การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14



การประยุกต์แนวคิดด้านโลจิสติกส์กับปัญหาการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ

AN APPLICATION OF A LOGISTICS MODEL FOR ROUTING AND SCHEDULING OF POLICE PATROL SERVICE

สมชาย ปฐมศิริ (Somchai Pathomsiri)¹

ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์ (Police Lieutenant Chanon Kamnuansak)²

¹อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา egspt@mahidol.ac.th

²รองสารวัตร งานเทคโนโลยีสารสนเทศ กองบังคับการตำรวจนครบาล 9 และ

นักศึกษาปริญญาโท สาขา เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ syamkik@hotmail.com

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ : ทฤษฎีการบังคับใช้กฎหมาย (Law Enforcement Approach) ตั้งสมมุติฐานไว้ว่าที่ใดมีตำรวจ ที่นั่นจะไม่มีอาชญากรรม จึงแนะนำให้ทุ่มเทกำลังตำรวจออกตรวจตราให้ครอบคลุมพื้นที่รับผิดชอบเพื่อเป็นการป้องกันอาชญากรรม และถ้าเราสามารถจัดแผนการตรวจในลักษณะที่ส่งเจ้าหน้าที่ตำรวจสายตรวจไปตรวจตามสถานที่ที่สอดคล้องต่อการเกิดอาชญากรรมและจุดตรวจคู่แค้น ในเวลาที่อาชญากรรมมักจะเกิดขึ้น ก็จะช่วยลดปัญหาอาชญากรรมลงได้ บทความนี้ได้วิเคราะห์ลักษณะการทำงานของตำรวจสายตรวจ และเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับปัญหาโลจิสติกส์ของการขนส่งสินค้าอย่างมาก กล่าวคือ สถานีตำรวจนั้นอาจเปรียบเสมือนศูนย์กลางกระจายสินค้า ในขณะที่จุดตรวจหลัก-จุดตรวจรองและจุดตรวจพิเศษที่ผู้บังคับบัญชาสั่งการเปรียบได้กับร้านค้าย่อยที่รถขนส่งจะต้องไปส่งสินค้า (แต่ตำรวจต้องไปตรวจตามจุดเหล่านั้น) จึงได้นำตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ช่วยในการวางแผนจัดเส้นทางตรวจของตำรวจสายตรวจและทดลองใช้กับกรณีศึกษาการจัดทำแผนการตรวจของสถานีตำรวจนครบาลแห่งหนึ่ง ผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมสามารถนำไปปฏิบัติได้ ช่วยให้การวางแผนการตรวจทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ABSTRACT : Law enforcement approach hypothesizes that the presence of police forces deters the crime. Therefore, it suggests devoting resources to patrol service all over the area. This paper studies the planning of police patrol service and asserts that it has several similar characteristics to the routing and scheduling of delivery vehicles in the business world. To be more specific, the patrolling police are just like salespersons that leave the police station (equivalent to the depot in the business) and make a tour to visit different checkpoints (customers, in the business) at the right time (time windows for delivery service) and then come back to the station. In most cases, one would prefer the shortest tour for the sake of resource saving. We proposed to model the police patrol service as a traveling salesman problem (TSP) and applied to a city police case study. The results report logical routing plans and show potential for further improvement.

KEYWORDS : Police, Patrol Service, Logistics, Traveling Salesman Problem, TSP

1. บทนำ

งานสายตรวจเป็นหน้าที่หลักของตำรวจ ในการดำเนินการเพื่อให้ เกิดความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ดังคำกล่าวที่ว่า “งานสายตรวจเป็นกระดูกสันหลังของตำรวจ” เพราะ เป็นที่ยอมรับกันว่างานสายตรวจเป็นหัวใจสำคัญ ในการป้องกัน อาชญากรรม นอกจากนั้นตำรวจสายตรวจยังสร้างความอบอุ่น และให้บริการแก่ประชาชนอีกด้วย [1] ด้วยความสำคัญดังกล่าว ของสายตรวจนั้นจึงต้องมีการพัฒนาการทำงาน ของสายตรวจ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานสายตรวจคือการป้องกันปราบปรามอาชญากรรม ซึ่งเน้น การป้องกันไม่ให้เกิดเหตุอาชญากรรมด้วยการให้เจ้าพนักงาน ตำรวจปรากฏตัวตามสถานที่ต่างๆ เพื่อให้ผู้ที่คิดจะกระทำความผิดเกิดความเกรงกลัวไม่กล้าที่จะลงมือ โดยมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการ บังคับใช้กฎหมาย (Law Enforcement Approach) ที่ตั้งสมมุติฐาน ว่า มีตำรวจที่ไหนจะไม่มีอาชญากรรมที่นั่น จึงเป็นที่มาของเจ้า พนักงานตำรวจที่สวมใส่เครื่องแบบออกตรวจในพื้นที่ รับผิดชอบด้วยยานพาหนะหรือ “สายตรวจ” นั่นเอง

บทความนี้รายงานผลการวิจัยการประยุกต์ใช้แนวคิดด้านโลจิสติกส์ซึ่งใช้กันมากในทางธุรกิจกับการจัดแผนการตรวจของ ตำรวจสายตรวจ ทั้งนี้เนื่องจากเห็นว่าลักษณะการทำงานของ ตำรวจสายตรวจหลายประการคล้ายคลึงกับปัญหาทางที่เกิดขึ้น ในทางธุรกิจ

2. การปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจ

เนื่องจากการปฏิบัติงานของสายตรวจเป็นเรื่องกิจการภายในของ ตำรวจ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจการทำงานของสายตรวจ จึงได้สรุปลักษณะการทำงาน โดยย่อไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้ [2]

2.1 โครงสร้าง

โครงสร้างของตำรวจสายตรวจระดับสถานีตำรวจมีดังนี้

(1) หัวหน้างานป้องกันและปราบปราม คือ “รองผู้กำกับการ ป้องกันปราบปราม” มีหน้าที่วางแผนการปฏิบัติงาน, ควบคุม ตรวจสอบ, ติดตามประเมินผลการปฏิบัติงานของสายตรวจ และ จัดทำแผนที่ของพื้นที่รับผิดชอบ ตลอดจนใช้แผนที่ให้เป็น ประโยชน์ในการวางแผนป้องกันปราบปราม, วางแผนป้องกัน ปราบปรามโดยนำสถิติข้อมูลและผลการศึกษาวิเคราะห์ที่ได้มา ใช้ในการวางแผนป้องกันปราบปรามอาชญากรรม

(2) ผู้ปฏิบัติงานป้องกันปราบปราม ประกอบด้วย

- “สารวัตรปกครองป้องกัน” ปฏิบัติงานในฐานะรองหัวหน้างานป้องกันปราบปราม เป็นผู้ปฏิบัติและผู้บริหารที่รองรับนโยบายหรือ คำสั่งต่างๆของหัวหน้างาน ไปถ่ายทอดสู่ผู้ ปฏิบัติในลำดับต่อไปคือ รองสารวัตรปกครอง ป้องกัน ตลอดจนผู้บังคับหมู่และลูกแถวซึ่งทำ หน้าที่สายตรวจ, ควบคุม ตรวจสอบ ให้ คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไข ปรับปรุงการปฏิบัติงานของผู้ได้บังคับบัญชา
- “รองสารวัตรปกครองป้องกัน” จะต้อง ปฏิบัติงานตามที่ หัวหน้างาน ป้องกัน ปราบปราม หรือสารวัตรปกครองป้องกันจัด และมอบหมาย, ปฏิบัติหน้าที่หัวหน้าสายตรวจ และทำหน้าที่สายตรวจไปพร้อมกัน, ตรวจสอบควบคุมการการปฏิบัติงานของ เจ้าหน้าที่สายตรวจให้เป็นไปตามระเบียบและ วิธีการที่กำหนด รวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำ แก้ไขปัญหาข้อขัดข้องในการปฏิบัติงานของ สายตรวจ
- “ผู้บังคับหมู่หรือลูกแถว” คือ สายตรวจที่ ปฏิบัติตามคำสั่งของหัวหน้าสายตรวจ หรือ สารวัตรปกครองป้องกัน หรือหัวหน้างาน ป้องกันปราบปราม

2.2 ภารกิจของสายตรวจ

การภารกิจหน้าที่ของสายตรวจมีดังนี้

- (1) การลาดตระเวนตรวจตราท้องที่ตามแนวทฤษฎีบังคับใช้ กฎหมาย
- (2) ตรวจสมุดประจำตัวตรวจผู้แดง เป็นการตัดช่องโอกาส ของคนร้าย และเน้นการตรวจให้ทั่วทุกพื้นที่ในเขตรับผิดชอบ นอกจากนั้นยังเป็นการประชาสัมพันธ์หาข่าวไปด้วย
- (3) การตรวจสมุดประจำตัวตรวจธนาคาร-ร้านทอง เป็นการ ตัดช่องโอกาสคนร้ายและสร้างความอบอุ่นใจให้กับประชาชน
- (4) การตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะ เป็นการรวมกำลังเพื่อ ตรวจค้นยานพาหนะต้องสงสัยที่ผ่านไปมา โดยมีหัวหน้าสาย ตรวจเป็นผู้ควบคุมบริเวณจุดที่เหมาะสมและเวลาที่กำหนดไว้

(5) ตรวจสอบรถต้องสงสัย เป็นการตรวจสอบยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่พบว่ามีลักษณะที่น่าสงสัย เช่น ไม่ติดแผ่นป้ายทะเบียน หรือตรวจสอบผู้ขับขี่มีลักษณะอันน่าสงสัย ที่เรียกว่าหน้าโจร-วัยโจร-รถโจร เป็นต้น

(6) การปิดล้อมตรวจค้นวงสุรา เป็นการคัดโอกาสที่จะเกิดเหตุร้ายต่างๆ อันเนื่องมาจากการดื่มสุรา เพื่อตรวจหาอาวุธและสิ่งผิดกฎหมาย

(7) การปิดล้อมตรวจค้นสถานที่ซึ่งได้มีการสืบสวนหาข่าวไว้ก่อนแล้ว

(8) การตรวจค้นบุคคลต้องสงสัยในที่สาธารณะ เพื่อพบสิ่งของที่มีไว้เป็นความผิดหรือที่ได้มาจากการกระทำความผิด

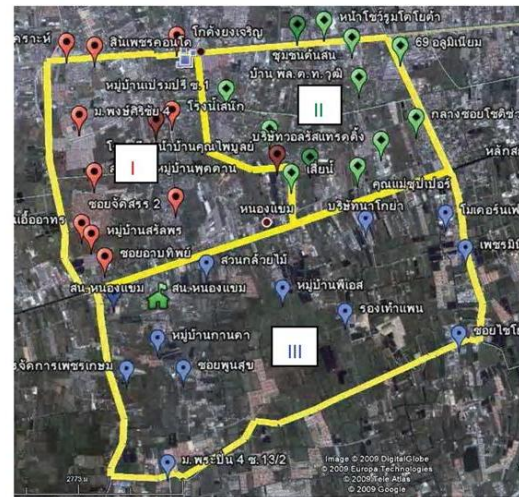
2.3 การแบ่งพื้นที่การทำงาน

ตารางที่ 1 รายชื่อสถานที่ติดตั้งจุดตรวจจุดเฝ้าในแต่ละเขตตรวจของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม

จุดตรวจ	เขตตรวจที่ 1	เขตตรวจที่ 2	เขตตรวจที่ 3
1	หมู่บ้านเอื้ออาทร	เสียน้ำ	รร.มัธยมวัดหนองแขม
2	หมู่บ้านเสรี	หมู่บ้านทวีทอง	รร.วิทยาการจัดการ
3	ซอยอาบทิพย์	คูแม่จุฬาลงกรณ์	หมู่บ้านพระปิ่น 4
4	ซอยจตุรัส 2	บริษัทออลสเปซเทรดดิ้ง	ซอยขุนสุข
5	ซอยกำนันเฉลิม	ซอยโชติช่วง	หมู่บ้านกานดา
6	หมู่บ้านพุดตาน	บ้าน พต.ต.ท.วุฒิ	สวนกล้วยไม้
7	โรงงานสี	69 ออโต้เมียม	หมู่บ้านทีเอส
8	หมู่บ้านพริ้ว 4	ชุมชนคันสน	โรงงานรองเท้าแบน
9	กองทองพาสติก	โรว์มโคโยต้า	บริษัทนาโด้
10	สินเพรคอนโด	นครเพรแกน	โมเดิร์นเฟรม
11	อ.อาคารสงเคราะห์	โรงกลึงคุณไพฑูริย์	เพชรมิเนอร์
12	โกดังเบญจ	หมู่บ้านแปรมปรี	ซอยโชไช

การป้องกันปราบปรามอาชญากรรมของสายตรวจระดับสถานีตำรวจนั้น จะแบ่งพื้นที่รับผิดชอบออกเป็นเขตตรวจย่อย เพื่อจะได้จัดกำลังสายตรวจให้เพียงพอต่อการปฏิบัติหน้าที่ครอบคลุมทุกพื้นที่อย่างทั่วถึง สายตรวจสามารถออกตรวจป้องกันเหตุ และบริการประชาชน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] โดยจำนวนเขตตรวจจะขึ้นอยู่กับ ระดับการให้บริการซึ่งคำนวณจากระยะเวลาที่สายตรวจเดินทางไปถึงที่เกิดเหตุ, ความหนาแน่นของประชากร, เส้นทางคมนาคม, สภาพอาชญากรรม, สภาพพื้นที่รับผิดชอบ และความเหมาะสมระหว่างกำลังพลกับเขตตรวจ เป็นต้น

ยกตัวอย่าง เช่น พื้นที่ความรับผิดชอบของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม จะแบ่งออกเป็น 3 เขตตรวจ แต่ละเขตตรวจมีจุดตรวจจุดเฝ้าจำนวน 12 แห่ง ตามตารางที่ 1 สำหรับพื้นที่เขตตรวจและตำแหน่งของจุดตรวจแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตำแหน่งของจุดตรวจจุดเฝ้าในแต่ละเขตตรวจของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม

2.4 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

รองผู้กำกับการป้องกันปราบปราม เป็นผู้วางแผนป้องกันปราบปรามอาชญากรรม ด้วยการกำหนดแผนให้สายตรวจตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะในบริเวณและช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุ โดยใช้ข้อมูลสถิติอาชญากรรมที่รวบรวมมาจากการที่ประชาชนประสบเหตุหรือทราบถึงเหตุอาชญากรรมแล้วมาแจ้งเหตุด้วยตนเอง หรือโทรศัพท์แจ้งเหตุมายังสถานีตำรวจ หรือโทรศัพท์แจ้งเหตุไปยังหมายเลข 191 ขั้นตอนการได้มาของข้อมูลอาชญากรรมสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2

ข้อมูลเหตุอาชญากรรมทั้งหมดที่สถานีตำรวจได้รับแจ้งจะถูกรวบรวมเก็บไว้เป็นสถิติ เมื่อได้ข้อมูลแล้วรองผู้กำกับการ จะทำการวิเคราะห์ถึงความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุครั้งต่อไป หรือพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดเหตุ หรือคาดหมายได้ว่าเส้นทางใดเป็นเส้นทางที่คนร้ายจะใช้เป็นทางผ่านเพื่อที่จะไปก่อเหตุ เมื่อทราบว่าเป็นบริเวณใดและช่วงเวลาใดเป็นมีความเป็นไปได้ที่จะกล่าวไว้ก็จะกำหนดเป็น “แผนการตรวจของสายตรวจ” ให้สายตรวจไปลาดตระเวน, ตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะและตรวจสอบรถต้องสงสัย การกิจ

การเดินทางออกตรวจพื้นที่ในเขตรับผิดชอบในแต่ละครั้งของสายตรวจ นอกจากจะต้องออกตรวจสมุดประจำจุดตรวจผู้แดงในแต่ละจุดแล้วยังต้องปฏิบัติตามแผนการตรวจที่รองผู้กำกับการป้องกันปราบปรามกำหนด ดังนั้นสายตรวจจึงต้องวางแผนการเดินทางออกตรวจว่าควรจะไปตรวจผู้แดงใดก่อนและหลัง และยังคงแทรกด้วยแผนการตรวจเพื่อไปปรากฏกาย ณ บริเวณและเวลาตามแผนที่รองผู้กำกับการฯ สั่งการไว้ด้วย



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการนำข้อมูลสถิติอาชญากรรมมากำหนด “แผนการตรวจของสายตรวจ”

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าปัญหาการจัดแผนการเดินทางของเจ้าหน้าที่สายตรวจที่จะต้องเดินทางไปยังผู้แดงและการออกตรวจไปตามแผนการตรวจมีความคล้ายคลึงกับปัญหาโลจิสติกส์ของธุรกิจอย่างมาก กล่าวคือ ต่างก็มีจุดเริ่มต้นของการเดินทางและต้องเดินทางไปยังจุดต่างๆ ให้ครบถ้วนก่อนที่จะกลับมายังจุดเริ่มต้นอีกครั้ง การวิจัยนี้จึงได้นำเอาแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในทางธุรกิจมาประยุกต์ใช้กับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ เพื่อให้การออกตรวจแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เวลาและงบประมาณ

3. กรณีสึกษา

การวิจัยนี้ใช้สถานีตำรวจนครบาลหนองแขมเป็นกรณีศึกษาโดยมีพื้นที่รับผิดชอบครอบคลุมแขวงหนองแขมและบางส่วนของ

แขวงหนองค้างพลู แบ่งออกเป็น 3 เขตตรวจ แต่ละเขตตรวจมีการติดตั้งจุดตรวจผู้แดงจำนวน 12 จุด (ตามตารางที่ 1) ใช้เจ้าหน้าที่ตำรวจตำแหน่งผู้บังคับหมู่ หรือลูกแถวจำนวน 2 นายทำหน้าที่เป็นสายตรวจทำงานกันเป็นคู่ โดยใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 1 คันในการออกตรวจสมุดประจำจุดตรวจผู้แดง, ตรวจสมุดประจำจุดตรวจธนาคาร-ร้านทอง, การตั้งจุดตรวจค้นยานพาหนะตามแผนการตรวจที่รองผู้กำกับการป้องกันปราบปรามวางไว้ สภาพการทำงานที่เป็นอยู่ปัจจุบัน สายตรวจนั้นจะใช้ประสิทธิภาพและความสามารถส่วนตัวในการออกตรวจโดยใช้เส้นทางใดให้ครอบคลุมจุดตรวจและประหยัดน้ำมันที่สุด ในภาพรวมนั้น จะมีรองสารวัตรปกครองป้องกันหรือที่เรียกว่าร้อยเวรปราบปรามทำหน้าที่เป็นหัวหน้าสายตรวจใช้รถยนต์กระบะในการออกตรวจและควบคุมสั่งการสายตรวจทั้ง 3 เขตตรวจให้ทำงานตามแผนการตรวจที่วางไว้

4. ผลการวิเคราะห์

4.1 ตัวแบบคณิตศาสตร์

เราอาจพิจารณาได้ว่ากรณีที่เจ้าหน้าที่สายตรวจต้องไปเยี่ยมจุดตรวจในพื้นที่ให้ครบก่อนกลับมายังสถานีตำรวจเทียบได้กับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายสินค้า หรือ Traveling Salesman Problem (TSP) ที่มุ่งหาเส้นทางการเดินทางที่ครอบคลุมจุดตรวจครบถ้วนและประหยัดที่สุด ตัวแบบคณิตศาสตร์ TSP เป็น Integer Program ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [3]

$$\text{Min} \quad \sum \sum c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum x_{ij} = 1 \text{ for } j = 1 \text{ to } N \quad (2)$$

$$\sum x_{ij} = 1 \text{ for } i = 1 \text{ to } N \quad (3)$$

$$u_i - u_j + N x_{ij} \leq N - 1 \text{ for } i \neq j; i, j = 2, 3, \dots, N \quad (4)$$

ทั้งนี้ N คือ จำนวนของจุดตรวจ; i และ j คือ ดัชนีแทนจุดตรวจต่างๆ; x_{ij} คือ ตัวแปรประเภท Binary (0,1) มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเลือกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j มิเช่นนั้นจะมีค่าเท่ากับ 0; ในทำนองเดียวกัน c_{ij} คือ ต้นทุนการเดินทางระหว่างจุดตรวจ i กับจุดตรวจ j ; u_i และ u_j เป็นตัวแปรต่อเนื่อง

ตัวแบบ TSP ประกอบด้วยสมการวัตถุประสงค์ (Objective function) ที่ (1) มุ่งหาค่าผลรวมของต้นทุนการ

เส้นทางที่ต่ำที่สุด โดยที่ต้องไม่ละเลยเงื่อนไขสมการที่ (2) ที่กำหนดให้แต่ละจุดตรวจถูกเยี่ยมชมเพียง 1 ครั้งเท่านั้น และสมการที่ (3) ซึ่งกำหนดว่าเจ้าหน้าที่ผ่านจุดตรวจแต่ละแห่งได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น สำหรับเงื่อนไขที่ (4) นั้นมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวแบบคณิตศาสตร์เฉลยคำตอบซึ่งมี “Subtour” หรือคำตอบที่ได้เส้นทางตรวจหลายวงแทนที่จะมีเพียงหนึ่งเดียว

ตัวแบบ TSP นั้นเป็นปัญหาคลาสสิกที่หาคำตอบยากมาก [4] โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหามีหลายจุดตรวจ ในที่นี้เราจะลองแก้ปัญหา TSP สำหรับแต่ละเขตตรวจซึ่งประกอบด้วย 12 จุดตรวจดู

4.2 การเก็บข้อมูล

ตัวแบบ TSP ข้างต้นจะต้องทราบข้อมูล c_{ij} ซึ่งในที่นี้แทนด้วยระยะทางระหว่างจุดตรวจ i และ j จึงจำเป็นต้องคำนวณระยะทางดังกล่าวระหว่างจุดตรวจทั้งหมดในรูปของเมทริกซ์ ในเบื้องต้นเราสนใจเพียงว่าจะออกตรวจอย่างไรในแต่ละเขตตรวจให้ครบถ้วนทั้ง 12 จุดตรวจดูและประหยักระยะทางที่สุด โดยจะยังไม่คำนึงถึงจุดตรวจธนาคาร-ร้านทองและการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามแผนการตรวจ ในการเก็บข้อมูลนั้นเราได้สอบถามที่ตั้งจุดตรวจดูและที่ตั้งอยู่ในเขตตรวจต่างๆ จากสายตรวจแล้วระบุพิกัดของการจุดตรวจดูและทั้งหมดพร้อมที่ตั้งของสถานีตำรวจลงในโปรแกรม Google Earth แล้วให้สายตรวจซึ่งปฏิบัติงานจริงระบุว่าจะใช้เส้นทางใดในการเดินทางไปหาจุดตรวจดูและแต่ละจุด จากนั้นใช้เครื่องมือวัดระยะทางตามที่ตั้งสายตรวจเดินทางจนครบแต่ละจุดแล้วนำมาสร้างเป็น Distance Matrix จนครบทั้งสามเขตตรวจ

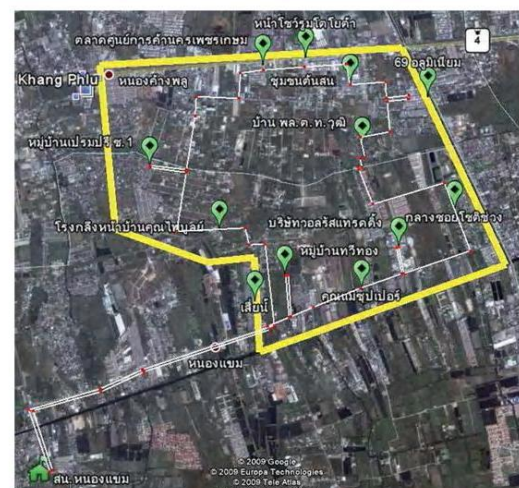
4.3 วิธีการแก้ปัญหา

ในการแก้ปัญหา TSP ของตำรวจสายตรวจเราใช้โปรแกรม LINDO Release 6.01 ซึ่งรองรับตัวแปรได้ 100,000 ตัว จำนวนเงื่อนไข (Constraints) ไม่เกิน 32,000 ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ประมวลผลโดยหน่วยความจำ Intel Core 2 Duo ความเร็ว 2.60 GHz ขนาดของหน่วยความจำ 1GB โปรแกรมสามารถแก้ปัญหา TSP ในแต่ละเขตตรวจได้ไม่ยากนัก โดยใช้เวลาเพียง 2 วินาที ทั้งนี้ควรใช้สเกลของสัมประสิทธิ์ตัวแปรที่มีค่าใกล้เคียงกัน มิเช่นนั้นอาจใช้เวลานานถึง 40 วินาทีในการแก้ปัญหาเดียวกันนี้

5. ผลการวิเคราะห์

หลังจากที่ LINDO ประมวลผลแล้ว จะได้ผลลัพธ์เส้นทางตรวจเป็นวงรอบที่สั้นที่สุด เราได้ตรวจสอบความมีเหตุผลของผลลัพธ์ที่ได้โดยนำไปพล็อตลงในโปรแกรม Google Earth เชื่อมต่อจุดตรวจต่างๆ เข้าด้วยกันจนกระทั่งเป็นวงรอบเริ่มจากสถานีตำรวจเวียนไปตามจุดตรวจดูและครบถ้วนทั้ง 12 จุดในแต่ละเขต ก่อนจะวกกลับมาที่สถานีอีกครั้ง

ภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างของแผนการตรวจที่ได้รับสำหรับเขตตรวจที่ 2 โดยมีเส้นทางตรวจดังนี้ สน.หนองแขม - โรงกลิ้งคุณไพฑูรย์ - หมู่บ้านเปรมปรี - ตลาดศูนย์การค้านครเพชรเกษม - โชว์รูมโตโยต้า - ชุมชนคันสน - 69 อลูมิเนียม - บ้านพล.ค.ท. วุฒิ - ซอยโชติช่วง - บริษัทวอลรัสเทรดดิ้ง - คุณแม่จุฬารัตน์ - หมู่บ้านทวีทอง - เสี่ยงน้ำ - สน.หนองแขม รวมระยะทางทั้งสิ้น 17.9 กิโลเมตร



ภาพที่ 3 ผลลัพธ์แผนการเดินทางของสายตรวจในเขตตรวจที่ 2

สำหรับเขตตรวจที่ 1 และ 3 นั้นมีระยะทางการตรวจไม่แตกต่างกันมากนัก คือ 23 และ 25 กิโลเมตรตามลำดับ จากการตรวจสอบสภาพพื้นที่จริง พบว่าเส้นทางที่ได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์มีความสมเหตุสมผลและเป็นไปได้อย่างยิ่งในทางปฏิบัติ จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไปว่าหากนำเอาจุดตรวจธนาคาร-ร้านทองและการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามแผนการตรวจของหัวหน้างานป้องกันและปราบปรามมาพิจารณาไปพร้อมๆ กันจะเกิดอะไรขึ้น ทั้งในด้านระยะเวลาในการแก้ปัญหาและคุณภาพของผลลัพธ์ นอกเหนือจากนี้แล้ว ยัง

เป็นไปได้ว่าแผนการตรวจจำเป็นต้องพิจารณากรอบเวลา (Time windows) ของการตรวจสำหรับบางจุดตรวจด้วย ทั้งนี้เพราะว่า ในหลายกรณีผู้บังคับบัญชาจะสั่งการให้สายตรวจไปตรวจ ณ จุดใดจุดหนึ่งระหว่างช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อประสิทธิผลในการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมในบริเวณดังกล่าว ซึ่งเป็นเรื่องน่าท้าทายอย่างยิ่งต่อการประยุกต์ใช้แนวคิดตัวแบบจำลองโลจิสติกส์ชนิดอื่นๆ ในการแก้ปัญหา อันเป็นทิศทางการวิจัยขั้นต่อไปของเรา

6. สรุปผลการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการทำงานของตำรวจสายตรวจในพื้นที่รับผิดชอบของกองบัญชาการตำรวจนครบาล และมีความเห็นว่าการจัดแผนการตรวจในแต่ละผลัดนั้นมีลักษณะของปัญหาคือคล้ายคลึงปัญหาทางธุรกิจโลจิสติกส์ จึงได้ทดลองนำตัวแบบคณิตศาสตร์โลจิสติกส์ประเภท Traveling Salesman Problem (TSP) มาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม ประสบการณ์จากการแก้ปัญหาไม่พบความยุ่งยากในการจัดแผนการตรวจ 12 จุดและผลลัพธ์ที่ได้สมเหตุสมผลประหยัดและปฏิบัติได้จริง อย่างไรก็ตามเพื่อให้ตัวแบบคณิตศาสตร์จำลองสภาพการทำงานที่เป็นจริงมากยิ่งขึ้น จำเป็นต้องพัฒนาต่อไปให้สามารถรองรับจำนวนจุดตรวจที่มากขึ้นสำหรับจุดตรวจธนาคาร-ร้านทอง ซึ่งจะได้นำระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Positioning Systems, GPS) มาช่วยในการทำงาน นอกจากนี้ยังจะได้คำนึงถึงการตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะซึ่งเปลี่ยนสถานที่และเวลาตลอดตามแผนการตรวจที่รองรับผู้ก่อการป้องกันปราบปรามกำหนด โดยจะมีการสร้างเงื่อนไขกรอบเวลา (Time windows) เพิ่มเติมเข้าไปเพื่อให้ตัวแบบคณิตศาสตร์จำลองลักษณะการทำงานจริงได้ใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิสกว.ทุกท่านเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาปรับปรุงงานวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ พ.ต.อ. ดนัย วรรณไพโรจน์ ผู้กำกับการสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม และตำรวจสายตรวจทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของโครงการวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] พลตำรวจโท วรรณรัตน์ ศุภรักษ์, 2543. แนวทางการบริหารและพัฒนาการป้องกันปราบปราม กองบัญชาการตำรวจนครบาล. กองบัญชาการตำรวจนครบาล.
- [2] กรมตำรวจ, 2540. คู่มือการปฏิบัติในการจัดและควบคุมสายตรวจ.
- [3] Winston, Wayne L., 2003. *Operations Research: Applications and Algorithms*, 4th edition, Duxbury Press, USA.
- [4] Lawler E.L., Lenstra J.K., Rinnooy Kan A.H.G., and Shmoys D.B. (editors), 1985. *The Traveling Salesman Problem*, John Wiley & Sons Ltd.

ภาคผนวก ข

บทความตีพิมพ์ การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15



การจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจด้วยตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์โลจิสติกส์ ROUTING AND SCHEDULING OF POLICE PATROL SERVICE USING A LOGISTICS MODEL

ชานนท์ คำนวนศักดิ์ (Police Lieutenant Chanon Kamnuansak)¹

สมชาย ปฐมศิริ (Somchai Pathomsiri)²

¹รองสารวัตร ฝ่ายอำนวยการ กองบังคับการตำรวจนครบาล 9 และ

นักศึกษานิเทศศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ (syamkik@hotmail.com)

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และ

หัวหน้าศูนย์ Transportation, Traffic and Logistics EXpert Center (T-LEX Center) (egspt@mahidol.ac.th)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้นำตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้ในการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ โดยสมมติว่าจุดตรวจต่างๆที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบที่เป็นเสมือนลูกค้าที่สายตรวจต้องเดินทางไปให้ครบ และสายตรวจต้องเดินทางไปยังจุดตรวจในช่วงเวลาที่กำหนดตามคำสั่งของผู้บังคับบัญชาเพื่อเป็นป้องกันอาชญากรรมในบริเวณนั้น ซึ่งเปรียบได้กับหน้าต่างเวลา (Time Windows) ของการส่งสินค้าในธุรกิจโลจิสติกส์ ในการพัฒนาตัวแบบจำลองได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณเมตริกสระยะทางการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจทั้งหมดและสถานีตำรวจ จากนั้นสร้างแบบจำลองปัญหาการเดินทางของพนักงานขายประเภทที่มีเงื่อนไขเวลา (Traveling Salesman Problem with Time Windows) ให้สอดคล้องกับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสถานีนครบาลหนองแขม ซึ่งผลการทดลองได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) พบว่าแผนการตรวจที่ได้จากการแก้ปัญหาลำดับโลจิสติกส์มีความสมเหตุสมผล และช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการออกตรวจได้มาก

ABSTRACT : The purpose of this research is to applied a business logistics model for planning police patrol service. By analogy, it was assumed that a police checked point is just like a customer node that needs to be serviced at the designated time (or time window in logistic terminology) according to the order of the supervisor. We then formulated the scheduling and routing of police patrol service as the Traveling Salesman Problem with Time Windows (TSPTW). We derived travel distance matrices from a Geographic Information System database. Our case study is for Nhong Kheam Police Station in Bangkok. The optimal patrolling plan shows practical routing and scheduling which saves significant amount of travel cost.

KEYWORDS : Police, Patrol Service, Logistics, Traveling Salesman Problem, Time Windows



1. บทนำ

ภารกิจหลักของตำรวจคือ งานป้องกันและปราบปรามอาชญากรรม งานของตำรวจที่เกี่ยวกับการป้องกันอาชญากรรมโดยตรงคือ งานสายตรวจ หากสายตรวจปฏิบัติหน้าที่ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการวางแผนป้องกันอาชญากรรมแล้ว ย่อมทำให้เป้าหมายในการป้องกันอาชญากรรมบรรลุผลสำเร็จ [1]

การตรวจท้องที่โดยตำรวจสายตรวจเป็นวิธีการอย่างหนึ่งของตำรวจที่จะป้องกันและปราบปรามอาชญากรรม ซึ่งตำรวจจะต้องปฏิบัติงานตลอดเวลาเพื่อตรวจตราลาดตระเวนสังเกตการณ์ ดูแลรักษาความสงบเรียบร้อย ระวังเหตุ ตลอดจนจับกุมผู้กระทำความผิดกฎหมาย

การปฏิบัติงานของสายตรวจนั้นเป็นไปตามแผนการตรวจที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้ ซึ่งกำหนดให้ในการเข้าเวรแต่ละผลัดจะต้องเดินทางออกตรวจจุดตรวจผู้แดง, ธนาคารและร้านทอง ที่อยู่ภายในพื้นที่รับผิดชอบของตนให้ครบถ้วน โดยไม่ได้กำหนดเวลาที่ไปถึง นอกจากนี้ยังจะต้องตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะตามเวลาและสถานที่ที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้

ในการเดินทางออกตรวจพื้นที่และเดินทางไปตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะนั้นเป็นไปตาม หลักของทฤษฎีการบังคับใช้กฎหมายก็คือ การตรวจท้องที่ และหลักของแนวคิดนี้เป็นเรื่องของการปรากฏตัวของตำรวจย่อมมีผลในการยับยั้งผู้ที่มีแนวโน้มจะประกอบอาชญากรรมเพราะความเกรงกลัวการจับกุม [2]

ดังนั้นถ้าสายตรวจเดินทางไปปรากฏกายยังบริเวณต่างๆ ครอบคลุมตามแผนการตรวจที่วางไว้ย่อมจะช่วยป้องกันอาชญากรรมที่ซึ่งเป็นการลดช่องโอกาสสำหรับผู้ที่ตั้งใจจะละเมิดกฎหมาย

การเดินทางออกตรวจให้ครบนั้นสายตรวจจะเลือกเส้นทางที่ใช้ระยะทางสั้นที่สุดเพื่อประหยัดค่าน้ำมัน เนื่องจากสายตรวจแต่ละนายได้รับการจัดสรรค่าน้ำมันอย่างจำกัดจากสถานีตำรวจ ส่วนทางกับราคาน้ำมันที่มีแต่จะสูงขึ้น ซึ่งในการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดนั้นเป็นการเลือกโดยอาศัยประสบการณ์และความคุ้นเคยกับพื้นที่เป็นหลัก เป็นไปได้ว่าเส้นทางที่เลือกบางครั้งอาจไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุดส่งผลให้การประหยัดน้ำมันไม่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นถ้าสามารถจัดเส้นทางให้สายตรวจเดินทางไปยังที่ตั้งของผู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง ครบทุก

สถานที่โดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด และเดินทางไปยังจุดตรวจคันยานพาหนะตามเวลาที่กำหนดได้ ย่อมจะทำให้สายตรวจประหยัดน้ำมันและสามารถปฏิบัติตามแผนการตรวจที่วางไว้ซึ่งส่งผลต่อการป้องกันอาชญากรรม

เมื่อเปรียบเทียบการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแล้วมีความคล้ายคลึงกับปัญหาโลจิสติกส์ของการขนส่งสินค้าอย่างมาก กล่าวคือ สถานีตำรวจนั้นอาจเปรียบเสมือนศูนย์กลางกระจายสินค้า ในขณะที่จุดตรวจผู้แดง, การธนาคาร-ร้านทองที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบเป็นเสมือนลูกค้าที่ตำรวจต้องเดินทางไปตรวจให้ครบที่ และผู้บังคับบัญชาที่อาจมีคำสั่งให้ไปตรวจยังสถานที่และช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อเป็นการป้องปรามและยับยั้งอาชญากรรมในบริเวณนั้น เปรียบได้กับหน้าต่างเวลา (Time Windows) ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างการส่งสินค้ากับการออกตรวจของตำรวจ คือ ในการออกตรวจนั้นไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องการบรรทุกสินค้าเหมือนกับการส่งสินค้าในธุรกิจโลจิสติกส์

งานวิจัยนี้จึงเสนอให้หาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในธุรกิจโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้ในการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ โดยในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองนี้เราใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณเมตริกสระยะทางการเดินทางระหว่างจุดตรวจและสถานีตำรวจ โดยเป็นระยะทางที่วัดไปตามโครงข่ายถนน (Network-based Distance Matrix) จากนั้นสร้างแบบจำลองปัญหาการเดินทางของพนักงานขายประเภทที่มีเงื่อนไขเวลา (Traveling Salesman Problem with Time Windows) ผลการทดลองกับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสถานีครบบาลหนองแขมซึ่งใช้เป็นกรณีศึกษาได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) พบว่าแผนการตรวจที่ได้จากการแก้ปัญหาดัชนีแบบโลจิสติกส์มีความสมเหตุสมผล และช่วยประหยัดระยะทางในการเดินทางตรวจตามจุดลงได้มาก

2. วิธีการศึกษา

2.1 การเก็บข้อมูล

การวิจัยนี้ศึกษาการจัดแผนการตรวจของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม โดยการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจจะแบ่งเวลาออกเป็น 3 ผลัด ผลัดที่ 1 ตั้งแต่เวลา 00.01 น. ถึง 08.00 น., ผลัดที่ 2 ตั้งแต่เวลา 08.01 น. ถึง 16.00 น., และผลัดที่ 3 ตั้งแต่เวลา 16.01 น. ถึง 24.00 น. สน. หนองแขมแบ่งพื้นที่ที่ความ



รับผิดชอบออกเป็น 3 เขตตรวจ แต่ละเขตตรวจมีจุดตรวจผู้แดง
จำนวน 12 แห่ง ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายชื่อสถานที่ติดตั้งจุดตรวจผู้แดงในแต่ละเขตตรวจของสถานี
ตำรวจนครบาลหนองแขม

จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เขตตรวจที่ 2	เขตตรวจที่ 3
1	ม.อ้ออาทร	เสี้ยว	ม.รัตนวงษ์
2	ม.สร้อยพร	เพชรเกษม 1	วิทยาการจัดการ
3	ช.อาบทิพย์	คูแม่สุปเปอร์	ม.พระปิ่น 4
4	ช.จักร 2	บริษัทออลริส	ช.พูนสุข
5	สุค.ก้านเนลิ้ม	กลางซอยวัดหัว	ม.กานดา
6	สนง.ม.พุดตาน	บ้าน พ.วุฒิ	456 ผังใต้
7	โรงน้ำสะเน็ก	69 ออุมิเนียม	ทวีสุขฟาร์ม
8	ม.พงษ์ศรีชัย 4	37/54เพชรเกษม 71	รองเท้าแพน
9	กรุงเทพมหานคร	บริษัทโตโยต้า	นาโกยา
10	สินทรัพย์คอนโด	นครเพชรเกษม	โมดิรันฟาร์ม
11	อาคารสงเคราะห์	โรงกลึงโพธิ์	เพชรนิมิตร์
12	โกดังของเจริญ	ม.ปรมปริย ซอย 1	ช.ไชโย

นอกจากนี้ผู้บังคับบัญชาจะกำหนดให้สายตรวจเดินทาง
ไปตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะ ณ สถานที่และช่วงเวลาที่กำหนด
ไว้ในแผนการตรวจ เช่นตัวอย่างที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนการตรวจของสายตรวจ ตั้งแต่ 15 - 31 ธันวาคม 2552 ผลัด
ที่ 2 ช่วงเวลา 08.00 น. - 16.00 น.

สายตรวจ	ช่วงเวลา	การปฏิบัติ
2-0	11.00 - 11.30 น. 14.15 - 15.00 น.	ว.43 เคลื่อนที่หน้าโรงไม้ ว.43 เคลื่อนที่หน้าวัดอุดม
จยช. เขตตรวจที่ 1	11.00 - 11.30 น. 14.15 - 15.00 น.	ร่วม 2-0 ว.43 เคลื่อนที่โรงไม้ ¹ ร่วม 2-0 ว.43 เคลื่อนที่หน้าวัดอุดม ²
จยช. เขตตรวจที่ 2	11.00 - 12.00 น. 14.00 - 15.00 น.	ว.10 กลางซอยนาคนาสภาพ 2 ¹ ว.10 ตรงข้ามคาร์ฟูร์ ²
จยช. เขตตรวจที่ 3	15.00 - 15.30 น.	ว.10 หน้าวัดหลักสาม ¹

หมายเหตุ

¹ ให้สายตรวจจราจรยานยนต์เขตที่ 1 ในช่วงเวลา 11.00 น. - 11.30 น.
ร่วมกับร้อยเวรปราบปรามตั้งจุดตรวจคันพาหนะ บริเวณโรงไม้

² ให้สายตรวจจราจรยานยนต์เขตที่ 1 ในช่วงเวลา 14.15 น. - 15.00 น.
ร่วมกับร้อยเวรปราบปรามตั้งจุดตรวจคันพาหนะ บริเวณหน้าวัดอุดม
รังสี

³ ให้สายตรวจจราจรยานยนต์เขตที่ 2 ในช่วงเวลา 11.00 น. - 12.00 น.หยุด
รถปฏิบัติหน้าที่บริเวณกลางซอยนาคนาสภาพ 2

⁴ ให้สายตรวจจราจรยานยนต์เขตที่ 2 ในช่วงเวลา 14.00 น. - 15.00 น.หยุด
รถปฏิบัติหน้าที่บริเวณตรงข้ามคาร์ฟูร์

⁵ ให้สายตรวจจราจรยานยนต์เขตที่ 3 ในช่วงเวลา 15.00 น. - 15.30 น.หยุด
รถปฏิบัติหน้าที่บริเวณหน้าวัดหลักสาม

จากตารางที่ 2 เป็นการกำหนดให้สายตรวจต้องใช้เวลา
ปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจคันยานพาหนะนั้นๆ นอกจากนี้ในการ
ตรวจจุดตรวจผู้แดง ผู้วิจัยได้กำหนดให้ใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่จุด
ตรวจละ 3 นาที เนื่องจากต้องมีการเซ็นชื่อและเดินตรวจตรา
บริเวณรอบๆ กล่าวคือเมื่อสายตรวจมาถึง ณ จุดตรวจนั้นๆ ต้อง
ใช้เวลาที่จุดตรวจนั้น 3 นาที แล้วจึงเดินทางไปยังจุดตรวจต่อไป
ส่วนการใช้เวลาตรวจธนาคาร-ร้านทอง กำหนดให้ใช้เวลา 10
นาทีซึ่งสายตรวจใช้ไปกับการเดินเข้าไปภายใน, เซ็นด์ชื่อ และ
หยุดพูดคุยกับประชาชน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเวลาที่สายตรวจ
ต้องไปตั้งจุดตรวจคันยานพาหนะโดยได้กำหนดเวลาที่มาถึงและ
ออกจากการตั้งจุดตรวจคัน ซึ่งแสดงการใช้เวลาในการปฏิบัติ
หน้าที่ของเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3, 4 และ
5 ตามลำดับ ซึ่งตารางทั้ง 3 นี้จะมีจุดตั้งด่านตรวจคันอยู่ 1 หรือ 2
จุดตามที่ผู้บังคับบัญชากำหนด

ตารางที่ 3 ตารางการใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแต่ละจุดตรวจ ของ
เขตตรวจที่ 1

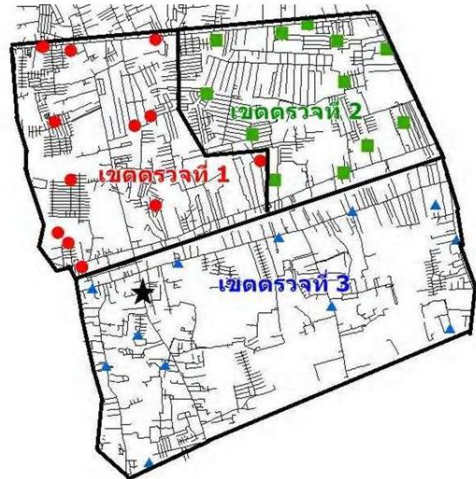
จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เวลาที่ใช้ ปฏิบัติหน้าที่ (Si) นาที	การตั้งจุดตรวจคัน	
			เวลามาถึง a	เวลาออก b
1	ม.อ้ออาทร	3	-	-
2	ม.สร้อยพร	3	-	-
3	ช.อาบทิพย์	3	-	-
4	ช.จักร 2	3	-	-
5	สุค.ก้านเนลิ้ม	3	-	-
6	สนง.ม.พุดตาน	3	-	-
7	โรงน้ำสะเน็ก	3	-	-
8	พงษ์ศรีชัย 4	3	-	-
9	กรุงเทพมหานคร	3	-	-
10	สินทรัพย์คอนโด	3	-	-
11	อาคารสงเคราะห์	3	-	-
12	โกดังของเจริญ	3	-	-
13	โรงไม้	30	180	210
14	หน้าวัดอุดม	45	375	420



ตารางที่ 4 ตารางการใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแต่ละจุดตรวจ ของเขตตรวจที่ 2

จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เวลาที่ใช้ ปฏิบัติหน้าที่ (Si) นาที	การตั้งจุดตรวจกัน	
			เวลาถึง a	เวลาออก b
1	เสียน้ำ	3	-	-
2	เพชรเกษม 1	3	-	-
3	ถนนแม่สุพรรณ	3	-	-
4	บริษัทอโศก	3	-	-
5	ซอยโชติช่วง	3	-	-
6	บ้าน พช.วุฒิ	3	-	-
7	69 อลูมิเนียม	3	-	-
8	ซอยเพชรเกษม 71	3	-	-
9	บริษัทโตโยต้า	3	-	-
10	นครเพชรเกษม	3	-	-
11	โรงกลึง	3	-	-
12	ม.ปรมปริย	3	-	-
13	นาคนาพร 2	60	180	240
14	ตรงข้ามคาร์ปัวร์	60	360	420

Positioning System (GPS) บันทึกค่าพิกัดจุดตรวจนั้นๆ แล้วนำพิกัดทั้งหมดมาระบุในแผนที่เส้นทาง ซึ่งแสดงดังไว้ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ที่ตั้งของผู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง และจุดตรวจกันยานพาหนะในพื้นที่ความรับผิดชอบของสถานีตำรวจนครบาลหนองแขม

ตารางที่ 5 ตารางการใช้เวลาปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแต่ละจุดตรวจ ของเขตตรวจที่ 3

จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เวลาที่ใช้ ปฏิบัติหน้าที่ (Si) นาที	การตั้งจุดตรวจกัน	
			เวลาถึง a	เวลาออก b
1	มัธยมหนองแขม	3	-	-
2	วิทยาลัยการจักร	3	-	-
3	ม.พระปิ่น 4	3	-	-
4	ช.ขุนสุข	3	-	-
5	ม.กานดา	3	-	-
6	45/6 ฟังใต้	3	-	-
7	ทวีสุขฟาร์ม	3	-	-
8	รองแท่นเพน	3	-	-
9	นาโกยา	3	-	-
10	โมดิรันฟาร์ม	3	-	-
11	เพชรนิมิตร์	3	-	-
12	ช.ไชโย	3	-	-
13	หน้าวัดหลักสาม	30	420	450

เมื่อได้ข้อมูลพิกัดทั้งหมดแล้วขั้นตอนต่อไปคือการหาระยะทางและ หาเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจทั้งหมด โดยใช้คุณสมบัติ OD Cost Matrix ของโปรแกรม ArcMap 9.2 ในการคำนวณซึ่งได้กำหนดให้

- รถจักรยานยนต์ของตำรวจสายตรวจสามารถเลี้ยวรถหรือกลับรถบริเวณใดของถนนก็ได้ เนื่องจากรถจักรยานยนต์มีความคล่องตัวในการเดินทาง
- เนื่องจากการเดินทางจริงไม่ได้ใช้ความเร็วเท่ากันตลอดเวลา ดังนั้นในการออกตรวจในถนนแต่ละสายสายตรวจจะใช้เวลาในการเดินทางต่างกันดังแสดงไว้ตามภาพที่ 2 โดยกำหนดในถนนสายหลัก (สีฟ้า) ใช้ความเร็ว 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง ส่วนในถนนสายรองหรือซอย (สีดำ) ใช้ความเร็ว 25 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 2

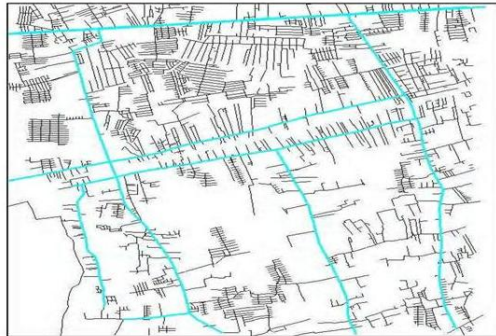
ผู้วิจัยทำการจัดเก็บข้อมูลที่ตั้งของผู้แดง, ธนาคาร-ร้านทอง และจุดตรวจกันยานพาหนะตามตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ด้วยการเดินทางไปยังสถานที่ดังกล่าวแล้วใช้เครื่อง Global

การพัฒนาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ
ร.ต.ท. ชานนท์ คำนวนศักดิ์/ผศ. ดร. สมชาย ปฐมศิริ

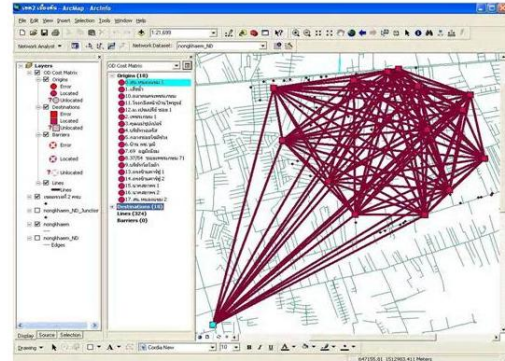


การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 12-14 พฤษภาคม 2553



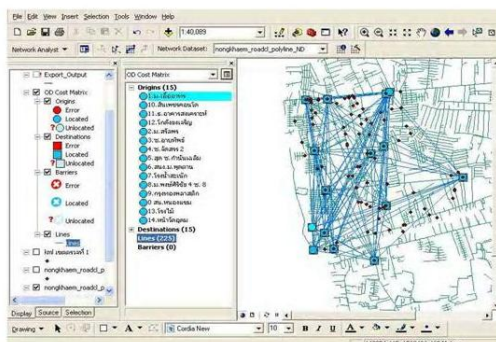
ภาพที่ 2 แสดงการใช้ความเร็วของสายตรวจในถนนสายหลัก (สีฟ้า) และถนนสายรอง (สีแดง)



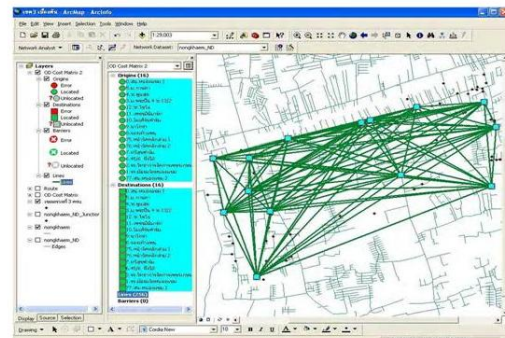
ภาพที่ 4 การใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 คำนวณระยะทางและเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจในเขตตรวจที่ 2

2.2 การคำนวณ Travel Distance Matrix

ในการคำนวณระยะทางและระยะเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจโดยโปรแกรม ArcMap 9.2 ของเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 แสดงไว้ตามภาพที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 การใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 คำนวณระยะทางและเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจในเขตตรวจที่ 1



ภาพที่ 5 การใช้โปรแกรม ArcMap 9.2 คำนวณระยะทางและเวลาเดินทางระหว่างจุดตรวจในเขตตรวจที่ 3

ตารางที่ 6 ตารางระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดในพื้นที่เขตตรวจที่ 1 (หน่วยเป็นเมตร)

Cij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	13	14
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ								
	สน.หนองแขม		สน.หนองแขม	ม.เอื้ออาทร	ม.สร้อยพร	ช.อามทิพย์	โรงไม้	หน้าวัดจตุรม	
0	สน.หนองแขม	0	1694	1568	1103	.	.	1534	4010
1	ม.เอื้ออาทร	1694	0	129	605	.	.	424	4697
2	ม.สร้อยพร	1568	129	0	479	.	.	491	4571
3	ช.อามทิพย์	1103	605	479	0	.	.	446	4257
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	โรงไม้	1534	424	491	446	.	.	0	4537
14	หน้าวัดจตุรม	4010	4697	4571	4257	.	.	4537	0

ผลลัพธ์จากการคำนวณจะได้ระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ โดยใช้เวลาน้อยที่สุด ของเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งตารางที่ 6, 7 และ 8 แสดงลักษณะตัวอย่างของผลลัพธ์ตามลำดับ



ตารางที่ 7 ตารางระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดในพื้นที่เขตตรวจที่ 2 (หน่วยเป็นเมตร)

Cij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	13	14
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ	สน.หนองแขม	สน.หนองแขม	พชรเกษม 1	คูมแม่จูป	.	.	นาคสอพร 2	ตรังชันคาร์
0	สน.หนองแขม	0	2850	4598	3412	.	.	5975	6047
1	เสียน้ำ	2850	0	3327	1269	.	.	3832	3696
2	พชรเกษม 1	4598	3327	0	5620	.	.	3470	1857
3	คูมแม่จูป	3412	1269	5620	0	.	.	2563	3763
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	นาคสอพร 2	5975	3832	3470	2563	.	.	0	1613
14	ตรังชันคาร์	6047	3696	1857	3763	.	.	1613	0

ตารางที่ 8 ตารางระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดในพื้นที่เขตตรวจที่ 3 (หน่วยเป็นเมตร)

Cij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	12	13
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ	สน.หนองแขม	มัยหนองแขม	การังการ	ม.พระปิ่น	.	.	ช.ไชโย	วัดหลักสาม
0	สน.หนองแขม	0	808	1782	2894	.	.	6620	2273
1	มัยหนองแขม	808	0	1231	3702	.	.	7055	2707
2	วิทยาธิการจัดการ	1782	1231	0	4191	.	.	8028	3681
3	ม.พระปิ่น 4	2894	3702	4191	0	.	.	6707	5167
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	ช.ไชโย	6620	7055	8028	6707	.	.	0	4347
13	หน้าวัดหลักสาม	2273	2707	3681	5167	.	.	4347	0

นอกจากนี้จากการคำนวณยังได้ระยะเวลาน้อยที่สุดที่ใช้ในการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจทั้งหมดในพื้นที่เขตตรวจที่ 1 ของเขตตรวจที่ 1, 2 และ 3 แสดงไว้ตามตารางที่ 9, 10 และ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ตารางเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 1 (หน่วยเป็นนาที)

ij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	13	14
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ	สน.หนองแขม	ม.อ้ออพร	ม.สรีพร	สงขลา	.	.	โรงไม้	หน้าวัดอุดม
0	สน.หนองแขม	0	4.06	3.76	2.65	.	.	3.68	9.63
1	ม.อ้ออพร	4.06	0	0.31	1.45	.	.	1.02	11.27
2	ม.สรีพร	3.76	0.31	0	4.17	.	.	1.17	10.97
3	ช.อภัยพิ	2.65	1.45	4.17	0	.	.	1.07	10.22
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

13	โรงไม้	3.68	1.02	1.17	1.07	.	.	0	10.89
14	วัดอุดม	9.63	11.27	10.97	10.22	.	.	10.89	0

ตารางที่ 10 ตารางเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 2 (หน่วยเป็นนาที)

ij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	13	14
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ	สน.หนองแขม	เสียน้ำ	พชรเกษม	คูมแม่จูป	.	.	นาคสอพร	ตรังชันคาร์
0	สน.หนองแขม	0	4.59	7.08	5.11	.	.	9.14	9.06
1	เสียน้ำ	4.59	0	7.50	2.22	.	.	6.25	7.86
2	พชรเกษม 1	7.08	7.50	0	8.61	.	.	5.57	2.96
3	คูมแม่จูป	5.11	2.22	8.61	0	.	.	4.03	5.64
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	นาคสอพร 2	9.14	6.25	5.57	4.03	.	.	0	2.60
14	ตรังชันคาร์	9.06	7.86	2.96	5.64	.	.	2.60	0

ตารางที่ 11 ตารางเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 3 (หน่วยเป็นนาที)

ij	จุดปลายทาง	0	1	2	3	.	.	12	13
จุดเริ่มต้น	จุดตรวจ	สน.หนองแขม	มัยหนองแขม	การังการ	ม.พระปิ่น	.	.	ช.ไชโย	วัดหลักสาม
0	สน.หนองแขม	0	1.21	2.67	4.98	.	.	10.44	3.41
1	มัยหนองแขม	1.21	0	1.85	6.20	.	.	11.10	4.07
2	วิทยาธิการจัดการ	2.67	1.85	0	7.42	.	.	12.55	5.52
3	ม.พระปิ่น 4	4.98	6.20	7.42	0	.	.	14.80	8.39
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	ช.ไชโย	10.44	11.10	12.55	14.80	.	.	0	7.03
13	หน้าวัดหลักสาม	3.41	4.07	5.52	8.39	.	.	7.03	0

3. ตัวแบบคณิตศาสตร์

ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ประยุกต์กับแผนการตรวจนั้นพัฒนาให้จำลองปัญหาการเดินทางของสายตรวจให้มากที่สุด โดยสร้างเป็นแบบจำลองปัญหาการเดินทางของพนักงานขายประเภทที่มีเงื่อนไขเวลา (Traveling Salesman Problem with Time Windows) โดยกำหนดค่าดังนี้

X_{ij} = คือตัวแปรในการตัดสินใจเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j ซึ่งมีค่าเป็นไบนารีโดยที่

$X_{ij} = 1$ ถ้าเลือกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j

$X_{ij} = 0$ ถ้าไม่เลือกเดินทางจากจุดตรวจ i ไปจุดตรวจ j

C_{ij} = คือ ต้นทุน (Cost) หรือ ระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจ i ไปยังจุดตรวจ j โดยใช้เวลาน้อยที่สุด



t_{ij} = ระยะเวลาที่น้อยที่สุด ในการเดินทางตามโครงข่ายถนน
ระหว่างจุดตรวจ i ไปยังจุดตรวจ j

N = จุดตรวจที่สายตรวจต้องเดินทางออกตรวจ โดยไม่รวม
จุดเริ่มต้น และ ไม่รวมจุดปลายทาง

N' = จุดตรวจคันยานพาหนะจำลอง สำหรับเดินทางออกจากจุด
ตรวจคันยานพาหนะ

o = จุดเริ่มต้น คือสถานีตำรวจ

d = จุดปลายทาง คือสถานีตำรวจ

a = เวลาที่มาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะ

b = เวลาที่ออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะ

T_i = เวลาที่ไปถึงจุดตรวจ i

S_i = Service time ระยะเวลาที่สายตรวจต้องปฏิบัติหน้าที่ ณ จุด
ตรวจ i

W_i = Waiting time ระยะเวลาในการรอปฏิบัติงาน

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function)

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i \in N \cup \{o\}} \sum_{j \in N \cup \{d\} - \{i\}} C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{j \in N \cup \{d\} - \{i\}} X_{ij} = 1 ; \forall i \in N \cup \{d\} \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N \cup \{o\} - \{j\}} X_{ij} = 1 ; \forall j \in N \cup \{o\} \quad (3)$$

$$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \leq T_j + M(1 - X_{ij}) ; \forall i \in N \cup \{o\}, \\ \forall j \in N \cup \{d\}, i \neq j \quad (4)$$

$$T_i + W_i + S_i + t_{ij} \geq T_j + M(X_{ij} - 1) ; \forall i \in N \cup \{o\}, \\ \forall j \in N \cup \{d\}, i \neq j \quad (5)$$

$$X_{NN'} = 1 \quad (6)$$

$$X_{N'N} = 0 \quad (7)$$

$$T_o = 0 \quad (8)$$

$$T_N \leq a \quad (9)$$

$$T_{N'} \geq b \quad (10)$$

$$T_d \leq 480 \quad (11)$$

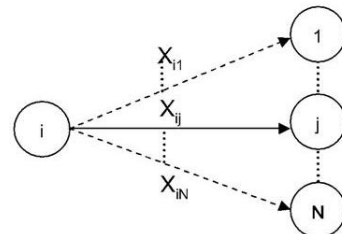
จากตัวแบบคณิตศาสตร์อธิบายแต่ละเงื่อนไขได้ดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (1) มุ่งหาค่าผลรวมของต้นทุนการ
เดินทางที่ต่ำที่สุด โดยหาผลรวมระยะทางตามโครงข่ายถนนที่
สั้นที่สุดที่สายตรวจใช้ในการเดินทางไปยังทุกจุดตรวจ ซึ่งสายตรวจ

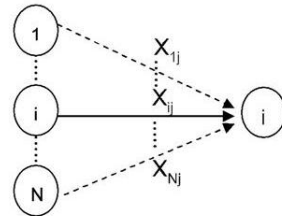
ต้องไม่เดินทางจากจุดเดิมไปจุดเดิม ($i \neq j$) และต้องอยู่ภายใต้
เงื่อนไขของสมการดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่ 2 เป็นการกำหนดให้สายตรวจเมื่อเดินทางออก
จากจุดตรวจ i ต้องเลือกเดินทางเข้าไปจุดตรวจ j เพียง 1 เส้นทาง
เท่านั้น ดังแสดงไว้ดังภาพที่ 6

เงื่อนไขที่ 3 เป็นการกำหนดให้สายตรวจเมื่อเดินทางเข้าไป
จุดตรวจ j ต้องเลือกเดินทางออกจากจุดตรวจ i เพียง 1 เส้นทาง
เท่านั้นดังแสดงไว้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 แสดงการเดินทางออกจากจุด i ไปจุด j เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 7 แสดงการเดินทางเข้าจุด j จากจุด i เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น

เงื่อนไขที่ 4 และ 5 เป็นการกำหนดว่าเมื่อสายตรวจออก
เดินทางจากจุดตรวจ i ณ เวลา T_i ไปยังจุดตรวจ j ณ เวลา T_j นั้น
จะได้ว่าเวลา T_i เมื่อรวมระยะเวลาที่สายตรวจปฏิบัติหน้าที่ ณ จุด
ตรวจ i และรวมเวลาที่สายตรวจเดินทางจากจุดตรวจ i ไปยังจุด
ตรวจ j ต้องน้อยกว่าเวลา T_j ซึ่งขั้นตอนการใช้เวลาในการ
เดินทางแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการใช้เวลาในการเดินทางแสดงจากจุดตรวจ i ไป
จุดตรวจ j



เงื่อนไขที่ 6 เป็นสมการที่ใช้ในการพิจารณาการเข้าจุดตรวจคันยานพาหนะโดย N และ N' คือจุดตรวจคันยานพาหนะจุดเดียวกันแต่บังคับให้ N ต้องเดินทางไป N' เท่านั้น

เงื่อนไขที่ 7 เป็นสมการที่ใช้ในการพิจารณาการออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะโดย N และ N' คือจุดตรวจคันยานพาหนะจุดเดียวกันแต่บังคับให้ N' ต้องไม่เดินทางย้อนกลับไป N

เงื่อนไขที่ 8 เป็นสมการที่บังคับให้เวลาที่ออกจากจุดเริ่มต้น (T_0) คือ สน.หนองแขมต้องเป็น 0 เท่านั้น

เงื่อนไขที่ 9 บังคับให้การมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะต้องมาก่อนหรือเท่ากับเวลาที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้ ส่วน

เงื่อนไขที่ 10 บังคับให้การออกจากจุดตรวจคันยานพาหนะต้องออกหลังจากหรือเท่ากับเวลาที่ผู้บังคับบัญชากำหนดไว้

ในการกำหนดค่าเวลาการมาถึง (a) และเวลาออก (b) จากจุดตรวจคันยานพาหนะได้มาจากการคิดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปฏิบัติหน้าที่คือ 08.00 น. จนถึงเวลาที่กำหนดไว้ เช่นการตั้งจุดตรวจคันเวลา 11.00 น. ซึ่งห่างจากเวลาเริ่มปฏิบัติหน้าที่ 3 ชั่วโมง ดังนั้นสายตรวจต้องมาถึงจุดตรวจคันยานพาหนะก่อนหรือเท่ากับวันที่ 180 เป็นต้น

เงื่อนไขที่ 11 บังคับให้เวลาที่มาถึงจุดสุดท้าย (T_0) คือ สน.หนองแขมต้องมาก่อนหรือเท่ากับวันที่ 480 เนื่องจากการปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจในแต่ละผลัดใช้เวลา 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที

4. วิธีการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในตอนนี้นี้เรามีข้อมูลดังนี้

1) เวลาปฏิบัติหน้าที่ของสายตรวจแต่ละจุดตรวจ (S_i) ตามตารางที่ 3, 4 และ 5

2) เวลาการเข้าและออกจุดตรวจคันยานพาหนะ (a,b) ตามตารางที่ 3, 4 และ 5

3) ระยะทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจโดยใช้เวลาน้อยที่สุด (C_{ij}) ตามตารางที่ 6, 7 และ 8

4) เวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการเดินทางตามโครงข่ายถนนระหว่างจุดตรวจทั้งหมด (t_{ij}) ตามตารางที่ 9, 10 และ 11

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดแทนค่าในตัวแบบคณิตศาสตร์ข้างต้นและแก้ปัญหาจะทำให้ทราบค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

Z ผลรวมระยะทางตามโครงข่ายถนนที่สั้นที่สุด

X_{ij} เป็นการเลือกว่าสายตรวจควรเดินจากจุดตรวจใดไปจุดตรวจใดก่อนและหลัง

T_i เวลาที่สายตรวจเดินทางไปถึงจุดตรวจเวลาใดๆ i

W_i เวลาที่สายตรวจจะต้องรอการปฏิบัติหน้าที่ ณ จุดตรวจ i เป็นเวลาเท่าใด ซึ่งจะทำให้สายตรวจเดินทางไปยังจุดตรวจอื่นตรงตามที่กำหนดไว้

ในการแก้สมการตัวแบบคณิตศาสตร์นี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม LINDO Release 6.01 i สำหรับการแก้ปัญหา TSPTW ของตำรวจสายตรวจ ซึ่งโปรแกรม LINDO นี้สามารถรองรับตัวแปรได้ 100,000 ตัว จำนวนเงื่อนไข (Constraints) ไม่เกิน 32,000 ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ประมวลผลโดยหน่วยความจำ Intel Core 2 Quad ความเร็ว 2.66 GHz ขนาดของหน่วยความจำ 4 GB

5. ผลการวิจัย

จากการคำนวณโปรแกรมสามารถแก้ปัญหา TSPTW สามารถแก้สมการได้ไม่ยากนัก โดยในเขตตรวจที่ 1 ใช้เวลา 3 นาที 13 วินาที ผลรวมระยะทางตามโครงข่ายถนนที่สั้น (Z) คือ 23,685 เมตร โดยเลือกเส้นทาง (X_{ij}) ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ลำดับการเดินทาง, เวลาที่ไปถึงและเวลารอปฏิบัติหน้าที่แต่ละจุดตรวจที่คำนวณได้ในพื้นที่เขตตรวจที่ 1

จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 1	เวลาที่ไปถึง (T _i) นาที	เวลารอปฏิบัติหน้าที่ (W _i) นาที
0	สน.หนองแขม	0	172.1
1	ม.เอื้ออาทร	175.5	
13	โรงไม้	180 - 210	
2	ม.สรีลพร	211	118.9
3	ช.อาบทิพย์	334	
6	ม.พุดตาน	340.9	
8	ม.พวงศรีชัย 4	348.2	
9	กรุงทองพาสติก	356.2	
11	ร.อาคารสงเคราะห์	363.4	
10	สันเพชรทองโค	367.1	
12	โกดังของเจริญ	371.8	
14	หน้าวัดอุดม	375 - 420	
7	โรงน้ำสะเน็ก	423.5	
5	ชุด ข.กำนันเฉลิม	435.9	
4	ข.จัดสรร 2	443.5	
0	สน.หนองแขม	449.1	



ในเขตตรวจที่ 2 ใช้เวลา 12 วินาที ผลรวมระยะทางตาม
โครงข่ายถนนที่สั้น (Z) คือ 18,120 เมตร โดยเลือกเส้นทาง (X_p)
ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ลำดับการเดินทาง, เวลาที่ไปถึงและเวลารอปฏิบัติหน้าที่แต่ละ
จุดตรวจที่คำนวณได้ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 2

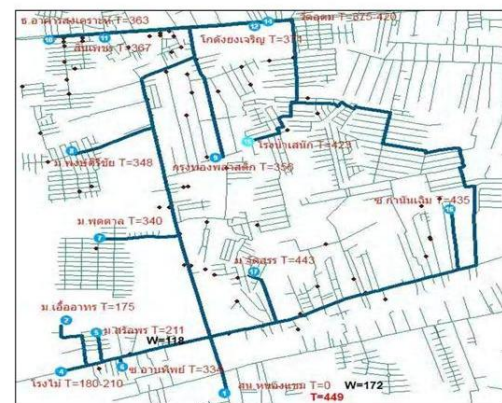
จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 2	เวลาที่ไปถึง (Ti) นาที	เวลารอปฏิบัติหน้าที่ (Wi) นาที
0	สน.หนองแขม	0	
3	อุบลเมษุปเปอร์	5.1	
4	บริษัทออลรัส	9.2	
5	ซอยโชคช้าง	14.7	153.7
6	บ้าน ผ.วุฒิ	175.3	
13	นาถสทพร 2	180 - 240	110
7	69 อูมเนียม	350.9	
8	ซอยเพชรเกษม 71	356	
14	ตรงข้ามคาร์ฟูร์	360 - 420	
9	บริษัทไดโอดี	420.2	
10	ตลาดนครเพชรเกษม	424.1	
2	เพชรเกษม 1	429.5	
12	ม.ปรมปริษฐ์ ซอย 1	435.6	
11	โรงกลึง	441.5	
1	เสียน้ำ	446.4	25.9
0	สน.หนองแขม	480	

ตารางที่ 14 ลำดับการเดินทาง, เวลาที่ไปถึงและเวลารอปฏิบัติหน้าที่แต่ละ
จุดตรวจที่คำนวณได้ ในพื้นที่เขตตรวจที่ 3

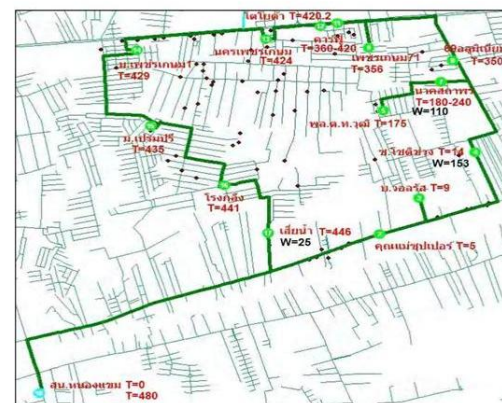
จุดตรวจ (i)	เขตตรวจที่ 3	เวลาที่ไปถึง (Ti) นาที	เวลารอปฏิบัติหน้าที่ (Wi) นาที
0	สน.หนองแขม	0	
5	ม.กานดา	1.4	
4	ช.พูนสุข	6.5	
3	ม.พระปิ่น 4	13.3	
12	ช.ไชโย	31.3	
11	เพชรนิมิตร์	36.9	
10	โมดิรันเฟรม	41.1	
9	นาโคย	46.5	362.7
8	รองท้ายแพน	415.1	
13	หน้าวัดหลักสาม	420 - 450	9.3
7	ทวีสุขฟาร์ม	459.6	
6	45/6 ฟังใต้	464.5	
2	วิทยาลัยการจัดการ	470.9	
1	มัธยมหนองแขม	475.7	
0	สน.หนองแขม	480	

ในเขตตรวจที่ 3 ใช้เวลา 2 นาที 4 วินาที ผลรวมระยะทาง
ตามโครงข่ายถนนที่สั้น (Z) คือ 22,893 เมตร โดยเลือกเส้นทาง
(X_p) ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

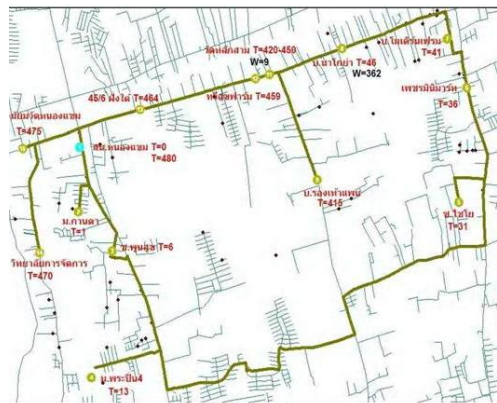
เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาแสดงเป็นเส้นทางการเดินทางในเขต
ตรวจที่ 1, 2 และ 3 จะได้ดังภาพที่ 9, 10 และ 11



ภาพที่ 9 เส้นทางการเดินทางที่คำนวณได้ ของเขตตรวจที่ 1



ภาพที่ 10 เส้นทางการเดินทางที่คำนวณได้ ของเขตตรวจที่ 2



ภาพที่ 11 เส้นทางเดินทางที่คำนวณได้ ของเขตตรวจที่ 3

6. สรุป

จากการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาตัวแบบจำลองคณิตศาสตร์โลจิสติกส์ที่เสนอกับการเดินทางในเขตตรวจจริง พบว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องกับความเป็นจริง สามารถนำไปกำหนดให้สายตรวจเดินทางตามเส้นทางที่วางไว้ และไปถึงจุดตรวจตามเวลาที่กำหนด ทำให้การวางแผนการตรวจเป็นแบบแผนมากขึ้น จากเดิมที่ให้อิสระกับสายตรวจในการเลือกเดินทางซึ่งผู้บังคับบัญชาตรวจสอบได้ยาก ถือว่าจะเปลี่ยนเป็นสามารถกำหนดเส้นทาง, เวลาการปฏิบัติหน้าที่ และระยะการเดินทาง

ข้อสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณคือค่าการรอปฏิบัติหน้าที่ (W_i) มีค่ามาก ทำให้สายตรวจอยู่ที่นั่นเป็นเวลานาน สาเหตุเนื่องจากจำนวนจุดตรวจที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์นั้นเป็นจุดตรวจพื้นฐานที่มีความสำคัญสายตรวจต้องไปตรวจทุกครั้งเมื่อปฏิบัติหน้าที่ ซึ่งมีจำนวนไม่มาก แต่ยังมีจุดตรวจอื่นๆ ที่ประชาชนขอความร่วมมืออีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยจะนำมารวมและคำนวณเพื่อให้การตรวจมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้นไปอีก

นอกเหนือจากนี้แล้ว ในปัจจุบันสถานีตำรวจภูธรจังหวัดนนทบุรีมีระบบติดตามยานพาหนะ (GPRS Tracking) ของรถสายตรวจ ดังนั้น หากมีการนำการวิจัยนี้ประยุกต์เข้ากับระบบนี้จะทำให้ผู้บังคับบัญชาสามารถตรวจสอบว่าสายตรวจเดินทางตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งจะเป็นผลดีในการป้องกันอาชญากรรมอย่างมาก

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ตำรวจสายตรวจ สถานีตำรวจนครบาลหนองแขม ที่เสียสละเวลาให้ข้อมูลในการทำวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ MLSC525011 ภายใต้โครงการทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว. ด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ในหัวเรื่อง “การพัฒนาตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับการจัดแผนการตรวจของตำรวจสายตรวจ (Development of a Mathematical Model for Routing and Scheduling Police Patrol Service)” ความเห็นในรายงานผลวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

8. บรรณานุกรม

- [1] กิตติพัชร คลี่พันธุ์, 2545. การศึกษารูปแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของตำรวจสายตรวจ สังกัดกองบังคับการตำรวจนครบาล 8. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.
- [2] เชมฐา โพนทอง, 2547. ปัญหาและอุปสรรคของเจ้าหน้าที่ตำรวจสายตรวจป้องกันและปราบปรามกับการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมบนสะพานลอย วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ร้อยตำรวจโทชานนท์ คำนวนศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดเพชรบูรณ์ ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	โรงเรียนนายร้อยตำรวจ พ.ศ. 2545-2549 รัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช พ.ศ. 2545-2549 นิติศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2549-2553 กำลังศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ทุนวิจัยที่ได้	โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. ด้านโลจิสติกส์และ โซ่อุปทาน สัญญาเลขที่ MLSC525011
ที่อยู่ปัจจุบัน	กองบังคับการตำรวจนครบาล 9 ซอยพระรามที่ 2 ซอย 43 แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 08-6366-4359 E-mail : syamkik@hotmail.com
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบันและสถานที่ทำงาน	รองสารวัตรฝ่ายอำนวยการ ฝ่ายอำนวยการ กองบังคับการตำรวจนครบาล 9 ซอยพระรามที่ 2 ซอย 43 แขวงบางมด เขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 0-2451-8730